

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE 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 du diplôme de Master en Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et environnement

Thème

**Analyse physico-chimique et bactériologique de
l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud au
niveau de la commune d'Illoula Oumalou dans
la région de Tizi-Ouzou**

Présenté par :

M^{elle} CHEGRANI Thileli

M^{elle} HAMMOUDI Salima

Évalué par le jury composé de :

Président : M^f ASLA T.

MAA

UMMTO

Promoteur : M^f MEZANI S.

MCA

UMMTO

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

Professeure

UMMTO

Examineur : M^f BERRADJ O.

MCA

UMMTO

Année universitaire: 2021/2022

Remerciements

*Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre encadrant Monsieur **MEZANI S.**, Maitre de Conférences classe A à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou et à notre co-promotrice Madame **LARDJANE N.**, Professeure à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou qui nous ont fait l'honneur de diriger notre mémoire sur un sujet passionnant et nous ont guidés tout au long de son élaboration, nous leur sommes très reconnaissantes pour leurs conseils, leur disponibilité et leur sérieux dans le travail.*

*Nos remerciements les plus cordiaux s'adressent à Monsieur **ASLA T.**, Maitre Assistant classe A à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de présider ce jury, qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.*

*Saurons-nous trouver les mots pour manifester toute notre gratitude à Monsieur **BERRADJ O.**, Maitre de Conférences classe A à l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou d'avoir accepté d'examiner notre travail. Vos remarques et suggestions pertinentes nous permettent d'améliorer la qualité de ce manuscrit.*

*Nous tenons à remercier Madame **MESTAR N.**, enseignante-chercheur à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou, Monsieur **BENGHANEM N.**, enseignant chercheur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de nous avoir aidés 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 de l'université Mouloud MAMMERY de Tizi-Ouzou de nous avoir identifié les caractéristiques de l'échantillon du sol de la source d'eau étudiée.*

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

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

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

Dédicace

Je dédie ce travail

A ma chère mère ;

A mon cher père ;

*Qui m'ont soutenu et encouragé dans toute ma vie, je leur remercie de m'avoir
épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*A mes frères, ma sœur et son époux, ma belle sœur qui m'ont
chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours ;*

A mes neveux Imane, Yastène, Elyane et Dylane ;

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la
vivacité.*

A ma chère binôme,

*Pour son entente et sa sympathie, pour son indéfectible soutien et sa patience
infinie.*

*A toute la promotion de Biodiversité et Environnement et à tous mes amis(es)
qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.*

Merci !

Salima

Dédicace

Je dédie ce travail

A ceux qui ont toujours été la source de mon courage, de ma détermination et de mon espoir dans la vie :

Ma mère, la prunelle de mes yeux, pour son aide morale et sa compréhension, pour son amour et ses encouragements ;

Mon père dont le soutien a toujours été sans faille durant ces nombreuses années d'études, pour son affection et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard ;

Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A ma chère sœur Chanez ;

A mon cher frère Omar ;

A ma chère binôme, celle qui me donne l'envie d'aller en avant, pour sa patience , son soutien moral et sa compréhension tout au long de ce travail et pour les bons moments qu'on a vécu ensemble ;

A tous mes amis(es) au nom de l'amitié qui nous a réunis, et au nom de nos souvenirs inoubliables. Plus particulièrement, Liza, Mélissa et Katia.

A toute la promotion de Biodiversité et Environnement.

Thileli

ADE : Algérienne Des Eaux.

DBO : Demande biochimique en oxygène.

DC : Double concentré.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DO : Oxygène dissous.

DPD : Diéthyl-p-phénylènediamine.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

H₂S : Sulfure d'hydrogène.

KCl : Chlorure de Potassium.

MgCl₂ : Chlorure de magnésium.

NaCl : Chlorure de sodium.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

SC : Simple concentré.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TSD : Total des solides dissous.

UV : Ultra Violet.

-

Tableau 1 : Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (TOUHARI, 2015).....	9
Tableau 2 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale (MELLAH <i>et al.</i> , 2022)...	10
Tableau 3 : Rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (CHADEN, 2014).....	10
Tableau 4 : Qualité de l'eau en fonction de la turbidité (ROBERT, 2014).	11
Tableau 5 : Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (RODIER et al., 2009).	11
Tableau 6 : Rapport entre la conductivité électrique et la minéralisation (CHADEN, 2014)..	12
Tableau 7 : Milieux de culture utilisés pour l'isolement des germes dans l'eau à analyser.	26
Tableau 8 : Résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	66

Figure 1: Source d'eau Laïnsar Ouqarmoud (Photographie originelle, 2022).	21
Figure 2: Localisation satellite de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud (Google earth, 2022).	21
Figure 3: Echantillon du sol (Photographie originelle, 2022).	22
Figure 4: Autoclave et flacons utilisés pour les prélèvements physico-chimiques et bactériologiques (Photographie originelle, 2022).	24
Figure 5: Rampe de filtration (Photographie originelle, 2022).	26
Figure 6: Conductivimètre (Photographie originelle, 2022).	27
Figure 7: pH-mètre (Photographie originelle, 2022).	28
Figure 8: Turbidimètre TL2300 (Photographie originelle, 2022).	28
Figure 9: Dosage volumétrique du calcium (Photographie originelle, 2022).	30
Figure 10: Spectrophotomètre à flamme (Photographie originelle, 2022).	31
Figure 11: Dosage de l'alcalinité (Photographie originelle, 2022).	32
Figure 12: Dosage des chlorures (Photographie originelle, 2022).	33
Figure 13: Dosage de l'aluminium à l'aide du spectrophotomètre UV visible DR6000 (Photographie originelle, 2022).	34
Figure 14: Dosage du fer (Photographie originelle, 2022).	35
Figure 15: Dosage de l'ammonium (Photographie originelle, 2022).	36
Figure 16: Dosage des nitrites (Photographie originelle, 2022).	37
Figure 17: Dosage du phosphate (Photographie originelle, 2022).	38
Figure 18: Dosage de la MO (Photographie originelle, 2022).	39
Figure 19: Coliformes fécaux et thermo tolérants (Photographie originelle, 2022).	40
Figure 20: Confirmation des coliformes fécaux sur disque d'oxydase (Photographie originelle, 2022).	41
Figure 21: Milieu BCPL pour la recherche des coliformes fécaux et E.coli (Photographie originelle, 2022).	42
Figure 22: Milieu BCPL en présence des coliformes fécaux et thermo tolérants (Photographie originelle, 2022).	42
Figure 23: Confirmation de la présence des E.coli par le réactif Kovacs dans un milieu Tryptophane (Photographie originelle, 2022).	43
Figure 24: Milieu BLBVB (Photographie originelle, 2022).	43
Figure 25: Streptocoques sur un milieu SLANETZ (Photographie originelle, 2022).	45
Figure 26: Confirmation des streptocoques sur un milieu BEA (Photographie originelle, 2022).	45

Figure 27: Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth (Photographie originelle, 2022).....	46
Figure 28: Confirmation de la présence des streptocoques dans le milieu EVA Litsky (Photo originelle, 2022).	47
Figure 29: Variation de la température au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	49
Figure 30: Variation du pH au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	50
Figure 31: Variation de la CE au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	51
Figure 32: Variation de la turbidité au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	52
Figure 33: Variation du TH au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	53
Figure 34: Variation du calcium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	54
Figure 35: Variation du magnésium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	55
Figure 36: Variation du potassium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	56
Figure 37: Variation du sodium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	57
Figure 38: Variation du TA au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	58
Figure 39: Variation du TAC au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	59
Figure 40: Variation des chlorures au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	60
Figure 41: Variation du fer au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	61
Figure 42: Variation de l'ammonium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	62
Figure 43: Variation des nitrates au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	63

Figure 44: Variation des nitrites au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	64
Figure 45: Variation du phosphore au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.	65
Figure 46: Variation de la MO au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.....	66

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités sur l'eau	
1 Définition de l'eau	3
2 Cycle de l'eau.....	3
2.1 Composantes du cycle de l'eau	3
3 Propriétés de l'eau naturelle	4
3.1 Propriétés physiques.....	4
3.2 Propriétés chimiques	4
3.3 Propriétés biologiques	5
4 Eau potable.....	5
4.1 Normes de potabilité.....	5
5 Eaux de sources	6
5.1 Différents types de sources	6
5.2 Traitement de l'eau de source	7
6 Maladies à transmission hydrique	8
7 Législation de l'eau.....	8
8 Paramètres et qualité d'une eau potable	8
8.1 Paramètres organoleptiques	8
8.2 Paramètres physico-chimiques.....	9
8.3 Paramètres chimiques	11
8.4 Paramètres indésirables	13
8.5 Paramètres de toxicité.....	14
8.6 Paramètres de pollution	15
8.6.1 Définition de la pollution de l'eau	15
8.6.2 Différents types de la pollution de l'eau.....	15
8.6.3 Modes de contamination des eaux de sources	16
8.6.4 Contamination des eaux souterraines	17
8.7 Paramètres bactériologiques	18
Chapitre II : Matériels et méthodes	
1 Présentation de la zone d'étude	21
1.1 Situation géographique de la source d'eau Lainser Ouqarmoud	21
1.2 Situation climatique.....	22
1.3 Couvert végétal	22

1.4	Sol.....	22
2	Matériels et méthodes.....	23
2.1	Echantillonnage.....	23
2.1.1	Echantillonnage pour l’analyse physico-chimique	23
2.1.2	Echantillonnage pour l’analyse bactériologique	23
2.1.3	Transport et conservation des échantillons à analyser	24
2.2	Analyse des échantillons.....	25
2.2.1	Analyses physico-chimiques.....	25
2.2.2	Analyses bactériologiques	25
2.3	Dosage des paramètres physico-chimiques	27
2.3.1	Température	27
2.3.2	Potentiel d’hydrogène (pH)	27
2.3.3	Conductivité électrique.....	28
2.3.4	Turbidité	28
2.4	Dosage des paramètres chimiques.....	29
2.4.1	Paramètres de minéralisation globale.....	29
2.5	Dosage des paramètres indésirables	33
2.5.1	Aluminium.....	33
2.5.2	Fer.....	34
2.6	Dosage des paramètres de pollution.....	35
2.6.1	Ammonium.....	35
2.6.2	Nitrates.....	36
2.6.3	Nitrites	36
2.6.4	Phosphate.....	37
2.6.5	Matière organique	38
2.7	Dénombrement des bactéries	39
2.7.1	Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (<i>Escherichia coli</i>)	39
2.7.2	Dénombrement des streptocoques.....	44
Chapitre III : Résultats et discussion		
1	Résultats des analyses organoleptiques	48
1.1	Couleur	48
1.2	Odeur	48

1.3	Goût	48
2	Résultats des analyses physico-chimiques	48
2.1	Température	48
2.2	pH.....	49
2.3	Conductivité électrique à 20 °C	50
2.4	Turbidité	51
3	Résultats des analyses chimiques	52
3.1	Résultats des paramètres de minéralisation globale	52
3.1.1	Dureté totale.....	52
3.1.2	Dureté calcique	54
3.1.3	Dureté magnésienne	54
3.1.4	Potassium.....	55
3.1.5	Sodium.....	56
3.1.6	Alcalinité.....	57
3.1.6.1	Titre alcalinimétrique.....	57
3.1.6.2	Titre alcalinimétrique complet.....	58
3.1.7	Chlorure	59
3.2	Résultats des paramètres indésirables	60
3.2.1	Fer.....	60
3.3	Résultats des paramètres de pollution	61
3.3.1	Ammonium	61
3.3.2	Nitrates.....	62
3.3.3	Nitrites	63
3.3.4	Phosphore	64
3.3.5	Matière organique	65
4	Résultats des analyses bactériologiques.....	66
4.1	Coliformes fécaux	66
4.2	Coliformes thermo tolérants (<i>E.coli</i>).....	67
4.3	Entérocoques intestinaux ou streptocoque fécaux	67
	Conclusion	69
	Références bibliographiques	71
	Résumé	

Introduction

Toutes les formes de vie, en particulier les humains, dépendent de leur environnement biophysique pour leur bien-être et leur survie, notamment de l'hydrosphère qui est la base de l'équilibre entre la vie et les écosystèmes.

L'eau est un bien commun indispensable pour la vie, elle représente le milieu de vie de nombreuses espèces et considérée comme une ressource pour divers domaines tels que l'industrie, l'agriculture, la médecine, et surtout l'alimentation (eau potable) ainsi que le ménage et l'hygiène.

La Kabylie est bien connue par ses ressources en eau en particulier les rivières et les sources d'eau. Les eaux souterraines provenant des aquifères constituent une importante ressource en eau potable, qui est toutefois particulièrement vulnérable à la contamination. Aussi, au cours du siècle dernier, les activités humaines ont eu un impact significatif sur les eaux de surface et souterraines, entraînant le rejet de plusieurs types de polluants (DIARY *et al*, 2019).

La surveillance de la qualité de l'eau est utilisée pour l'identification d'une eau potable. L'analyse de l'eau joue un rôle important dans la vérification de sa sécurité ainsi des investigations sur les épidémies et la validation des processus et mesures préventives. L'OMS a fixé des normes de qualité de l'eau, qui varient considérablement en raison des différentes conditions environnementales et des écosystèmes, ainsi que des droits d'utilisation prévus.

L'objectif de cette étude est d'apprécier la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud située dans la commune d'Illoula Oumalou dans la région de Tizi-Ouzou en vue de sa potabilité, en se basant sur la réglementation Algérienne en vigueur pour les eaux potables, sachant que cette eau est consommée par la majorité de la population d'Illoula Oumalou et ses environs et considérée comme eau « potable ».

La présente étude est réalisée durant l'été 2022 (période sèche) et les résultats obtenus sont comparés aux résultats de l'été 2021 donnés par le personnel du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE), unité de Boukhalfa de la wilaya de Tizi-Ouzou. Les deux résultats des deux années sus-citées, à leur tour, sont comparés aux normes de potabilité de la réglementation Algérienne en vigueur.

Notre travail est réparti en trois chapitres. Le premier chapitre comprend les généralités, où nous allons présenter les propriétés et ses différents paramètres physico-chimiques de l'eau ainsi que la pollution hydrique. Ce chapitre comporte également les normes de potabilité et présente les paramètres et les qualités d'une eau potable. Le deuxième chapitre présente les différents matériels notamment les méthodes expérimentales adoptées

pour effectuer l'analyse des échantillons. Le troisième chapitre traite des résultats obtenus concernant les diverses analyses effectuées sur l'eau de la source étudiée et leurs interprétations. Nous terminons ce travail par une conclusion et quelques perspectives.

Premier chapitre

Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau

L'eau est une ressource naturelle renouvelable, elle est biologiquement très importante. L'eau est la substance la plus courante sur la surface de la terre dont elle occupe environ 70%, il s'agit d'une substance chimique de formule H₂O (Al-SAFADY, 2010).

L'eau est un liquide transparent, incolore, inodore et insipide, c'est la seule substance qui contient couramment trois états généraux de la matière. Elle se trouve à l'état liquide (l'eau elle-même), solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, s'observent toujours par paires et sont plus ou moins en équilibre, eau-glace, glace-vapeur, eau- vapeur, selon les conditions de températures et de pressions. Cependant, il existe un point appelé le point triple où les trois phases sont en équilibre dynamique (JEAN-CLAUDE, 2001).

2. Cycle de l'eau

L'eau passe d'un état à un autre lorsqu'elle se déplace de l'atmosphère au sol, puis au sous-sol et elle retourne finalement vers l'atmosphère dans un cycle qui se répète infiniment. Dans ce cas là, tous les milieux aquatiques (lacs, rivières, mers, eaux souterraines...etc) sont interdépendants.

2.1. Composantes du cycle de l'eau

Selon le Conseil Interministériel Fédéral de Formation sur la Qualité de l'Eau (2011), les composantes du cycle de l'eau sont :

2.1.1. Précipitations

Les précipitations correspondent à la chute de la vapeur d'eau qui se condense dans l'atmosphère. La plupart des précipitations tombent sous forme de pluies, mais peuvent tomber aussi comme neige, grêle, brouillard, verglas et grésil.

2.1.2. Ruissellement

Le ruissellement comprend tout les déplacements de l'eau sur la surface de la terre.

2.1.3. Infiltration

L'infiltration est le flux d'eau de la surface vers le sol. Une fois pénétrée, cette eau se transforme soit en humidité du sol ou en nappe phréatique.

2.1.4. Evaporation

L'évaporation désigne la transformation de l'eau de l'état liquide en état gazeux (vapeur d'eau) lors de sa transmission de la terre ou à partir des masses d'eau vers l'atmosphère grâce à l'énergie solaire.

2.1.5. Condensation

La condensation signifie la transformation de l'eau de l'état gazeux en liquide dans l'atmosphère, la présence du noyau de condensation qui se compose d'aérosols variés ou des cristaux de glace est nécessaire, provoquant ainsi la formation de nuages et de brouillards.

La plupart du temps, les précipitations ne sont pas pures à cause des gouttes de pluie qui se forment autour de la poussière. Si, par exemple, la pluie et les nuages se forment au-dessus d'une source de pollution industrielle, des contaminants seront inclus dans l'eau de pluie.

3. Propriétés de l'eau naturelle

3.1. Propriétés physiques

L'eau est, par ses propriétés électriques, sa constitution moléculaire et sa polarité, un bon solvant pour les gaz, les composés organiques en particulier les sels minéraux, elle peut dissoudre et conserver tous les processus métaboliques. L'eau est un facteur important de transfert de masse dans la nature. Dans le cadre du cycle hydrologique, l'eau interagit directement avec diverses phases solides, telles que la poussière, le sol, les roches et les organismes vivants. Ainsi, tout ce qui entre en contact avec l'eau se reflète dans sa composition chimique, c'est l'une des raisons pour lesquelles presque toutes les réactions biochimiques ont lieu en solution aqueuse et pourquoi l'eau est indispensable comme milieu réactionnel pour tous les processus métaboliques dans les cellules vivantes (GORDALLA, 2008).

3.2. Propriétés chimiques

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

L'eau est le siège d'un grand nombre de réactions et d'équilibres chimiques. D'autre part, les molécules d'eau sont souvent impliquées dans les réactions permises par la dissociation électrolytique après dissolution (MOUCHET et ROUSTAN, 2016).

3.2.1. Autres propriétés chimiques :

3.2.1.1. Propriétés acido-basiques

Selon MOUCHET et ROUSTAN (2016), l'eau peut se comporter comme un acide en agissant comme un donneur de protons ou comme une base en donnant des ions OH^- , ou même en agissant comme un accepteur de protons.

3.2.1.2. Propriétés oxydo-réductrices

Avec un agent réducteur ou oxydant fort, l'eau peut agir comme un oxydant capable de gagner des électrons ou comme un agent réducteur capable de céder des électrons à l'équilibre (MOUCHET et ROUSTAN, 2016).

3.3. Propriétés biologiques

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

4. Eau potable

L'eau potable doit répondre à un certain nombre de normes physico-chimiques et microbiologiques, elle ne doit pas contenir de fortes concentrations de micro-organismes, de parasites ou d'autres substances présentant un risque potentiel pour la santé humaine. Elle peut être utilisée non seulement pour l'alimentation mais aussi pour l'hygiène domestique et personnelle (LEGUBE, 2018).

4.1. Normes de potabilité :

L'eau possède des substances ou des micro-organismes qui sont indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux selon leur concentration et leur nature.

L'évaluation de la qualité de l'eau potable est basée sur une comparaison entre les résultats de l'analyse qualitative de l'eau et les valeurs indicatives.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (2017), une valeur guide désigne la valeur pour laquelle la concentration d'un constituant, lors d'une consommation sur une longue durée, ne dépasse pas le risque tolérable pour la santé.

L'objectif de l'OMS est de protéger la santé humaine par la mise en œuvre des stratégies de gestion des risques visant à assurer la sécurité des approvisionnements en eau potable en contrôlant les niveaux de composants dangereux. Ces stratégies comprennent des normes établies sur la base des éléments scientifiques avec la prise en considération du plan environnemental, social, économique et culturel.

Selon le Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine, dans son troisième article :

- **Valeurs limites** : Sont des valeurs maximales fixées pour certains paramètres chimiques, radionucléides et microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes.
- **Valeurs indicatives** : Sont des valeurs de référence fixées pour certains paramètres organoleptiques et physico-chimiques à des fins de contrôle du fonctionnement des installations de production, de traitement et de distribution d'eau et d'évaluation des risques pour la santé des personnes.

5. Eaux de sources

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

5.1. Différents types de sources

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

5.1.1. Sources de pression ou de déversement

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

5.1.2. Sources de contact

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

5.1.3. Sources artésiennes ou d'émergence

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

5.1.4. Sources en roche imperméable ou d'affleurement

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

5.2. Traitement de l'eau de source

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

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

5.2.1. Filtration

La filtration est le processus d'élimination des particules en suspension dans l'eau tels que les particules qui produisent la turbidité (C.I.F.F.Q.E., 2011).

5.2.2. Désinfection

La désinfection vise à tuer les micro-organismes présents dans l'eau. Elle améliore seulement sa qualité microbologique (DESILLE, 2012).

5.2.3. Décantation

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

5.2.4. Aération

L'aération permet d'augmenter la surface de contact entre l'eau et l'air par des méthodes naturelles ou par des dispositifs mécaniques. En d'autres termes, c'est une méthode pour

augmenter la saturation en oxygène de l'eau. Elle élimine physiquement les gaz dissous de la solution et leur permet de s'échapper dans l'air ambiant (AKHLAQUE *et al.*, 2017).

