



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Écologie et Environnement**

Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Présentée par : **BENTATA TAHA**

Thème

**Contribution à l'évaluation de la qualité
physico-chimique et bactériologique des
eaux de sources de la région de Lardjem,
Tissemsilt**

Soutenu le,

Devant le Jury :

Mme LAABAS	Président	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
Mme BOUKIRAT	Encadreur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Mme BEDALE	Examinatrice	M.C.B.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2020-2021

Remerciements

Un "merci" n'est appréciable que s'il est réellement sincère.

*Tout d'abord Louange à **ALLAH**, le Maître de l'Univers qui nous a donné la force d'esprit, la santé et la volonté pour élaborer ce travail.*

*Je remercie sincèrement ma promotrice **DYHIA BOUKIRAT** qui m'a aidée à la réalisation de ce modeste travail avec ses précieux conseils, son soutien moral et ses orientations. Je suis très touchée par ses efforts immenses et ses encouragements qui n'ont jamais cessé de m'accompagner durant tout le parcours de l'élaboration de ce travail jusqu'à son achèvement.*

*J'adresse également mes sincères remerciements à **Mme BEDALE** et **Mme LAABAS** qui m'ont fait l'honneur d'accepter je juger ce travail et qui va sans aucun doute s'enrichir par leurs conseils et leurs expériences.*

*Je remercie aussi **toute l'équipes de laboratoire d'Algérie des eaux a Tissemsilt (ADE)** qui mon aidé notamment dans les travaux effectués au niveau du laboratoire.*

Et enfin j'exprime ma gratitude et ma reconnaissance à toute personne qui m'a encouragé et aidé de près ou de loin à réaliser ce projet de fin d'étude qui va sûrement enrichir ma future carrière professionnelle.

Dédicace

Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.

Avec l'aide d'Allah, le tout puissant, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie à :

*La mémoire de **Ma chère maman** ; Avec tout mon amour pour ton soutien et tes encouragements. J'espère rester à la hauteur de tes espoirs.*

***Mon cher papa** ; Tes sacrifices et tes Prières m'ont permis de vivre ce jour. Rien ne saurait exprimer la fierté, la reconnaissance et l'Amour que je te porte. Que Dieu le Tout Puissant te procure, santé et longue Vie.*

*Mes frères **Merouane, Khalil**, et mes sœurs **Imane, Nouha** ; en témoignage de l'affection des sentiments de fraternité qui nous unissent.*

*Ma tante **Zohra**,*

Avec toute ma reconnaissance pour votre soutien moral et vos encouragements.

Toute ma famille,

Tous ce qui me connaît

TANA

<i>Liste des abréviations</i>	i
<i>Liste des tableaux</i>	iii
<i>Liste des figures</i>	v

SOMMAIRE

Introduction	1
I. Synthèse Bibliographique	
1. Les eaux souterraines	4
1.1. La qualité de l'eau souterraine	4
1.2. Paramètres de la qualité des eaux de sources	5
1.2.1. Les paramètres physico-chimiques.....	5
1.2.1.1. La température.....	5
1.2.1.2. Le pH.....	5
1.2.1.3. La conductivité électrique.....	6
1.2.1.4. La turbidité.....	6
1.2.1.5. La dureté totale.....	7
1.2.1.6. Les Sulfates.....	7
1.2.1.7. L'oxygène dissous.....	7
1.2.1.8. Les Nitrates.....	7
1.2.1.9. Les Nitrites.....	8
1.2.1.10. Le Sodium.....	8
1.2.1.11. Les Chlorures.....	9
1.2.1.12. Le Fer total.....	9
1.2.1.13. Le fluor.....	9
1.2.1.14. L'ion de potassium (k^+).....	10
1.2.2. Qualité bactériologiques.....	10
1. 2.2.1. <i>Coliformes totaux</i>	11
1.2.2.2. <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	11
1. 2.2.3 <i>Streptocoques fécaux</i>	11
1. 2.2.4. Bactéries <i>E. coli</i>	12
1.3. Le contrôle des eaux.....	12
1.4. Les risques liés à l'altération de la qualité de l'eau.....	12
1.4.1. Les risques liés aux altérations de la qualité physico-chimie de l'eau.....	13
1.4.1.1. Risque de la pollution chimique.....	13
1.4.1.2. Risque de la pollution physique.....	14

1.4.1.3. Risque de la contamination microbiologique.....	14
1.4.2. Maladies à transmission hydrique (MTH).....	14
1.4.2.1. Maladies d'origine bactérienne	14
1.4.2.2. Maladies d'origine virale	15
1.4.2.3. Maladies d'origine parasitaire (protozoaire).....	17
2. Gestion de l'eau.....	17
2.1. La surveillance	17
2.2. Enquêtes sanitaires	18
3. Normes de la qualité de l'eau	18
4. La réglementation sur la qualité de l'eau de source destine à la consommation	21
5. Traitement des eaux souterraines	21

II. Partie expérimentale

1.1. Zone d'étude.....	25
1.1.1. Introduction	25
1.1.2. Présentation des sites étudiés.....	25
1.1.2.1. Situation géographique	25
1.1.2.2. Coordonnées géographiques de Lardjem	25
1.1.2.3. Les sources étudiées.....	26
1.2. Matériels et Méthodes.....	29
1.2.1. Prélèvement des échantillons.....	29
1.2.1.1. Prélèvement des échantillons d'eau pour les analyses physico-chimique.....	29
1.2.1.2. Prélèvement des échantillons d'eau pour les analyses bactériologiques	30
1.2.2. Les analyses physicochimiques.....	32
1.2.2.1. Mesure de la température.....	32
1.2.2.2. Mesure du pH	32
1.2.2.3. Mesure de la CE.....	33
1.2.2.4. Mesure de la salinité	33
1.2.2.5. Détermination la Turbidité	33
1.2.2.6. Détermination de l'azote ammonical (NH ₄ ⁺).....	34
1.2.2.7. Détermination des nitrites (NO ₂ ⁻).....	35
1.2.2.8. Détermination des nitrates (NO ₃ ⁻)	36
1.2.2.9. Détermination des phosphates (PO ₄ ³⁻).....	36

1.2.2.10. Détermination des matières oxydable (M.O).....	36
1.2.2.11. Détermination du calcium (Ca ²⁺) et du magnésium (Mg ²⁺).....	37
1.2.2.12. Dosage du sodium (Na ⁺) et du potassium (k ⁺).....	38
1.2.2.13. Détermination de chlorure Cl ⁻	40
1.2.2.14. Détermination des Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	41
1.2.2.15. Détermination de l'alcalinité (HCO ₃ ⁻).....	41
1.2.2.16. Dosage du fer (Fe ²⁺)... ..	42
1.2.2.17. Dosage du manganèse Méthode à la Formaldoxine.....	43
1.2.2.18. Détermination de taux de sels dissous (TDS).....	43
1.2.3. Paramètres bactériologiques.....	43
1.2.4. Méthode d'opérateur.....	44
1.2.4.1. Dénombrement des bactéries <i>coliformes</i>	44
1.2.4.2. Dénombrement des <i>streptocoques fécaux</i>	47
1.2.4.3. Dénombrement des spores de <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	47
2. Resultats et Discussion.....	50
2.1. les paramètres physico-chimiques.....	50
2.1.1. Température.....	50
2.1.2. PH.....	50
2.1.3. Conductivité électrique (CE).....	51
2.1.4. Salinité.....	52
2.1.5. Turbidité.....	52
2.1.6. TDS	53
2.1.7. Nitrates (NO ₃ ⁻).....	54
2.1.8. Les nitrites (NO ₂).....	55
2.1.9. L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	55
2.1.10. Phosphates (PO ₄ ³⁻).....	56
2.1.11. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	57
2.1.12. Chlorure (Cl ⁻).....	57
2.1.13. Calcium (Ca ⁺²)... ..	58
2.1.14. Magnésium (Mg ²⁺).....	59
2.1.15. Le manganèse (Mn ²⁺).....	59
2.1.16. Le fer (Fe ²⁺).....	60
2.1.17. Le sodium (Na ⁺).....	61
2.1.18. Le potassium (K ⁺).....	61

2.1.19. Sulfate (SO ₄ ²⁻).....	62
2.1.20. Matière oxydable (MO)	63
2.2. Les paramètres bactériologique :.....	64
2.2.1. Les <i>Coliformes totaux</i>	65
2.2.2. Les <i>Coliformes fécaux (E. coli)</i>	66
2.2.3. Les <i>Streptocoques fécaux</i>	67
2.2.4. Les <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>	67
Conclusion et perspectives	68
Références bibliographiques	71
Résumé	

Liste des abréviations

ADE :

AFNOR : Association française de normalisation

AgNO₃ : Le nitrate d'argent.

Al : Aluminium.

Ca₂⁺ : Calcium.

CaCl₂ : Chlorure de calcium.

CaCO₃ : Carbonate de calcium.

CaSO₄ : Sulfate de Calcium

C E : Conductivité électrique.

Cl⁻ : Chlorures.

CO₂ : Le dioxyde de carbone.

CO₃²⁻ : Ion carbonate.

E-coli : Escherichia coli.

EDTA : L'acide éthylène diamine tétra-acétique.

⁰F : Degrés français.

Fe²⁺ : Ion ferreux.

Fe³⁺ : Ion ferrique.

F⁻ : Fluorure.

H₂S : Le sulfure d'hydrogène.

HCO₃⁻ : hydrogénocarbonates.

HCl : Acide chlorhydrique.

H⁺ : Ion hydrogène.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

HCEFLCD : Haut-Commissariat Aux Eaux et Foret et la Lutte Contre la Désertification.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

JARA : Journal Algérien des Régions Arides.

JORF : Journal officiel de la République française.

KCl: Chlorure de potassium.

K⁺: Potassium.

K₂CrO₄ : Le chromate de potassium.

KMnO₄: permanganate de potassium.

MENVIQ : Ministère de l'Environnement du Québec.

Mn : Manganèse.

Mg²⁺ : Ion Magnésium.

mol: mole.

MO : Matière Oxydable.

MTH : Maladies à transmission hydrique

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

NaCl: Chlorure de sodium.

Na⁺ : Sodium.

NO₃⁻ : Nitrates.

NA : Norme Algérienne.

NO₂⁻ : Nitrite.

N : Normalité.

NaOH : hydroxyde de sodium.

NH₄OH : hydroxyde d'ammonium.

Na₂SO₄ : Sulfate de Sodium.

nm : nanomètre.

O₂ : l'ion oxyde.

OMS : L'Organisation mondiale de la santé.

pH : potentiel d'Hydrogène.

PO₄³⁻ : Ion phosphate.

Ré FEA : Réseau Francophone sur l'Eau et l'Assainissement

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.

S/m: Siemens par mètre.

SO₄²⁻ : Sulfate.

TH : Titre hydrométrique.

TAC: Titre alcalimétrique complet.

TDS :Total dissolved solids (matières dissoutes totales).

TSI: triple sugar iron.

μs: Micro-siemens.

μm : Micro-mètre.

UFC : Unités Formant Colonies.

UE : Union Européen.

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Classification des eaux d'après leur PH	6
Tableau N°02 : Virus pathogènes pour l'homme se rencontrent dans l'eau.....	16
Tableau N°03 : Normes bactériologiques des eaux souterraines.....	19
Tableau N°04. : Normes physico-chimiques des eaux souterraines.....	20
Tableau N°05 : Aspect des colonies sur milieu tergitol.....	46
Tableau N°06 : Interprétation du milieu TSI.....	46
Tableau N°07 : : évaluation de gout de l'eau par leur concentration de TDS	53
Tableau N°08 : les résultats des paramètres bactériologiques	64

Liste des figures

Figure N°02 : L'emplacement des sources sur la carte Site web d-Maps.....	26
Figure N°03 : la source de EL-MESSOUSE.....	27
Figure N°04: la source de SIDI SAID.....	27
Figure N°05: la source de BOUAGHRA.....	28
Figure N°06: L'emplacement des sources sur la carte.....	28
Figure N°07: le protocole expérimental résumant les étapes suivies pour faire les analyses de paramètres étudiés.....	31
Figure N°0 8 : Multé éléments HACH	32
Figure N°09 : Conductivité mètre HACH HQ14d.....	33
Figure N°10 : Turbidimètre HACH TL2300.....	34
Figure N°11 : Spectrophotomètre HACH DR6000.....	35
Figure N°12 : Photomètre de flamme JENWAY PFP7.....	40
Figure N°13 : Rampe de filtration.....	44
Figure N°14 : Versement des échantillons d'eau dans la rampe de filtration.....	45
Figure N°15 : Récupération du filtre et mise en boîte de pétri.....	45
Figure N° 16 : Valeur de température dans les sources d'eau étudiées.....	50

Figure N° 17 : Valeur de PH dans les sources d'eau étudiées.....	51
Figure N° 18: Valeur de conductivité dans les sources d'eau étudiées.....	51
Figure N° 19 : Valeur de salinité dans les sources d'eau étudiées.....	52
Figure N° 20: Valeur de turbidité dans les sources d'eau étudiées.....	53
Figure N° 21: Valeur de TDS dans les sources d'eau étudiées.....	54
Figure N° 22 : Valeur de nitrates dans les sources d'eau étudiées.....	54
Figure N° 23 : Valeur de nitrites dans les sources d'eau étudiées.....	55
Figure N° 24: Valeur de l'azote ammonical dans les sources d'eau étudiées.....	56
Figure N° 25: Valeur de l'azote ammonical dans les sources d'eau étudiées.....	56
Figure N° 26 : Valeur de bicarbonate dans les sources d'eau étudiées.....	57
Figure N° 27 : Valeur de chlorures dans les sources d'eau étudiées.....	58
Figure N° 28 : Valeur de calcium dans les sources d'eau étudiées.....	58
Figure N° 29 : Valeur de magnésium dans les sources d'eau étudiées.....	59
Figure N° 30 : Valeur de manganèse dans les sources d'eau étudiées.....	60
Figure N° 31 : Valeur de fer dans les sources d'eau étudiées.....	60
Figure N° 32 : Valeur de sodium dans les sources d'eau étudiées.....	61
Figure N° 33 : Valeur de potassium dans les sources d'eau étudiées.....	62
Figure N° 34 : Valeur de sulfate dans les sources d'eau étudiées.....	63
Figure N° 35 : Valeur de matière oxydable dans les sources d'eau étudiées.....	63
Figure N° 36 : nombre des coliformes totaux dans les sources d'eau étudiées.....	66

Introduction

L'eau est un élément indispensable pour la vie, elle est le principal composant de la matière vivante. Elle a toujours été au centre des préoccupations de l'humanité et de leurs activités.

Bien que près des $\frac{3}{4}$ de la terre soit couverte d'eau (océans, mers, lacs....) elle n'est pas toute potable, 97% du totale est salée et seulement 0.5% est une eau douce disponible le reste est inaccessible. A peu près 97 % des eaux douces continentales sont souterraines **(Bosca, 2002)**.

Différentes études ont révélé que la pollution des eaux souterraines est liée à l'absence de traitement et des conditions d'hygiène publique, au manque de réseau d'assainissement et à la présence des fosses septiques à proximité **(Guessoum et al., 2014 ; Fakih et al., 2014 ; Degbey et al., 2010)** mais aussi à différentes activités anthropiques tel que l'industrie, l'élevage, l'agriculture...etc.

A l'échelle mondiale plus 75% de la population utilise une eau d'origine souterraine **(Merzoug et al., 2010)**, sa pollution représente un danger non négligeable pour la santé de l'homme et la mauvaise gestion de l'eau accentue les risques liés à sa contamination.

Depuis quelque année, l'approvisionnement en eau de robinet pour la région de Lardjem est assuré par l'eau traitée du barrage KODIET-ROSFA. La présence d'un arrière goût crée un doute chez les consommateurs et sa qualité est remise en question, de ce fait la plupart des citoyens utilisent l'eau des sources de la région, qui est très répandue et accessible à tous gratuitement croyant que ces eaux sont toujours potables et de bonne qualité.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail dont l'objectif est de contribuer à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des trois sources d'eaux les plus fréquentées par les citoyennes de LARDJEM pour déterminer leur potabilité et leur valeur nutritionnelle afin de s'assurer de l'absence de contamination et de germes à risque potentiel pour garantir l'accès à une eau de qualité dénuée de tous risques pour la santé de son consommateur .

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de l'ADE de la wilaya de Tissemsilt, le manuscrit est divisé comme suit :

- Les principales caractéristiques des eaux souterraines et de leur qualité physicochimique et bactériologique.
- La seconde partie intitulé partie expérimental, essentiellement consacrée à la présentation d'informations relatives aux sources étudiées ainsi que les différentes méthodes adoptées pour analyser la qualité des échantillons d'eau.
- La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet de la dernière partie de ce manuscrit avec une comparaison aux normes algériennes.

Enfin, nous concluons sur la qualité des eaux de ces sources et proposerons quelques perspectives.

I- Synthèse

Bibliographique

1. Les eaux souterraines

Les Eaux de Sources sont d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégées contre les risques de pollution. Plus la profondeur à laquelle se trouve l'eau est importante, plus elle assure à l'eau sa pureté. De nombreuses sources sont localisées dans des zones montagneuses ou sont naturellement protégées, comme par exemple dans les Parcs Nationaux (Code de la Sante Publique,2020).

L'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique (Figure N°01) ; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval. (Myrand, 2008).

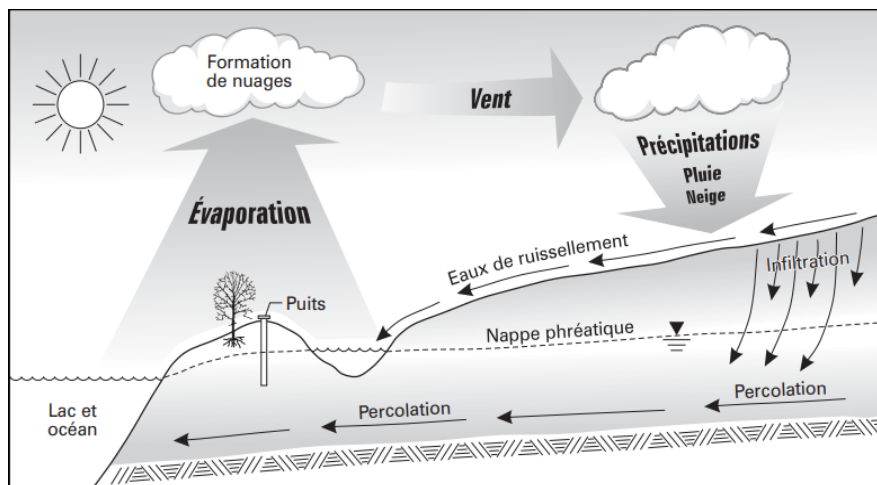


Figure N°01: le cycle hydrologique (Myrand,2008)

1.1.La qualité de l'eau souterraine

L'eau de source, à l'émergence et conditionnée, répond aux mêmes exigences de qualité microbiologique que l'eau minérale naturelle, et l'eau de source conditionnée répond aux mêmes exigences de qualités physicochimique et radiologique que l'eau du robinet. Au même titre que l'eau minérale naturelle, l'eau de source ne peut faire l'objet que de quelques traitements autorisés par la réglementation (séparation des constituants naturellement présents

tels que le fer ou le soufre, la désinfection de l'eau étant interdite). (**Ministère des solidarités et de la santé en France, 2018**).

Des contrôles et des tests sont réalisés quotidiennement comme : pH, température, TDS, conductivité, chlore libre, turbidité, salinité et chaque mois se fait l'analyse complète qui compris les contrôles physico-chimique et bactériologique .

