



Mémoire de Fin d'Études

Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master

« Toxicologie Industrielle et Environnementale »

THEME

***ETUDE SPATIO-TEMPORELLE DE LA QUALITE DES EAUX DE SOURCES
DANS LA WILAYAD'EL TARF (NORD-EST ALGERIEN).***

Setenu le : 23/06/2024

Présenté par:

- DRICI Louai

Devant le jury composé de :

Dr. ATROUN Souad	MCA	Président	UCBET
Dr. BERGAL Amira	MCA	Examinatrice	UCBET
Dr. BOUMARAF Warda	MCA	Promotrice	UCBET

Année universitaire 2023 – 2024

Remerciements

*Au nom **d'Allah**, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail.*

Tous mes remerciements à ma directrice de recherche

Madame Boumaraf Warda

Avec laquelle j'ai eu la chance de travailler ; je vous remercie de m'avoir

Accordé le temps, pour votre patience, vos orientations et vos précieux conseils.

C'est grâce à vous que notre mission a été bien menée.

Nos remerciements s'adressent Également au chef service de laboratoire d'Algérien des eaux de Boutaldja Saliha ainsi que toute l'équipe.

Je tiens à remercier également les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail.

Dédicaces

*Je m'incline devant Dieu Tout-Puissant qui avec je ouvert
la porte du savoir et avec je aidé à la franchir.*

*Je dédie ce mémoire à mon père et ma mère leila pour les
efforts qu'ils ont fournis pour je permettre une meilleure
vie ,qui je encourage à aller de l'avant et qui nous donné
tout son amour pour
reprendre Notre étude que sans lequel je n'aurais jamais
mes études.*

*Et pour A mes chers frères ,A mes amies
À tous ce qui ont contribué de près ou de loin dans la
réalisation de ce travail.*

LOUAI

Table des matières

<i>Remerciements</i>	<i>I</i>
<i>Dédicaces</i>	<i>III</i>
<i>Table des matières</i>	<i>IV</i>
<i>Résumé</i>	<i>IX</i>
<i>Liste des figures</i>	<i>X</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>XII</i>

Introduction

<i>Introduction :</i>	<i>1</i>
-----------------------	----------

Chapitre I : Généralités sur l'eau.

1. Généralités :	3
1.1 L'eau :	3
1.2 Composition de l'eau :	3
1.3 Cyclehydrologique de l'eau :	4
1.3.1 Evaporation :	5
1.3.2 Condensation :	5
1.3.3 Précipitation :	5
1.3.4 Ruissellement :	5
1.4 Qualité de l'eau	6
1.5 Ressources en eaux :	6
1.5.1 Les eaux de surface :	7
1.5.2 Les eaux souterraines :	7
1.5.3 Eaux des mers et océans :	8
1.6 Potabilité de l'eau :	8
1.6.1 Eaux du robinet :	9
1.6.2 Eaux embouteillées :	9
1.7 Importance de l'eau :	9
2. Pollution de l'eau :	9

2.1	Origines de pollution de l'eau :	10
2.1.1	Pollution domestique :	10
2.1.2	Pollution agricole :	10
2.1.3	Pollution industrielle :	11
2.1.4	Pollution urbaine :	11
2.2	Les principaux polluants :	11
2.2.1	Les polluants physiques :	11
2.2.2	Les polluants organiques :	11
2.2.3	Les polluants chimiques :	11
2.2.4	Les polluants microbiologiques :	12
3.	<i>Principaux germes d'eau :</i>	13
3.1	Les coliformes :	13
3.1.1	Coliformes totaux :	13
3.1.2	Coliformes fécaux :	13
3.2	Streptocoques fécaux :	14
3.3	Clostridium Sulfito-Réducteurs :	15
4.	<i>Qualité de l'eau :</i>	16
4.1	9.1. Qualité organoleptique :	16
4.1.1	Couleur :	16
4.1.2	Odeur :	16
4.1.3	Goût et saveur :	16
4.2	Qualité physico-chimique :	16
4.2.1	Qualité physique :	16
4.2.1.2	Potentiel hydrogène :	17
4.2.1.3	La conductivité électrique :	18
4.2.1.4	La turbidité :	19
4.2.1.5	Salinité :	21
4.2.2	Qualité chimique	22
4.2.2.1	Chlorures (Cl-) :	22
4.2.2.2	Dureté totale (TH) :	22
4.2.2.3	Titre alcalimétrique (TA) :	22
4.2.2.4	Titre alcalimétrique complet (TAC) :	22
4.2.2.5	Magnésium (Mg ²⁺) :	23
4.2.2.6	Calcium (Ca ²⁺) :	23
5.	<i>L'importance des valeurs de l'OMS :</i>	23

Chapitre II : Matériel et méthodes(Cadre général de la zone d'étude).

1. Situation géographique d'El-Taref :	25
2. La situation géographique du massif dunaire de Bouthelja :	25
3. Aperçu géologique:	26
4. Géologie des dunes:	26
5. Caractéristiques géomorphologiques:	27
5.2 Les marécages et les lacs :	28
5.3 Les oueds :	28
5.4 Les montagnes :	28
5.5 Les collines :	28
6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Taref :	29
7. Les sources étudiées :	30
7.1 Source de Bouglez :	31
7.2 Source de Melloul :	31

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Introduction:	32
2. Mode d'échantillonnage et acquisition des données :	32
3. Etudes spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques:	33
3.1 Résultats des Analyses Physico-chimique :	33
3.2 Température (T) :	33
3.3 Potentielle d'hydrogène (pH)	34
3.4 La conductivité Electrique (CE)	35
3.5 La salinité	36
3.6 TDS (Totale Dissolve Solide)	36
3.7 La turbidité	41
3.8 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TAC	42

3.9	TH ou titre hydrotimétriques TH	43
3.10	matière organique	43
3.11	Le nitrate (NO_3^-)	44
3.12	Le nitrite (NO_2^-)	45
3.13	Le chlorure (Cl^-)	45
3.14	L'ammonium (NH_4^+)	46
3.15	Le calcium (Ca^{2+})	47
3.16	Le magnésium (Mg^{2+})	48
3.17	Ortho phosphate (PO_4^{3-})	48
4.	<i>Discussion</i>	49
4.1	Potentielle d'hydrogène (pH)	49
4.2	La température (T°)	49
4.3	La conductivité Electrique (CE)	49
4.4	La salinité	49
4.5	TDS	49
4.6	La turbidité	50
4.7	Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TAC	50
4.8	Dosage du TH ou titre hydrotimétriques TH	50
4.9	Matière organique	50
4.10	Le nitrate (NO_3^-)	50
4.11	Le nitrite (NO_2^-)	50
4.12	Le chlorure (Cl^-)	50
4.13	L'ammonium (NH_4^+)	50
4.14	Le calcium (Ca^{2+})	51
4.15	Le magnésium (Mg^{2+})	51
4.16	Ortho phosphate (PO_4^-)	51

Conclusion

<i>Conclusion</i>	52
Références Bibliographiques	
<i>Références Bibliographiques</i>	54

Résumé

Une eau de source est une eau d'origine souterraine, protégée et microbiologiquement saine. Elle doit respecter dans son état naturel les caractéristiques de qualité microbiologique des eaux minérales naturelles ainsi que les caractéristiques de qualité physico-chimique des eaux destinées à la consommation humaine.