6. Maladies à transmission hydrique

Les maladies d'origine hydriques sont transmises en raison de la consommation directe d'eau contaminée par des agents pathogènes ou des substances toxiques associées à l'eau. L'eau potable contaminée, lorsqu'elle est utilisée dans la préparation des aliments, les loisirs ou d'autres usages domestiques, peut être la source de maladies d'origine alimentaires par la consommation et l'exposition à des mêmes micro-organismes. La plupart des maladies d'origine hydrique sont souvent transmises par voie fécale-orale (NWABOR *et al.*, 2016).

Le risque sanitaire associé à l'eau polluée comprend différentes maladies telles que les maladies respiratoires, le cancer, les maladies diarrhéiques, les troubles neurologiques et les maladies cardiovasculaires (MEHTAB *et al.*, 2017).

7. Législation de l'eau

L'article 19 de la nouvelle constitution Algérienne de 2016 traite l'utilisation rationnelle et la conservation des ressources naturelles au profit des générations futures. La loi n° 05-12 relative à l'eau du 4 août 2005 met en place des outils stratégiques de gestion intégrée des ressources en eau dans le cadre du développement durable et de la gestion des risques pour assurer la sécurité de l'approvisionnement en eau potable en contrôlant la concentration des ingrédients dangereux.

Cette loi décrit le processus de réforme en termes de politique nationale visant l'équité et l'universalité de l'accès à l'eau, la conservation qualitative et quantitative des ressources et la gestion rationnelle et économique planifiée à l'échelle du bassin versant. Sont jointes à celles-ci, 43 demandes de budgets et de crédits, d'agences d'exploitation et de personnel qualifié pour mobiliser, répartir et protéger au mieux les ressources en eau du pays (R.N.V.A., 2019).

8. Paramètres et qualité d'une eau potable

8.1. Paramètres organoleptiques

8.1.1. Couleur

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

8.1.2. Odeur

L'odeur désigne l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en sentant une

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

8.1.3. Goût :

Le goût de l'eau varie d'une région à l'autre, selon la nature des roches et du sol qu'elle traverse. Une eau très minéralisée (calcium, magnésium...etc) a un goût plus fort. Ce dernier peut également provenir d'une augmentation des solides dissous totaux (TSD), d'une diminution de l'oxygène dissous ou d'une activité bactérienne excessive (SORAN, 2021).

8.2. Paramètres physico-chimiques

8.2.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique désigne le courant électrique conduit par l'eau et dépend de sa quantité en sels minéraux et en ions. Elle renseigne sur sa qualité (tableau 1), sa minéralisation et marque son origine. Elle permet aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (BELGHITI *et al.*, 2020).

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

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

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

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

Tableau 2 : Classification des eaux en fonction de la dureté totale (MELLAH *et al.*, 2022).

Dureté totale (mg/l en CaCO ₃)	Qualité de l'eau
0 à 75	Très douce
75 à 150	Douce
150 à 300	Moyenne
300 à 500	Dure
>500	Très dure

8.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel d'hydrogène est un paramètre d'évaluation d'acidité et d'alcalinité d'une eau. L'OMS fixe une valeur comprise dans l'intervalle de 6,5 et 8,5 pour l'eau de boisson. Pour l'eau de source, le pH varie naturellement en fonction de l'origine des eaux et de la nature géologique du substrat (HANE *et al.*, 2020).

8.2.4. Température

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

8.2.5. Total des solides dissous (TSD)

Le TSD désigne la concentration des substances dissoutes dans l'eau. Il est composé essentiellement de sels inorganiques, de quelques matières organiques qui proviennent des activités humaines et de certaines sources naturelles (HANE, 2021). CHADEN (2014) exprime le rapport entre les solides dissous et la sapidité de l'eau (tableau 3).

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

TSD (mg/l)	Qualité de l'eau
< 300	Excellente
300 – 600	Bonne
600 – 900	Passable
900 – 1200	Mauvaise

8.2.6. Turbidité

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

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

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

8.2.7. Résidus secs

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

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

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

8.3. Paramètres chimiques

8.3.1. Minéralisation globale

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

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

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	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

8.3.2. Cations

8.3.2.1. Calcium (Ca^{2+})

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

8.3.2.2. Magnésium (Mg^{2+})

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

8.3.2.3. Potassium (K^+)

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

8.3.2.4. Sodium (Na^+)

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

8.3.3. Anions

8.3.3.1. Chlorures (Cl)

Les chlorures sont des composés inorganiques provenant de la combinaison du dichlorure gazeux avec un métal. Le chlorure de sodium (NaCl) et le chlorure de magnésium (MgCl₂) sont les plus répandus. Des sources naturelles et/ou industrielles peuvent être à l'origine d'une contamination de l'eau par les chlorures. De plus, leurs doses élevées dans l'eau potable provoquent une hypertension (DIAB, 2016).

8.3.3.2. Sulfates (SO₄²⁻)

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

8.3.4. Alcalinité

L'alcalinité dans les eaux souterraines est due à la présence de carbonates et de bicarbonates dont les sels sont hydrolysés en solution et produisent des ions hydroxyle. C'est l'une des meilleures mesures de la sensibilité des eaux souterraines aux apports acides. L'alcalinité est également une mesure chimique de la capacité de l'eau à neutraliser les acides. Autrement dit, l'alcalinité est une mesure du pouvoir tampon d'une eau ou de sa capacité à résister aux changements de pH lors de l'ajout d'acides ou de bases (AMIN, 2020).

8.4. Paramètres indésirables

8.4.1. Aluminium (Al)

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

8.4.2. Cuivre (Cu)

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

8.4.3. Fer (Fe)

Le fer existe naturellement dans les aquifères sous forme ferreux soluble ou ferrique insoluble et peut être complexe, colloïdal ou précipité (HANE, 2020). Il est présent également dans les constituants de l'écorce terrestre. Le fer présent dans les sédiments favorise la prolifération de certaines bactéries, il peut être lié à une activité bactérienne excessive (DIAB, 2016).

8.4.4. Manganèse (Mn)

Le manganèse est un métal d'une couleur gris-blanc. Il se trouve souvent en association avec le fer à l'état naturel. Sa source la plus courante dans l'eau est naturelle (altération des minéraux et des roches). Il provient également de plusieurs sources artificielles, en particulier des eaux usées industrielles. Sa présence en excès dans l'eau peut causer des problèmes au foie humain (DIAB, 2016).

8.4.5. Zinc (Zn)

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

8.5. Paramètres de toxicité

8.5.1. Arsenic (As)

L'arsenic est naturellement présent dans la croûte terrestre et est largement distribué dans divers environnements en particulier, les eaux souterraines. Il est très toxique sous forme inorganique, sa présence dans les eaux potables et celles de l'hygiène domestique, notamment l'irrigation, constitue la plus grande menace pour la santé publique. Lors d'une exposition prolongée, il peut provoquer des cancers, des lésions cutanées et des maladies cardiovasculaires (O.M.S., 2017).

8.5.2. Cadmium (Cd)

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

8.5.3. Fluorures (F)

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

8.5.4. Plomb (Pb)

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

8.5.5. Sélénium (Se)

L'état du sélénium retrouvé dans les masses d'eaux est mal connu, il est déterminé à partir de son origine qui est peut être lié aux exsudations naturelles des sols ou aux rejets industriels (séléniates, sélérites, séléniures...etc). Il est très toxique pour l'Homme et cause beaucoup de maladies (RODIER *et al.*, 2009).

8.6. Paramètres de pollution

8.6.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau se produit lorsque des substances indésirables envahissent l'eau, l'altèrent et nuisent à la santé humaine lors de la consommation (MEHTAB *et al.*, 2017). Elle correspond donc à la modification de ses propriétés naturelles (physiques, chimiques et biologiques). Elle est provoquée par diverses sources qui dégagent de l'énergie, de substances dissoutes et/ou de matières en suspension (ELSKENS, 2010).

8.6.2. Différents types de la pollution de l'eau

8.6.2.1. Pollution physique

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

8.6.2.2. Pollution chimique

La contamination chimique est probablement la plus courante et la plus diversifiée. Il s'agit principalement d'une contamination par des composés inorganiques tels que le sodium,

les nitrates, les phosphates et les métaux lourds...etc. En lien avec toutes sortes d'activités humaines, ces derniers causent divers problèmes selon leur solubilité, leurs persistances et leurs toxicités (HARTEMANN, 2013).

8.6.2.3. Pollution organique

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

8.6.2.4. Pollution microbiologique

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

8.6.3. Modes de contamination des eaux de sources

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

8.6.3.1. Pollution ponctuelle

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

8.6.3.2. Pollution diffuse

La pollution diffuse résulte de la transmission indirecte des rejets de la surface du territoire vers le milieu aquatique par les courants d'eau. Le sol joue un rôle important car les éléments polluants y circulent ou le traversent par le mouvement de l'eau (pluie ou irrigation).

La pollution par diffusion est d'autant plus nocive que le nombre d'émissions au sein du territoire est important. Il n'est donc pas possible d'en déterminer l'origine.

8.6.4. Contamination des eaux souterraines

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

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

8.6.4.1. Ammonium (NH_4^+)

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

8.6.4.2. Nitrates (NO_3^-)

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

8.6.4.3. Nitrites (NO_2^-)

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

8.6.4.4. Phosphates (PO_4^{3-})

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

8.6.4.5. Oxygène dissous (OD)

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

8.6.4.6. Demande chimique en oxygène (DCO)

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

8.6.4.7. Demande biochimique en oxygène (DBO)

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

8.6.4.8. Métaux lourds

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

8.7. Paramètres bactériologiques

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

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

8.7.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un large groupe de bacilles à gram négatif, non sporulants, qui partagent plusieurs caractéristiques. Ils pourront être causés par l'invasion de terre ou de matière organique dans l'eau ou par des conditions propices à la croissance d'autres types de coliformes. Ils sont susceptibles de provoquer des troubles gastro-intestinaux (NWABOR, 2016).

8.7.2. *Escherichia coli*

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

8.7.3. Salmonella

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

8.7.4. Vibrions

Les vibrions sont des petites bactéries à Gram négatif courbées (en type virgule), avec un seul flagelle polaire. Elles peuvent provoquer des diarrhées, des symptômes du choléra classique. Une proportion de cas présente un écoulement nasal sévère et une diarrhée aqueuse (O.M.S., 2017).

8.7.5. Virus pathogènes

Les virus sont fondamentalement différents des autres micro-organismes. Ils ne métabolisent pas et ne se multiplient pas par croissance ou division, mais sont créés par l'assemblage de leurs constituants dans la cellule infectée (KAYSER *et al.*, 2016). En tant que groupe, ils peuvent provoquer une variété d'infections et de symptômes. Cela comprend différentes voies de transmission, sites d'infection et voies d'excrétion (O.M.S., 2017).

8.7.6. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa est un bacille flagellaire polaire aérobie à Gram négatif. Il s'agit d'une cause connue d'infections nosocomiales pouvant entraîner des complications graves. Il est isolé dans divers milieux humides tels que les fontaines, les bains, les réseaux d'eau chaude, les douches et sanitaires...etc (O.M.S., 2017).

8.7.7. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est une bactérie cocoïde, anaérobie facultative, immobile, non sporulée à gram positif. Le genre *Staphylococcus* contient au moins 15 espèces différentes qui sont associées à des maladies humaines (O.M.S., 2017).

8.7.8. Entérocoques

Les entérocoques sont des bactéries à Gram positif non sporulées qui se présentent sous forme de coques solitaires ou sont disposées en paires ou en chaînes. Les entérocoques sont des bactéries omniprésentes présentes dans diverses niches écologiques telles que le tractus intestinal des mammifères, dans d'autres espèces animales telles que les reptiles, les oiseaux et même les insectes. On les trouve également dans les eaux usées, l'eau douce, l'eau de mer et le sol (ISNARD, 2017).

Deuxième chapitre

Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique de la source d'eau Lainsar Ouqarmoud

La source d'eau Lainsar Ouqarmoud (figure 1 et 2) est située sur la route wilayale N° 251 dans le village Abourghès, commune d'Illoula Oumalou à une altitude de 1400m. La dite commune est distante de 115 km à l'Est d'Alger, 37 km au Sud-Est de la wilaya de Tizi-Ouzou et à 09 km du chef lieu de la daïra de Bouzguène dont elle dépend administrativement. Elle s'étend sur une superficie de 50.38 km² pour une population de 13 001 habitants et une densité estimée à 257,1 hab/km². Elle est délimitée au Nord-Est par la commune de Bouzguène, au Sud par la wilaya de Bejaia, à l'Est par la commune de Beni-Ziki et à l'Ouest par les deux communes d'Imsoihal et d'Illilten. La commune d'Illoula Oumalou constitue une porte d'accès sur le territoire de la wilaya de Béjaia à partir du col de Chellata.



Figure 1: Source d'eau Lainsar Ouqarmoud (Photographie originale, 2022).



Figure 2: Localisation satellite de la source d'eau Lainsar Ouqarmoud (Google earth, 2022).

1.2. Situation climatique

La région d'Iloula Oumalou est caractérisée par un climat méditerranéen sub-humide à quatre saisons bien contrastées ; un été chaud et sec, un hiver froid et humide bien que doux, un printemps et un automne parfois très pluvieux.

1.3. Couvert végétal

La zone d'étude est caractérisée par une formation végétale simple uni-strate, ligneuse basse claire à *Rubus ulmifolius* (la Ronce à feuilles d'Orme) d'une hauteur variant de 0.5 à 1m et assez claire à *Ampelodesma mauretanicum* (la canne de Mauritanie) d'une hauteur allant de 0 à 0,5m. En plus de ces deux plantes retrouvées au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud, d'autres espèces sont identifiées, nous distinguons *Polypogon monspeliensis* (Polypogon de Montpellier), *Cichorium intybus* (Chicorée sauvage), *Reseda lutea* (Réséda jaune), *Potentilla sp* (Quintefeuille) et *Salix sp* (le saule blanc).

1.4. Sol

La structure du sol désigne le mode d'assemblage de ses constituants dans l'espace, elle est déterminée par la forme des agrégats. Au niveau de notre source d'eau, le sol (figure 3) se caractérise par une structure élémentaire ou autrement dite particulière ; un sol sableux sec et drainant, très perméable, admet le passage assez facile de l'eau. De ce fait, le lessivage des particules minérales le rend pauvre en éléments nutritifs et en matière organique.



Figure 3: Echantillon du sol (Photographie originelle, 2022).

2. Matériels et méthodes

2.1. Echantillonnage

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

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

2.1.1. Echantillonnage pour l'analyse physico-chimique

Avant d'effectuer le prélèvement, nous avons laissé l'eau couler pendant 2 minutes afin d'éviter les substances présentes dans l'eau stagnante, puis nous avons passé au test de chlore en utilisant le DPD (diéthyl-p-phénylènediamine) ; un réactif coloré servant à mesurer la quantité de chlore dans l'eau.

Nous avons recueillis l'échantillon dans un flacon en verre de 1000ml (figure 4) que nous avons préalablement rincé à l'eau distillée puis de nouveau rincé 3 fois avec l'eau à analyser. Nous l'avons rempli jusqu'au bord pour éviter la pénétration de l'air susceptible d'altérer certains paramètres.

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

2.1.2. Echantillonnage pour l'analyse bactériologique

Le prélèvement est effectué dans des conditions aseptiques. Nous avons d'abord stérilisé le flacon de 500 ml au laboratoire ; nous l'avons lavé et rincé préalablement avec l'eau du robinet puis avec l'eau distillée. Une fois le flacon est séché à l'air ambiant, nous

avons versé 0.5 ml de thiosulfate de sodium ; ce produit agit comme agent neutralisant du chlore résiduel qui pourrait être présent dans l'eau. Il empêche ainsi le chlore d'agir entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse et permet donc d'obtenir une estimation juste du nombre de microorganismes présents dans l'eau au moment du prélèvement. Nous avons mis le flacon dans un autoclave à 121 °C (figure 4) pendant 20 minutes pour finaliser le processus de la stérilisation.

Pour effectuer le prélèvement sur site, nous avons stérilisé le robinet de la source en passant tout autour de ce dernier ainsi que sur l'ouverture du flacon et son bouchon une baguette en acier couverte à moitié avec du coton et émergée dans l'alcool puis enflammée. Dans la zone stérile, nous avons rempli le flacon à $\frac{3}{4}$ pour éviter l'eutrophisation du milieu et pour ne pas abîmer les bactéries aérobies.



Figure 4: Autoclave et flacons utilisés pour les prélèvements physico-chimiques et bactériologiques (Photographie originelle, 2022).

2.1.3. Transport et conservation des échantillons à analyser

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

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

Chaque flacon de nos échantillons prélevés comporte une étiquette informant sur le nom de la source et son lieu (Lainsar Ouqarmoud, Illoula Oumalou), la date et l'heure du prélèvement (22/06/2022 à 10h), la température (23,20 °C), le débit approximatif (moyen) et un code de référence.

2.2. Analyse des échantillons

2.2.1. Analyses physico-chimiques

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

2.2.2. Analyses bactériologiques

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

2.2.2.1 . Filtration sur membrane (FM)

Cette méthode permet de détecter et de quantifier simultanément les coliformes totaux y compris la bactérie *E.coli*, les streptocoques et les spores sur des milieux de cultures différents utilisant une rampe de filtration (figure 5) en acier inoxydable composée d'entonnoirs de 500 ml, d'une plaque poreuse et d'un robinet dont chacun de ces derniers doit être stérilisé à l'aide d'un bec bunsen avant d'effectuer l'analyse. La rampe est associée à une pompe à vide qui sert à aspirer le liquide et à un récipient récepteur de l'eau aspirée.



Figure 5: Rampe de filtration (Photographie originale, 2022).

2.2.2.2. Ensemencement en milieu liquide

Cette méthode permet de détecter et de quantifier les coliformes fécaux et thermo tolérants, les streptocoques et les spores en utilisant des bouillons et des réactifs spécifiques.

2.2.2.3. Milieux de culture

Les milieux de culture qui sont servis pour l'isolement des germes sont représentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Milieux de culture utilisés pour l'isolement des germes dans l'eau à analyser.

Milieux de cultures solides	Milieux de cultures liquides
CCA (Coliform chromogenic Agar) : Pour la recherche des coliformes fécaux et des coliformes thermo tolérants (<i>Escherichia coli</i>)	BCPL (Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol) muni d'une cloche de Durham: Pour la recherche des <i>E.coli</i> et des coliformes
SLANETZ : Pour la recherche des streptocoques	Tryptophane: Pour la confirmation des <i>E.coli</i>
BEA (Bile Esculine Azoture) : Pour la confirmation de la présence des streptocoques	BLBVB (bouillon lactosé bilié au vert brillant) muni d'une cloche de Durham: Pour la confirmation des coliformes fécaux
VF (viande de foie) : Pour la recherche des spores des anaérobies sulfuto-réductrices.	Rothe : Pour la recherche des streptocoques
	EVA Litsky : Pour la confirmation des streptocoques

2.3. Dosage des paramètres physico-chimiques

2.3.1. Température

Nous avons évalué la température de l'eau sur site après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre associé à une électrode en verre que nous avons introduit dans le flacon d'eau puis nous avons enregistré la valeur affichée en degré Celsius (°C) sur l'écran de l'appareil. Nous l'avons également évaluée une fois arrivé au laboratoire à l'aide d'un conductivimètre (figure 6).



Figure 6: Conductivimètre (Photographie originelle, 2022).

2.3.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

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



Figure 7: pH-mètre (Photographie originale, 2022).

2.3.3. Conductivité électrique

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

2.3.4. Turbidité

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre (figure 8). Le principe consiste d'abord à étalonner l'appareil avec une cuve contenant une solution témoin. Après l'étalonnage, nous avons introduit notre échantillon dans une cuve en verre bien séchée que nous avons ensuite placée dans l'appareil. Ce dernier comprend un faisceau lumineux qui traverse la cuve et donne le taux de matières en suspension présentes dans l'eau en unité de turbidité néphélométrique (NTU).

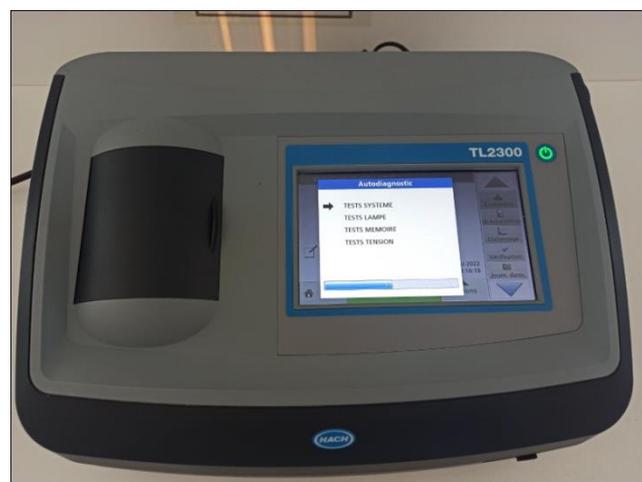


Figure 8: Turbidimètre TL2300 (Photographie originale, 2022).