- **Le test organoleptique** : contrôle la constance du goût, l'aspect et l'odeur de l'eau.
- **Le contrôle physico-chimique** : analyse la composition de l'eau.
- **Le contrôle bactériologique** : vérifie l'absence de micro-organismes ou de contaminants.

1.2. Paramètres de la qualité des eaux de sources

1.2.1. Les paramètres physico-chimiques

1.2.1.1. La température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (**HCEFLCD, 2006**).

1.2.1.2. Le pH

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (**Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973**). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9 (**HCEFLCD, 2007**).

Tableau N°01 : Classification des eaux d'après leur PH (Ce tableau est reproduit du site de l'équipe technique de Ré FEA)

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH Neutre.
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Eaux souterraines.
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

1.2.1.3.La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1S /m = 10⁴ µS/cm = 10³ S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau (**HCEFLCD, 2006**). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation.

1.2.1.4.La Turbidité

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (**Andriamiradis, 2005**). La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (débris organiques, argiles, organismes microscopiques ...) (**Rodier et al., 2009**).

Une forte turbidité de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (**Jean, 2002**), et favorise aussi la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique suspecte (**OMS, 2004**). Selon **Desjardins (1997); Kettab (1992); Boeglin (2009)**, parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité.

1.2.1.5. La dureté totale

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français) ; 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés.

1.2.1.6. Les Sulfates

Les sulfates (SO₄²⁻) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries , etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate (**HCEFLCD, 2006**).

1.2.1.7. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (O₂) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques (**HCEFLCD, 2007**). Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l'auto-épuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l'activité photosynthétique de la flore, par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau. Les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre (**Rodier, 2005**). Il est exprimé en mg/l (**Derwich et al, 2010**).

1.2.1.8. Les Nitrates

Les nitrates (NO₃⁻) constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime

produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45 mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture (**Derwich et al., 2010**).

Les nitrates ne sont guère toxiques, mais ce n'est qu'à deux conditions que peut se révéler leur toxicité : s'il y a ingestion vraiment massive de ces composés ou s'ils sont transformés en nitrites par la microflore digestive au sein de l'organisme. (**Idrissi, 2006**).

A cet effet, l'Organisation mondiale de la Santé a fixé à 50 mg/l la valeur guide à ne pas dépasser pour la consommation d'eau de boisson. Cette teneur maximale a été reprise par la Communauté européenne dans sa directive 98/83/CE du 3 novembre 1998 (**Alouane, 2011**).

1.2.1.9. Les Nitrites

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote amoniacal, ce qui explique les faibles quantités rencontrées en milieu aquatique.

Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfite-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (**Bengoumi et al., 2004**).

Le taux normal en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon la norme algérienne et l'OMS(2002) . La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant. (**Abboudi et al., 2014**).

1.2.1.10. Le Sodium

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion Na^+ . Il est très soluble dans l'eau et se trouve à concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Plusieurs sources anthropogènes alimentent en sodium les eaux souterraines et superficielles : (sel de déneigement, eaux usées, jus de décharges, etc.). Sa concentration peut

augmenter sensiblement lors du processus d'échange d'ions en station de traitement. Il affecte les qualités organoleptiques de l'eau lorsque sa concentration dépasse 200 mg/l. L'UE fixe son taux maximal à 200 mg/l dans l'eau potable **(Beer, 2010)**.

Un régime alimentaire normale apporte 3 à 5 g /j de sodium (8 à 12 g /j en chlorure de sodium).-Le besoin journalier en sodium d'un adulte est de 2000 mg/j et de moins de 200 mg/j pour un enfant. **(Rodier, 2005)**.

1.2.1.11. Les Chlorures

Les chlorures (Cl) sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, la source principale des chlorures dans les eaux est due à la dissolution de roches sédimentaires **(Abdoulaye et al.,2014)**. Ils se trouvent généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives **(Humbert et Pommier, 1988 in Tarik, 2005)**, La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé.

1.2.1.12. Le Fer total

Les eaux souterraines en anaérobiose peuvent contenir du fer ferreux (Fe^{2+}) à des concentrations allant jusqu'à plusieurs milligrammes par litre sans changement de couleur ou de turbidité dans l'eau quand elle est pompée directement à partir d'un puits. Cependant, quand il est exposé à l'air, le fer ferreux s'oxyde en fer ferrique (Fe^{3+}) conférant alors une coloration rouge-brun indésirable à l'eau. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations **(Belghiti et al., 2013)**. La concentration maximale de fer acceptable dans une eau de boisson a été fixée à 0,3 mg/l par l'OMS **(2008)**. Cette norme a été définie pour répondre plus à des critères esthétique et organoleptique qu'à des critères sanitaires.

1.2.1.13. Le fluor

Le fluor, premier élément de la famille des halogènes dans le tableau périodique des atomes, est gazeux à température et pression normales. Étant fortement réactif,

il se retrouve généralement dans la nature sous forme de fluorure (F^-) lié à des matrices minérales ou dans des liaisons covalentes formant des composés organiques ou inorganiques.

Les fluorures sont également libérés dans l'environnement par des sources anthropiques de nature industrielle (**Beaudoin, 2012**). La teneur en fluor dépend du temps de contact de l'eau avec les minéraux fluorés de l'aquifère. Elle est plus élevée dans les nappes captives. Dans la nappe de la craie, il est fourni principalement par les minéraux phosphatés. Sa teneur ne doit pas dépasser $1,5 \text{ mg.l}^{-1}$ (**Bartherlin et Cheru, 1999**).

1.2.1.14. L'ion de potassium (K^+)

Se trouve sous forme de cation monovalent (K^+) en milieu naturel. Il s'agit d'un métal essentiel pour l'organisme, notamment par son rôle dans la régulation du potentiel membranaire. (**Beer, 2010**). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 5 à 10 mg.l^{-1} (**Rodier et al., 2009**). A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium.

1.2.2. Qualité bactériologiques

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution : les Germes totaux et les Coliformes qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux. Les bactéries indicatrices de contamination fécale sont les Coliformes connus sous le nom d'*Escherichia coli* (*E.coli*), les *Streptocoques fécaux* et les *Clostridium* sulfite-réducteurs dont la présence indique une mauvaise filtration. Elles se multiplient très facilement et sont utilisées généralement comme germes tests de contamination fécale (**Ahonon, 2011**).

Les critères de qualité microbiologique des Eaux de Sources sont nettement plus sévères que l'eau du robinet puisque l'analyse se fait sur un volume 2 fois $1/2$ plus important que pour les eaux de distribution publique. Le cas échéant, on y recherche d'autres germes pathogènes comme *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, *Cryptosporidium*, *Legionella pneumophila*. (**JORF, 2007**).

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but d'estimer le nombre total des germes présents dans l'eau. Les résultats sont obtenus par dénombrement direct des colonies après ensemencement sur milieu de culture et sont donnés en nombre de germes par ml. **(Rodier, 2005)**.

1.2.2.1. Coliformes totaux

Les *coliformes totaux* sont omniprésents dans la nature et sont associés à la matière organique en décomposition (matières fécales, etc.). Ils apparaissent comme des colonies orange. L'expression des résultats se fait par dénombrement direct des colonies sur le compteur des colonies bactériennes. Pour qu'une eau soit considérée potable, le résultat doit être de moins de 10 UFC par 100 ml. **(Rodier, 2005)**

1.2.2.2. Clostridium sulfito-réducteurs

Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle **(Armand, 1996)**.

1.2.2.3. Streptocoques fécaux

Les *Streptocoques fécaux* sont essentiellement des bactéries intestinales, mais, ils sont moins nombreux dans les matières fécales que les *colibacilles*, bien que, pratiquement, tous les membres du groupe *Entérocooccus* s'y rencontrent. Dans l'eau, les *entérocoque*

s ne se multiplient pas disparaissent plus ou moins rapidement comme *E. coli*, en tous cas plus vite que les autres coliformes ; par conséquent, la caractérisation de l'*entérocoque* dans un échantillon d'eau est un signe certain d'une pollution fécale récente.

Quand l'*entérocoque* est rencontré, il est très rare que *E. coli* ne soit pas présent en même temps ; généralement, le rapport des *entérocoques* présents aux *coliformes* présents est compris entre 1 à 2 et 1 à 10. On admet qu'une eau potable ne soit contenir aucun *entérocoque* dans 100 millilitres. En fait, l'*entérocoque* est un témoin peu sensible et sa recherche ne peut en aucun remplacer celle d'*E. Coli*. Par contre, la caractérisation de

l'entérocoque constitue une excellente confirmation d'une souillure fécal (**Moore et al., 2008 ; Suzuki et al., 2012 ; Furtula et al., 2013**)

1.2.2.4. Bactéries *E. coli*

E. coli est très abondante dans la flore intestinale humaine et animale, et c'est aussi la seule espèce qui soit strictement d'origine fécale. Elles sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale. Leur présence dans l'eau signifie que cette dernière est contaminée par une pollution d'origine fécale et qu'elle peut donc contenir des microorganismes pathogènes. La gastro-entérite est la maladie la plus fréquente associée à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales. Bien que cette maladie soit souvent bénigne, elle peut parfois avoir des conséquences très graves sur la santé. D'autres maladies plus rares comme les hépatites ou les méningites peuvent aussi être provoquées par l'ingestion d'eau contaminée (**Steve E.H., Elizabeth J.H., 2004**).

1.3. Le contrôle des eaux

Quelle que soit leur provenance, les eaux prélevées dans le milieu naturel ne sont jamais distribuées sans traitement. Ainsi, les eaux souterraines font l'objet d'un ajout d'une quantité infime de chlore pour garantir leur conformité bactériologique selon (**SEAAL**).

Les analyses permettant le contrôle sanitaire de l'eau, en procédant aux prélèvements à la source et en effectuant en laboratoire les tests mettant en évidence les microorganismes pathogènes et / ou leurs toxines pouvant être présents.

En Algérie, l'eau du robinet est la denrée la plus contrôlée. Une confirmation de **SEAAL** et de l'Algérienne des eaux chargés des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction, de distribution et d'approvisionnement en eau potable.

1.4. Les risques liés à l'altération de la qualité de l'eau

La pollution des eaux souterraines a des conséquences néfastes, non seulement, sur la santé humaine mais sur tout son avenir. C'est un sujet très sérieux qui demande l'instauration de réglementations locales et internationales rigoureuses. La dégradation de la qualité des eaux des nappes est certes une réalité (**Jean-Jacques, 2004**). C'est le risque

permanent de limitation de la ressource en eau de qualité dans un proche avenir. L'eau souterraine véhicule des polluants. Par son mouvement, elle provoque leur propagation dans l'espace souterrain (**Gilbert Castany,1998**).

Une eau est considérée comme polluée lorsqu'elle devient impropre à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger pour l'environnement, en particulier, lorsque les concentrations des constituants dissous ou en suspension dépassent les concentrations maximales admissibles fixées par les standards nationaux ou internationaux (**André et Jean-Claude,1999**).

1.4.1. Les risques liés aux altérations de la qualité physico-chimie de l'eau

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Passé un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu.

Les polluants sont des rejets issus des différentes activités humaines : domestiques et urbaines, agricoles et industrielles comme ils peuvent être naturels. Ils peuvent être classés selon leur nature en quatre grandes catégories : physiques, chimiques (minérales et organiques) et microbiologiques.

1.4.1.1.Risque de la pollution chimique

Le risque chimique est lié à la présence de constituants géologiques ou de contaminants issus des activités humaines (aménagement, industrie, agriculture). L'utilisation excessive d'engrais pour l'agriculture et l'élevage apporte une présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau. Les algues de surface prolifèrent rapidement entraînant une diminution de la luminosité et surtout une consommation importante d'oxygène dissous dans l'eau ; c'est le phénomène d'eutrophisation. L'oxygène n'est alors plus en quantité suffisante pour les organismes supérieurs (**Haddou, 2010**).

La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- Organique (hydrocarbures, pesticides, détergents...).
- Minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) (**Zeghoud,2014**).

1.4.1.2. Risque de la pollution physique

La pollution physique est une modification de la qualité physique du milieu par divers facteurs. Les trois principaux agents de cette pollution sont (**Graves et Bernaed,2006**).

- La chaleur,
- Les éléments solides entraînés par l'eau,
- La radioactivité est potentiellement le plus dangereux des polluants physiques.

1.4.1.3. Risque de la contamination microbiologique

Les bactéries, virus et autres agents pathogènes vivant dans les eaux souterraines composent ce que l'on appelle la contamination microbiologique. Elle vient généralement de décharges, d'épandages d'eaux usées, de l'élevage, de fosses septiques, de fuites de canalisations et d'égouts, d'infiltration d'eaux superficielles, de matières fermentées ou du rejet d'eaux superficielle. Ces microorganismes nocifs peuvent générer des maladies gastro-intestinal graves dans les cas de contact ou d'ingestion de l'eau qui en est porteuse.

1.4.2. Maladies à transmission hydrique (MTH)

Pour de nombreuses maladies hydriques (**Kherifi et Bekiri,2017**), les symptômes commencent à se manifester de deux à dix jours après la consommation d'eau contaminée. Le malade peut avoir de la diarrhée, ressentir des crampes d'estomac, des nausées, de la fièvre et se mettre à vomir (**Bouziani, 2000**).

1.4.2.1. Maladies d'origine bactérienne

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On distingue :

- Les germes banals : les *Bacilles Coliformes*, les *Protéus*.
- Les *bacilles dysentériques* dont les *Shigella* et le *bacille de Flenxer*.
- Les *salmonelles*, dont le *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi A* et *B* et les *bacilles Gartner et Morgan* et *E. Coli* qui survivent peu de temps dans l'eau propre sont responsables de la *fièvre typhoïde* et *gastro-entérite*.

- Les *vibrions cholerae* qui survivent plus longtemps dans l'eau et peuvent provoquer de graves épidémies.
- Les mycobactéries (bacilles de Kokh), sont responsables de plusieurs types d'infections tuberculeuses.
- Les leptospires sont fréquemment retrouvés dans les eaux de rivières, et les eaux d'égouts.
- D'autres bactéries : Staphylocoques, le *spirobacter ictérogène*, la *pasterelle tularensis* (Bouziani, 2000).

1.4.2.2.Maladies d'origine virale

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine et capables de provoquer des infections chez l'homme (Schwartzbrod, 2000). (voir Tableau N°02).

Tableau N°02 : Virus pathogènes pour l'homme se rencontrent dans l'eau (OMS, 2000).

Groupes de virus	Nombre de types	Maladies provoquées
Entérovirus :	3	Paralysie, méningite, fièvre
Poliovirus	32	
Echovirus		Méningite, infections respiratoires, éruptions cutanées, diarrhée, fièvre, gastro-entérite
Virus coxsackie A	23	Pharyngite vésiculeuse, infections respiratoires, méningite, stomatite vésiculeuse entérovirale avec exanthème (syndrome main-pied-bouche)
Virus coxsackie B	6	Myocardite, anomalie cardiaque congénital, éruptions cutanées, méningite, fièvre, infections respiratoires, myalgie épidémique (pleurodynie)
Hépatite A	1	Hépatite A
Virus de la gastro-entérite (agents de type de Norwalk)	2	Diarrhée et vomissements épidémiques, fièvre
Rotavirus	5	Diarrhée et vomissements épidémiques, principalement chez les enfants
Réovirus	3	Pathologie incertaine
Adénovirus	41	Infections respiratoires, infections oculaires
Parvovirus (virus adéno-satellites)	3	infection latente à la suite de l'intégration de l'ADN dans le génome cellulaire

1.4.2.3. Maladies d'origine parasitaire (protozoaire)

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme : d'œufs, de kystes ou de vers. Parmi les parasites pathogènes les plus fréquents dans l'eau, on distingue :

- **Amibes** : l'*amibe Entamoeba histolyca* est responsable de la dysenterie amibienne. Elle induit les symptômes classiques des entérocolites avec crampes et diarrhée mucosanglante dans les cas sévères. Elle peut diffuser dans tout l'organisme à travers les systèmes portes et engendrer des abcès du foie, du poumon et du cerveau (**Haslay et Leclec, 2006**).
- **Paludisme (malaria)** est transmis à l'homme par des piqûres de moustiques, les anophèles, porteurs d'un parasite, le plasmodium, caractérisé par des cycles de frissons et de fièvre, dont les cas sévères peuvent aboutir à une anémie ou au décès. Plus d'un million de personnes en meurent chaque année. L'Afrique représente 80% des cas de paludisme dans le monde (**Theillier et al., 2012**).

2. Gestion de l'eau

2.1. La surveillance

La surveillance de la qualité de l'eau de boisson peut se définir comme étant « l'évaluation et la supervision continues et vigilantes du point de vue de santé publique de la salubrité et de l'acceptabilité des approvisionnements publics en eau de boisson ».

Cette surveillance comporte :

- Contrôle régulier de la qualité pour vérifier que le traitement et la distribution sont conformes aux objectifs établis et à la réglementation.
- Surveillance généralement à intervalles spécifiés, de l'ensemble du réseau de distribution depuis la source jusqu'aux consommateurs du point de vue de la sécurité microbiologique. (**OMS Genève, 2004**)

2.2. Enquêtes sanitaires

L'enquête sanitaire c'est une inspection et une évaluation sur place par une personne qualifiée, de toutes les conditions d'installation et pratiques touchant le réseau d'approvisionnement en eau qui pourraient être à l'origine de danger pour la santé du consommateur. Tous les systèmes de distributions doivent être régulièrement inspectés par les spécialistes. Les échantillons doivent y être prélevés notamment aux fins des examens microbiologiques et chimiques. Par ailleurs une enquête sanitaire s'impose pour permettre une interprétation valable des résultats de laboratoire. **(OMS Genève ,2004).**

3. Normes de la qualité de l'eau

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur **(Alouane, 2012).**

Globalement, les qualités de l'eau de boisson doivent obéir à des normes définies par une réglementation nationale. Il peut en résulter, pour un pays ou une région donnée, des dispositions réglementaires différentes de la qualité de l'eau, par rapport aux normes internationales **(Bouziati, 2000).**

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson en citant le Journal Officiel de la République Algérienne **(JORA, 2011)** qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites.

Ainsi pour notre étude, nous nous référons aux normes algériennes et françaises et aussi aux normes de l'OMS présentés dans les tableaux qui suivent **(Tableau N° 03et N°04).**

Tableau N° 03 : Normes bactériologiques des eaux souterraines (OMS, 2002).

Microorganismes	Les valeurs indicatives	Remarque
<p>A-Toutes les eaux destinées à la consommation :</p> <p><i>E. Coli</i> ou bactéries</p> <p>coliformes Thermotolérantes</p>	<p>0</p> <p>0</p>	<p>Non détectables dans un échantillon de 100 ml</p>
<p>B- Eaux traitées à l'entrée du réseau de distribution :</p> <p><i>E.Coli</i> ou <i>bactéries coliformes Thermotolérantes</i></p> <p><i>Coliformes totaux</i></p>	<p>0</p> <p>10</p>	<p>Non détectables dans un échantillon de 100 ml</p> <p>Non détectables dans un échantillon de 100 ml</p>
<p>C-Eaux traitées dans le réseau de distribution :</p> <p><i>E.coli</i> ou <i>bactéries coliformes Thermotolérantes</i></p> <p><i>Coliformes totaux</i></p>	<p>0</p> <p>10</p>	<p>Non détectables dans un échantillon de 100 ml</p> <p>Non détectables dans un échantillon de 100 ml. Dans les installations importantes, lorsqu'un nombre suffisant d'échantillons sont examinés on ne doit pas trouver de coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois.</p>

Tableau N°04 : Normes physico-chimiques des eaux souterraines (NA, 1992 ; OMS, 1994 ; Boeglin, 1998 ; JORA, 2011).