La qualité d'eau est un moyen de comprendre les caractéristiques chimiques, physiques et biologiques d'un échantillon d'eau pour déterminer dans quelle mesure il est sain pour boire, nager ou soutenir un écosystème.

La qualité des deux sources étudiées dans cette étude répondent aux normes algériennes de portabilité.

Mots-clés : eau de source, microbiologiquement , qualité d'eau , normes .

ملخص

مياه الينابيع هي مياه جوفية محمية وسليمة من الناحية الميكروبيولوجية. وفي حالتها الطبيعية، يجب أن تتوافق مع خصائص الجودة الميكروبيولوجية للمياه المعدنية الطبيعية وخصائص الجودة الفيزيائية الكيميائية للمياه المخصصة للاستهلاك الآدمي.

وجودة المياه هي طريقة لفهم الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لعينة المياه لتحديد مدى صلاحيتها للشرب أو السباحة أو دعم النظام البيئي.

تتوافق جودة المصدرين اللذين تمت دراستهما في هذه الدراسة مع المعايير الجزائرية لقابلية النقل.

الكلمات المفتاحية : مياه الينابيع , الميكروبيولوجية , جودة المياه , المعايير.

Abstract

Spring water is protected, microbiologically sound water of underground origin. In its natural state, it must respect the microbiological quality characteristics of natural mineral waters, as well as the physico-chemical quality characteristics of water intended for human consumption.

Water quality is a means of understanding the chemical, physical and biological characteristics of a water sample to determine how healthy it is for drinking, swimming or supporting an ecosystem.

The quality of the two springs studied in this study meets Algerian standards of portability.

Key words : Spring water , microbiologically , Water quality , standards .

Liste des figures

Figure n°01 : La molécule de l'eau. (Chelli et Djouhri, 2013)	4
Figure n°02 : Cycle de l'eau dans la nature (Vilagines, 2003).	4
Figure n°03 : Répartition des ressources d'eaux dans la planète (Papa, 2005).	7
Figure n°04 : les ressources de l'eau (Igor A, 1999)	8
Figure n°05 : Coliformes totaux (4)	13
Figure n°06 : Coliformes fécaux (4)	14
Figure n°07 : Streptocoques fécaux (4)	14
Figure n°08 : Spores anaérobies sulfito-réducteurs (AIT KACI ET HAMDI, 2008)	15
Figure n°09:Thermomètre électronique.	17
Figure n°10:Le PH-mètre.	18
Figure n°11:conductimètre.	19
Figure n°12:Turbidimètr	21
Figure n°13:Appareil de mesure la salinité	21
Figure n°14:Situation géographique d'El-Tarf.	25
Figure n°17:Carte des unités morphologiques dans la wilaya d'EL Taref. (Tridi C et far M , 2019)	29
Figure n°18:Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Tarf.	29
Figure n°19: Situation géographique des deux sources étudiées.	30
Figure n°20: La source Bouglez (Tridi C et far M ,2019).	31
Figure 21:La source de Melloul (Tridi C et far M , 2019).	31

Figure n°22:Laboratoire central des eaux d'Al-Tarf (Drici,2024) .	32
Figure n°23 : Variation de la température (c°)	34
Figure n°24 : Variation de potentiel en hydrogène (pH)	34
Figure n°25 : Variation de la conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	35
Figure n°26 : Variation de la salinité	36
Figure n°27 : Variation de solides dissous (TDS).	41
Figure n°28 : Variation de la turbidité.	42
Figure n°29 : Variation de la TAC.	42
Figure n°30 : Variation de la TH.	43
Figure n°31 : Variation de la matière organique.	44
Figure n°32: Variation de la nitrate (NO_3^-).	44
Figure n°33 : Variation de nitrite (NO_2^-).	45
Figure n°34 : Variation de chlorure (Cl^-)	46
Figure n°35 : Variation de l'ammonium (NH_4^+)	46
Figure n°36 : Variation de Calcium(Ca^{2+}) .	47
Figure n°37 : Variation de magnésium (Mg^{2+}).	48
Figure n°38 : Variation de phosphate (PO_4^{3-}).	49

Liste des tableaux

Tableau I. La réserve en eau de la terre (Bliefert et Perraud, 2008).	3
Tableau II: Les différents polluants de l'eau (Moilleron R., 2017).	12
Tableau III: Normes et Recommandation Pour La Qualité Bactériologique de L'eau potable (BERNE, 1972)	15
Tableau IV:: Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélométric turbidity unity).	20
Tableau V: Présentation récapitulatifs des résultats des analyses physico-chimique.	33

INTRODUCTION

Introduction :

On donne souvent le nom de « planète Bleue » à la terre car elle compte trois quarts de sa surface en eau (**Kherifi et Achi, 2016**).Ce dernier joue un rôle crucial dans le bon fonctionnement de tout écosystème, ainsi que dans les activités humaines (agriculture, industrie) et dans notre quotidien (usage domestique, loisirs).

Les eaux utilisées pour la nourriture humaine proviennent de diverses sources : les eaux souterraines, les eaux douces de surface (celles des ruisseaux, des rivières, des fleuves, des barrages, ou dans certains cas, par adoucissement des eaux de mer...) (**Christiane, 1999**).

La surface de la Terre est couverte par 72% d'eau, ce qui représente une réserve totale de 1350 milliards de km³ dans la biosphère. Depuis 3 milliards d'années, cette quantité est constante et stable.L'eau est constamment en train de se renouveler à l'échelle de la Terre (**Lelerc et al., 1977**).

L'eau peut également constituer une importante cause de maladie. Selon un rapport de l'OMS, cinq millions de nourrissons et d'enfants décèdent chaque année de maladies diarrhéiques causées par la contamination des aliments ou de l'eau de boisson contaminés (**Pulim, 1991**).La pollution de l'eau joue un rôle majeur dans la réduction des ressources en eau potable (**Aissaoui A, 2009**).

La qualité de l'eau est déterminée par divers phénomènes naturels et humains. Les caractéristiques des éléments et des composés chimiques de l'eau douce peuvent être affectées par divers processus naturels (hydrologiques, physiques, chimiques et biologiques).