2.4. Dosage des paramètres chimiques

2.4.1. Paramètres de minéralisation globale

2.4.1.1. Dureté totale

➤ Principe

Cette méthode consiste à utiliser une solution aqueuse du sel disodique d'Éthylène Diamine Tetra-Acétique (EDTA) à pH de 10 pour le titrage du calcium et de magnésium par complexométrie. L'indicateur utilisé est le mordant noir 11 qui donne une couleur violette en présence des ions calcium et de magnésium.

➤ Mode opératoire

Nous avons introduit à l'aide d'une pipette 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 250 ml, nous avons ajouté 4 ml de la solution tampon et 3 gouttes du mordant noir 11 qui donne une coloration violette (le pH de la solution doit être de 10). Nous avons ensuite titré la solution lentement avec l'EDTA tout en agitant. Une fois la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu, nous avons réglé la burette pour qu'elle l'éjecte en goutte à goutte. Le virage est atteint lorsque la couleur ne change plus avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de l'EDTA.

2.4.1.2. Calcium

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, nous avons introduit 50ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 250 ml (figure 9), puis nous avons ajouté 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et une pincée de l'indicateur HSN d'une couleur violette qui est d'environ 0.2g, la couleur du mélange vire ainsi en violet. Nous avons titré avec la solution d'EDTA tout en mélangeant et nous avons arrêté l'agitation une fois la couleur bleue claire est apparue. Cette dernière ne doit pas changer même avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de

l'EDTA. La quantité de l'EDTA versée égale à la concentration de calcium présente dans l'échantillon. Nous l'avons notée en mg/l.



Figure 9: Dosage volumétrique du calcium (Photographie originale, 2022).

2.4.1.3. Magnésium

La dureté magnésienne est estimée à partir de la différence calculée entre la teneur globale en calcium et en magnésium et la teneur en calcium. Elle est donnée par la formule suivante : $Mg = (Ca + Mg) - Ca$

Où:

Mg : Teneur en magnésium en mg/l ;

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

Ca : Teneur en calcium en mg/l.

2.4.1.4. Potassium et sodium

➤ Principe

Le principe consiste à mesurer le taux de potassium et de sodium avec un spectrophotomètre à flamme (figure 10) étalonné à l'aide d'une solution étalon d'une concentration égale à 1000 mg/l contenant 1.907 g de chlorures de potassium (KCl) dissoutes dans 1 litre d'eau distillée pour le dosage du potassium.

Pour le sodium, l'étalonnage de l'appareil s'effectue à l'aide d'une solution étalon contenant 2.54 g de chlorures de sodium (NaCl) dissoutes dans 1 litre d'eau distillée d'une concentration de 1000 mg/l.

➤ **Modes opératoires**

• **Potassium**

Une fois l'appareil est allumé et la flamme est stabilisée, nous l'avons réglé, en passant premièrement le blanc qui va stabiliser l'appareil à 0, puis en passant trois fois la solution étalon de KCl de 10 mg/l. Une fois le 10 est affiché, nous avons passé le bécher contenant notre échantillon à analyser dont la valeur du potassium s'affiche sur l'écran de l'appareil en mg/l. Dans le cas où cette valeur dépasse les 10 mg/l, nous procédons à la dilution, la concentration est donc multipliée par le facteur de dilution.

• **Sodium**

Nous avons procédé les mêmes étapes que celles du potassium pour le dosage du sodium, sauf pour l'étalonnage de l'appareil, nous avons utilisé la solution des chlorures de sodium.



Figure 10: Spectrophotomètre à flamme (Photographie originelle, 2022).

2.4.1.5. Alcalinité

➤ **Principe**

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

- Le titre alcalimétrique ou TA qui mesure la teneur de l'eau en carbonates (CO_3^{2-}) ;

- Le titre alcalimétrique complet ou TAC qui correspond à la teneur de l'eau en bicarbonates (HCO_3^-).

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

➤ **Modes opératoires**

- **Détermination de TA**

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

- **Détermination de TAC**

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

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

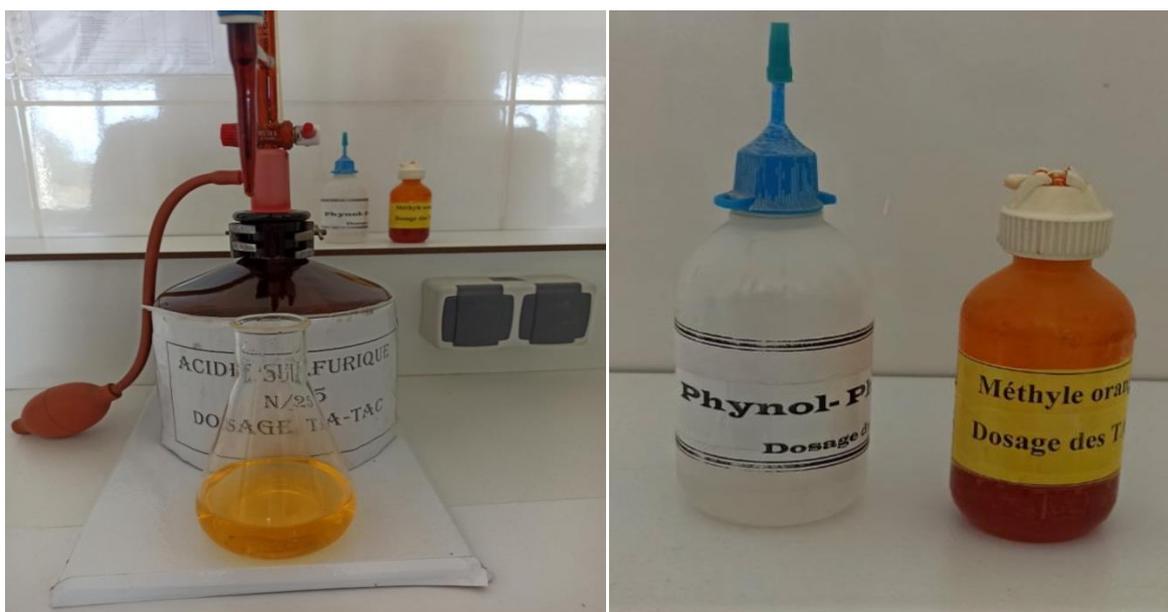


Figure 11: Dosage de l'alcalinité (Photographie originelle, 2022).

2.4.1.6. Chlorures

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

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

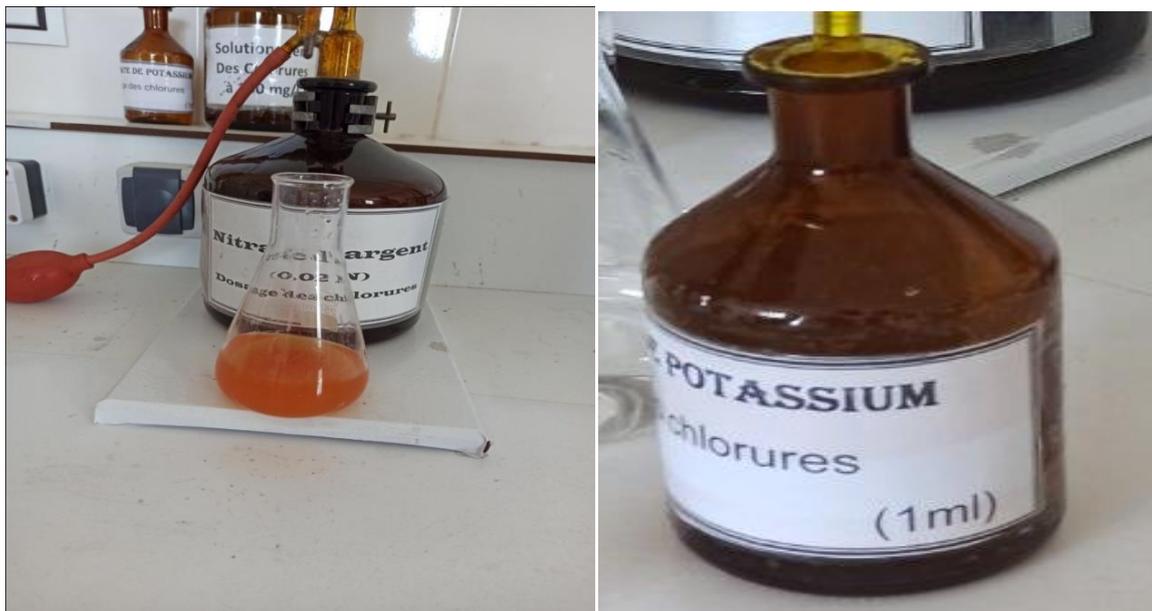


Figure 12: Dosage des chlorures (Photographie originale, 2022).

2.5. Dosage des paramètres indésirables

2.5.1. Aluminium

➤ Principe

Le principe consiste à déterminer la dose des sulfates d'alumines présentes dans l'eau en présence de thiosulfate de sodium qui neutralise le chlore. L'aluminium réagit avec l'éryochrome cyanine à un pH de 5.9 en présence de l'acétate d'ammonium.

➤ **Mode opératoire**

Dans une fiole jaugée de 50 ml, nous avons introduit à l'aide d'une pipette 25 ml de l'eau de notre source, puis nous avons ajouté 0.5 ml du thiosulfate de sodium qui élimine le chlore présent dans l'eau, 1 ml d'acide ascorbique, 1 ml de l'acide sulfurique qui neutralise les chlorures, 10 ml de la solution tampon qui stabilise le pH à 6.2 et 5 ml de la solution d'eryochrome cyanine qui donne une coloration orangée pour la solution (figure 13). Nous avons mesuré l'absorbance à une longueur d'onde d'environ 540 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible étalonné avec l'eau distillée. La concentration de l'aluminium est affichée sur l'écran de l'appareil mg/l.

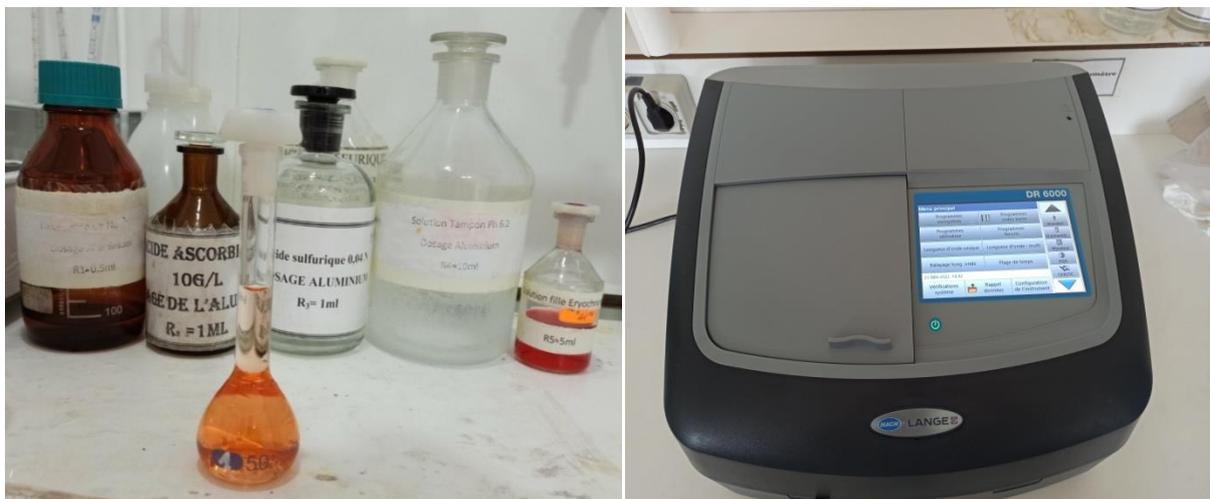


Figure 13: Dosage de l'aluminium à l'aide du spectrophotomètre UV visible DR6000 (Photographie originale, 2022).

2.5.2. Fer

➤ **Principe**

Le fer est, après oxydation en milieu acide, réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie utilisant la phénanthroline 1,10 qui réagit avec les sels ferreux et donne une couleur marron claire à une longueur d'onde de 510 nm.

➤ **Mode opératoire**

Dans une fiole de 100ml (figure 14), nous avons transvasé 50ml de la prise d'essai, nous avons ajouté 1ml de chlorhydrate hydroxylamine et mélangé soigneusement, ensuite nous avons ajouté 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 et 2ml de la solution phénanthroline puis nous avons laissé un temps de contact qui est de 15min à l'obscurité. Nous avons utilisé un spectrophotomètre UV visible étalonné avec l'eau distillée

pour la mesure de l'absorbance qui indique la concentration du fer en mg/l présente dans l'échantillon d'eau de source.

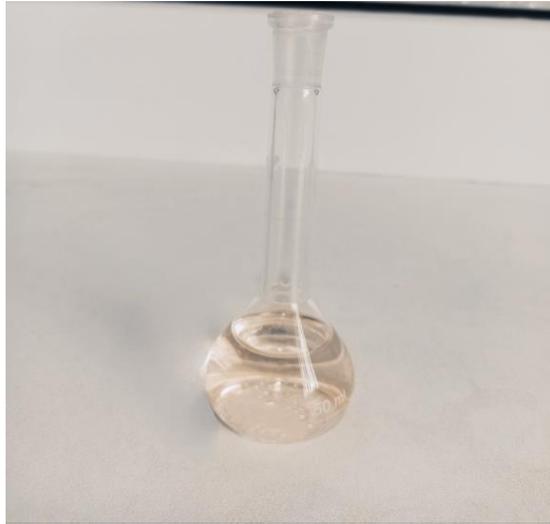


Figure 14: Dosage du fer (Photographie originale, 2022).

2.6. Dosage des paramètres de pollution

2.6.1. Ammonium

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

Dans une fiole de 50 ml (figure 15), nous avons versé 40 ml de l'échantillon d'eau de source auquel nous avons ajouté 4 ml du réactif coloré (préalablement préparé), qui donne une couleur jaune, et 4 ml du dichloroisocyanurate de sodium. En cas de présence d'ammonium, la couleur jaune devient verte durant le temps de contact qui est de 2heurs (plus le taux de la matière organique est élevé, plus la couleur verte devient foncée). Nous avons placé la cuve qui possède l'échantillon contenant l'ammonium dans le spectrophotomètre UV visible déjà étalonné avec de l'eau distillée, et nous avons enregistré la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.



Figure 15: Dosage de l'ammonium (Photographie originale, 2022).

2.6.2. Nitrates

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

Dans une fiole conique sèche de 100ml, nous avons versé à l'aide d'une pipette pourvue d'une poire 35ml du mélange acide auquel nous avons rajouté 5ml de diméthyl 2,6-phénol puis nous avons agité circulairement la solution et laissé reposer pendant 10 à 60 minutes. A l'aide d'une pipette, nous avons ajouté 5ml de la prise d'essai. Après l'étalonnage du spectrophotomètre, nous avons placé la cuve en verre contenant la solution à analyser puis nous avons obtenu la concentration en azotes nitrates (N-NO_3^-) à une longueur d'onde de 324nm. Quant à la concentration en nitrates, nous l'avons obtenue en multipliant la valeur trouvée fois 4.427 (constante) qui donne la valeur finale en mg/l.

2.6.3. Nitrites

➤ Principe

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

- **Mode opératoire**
- **Préparation du réactif mélange**

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

- **Analyse de l'échantillon**

Dans une fiole jaugée de 50 ml (figure 17), nous avons introduis 40 ml de l'eau de source à analyser. Ensuite, nous avons ajouté avec une pipette 1 ml du réactif mélange pour le dosage des nitrites. L'apparition immédiate d'une couleur rose après le temps de contact signifie la présence d'une pollution par les nitrites dans l'eau. Nous avons placé la cuve contenant l'échantillon dans le spectrophotomètre UV visible, que nous avons étalonné auparavant avec de l'eau distillé, ensuite nous avons noté la valeur affichée sur l'écran de l'appareil en mg/l.



Figure 16: Dosage des nitrites (Photographie originelle, 2022).

2.6.4. Phosphate

- **Principe**

Le principe consiste à former dans un milieu acide un complexe phosphomolybdique avec le molybdate d'ammonium, le tartrate double d'antimoine et le potassium qui sera ensuite réduit par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu susceptible d'un dosage spectrométrique qui présente deux valeurs maximales d'adsorption (l'une vers 700 nm et l'autre plus importante à 880 nm).

➤ **Mode opératoire**

Nous avons versé dans une fiole de 50 ml (figure 18), 40 ml de l'échantillon d'eau de source à analyser puis nous avons rajouté 2 réactifs; 1ml de l'acide ascorbique et 2ml du réactif mélange, ensuite nous l'avons mélangé soigneusement et incubé pendant 10minutes. Après le temps de contact, l'apparition d'une couleur bleue indique la présence du phosphate.

Pour la lecture du résultat, nous avons utilisé un spectrophotomètre UV visible que nous avons déjà étalonné avec une solution d'ortho-phosphates, et dont nous avons placé une cuve en verre contenant la solution à analyser, ensuite nous avons enregistré la valeur affichée en mg/l sur l'écran de l'appareil.



Figure 17: Dosage du phosphate (Photographie originelle, 2022).

2.6.5. Matière organique

➤ **Principe**

Ce test a pour but d'approcher la teneur en matières organiques dans l'eau de source en mesurant la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium (KMnO_4) par les matières organiques contenues dans l'eau à analyser. Il s'agit d'un dosage en retour.

➤ **Mode opératoire**

Dans un erlenmeyer, nous avons introduit 100 ml de l'échantillon d'eau de source, puis nous avons ajouté 20 ml de l'acide sulfurique que nous avons attiédis. Nous avons ajouté, ensuite, 20 ml de permanganates du potassium qui donne une coloration violette pour la solution. Nous l'avons mis sur une plaque chauffante et porté à ébullition (nous avons

compté 10 minutes à partir de la première ébullition). A l'aide d'une pipette, nous avons ajouté 20 ml d'oxalate de sodium ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) qui a décoloré la solution. Nous avons titré la solution, pendant qu'elle est encore chaude, avec la solution titrante du permanganate de potassium jusqu'à l'apparition d'une couleur rose pâle qui indique l'oxydation complète de la matière organique. La quantité du KMnO_4 versée désigne le taux de la matière organique en mg/l présent dans l'échantillon d'eau de source.



Figure 18: Dosage de la MO (Photographie originale, 2022).

2.7. Dénombrement des bactéries

2.7.1. Dénombrement des coliformes et coliformes thermo tolérants (*Escherichia coli*)

2.7.1.1. Méthode par filtration sur membrane

➤ Principe

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

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

- Le test de présomption : Réservé à la recherche des coliformes et coliformes thermo tolérants ;
- Le test de confirmation : Réservé à la confirmation des coliformes et des coliformes thermo tolérants.

➤ **Mode opératoire**

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

➤ **Lecture**

• **Test de présomption**

Après l'incubation, les coliformes sont représentés en colonies de couleur rose et les *E.coli* en colonies de couleur bleu (figure 19).

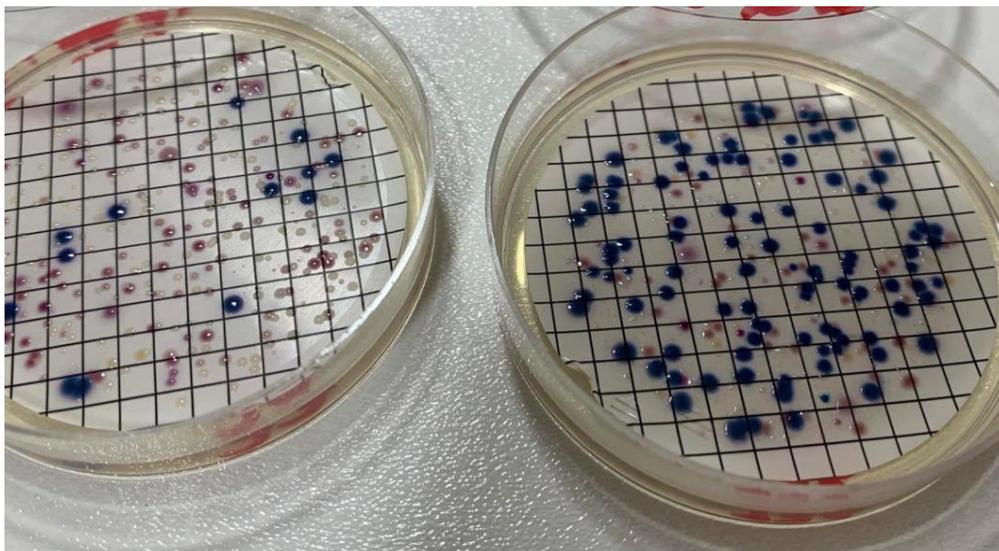


Figure 19: Coliformes fécaux et thermo tolérants (Photographie originelle, 2022).

• **Test de confirmation**

Pour confirmer que les colonies s'agissent des coliformes, il faut les prélever soigneusement avec une pipette stérile et les repiquer sur un disque d'oxydase imbibé à l'eau distillée (figure 20). Dans ce cas, toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase (c'est-à-dire la colonie ne change pas de couleur) dans les trente secondes qui suivent sont des bactéries coliformes. Concernant les colonies qui virent vers bleu, elles ne sont pas des coliformes (réaction positive à l'oxydase).