Paramètres physicochimiques	Unité	Normes O.M.S	Normes Algériennes (1992)	Normes Françaises
Température	°C	/	25	25
pH	/	7-8.5	6.5-9	6.5-9
Conductivité électrique à 20 °C (CE)	µS/cm	/	2800	/
Turbidité	NTU	5	5	2
Oxygène dissous	mg.l ⁻¹ O ₂	5	5	5
Chlorures	mg.l ⁻¹	/	500	200
Dureté Totale	mg.l ⁻¹ en CaCO ₃	500	200	/
Calcium	mg.l ⁻¹	/	200	/
Magnésium	mg.l ⁻¹	/	150	50
Nitrates	mg.l ⁻¹	50-100	50	50
Nitrites	mg.l ⁻¹	/	0.1	0.1

4. La réglementation sur la qualité de l'eau de source destinée à la consommation

La réglementation mise en place par le Ministère du Commerce Algérie pour assurer la protection des eaux permet de concrétiser les quatre mesures suivantes (**Québec,2019**) :

- ✓ Le maintien de la qualité existante et la protection de la ressource.
- ✓ La décontamination à l'état initial.
- ✓ La caractérisation de l'état initial.
- ✓ Le suivi des eaux souterraines.

5. Traitement des eaux souterraines

La moitié des eaux souterraines que nous consommons n'a besoin d'aucun traitement (**Myrand, 2008**), mais certaines d'entre elles présentent toutefois, naturellement, des teneurs excessives en certains éléments (fer, manganèse, turbidité). D'autres dépourvues de protection naturelle, sont soumises à des pollutions par les nitrates et produits phytosanitaires ou microbiologiques qui sont liées à certains aquifères sensibles tels que les milieux fissurés karstiques ou à des contaminations de proximité au niveau des installations de captage et donc doivent subir un traitement spécifique avant mise en distribution (**Jestin, 2006**).

Les eaux souterraines sont souvent vues comme des eaux propres. Si une nappe venait à être polluées, il serait difficile de la dépolluer complètement. En effet, les polluants seront présents non seulement dans l'eau mais aussi dans les roches qui contiennent l'eau. A noter que les eaux de surfaces et les eaux souterraines sont qualifiées d'eaux naturelles car issues de phénomènes naturels et non transformées par l'Homme. Pour cette raison il faut contrôler et traité le maximum.

Le traitement de ces eaux souterraines comportera en générale les étapes suivantes (le nombre et le choix des étapes étant fonction de la qualité de l'eau) :

- Décantation : celle-ci peut être accélérée par l'addition d'un flocculant (sels de fer ou d'aluminium).
- Filtration sur lit de sable, cette opération étant parfois combinée à la première, ou plus récemment sur filtres en matériaux céramiques ou cellulosiques.

- Elimination des composés organiques ou minéraux indésirables ou en excès par passage sur charbon actif (adsorption des molécules organiques) ou sur résine échangeuse des ions (élimination des sels minéraux) (**Jestin, 2006**).
- Désinfection par traitement oxydant à l’ozone, au chlore, au bioxyde de chlore ou aux dichloramines, qui élimine les micro-organismes.
- Post-chloration, avant envoi dans le réseau, ou les réservoirs de façon à maintenir une teneur résiduelle en chlore libre actif de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ environ (**Festy et al., 2003**).

II-Partie expérimentale

1.1. Zone d'étude

1.1.1. Introduction

La région de LARDJEM est alimentée en eau potable par le barrage de KODIETE ROSFA et par plusieurs sources situées dans la région. On a observé que la population de la région s'alimentait journellement de ces sources.

On dépit d'une alimentation en eau de robinet, les citoyens utilisent ces sources pour boire en raison de leur insatisfaction de la qualité de l'eau du robinet. Selon la population locale l'eau distribuée présente un arrière-goût désagréable, salé en plus du goût du chlore utilisé dans le traitement de ces eaux, ils ont donc recours à ces sources comme une alternative en raison de son goût naturel mais aussi du fait qu'elle soit gratuite et accessible à tout. Ces observations nous ont incité à étudier les eaux de ces sources afin d'évaluer leur qualité.

1.1.2. Présentation des sites étudiés

1.1.2.1. Situation géographique

Le daïra de Lardjem est situé dans le nord-ouest de l'État de Tissemsilt, située à 30 km de son chef-lieu et se compose de quatre municipalités Lardjem, Sidi lAntri, Malaab et Tamlahat, elle est délimitée au nord par le daïra de lazhahria et Chlef, à l'ouest par la Wilayat de Relizan, au sud par le daïra de Ammari et la wilaya de Tiaret, et à l'est par le daïra de Bordj Bounaama. leur Altitude est 548 m et a une Climat méditerranéen avec été chaud (**Classification de Köppen: Csa,2013**)

Nombre d'habitants de daïra de Lardjem : plus de 62000 habitants et la commune la plus peuplée est Lardjem par 30300 habitants (**Recensement de la population de la municipalité de Lardjem 2021**)

1.1.2.2. Coordonnées géographiques de Lardjem

Latitude : 35.7495

Longitude : 1.54845 35° 44' 58" Nord, 1° 32' 54" Est

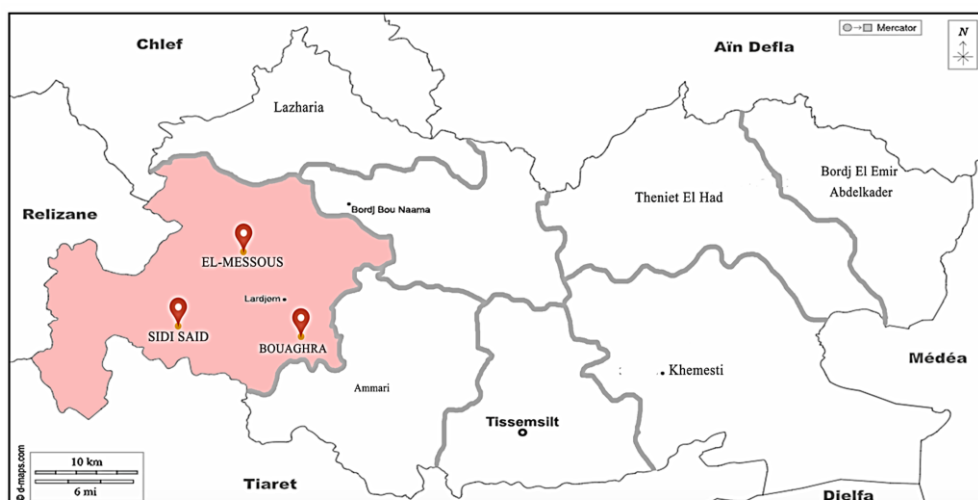


Figure N° 02 : L'emplacement des sources sur la carte site web d-Maps et modifier par **Taha. B**

1.1.2.3. Les sources étudiées

Les trois sources d'eau les plus fréquentées par la population de Lardjem ont fait l'objet de cette étude. Ces sources sont utilisées quotidiennement par les citoyens d'où l'intérêt qu'on leur porte.

- **La source EL-MESSOUS**

La source EL-MESSOUS est située au nord-ouest du siège de la daïra de Lardjem, à une distance de 7,5 km, elle est située près de la route CW2, à côté de la mosquée de EL-Messous, Cette source a été aménagée par la municipalité de Lardjem et est périodiquement surveillée par le Bureau d'hygiène pour y mettre des galets de chlore et nettoyer le réservoir, Mais l'entourage de ces sources doivent être réaménagée et nettoyés car leur état se dégrade actuellement.

Les Coordonnées GPS de la source sont : Latitude : 35.7982679 ; Longitude : 1.4977611



Figure N°03 : la source de EL-MESSOUSE (Prise par, Bentata.T, 2021)

- **La source SIDI SAID**

La source SIDI SAID est située à 15 km, au Sud-ouest du siège de la daïra de Lardjem, dans le Douare de Sidi Said, à côté d'une piste qui lie Lardjem a la commune de Malaab, Cette source a été aménagée par la municipalité de Sidi Lantri mais le processus de surveillance et de nettoyage du réservoir est très limité en raison du manque de membres du Bureau d'hygiène de la commune de Sidi Lantri. Et aussi cette source besoin de réaménagement dans leur entourage parce que leur état et très dégradé et besoin un nettoyage.

Les Coordonnées GPS de la source sont : Latitude : 35.719007 ; Longitude : 1.425123



Figure N°04 : la source de SIDI SAID (Prise par, Bentata.T.,2021)

- **La source BOUAGHRA**

La source BOUAGHRA est située au nord-est du siège de la daïra de Lardjem à 5.4 km, près de la route national RN19, à côté de la mosquée de Bouaghra, Cette source a été aménagée par la municipalité de Lardjem et est périodiquement surveillée par le Bureau d'hygiène pour y mettre des galets de chlore et nettoyer le réservoir mais aussi besoin un nettoyage dans leur entourage.

Les Coordonnées GPS de la source sont : Latitude : 35.706667 ; Longitude : 1.561667



Figure N°05 : la source de BOUAGHRA (Prise par, Bentata.T.,2021)

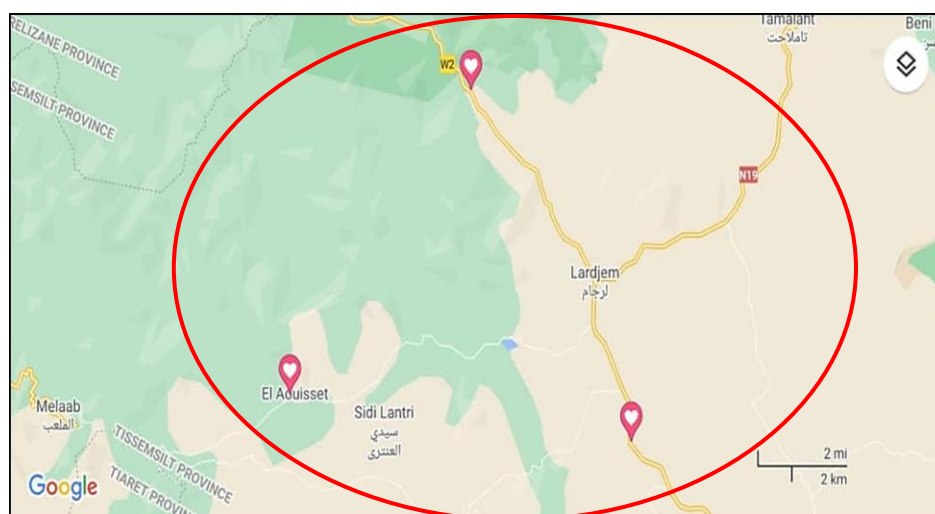


Figure N°06 : L'emplacement des sources sur la carte (Google Maps 2021)

1.2. Matériels et méthodes

L'objectif de ce travail consiste à étudier les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques des 3 sources les plus utilisées par les citoyens de Lardjem (ville de Tissemsilt). Ce travail a été réalisé dans le laboratoire de l'ADE de Tissemsilt entre février et Avril 2021.

1.2.1. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons est la première étape dans l'analyse scientifique, cette étape est cruciale et très délicate car les résultats analytiques des échantillons et leurs interprétations sont étroitement liés à sa bonne exécution. L'échantillon doit être homogène et représentatif, et ne pas modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

1.2.1.1. Le prélèvement des échantillons d'eau pour les analyses physico-chimique

Dans le cadre de notre étude nous avons effectué au totale **06** prélèvements, dans les trois sources précédemment citées, trois prélèvements destinés aux analyses physico-chimiques et les trois autres pour l'analyse bactériologique.

Pour les analyses physico-chimiques le prélèvement des échantillons est effectué en adoptant la méthode décrite par **Rodier et al. (2009)**, dans des flacons jetables en matière plastique et conservés à 4°C, ensuite analysés dans les 24 heures qui suivent.

Une bouteille d'eau de 1.5L et un flacon en verre stérile qui contient une solution de fixateur de fer : acide nitrique pour chaque source, sont utilisés pour les échantillons destinés à l'analyse physico-chimique conformément aux étapes suivantes :

- Nettoyer la bouteille avec l'eau de source que nous voulons analyser, à l'intérieur et à l'extérieur.
- Ouvrir le robinet, le laisser couler pendant quelques 5 à 10 secondes pour que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée, puis ouvrir la bouteille, la remplir jusqu'au bord et la fermer rapidement en évitant les bulles d'air.

- Écrire sur la bouteille le nom de la source, la date et l'heure du prélèvement et la température de l'eau.
- Conserver les échantillons dans une glacière pour maintenir une température constante pendant le transport vers le laboratoire, Le prélèvement a été effectué le **(22/02/2021)**

1.2.1.2. Le prélèvement des échantillons d'eau pour les analyses bactériologiques

Pour les analyses bactériologiques nous avons utilisé des flacons en verre stériles de 100 ml.

Deux échantillons ont été prélevés pour chacune des trois sources en suivant les étapes décrites par **Rodier et al., 2009** :

- Se laver très soigneusement les mains, les rincer à l'alcool, laissé sécher
- Flamber le robinet pendant au moins 1 minute pour désinfecter le robinet.
- Ouvrir le robinet, le laisser couler pendant 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement, en évitant de touché l'intérieur,
- Ouvrir le flacon stérile flamber rapidement le bord du flacon ; remplir presque entièrement en laissant un vide pour l'air afin de préserver les microorganismes aérobies présents dans l'eau, flamber à nouveau rapidement le bord et mettre le bouchon.
- Inscrire sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du prélèvement (nom de la source, la date et l'heure du prélèvement et la température de l'eau...)
- Conserver les échantillons dans une glacière dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Le prélèvement à été effectué le **(22/02/2021)**
- Transporter le plus rapidement possible au laboratoire (de préférence dans les 8h), afin d'éviter l'altération des eaux transportées.

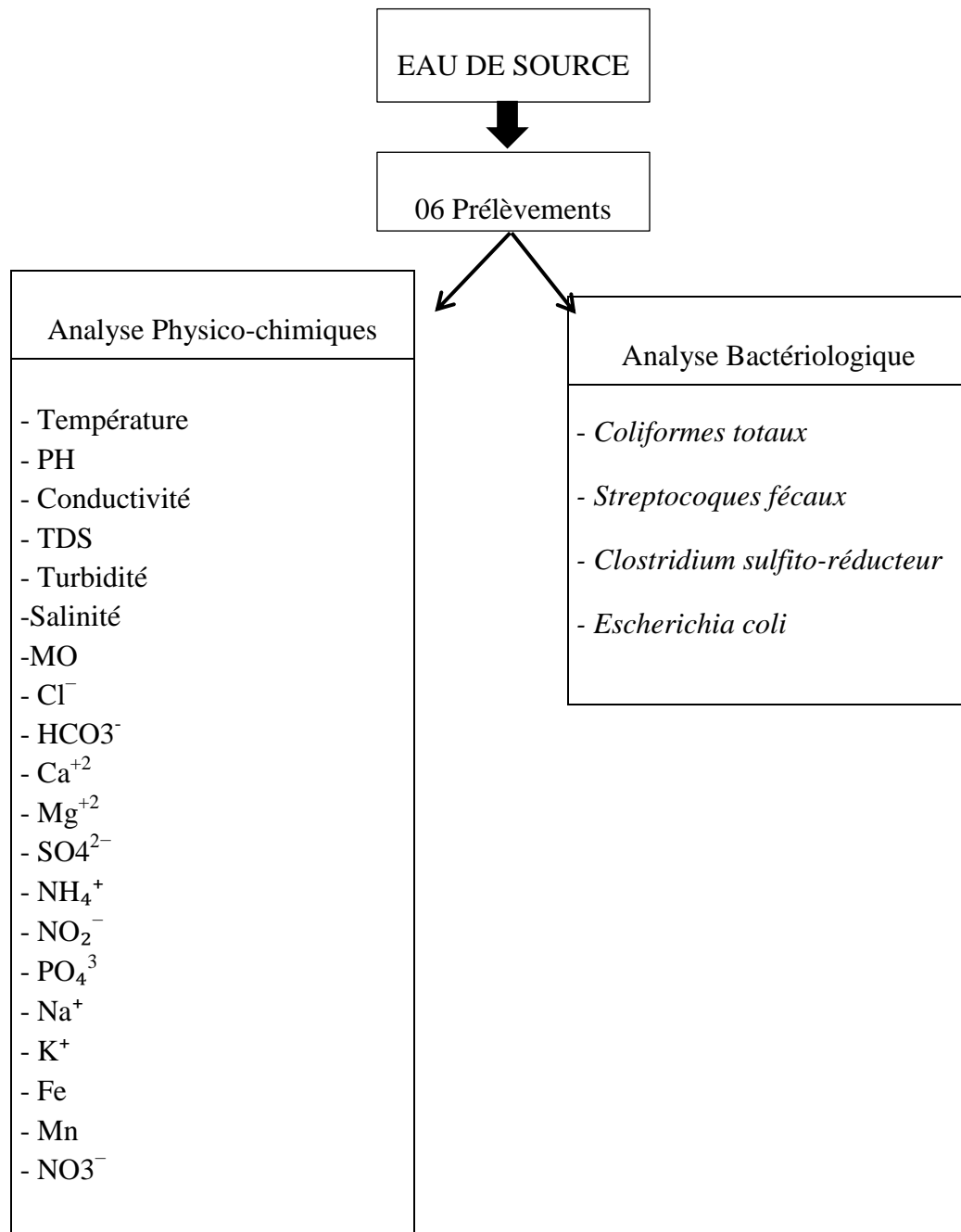


Figure N°08 : le protocole expérimental résumant les étapes suivies pour faire les analyses de paramètres étudiés

1.2.2. Les analyses physicochimiques

Les techniques d'analyses décrites plus bas sont celles utilisés par l'ADE de Tissemsilt.

1.2.2.1. Mesure de la température

La température est un facteur très important qui influence les réactions physico-chimiques et biologiques (**Rodier, 1996**).

Sa variation joue un rôle non négligeable dans différentes réactions chimiques tel que la solubilité des sels et des gaz dissous dans l'eau. Il est important de la mesurer sur le terrain (**Rodier et al., 2009**).

La température a été déterminée sur place à l'aide d'un thermomètre ou multimètre et le résultat est donné directement en °C.



Figure N°08 : Multé éléments HACH

1.2.2.2. Mesure du pH

Le pH est aussi un facteur important dont la mesure doit se faire sur terrain. Ce facteur peut être influencé par la dissolution du gaz carbonique. (**Rodier et al., 2009**). Et il est mesuré à l'aide du pH-mètre.

1.2.2.3. Mesure de la CE

Rodier et al., 2009, définissent la CE d'une eau comme étant « la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de

surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm ». Il est souhaitable de la mesurer sur site car ce facteur tous comme le pH peut être éventuellement modifié par la dissolution du gaz carbonique. La CE est mesurée à l'aide d'un conductimètre et le résultat est exprimé en ($\mu\text{s}/\text{cm}$).



Figure N°09 : Conductivité mètre HACH HQ14d

1.2.2.4. Mesure de la salinité

La salinité est la masse de sel dissous par litre d'eau, exprimée en grammes par litre. (Tir E. et al., 2017) Le sel qui prédomine est le chlorure de sodium, auquel s'ajoutent une soixantaine d'autres sels .Le mode opératoire reste le même que celui de la CE et le résultat est obtenu directement en mg/l.