En outre, diverses activités humaines peuvent altérer la qualité de l'eau, telles que l'utilisation industrielle, l'agriculture ou des projets d'ingénierie fluviale (**Chapman, 1996**). Le contrôle de la qualité de l'eau revêt une importance capitale pour la santé publique, car elle peut causer des dommages catastrophiques au sol, à l'organisme humain et même à la santé de l'ensemble de la population (**Roux, 1987**).

Pour vérifier la qualité d'une eau, il est essentiel de réaliser des analyses qui permettent de détecter la présence de gaz, de matières minérales et de matières organiques en suspension ou en solution, ainsi que l'éventuel présence de micro-organismes. L'origine naturelle de ces composants est la préservation des roches, du sol et de l'air, ainsi que de la vie humaine et animale.

Notre présentation du manuscrit est structurée en trois chapitres :

- **Chapitre 1:** Une synthèse bibliographique renferme des connaissances sur l'eau,
- **Chapitre 2:** donne un aperçu sur le cadre général de la zone d'étude, sa situation géographique, sa géologie et la faune et la flore de cette région.
- **Chapitre 3:** Résultats et discussion

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS SUR L'EAU

1. Généralités :

1.1 L'eau :

On considère généralement l'eau liquide (H_2O) comme une substance plutôt banale car elle est transparente, inodore, insipide et se trouve en abondance sur la terre (**Graini, 2011**).

- + Du point de vue chimique l'eau est un corps de formule H_2O , sa composition a été déterminée en 1783 par Lavoisier et Meusnier.
- + Du point de vue physique c'est un liquide incolore, inodore, sans saveur qui se solidifie à 0 °C et bout à 100 °C. Sous la pression atmosphérique normale à partir 120 °C l'eau se dissocier en hydrogène et en oxygène.
- + Du point de vue biologique l'eau est un constituant essentiel des cellules vivantes : animales, végétales et micro-organismes. Solvant de la plus grande partie de constitutions de la matière vivante, l'eau libre sert de milieu réactionnel pour tout le métabolisme d'où son extrême importance (**Encyclopédie, 1998**).

Tableau I. La réserve en eau de la terre (**Bliefert et Perraud, 2008**).

Domaine de l'hydrosphère	Volume de l'eau en (106 km ³)
Les mers	1370
La glace et la neige (pole entre autres)	29
Les nappes phréatiques	9.5
Eau de surface (lac et fleuves)	0.13
Atmosphère	0.013
Biosphère	0.0006

1.2 Composition de l'eau :

La molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H_2O . En tant que liquide, elle est considérée comme un solvant universel. L'eau se congèle à 0° C et sa température d'ébullition est 100°C, à cette température l'eau s'évapore. L'eau est un liquide sans odeur, sans couleur et sans goût (**Gerard, 1999**)

En effet, l'eau est un excellent solvant qui se charge en composé solides ou gazeux tout au long de son cycle, suivant les milieux (rivières, roches, atmosphère) dans laquelle elle circule.

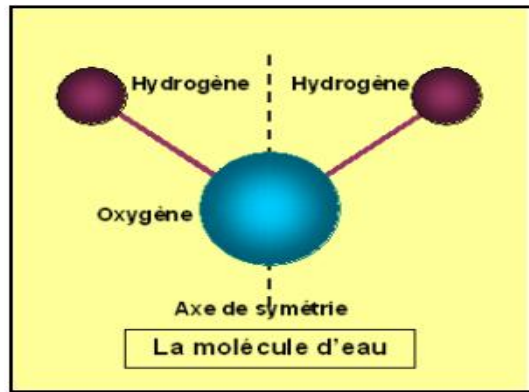


Figure n°01 : La molécule de l'eau. (Chelli et Djouhri, 2013)

1.3 Cyclehydrologique de l'eau :

Le cycle de l'eau, appelé aussi cycle hydrologique, est l'ensemble des cheminements que peut suivre une particule d'eau. Ces mouvements, accompagnés de changements d'état, peuvent s'effectuer dans l'atmosphère, à la surface du sol et dans le sous-sol. Chaque particule n'effectue qu'une partie de ce cycle et avec des durées très variables : une goutte de pluie peut retourner à l'océan en quelques jours alors que sous forme de neige, en montagne, elle pourra mettre des dizaines d'années (Laborde, 2000).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement $\frac{1}{4}$ pénètre, $\frac{1}{4}$ ruisselle, quant au $\frac{1}{4}$ restants, il s'évapore à son tour (Vilagines, 2003).

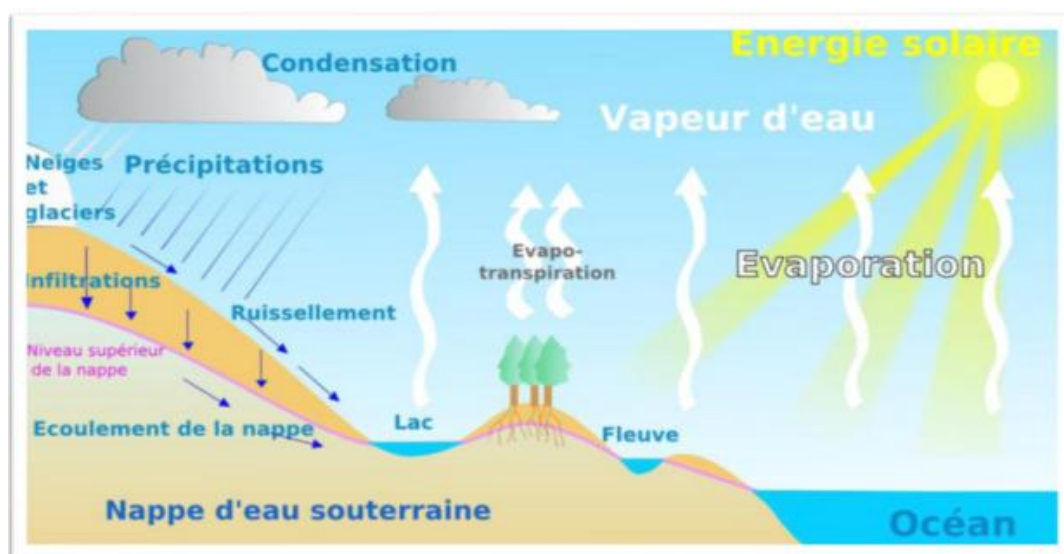


Figure n°02 : Cycle de l'eau dans la nature (Vilagines, 2003).

Le cycle de l'eau se décompose en plusieurs étapes et résumé comme suites :

1.3.1 Evaporation :

Grâce à l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère en se débarrassant de son sel et de ses impuretés. L'évaporation peut également provenir de la terre, nous parlerons alors d'évapotranspiration. C'est un phénomène qui transforme en vapeur d'eau les eaux des rivières, des lacs, des sols, des animaux, des hommes et surtout de la végétation. Cette vapeur d'eau viendra ensuite s'accumuler dans les nuages, de la même manière que l'évaporation des mers et océans (**Site internet1**).