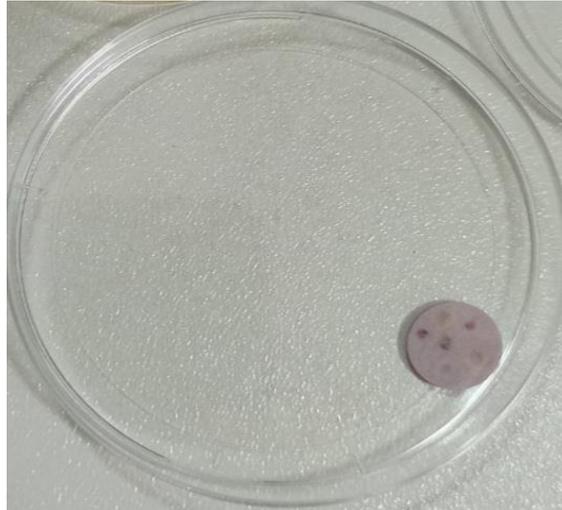


Figure 20: Confirmation des coliformes fécaux sur disque d'oxydase (Photographie originelle, 2022).

2.7.1.2. Méthode en milieu liquide

➤ Principe

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermo tolérants (*E.coli*) dans l'eau de source à analyser, en milieu liquide par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP) dans un milieu BCPL simple concentré et double concentré.

➤ Mode opératoire

Nous avons pris 7 tubes à essais contenant 10ml du milieu BCPL coloré en violet et muni d'une cloche de Durham dont 5 tubes sont double concentrés (DC) et 2 tubes sont simple concentrés (SC). Dans la zone stérile, nous avons porté aseptiquement 10 ml de l'eau de source à analyser dans chaque tube DC et 1 ml dans l'un des tubes SC et 0.1 ml dans l'autre. Ensuite, nous avons bien mélangé le milieu et l'inoculum en faisant des mouvements de va et vient pour chasser l'air présent dans la cloche. Une fois l'air est complètement chassé, nous avons incubé les tubes à 37° C pendant 24 heures.

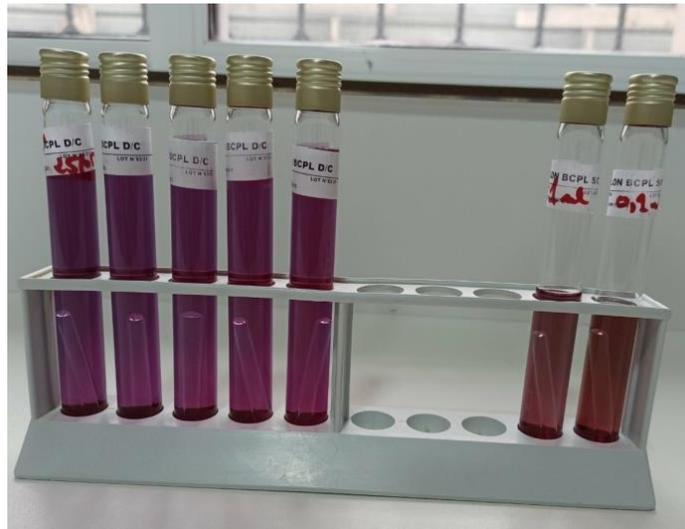


Figure 21: Milieu BCPL pour la recherche des coliformes fécaux et *E.coli* (Photographie originale, 2022).

➤ **Lecture**

• **Test de présomption**

Après incubation, on considère les tubes comme étant positifs si ces derniers présentent à la fois un dégagement de gaz qui doit être supérieur au 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (figure 22). Ceci indique seulement la présence des bactéries mais leur confirmation nécessite un test confirmatif réalisé dans un bouillon spécifique pour chaque type de bactéries (*E.coli* et coliformes fécaux).



Figure 22: Milieu BCPL en présence des coliformes fécaux et thermo tolérants (Photographie originale, 2022).

- **Test de confirmation**

- ❖ *E.coli*

A partir des tubes BCPL trouvés positifs, pipeter quelques gouttes du mélange qui seront ensuite versées dans le milieu Tryptophane d'une couleur jaune. Enfin, incuber dans une étuve à 44 °C pendant 24 heures.

Après l'incubation, rajouter 2 à 3 gouttes du réactif Kovacs (figure 23_b). Les *E.coli* sont présentes si un anneau rouge cerise apparaît (figure 24_a).

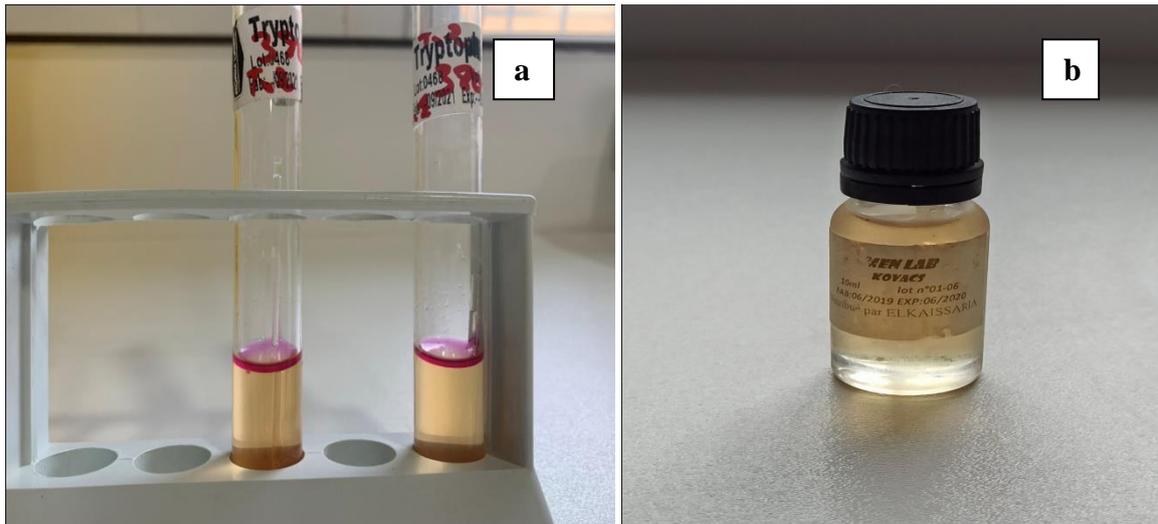


Figure 23: Confirmation de la présence des *E.coli* par le réactif Kovacs dans un milieu Tryptophane (Photographie originelle, 2022).

- ❖ **Coliformes fécaux**

A partir des tubes BCPL trouvés positifs, transférer vers un milieu BLBVB (figure 24), muni d'une cloche du Durham, quelques gouttes du mélange (milieu et inoculum) à l'aide d'une pipette, puis incuber dans une étuve pendant 24 heures à 37 °C.



Figure 24: Milieu BLBVB (Photographie originelle, 2022).

L'apparition d'un trouble microbien suivi d'un dégagement de gaz indique la présence des coliformes fécaux.

2.7.2. Dénombrement des streptocoques

2.7.2.1. Méthode par filtration sur membrane

➤ Principe

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

➤ Mode opératoire

Après la stérilisation du dispositif de filtration, nous l'avons refroidis tout de suite en versant une quantité de l'eau de source à analyser (si on en dispose en quantité suffisante ou bien avec de l'eau distillée stérile) dans l'entonnoir, en même instant, le robinet est ouvert afin d'aspirer l'eau par la pompe. Nous avons ensuite placé de façon aseptique un filtre d'une porosité nominale de $0,45\mu\text{m}$ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Nous avons versé 100 ml de l'échantillon d'eau de source, devant le bec bunsen, dans l'entonnoir puis nous avons actionné la pompe à vide ce qui permet le passage de l'eau par le filtre et l'isolement des bactéries. Nous avons retiré l'entonnoir puis transféré immédiatement et aseptiquement le filtre à l'aide d'une pince à bouts arrondis stériles, sur la surface d'une plaque de gélose Slanetz préalablement préparée et versée dans des boîtes pétries. Nous les avons incubées couvercle en bas dans une étuve à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures.

• Test de présomption

Après l'incubation, l'apparition des petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rouge, marron ou rose, indique la présence des streptocoques. Ces dernières seront amenées à un test confirmatif pour confirmer leur présence (figure 25).



Figure 25: Streptocoques sur un milieu SLANETZ (Photographie originelle, 2022).

- **Test de confirmation**

Transférer aseptiquement le filtre du milieu Slanetz sur un milieu de gélose (BEA) préchauffée préalablement à 44 °C puis incuber dans une étuve à $44 \pm 0,5$ °C pendant 2 heures.

Après l'incubation, les colonies confirmées prennent une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu BEA (figure 26).

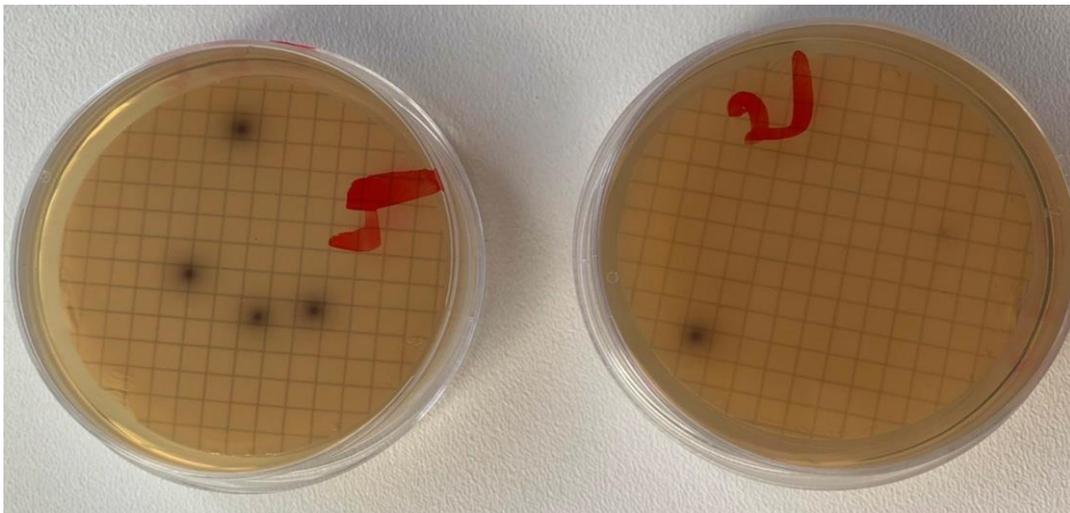


Figure 26: Confirmation des streptocoques sur un milieu BEA (Photographie originelle, 2022).

2.7.2.2. Ensemencement en milieu liquide

➤ Principe

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou les streptocoques fécaux dans l'échantillon de l'eau de source à analyser par ensemencement en milieu liquide (NPP). Cette méthode se fait en deux étapes consécutives ; le test de présomption qui est réservé à la recherche présomptive des streptocoques sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium (milieu Rothe) et le test de confirmation qui est réservé à la confirmation réelle des streptocoques sur un milieu nettement plus inhibiteur (EVA Litsky) à l'éthyl violet et l'acide de sodium.

➤ Mode opératoire

Nous avons pris 7 tubes contenant 10ml du bouillon Roth coloré en jaune dont 5 tubes sont doubles concentrés (DC) et 2 autres tubes sont simples concentrés (SC) (figure 27). Dans la zone stérile, nous avons porté aseptiquement 10ml de la prise d'essai dans chaque tube DC. Concernant les deux tubes SC, nous avons versé 1ml de l'eau de source dans l'un et 0.1 ml dans l'autre. Nous avons bien mélangé les milieux et l'inoculum et nous les avons incubés dans une étuve à 37 °C pendant 48h.

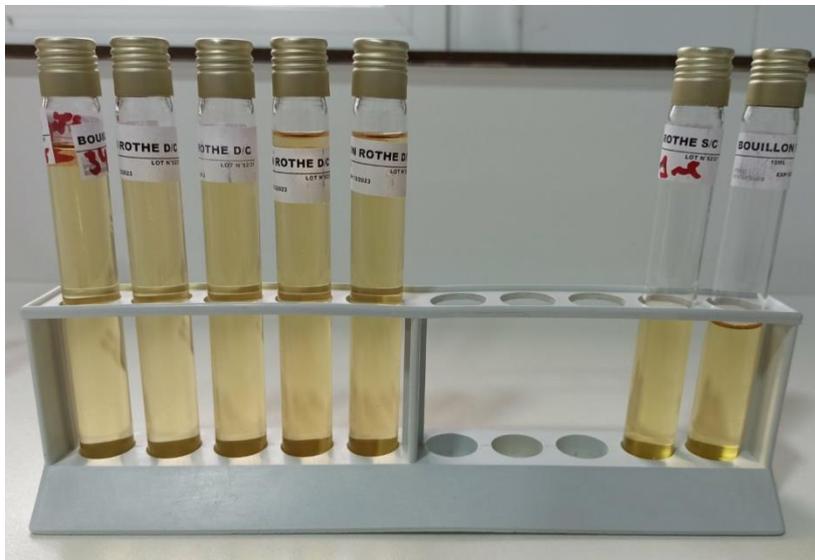


Figure 27: Recherche des streptocoques dans le bouillon Roth (Photographie originale, 2022).

• Test de présomption

Après l'incubation, les tubes qui présentent un trouble microbien sont considérés comme étant positifs. Mais, dans ce cas là, ils ne doivent pas faire l'objet de dénombrement, ils

doivent par contre faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA Litsky dans le but d'être justement confirmés.

- **Test de confirmation**

A partir des tubes Roth trouvés positifs, transférer quelques gouttes à l'aide d'une pipette dans des tubes contenant un milieu EVA Litsky coloré en jaune (figure 28) puis agiter bien le milieu et l'inoculum et incuber dans une étuve à 37 °C pendant 24h.

Après l'incubation, on considère les tubes présentant un trouble microbien et une pastille blanchâtre au fond des tubes comme positifs.

Enfin, effectuer la lecture finale et le dénombrement des bactéries selon la prescription de la table du Nombre le Plus Probable (NPP) (table du 3^{ème} système).



Figure 28: Confirmation de la présence des streptocoques dans le milieu EVA Litsky (Photographie originelle, 2022).

Troisième chapitre

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses organoleptiques

1.1. Couleur

L'eau de la source Lainsar ouqarmoud est limpide; ceci revient aux faibles teneurs en fer, en manganèse et en matière organiques qui sont les principaux paramètres susceptible de provoquer une coloration de l'eau.

1.2. Odeur

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

1.3. Goût

L'eau de la source analysée est insipide en raison de la faible teneur de la matière organique en décomposition ainsi que celle de la minéralisation globale, également à la faible activité des microorganismes.

2. Résultats des analyses physico-chimiques

2.1. Température

La figure 29 représente les valeurs des températures enregistrées (en °C) au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud. La mesure in-situ de la température de l'eau de cette source a révélé des valeurs comprises entre 23.20 °C et 24 °C durant les deux années 2021 et 2022 pendant la période d'échantillonnage. D'après nos résultats (été 2022), la température de l'eau de notre source étudiée présente une légère diminution par rapport à celle de l'année 2021, ceci est peut être due à l'inégalité thermique des mois de prélèvement; le mois de juillet pour l'échantillon de 2021 et le mois de juin pour celui de 2022. De ce fait, nous constatons que la température externe influence sur la température de l'eau. Les valeurs enregistrées sont conforme aux normes algériennes de l'eau potable qui recommandent des températures ne dépassant pas les 25 °C.

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021), qui ont réalisé une étude sur l'évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois sources Thianserine (Ouacif), Thala Bouada (Bouzguène) et Ain Naïm (Azeffoune) dans la région de Tizi-Ouzou (résultats varient entre 19 °C et 25.2 °C), et sont relativement proches aux valeurs enregistrées par HOUMEL (2017) qui a réalisé une étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau Thala Toulmouts (Tizi Rached) et Thala Oumazar (Ait Toudert) dans la

wilaya de Tizi Ouzou (valeur varie entre 22.3 °C – 22.6 °C). Nos résultats sont également proches à ceux obtenus par RAMDANE et TIGUERCHE (2015) qui ont étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Alma (Mizrana) dans la wilaya de Tizi-Ouzou (valeur de 22.1 °C). Nos résultats concordent ainsi avec ceux trouvés par DIAB (2016) qui a effectué une étude sur les propriétés physico-chimiques et colloïdales du bassin de la rivière Litani au Liban (valeur comprise entre 11.6 °C et 27.5 °C).

Cependant, nos résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020) qui ont étudié les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout (Ouadhias) dans la wilaya de Tizi-Ouzou (résultats varient entre 15 °C et 20.4 °C) et ceux trouvés par LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui ont effectué une étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau Tigounatine (Akerrou) et Ain Helouf (Tizi-Ouzou) dans la wilaya de Tizi-Ouzou (résultats variant entre 17 °C et 20.8 °C).

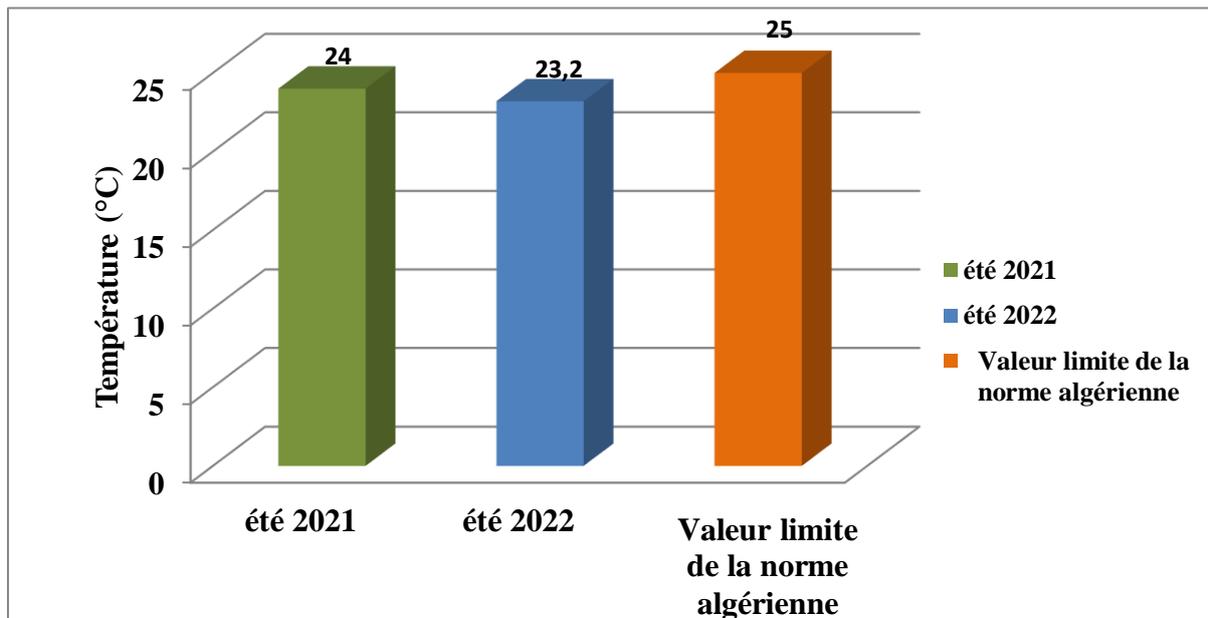


Figure 29: Variation de la température au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

2.2. pH

D'après la figure 30, la valeur enregistrée pour l'eau de notre source est basique et ne montre pas de variation notable par rapport à celle de l'année 2021 ; nous notons 8,09 pour l'année 2022 et 7,29 pour l'année 2021, ce qui témoigne d'un pH conforme aux normes de potabilité.

Selon PUJEH JUNIOR, 2021, la température a un lien direct avec le pH ; plus le pH est faible, plus la température de l'eau est élevée.

Nos résultats corroborent avec ceux interprétés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (résultats varient entre 7,24 et 8,04) et avec ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont apprécié des valeurs comprises dans l'intervalle (7.44 et 8.10) dans leur étude sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau Thala Ainsar (Ouacif) et Thala Kebout (Ouadhias). Nos résultats sont à l'opposé des résultats de AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre 7.2 et 7.9) et ceux de ILTACHE (2015) qui a effectué une étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau ; Fontaine Fraîche (Tizi-Ouzou), Ainsar Akdhim (Thala-Athman) et Ait Bouhouni (Yakourene) dans la wilaya de Tizi-Ouzou (résultats varient entre 5.95 et 7.11).