1.2.2.5. Détermination la Turbidité

La turbidité d'une eau est la réduction de sa transparence due à la présence des matières en suspension qui sont la partie non dissoute des matières organiques et minérale (l'argile, le limon, grain de silice...). L'eau de boisson présente souvent une turbidité faible (Rodier et al., 2009). La mesure se fait par comparaison de la lumière diffusée et de la lumière transmise dans l'échantillon d'eau et par une gamme étalon à l'aide d'un turbidimètre. (ADE, 2021).

➤ **Pour la mesure on procède comme suit :**

Remplir une cuvette de mesure propre et stérile avec l'eau à analyser après l'avoir bien homogénéisée, vérifier l'absence de bulle d'air et mesurer rapidement l'échantillon. (Rodier, 2005). Et fait la lecture à l'aide du turbidimètre le résultat est exprimé en NTU.



Figure N°10 : Turbidimètre HACH TL2300

1.2.2.6. Détermination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺)

En présence du nitroprussiate de sodium (qui joue le rôle d'un catalyseur), la réaction entre l'ammonium, les ions salicylate et hypochlorite produit du bleu d'indophénol, qui est mesuré par spectrométrie a une longueur d'onde de 655 nm. (Rodier et al., 2009 ; ADE, 2021).

➤ **Pour la mesure on procède comme suit :**

On prend 40 ml d'eau à analyser, on y ajoute 4 ml de réactif 1 et 4 ml du réactif 2 (Voir ci-dessous). Ajuster la solution à 50 ml avec l'eau distillée et attendre 1h 30min. L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH₄⁺. Faire ensuite la lecture.

- **Réactif 1** : dissoudre 2 g d'Acide dichloroisocyanurique et 32 g d'Hydroxyde de sodium (NaOH) dans 1000ml d'eau distillée.

- **Réactif 2 (coloré)** : dissoutre 130g de Tricitrates de sodium, 130 g de Salicylate de sodium et 0.97 g de nitroprussiate de sodium dans 1000 ml d'eau distillée.

1.2.2.7. Détermination des nitrites (NO₂-)

Les nitrites présents dans l'échantillon de l'eau réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose mesurée par spectrophotomètre à la longueur d'onde 543 nm (ADE, 2021).

Pour la mesure on procède comme suit : on Prend 50 ml d'eau à analyser, on y ajoute 1 ml du réactif mixte (voir ci-dessous), l'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites. Faire ensuite la lecture au spectrophotomètre.

- **Réactif mixte** : 40 g de Sulfanilamide + 100 ml d'Acide phosphorique et 2 g de N-1-Naphtyl éthylène diamine, compléter à 1000 ml d'eau distillée



Figure N°11 : Spectrophotomètre HACH DR6000

1.2.2.8. Détermination des nitrates (NO₃-)

En présence de salicylates de sodium, les nitrates donnent du paranitrosonylates de sodium coloré en jaune, la lecture se fait à une longueur de 420 nm et le résultat est donné en mg/l. (ADE, 2021).

➤ **Pour la mesure on procède comme suit :**

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser et ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% et 1 ml de salicylate de sodium. Laisser s'évaporer à sec à l'étuve entre 75 et 88°C puis refroidir. Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ et laisser reposer 10 min, puis ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de Tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm.

1.2.2.9. Détermination des phosphates (PO₄³⁻)

En prend 40 ml d'eau à analyser à laquelle on ajoute 1ml acide ascorbique et 2ml du réactif mixte (voir ci-dessous). On attend 10 min pour le développement de la couleur bleue. Ensuite on effectue la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm, le résultat est exprimé en mg/l. (ADE, 2021).

- **Réactif Mixte :** Mélanger la solution A+B+C
 - (A)...13 g d'Heptamolybdate d'ammonium dans 100 ml d'eau distillée
 - (B)...0.35 g de Tartrate d'antimoine et 100 ml d'eau distillée
 - (C)...150 ml d'Acide sulfurique pur et 300 ml d'eau distillée

1.2.2.10. Détermination des matières oxydable (M.O)

Pour l'analyse de la matière oxydable en prendre 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser, on ajoute 5 ml H₂SO₄ dilué (1/3) et porter à l'ébullition pendant 1 min. Après on ajoute 15 ml de KMnO₄ à 0.01N puis on porte le mélange à ébullition régulière et douce pendant 10min. On ajoute 15 ml d'acide oxalique à 0.01N et on titre à chaud avec KMnO₄ à 0.01N jusqu'à ce que la coloration rose claire persiste 15 à 20 secondes.

On refait les mêmes étapes à blanc sans l'ajout d'un échantillon d'eau à analyser (essai à blanc).

Le résultat est indiqué comme oxydabilité (consommation de permanganate de potassium) en mg de KMnO_4/l .

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{(V - V_0) \times F \times 80}{\text{PE}}$$

V_0 : volume de KMnO_4 à 0.01 N nécessaire pour le dosage du blanc.

V : volume de KMnO_4 à 0.01 N nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

F : facteur de correction du titre de KMnO_4 à 0.01N ($F= 1$).

P.E : prise d'essai de l'échantillon (100 ml)

1.2.2.11. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

- **Pour le Ca^+**

Prendre 50 ml de l'échantillon à analyser, ajouter 2ml de NaOH (2N) et quelque goutte du Murexide (indicateur coloré) on observe l'apparition de la couleur rose. On titre avec la solution d'EDTA 1/50 N (voire plus bas) jusqu'au virage violet, on note le volume (V_1) de l'EDTA (ADE, 2021).

- **Pour le Mg^{+2}**

Prendre 50 ml d'eau à laquelle on ajoute 2 ml de NH_4OH à $\text{pH} = 10,1$ et quelque goutte du noire eriochrome. Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage bleu, on note (V_2) le volume d'EDTA utilisé (ADE, 2021).

- **Facteur de correction (F)**

Prendre 50 ml de la solution mère de calcium (100 mg/l), ajouter 2 ml de NaOH et quelque goutte de l'indicateur coloré (MUREXIDE). Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage au violet. On note le volume (V_P) d'EDTA.

$$F=5/V_P$$

- **Solution d'EDTA**

1/50 N ($C_{10} H_{14} N_2 Na_2 O_8 2H_2O$) : dissoudre 3.722g d'EDTA dans 1000 ml d'eau distillée .

Les concentrations sont calculées à partir des formules suivantes :

- $Ca^{+2}(mg/l) = V1 * F * 8,016.$
- $Mg^{+2}(mg/l) = (V2-V1) * F * 4,86$

1.2.2.12. Dosage du sodium (Na^+) et du potassium (k^+).

Le dosage du sodium et du potassium se fait par photométrie de flamme, qui est un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux. (Sodium, Potassium Lithium, Calcium....etc) qui sont généralement sous forme de sels. (ADE, 2021).

- **Les étalons :**

- Solution fille de sodium (Na^+) à 10 mg/l : prendre 1 ml de la solution mère de Na^+ à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée.
 - (Solution mère de Na^+ à 1 g/l : diluer 2,5 mg de NaCl dans 1000 ml d' H_2O distillée).
- Solution fille de potassium (K^+) à 10 mg/l : prendre 1 ml de la solution mère de K^+ à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée.

➤ (Solution mère de K^+ à 1 g/l il faut diluer 1,91 g de KCl dans 1000 d'eau distillée).

Il faut le suivre étape par étape :

- Allumer l'appareil et la pompe, ensuite ouvrir le robinet de la bouteille du gaz propane et allumer la flamme.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette. Appuyer sur la touche KONTROL (< 20).
- Appuyer sur la touche NULL – Zéro, attendre 5 à 10 minutes.
- Appuyer une deuxième fois sur la même touche NULL – Zéro pour qu'elle s'allume.
- Retirer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution ETALON de Na^+ ou de K^+ à 10 mg/l.
- Appuyer sur la touche STANDARD.
- Attendre qu'elle s'allume
- Appuyer une 2ème fois sur la même touche et attendre qu'elle s'allume.
- Ensuite, appuyer sur la touche ANALYSE (il faut que la lecture donne 10).
- A la fin passer aux échantillons inconnus et appuyer seulement sur la touche ANALYSE (3 essais pour chaque échantillon). A la fin du dosage il faut impérativement fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe



Figure N°12 : Photomètre de flamme JENWAY PFP7

1.2.2.13. Détermination de chlorure Cl-

Prendre 5 ml d'eau à analyser et ajouter 2 gouttes K_2CrO_4 (coloration jaunâtre). Titrer ensuite avec $AgNO_3$ à 0,01 N jusqu'à apparition d'une couleur brune rougeâtre. Le résultat est calculé comme suit :

$$\frac{(V_{AgNO_3}) (N_{AgNO_3}) (M_{Cl})}{PE} = \frac{V_{AgNO_3} (0.01) (35.5) (F) (1000)}{5}$$

$$Cl^- \text{ (mg/l)} = V_{AgNO_3} \times 71 \times F.$$

V_{AgNO_3} : Volume d' $AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N_{AgNO_3} : Normalité d' $AgNO_3$.

M_{Cl} : masse molaire des chlorures.

PE : prise d'essai.

F : facteur de correction du titre d' $AgNO_3$

- **Pour le F**

Prendre 5 ml de solution mère de chlorure à 71 mg/l, y ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré puis doser par AgNO_3 à 0,01 N jusqu'au virage. (Couleur rougeâtre).

$$F = \frac{1}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

- **Réactifs :**

- **Solution de nitrate d'argent à 0,01 N :** dissoudre 1,6987g d' AgNO_3 dans 1000 ml d'eau distillée.
- **Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10% :** dissoudre 10g dans 100 ml d'eau distillée.

1.2.2.14. Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})

Pour le dosage du SO_4^{2-} , on prend 20 ml de l'eau à analyser puis compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. On ajoute ensuite 5 ml de la solution stabilisante (voir ci- dessous) et 2 ml chlorure de baryum. On agite vigoureusement pendant une minute puis lire au spectrophotomètre à 420nm.

- **Réactifs :**

- **Solution mère de sulfates** à 1g/l à partir de NO_2SO_4 : dissoudre 4.43g de NA_2SO_4 dans 1000 ml d'eau distillée.
- **Solution stabilisante :** 60 ml d'Acide chlorhydrique + 200 ml d'Éthanol + 150 g de Chlorure de sodium + 100 ml de Glycérol et 600 ml d'eau distillée.
- **Solution de chlorure de baryum :** 150 g de Chlorure de baryum + 5 ml d'Acide chlorhydrique et 1000 ml d'eau distillée.

1.2.2.15. Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

Prendre 100 ml d'eau à analyser et mesurer son pH, puis titrer avec de l'acide chlorhydrique (0.1 N) jusqu'à obtention d'un pH de 4.3.

Il est à noter que si le pH de l'échantillon est supérieur à 8.3 ; on titre avec le HCl jusqu'à pH 8.3 V_2 (volume d'HCl obtenu correspond au CO_3^{2-}) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4.3.

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_2 \times 60$$

• **Expression des résultats :**

$$[\text{HCO}_3] \text{ (mg/l)} = \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3 \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V_A \times 0.1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$[\text{HCO}_3] \text{ mg/l} = V_A \times 61$$

V_A : volume d'acide versé.

N_A : normalité d'acide versé.

MHCO_3^- : masse des bicarbonates (HCO_3^-)

P.E : prise d'essai.

1.2.2.16. Dosage du fer(Fe^{2+})

Verser 50 ml d'eau à analyser dans une fiole de 100 ml au quel on ajoute 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et 2 ml de tampon acétate puis 2 ml de la solution 1,10 de phénantroline. Conserver le mélange à l'obscurité pendant 15 min. Ensuite passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm.

• **Réactifs**

- **Tampon acétate** : dissoudre 40 g d'Acétate d'ammonium dans 100 ml d'eau bi-distillée et ajouter 50 ml d'Acide acétique glacial
- **Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10 %** : 10 g de Chlorhydrate d'hydroxylamine + 100ml d'eau bi-distillée. (Cette solution est stable pendant une semaine).
- **Solution de Phénanthroline 1,10** : dissoudre 0,42 g de Phénanthroline 1,10 monohydraté ($\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dans 100ml d'eau bi-distillée contenant 2 gouttes d'Acide chlorhydrique. Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

1.2.2.17. Dosage du manganèse Méthode à la Formaldoxime

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de solution de sel de mohr et 2 ml d'EDTA (0,24 mol/l), 1 ml de Formaldoxime ainsi que 2 ml de NaOH (4 mol/l).

On ajoute après 3 ml de Mélange Ammoniacque et solution Chlorure Hydroxylammonium et on laisse reposer pendant 20 min. Enfin on passe au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 450 nm.

- **Réactifs**

- **EDTA, Sel disodique** (0,24 mol/l) : dissoudre 90 g de $(\text{Na}_2\text{EDTA}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ et 19 g de NaOH dans 1000 ml d'eau distillée.
- **Solution de Formaldoxime** : dissoudre 10 g de chlorure d'hydroxylammonium (NH_3OHCl) dans 50 ml d'eau distillée, ajouter 5 ml d'une solution 35% de Formaldéhyde (HCHO) ($d= 1,08$) et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée, la solution peut être conservée en maximale un mois.
- **Solution de sel de mohr** : dissoudre 700 mg de sel de mohr dans de l'eau distillée, ajouter 1 ml de H_2SO_4 à 3 mol/l et compléter à 1000 ml avec l'eau distillée.

1.2.2.18. Détermination de taux de sels dissous (TDS)

Avant de commencer il faut bien rincer la verrerie avec de l'eau distillée, et la cellule de multi-paramètre, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner. Pour faire la mesure dans un deuxième récipient après rinçage de la cellule.

1.2.3. Paramètres bactériologique

Avant de commencer les analyses bactériologiques la paillasse devra être désinfectée avec de l'eau de javel avant et après l'ensemencement et après lecture des résultats, travailler à proximité d'un bec bunsen (20 cm), et utiliser des gants stériles ou bien se désinfecter les mains durant toute la manipulation.

Pour l'analyse bactériologique nous avons utilisé la technique de filtration sur membrane (0.45µm pour les coliformes et 0.22 µm pour les *Clostridium sulfito-réducteurs*). A l'aide d'une pompe à vide on filtre 100 ml de l'échantillon à examiner à travers une membrane. Cette membrane est ensuite déposée sur un milieu de culture spécifique :

(Gélose **TERGITOL** pour les coliformes ; gélose **SLANETZ** pour streptocoques ; **viande de foie** pour *Clostridium sulfito-réducteurs*).

1.2.4. Méthode d'opérateur

1.2.4.1. Dénombrement des coliformes

Mettre en route la pompe à eau puis flamber la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant pour aspirer la flamme) et le réservoir et laissez refroidir.

Prélever une membrane de son emballage à l'aide de pince stérile (flambée et refroidie) et la poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration (0.45µm pour les coliformes).

Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser 100 ml de l'échantillon d'eau puis ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler. Dès que la membrane parait sèche enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord puis la déposer sur le milieu sélectif « gélose **TERGITOL** » en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.



Figure N°13 : Rampe de filtration



Figure N°14 : Versement des échantillons d'eau dans la rampe de filtration

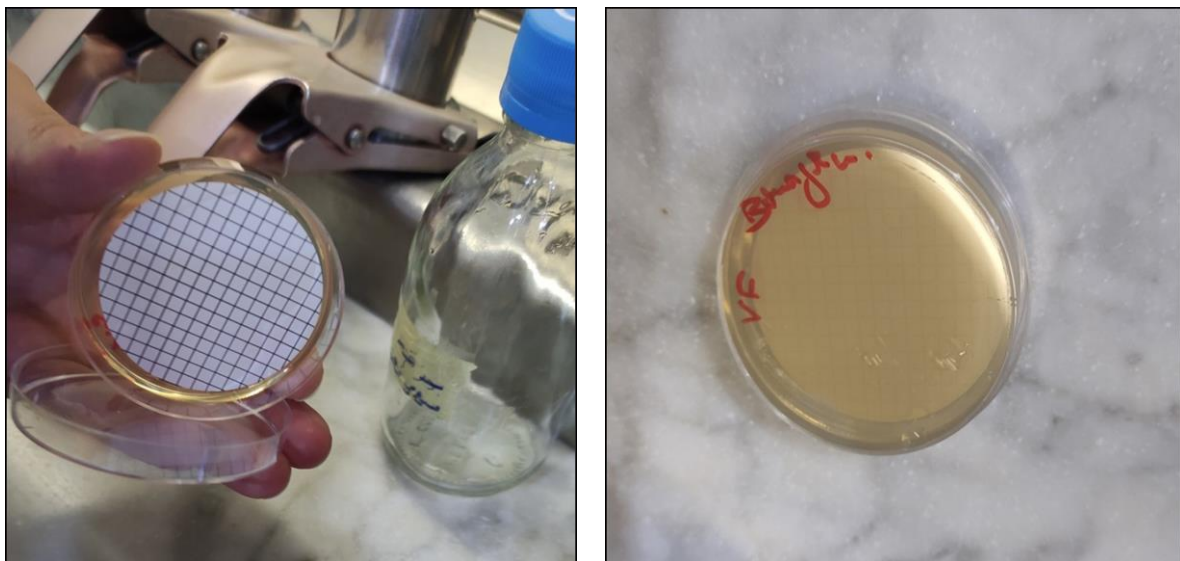


Figure N°15 : Récupération du filtre et mise en boîte de pétri

Incuber à 37°C les boîtes de pétri, le couvercle vers le bas, la lecture se fait après 24h, d'incubation. Toutes les colonies suspectes lactose positif (voir **Tab 3**) sont comptées puis repiqué sur le milieu TSI pour confirmer l'utilisation du lactose et le dégagement de gaz caractère principale des coliformes. Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml. Pour le milieu TSI, la colonie isolée à l'aide d'une pipette pasteur stérile à la fois en stries à la surface de l'agar et piqûre centrale sur toute la profondeur du tube. Ensuite incuber à 37°C pendant 24h.

Tableau N°05 : Aspect des colonies sur milieu tergitol (ADE, 2021)

Colonies	Micro –organismes
Incolore, claires	Lactose négatif : Salmonelle Schigelles et autres
Rouge	Lactose positif
Rouge occasionnellement avec reflet métallique	<i>Escherichia Coli</i>
Rose à rouge	Enterobacter, Klebsiella, quelque citrobacter et autres

Tableau N°06 : Interprétation du milieu TSI. (ADE, 2021)

Espèces	Couche profonde	Plan incliné	Formation d'hydrogène sulfuré
Enterobacter aerogenoas	SG	S	-
Enterobacter cloacae	SG	S	-
<i>Escherichia Coli</i>	SG	S	-
Citrobacter	SG	S	+
Klebsiella	SG	S	-

Clé :

SG : virage au jaune ainsi que formation de gaz.**S : virage** au jaune par formation d'acide.**+** : noircissement par formation d'hydrogène sulfuré.**-** : pas de noircissement.

1.2.4.2. Dénombrement des *streptocoques fécaux*

Là aussi la méthode utilisée est celle de la filtration sur membrane, on suit les mêmes étapes que ceux pour les coliformes citées ci-dessus, sauf que cette fois on utilise une membrane de 0.22 µm (pour les *Clostridium sulfito-réducteurs*).

On suit les mêmes étapes que pour les coliformes (citées ci-dessus), cependant la membrane récupérée est déposée sur la gélose **SLANETZ** et **BARTLEY**, puis incubé à 37°C pendant 48h le couvercle en bas.

Après la période d'incubation les *streptocoques fécaux* apparaissent sous forme de colonies roses à marrons avec un diamètre de 0.5 à 2 mm. Toutes ces colonies sont comptées, le résultat est donné en nombre de germe par 100 ml

1.2.4.3. Dénombrement des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs*

Les bactéries anaérobies sont mises en évidence en investiguant la présence des spores de *clostridium* sulfuto-reductourices, grâce à la résistance de leurs spores et leur capacité à réduire les sulfites en sulfures (**ADE, 2009**).