1.3.2 Condensation :

Est la seconde étape du cycle de l'eau. Cette étape est aussi appelée liquéfaction. La vapeur d'eau va rencontrer un air plus froid et va donc se transformer en gouttelettes. Les gouttelettes d'eau s'accumulent sous la forme de nuages. Soit l'eau tombe sous forme de pluie, soit elle tombe sous forme de neige avec la troisième étape qui est la solidification (**Site internet2**).

1.3.3 Précipitation :

Sous l'impulsion des vents, les nuages se déplacent dans l'atmosphère. Lors d'un changement climatique et par effet de gravité, les nuages s'alourdissent et retombent sur le sol sous forme d'eaux pluviales, de grêle ou de neige. 79 % des précipitations tombent sur les océans, les 21 % restants tombent sur la terre puis viennent alimenter les nappes phréatiques, soit par infiltration, soit par ruissellement.

Les eaux de pluie qui pénètrent dans le sol par infiltration peuvent stagner jusqu'à des milliers d'années avant de retourner dans les océans. Un peu moins de la moitié des précipitations vont servir à recharger les nappes souterraines, le reste repart en évaporation. L'eau qui ne parvient pas à s'infiltrer directement dans le sol, ruisselle le long des pentes pour se jeter ensuite dans les lacs et les rivières. Cette eau suivra leurs cours pour rejoindre les mers et les océans.

Toutes les eaux issues du ruissellement (ruisseaux, rivières, fleuves, lacs) sont appelées cours d'eau de drainage (**Site internet1**).

1.3.4 Ruissellement :

La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltré dans le Sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources) ou ruisselle

pour aller grossir les rivières qui à leur tour, vont alimenter les océans. Et le cycle recommence (Chelli et Djouhri, 2013).

1.4 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau diffère naturellement selon le lieu, la saison, et les divers types de roches et sols dans lesquels elle se déplace.

Même si l'eau est claire, elle n'est pas forcément sûre à consommer. Il est important d'évaluer la salubrité de l'eau en prenant en compte les trois types de paramètres suivants :

- ✚ Microbiologique ; bactéries, virus, protozoaires et helminthes (vers)
- ✚ Chimique ; minéraux, métaux, produits chimiques et pH
- ✚ Physique ; température, couleur, odeur, goût et turbidité

Une eau de boisson salubre doit avoir les paramètres microbiologique, chimique et physique suivants :

- ✚ Sans agent pathogène (un agent pathogène est un organisme vivant provoquant une maladie. Parmi les agents pathogènes couramment présents dans l'eau de boisson, on trouve des bactéries, des virus, des protozoaires et des helminthes).
- ✚ Faibles concentrations en produits chimiques toxiques
- ✚ Claire
- ✚ Insipide, inodore et incolore (pour des raisons esthétiques)

La qualité microbiologique est habituellement la principale préoccupation car les maladies infectieuses provoquées par les bactéries, virus, protozoaires et helminthes pathogènes sont les risques sanitaires associés à l'eau de boisson les plus répandus. Seuls quelques produits chimiques ont entraîné des effets sanitaires à grande échelle chez les personnes buvant une eau qui en contient des quantités excessives. Parmi ceux-ci on trouve le fluorure, l'arsenic et les nitrates (CAWST, 2013).

1.5 Ressources en eaux :

Les réserves disponibles en eau naturelle sont constituées d'eaux souterraines (nappe souterraines) des eaux terrestres (barrage, lacs, rivière), des eaux de surface, et eaux de mer (Hadeef D. et Hasni M., 2017).

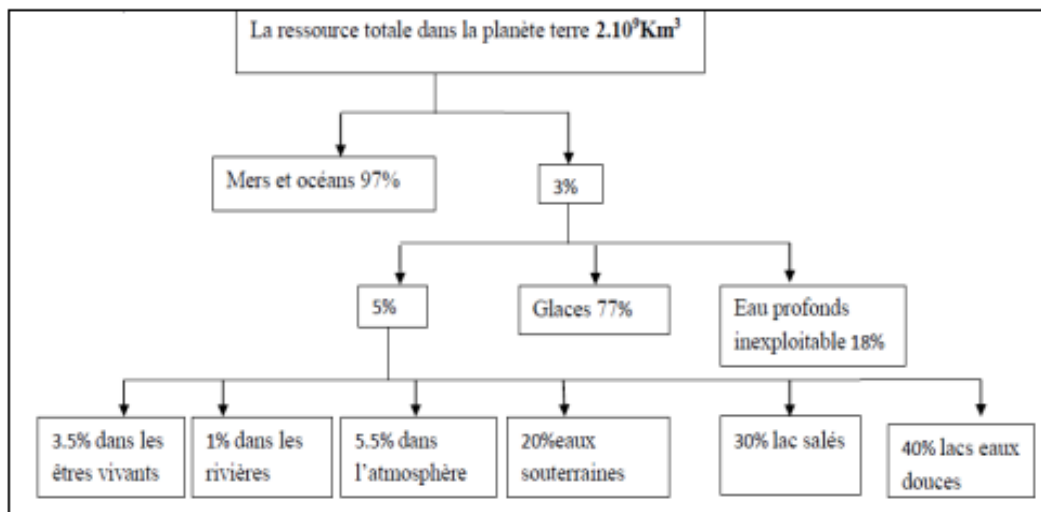


Figure n°03 : Répartition des ressources d’eau dans la planète (Papa, 2005).

1.5.1 Les eaux de surface :

Les eaux de surface sont constituées par les eaux de mer, des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers. Il s’agit d’une masse d’eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement **(Debabza, 2005)**.

Cette source est caractérisée par des pollutions microbiennes et chimiques maximales. C’est la raison pour laquelle elles sont l’objet d’un classement SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE 6 permettant théoriquement d’éliminer les plus contaminées et de sélectionner les plus pures d’entre-elles pour en faire des eaux d’alimentation. Ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de populations ou très industrialisées **(Vierling, 2003)**.

1.5.2 Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante **(Chelli et Djouhri, 2013)**.

Comme elle se caractérise par une contamination bactérienne faible, car elle est habituellement à l’abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée **(Degremon, 2005)**.

1.5.3 Eaux des mers et océans :

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97.4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraines et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi «eaux saumâtres», ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (Salghi, 2015).



Figure n°04 : les ressources de l'eau (Igor A, 1999)

1.6 Potabilité de l'eau :

L'eau potable est considérée comme une eau de consommation qui est adaptée et destinée à la consommation humaine soit à la boisson, à la cuisson ou à la préparation d'aliments et à d'autres usages domestiques, quelles que soit leur origine et qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir de citernes, en bouteille ou en conteneur (Perry, 1984), Une eau est dite potable qui n'offre pas d'inconvénients pour la santé du consommateur (Freddy, 2010).