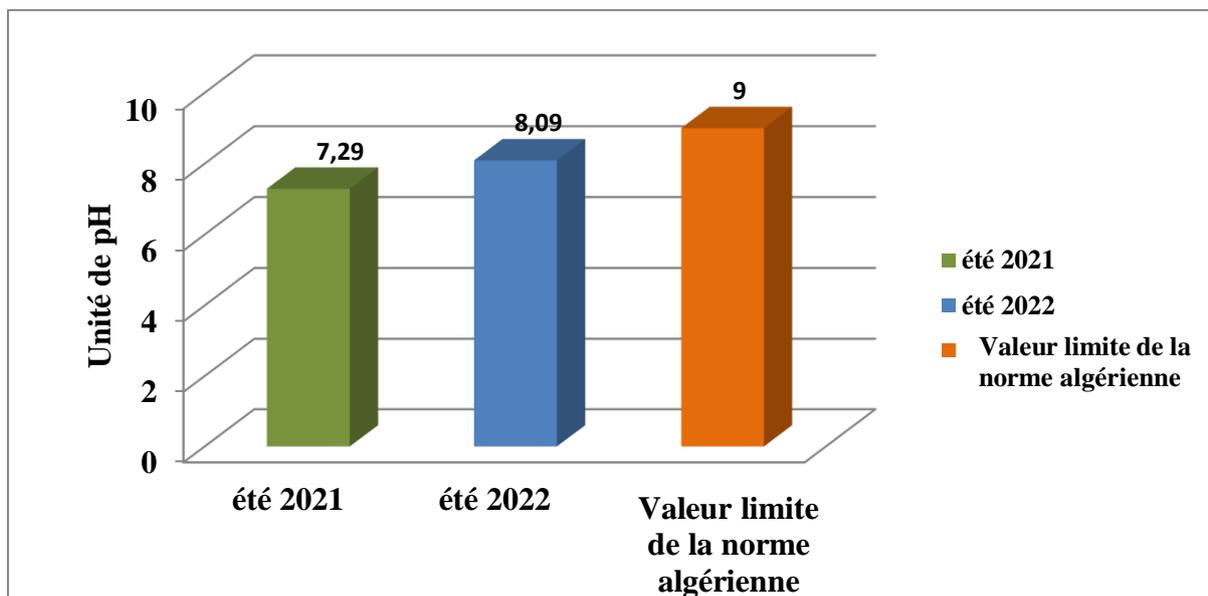


Figure 30: Variation du pH au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

2.3. Conductivité électrique à 20 °C

La figure 31 montre que la conductivité de l'eau de la source analysée fluctue entre 244 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant l'été des deux années 2021 et 2022, cela confirme que cette eau est moyennement minéralisée. Nous avons enregistré une légère diminution par rapport à l'année 2021, ce qui pourra être associé à la nature plus fraîche de l'eau au moment de la prise de la lecture au point de source. Selon PUJEH JUNIOR (2021), les valeurs de la conductivité sont influencées par la température (plus l'eau est froide plus y a diminution de la conductivité, et plus l'eau est chaude, plus l'augmentation de ce paramètre). Néanmoins, les valeurs notées restent conformes à la norme algérienne exigeant une valeur limite de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nos résultats sont proches à ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) qui ont enregistré une valeur de 247 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au niveau de la source d'eau Thianserine, et à ceux de LASSOUAOUI et KITOUS (2017) (résultats varient entre 225 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 273 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Par contre, nos valeurs ne sont pas conformes à ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020) (valeurs varient entre 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 426 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ceux de HOUMEL (2017) (résultats varient entre 413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 817 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015) qui sont inclus dans l'intervalle [309 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – 471 $\mu\text{S}/\text{cm}$].

Selon BELGHITI *et al.*, (2013), la conductivité électrique dépend des charges de la matière organique endogène et exogène, génératrice des sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé.

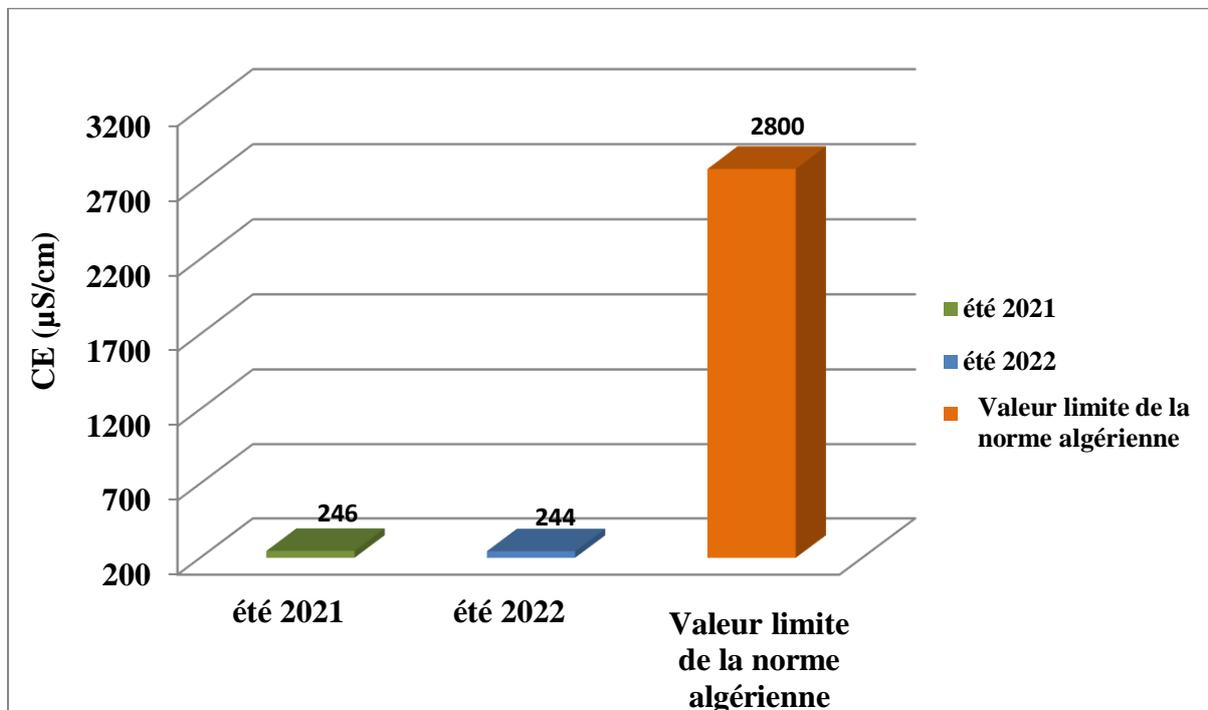


Figure 31: Variation de la CE au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

2.4. Turbidité

La figure 32 montre les valeurs de turbidité enregistrées pendant la période sèche des deux années 2021 et 2022. Les valeurs notées pour ce paramètre au niveau de la source Laïnsar Ouqarmoud sont équivalentes durant les deux années (0.51 NTU) ce qui nous laisse déduire que cette eau est claire, voire incolore selon les classes de turbidité de l'eau. La stabilité de ces dernières indique la présence négligeable des matières en suspension et des particules colloïdales, ce qui témoigne la bonne construction ainsi que le bon aménagement et

emplacement de notre source d'eau. De plus, il a été suggéré par l'OMS que la turbidité inférieure à 5 NTU est acceptable pour la consommation quotidienne, tandis que pour la santé, elle devrait être inférieure à 1 NTU. Les valeurs trouvées au niveau de notre source sont inférieures à la valeur maximale admissible recommandée par la réglementation algérienne (5 NTU).

Les résultats de notre étude sont en accord avec ceux trouvés par AMICHI et AMIRI (2020) (valeurs comprises entre 0.44 NTU et 0.69 NTU), HOUMEL (2017) (résultats varient entre 0.53 NTU et 0.73 NTU). Nos résultats coïncident également avec ceux trouvés par SARI (2014) qui a étudié la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source d'eau Attar dans la wilaya de Tlemcen (résultats varient entre 0.42 NTU et 0.65 NTU). Or, nos résultats ne sont pas en accord avec ceux trouvés par LASSOUAOUI et KITOUS (2017) (résultats fluctuent entre 0.16 NTU et 0.44 NTU), ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) (résultats varient entre 0.6 NTU et 2.15 NTU) et ceux de ILTACHE (2015) (résultats varient entre 1.16 NTU et 1.85 NTU) mais qui restent conformes aux normes de potabilité.

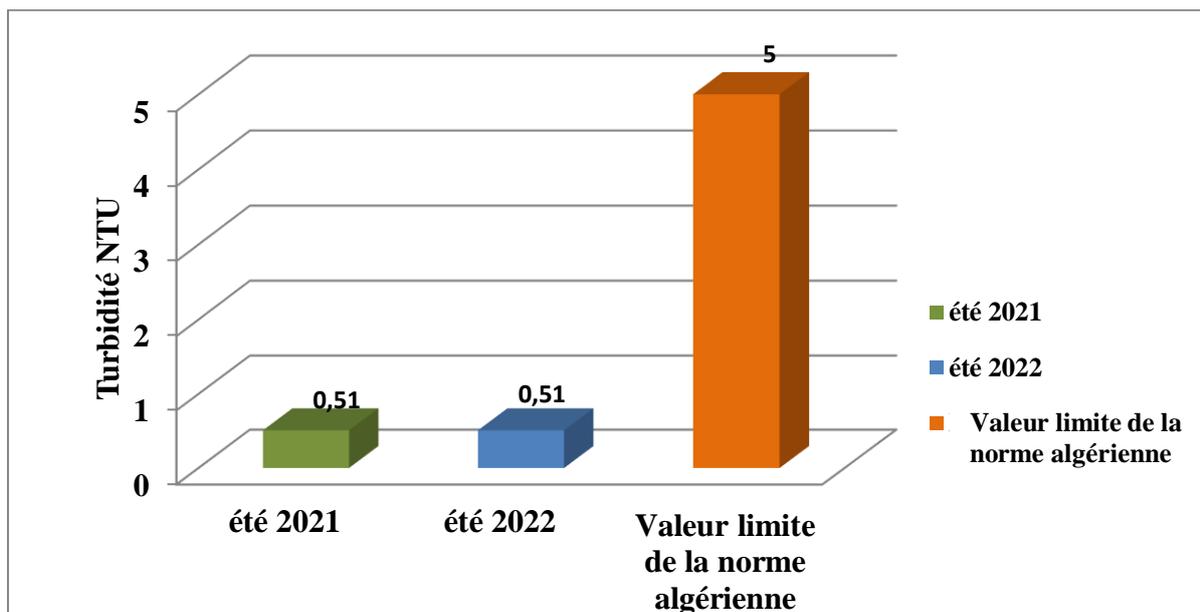


Figure 32: Variation de la turbidité au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3. Résultats des analyses chimiques

3.1. Résultats des paramètres de minéralisation globale

3.1.1. Dureté totale

A partir de la figure 33, les valeurs de la dureté totale enregistrées au niveau de notre source varient entre (122 mg/l et 124 mg/l) durant les deux années 2021 et 2022, donc cette eau est classée comme douce. Cette légère élévation peut s'exprimer par l'augmentation de

l'ion magnésium dans l'eau analysée. AL KAUSOR *et al.*, (2017) mentionnent que la dureté des eaux résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses, elle résulte ainsi du mélange de certains sels, notamment les bicarbonates, les carbonates et les sulfates de calcium et de magnésium, avec l'eau de pluie qui s'écoule à la surface de la terre et pénètre dans les eaux souterraines. Cependant, les valeurs que nous avons enregistrées restent conformes aux normes de potabilité exigées par la réglementation algérienne de 500 mg/l.

Nos résultats sont similaires à ceux de OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (résultats varient entre 122 mg/l et 124 mg/l) au niveau des deux sources Thianserine et Thala Bouada, par contre, le résultat trouvé au niveau de la source Ait Naim dépasse largement notre résultat mais il reste inférieur à la norme exigée par la réglementation algérienne (<500 mg/l). Nos résultats sont également proches aux résultats appréciés par BESSALEM et HASSANI (2017) au niveau de la source d'eau Thala Ainsar (128 mg/l). Cependant, nos résultats ne sont pas similaires à ceux trouvés par AMICHI et AMIRI (2020) (174 mg/l et 210 mg/l), HOUMEL (2017) (246 mg/l et 384 mg/l) et LASSOUAOUI et KITOUS (2017) (84 mg/l et 90 mg/l) mais restent conformes aux normes de potabilité algériennes.

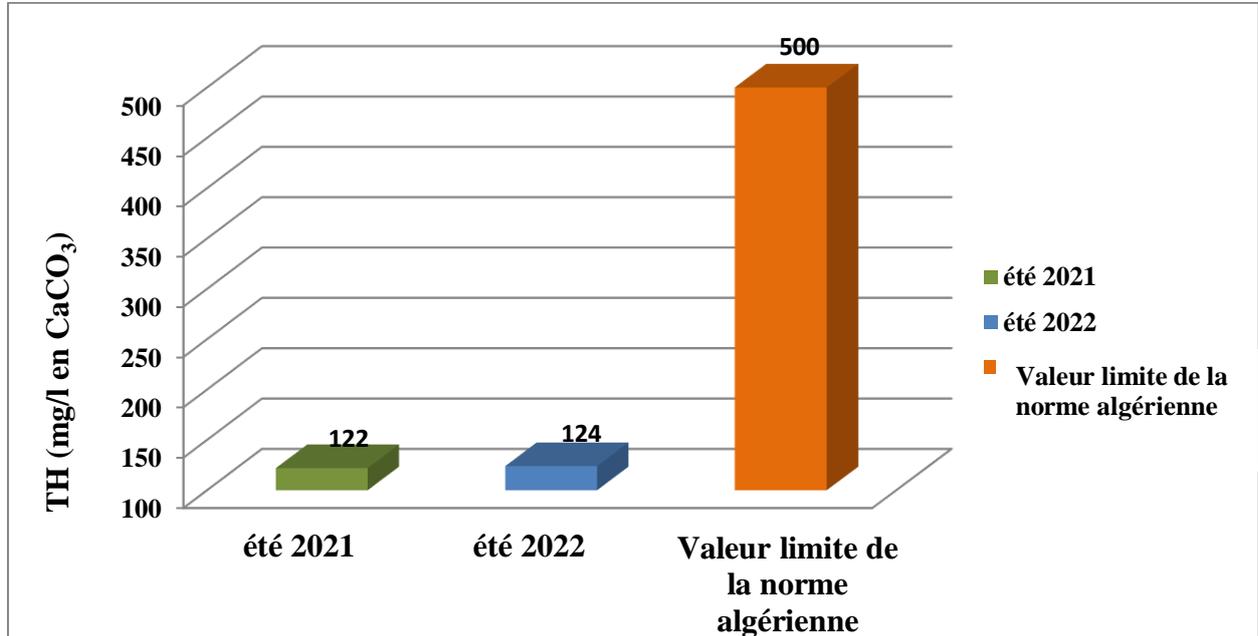


Figure 33: Variation du TH au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.2. Dureté calcique

Les résultats obtenus (figure 34) pour la concentration du calcium après le titrage de l'échantillon de l'eau analysée est de 35mg/l. Cette valeur ne présente pas de variation par rapport à celle enregistrée en 2021, ceci est peut être dû au conditionnement de la nature des roches et des terrains traversés. La concentration en calcium au niveau de notre source d'eau est inférieure à la concentration maximale fixée à 200 mg/l par la réglementation algérienne. De ce fait, le niveau de la dureté de Ca^{2+} dans l'eau analysée est dans la limite permise. Cette eau peut être considérée comme douce en terme de la dureté calcique et ne présente aucun risque pour la santé humaine.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par RAMDANE et TIGUERCHA (2015) (valeurs comprises entre 16.04 mg/l et 40.08 mg/l), ainsi par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (valeurs comprises entre 42 mg/l et 113 mg/l). Cependant, les valeurs enregistrées par AMICHI et AMIRI (2020) (valeurs comprises entre 56 mg/l et 72 mg/l), HOUMEL (2017) (74.55 mg/l et 124.25 mg/l) et BESSALEM et HASSANI (2017) (43.29 mg/l et 61.72 mg/l) ne sont pas similaires avec nos résultats, mais restent conformes à la norme fixée par la réglementation algérienne (<200 mg/l).

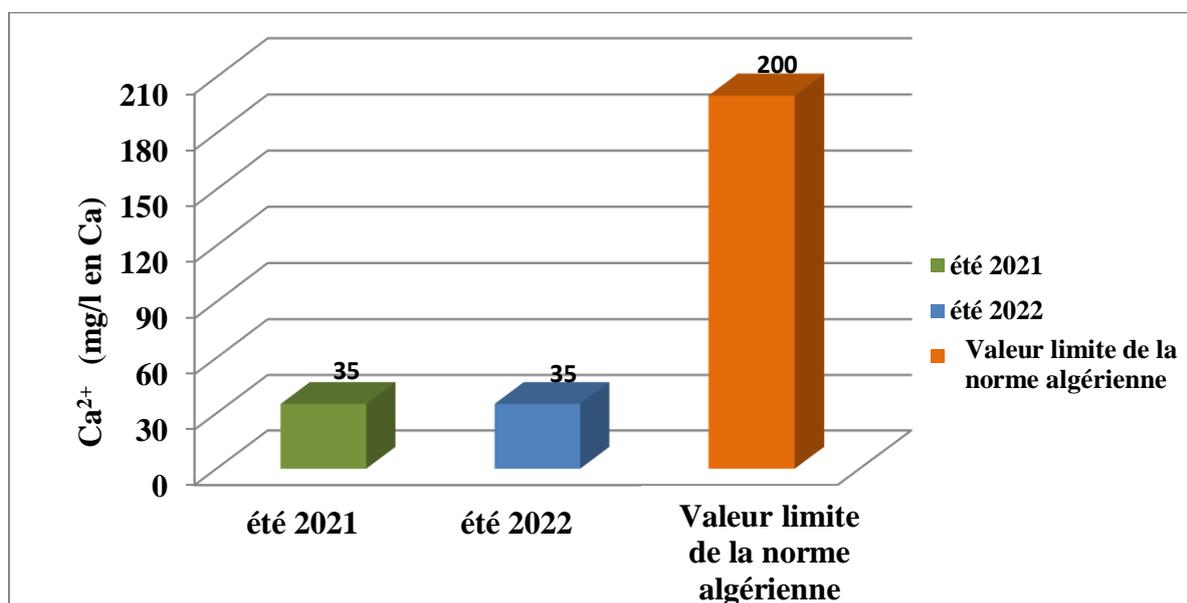


Figure 34: Variation du calcium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.3. Dureté magnésienne

Selon la figure 35, les résultats obtenus pour le magnésium varient entre (8 mg/l et 9 mg/l). La minéralisation des eaux de notre source peut être contrôlée par la nature des

formations géologiques présentes dans la région d'étude ainsi à la nature des roches traversés. Ces valeurs ne dépassent pas la norme préconisée par la réglementation algérienne de 50 mg/l.

Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) qui fluctuent entre 3mg/l et 27 mg/l et ceux enregistrés par ILTACHE (2015) qui varient entre 3 mg/l et 24 mg/l. Cependant, les résultats de HOUMEL (2017) qui sont compris entre 11.67 mg/l et 20.91 mg/l, ceux de LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui varient entre 10.7 mg/l et 38.09 mg/l et ceux de RAMDANE et TIGUERCHÉ (2015) qui fluctuent entre 12.64 mg/l et 16.04 mg/l ne concordent pas avec nos résultats.

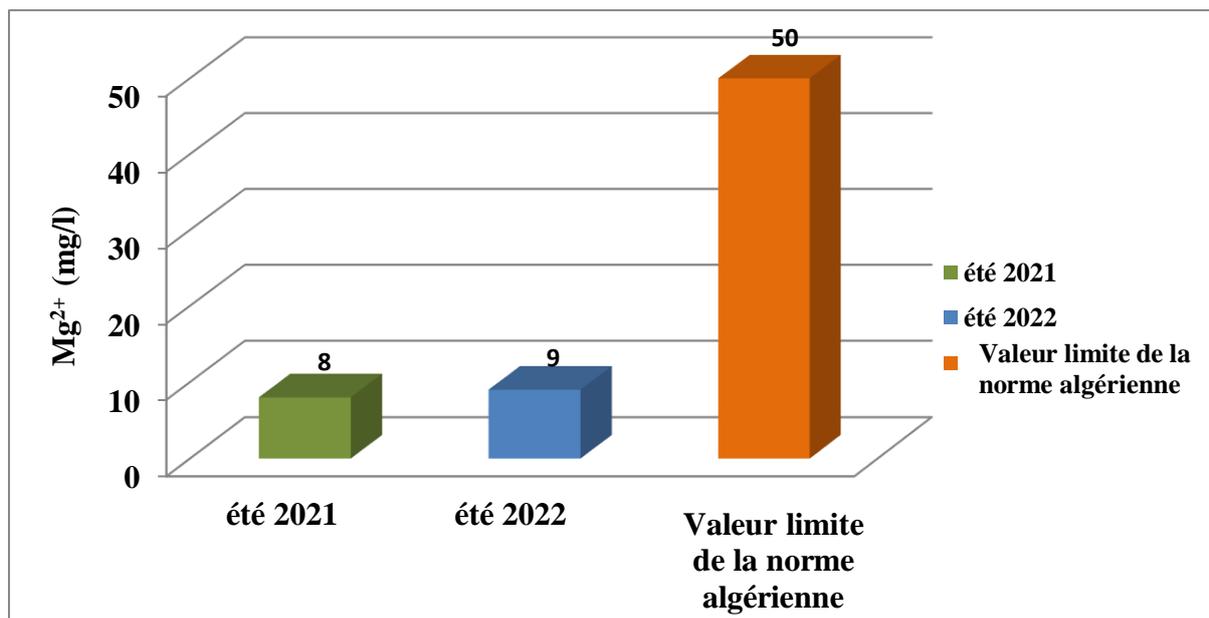


Figure 35: Variation du magnésium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.4. Potassium

La figure 36 représente les variations de potassium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022. Cette figure montre que la concentration enregistrée pour le potassium dans la source étudiée est de 1 mg/l pour les deux années (2021 et 2022). De point de vue normalité, la valeur obtenue est conforme aux normes algériennes qui exigent une valeur maximale admissible de 12 mg/l. ALLARAMADJI *et al.*, (2020) rapportent que la présence du potassium est naturelle dans les eaux où sa concentration est quasi constante et ne dépasse généralement pas 10 à 15 mg/l. Cette quantité faible en potassium et relativement stable, durant les deux années, peut s'expliquer par l'absence d'une pollution diffuse des engrais phosphatés des sites agricoles.