La recherche des spores de *clostridium* sulfuto-reductourices permet de mettre en évidence les bactéries anaérobies par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant les sulfites en sulfures (**ADE, 2009**).

- **Mode opératoire**

Agiter soigneusement l'eau à analyser, puis introduire 5ml d'eau à analyser dans 4 tubes à essai stérile et les porter 5 minutes à 80°C au bain-marie, ensuite les refroidir rapidement à 55°C environ.

Ajouter à chaque tube : 1ml d'une solution de sulfite de sodium cristallisée à 10%, 4 gouttes d'une solution d'alun de fer à 5%, et environ 20 ml de gélose VF (viande foie), fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$.

Mélanger soigneusement sans faire des bulles d'air et laisser solidifier sur paillasse puis incubé à : $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant $44 \pm 4\text{h}$. Trois lectures seront faite après ça : la première

lecture se fait après 16 ± 2 h d'incubation due au caractère envahissant des spores de *Clostridium*, la deuxième lecture se fera après 24 heures et la troisième et dernière après 44 ± 4 heures.

Faire le dénombrement de toute colonie de couleur noire de 0,5 mm de diamètre, et noter le nombre total des colonies dans les 4 tubes dans 20 ml d'eau à analyser.

Résultats et Discussion

2. Résultats et Discussion

2.1. Les paramètres physico-chimiques

Les résultats de cette étude expérimentale réalisée sur les échantillons prélevés dans les sources d'eaux sont donnés dans ce chapitre sous formes graphique et des tableaux. L'étude a été menée durant 7 jour et les prélèvements ont été effectués à partir du 22/02/2021.

2.1.1. Température (C°)

La température mesurée dans les trois sources est de 14.8°C, nettement inférieure à la norme fixée par **Rodier (1978)**, qui est de 22°C.

Bien que la température soit un facteur important qui conditionne la prolifération des microorganismes, elle n'a pas d'effet néfaste direct sur la santé de l'être humain. Cependant elle est à prendre en considération car une température supérieur à 22 °C favorise le développement des micro-organismes (**Rodier et al., 2009**).

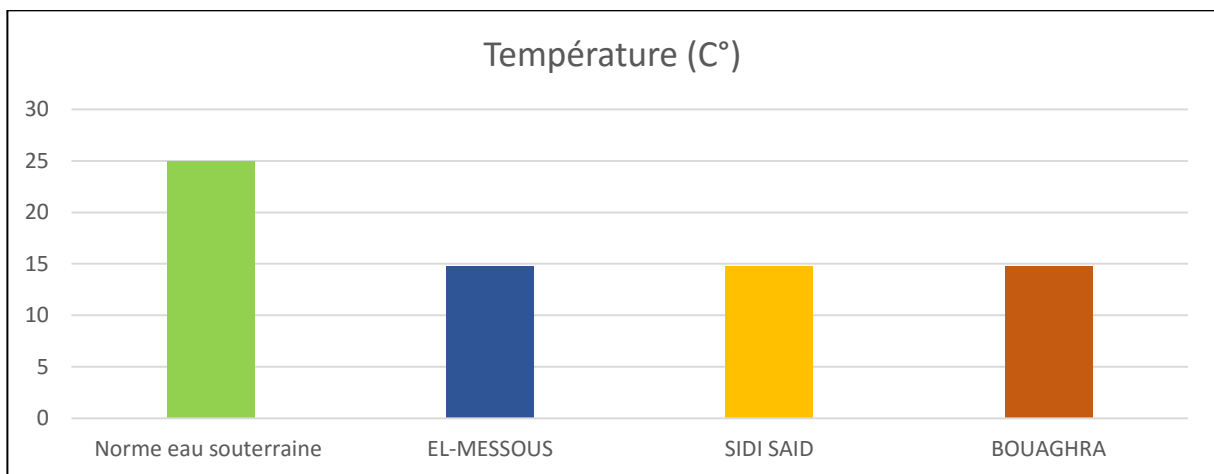


Figure N° 16 : Valeur de température dans les sources d'eau étudiées.

2.1.2. pH

Le pH de l'eau dans la source de EL-MESSOUS et SIDI SAID est de 7.4, et de 7.9 dans la source de BOUAGHRA. Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle fixé par l'OMS concernant l'eau de consommation qui est ($6.5 < \text{pH} < 9$). La réglementation Algérienne considère comme acceptable les valeurs des pH compris entre 6.5 et 8.5 (**ADE, 2009**).

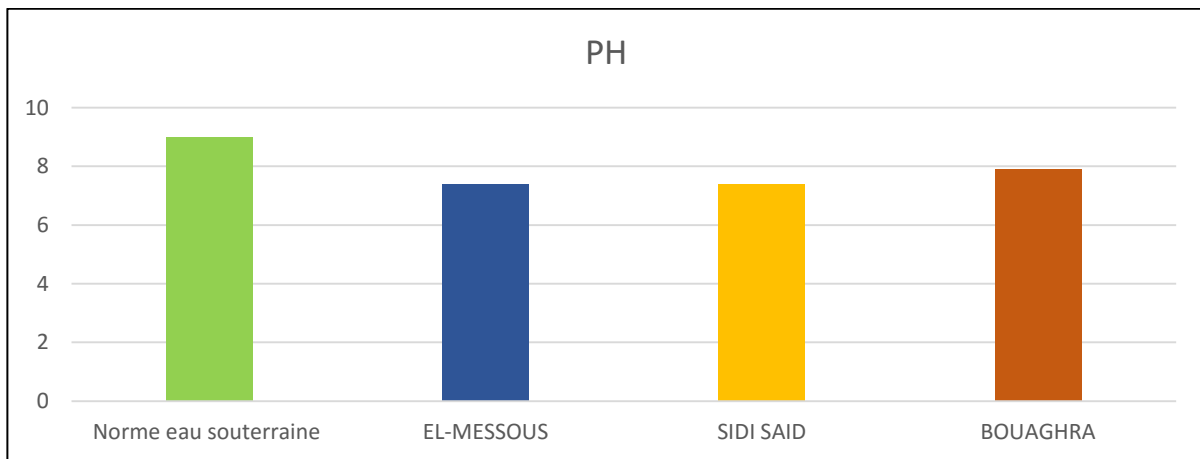


Figure N° 17 : Valeur de PH dans les sources d'eau étudiées

2.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique qui est la transmission du courant électrique, est due à la concentration des ions, sachons qu'une conductivité de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ l'équivalent en minéralisation globale est de l'ordre de 1.5g/l (Rodier, 2005).

La conductivité électrique moyenne dans la source de EL-MESSOUS est de 1350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et dans la source de SIDI SAID est 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et dans la source de BOUAGHRA est 1550 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Ces valeurs sont inférieures à la norme de eau potable fixée par l'OMS qui est de l'ordre de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

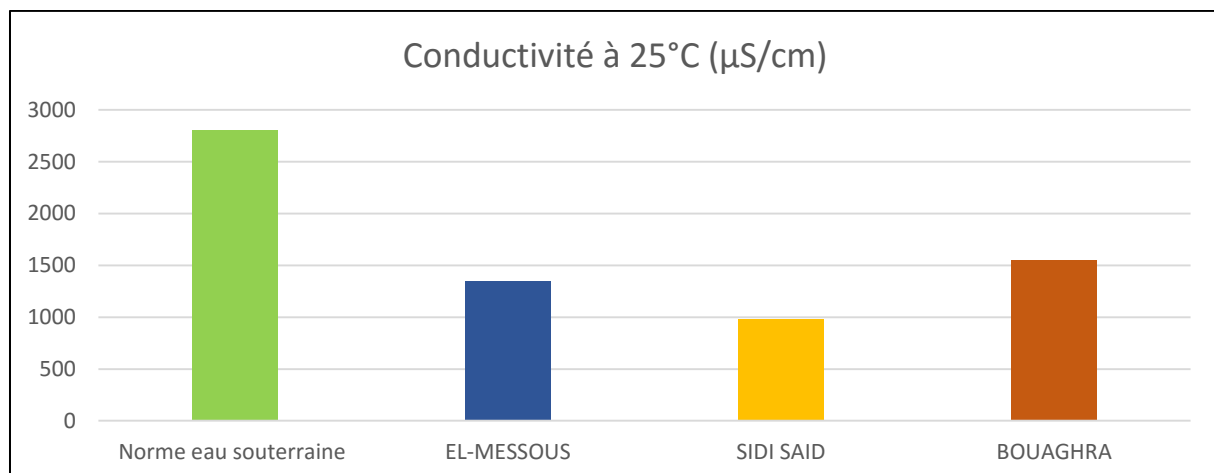


Figure N° 18: Valeur de conductivité dans les sources d'eau étudiées

2.1.4. Salinité

Les valeurs trouvées de la salinité pour tous les échantillons sont 0.7 mg/l pour la source de EL-MESSOUS et 0.5 mg/l pour la source de SIDI SAID et 0.8 mg/l pour la source de BOUAGHRA mg/l.

La salinité de la source de BOUAGHRA est supérieure à celle de EL-MESSOUS et SIDI SAID ce qui confirme les valeurs de la conductivité électrique trouvés précédemment.

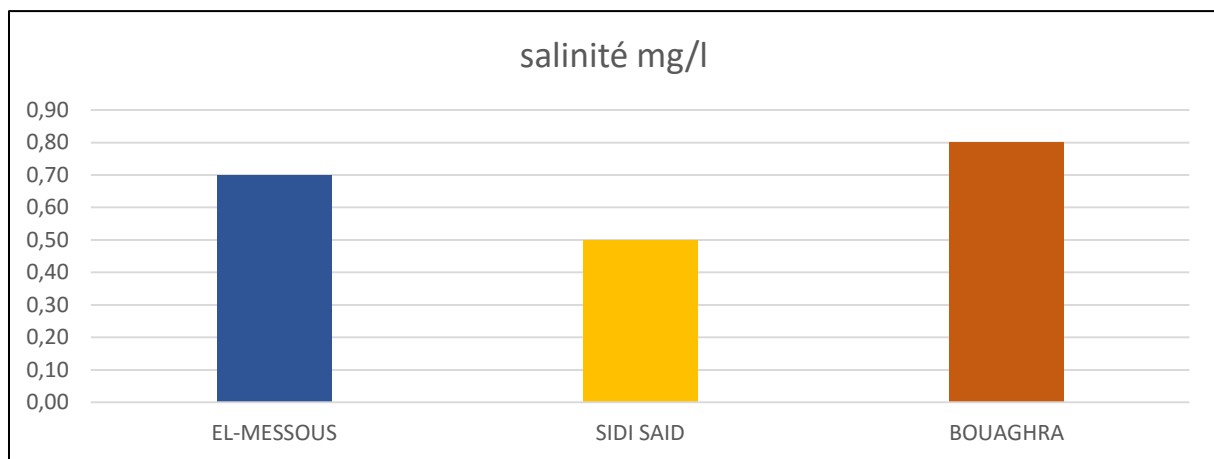


Figure N° 19 : Valeur de salinité dans les sources d'eau étudiées.

2.1.5. Turbidité

La turbidité d'une eau représente un obstacle au passage de la lumière, elle peut être causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu...) ou d'autres matières microscopiques (Rodier et al., 2005 ; Hade, 2007).

Les normes algériennes (JORA, 2011), recommandent comme valeur limite de turbidité : 5 NTU.

Dans notre cas, les valeurs enregistrées dans toutes les sources sont inférieures à la norme, elles sont de l'ordre de 0,33 NTU (EL-MESSOUS) et 0,88 NTU (SIDI SAID) et 0,28 NTU (BOUAGHRA).

Le taux de la turbidité dans la source de SIDI SAID est plus élevé par rapport aux autres sources, suivant les observations faites sur le site on a pu constater que le bassin de stockage de l'eau n'était pas fermé et contenait des impuretés.

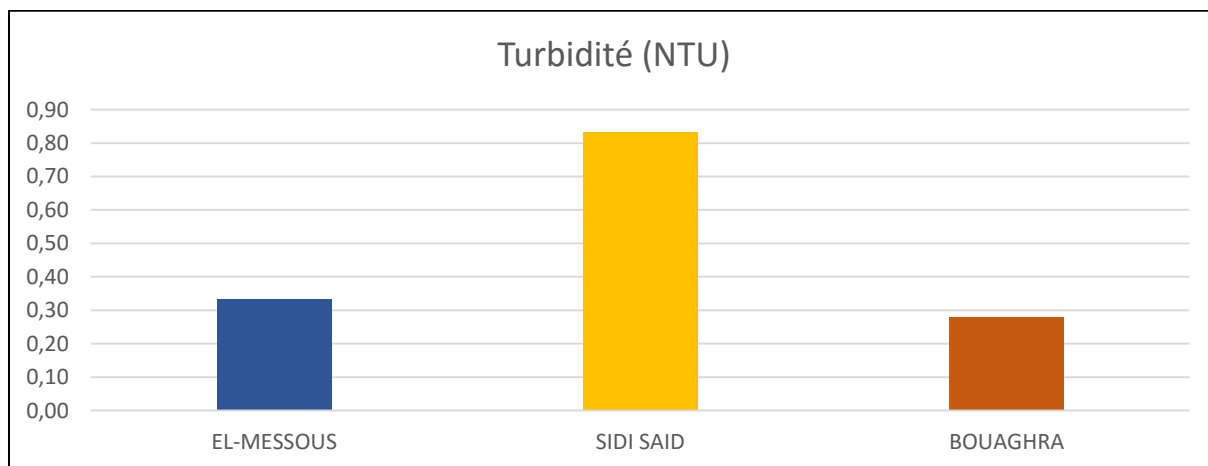


Figure N° 20 : Valeur de turbidité dans les sources d'eau étudiées

2.1.6. TDS (Total Dissolved Solids)

Il n'y a pas de valeurs guide pour TDS mais le tableau suivant présente les valeurs favorables de TDS dans l'eau selon le site "Safe water"

Tableau N° 07 : évaluation de goût de l'eau par leur concentration de TDS (site web 'safe water', consulté le 11/04/2021)

Niveau de TDS (milligrammes par litres)	Évaluation
Moins de 300	Excellent
300 - 600	Bien
600 - 900	Passable
900 - 1200	Faible
Plus de 1200	Inacceptable

Goût de l'eau avec différentes concentrations de TDS;

Les valeurs de TDS des trois sources sont comprises entre 400 mg/l et 800 mg/l, La source de EL-MESSOUS est de l'ordre de 675.66 mg/l et celle de BOUAGHRA est de 773.66 mg/l suivant le tableau précédent Tableau (07), la qualité de cette source est passable. Par contre

l'eau de la source de SIDI SAID est de bonne qualité suivant la valeur de TDS enregistrée qui est de 490.66 mg/l.

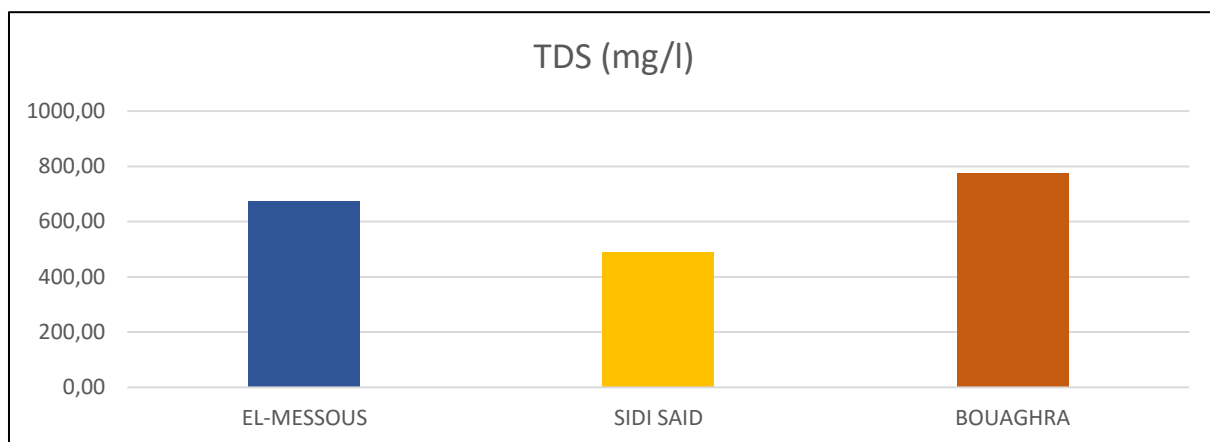


Figure N° 21: Valeur de TDS dans les sources d'eau étudiées.

2.1.7. Nitrates (NO₃⁻)

Les teneurs en Nitrates dans les eaux de la source sont idéals par rapport à la norme Internationale et algérienne qui est de 50 mg/l, comme l'indique la figure N° 22. La valeur la plus élevée de l'ordre de 36,64 mg/l a été enregistrée dans la source de BOUAGHRA et la plus basse dans la source de SIDI SAID avec 0.56 mg/l

Selon **Rodier (1978)**, les nitrates peuvent être à l'origine d'une oxydation complète de l'ammonium et d'une réduction des nitrites. Le même auteur signale qu'une eau contenant les nitrites est considérée comme suspecte.

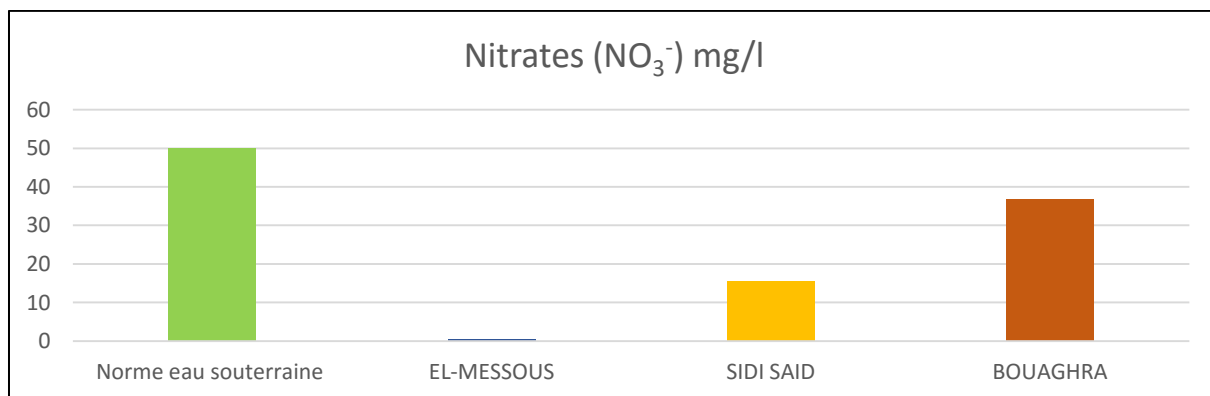


Figure N° 22 : Valeur de nitrates dans les sources d'eau étudiées

2.1.8. Les nitrites (NO₂)

Une teneur d'azote nitreux supérieure à 0,10 mg. L⁻¹ peut faire suspecter un apport d'eaux riches en matières organiques en voie de décomposition. Cette teneur ne devrait pas être dépassée dans le cas d'une eau d'origine profonde (**Rodier et al., 2009**). Des valeurs élevées indiquent souvent une détérioration de la qualité microbiologique de l'eau. (**Bouziati, 2000 ; Savary, 2010**).

L'analyse des trois sources d'eau étudiées montre que la valeur des nitrites ne dépasse pas 0,003 mg/l, largement inférieure à la norme algérienne qui est de 0,2 mg/l. (**JORA ,2011**) ainsi que celle défini par **Rodier et al.** Susmentionné, la source de EL-MESSOUS avec une concentration de 0.001 mg/l et celle de SIDI SAID et de BOUAGHRA avec une concentration de 0.003 mg/l.