On pourrait dire, qu'une eau destinée à la consommation humaine doit :

- + être raisonnablement minéralisée,
- + être raisonnablement colorée et limpide,

- ✚ assurer de ne pouvoir nuire à la santé,
- ✚ assurer de ne pas voir ses qualités altérées par le temps, ou les conditions de son transport (**Alouane, 2011**).

1.6.1 Eaux du robinet :

Ces eaux proviennent de captage d'eaux superficielles (cours d'eau, lac... etc.), de nappes ou de sources souterraines. Ces eaux subissent plusieurs traitements avant leur distribution (**Soumare, 1997**).

1.6.2 Eaux embouteillées :

Elles doivent provenir de nappes souterraines très protégées et mises à l'abri de toute souillure, Elles sont mises dans des bouteilles en plastique ou en verre (**Traore, 1996**).

1.7 Importance de l'eau :

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique et dans l'activité humaine. Elle participe à toutes les activités quotidiennes et est impliquée aussi dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (**Kirkpatrick et Fleming, 2008 ; Laidani et al, 2009**).

L'eau est le principal constituant des cors humains, la quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65%, ce qui correspond à environ 45 litre d'eau pour une personne de 70 Kilogrammes. Outre d'être le constituant des cellules, l'eau remplit les fonctions :

- Participe aux nombreuses réactions chimique dans le corps humain
- Assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux cellules
- Permet l'élimination des déchets métaboliques.
- Aide au maintien d'une température constante à l'intérieure du corps (**Monod, 1989**)

2. Pollution de l'eau :

La contamination de l'eau se produit lorsque des substances étrangères telles que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres sont présentes dans l'eau. La qualité de l'eau est altérée par ces substances et corps étrangers, ce qui la rend impropre aux usages désirés.

Pollution de l'eau désigne toute altération chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a des conséquences néfastes sur les organismes vivants qui la consomment. Lorsque les individus consomment de l'eau contaminée, cela entraîne généralement des répercussions graves sur leur bien-être. La contamination de l'eau peut également rendre l'eau inutile pour l'utilisation souhaitée. **Boucherit et Hakimi (2016).**

2.1 Origines de pollution de l'eau :

L'expansion et l'intensification des activités humaines sont à l'origine de l'accroissement de la dispersion des polluants dans les milieux naturels. Les polluants sont émis dans l'environnement sous forme de gaz et de substances dissoutes ou particulaires. Ils atteignent les milieux aquatiques par des voies diverses telles que les retombées atmosphériques, le ruissellement, le lessivage des sols ou le déversement direct des déchets **(Chibani, 2009).**

2.1.1 Pollution domestique :

Elle est liée à l'utilisation de l'eau par les habitants.

L'utilisation de l'eau pour les besoins domestiques mène à deux types d'eaux usées :

- ✚ Les eaux de toilettes : elles sont riches en matière organique issues des déjections. C'est une source de pollution des cours d'eau en carbone, en phosphore ou en nitrate. Par les urines, une certaine partie des médicaments consommés peuvent également se retrouver dans les égouts. Enfin, ces eaux sont source de pollution bactériologique.
- ✚ Les eaux ménagères : elles contiennent entre autres des détergents, des résidus organiques, des solvants, des parfums ou bien encore des adoucissants **(Site internet3).**

2.1.2 Pollution agricole :

Les élevages produisent un excédent de déjections qui peuvent se retrouver dans les cours d'eau ou les nappes souterraines via le ruissellement et l'infiltration. Cet apport constitue une pollution azotée et bactériologique.

Les produits phytosanitaires, aussi appelés pesticides, s'accumulent dans les nappes et dans les sols, et polluent les cours d'eau.

Les engrais chimiques azotés et phosphorés sont entraînés par lessivage et impactent la qualité des cours d'eau et nappes souterraines **(Site internet3).**

2.1.3 Pollution industrielle :

Si la pollution domestique des ressources en eau est relativement constante, les rejets industriels sont, au contraire, caractérisés par leur très grande diversité (**Gerard, 1999**).

Selon le type d'industrie on distingue diverses matières polluantes :

- + Matières organiques et graisses (abattoirs, industrie agroalimentaires...).
 - + Hydrocarbures (industrie pétrolières, transports).
 - + Métaux (traitements de surface, métallurgie).
 - + Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
 - + Eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
 - + Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)
- (**Boucherit et Hakimi, 2016**).

2.1.4 Pollution urbaine :

En milieu urbain les sources de pollution sont facilement identifiables, ce sont essentiellement les eaux pluviales, les résidus de traitement de la pollution domestique ainsi que les résidus de traitement des ordures managers. Elle est caractérisée par :

- + Une teneur importante de matières minérale en suspension (sable, gravier, poussière).
- + La présence de nombreux détritiques solides.
- + Des fortes concentrations en toxiques et hydrocarbures provenant essentiellement des lavages des parkings, résidus d'échappement des véhicules, résidus de corrosion des équipements métalliques (**Boucherit et Hakimi, 2016**).

2.2 Les principaux polluants :

2.2.1 Les polluants physiques :

La pollution physique est due à la présence de matières en suspension parfois de colloïdes, elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée (**Leroy, 1999**).

2.2.2 Les polluants organiques :

La pollution organique est la plus répandue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, laiteries, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries (**Liu, 1997**).

2.2.3 Les polluants chimiques :

La pollution chimique peut avoir de nombreuses sources : domestique, agricole, industrielle. Elle concerne différents types de composés tels que les fertilisants, les métaux et

métalloïdes, les pesticides, les hydrocarbures ou bien encore les organochlorés. Les hydrocarbures tels que le pétrole sont dégradables. Toutefois, s'ils sont présents en forte quantité, ils peuvent avoir des effets toxiques sur la faune et la flore aquatique (3).

2.2.4 Les polluants microbiologiques :

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites. Le réservoir majeur des bactéries responsables des maladies à transmission hydrique se trouve à l'appareil digestif de l'homme et des animaux. L'élimination de ces bactéries par les matières fécales contamine les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface (Boucenina, 2018).

Tableau II: Les différents polluants de l'eau (Moilleron, 2017).

Type de pollution	Nature	Sources
Physique pollution thermique radioactive	rejets d'eau chaude radio-isotopes	centrales thermiques installations nucléaires
Matières organique	Glucides, lipides, protides Ammoniac, nitrates	Effluents domestiques, agricoles élevages et piscicultures
Chimique fertilisants métaux et métalloïdes pesticides Organochlorés Composés organique de synthèses détergents hydrocarbures	Nitrates, phosphates Hg, Cd, Pb, Al, As insecticides, herbicides PCB, solvants Nombreuses molécules Agents tensio-actifs Pétrole et dérivés	agriculture, lessives industries, pluie acides. industries effluents domestiques industries pétrolière, transport
Microbiologique	Bactérie, virus, champignon	Effluents urbains et d'élevage

3. Principaux germes d'eau :

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies et aéro-anaérobie facultatifs, capables de former des colonies de taille et de formes différentes dans un milieu de culture nutritif gélosé après incubation à 30°C pendant 72h (TOURAB, 2013).