Nos résultats sont les mêmes avec ceux obtenus par AMICHI et AMIRI (2020), HOUMEL (2017) et ILTACHE (2015), dont leurs résultats varient entre 1 mg/l et 2.2 mg/l, également avec ceux trouvés par BESSALEM et HASSANI (2017) qui varient entre 0.01 mg/l et 1 mg/l ainsi avec ceux trouvés par AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016), dont leur travail est porté sur l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau ; source d'Abi Youcef (Abi Youcef), Thala Ndoua (Yakourene) et Thala Thabarkant (Bouzugène) dans la wilaya de Tizi-Ouzou (1 mg/l au niveau des deux source Abi Youcef et Thala Thabarkant), contrairement à la source Thala Ndoua dont la valeur enregistrée est élevée (4 mg/l) mais elle reste conforme à la norme algérienne (<12 mg/l). Les résultats enregistrés par LASSOUAOUI et KITOUS (2017) (varient entre 2 mg/l et 13 mg/l) dépassent nos résultats et la norme algérienne.

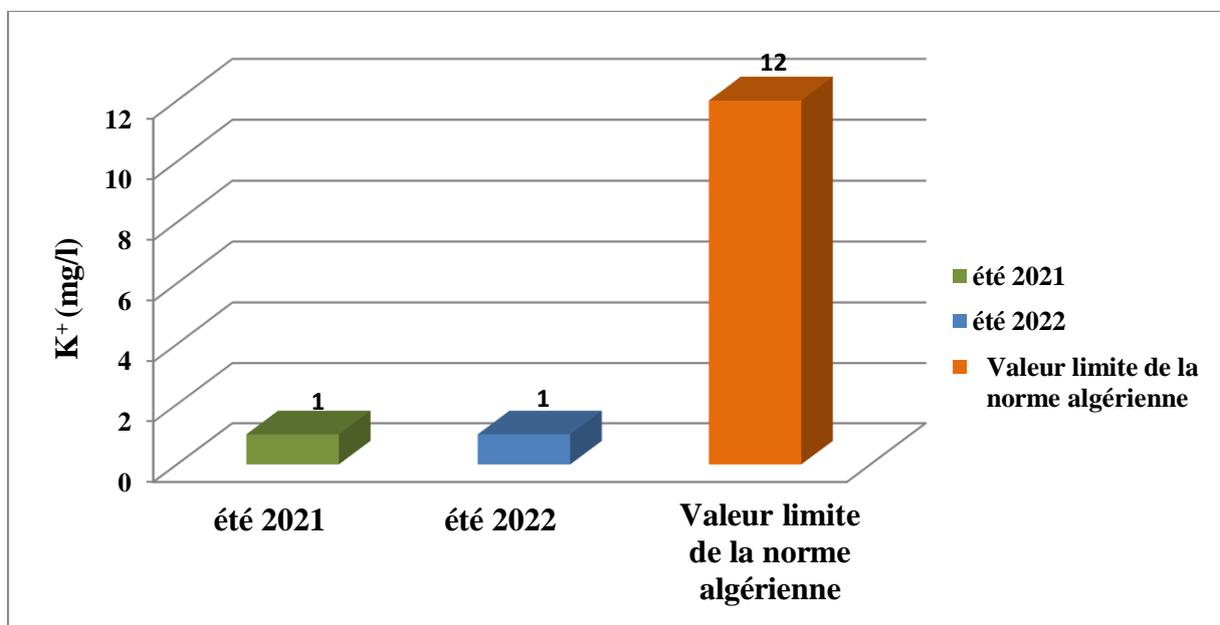


Figure 36: Variation du potassium au niveau de la source d'eau Lainsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.5. Sodium

Selon la figure 37, la valeur enregistrée pour le sodium est de 6 mg/l pour l'année 2021 et 3 mg/l pour l'année 2022. Ces valeurs très faible en sodium durant les deux années sont probablement due à une faible altération des matériaux contenant des sels solubles (un faible lessivage des roches qui, par dissolution, est responsable de la libération des ions qui constituent l'essentiel des sels trouvés dans le sol principalement les chlorures de sodium). Ces deux valeurs restent conformes à la norme algérienne fixée à 200 mg/l.

Nos résultats sont identiques à ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) ; les résultats varient entre 3 mg/l et 60 mg/l et ceux interprétés par BESSALEM ET HASSANI (2017) qui fluctuent entre 3 mg/l et 6 mg/l. Nos résultats sont également proches à ceux trouvés par ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) au niveau de la source d'eau Abi Youcef (4 mg/l). Cependant, les résultats d'AMICHI et AMIRI (2020) qui oscillent entre 7 mg/l et 10 mg/l, ceux de LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui varient entre 18 mg/l et 54 mg/l, ceux de HOUMEL (2017) dont les résultats sont compris entre 8 mg/l et 50 mg/l et ceux de ILTACHE (2015) qui fluctuent entre 10 mg/l et 60 mg/l ne corroborent pas avec nos résultats.

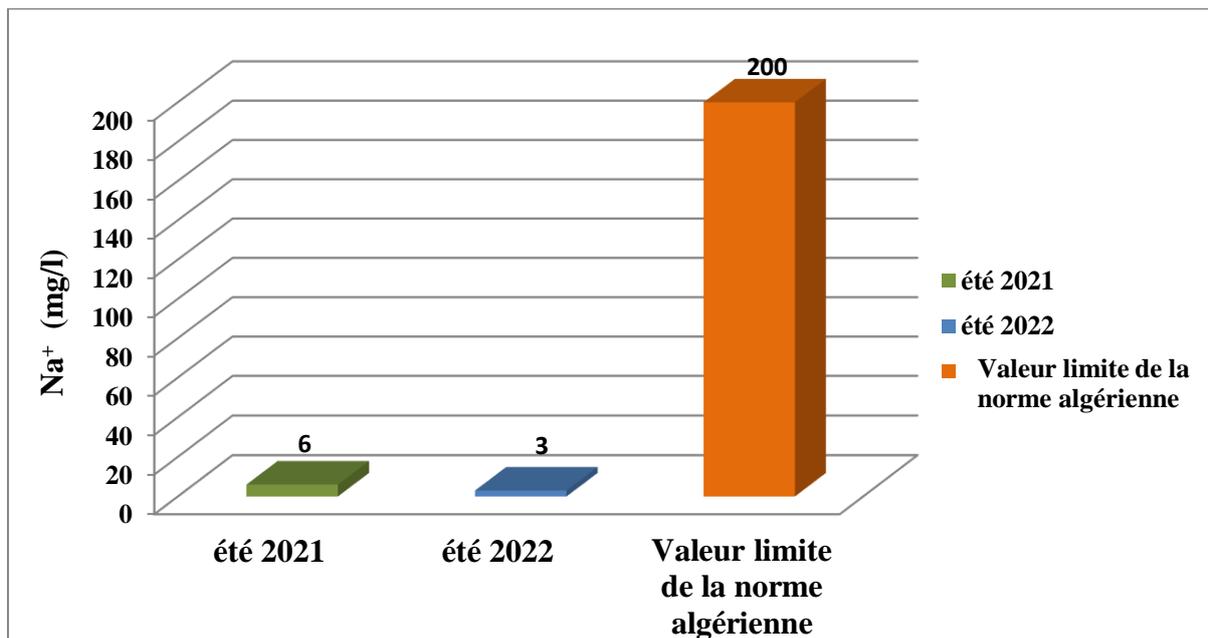


Figure 37: Variation du sodium au niveau de la source d'eau Lainsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.6. Alcalinité

3.1.6.1. Titre alcalinimétrique

D'après la figure 38, la valeur des bicarbonates enregistrée pendant la période sèche de l'année 2022 est de 140 mg/l. Cette valeur présente une petite diminution en la comparant à celle de l'année 2021 qui est de 154 mg/l. La réglementation Algérienne n'exige aucune valeur pour ce paramètre car quelque soit sa concentration dans l'eau, la potabilité n'est pas affectée. Notant que les fortes concentrations des bicarbonates donnent un goût salé à l'eau. L'abondance des bicarbonates dans les eaux de notre source est peut être due à l'altération des minéraux carbonatés dans les roches et les sols. Selon SOULLEY MOUSSA (2018), l'altération de certains minéraux feldspathiques sous l'action de l'eau météorique plus ou

moins chargé en CO_2 peut être la cause de la prédominance des ions hydrogénocarbonates dans les eaux du sous-sol, ce qui est en faveur de notre hypothèse avancée ci-haut.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (valeurs varient entre 132 mg/l et 381 mg/l), ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui fluctuent entre (129.26 mg/l et 216.18 mg/l). Or, les résultats de LASSOUAOUÏ et KITOUS (2017) qui fluctuent entre 17.08 mg/l et 33.67 mg/l au niveau de la source d'eau Tigounatine, ceux de HOUMEL (2017) (résultats varient entre 291.58 mg/l et 424.56 mg/l et ceux de ILTACHE (2015) qui a enregistré des valeurs nulles en HCO_3^- au cours de son étude, ne sont pas en accord avec nos résultats.

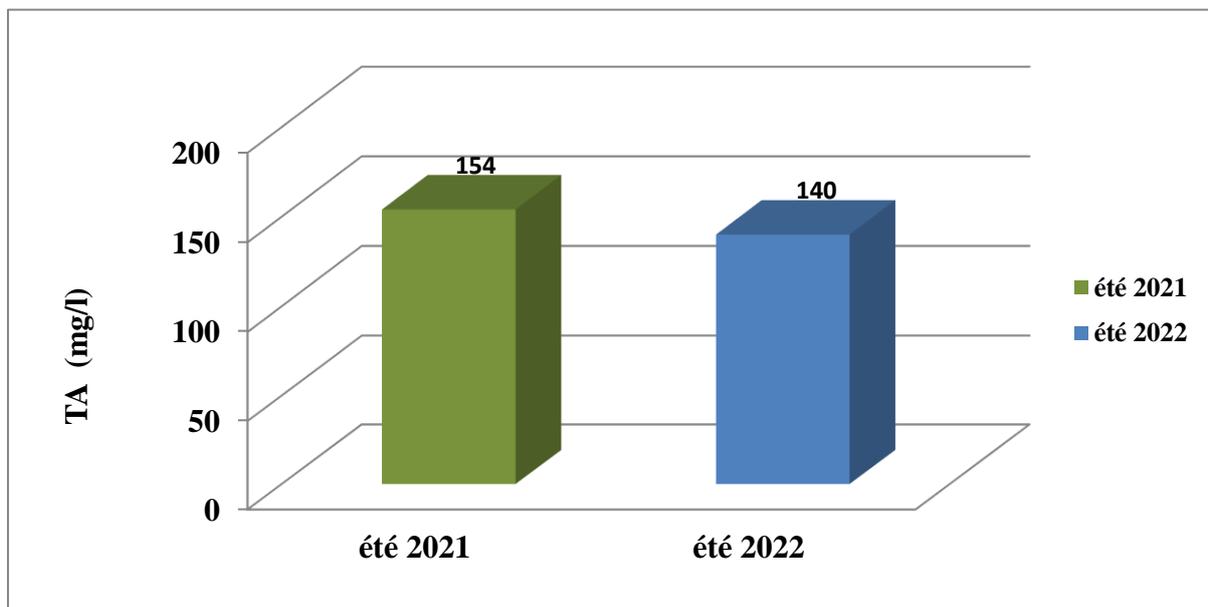


Figure 38: Variation du TA au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.6.2. Titre alcalinimétrique complet

Selon la figure 39, la teneur en carbonates de l'eau analysée est de 115 mg/l. Cette valeur est inférieure à celle enregistrée en été 2021 (126 mg/l), ce qui est peut être dû à la diminution en ions HCO_3^- , OH^- et CO_3^{2-} ainsi à l'altération des minéraux carbonatés. Ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne relative à l'eau de boisson fixées à 350 mg/l.

Nos résultats corroborent avec ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) qui varient entre 108 mg/l et 118 mg/l au niveau des deux sources d'eaux Thianserine et Thala Bouada, ceux d'ACHOUI et SOUCI (2015) qui fluctuent entre 12.40 mg/l et 280.20 mg/l. Par contre, les résultats d'AMICHI et AMIRI (2020) (résultats varient entre 170 mg/l et 196 mg/l) ne concordent pas avec nos résultats.

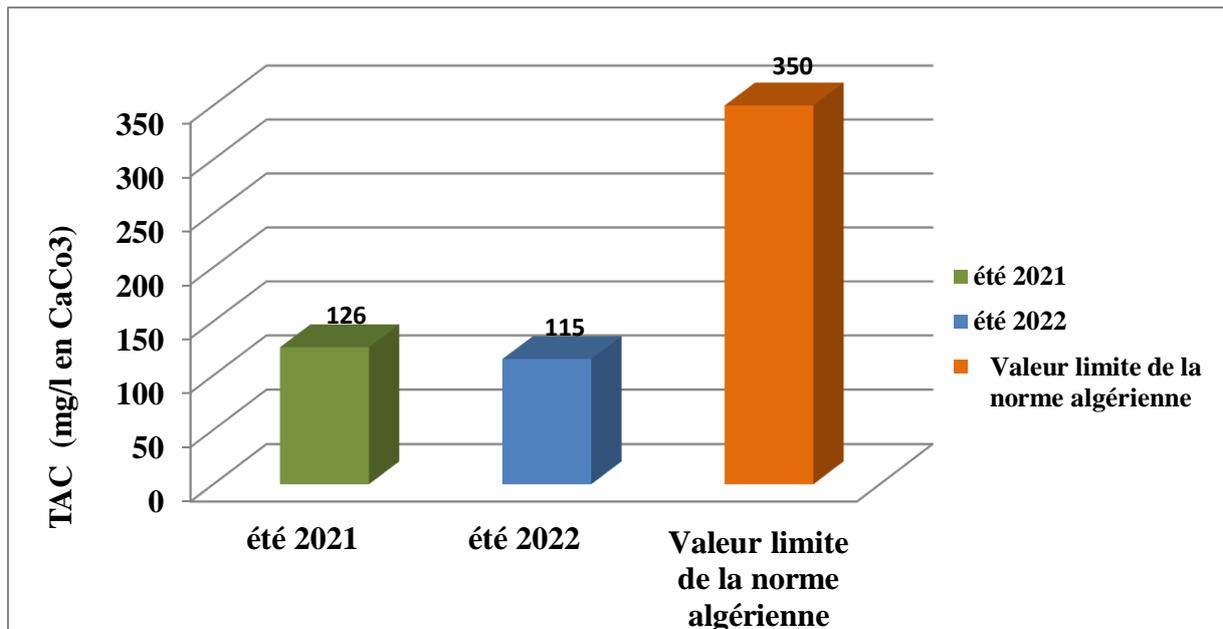


Figure 39: Variation du TAC au niveau de la source d'eau Lainsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.1.7. Chlorure

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

L'eau de notre source présente, d'après la figure 40, une faible teneur en chlorures qui est de 10 mg/l pour la période sèche de 2022. Cette valeur est extrêmement proche de celle enregistrée en été 2021 (11 mg/l). Ces faibles teneurs en chlorures peuvent être liées à la nature des roches traversés, cette particularité pourrait rendre les eaux de notre source vulnérables au développement des microorganismes. Selon les normes algériennes relatives à la potabilité des eaux, la concentration maximale en chlorure recommandée est de 500mg/l, de ce fait l'eau de source Lainsar Ouqarmoud est dans la valeur permise.

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

Nos résultats sont identiques à ceux obtenus par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) pour les deux sources Thiansrine et Thala Bouada (9 mg/l et 13 mg/l), à ceux de AMICHI et AMIRI (2020) (11 mg/l), à ceux de HOUMEL (2017) pour la source Thala Oumazar (résultats varient entre 9,5 mg/l et 13,33 mg/l) et à ceux de AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT (2016) pour la source Abi Youcef (9,22 mg/l), Contrairement aux résultats obtenus

par ILTACHE (2015) pour la concentration en chlorure qui est comprise entre 19.78 mg/l et 144.65 mg/l, cette valeur dépasse considérablement notre résultat.

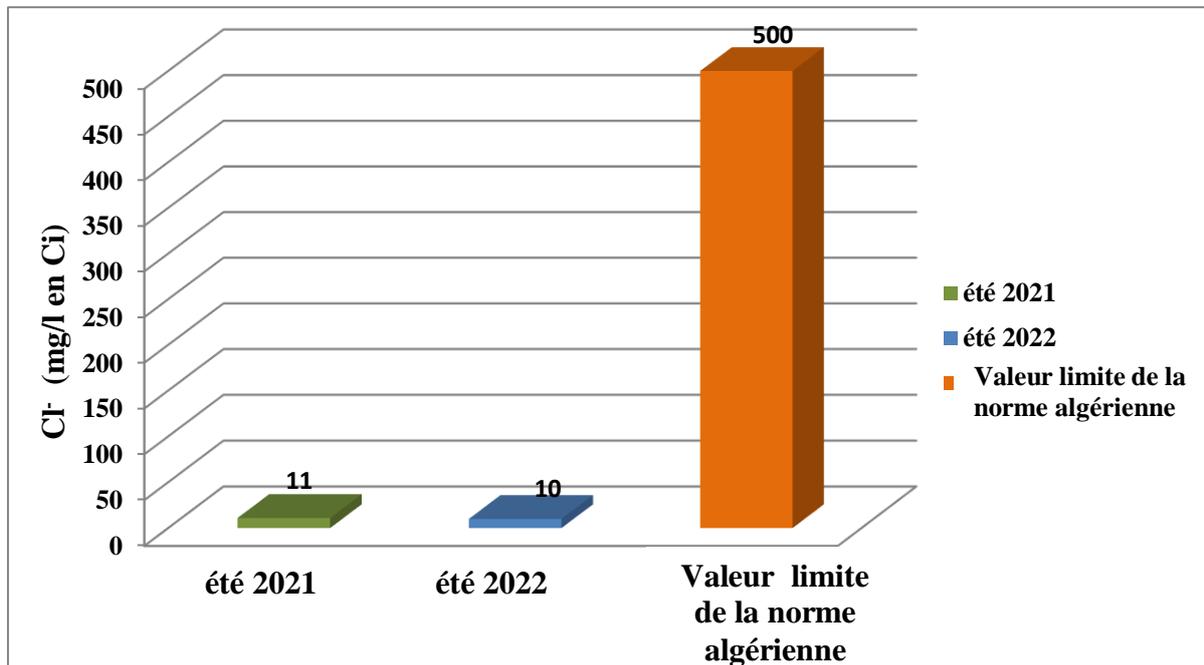


Figure 40: Variation des chlorures au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.2. Résultats des paramètres indésirables

3.2.1. Fer

La figure 41 montre que les teneurs en fer enregistrées sont de l'ordre de 0,03 mg/l et 0 mg/l pour les deux années 2021 et 2022, respectivement. Ces faibles teneurs des ions ferreux peuvent être associées à la diminution des MES ainsi qu'à l'absence des rejets industriels au niveau de la région d'étude. Les deux valeurs restent conformes à la norme de potabilité fixée à 0,30 mg/l par la réglementation algérienne.

Nos résultats sont proches à ceux interprétés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (résultats varient entre 0.01 mg/l et 0.04 mg/l) ainsi qu'à ceux de HOUMEL (2017) qui fluctuent entre 0.04 mg/l et 0.06 mg/l et ceux de ILTACHE (2015) qui varient entre 0.01 mg/l et 0.08 mg/l. Cependant, les résultats d'AMICHI et AMIRI (2020) qui sont compris entre 0.04 mg/l et 0.2 mg/l, ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui oscillent entre 0.05 mg/l et 0.06 mg/l et ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015) qui ont enregistré une valeur de 0.45 mg/l, ne corroborent pas avec les résultats de notre travail.

Selon DIAB (2016), le fer se produit naturellement avec le manganèse dans les composants de la croûte terrestre, des roches cristallines et des roches sédimentaires. Ce métal est hautement concentré et neurotoxiques, sa teneur élevée peut donc signaler un danger.