Les nitrites se forment lorsque les conditions sont réductrices (**Ramade, 2000**) et ne se maintient que dans les milieux peu oxygénés (**Arrignon, 1998**)

Les nitrites et nitrates peuvent causer la méthémoglobinémie chez les nouveau-nés quand les concentrations atteignent des valeurs élevées (**MENVIQ ,1990**).

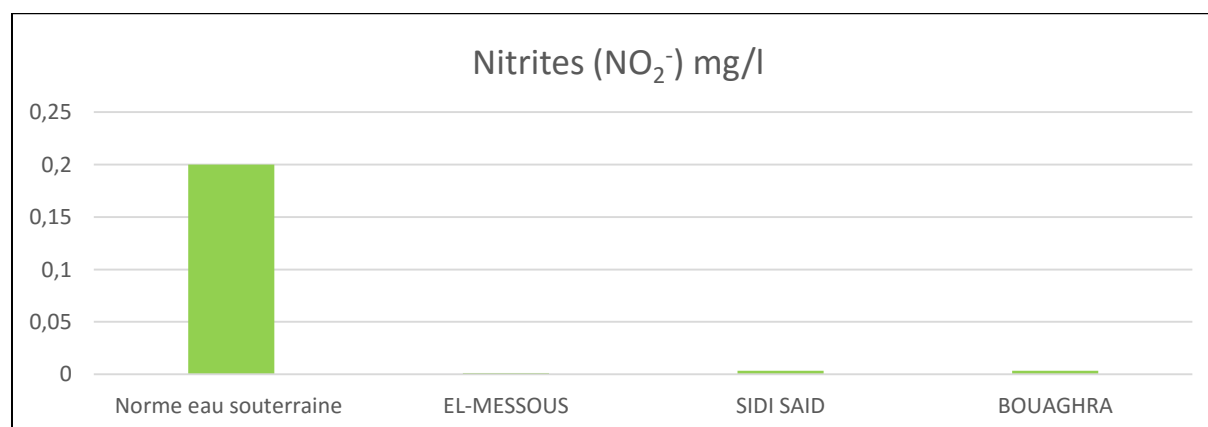


Figure N° 23 : Valeur de nitrites dans les sources d'eau étudiées

2.1.9. L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Les valeurs d'azote ammoniacal mesurées sont représentées dans la figure N° 24 pour l'ensemble des sources, la concentration de NH_4^+ est inférieure à la norme nationale qui est de 0.5 mg/l (JORA, 2011), avec une valeur de 0.16 mg/l dans la source d'EL-MESSOUS et 0.18 mg/l dans les sources de SIDI SAID et BOUAGHRA.

Ce cation est souvent rencontré dans les eaux et il résultant de la dégradation incomplète des matières organique (Rodier et al., 2009).

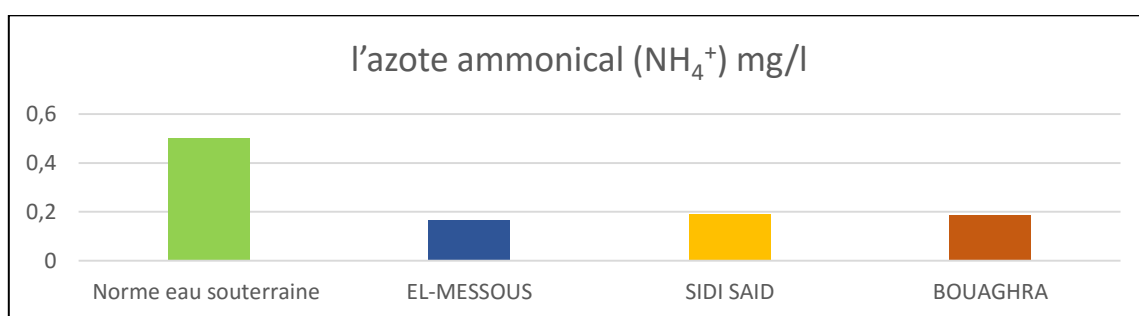


Figure N° 24 : Valeur de l'azote ammoniacal dans les sources d'eau étudiées

2.1.10. Phosphates (PO_4^{-3})

Les valeurs de phosphate des trois sources sont illustrées dans la figure N° 25 elles varient entre 0.007 mg/l et 0.009 mg/l et sont donc largement inférieurs à la norme fixée par l'OMS pour les eaux potables et qui est de 0.5 mg/l.

Le phosphate dans l'eau provient de lixiviation des engrais phosphatés et la dégradation de la matière organique (Rodier, 1978).

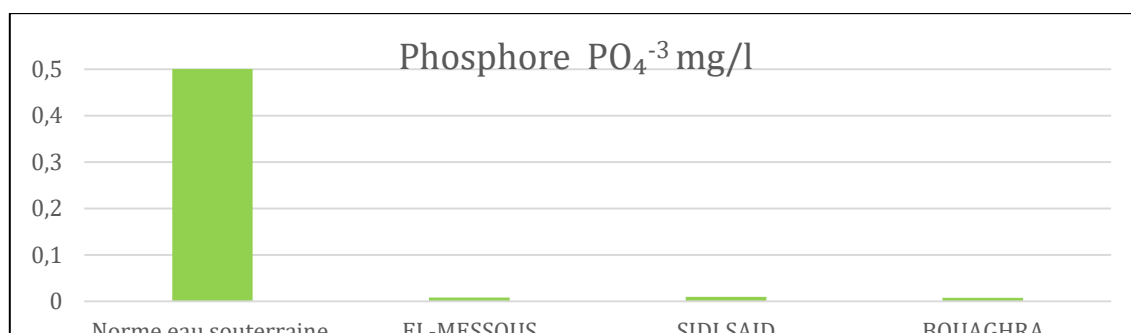


Figure N° 25 : Valeur de phosphate dans les sources d'eau étudiées

2.1.11. Bicarbonates (HCO_3^-)

Les valeurs de bicarbonates enregistrées sont tous inférieurs à la norme qui est de 500 mg/l. (figure N 22) avec une valeur maximale de 437.1 mg/l rencontrée dans la source d'EL-MESSOUS, 404.63 mg/l dans la source de SIDI SAID et 383.36 mg/l dans la source de BOUAGHRA.

Selon **Rodier (1996)**. L'alcalinité de l'eau est en fortement liée à la saison et la pluviométrie.

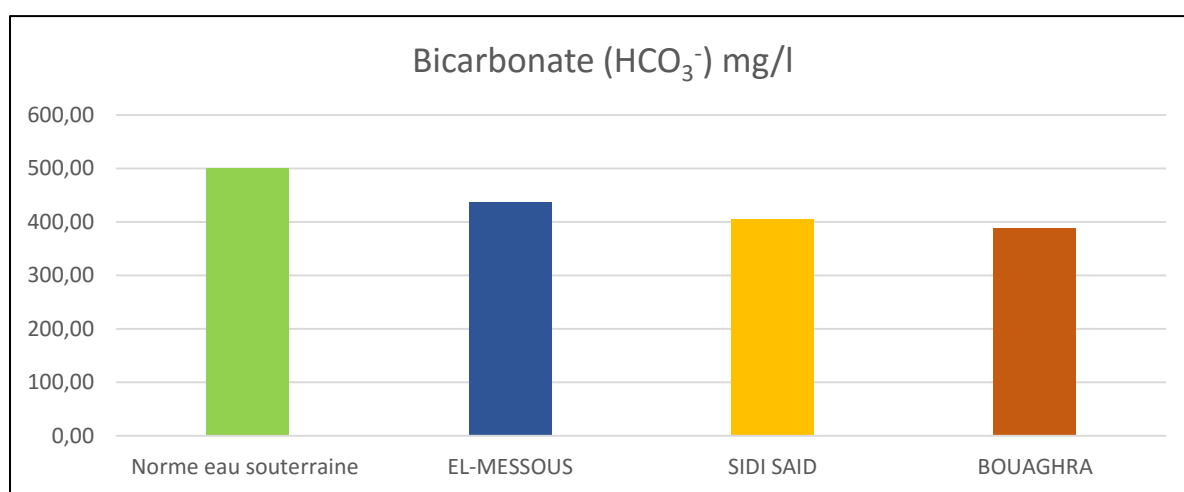


Figure N° 26 : Valeur de bicarbonate dans les sources d'eau étudiées

2.1.12. Chlorure (Cl^-)

Les valeurs de Chlorure dans les sources étudiées (voir figure N 23) sont largement inférieures à la norme d'eau potable algérienne qui est de l'ordre de 500 mg/l. (**JORA ,2011**). La source de EL-MESSOUS avec une valeur de 78.1 mg/l, la source de SIDI SAID, 61.53 mg/l et BOUAGHRA, 80.46 mg/l.

En France, la majorité des eaux distribuées destinées à la consommation ne dépassent pas 200 mg/l de chlorure. Une concentration de chlorure dans l'eau supérieure à 250 mg/l cause un gout désagréable. (**Rodier et al., 2009**). En plus des eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (**Humbert et Pommier, 1988 in Tarik, 2005**).

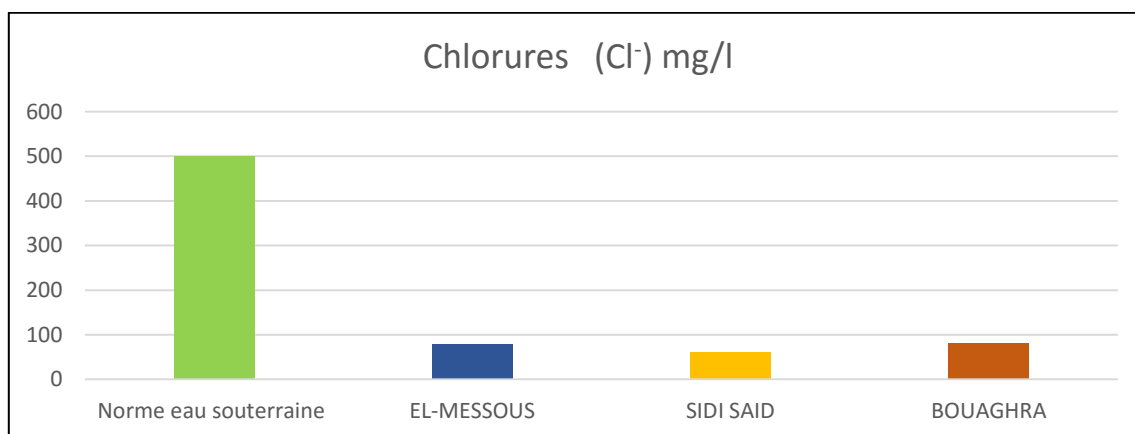


Figure N° 27 : Valeur de chlorures dans les sources d'eau étudiées

2.1.13. Calcium (Ca⁺²)

Les concentrations en calcium des sources étudiées (Figure N 28) sont inférieure aux normes algériennes des eaux destinées à l'alimentation qui est 200 mg/l. (JORA, 2011)

La source de EL-MESSOUS = 146.15 mg/l, la source de SIDI SAID = 129.58 mg/l et la source de BOUAGHRA = 128.51 mg/l

Le calcium et le magnésium sont les éléments les plus courants dans la nature. Son abondance géologique et sa solubilité élevée font que leur teneur en eau peut être très élevée (Tir et al., 2017). Selon Rodier (1996), le calcium se transforme en bicarbonates de calcium CaCO₃, sulfates de calcium CaSO₄, et chlorures de calcium CaCl₂.

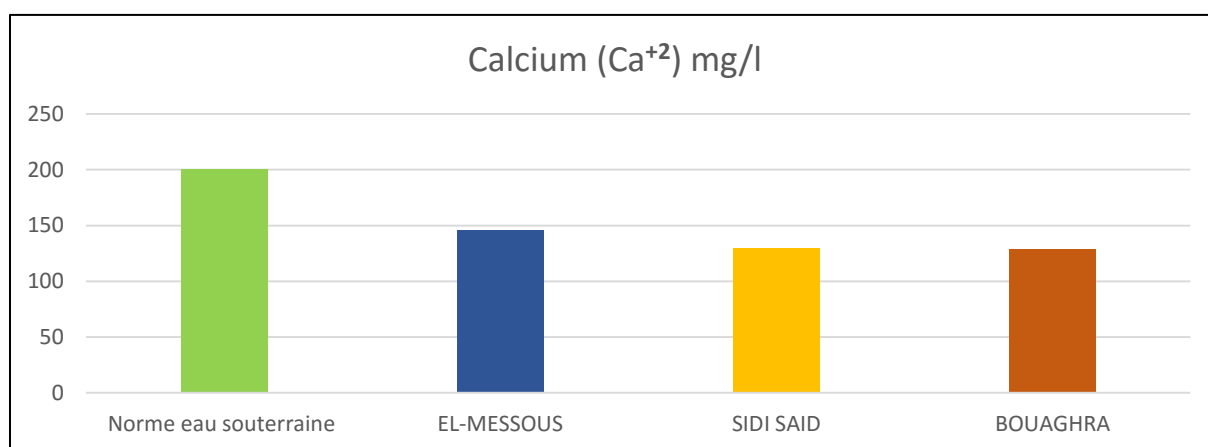


Figure N° 28 : Valeur de calcium dans les sources d'eau étudiées

2.1.14. Magnésium (Mg^{2+})

Les teneurs en magnésium des trois sources varient de 17 mg/l à 40 mg/l. Ces valeurs répondent à la norme algérienne qui est de 150 mg/l.

Selon **Rodier, (2005)**, le magnésium est un facteur de la dureté de l'eau et sa teneur dépend des terrains traversés.

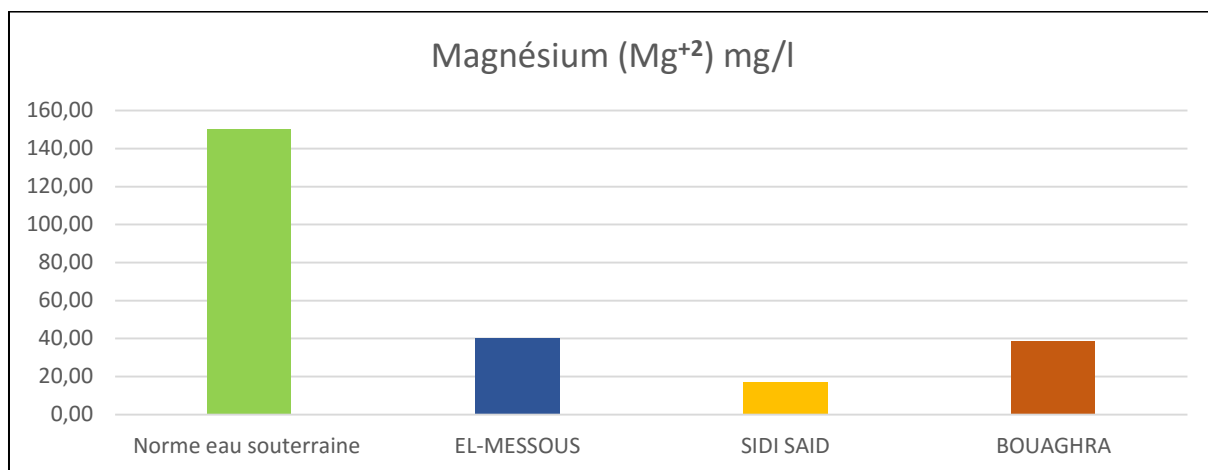


Figure N° 29 : Valeur de magnésium dans les sources d'eau étudiées

2.1.15. Le manganèse (Mn^{2+})

Pour le Mn^{2+} les valeurs trouvées qui sont illustrées dans la figure N° 30 la source de EL-MESSOUS = 0.028 mg/l, la source de BOUAGHRA = 0.02 mg/l sont inférieure a la norme algérienne (0,05 mg/l.) (**JORA ,2011**), contrairement à celle de SIDI SAID = 0.07 mg/l, qui la dépasse.

Selon **Rodier et al., 2009**, les teneurs fortes en manganèse sont rencontrés dans les eaux souterraines elles peuvent aller jusqu'à 0,5 mg/l voire 1 mg/l. L'augmentation de manganèse est aussi en relation avec l'activité industrielle ou l'utilisation des pesticides au manganèse, ce dernier pénétré dans le sol et les eaux souterraines. Le manganèse est nécessaire à l'homme pour survivre mais il est aussi toxique lorsque des concentrations trop élevées sont présentes dans le corps humain. Quand on ne prend pas la dose quotidienne recommandée, l'état de santé se détériore. Mais lorsqu'on la consommation est trop élevée des problèmes de santé apparaissent aussi. (**Barbeau B et al.,2011**).

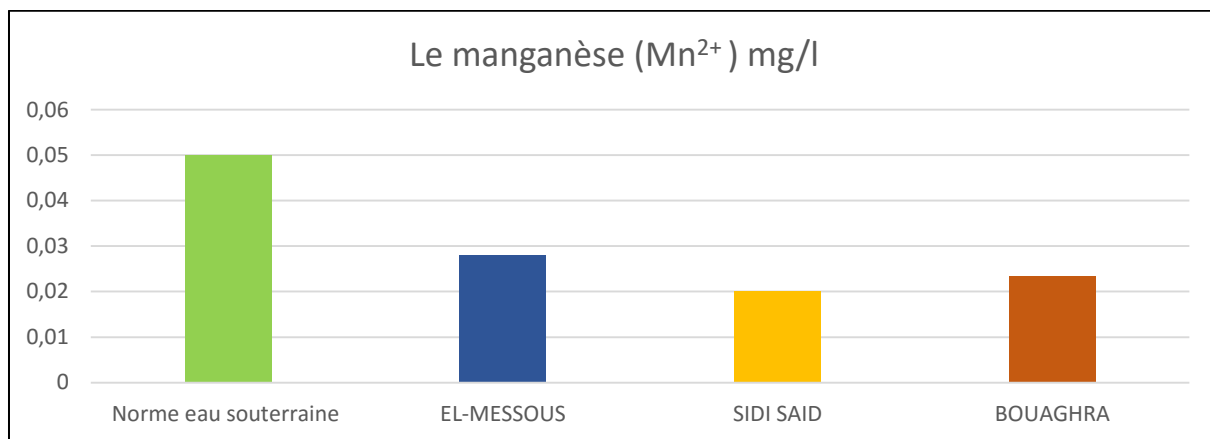


Figure N° 30 : Valeur de manganèse dans les sources d'eau étudiées.

2.1.16. Le fer (Fe²⁺)

Concernant les ions Fe²⁺, la norme algérienne des eaux de consommation est 0,3 mg/l. (JORA ,2011). Les résultats trouvés dans les sources étudiées indiquent des valeurs nettement inférieurs.

L'OMS recommande une valeur guide de 0,3 mg/L (Rodier et al., 2009).