3.1 Les coliformes :

Les coliformes sont des micro-organismes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* que nous retrouvons partout dans notre environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux (Rodier, 2009).

3.1.1 Coliformes totaux :

Les coliformes appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Le terme « coliforme » correspond à des microorganismes en bâtonnets, aéro anaérobies facultatifs, Gram négatif, non sporulant, oxydase négatif, capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés inhibitrices et capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C (RODIER, 2005).



Figure n°05 : Coliformes totaux (4)

3.1.2 Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Eschericia Coli* (Hacene, 2016).



Figure n°06 : Coliformes fécaux (4)

3.2 Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont un sous-groupe des streptocoques, en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (OMS, 2004).



Figure n°07 : Streptocoques fécaux (4)

3.3 Clostridium Sulfito-Réducteurs :

Les Clostridium Sulfito-Réducteurs sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, elles sont souvent considérées comme des témoins de contamination fécale ancienne ou intermittente (Bordjah, 2011).

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolées ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des Clostridium Sulfito-Réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (Bourgeois, 1996).



Figure n°08 : Spores anaérobies sulfito-réducteurs (AIT KACI ET HAMDI, 2008)

Tableau III: Normes et Recommandation Pour La Qualité Bactériologique de L'eau potable
(BERNE, 1972)

<u>Paramètres bactériologiques</u>	<u>Unités</u>	<u>Recommandation (OMS)</u>
Germes totaux	Germe/ml	100
Coliformes fécaux	Germe /100ml	0
Streptocoques fécaux	Germe /100ml	0
Clostridium sulfite réducteurs	Germe /20ml	0

4. Qualité de l'eau :

4.1 9.1. Qualité organoleptique :

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

4.1.1 Couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

4.1.2 Odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- ✚ L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- ✚ La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.

4.1.3 Goût et saveur :

- ✚ Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et desensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.
- ✚ La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs.

4.2 Qualité physico-chimique :

4.2.1 Qualité physique :

4.2.1.1 La température (T) :

Le rôle de la température de l'eau est crucial, par exemple, pour la solubilité des sels et des gaz, dont l'oxygène indispensable à l'équilibre de la vie aquatique. De plus, les vitesses des réactions chimiques et biochimiques augmentent d'un facteur 2 à 3 lorsque la température augmente de 10 degrés Celsius (°C). Ainsi, la température de l'eau augmente également l'activité métabolique des organismes aquatiques.

Le confort des utilisateurs est également influencé par la température de l'eau. De plus, elle offre la possibilité de rectifier les paramètres d'analyse dont les valeurs sont associées à la température (notamment la conductivité).

En outre, l'observation de différences de température de l'eau sur un milieu permet d'obtenir des informations sur l'origine et le débit de l'eau.

Selon l'OMS, la température recommandée dans l'eau potable se situe entre 12 et 25°C. Il en va de même pour la plage de la norme algérienne.

On mesure la température à l'aide d'un thermomètre électronique.



Figure n°09: Thermomètre électronique.

4.2.1.2 Potentiel hydrogène :

La concentration en ions H^+ de l'eau est mesurée par le pH (potentiel Hydrogène). Le pH de neutralité est donc la balance entre acide et base, avec une échelle de 0 à 14,7. Ce paramètre définit de nombreux équilibres physicochimiques et est influencé par de nombreux facteurs, y compris l'origine de l'eau.

Le coefficient du potentiel hydrogène (PH) est utilisé pour évaluer l'acidité ou la basicité d'une eau. Une eau est acide lorsqu'elle a un pH inférieur à 7, et basique lorsqu'elle a un pH supérieur à 7.

Un pH en dessous de 7 peut entraîner la corrosion des conduites métalliques. Plus de 8, cela conduit à une réduction de l'efficacité du processus de désinfection au chlore et peut entraîner des dépôts incrustants dans les circuits de distribution, ce qui peut entraîner :

Le PH c'est le potentiel-hydrogène est le logarithme décimal de la concentration des ions de H_3O^+ .

$$\text{PH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

La mesure du PH est une considération importante en ce qui concerne la détermination de l'action corrosive de l'eau et l'évaluation des pratiques de traitement d'eau au niveau des procédés industriels.

- Si PH = 7 solution neutre.
- Si PH < 7 solution acide.
- Si PH > 7 solution basique.

On utilise généralement l'électrode de verre pour mesurer le pH des eaux. En raison de sa non-modification de l'équilibre ou des concentrations gazeuses, elle est également insensible aux groupes oxydoréductions.

Selon l'OMS, la norme de pH dans l'eau potable varie de 6,5 à 8,5. Selon la norme Algérienne, il se situe entre 6,5 et 9,5.

Il est impératif de mesurer le pH sur le terrain en utilisant un pH-mètre ou en utilisant une colorimétrie.



Figure n°10: Le PH-mètre.

4.2.1.3 La conductivité électrique :

La conductivité est un indicateur de la capacité de l'eau à transmettre le courant entre deux électrodes. La majorité des substances dissoutes dans l'eau sont des ions électrons chargés. La conductivité est donc utilisée pour évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est aussi influencée par la température de l'eau : elle augmente avec la température. Il est donc nécessaire de présenter les résultats de mesure en utilisant une conductivité équivalente à 25°C. En général, les appareils de mesure sur le terrain réalisent cette conversion de manière automatique.

Si les eaux usées contiennent une grande quantité de matière organique, la conductivité ne permettra pas nécessairement d'avoir une idée précise de la charge du milieu.

Dans d'autres situations, elle permet de déterminer rapidement le niveau de minéralisation d'une eau et d'évaluer le volume d'échantillon requis pour certaines analyses chimiques.

Selon l'OMS, la conductivité dans l'eau potable doit être de 400 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), tandis que les normes algériennes sont de 2800 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).



Figure n°11:conductimètre.

4.2.1.4 La turbidité :

L'eau présente une turbidité, c'est-à-dire sa capacité à diffuser ou à absorber la lumière incidente. Ainsi, la turbidité joue un rôle essentiel dans la couleur de l'eau.

La présence de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques dans l'eau entraîne la turbidité. De cette manière, plus une eau contient de biomasse phytoplanctonique ou de particules sédimentaires, plus elle obtient une texture turbidité.

La turbidité constitue-t-elle un risque pour la santé?