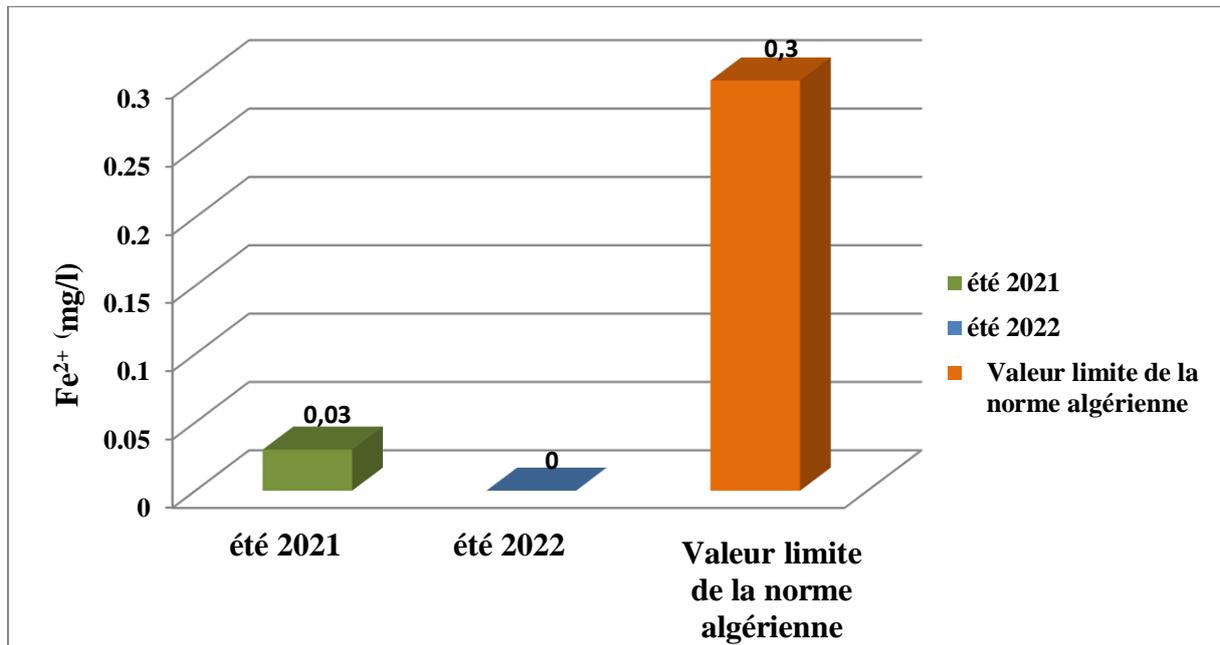


Figure 41: Variation du fer au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.3. Résultats des paramètres de pollution

3.3.1. Ammonium

D'après la figure 42, les résultats de l'analyse de l'eau de notre source n'a révélé aucune trace d'ammonium pendant les deux périodes sèches des deux années 2021 et 2022, ce qui peut être exprimé par la dégradation complète de la matière organique ainsi par l'absence de la pollution par des rejets organiques d'origines agricoles, domestiques ou industriels. Selon PUJEH JUNIOR (2021), l'absence de ce paramètre dans notre échantillon d'eau peut nous informer de l'absence des réactions des minéraux contenant du fer avec les nitrates qui est l'une des principales sources de l'ammonium. D'après nos résultats, nous déduisons que cette eau est pure, saine et non polluée. Selon la réglementation algérienne qui fixe la valeur limite pour l'ammonium à 0.5 mg/l, cette eau est qualifiée comme potable et ne présente aucun risque sur la santé humaine.

Nos résultats correspondent à ceux rapportés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (résultats nuls au niveau des deux sources d'eau Thianserine et Thala Bouada), à ceux trouvés par AMICHI et AMIRI (2020) ainsi à ceux de LASSOUAOUI et KITOUS

(2017) (résultats nuls). Les résultats de HOUMEL (2017) qui varient entre 0 mg/l et 0.01 mg/l et ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015) qui ont enregistré une valeur de 0.25 mg/l ne conviennent pas avec les valeurs trouvées dans notre travail.

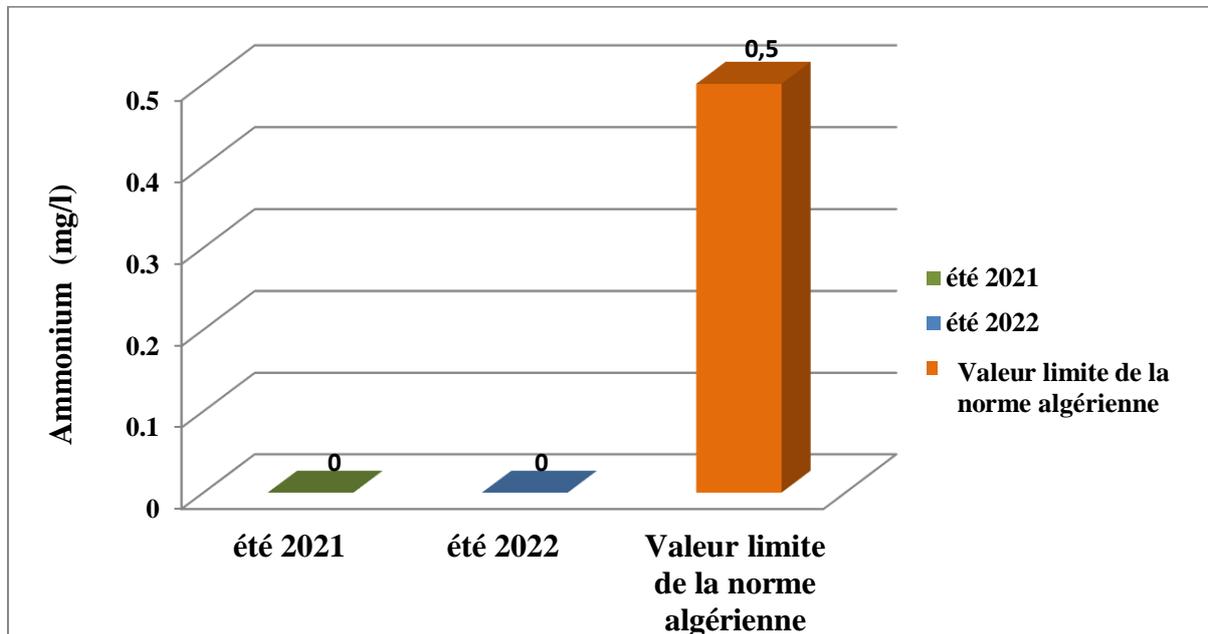


Figure 42: Variation de l'ammonium au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.3.2. Nitrates

L'analyse des teneurs en nitrates dans la source étudiée (figure 43) montre une légère variation qui oscille entre 1.15 mg/l (2021) et 2,40 mg/l (2022). BELGHITI *et al.*, (2013) rapporte que l'augmentation de ce paramètre dans notre eau peut être dû au lessivage des produits azotés présent dans le sol qui sont responsables de la présence des nitrates dans l'eau, ainsi à la décomposition de la matière organique ou des engrais de synthèse ou naturel. Les valeurs que nous avons notées restent inférieures à la valeur seuil de la réglementation algérienne (50 mg/l). De ce fait, l'eau étudiée n'est pas assujettie à un risque de pollution par les nitrates.

Nos résultats sont en accord avec ceux de LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui ont enregistré des résultats variant entre 0.88 mg/l et 70.38 mg/l, avec ceux trouvés par RAMDANE et TIGUERCHE (2015) (résultats inférieurs à 0.5 mg/l). Or, les résultats de OUHAMOUCHE et ZANE (2021) qui fluctuent entre 2.92 mg/l et 7.92 mg/l, ceux de AMICHI et ZANE (2020) qui oscillent entre 5.44 mg/l et 10.89 mg/l et ceux de HOUMEL (2017) qui varient entre 1.32 mg/l et 17.26 mg/l ne corroborent pas avec nos résultats.

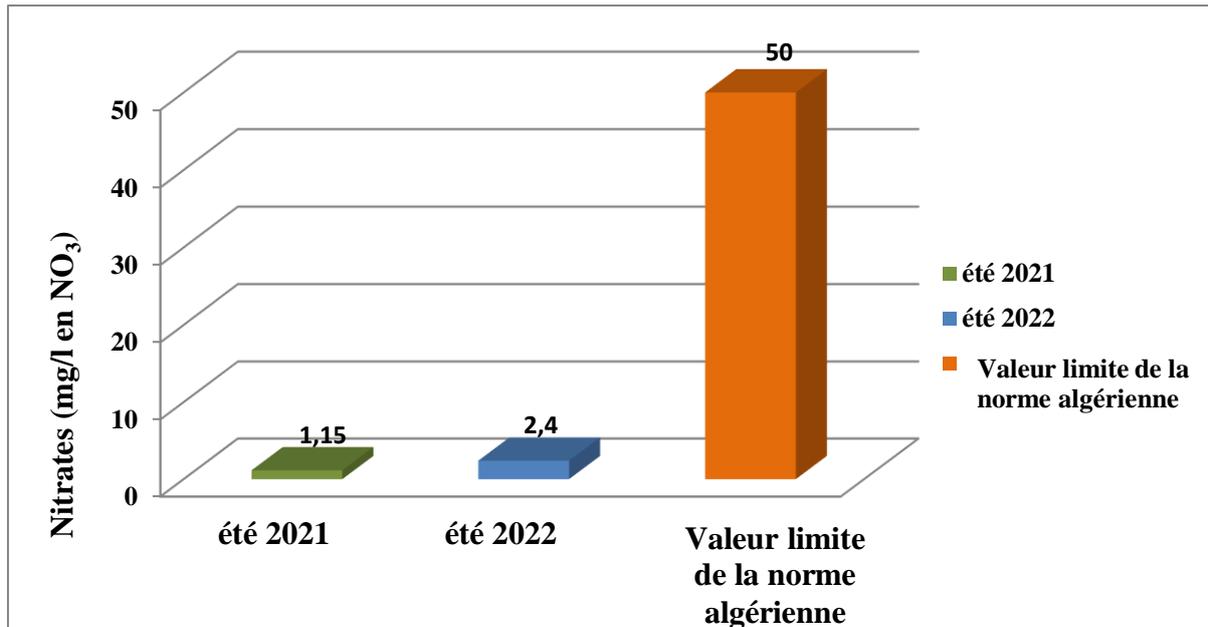


Figure 43: Variation des nitrates au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.3.3. Nitrites

L'eau de la source analysée, selon la figure 44, présente une teneur nulle en nitrites pendant la période sèche des deux années 2021 et 2022. HANE *et al.*, (2020) dénoncent que l'absence de ce paramètre dans notre eau peut se traduire par l'oxydation complète de la matière organique ainsi à l'inutilisation des engrais chimiques et de fumiers dans la zone d'étude. Les valeurs trouvées sont conformes aux valeurs limites admises par la réglementation algérienne à 0.2 mg/l, ce qui signifie que cette eau est potable et dépourvue de la pollution.

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par AMICHI et AMIRI (2020), HOUMEL (2017), LASSOUAOUÏ et KITOUS (2017), BESSALEM et HASSANI (2017) et ILTACHE (2015) qui ont tous enregistré des valeurs nulles en nitrites.

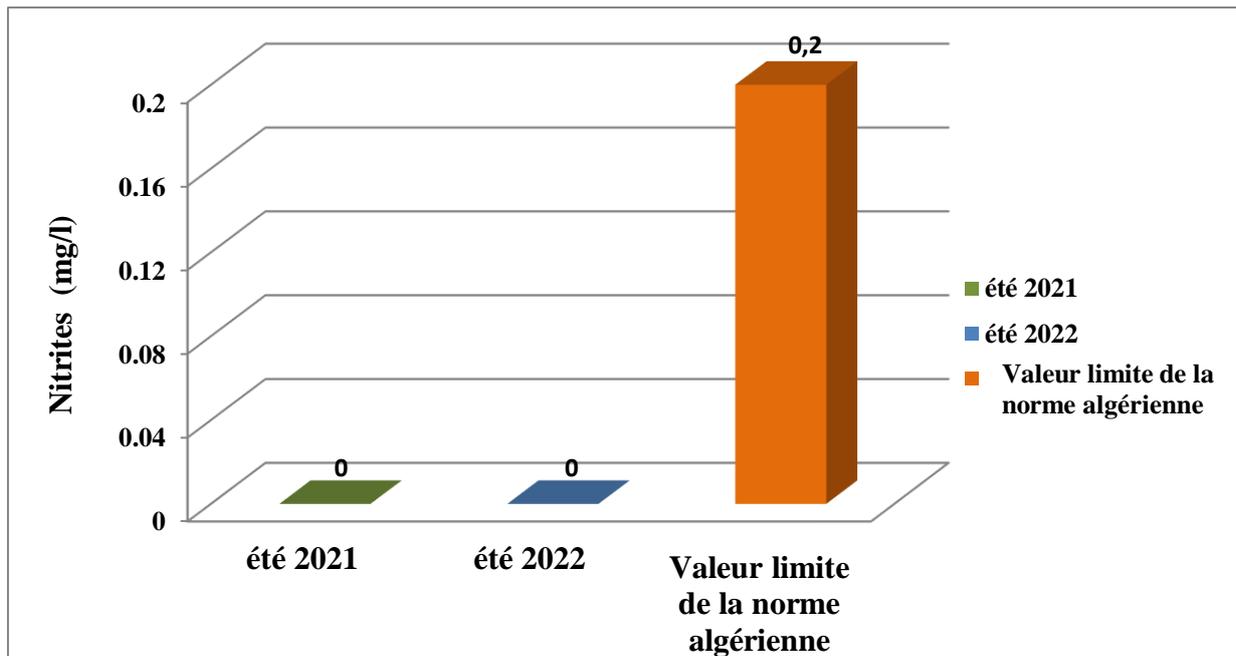


Figure 44: Variation des nitrites au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.3.4. Phosphore

Les résultats des analyses effectuées pour les échantillons de l'eau de la source Lainsar ouqarmoud sur les deux années 2021 et 2022 (figure 45) ne révèle aucune présence du phosphore, ceci est peut être dû à la quantité et le type des roches traversées qui ne sont probablement pas phosphatées ainsi à l'absence de leur érosion et celle du sol, et également l'absence de la pollution organique. De ce fait, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente. Les valeurs notées sont conformes à la norme algérienne qui est de 0.2 mg/l.

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021), ACHOUI et SOUCI (2015) qui ont étudié les paramètres physicochimiques et bactériologiques de différentes sources Lakhroub (Yakourene), Fontaine Fraîche (Yakourene) et Ainser Akdhim (Thala Athmane) dans la wilaya de Tizi-Ouzou et ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015), qui ont trouvées des valeurs nulles en phosphate. Cependant, les résultats de AMICHI et AMIRI (2020) qui varient entre 0 mg/l et 0.14 mg/l, ceux de HOUMEL (2017) qui fluctuent entre 0 mg/l et 0.39 mg/l et ceux de LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui oscillent entre 0 mg/l et 0.03 mg/l ne sont pas en accord avec nos résultats.

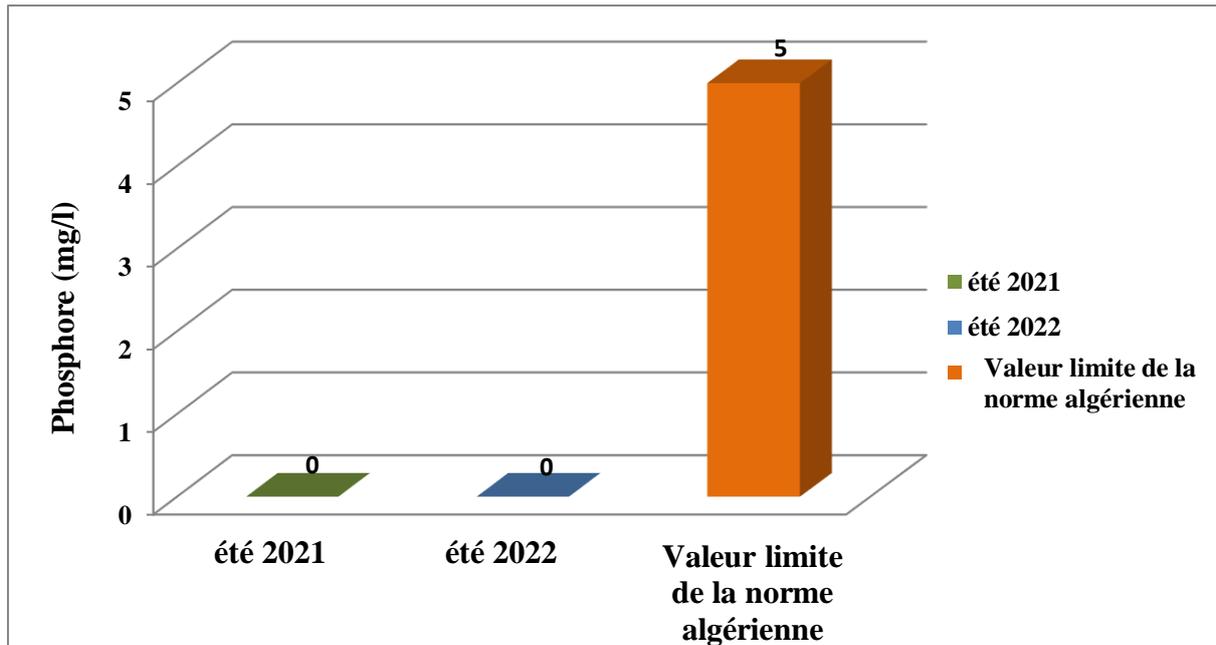


Figure 45: Variation du phosphore au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

3.3.5. Matière organique

D'après la figure 46, la teneur en MO dans l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud fluctue entre 0.16 mg/l et 0.24 mg/l durant les deux années 2021 et 2022, ce qui fait que cette eau est dite très pure pour une teneur en matière organique inférieure à 1 mg/l. Cette élévation est peut être due aux rejets liés aux activités humaines ainsi à l'augmentation de l'activité des microorganismes et des plantes en croissance. Nos valeurs sont conformes à la norme algérienne qui exige une valeur ne dépassant pas 10 mg/l.

Nos résultats concordent avec ceux rapportés par OUHAMOUCHE et ZANE (2021) (résultats varient entre 0.04 mg/l et 2.83 mg/l), HOUMEL (2017) qui fluctuent entre 0 mg/l et 2.94 mg/l et à ceux de AMICHI et AMIRI (2020) qui varient entre 0.25 mg/l et 1.28 mg/l. Néanmoins, les résultats de LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui fluctuent entre 0.66 mg/l et 2.61 mg/l, ceux de RAMDANE et TIGUERCHA (2015) qui ne dépassent pas 1.33 mg/l et ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui oscillent entre 0.33 mg/l et 2.31 mg/l ne sont pas en accord avec nos résultats.

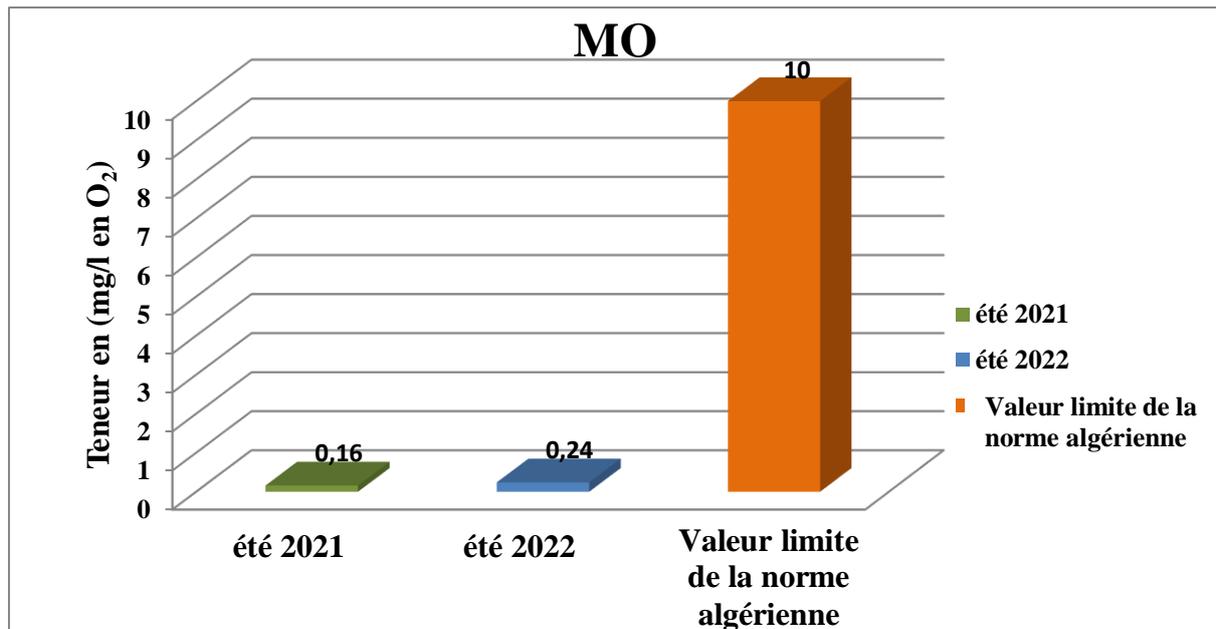


Figure 46: Variation de la MO au niveau de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

4. Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques de la source étudiée sont présentés dans le tableau 8.

Tableau 8: Résultats des analyses bactériologiques de la source d'eau Laïnsar Ouqarmoud durant l'été des deux années 2021 et 2022.

Germes Lieu de prélèvement	Coliformes fécaux (C/100 ml)		<i>E.coli</i> (C/100 ml)		Stéptocoques fécaux (C/100 ml)	
	été 2021	été 2022	été 2021	été 2022	été 2021	été 2022
Source d'eau Laïnsar Ouqarmoud	1100	10	14	00	12	00
Norme algérienne	< 50/100 ml		< 20/100 ml			

C : Colonies

4.1. Coliformes fécaux

D'après le tableau 8, nous remarquons la présence de 10/100ml colonies des bactéries coliformes dans l'eau analysée en été 2022, cette valeur ne dépasse pas la valeur fixée par la réglementation algérienne de 50/100ml. Néanmoins, notre résultat est extrêmement inférieur à celui trouvé en 2021 qui est de 1100/100ml et qui dépasse la norme algérienne.