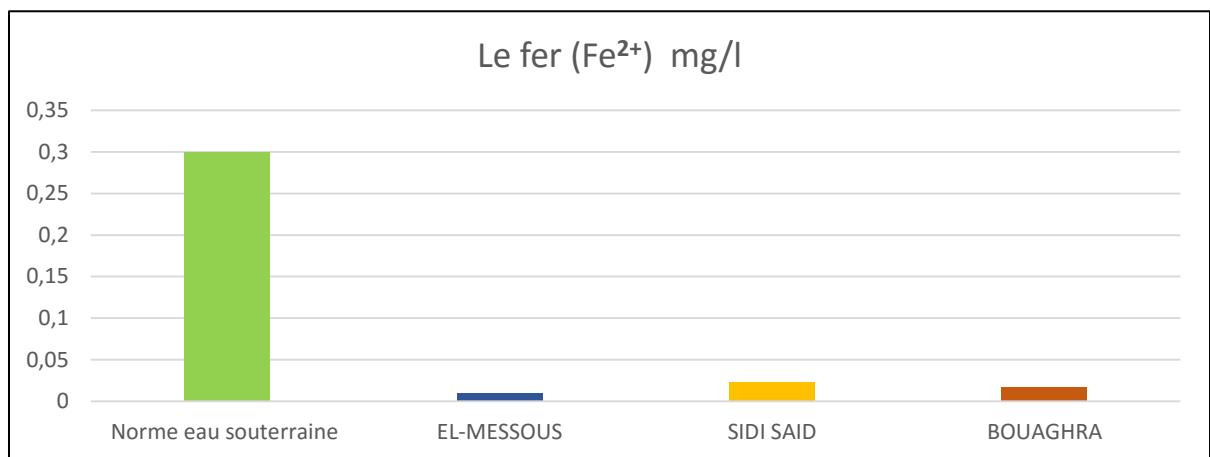


Figure N° 31 : Valeur de fer dans les sources d'eau étudiées.

2.1.17. Le sodium (Na^+)

La norme algérienne des eaux de consommation est de 200 mg/l. (JORA ,2011), les valeurs enregistrées sont inférieures dans les trois sources avec 101.1 mg/l à BOUAGHRA, 72.13 mg/l à EL-MESSOUS et 46.13 mg/l à SIDI SAID.

Le sodium est un élément constant de l'eau, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/L ou plus (Rodier et al., 2009).

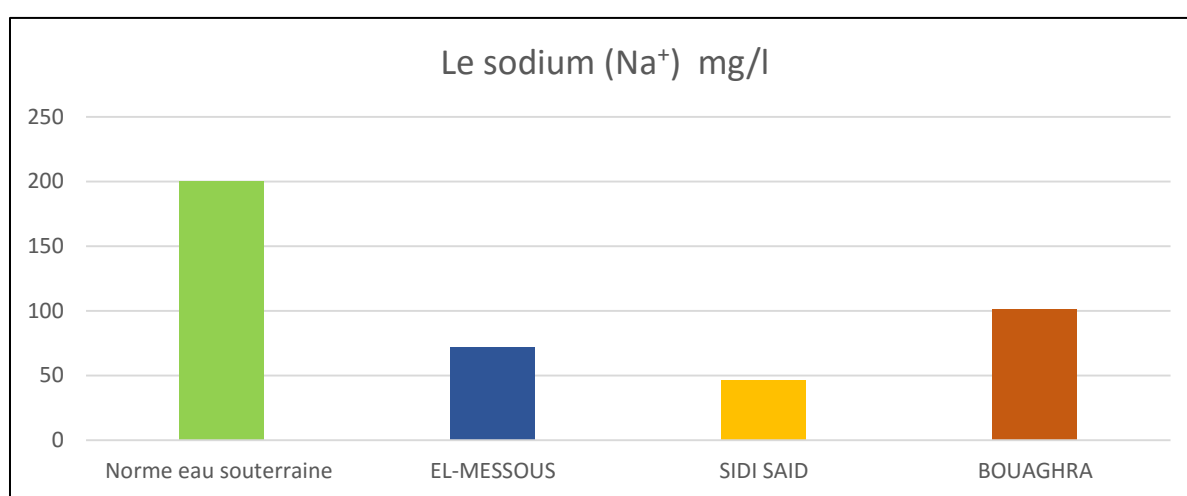


Figure N° 32 : Valeur de sodium dans les sources d'eau étudiées

2.1.18. Le potassium (K^+)

Pour le K^+ les valeurs enregistrées dans les trois sources sont largement inférieures à la norme des eaux de consommation qui est de 12 mg/l (JORA ,2011) avec :

EL-MESSOUS = 2.33 mg/l, source de SIDI SAID = 1.87 mg/l et BOUAGHRA = 1.6 mg/l.

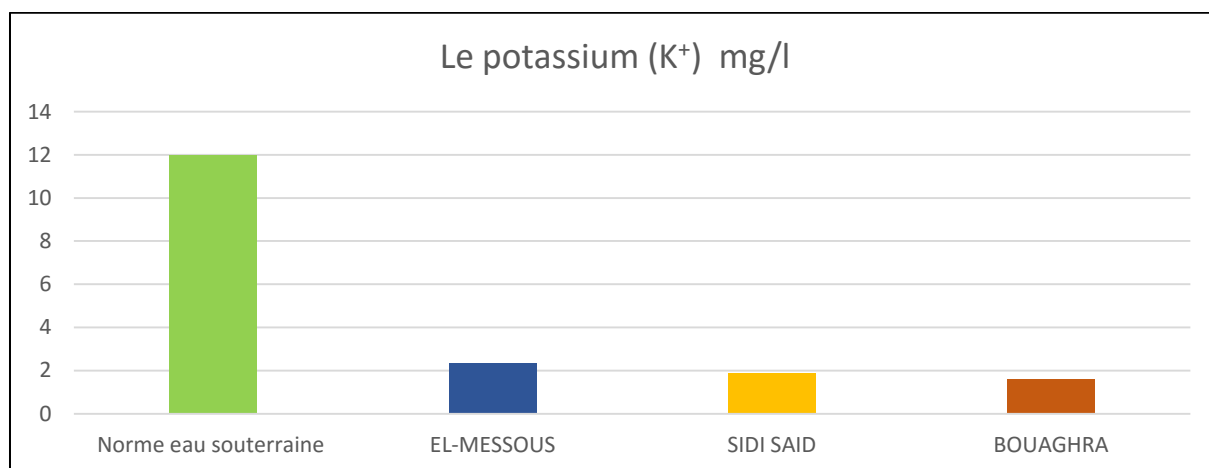


Figure N° 33 : Valeur de potassium dans les sources d'eau étudiées.

2.1.19. Sulfate (SO₄²⁻)

Pour SO₄²⁻ les valeurs enregistrées sont de l'ordre de 251.22 mg/l dans la source d'EL-MESSOUS, 158.34 mg/l dans la source de SIDI SAID et 316.42 mg/l dans la source de BOUAGHRA. Ces résultats sont conformes à la norme déterminée par la législation algérienne qui est de 400 mg/l (**JORA, 2011**).

On remarque que la source de BOUAGHRA présente un taux de sulfate relativement élevé par rapport aux autres sources, ce qui est probablement lié à la nature des roches traversées par l'eau et qui sont peut-être riches en sulfate tel que les roches gypseuses (sulfate de calcium hydraté). Ou apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (**Beriere, 2000**).

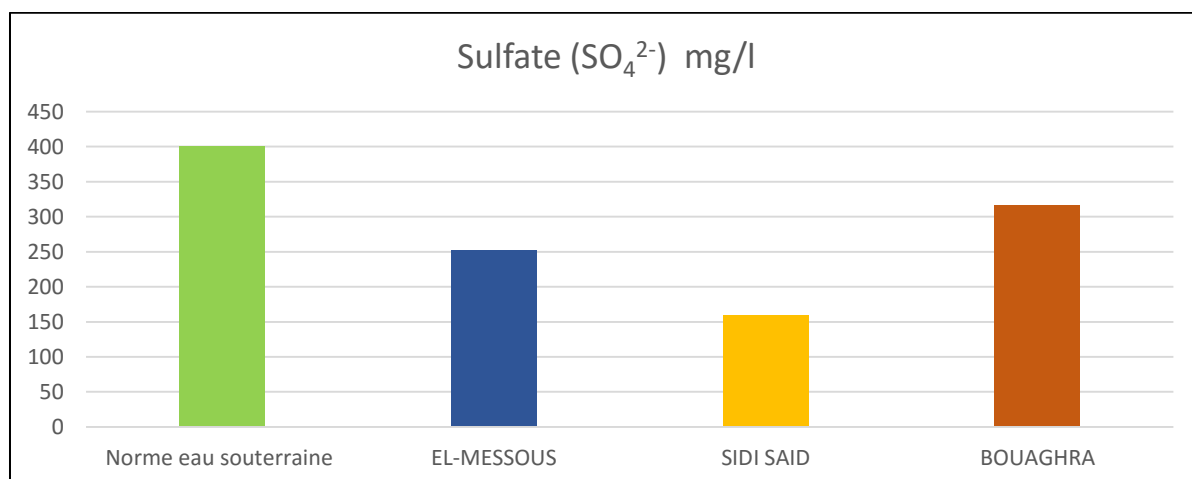


Figure N° 34 : Valeur de sulfate dans les sources d'eau étudiées

2.1.20. Matière oxydable (MO)

Les valeurs trouvées pour la matière oxydable dans les trois sources sont inférieures à la norme algérienne (5 mg/l) (Voir figure N° 35). La source de EL-MESSOUS 0.29 mg/l, la source de SIDI SAID 1.46 mg/l et la source de BOUAGHRA 0.34 mg/l.

La mesure de l'indice de l'oxydabilité au permanganate correspond à une mesure conventionnelle pour évaluer la contamination d'un échantillon d'eau faiblement chargé en matière organique, les eaux souterraines ont généralement une faible oxydabilité de quelques mg/l. (Rodier *et al.*, 2009).

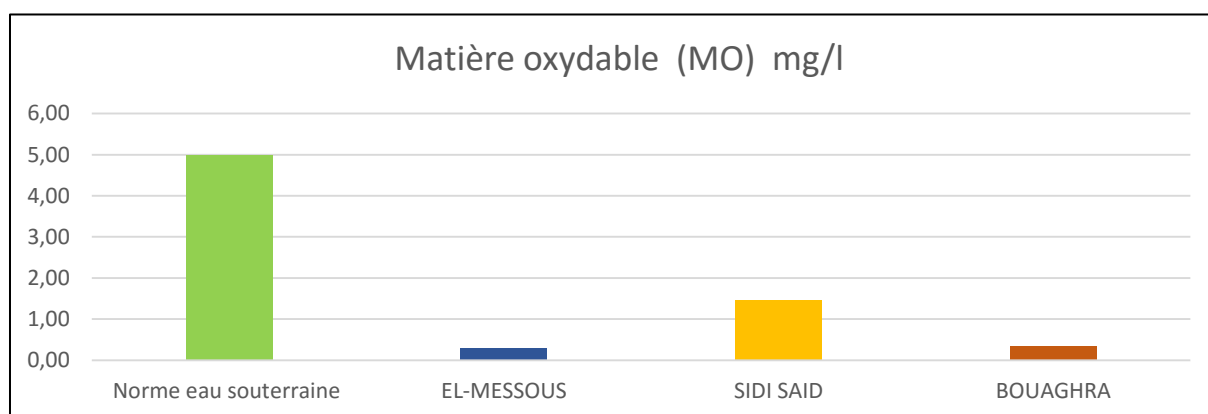


Figure N° 35 : Valeur de matière oxydable dans les sources d'eau étudiées.

2.2.Résultat des paramètres bactériologique :

Les résultats des analyses bactériologiques des trois sources étudiées sont représentés dans le tableau (N° 08), leur interprétation est faite par comparaison avec les normes algériennes citées dans le **JORA (2011)**.

Tableau N ° 08: Les résultats des paramètres bactériologiques analyse on (23/02/2021).

Les sources	Taux de chlore	<i>Coliformes Totaux (CT)</i> 37C°	<i>Esherich ia coli</i> 44C°	<i>Streptocoques fécaux</i> 37C°	<i>Clostridium sulfito - réducteur</i> 37C°
EI-MESSOUS	Traité 0.2mg/l	00 germe /100 ml	0	0	00 Germe/20ml
SIDI SAID	Brute	+300 germe /100 ml	0	0	00 Germe/20ml
BOUAGHRA	Brute	38 germe /100 ml	0	0	00 Germe/20ml

L'analyse bactériologique peut mettre en évidence la contamination de l'eau par les matières fécales. Les organismes pathogènes sont très divers et ne peuvent donc pas faire l'objet de recherches spécifiques. De plus, dans le cas des virus, leur identification est très difficile voir impossible, car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il faut d'abord rechercher des bactéries toujours présentes en grande quantité dans la matière fécale des hommes et des animaux. On cite les organismes coliformes qui sont les *Coliformes totaux* et les *Coliformes fécaux* (thermotolérant), les *Stréptocoques fécaux* et les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont plus faciles à maintenir dans le milieu extérieur (**Hartemann, 2004**).

Les résultats obtenus montrent la présence : des *coliformes totaux* dans la source de BOUAGHRA et SIDI SAID, et une absence de *streptocoques fécaux* et de *Clostridium sulfito-réducteurs* dans toutes les sources.

2.2.1. Les Coliformes totaux

Les *coliformes totaux* sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (Chevalier, 2003). Ce groupe bactérien est utilisé comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau parce qu'il contient notamment des bactéries d'origine fécale, comme *Escherichia coli* (*E. coli*) (CEAEQ, 2015).

- Dans la source de El-MESSOUS on a 00 germe /100 ml des *coliformes totaux*, la raison de l'absence de ces germes est que cette eau est traitée par les galettes de chlore chaque mois.
- Dans la source de SIDI SAID on a 300 germe /100 ml des *coliformes totaux*, les normes limitent le nombre de bactéries à moins de 10 germes/100 ml pour l'eau traité, Le nombre des germes dans cette source est élevé, la présence des *coliformes totaux* dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales, et peut indiquer la présence possible de pathogènes responsables de maladies, comme des bactéries, des virus et des parasites, Certains travaux de recherche pointent vers l'existence d'un lien entre la présence de pathogènes et celle de *coliformes totaux* dans les eaux souterraines (Abbaszadegan et al., 2003; Locas et al., 2007).

Cette présence des germes est le résultat de l'absence de traitement par les galettes de chlore, et le réservoir d'eau qui est plein de sable et de boue et qui n'est pas recouvert et exposé aux excréments d'oiseaux, les animaux domestiques, les insectes et toute autre polluants.

- Dans la source de BOUAGHRA on a 38 germe/100 ml des *coliformes totaux*, Ce résultat est la cause de l'absence de traitement par les galettes de chlore et le manque d'hygiène au niveau du réservoir principalement à cause de la mauvaise gestion du bassin de stockage de l'eau, le manque d'entretien, de traitement...etc.

Le teste de chlore résiduel nous a permis de vérifier si les sources sont traitées ou non. Ce service est normalement assuré par le bureau d'hygiène communale. Les résultats trouvés montrent une absence de traitement pour la source de BOUAGHRA et la source de SIDI SAID et dans la source d'El-MESSOUS nous avons trouvé un taux de 0,2 mg/l.

Le chlore résiduel est essentiel pour assurer la désinfection de l'eau potable. La législation algérienne exige un niveau minimal de 0,5 mg/l, tandis que l'OMS (2006) recommande un taux de chlore résiduel de 0,6 à 1,0 mg/l. Lorsque la concentration du chlore dans l'eau est d'environ 2 à 3 mg/l, les gens peuvent sentir une odeur irritante (OUAHCHIA et al., 2014).

Les *coliformes totaux* et *E. coli*, comme la plupart des bactéries, sont très sensibles à la désinfection par le chlore comparativement aux virus et aux protozoaires (Santé Canada, 2012). Par conséquent, on peut considérer que leur présence dans la source de SIDI SAID et BOUAGHRA est tout à fait causé par le manque de traitement par le chlore puisque dans la source de EL-MESSOUS qui est traitée on n'a observé aucune contamination, ces sources doivent impérativement être traitées en premier lieu le bassin doit être désinfecté et couvert et l'eau traitée régulièrement avec les galettes de chlore pour éviter tout risque de contamination et d'éventuel danger pour la santé de la population locale qui s'en abreuve.

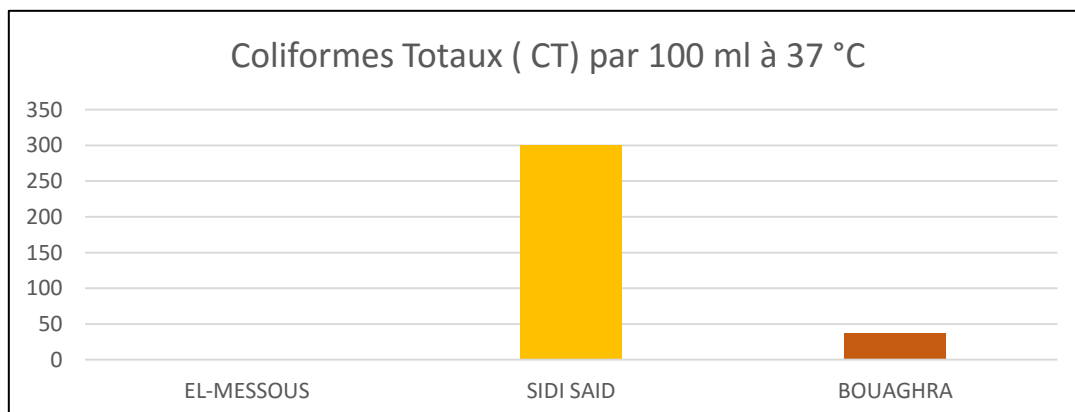


Figure N° 36 : nombre des *coliformes totaux* dans les sources d'eau étudiées

2.2.2. Les *Coliformes fécaux (E. coli)*

La présence des coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Richard, 1996; Figarella et Leyral, 2002; Rodier et al., 2009; El Haissoufi et al., 2011). L'OMS (2004), énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

Dans notre sources , le résultats est 00 germe /100 ml pour tous les échantillons , Alor les résultats est dans les normes algériens 00 germe /100 ml (**JORA, 2011**).

2.2.3. Les *Streptocoques fécaux*

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéro-pathogènes (**Chevalier, 2002; Ladjel, 2009**). Selon **Figarella et Leyral (2002) ; Rodier et al. (2005)**, la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de *coliformes fécaux* pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Les analyses bactériologiques effectuées de notre sources d'eaux est 00 germe/100ml pour tous les échantillons, Ce résultat est dans les normes locales (**JORA, 2011**) et françaises (**AFNOR, 1997**) qui exigent l'absence totale de cette flore dans les eaux destinées à la consommation humaine.

2.2.4. Les *Clostridium sulfito-réducteurs*

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement éliminés que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (**Hamed et al., 2012**). Dans Les analyses bactériologiques effectuées de ces sources indiquent l'absence totale de contamination, la aussi les résultats sont conformes aux normes.

Conclusion et Perspectives

La présente étude nous a permis de clarifier les idées sur la qualité des eaux de sources dans la région de LARDJEM.

Les différents résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau des trois sources étudiées montrent sa conformité par rapport aux normes du journal officiel algérien et aussi aux normes de l'OMS, Pour la majorité des paramètres physico-chimiques nous avons remarqué une convergence des résultats entre les trois sources. Par contre les analyses microbiologiques montrent des valeurs dépassant les normes nationales pour les *coliformes totaux* dans la source de SIDI SAID et BOUAGHRA.

La présence des germes dans la source de SIDI SAID et BOUAGHRA peuvent être expliqué par l'absence de traitement avec du chlore, le contraire de la source d'EL-MESSOUS qui est traitée et ne contient aucuns germes. Le traitement au chlore des sources n'est pas le seul facteur à prendre en considération l'état du réservoir de stockage de l'eau et son entretien est une autre cause de la contamination. La source de SIDI SAID est contaminée par de la boue et du sable, le réservoir d'eau n'est pas couvert ce qui l'expose à divers types de pollution, le réservoir de BOUAGHRA bien qu'il soit couvert n'est pas pour autant propre, ce dernier facteur explique la différence entre les valeurs des *coliformes totaux* enregistrés dans les deux sources.