Le risque pour la santé est difficile à évaluer, car les particules responsables de la turbidité sont très diverses. Les particules elles-mêmes ne présentent généralement pas de danger pour la santé, mais plutôt des effets des particules en suspension sur la désinfection de l'eau. En outre, des changements dans la turbidité peuvent témoigner d'un éventuel problème et mettre en évidence une nouvelle source de contamination de l'eau.

Les niveaux de turbidité sont plus élevés dans les eaux de surface et de puits peu profonds. Souvent, elles renferment des substances organiques et des micro-organismes. Les particules en suspension dans l'eau turbide sont adhérentes par les micro-organismes, ce qui empêche la désinfection adéquate de l'eau et peut accroître les risques de maladies gastrointestinales.

Les substances organiques peuvent favoriser la création de sous-produits potentiellement nocifs. Les particules ont également la capacité de transporter d'autres éléments dans le corps, tels que des métaux tels que le plomb.

L'eau souterraine de puits profonds présente une faible turbidité, elle est principalement d'origine inorganique et ne présente généralement pas de danger pour la santé.

Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for Testing Material) qui considère que les trois unités suivantes sont comparables :

Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Selon l'OMS, la valeur maximale de la turbidité dans l'eau potable est de 5 (NTU), ce qui correspond à la même valeur pour les normes en Algérie.

Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétrie) :

Tableau IV: Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélobimétrie).

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble



Figure n°12:Turbidimèt

4.2.1.5 Salinité :

L'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau est la salinité. La quantité de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau est représentée. Un composé cristallin ionique ou solide ionique est composé de cations (ions chargés positivement) et d'anions (ions chargés négativement) qui sont régulièrement disposés dans l'espace. Dans l'ensemble, un cristal ionique présente une neutralité électrique. La formule statistique de chaque solide ionique cristallin précise la nature et la proportion des ions présents sans en faire mention.



Figure n°13:Appareil de mesure la salinité

4.2.2 Qualité chimique

4.2.2.1 Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants présents dans les eaux naturelles à des concentrations différentes, principalement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). On les utilise fréquemment comme un indicateur de pollution. Leur impact sur la faune et la flore aquatiques et sur la croissance des végétaux est important.

Selon l'OMS, la valeur maximale de chlorures dans l'eau potable est de 500 (mg/l), ce qui correspond à la même valeur pour les normes en Algérie.

4.2.2.2 Dureté totale (TH) :

Le titre hydrotimétrique, également connu sous le nom de TH, est un indicateur global de la minéralisation de l'eau. La somme des cations métalliques, à l'exception des métaux alcalins (Na, K), est appelée cation.

Selon l'OMS, la dureté totale dans l'eau potable est fixée à 200 (mg/CaCO₃), ce qui correspond à la même valeur pour les normes en Algérie.

La valeur du TH de l'eau peut être interprétée de la manière suivante (**Brémaud, 2006**)

- $0 < TH < 6^{\circ}F$ = eau très douce
- $6 \leq TH < 15^{\circ}F$ = eau douce
- $15 \leq TH < 30^{\circ}F$ = eau moyennement dure
- $30 \leq TH < 40^{\circ}F$ = eau dure
- $TH > 40^{\circ}F$ = eau très dure

4.2.2.3 Titre alcalimétrique (TA) :

La concentration en carbonates (CO₃²⁻) et en bases fortes d'une eau est mesurée par le titre alcalimétrique (TA), c'est-à-dire son alcalinité.

Ce titre est exprimé en °f : 1°f = 3,4 mg/L d'ion hydroxyde (HO⁻) ou 6 mg/L d'ion carbonate, ou 12,2 mg/L d'ion hydrogénocarbonate (HCO₃⁻).

4.2.2.4 Titre alcalimétrique complet (TAC) :

La mesure de l'alcalinité de l'eau (carbonates alcalins, hydrogénocarbonates et total des hydroxydes) est effectuée par le Titre Alcalimétrique complet (TAC).

Le pouvoir tampon de l'eau est défini comme la capacité d'un produit acide ou basique à influencer le pH de l'eau. À mesure que le TAC augmente, il devient plus compliqué de

modifier le pH de l'eau. De cette manière, les alcalinités garantissent la protection des métaux contre la corrosion, ce qui entraîne une détérioration des installations en raison d'une alcalinité trop faible.

4.2.2.5 Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium se situe en deuxième position après le calcium, devant le sodium et le potassium. Les teneurs dans l'eau peuvent être élevées en raison de sa provenance de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium (magnésite et dolomite). En raison de son abondance géologique (2,1 % de l'écorce terrestre) et de sa solubilité.

Selon l'OMS, la valeur minimale de magnésium dans l'eau potable est de 50 (mg/l). Selon la norme Algérienne, il est de 100 (mg/l).

4.2.2.6 Calcium (Ca^{2+}) :

Dans la nature, le calcium est un métal alcalino-terreux qui présente une grande réactivité, notamment dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Le calcium joue un rôle essentiel dans la dureté totale de l'eau, et il est généralement l'élément principal des eaux potables.

Il est principalement présent sous forme d'hydrogénocarbonates et en moindre quantité sous forme de sulfates, de chlorure, etc.

Les eaux de bonne qualité contiennent entre 250 et 350 mg/l, tandis que les eaux supérieures à 500 mg/l entraînent des désavantages importants pour les usages domestiques et l'alimentation des chaudières.

Selon l'OMS, la valeur minimale de calcium dans l'eau potable est de 100 (mg/l). Selon la norme Algérienne, il est de 200 (mg/l).

5. L'importance des valeurs de l'OMS :

Les Lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'eau potable sont la quatrième édition des Lignes directrices de l'OMS pour la qualité de l'eau potable, qui reposent sur plus de 50 ans d'orientations visant à établir des réglementations et des normes nationales pour assurer la sécurité de l'eau.

Chaque année, 1,8 millions de personnes meurent de choléra, de dysenterie, de dracunculose, de typhoïde et de vers intestinaux en raison de la mauvaise qualité de l'eau, dont 1,6 millions d'enfants de moins de 5 ans.

L'eau potable provient de différentes sources naturelles telles que les eaux souterraines, les eaux de surface (lac, rivière,..) ou l'eau de mer. L'Organisation mondiale de la santé, l'Union européenne ou le ministère algérien des ressources en eau ou le ministère d'économie établissent les normes de l'eau potable.

Il est essentiel que l'eau potable soit dépourvue de substances en suspension, de micro-organismes et de produits toxiques. Les recommandations concernant les teneurs en minéraux diffèrent d'un pays à l'autre, mais la plupart des minéraux ont une teneur maximale pour assurer une eau équilibrée et plaisante à boire.

L'eau joue un rôle crucial dans la survie et la santé de la population. Elle est associée aux caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de leur alimentation. Les normes de potabilité sont établies en se basant sur les recherches scientifiques qui ont démontré les conséquences néfastes sur la santé des éléments physico-chimiques à partir d'une concentration maximale à empêcher. Pour des raisons de sécurité, la valeur de la norme sera considérablement inférieure à cette dose, afin d'éviter toute pathologie, même si le seuil est dépassé.