LEE *et al* (2006) *in* BELGHITI (2013) rapporte que la reviviscence bactérienne est l'une des causes de la présence des bactéries coliformes dans un réseau de distribution, autrement dit, c'est la formation d'un biofilm sur les parois de la conduite d'eau potable,

notamment lorsque les taux de chlore libre sont faibles. Dans les eaux de notre source, le niveau d'occurrence des bactéries coliformes est peut être corrélé avec les apports de pollution fécale (humaine ou animale) ainsi aux apports de l'eau de surface.

Nos résultats sont semblables à ceux de ACHOUI et SOUCI (2015) qui ont marqué la présence de 9/100ml au niveau de la source d'eau Fontaine Fraiche et ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont compté un nombre de colonies compris entre 2/100ml et 1100/100ml. Or, les résultats de OUHAMOUCHE et ZANE (2021) qui sont compris entre 22/100ml et 332/100ml, ceux de AMICHI et AMIRI (2020) qui varient entre 100/100ml et 1100/100ml et ceux de HOUMEL (2017) qui fluctuent entre 0/100ml et 4/100ml ne concordent pas avec les résultats de notre travail.

4.2. Coliformes thermo tolérants (*E.coli*)

Les résultats des analyses bactériologiques (tableau 8) montrent que l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud ne comporte pas de bactéries *E.coli* et cela pendant la période sèche de l'année 2022, ce qui témoigne l'absence d'une contamination par ce type de bactéries. Contrairement à l'été 2021, 14/100 ml colonies bactériennes ont été déterminées ce qui est probablement due à une pollution fécale ou à l'action anthropique des consommateurs de cette eau. Cependant cette valeur ne dépasse pas la valeur guide fixé par la norme algérienne qui est de 20/100 ml, donc ; cette eau est conforme à la consommation humaine.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par plusieurs auteurs; OUHAMOUCHE et ZANE (2021), HOUMEL (2017) pour la source Thala Toulmouts et ILTACH (2015) pour les deux sources Ait Bouhouni et Ainsar Akdim, ACHOUI et SOUCI (2015) au niveau de deux sources d'eaux Lakhroub et Ainsar Akdim, qui ont révélé l'absence totale des bactéries *E.coli* dans leurs sources d'eaux étudiées. Cependant, AMICHI et AMIRI (2020) qui ont détecté un nombre variant entre 21/100 ml et 1100/100 ml, LASSOUAOUI et KITOUS (2017) qui ont marqué la présence de ce type de bactéries avec un nombre variant entre 134/100 ml et 460/100 ml et BESSALEM et HASSANI (2017) qui ont enregistré 12/100 ml et 240 /100 ml et cela au niveau de la source d'eau Thala Kebout, leurs résultats dépassent largement les résultats obtenus par notre analyse.

4.3. Entérocoques intestinaux ou streptocoque fécaux

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

D'après le tableau 8 des résultats, nous remarquons l'absence des bactéries entérocoques (0/100 ml) en 2022, contrairement à l'année 2021 dont nous avons marqué la présence de ce type de microorganismes (12/100ml). Le résultat obtenu pour l'année 2022 témoigne l'absence d'une contamination fécale, confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre fixé par la réglementation algérienne à 20/100ml.

Nos résultats sont similaires avec ceux de OUHAMOUCHE et ZANE (2021), ceux de ILTACHE (2015) et ceux de ACHOUI et SOUCI (2015) qui ont tous révélé l'absence de ce type de bactéries. Or, les résultats trouvés par AMICHI et AMIRI (2020) qui fluctuent entre 15/100 ml et 38/100 ml, ceux de BESSALEM et HASSANI (2017) qui varient entre 96/100 ml et 150/100 ml et ceux trouvés par LASSOUAOUI et KITOUS (2017) à savoir 240/100 ml pour la source Tigounatine et 163/100 ml pour la source Ain Helouf, ne concordent pas avec les résultats de notre travail.

Conclusion

L'étude menée au cours de notre travail a pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Laïnsar Ouqarmoud située à la commune d'Illoula Oumalou durant la période sèche de l'année 2022. Les résultats obtenus sont comparés aux résultats de l'année 2021. Il ressort de ces résultats que la quasi-totalité des paramètres analysés sont conformes à la réglementation algérienne de la potabilité des eaux.

Il en ressort de cette étude que, du point de vue organoleptiques, l'échantillon prélevé est clair et ne présente ni une couleur, ni une odeur et ni une saveur désagréable.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé que l'eau de cette source est basique ce qui se traduit par l'élévation du pH (8,09). Le degré de minéralisation de cette eau est moyen en se référant aux valeurs de la turbidité (0,51 NTU) et de la conductivité électrique (244 $\mu\text{S}/\text{cm}$) qui ont marqué une stabilisation pendant les deux années 2021 et 2022.

Sur le plan chimique, nous constatons que l'eau analysée est douce, ce qui se traduit par la valeur enregistrée de la dureté totale (124 mg en CaCO_3). Nous avons remarqué une stabilité de la dureté calcique durant les deux années 2021 et 2022 (35 mg/l) contrairement à la dureté magnésium qui présente une légère augmentation par rapport à l'année 2021 (9 mg/l) mais qui reste inférieur à la norme algérienne. Les valeurs du sodium et du potassium enregistrées (3 et 1 mg/l) ne dépassent pas la valeur recommandée par la réglementation algérienne durant la période d'étude de l'année 2022. La chloration de l'eau de notre source est faible (10 mg/l) ce qui la rend vulnérable à la croissance et au développement des bactéries et des microorganismes pathogènes.

A propos de la pollution, nous avons caractérisé l'absence de la pollution nitrique ainsi de la pollution par le phosphore et le fer durant les deux années 2021 et 2022. Nous avons également signalé l'absence de la pollution ammoniacale ce qui s'exprime par la dégradation complète de la matière organique présente dans cette eau ainsi par l'absence de la pollution par des rejets organiques d'origines agricoles, domestiques ou industriels.

D'après les résultats de l'analyse physico-chimique, nous déduisons que l'eau de notre source est potable, la totalité des paramètres physico-chimiques obéissent aux normes de potabilité de l'eau.

Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent l'absence des germes indicateurs de pollution tels que les coliformes thermotolérants (*E.coli*) et les streptocoques fécaux durant la période d'étude. A l'exception des coliformes fécaux, nous avons indiqué leur présence pendant les deux années 2021 et 2022 (1100/100 colonies et 10/100 colonies respectivement), ce qui est peut être relié à la présence d'une pollution diffuse fécale d'origine

animale ou humaine. Cependant, le nombre de colonies enregistré en 2022 reste inférieur à la norme algérienne des eaux potables.

Les résultats obtenus pour l'année 2022 montrent la bonne qualité bactériologique de l'eau de la source susvisée. Elle ne présente aucun danger pour la consommation humaine sur le plan bactériologique.

Enfin, nous annonçons quelques recommandations pour but de préserver les eaux de sources :

- La mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité ;
- Par ailleurs, il est vivement recommandé d'effectuer une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de la source des bactéries coliformes tout au long de l'année, ceci permet de préserver la qualité de l'eau de cette source et de se prémunir contre ce type de pollution ;
- Les eaux souterraines nécessitent une sécurité intérieure qui désigne leur sécurité d'approvisionnement. Cette dernière implique la préservation des eaux souterraines contre tous les risques de dégradation de leur état tant quantitatif que qualitatif ;
- Les aquifères en nombre limite situés à proximité immédiate des routes à grande circulation doivent être conservés dans un bon état au titre de « réserve stratégique » pour l'alimentation des secours des populations en cas de crise ultime ;
- La mise en place des dispositifs d'alerte nécessaires pour faire face en cas de pollution accidentelle ;
- Finalement, en reconnaissant l'environnement, il devient possible d'agir sur le milieu naturel en cas de dégradation.

*Références
bibliographiques*

1. **ACHOUÏ R et SOUCI N., (2015).** Etude des paramètres physicochimiques et bactériologiques de différentes sources « Lakhroub » « Fontaine Fraiche » et « Ainsir Akdim » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences et technologies département chimie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 70 p.
2. **AIT ABDELAZIZE F et BEN HAMLAT F., (2016).** Contribution à l'étude physico-chimiques et bactériologiques de trois communes « Abi youcef – Yakourene – Bouzeguene » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques département de Biologie Animale et Végétale. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 69 p.
3. **AKHLAQUE S., AAQUEB S., RAZA U., Rafique S., Nadeem N., (2017).** Wastewater treatment by aeration method. *IJCRT*. 5 (4). pp 869-874.
4. **AL KAUSOR M., Chakraborty Sh., Roy M., Brahma S., (2017).** Assesment of groundwater quality of Kokrajhar town of Assam in terms of some physico-chemical parameters. *IJCAR*. 6 (11). pp 7663-7669.
5. **ALLARMADJI B., Hongping W., Xia J., (2020).** Analysis and Control of the Physicochemical Quality of Groundwater in the Chari Baguirmi Region in Chad. *Water* 2020, 12, 2826. pp 1-18.
6. **AL-SAFADY M., (2010).** Water and Environment. Institutes of Water and Environmental Science. Al-Azhar University- Gaza Palestine. 59 p.
7. **AMICHI N et AMIRI K., (2020).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de la source Thabout « Ouadhias, wilaya de Tizi Ouzou ». Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques département de Biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 90 p.
8. **AMIN F., (2020).** Measurement of Alkalinity. Departement of Biology. University of Kufa. 2p.
9. **BELGHITI M., CHAHLAOUÏ A., BENGOUÏ M., EL MOUSTAÏNE R., (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknes (Maroc). *Larhyss Journal*. n°14. pp 21-36
10. **BESSALEM Z et HASSANI S., (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Ouacif et Ouadhias » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques département de biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 62 p.

11. **BIRGIT C. GORDALLA B., FRITZ H., (2008).** The physicochemical properties of water and their relevance for life. *Journal of hydrologic engineering*. 13(2).pp.26-32.
12. **BOEGLIN J, (2001).** Propriétés des eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur Environnement*. Editions T.I. 8p.
13. **BOISLEVE B., (2010).** Structure et propriétés de l'eau. Holosys Editions.22 p.
14. **BONTEMPS M., (2021).** L'eau dans tous ses états: les minéraux et les oligo-éléments. 3p
15. **CHADEN M., (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : Approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en Géoscience. Ecole doctorale RP2E Université de Lorraine. 268p.
16. **CHELLI M et CHETIBI N., (2018).** Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station kissir. Mémoire de Master. Faculté des Science de la Nature et de la Vie. Département des Sciences de l'Environnement et des Sciences Agronomiques. Université Med –Seddik Benyahia – Jijel. 51 p.
17. **CHOCAT B., (2015).** L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille?. LGCIE- INSA Lyon. 14p.
18. **C.I.F.F.Q.E., (2011) :** Conseil Interministériel Fédéral de Formation sur la Qualité de l'Eau. Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable. Manuel. Version 1.1. 128p.
19. **DESILLE D., (2012).** Conservation et traitement de l'eau à domicile. Guide pratique : Programme Solidarité Eau. 37p.
20. **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.
21. **DIARY A., TWANA O., PISHAWA M., AL-ANSARI N., (2019).** Soil and groundwater pollution assessment and delineation of intensity risk map in Sulaymaniyah City, NE of Iraq. *Water*. 11(10). pp 1-24.
22. **ELSKENS M., (2010).** Analyse des eaux résiduaires Mesure de la pollution. *Techniques de l'ingénieur Techniques d'analyse*. Editions T.I. 29p
23. **FESTY B., HARTMANN P., LEDRANS M., LEVALLOIS P., PAYMENT P., TRICARD D., (2003).** Qualité de l'eau in Environnement et santé publique – Fondements et pratiques. pp.333-368. GERIN M., GOSSELIN P., CORDIER S., VIAU C., QUENEL P., DEWAILLY E., rédacteurs. Edisem/ Tec & Doc, Acton Vale/ Paris

24. **HANE M., DIAGNE I., NDIAYE M., NDIAYE B., DIONE T., CISSE D., DIOP A., (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal). *IJBACS*. 14(9). pp 3400-3412.
25. **HARTEMANN Ph., (2013).** EAU DE CONSOMMATION, RISQUE, SANTÉ. *Sciences Eaux & Territoires*.1(10). pp14-21.
26. **HOUMEL T., (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau au niveau de deux communes « Tizi Rached et Ait Toudert » Wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Département de Biologie Animale et Végétale. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 77p.
27. **ILTACHE L., (2015).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de deux communes « THALA-ATHMAN Et YAKOURENE » Wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences biologiques et agronomiques. Département de biologie animale et végétale. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. 77 p.
28. **ISNARD CH., (2017).** *Enterococcus* spp. : entre pathogènes opportunistes et probiotiques. Thèse de Doctorat Spécialité Aspects Moléculaires et Cellulaires de la Biologie. Université de Caen Normandie. 299p.
29. **J.O.R.A., (2011) :** JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18. pp 6-9.
30. **KAYSER H., BÖTTGER C., DEPLAZES P., HALLER O., ROERS A., (2016).** Manuel de poche de microbiologie médicale. 2ème édition. Lavoisier S.A.S. 744p.
31. **LACHASSAGNE P., (2021).** Les eaux minérales naturelles. Encyclopédie de l'environnement. 9p.
32. **LAOUALI M., NATATOU I., HABOU I., (2018).** Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines du socle de la région de zinder (Niger) pendant la saison des pluies et la saison sèche. *IJBACS*.12(5). pp 2395-2411.
33. **LASSOUAOUI N et KITOUS L., (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux sources d'eau de deux stations « Akerrou et Tizi Ouzou » wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de master. Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques. Département des sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. 75p.
34. **LEGUBE B., (2018).** La production d'eau potable, un enjeu majeur de santé publique. Encyclopédie de l'environnement. 9p.

35. **MADJDOUB R., COTE C., DUCHEMIN M., (2004).** Risque de contamination microbiologique des eaux souterraines et mesures préventives à adopter. *Vecteur environnement*. 37(2). pp 61-66.
36. **MEHTAB H., MUHAMMAD M., JAVED A., ARSHAD S., NAYAB A., SHARON Z., JAWERIA H., (2017).** Water pollution and human health. *Environ Risk Assess Remediat*. 1(3). pp 16-19.
37. **MELLAH K., BEKIRI F., HECINI L., KHERIFI W., RECHACHI M., (2022).** Adoucissement par précipitation à la chaux couplée avec le sulfate d'aluminium des eaux de l'Albien d'Ain Sahara (Touggourt, Algérie). *JARA*. 14(2). pp 6-17.
38. **MOUCHET P et ROUSTAN M., (2016).** Caractéristiques et propriétés des eaux-eau pure, eaux naturelles. *Technique de l'ingénieur*. Edition T.I. 23p.
39. **NGUYEN Ph., TOUMBOU B., DUCHESNE S., KOKUTSE N., VILLENEUVE J., (2018).** Evaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes: cas d'application du bassin versant de la rivière Cau. *Science de l'eau*. 31(3). pp 293-312.
40. **NWABOR O., NNAMONU E., MARTINS P., ANI OGOONNA Ch., (2016).** Water and Waterborne Diseases: A Review. *IJTDH*. 12(4). pp 1-14.
41. **O.M.S., (2017) :** Organisation Mondiale de la Santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 4^{ème} Edition. 564p.
42. **OUHAMOUCHE CH et ZANE N., (2021).** Evaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois sources (Thianserine, Thala Bouada et Ait Naïm) dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master. Faculté des sciences Biologiques et Agronomiques. Département de Biologie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. 66 p
43. **PHOK R., (2015).** Spring water. Geological Engineering Department, Gadjah Mada University. 9p.
44. **PUJEH JUNIOR M., GOGRA A., KAISAM P., KUDUSH Y., (2021).** Physicochemical and bacteriological analysis of the quality of sachet water and their source point (spring box) consumed in Bo city, Sierra Leone. *JECE*. 13(1). pp 14-22.
45. **RAMDANE E et TIGUERCHA M., (2015).** Étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source « Alma, Tamazirt Ourabah » de la commune de Mizrana, wilaya de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques Département Biochimie Microbiologie. Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou. 82 p.
46. **R.N.V.A., (2019) :** RAPPORT NATIONAL VOLONTAIRE ALGERIE, (2019). ODD6 : Garantir un accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau. 8p.

47. **ROBERT É., (2014).** Turbidité et risques dans le bassin versant de la Doubégué (Burkina Faso). *BAGF*. 91(3). pp 355-372.
48. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., (2009).** L'analyse de l'eau. 9ème éd. Dunod. Paris. 1579p.
49. **ROUSTAN M., (2014).** Eau: Données et statistiques. *Techniques de l'ingénieur TE*. Edition T.I. 14p.
50. **SCHRIVER-MAZZUOLI L., (2012).** La gestion durable de l'eau. Ressources. Qualité. Organisation. Dunod. 256p.
51. **SORAN-N S., (2021).** The physical and chemical properties of water. Kirkuk University. 3p.
52. **SOULEY MOUSSA R., MALAM ALMA M., LAOUALI M., NATATOU I., HABOU I., (2018).** Caractérisation physico-chimique des eaux des aquifères du Continental Intercalaire / Hamadien et du Continentalsiems Terminal de la région de Zinder (Niger). *IJBACS*. 12(5). pp 2395 – 2411.
53. **TOUHARI F., (2015).** Etude de la qualité des eaux de la vallée du haut Cheliff. Thèse de doctorat Es-Science. Ecole nationale supérieure d'hydraulique. 177p.

Résumé

L'eau est une ressource avec des propriétés remarquables et souvent désignée par « l'or bleu ». Elle est parfois menacée par les activités anthropiques qui causent la dégradation de sa qualité. L'objectif de notre travail est d'évaluer la potabilité d'une source d'eau Laïnsar Ouqarmoud située dans la commune d'Illoula Oumalou, région de Tizi-Ouzou par une analyse des paramètres physicochimiques et bactériologiques durant la saison sèche de l'année 2022, comparée à l'année 2021 et à la norme algérienne de potabilité. Les résultats obtenus montrent que l'eau analysée est moyennement minéralisée avec une conductivité qui est de 244 μ S/cm. Les paramètres physicochimiques analysés répondent aux normes algériennes de potabilité en vigueur. Quant aux paramètres de pollution les plus menaçants, notamment l'ammonium et les nitrates, l'eau analysée ne présentent aucune trace de ces derniers. Les tests bactériologiques ont marqué l'absence totale des coliformes thermo tolérants et des streptocoques fécaux à l'exception des coliformes fécaux dont un faible nombre a été détecté (10/100ml) mais qui reste inférieur à la norme (50/100ml). De ce fait, nous pouvons conclure que cette eau est potable et propre à la consommation humaine et elle est d'une excellente qualité.

Mots clés

Eau de source, Illoula Oumalou, saison sèche, paramètres physicochimiques, paramètres bactériologiques.

Abstract

Water is a resource with remarkable properties and is often referred to as "blue gold". It is sometimes threatened by anthropogenic activities that cause the degradation of its quality. The objective of our work is to evaluate the potability of a water source Laïnsar Ouqarmoud located in the commune of Illoula Oumalou, region of Tizi-Ouzou by an analysis of physicochemical and bacteriological parameters during the dry season of the year 2022, compared to the year 2021 and the algerian standard of potability. The results obtained show that the analyzed water is moderately mineralized with a conductivity that is 244 μ S/cm. The physicochemical parameters analyzed meet the algerian standards of potability in force. As for the most threatening pollution parameters, notably ammonium and nitrates, the water analyzed shows no trace of the latter. The bacteriological tests have marked the total absence of thermo-tolerant coliforms and fecal streptococci, except for fecal coliforms, of which a small number was detected (10/100ml) but which remains below the standard (50/100ml). Therefore, we can conclude that this water is potable and clean for human consumption and it is of excellent quality.

Key words

Spring water, Illoula Oumalou, dry season, physicochemical parameters, bacteriological parameters.

ملخص

الماء مورد ذو خصائص مميزة وغالبًا ما يشار إليه باسم "الذهب الأزرق". في بعض الأحيان يكون مهدد من قبل الأنشطة البشرية التي تسبب تدهور جودته. الهدف من عملنا هو تقييم قابلية الشرب لمصدر ماء لعنصار أوقرمود الواقع في بلدية إيلولة أومالو ، منطقة تيزي وزو من خلال تحليل المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية خلال موسم الجفاف لعام 2022 ، مقارنة مع عام 2021 والمعايير الجزائرية للشرب. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الماء الذي تم تحليله معدن بشكل معتدل بموصلية تبلغ 244 ميكرو سيمنس/سم. المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تم تحليلها بقي بالمعايير الجزائرية لقابلية الشرب السارية. بالنسبة لمعايير التلوث الأكثر تهديدًا ، لا سيما الأمونيوم والنترات ، لم تظهر المياه التي تم تحليلها أي أثر لهذه الأخيرة. أظهرت الاختبارات البكتريولوجية الغياب التام للبكتيريا القولونية والمكورات العقدية المقاومة للحرارة باستثناء القولونيات البرازية ، والتي تم اكتشاف عدد قليل منها (100/10 مل) ولكنها لا تزال دون المستوى القياسي (50/100 مل). لذلك يمكننا أن نستنتج أن هذه المياه صالحة للشرب وصالحة للاستهلاك الأدمي وهي ذات جودة ممتازة.

الكلمات الدالة

مياه الينابيع ، إيلولا أومالو ، موسم الجفاف ، المعلمات الفيزيائية والكيميائية ، المعلمات البكتريولوجية.