Alors, le fait de ne pas nettoyer et traiter les réservoirs d'eau est la raison de la contamination de l'eau de source par les germes, Cette pollution compromet la santé de la population et même les êtres vivant dans la région.

Afin d'éviter tout risque sanitaire lors de la consommation de ces eaux et pour une meilleure maîtrise de cette pollution, les étapes suivantes doivent être prises :

- Nettoyer les réservoirs d'eau des sources et éliminer tous les contaminants, et répété le processus périodiquement,

- Couvrir le réservoir et bien le fermer pour éviter d'autre source de pollution.
- Sensibiliser la population vivant à proximité de ces sources à la nécessité de les nettoyer et de ne pas jeter de déchets liquides et des eaux usées à proximité des sources.
- Éviter au maximum l'élevage des animaux et l'utilisation excessive des produits phytosanitaires à proximité de la source et ces deux activités entre autre doivent être règlementées en présence de cours d'eau de source à proximité, un permettre de sécurité doit être exigé par la loi pour éviter l'infiltration et le transfert des produits potentiellement dangereux (phytosanitaire ...) vers les eaux.
- Le bureau d'hygiène doit placer périodiquement les galettes de chlore et surveiller la propreté de ces sources.

Dans la région de LARDJEM, il existe de nombreuses sources d'eau comme les sources étudiées, et beaucoup d'entre elles sont similaires à la source du BOUAGHRA et de SIDI SAID, leurs réservoirs d'eau ne sont pas propres et ne sont pas traitées, et l'ADE n'est pas responsable du traitement de ces sources, ces sources doivent être surveillées par le bureau d'hygiène périodiquement. Les habitants aussi doivent être sensibilisés à la nécessité de mettre des gouttes de chlore dans l'eau avant le boire pour éliminer les bactéries présentes.

Références bibliographiques

A

- 📖 **Abbaszadegan M., Le Chevallier M., Gerba C. (2003).** Occurrence of viruses in US groundwaters. *J. Am. Water Works Assoc*, 95:107-120.
- 📖 **Abboudi A ., Tabyaoui H., El hamichi F. (2014).** Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc *European scientific journal* August 2014 édition vol.10, no.23 Issn : 1857 – 7881 (print) e - issn 1857- 7431 84.
- 📖 **Abdoulaye D. N., KhadijettouMint M.S., Mohamed B.E., Mohamed O. K., Michel B. (2014).** Contribution à l'étude de l'évolution Spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de l'Eau de la Rive droite du fleuve Sénégal, *J. Mater. Environ. Sci*, p 320-329.
- 📖 **ADE . Guide des analyses physico chimique et bactériologique de l'ADE. (2009)**
- 📖 **AFNOR. (1997).** Qualité de l'eau, Tome 1: Terminologie, échantillonnage et évaluation des méthodes, 3ème édition, Paris, France, 656p.
- 📖 **Ahonon A.S. (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du TOGO : cas du Canton de la vie.
- 📖 **Alouane H. (2011).** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

- 📖 **André L.B., Jean-Claude R. (1999).** Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine : Guide méthodologique et réglementaire, 2ème Edition, Edition BRGM, p 14 – 20 et p24.
- 📖 **Andriamiradis L. (2005).** Mémento technique de l'eau, 2 ème édition, Degremont. P : 8.
- 📖 **Armand L. (1996).** Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.
- 📖 **Arrignon, J. (1998).** Aménagement Piscicole des Eaux Douces. Lavoisier Tec & Doc, Paris

B

- 📖 **Barbeau B., Carriere A., Bouchard M. (2011).** Spatial and temporal variations in manganese concentrations in drinking water. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard. Subst. Environ. Eng.*, 46(6): 608–616
- 📖 **Bartherlin J., Cheru L. (1999).** Origine des éléments indésirables ou toxiques dans les eaux souterraines, Rap. B.R.G. M.R 40448, 25p.
- 📖 **Beaudoin B. (2012).** Problématique éco-toxicologique actualisée des fluorures dans les eaux municipales, Centre universitaire de formation en environnement, Québec, Canada, 98p.
- 📖 **Beer M. (2010).** Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable.
- 📖 **Belghiti M., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R. (2013).** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-Quaternaire dans la Région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112- 3680, n° 14, Juin 2013, pp.21-36.

- 📖 **Bengoumi, M., Traoure A. Bouchriti N., Bengoumi D., et al. (2004).** Qualité de l'eau en aviculture. *Revue trimestrielle d'information scientifique et technique* – Volume 3 – N°1, Maroc, 5-25pp.
- 📖 **Bermond R., Vuichaard R. (1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. *Documentation Française*, Paris, 179p.
- 📖 **Beriere G. (2000).** Distribution et collecte des eaux, 2ème édition, *Ecole polytechnique de Montréal*, PP: 3-19.
- 📖 **Boeglin J.C. (1998).** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine, *Réglementation française*, décret 89.3 du 3 janvier 1998, Doc. P 4 210, 10p.
- 📖 **Boeglin J.C. (2009).** Propriétés des eaux naturelles, *Technique de l'ingénieur, traité environnement*, G1, 110p.
- 📖 **Bouziani M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-Khaldoun. Oran. 247p.
- 📖 **Bosca C. (2002).** Groundwater law and administration of sustainable development. *Mediterranean Magazine, Science, Training and Technology 2*: 13-17.

C

- 📖 **Caeq. (2015).** Recherche et dénombrement simultané des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli* dans l'eau potable avec le milieu de culture MI ; méthode par filtration sur membrane. *Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec*.
- 📖 **Chevalier P. (2003).** *Coliformes totaux*. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, *Institut national de santé publique du Québec*, 4 p.

📖 **Code de la santé publique.** Nouvelle partie réglementaire et nouvelle partie législative, *Journaux officiels*, 2000–2004, Paris

D

📖 **Degbey C., Makoutode M., Fayomi B., De Brouwe C.(2010).** La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey en 2009 au Bénin Afrique de l'Ouest. *Journal Internationale de Santé et Travaux*, Vol 1, PP : 15-22.

📖 **Derwich E., Benaabidate L., Zian A., Sadki O., Belghity D.(2010)** .Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued fes .*larhyss journal*, issn 1112-3680, n° 08, juin 2010, pp. 101-112.

📖 **Desjardins R. (1997).** Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2ème édition, Québec, Canada, PP : 46-112.

📖 **Dussart B. (1966).** Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, ed, Paris.

📖 **Djémoï M., Latifa K., Claude B. (2010).** Faune aquatique et qualité de l'eau des puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-Est algérien).

E

📖 **El Haissofi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali lalami A. (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, Vol 5, N°1,PP : 37-68.

F

- 📖 **Fakih Ianjri A., Brigui J., El Cadi A., Khaddor M., Salmoune F. (2014).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger, *Journal de Matériel et Science de l'Environnement*, Vol 5, N° S1, PP : 2230- 2235.
- 📖 **Festy B., Hartemann P., Ledrans M., Levallois P., Payment P., Tricard D. (2003).** Qualité de l'eau, In : Environnement et santé publique, fondements et pratiques, Tec & Doc, Paris, PP : 333-368.
- 📖 **Figarella J., Leyral G. (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.
- 📖 **Furtula V., Jackson C.R., Farrell E.G., Barrett J.B., Hiott L.M., Chambers P. (2013).** Antimicrobial resistance in Enterococcus spp. isolated from environmental samples in an area of intensive poultry production. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10 (3): 1020–1036.

G

- 📖 **Gilbert C. (1998).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie - 2ème édition, Dunod. Paris.
- 📖 **Gravez V., Bernard G. (2006).** Pollution marine : Les définitions.
- 📖 **Guessoum H., Benbrahim F., Halilat M.T., Laouar F., Bensalama M., Darem S. (2014).** Pollution Biologique des eaux phréatiques de la région de Ghardaia (Cas de Sebseb). *Journal of Advanced Research and Science and Technology*, 3: 35-43.

H

- 📖 **Haddou M. (2010).** Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés Fenton, photo-Fenton et photocatalyse.
- 📖 **Hade A. (2007).** Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger, Edition Fides, Bibliothèque national du Québec, Canada, 27p.
- 📖 **Hamed M., Guettache A., Bouamer L. (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA (Bechar).
- 📖 **Hartemann P. (2004).** Contamination des eaux en milieu professionnel, EMC Toxicologie Pathologie, Elsevier, PP : 63–78.
- 📖 **Haslay C., Leclerc H. (2006).** Microbiologie des eaux alimentaires, Edition Technique et Documentation Lavoisier (p 495).
- 📖 **HCEFLCD. (2006).** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR Dar Chafaai ; Cercle d'El Brouge, Province de Settat, (Maroc),201p.
- 📖 **HCEFLCD. (2007).** Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.
- 📖 **Humbert E., Pommier P. (1988).** La qualité de l'eau en élevage avicole. *In L'aviculture française (R. Rosset, édit.) Informations techniques des Services vétérinaires*, Vol. 100-103, 369– 374.

I

- 📖 **Idrissi L. (2006).** Etude et développement de nouvelles méthodes électrochimiques pour la détermination des ions ortho-phosphate, nitrite, nitrate et ammonium.

J

- 📖 **Jean L.C. (2002).** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche, *Direction de l'espace rural et de la forêt*, 22p.
- 📖 **Jean J. C (2004).** Les eaux souterraines. Connaissance et gestion, Editions BRGM et HERMANN, Paris, 2004, p3 – 5.
- 📖 **JORA. (2011).** Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine. *Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie*, PP: 7-25.
- 📖 **Jestin E. (2006).** La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaire, agence de l'eau Seine-Normandie, Héro ville Saint Clair, PP : 17-32. 34p.
- 📖 **Journal officiel de la République française (JORF). (2007).** Arrêté du 14 mars 2007 relatif aux critères de qualité des eaux conditionnées, aux traitements et mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et de source conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique.

K

- 📖 **Kettab A. (1992).** Traitement des eaux. Les eaux potables, Edition : *Office des Publications Universitaires, Alger*, PP : 111-123
- 📖 **Kherifi W., Bekiri F. (2017).** Les maladies à transmission hydrique en Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)*. N° 14.

L

- 📖 **Ladjel S., (2009).** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7, *Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou*, 101 p.
- 📖 **Locas A., Barthe C., Barbeau B., Carrière A., Payment P. (2007).** Virus occurrence in municipal groundwater sources in Quebec, Canada. *Can. J. Microbiol.*, 53(6): 688-694.

M

- 📖 **MENVIQ. (1990).** Critères de qualité de l'eau, Service d'évaluation des rejets toxiques et Direction de la qualité des cours d'eau, ministère de l'Environnement du Québec, Québec, 425 p.
- 📖 **Ministère des Solidarités et de la Santé. (2018).** Bilan de la qualité des eaux conditionnées en France.
- 📖 **Moore D.F., Guzman J.A., McGee C. (2008).** Species distribution and antimicrobial resistance of enterococci isolated from surface and ocean water. *J. Appl. Microbiol.*, 105 (4): 1017–1025.
- 📖 **Myrand D. (2008).** Guide technique : captage d'eau souterraine pour des résidences isolées, Québec, P04.

N

📖 **Normes Algériennes. (1992).** NA. 6360, 1ère édition, Ed EX. INAPI. IANOR, PP: 5-7.

O

📖 **OMS. (1994).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol 1. Recommandations. *Organisation mondiale de la Santé*, 2e édition, 202 p.

📖 **OMS. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol 2. Recommandations. *Organisation mondiale de la Santé*, 2e édition.

📖 **OMS. (2002).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol 1. Recommandations. *Organisation mondiale de la Santé*, 3e édition.

📖 **OMS. (2004).** Guidelines for drinking-water quality, 3rd édition. Vol 1. Recommendations. *Organisation mondiale de la Santé*, Genève, Suisse.

📖 **OMS. (2006).** Directives de qualité pour l'eau de boisson, 3e édition. Recommandations. *Organisation mondiale de la Santé*, Genève, 78 p.

📖 **Ouahchia C., Hamaidi C. F., Hamaidi M. S., Saidi F. (2014).** Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentés par la station de Sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de boukourdane.

R

📖 **Ramade F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Ediscience internationale*, Paris, 1075 p.

- 📖 **Rodier J. (1978).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ; chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie, Dunod Tech, Paris, p. 1135; pp 913-919.
- 📖 **Rodier J., Bazin C., Broutin J. C., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (1996).** L'analyse de l'eau. 8ème édition, Dunod, Paris, 1383 pp.
- 📖 **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- 📖 **Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9e édition. Dunod (éditeur), Paris, France.1579 p.
- 📖 **Richard C. (1996).** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. *Scientifiques et Médicales, Elsevier*, Paris, 115 p.

S

- 📖 **Santé Canada. (2012).** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. *Document technique – Les coliformes totaux.*
- 📖 **Savary P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Territorial édition, Voiron, PP : 10-179.
- 📖 **Schwartzbrod L. (2000).** Virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture, centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, *Faculté de Pharmacie, Nancy, France*, 292p.

📖 **Steve E. H., Elizabeth J. H. (2004).** Safe Drinking Water. Lessons from Recent Outbreaks in Affluent Nations. 514 pp

📖 **Suzuki Y., Kanda N. et Furukawa T. (2012).** Abundance of Enterococcus species, Enterococcus faecalis and Enterococcus faecium, essential indicators of fecal pollution, in river water. *J. Environ. Sci. Health, Part A: Toxic/Hazard. Subst. Environ. Eng.*, 47 (11): 1500–1505.

T

📖 **Tarik A. (2005).** Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Rabat.183pp.

📖 **Thellier M., Kendjo E., Houzé S., Le Bras J., Danis M. (2012).** Épidémiologie du paludisme dans le monde : un véritable espoir de contrôle de la maladie, mais de nouvelles inquiétudes. *La Lettre de l'Infectiologie*. Tome XXVII - n°6

📖 **Tir E., Deche M., Bounouira Y., Chedad A. (2017).** Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des sources de la commune de Tissemsilt (cas de Ain Loura et Ain Sfa). *LARHYSS journal .vol 14.Numérob 01,pages 111-119 .*

Z

📖 **Zeghoud. M.S. (2014).** Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra.

Résumés

ملخص

الماء هو ثروة طبيعية لا يمكن الاستغناء عنها ولا يمكن استبدالها وهو أساس لمختلف الأنشطة التي تقوم بها الكائنات الحية بدون استثناء، يتم استخدامه في الشرب وطهي الطعام والتنظيف وهو يتطلب نوعية فيزيو- كيميائية و ميكروبيولوجية محددة . لتقييم نوعية مياه المصادر المستخدمة للاستهلاك البشري في منطقة لرجام التي تقع في الشمال الغربي لولاية تيسمسيلت ، اجري فحص فيزيو- كيميائي وبكتريولوجي على اهم ثلاث مصادر مياه يتم استغلالها من طرف المواطنين في المنطقة.

أجريت التحاليل على هذه العينات عن طريق قياس المعايير الفيزيو- كيميائية التالية: درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، العكارة، الكالسيوم والمغنسيوم، كلوريد ، المواد المؤكسدة ، النتريت، النتريت، المواد الصلبة العالقة، الفوسفات و الصوديوم والبوتاسيوم والكبريتات والحديد و مجموع المواد الصلبة الذائبة بالإضافة إلى البحث عن الجراثيم غير المرغوب فيها : ومجموع القولونيات، بكتيريا القولون البرازية، العقديات البرازية، كلوستريديوم .

نتائج التحاليل أظهرت أن الجودة الفيزيو- كيميائية لكل العينات المدروسة جيدة و متوافق مع المعايير الجزائرية ، و بالنسبة للتحاليل البكتريولوجية فان مياه مصدر المسوس كانت جيدة من الناحية البكتريولوجية اما مياه مصدر البواغرة فقد سجلنا فيها 38 جرثومة مجموع القولونيات لكل 100 ملل ومياه مصدر سيدي سعيد سجلنا فيه أكثر من 300 جرثومة مجموع القولونية لكل 100 ملل ، هذا التلوث الجرثومي يشكل بدون شك خطر على صحة السكان المستهلكين لهذه المياه.

كلمات البحث: الماء ، مصادر المياه ، الجودة، الفيزيو- كيميائية ، البكتريولوجية ، لرجام ، المسوس ، سيدي سعيد ، البواغرة .

RESUME

L'eau est une richesse naturelle irremplaçable, elle est la base de diverses activités des être vivant sans exception , elle est utilisé pour boire, cuisiner et nettoyer, et doit avoir une qualité physico-chimique et microbiologique spécifique , dans le but d'évaluer la qualité des sources d'eau utilisées pour la consommation humaine dans la région de Lardjem, qui est située au nord-ouest de l'état de Tissemsilt , Une analyse physico-chimique et bactériologique a été réalisé sur les trois sources d'eau les plus importantes qui sont exploitées par les citoyens de la région.

Les analyses ont été réalisées sur ces échantillons en mesurant les paramètres physico-chimiques suivants : température, pH, conductivité électrique (CE), turbidité, calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-), matières oxydable (MO), nitrites (NO_3^-), nitrates (NO_2^-), matières en suspension (MES) , phosphates (PO_4^{3-}), sodium (Na^+), potassium (K^+), sulfate (SO_4^{2-}) , fer (Fe^{+2}), Solides totaux dissous (TDS) et la recherche. Pour les germes indésirables : *Coliformes totaux*, *Coliformes fécaux*, *Streptocoques fécaux* et *Clostridium sulfite-réducteurs*.

Les résultats des analyses ont montré que la qualité physico-chimique de tous les échantillons étudiés est bonne et conforme aux normes algériennes, et pour les analyses bactériologiques, l'eau de la source EL-MESSOUS était bonne. et pour l'eau de la source BOUAGHRA, nous avons enregistré 38 germe/100 ml de *coliformes totaux* , et dans l'eau de la source SIDI SAID nous avons enregistré plus de 300 germe/100 ml de *coliformes totaux*, Cette contamination bactérienne constitue sans aucun doute une menace pour la santé des consommateurs.

Mots clés : Eau, sources d'eau, Qualité, Physico-chimique, Bactériologique, Lardjem, El-messous , Sidi said , Bouaghra.

ABSTRACT

Water is an irreplaceable natural wealth and is the basis of various activities of living beings without exception, it is used for drinking, cooking and cleaning, and it requires a specific physico-chemical and microbiological quality. To assess the quality of water sources that are used for human consumption in the region of Lardjem, which is located in the north-west of the state of Tissemsilt, A physico-chemical and bacteriological analysis was carried out on the three most important water sources which are exploited by the local citizens.

The analyzes were carried out on these samples by measuring the following physicochemical parameters: temperature, pH, electrical conductivity (EC), turbidity, calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), chloride (Cl^-), oxidizable matter (OM) , nitrites (NO_3^-), nitrates (NO_2^-) Total Dissolved Solids (TDS), phosphates (PO_4^{3-}), sodium (Na^+), potassium (K^+), sulphate (SO_4^{2-}), iron (Fe^{+2}), dissolved substances in water (TDS) and research. For unwanted germs: *total coliforms*, *fecal coliforms*, *fecal streptococci*, *Clostridium sulfite-reducing*.

The results of the analyses showed that the physico-chemical quality of all the studied samples was good and conformed to the Algerian standards, and for the bacteriological analyses, the water from the EL-MESSOUS source was good. but for the water from the BOUAGHRA source, we recorded 38 germ / 100 ml of total coliforms, and in the water from the SIDI SAID source we recorded more than 300 germ / 100 ml of total coliforms, This bacterial contamination constitutes undoubtedly a threat to the health of the population consuming this water.

Keywords: Water, water sources, Quality, Physico-chemical, Bacteriological, Lardjem, El-messous, Sidi said, Bouaghra.