L'Algérie s'est fondée sur les standards internationaux afin de créer ses propres normes. On peut affirmer que c'est une combinaison de divers standards qui existent à l'échelle mondiale.

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODE

(CADRE GÉNÉRAL DE LA ZONE D'ÉTUDE)

1. Situation géographique d'El-Tarf :

La wilaya d'El-Taref est située à l'extrême nord-est de l'Algérie à la frontière tunisienne. Elle est délimitée :

Au nord, par la mer méditerranée. A l'est, par la Tunisie.

Au sud, par la wilaya de Souk-Ahras. A l'ouest par la wilaya d'Annaba et Guelma.

La wilaya s'étend sur une superficie de 3339 km² et le chef lieu de la wilaya se situe à 650 km à l'est de la capitale.

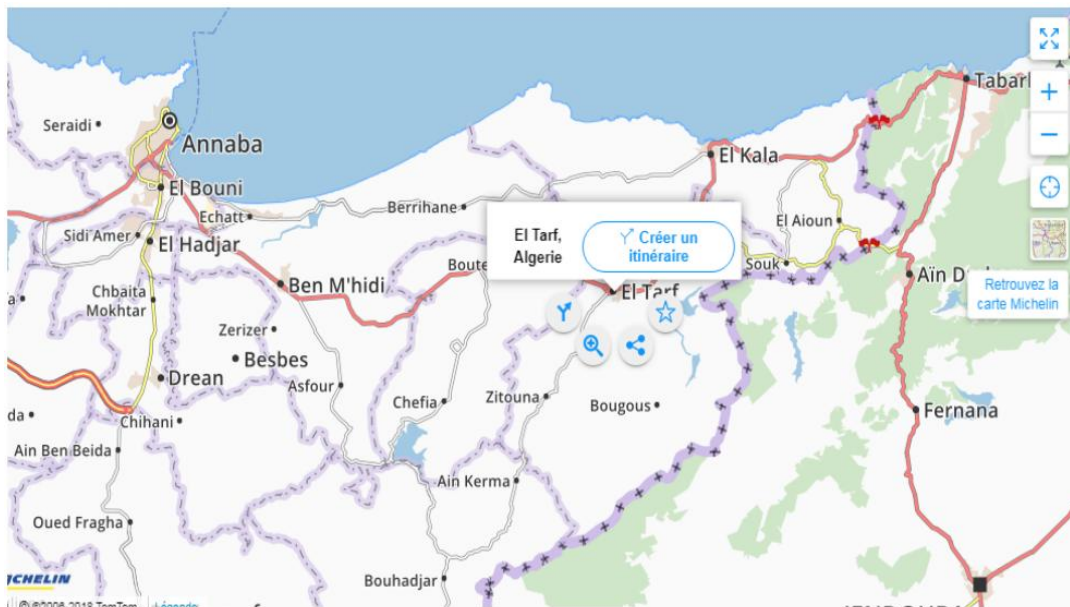


Figure n°14: Situation géographique d'El-Tarf.

2. La situation géographique du massif dunaire de Bouthelja :

La zone d'étude se localise dans la partie orientale de l'Algérie, à l'extrême Est de la plaine alluviale d'Annaba. Elle se situe dans le territoire de la wilaya d'El Tarf, répartie sur les communes de Bouthelja et Berrihane. Elle fait partie du bassin versant de la Mafragh d'une superficie d'environ 2660 Km². Dans ses parties sud et est, cette zone est ceinturée par une zone montagneuse typique du tell algérien.

Le système se compose essentiellement d'une plaine alluviale résultant des dépôts de l'oued Kebir Est et de ses affluents sur une superficie de 40 Km² et d'un massif dunaire d'une superficie d'environ 160 Km² et limité :

- Au Nord par la mer Méditerranéenne.

- Au Sud par la plaine de Boutheldja.
- A l'ouest par la Mafragh
- A l'Est par le massif du Cap Rosa.

3. Aperçu géologique:

Les travaux sur la géologie de la région de Boutheldja ont mis en évidence la structure profonde des formations géologiques et leur litho stratigraphie. La région d'étude est limitée à l'Ouest par les massifs cristallins (schistes, gneiss, cipolins) des monts de l'Edough, à l'Est et au Sud par les formations grés – argileuses des monts de Cheffia et la région de la Calle. La présence des grés numidiens forme l'ensemble des massifs.

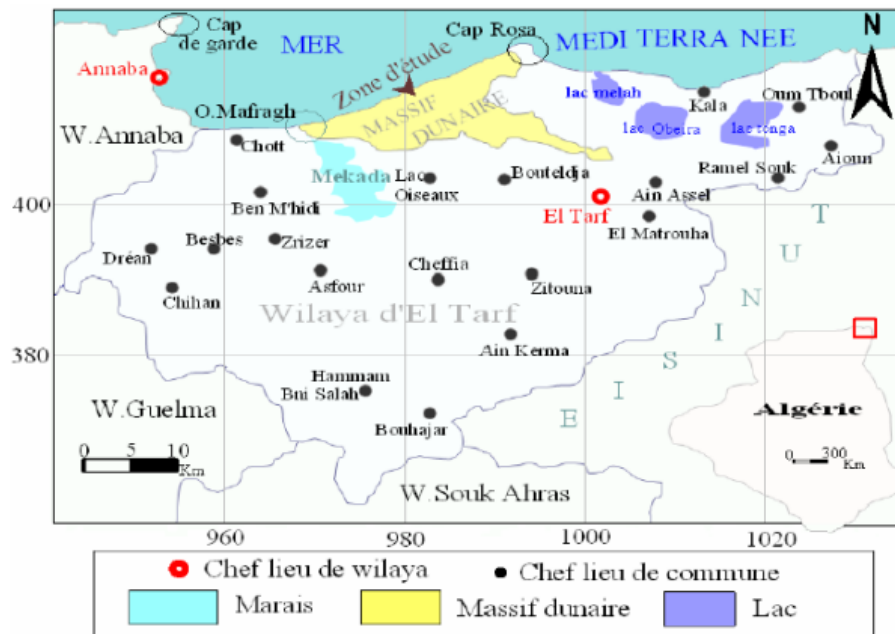


Figure n°15:Extrait de la carte géologique de l'extrême Nord-Est Algérien

(D'après J.M.VILA, 1978)

4. Géologie des dunes:

Les dépôts du matelas dunaire résultent de l'érosion des paléo reliefs argilo - gréseux et gneissiques qui ont été ravinés par les cours d'eau conduisant une grande quantité de matériels détritiques vers la mer, dont la composition est très variée (éboulis argileux, sable gros homogène à lentilles argileuses).

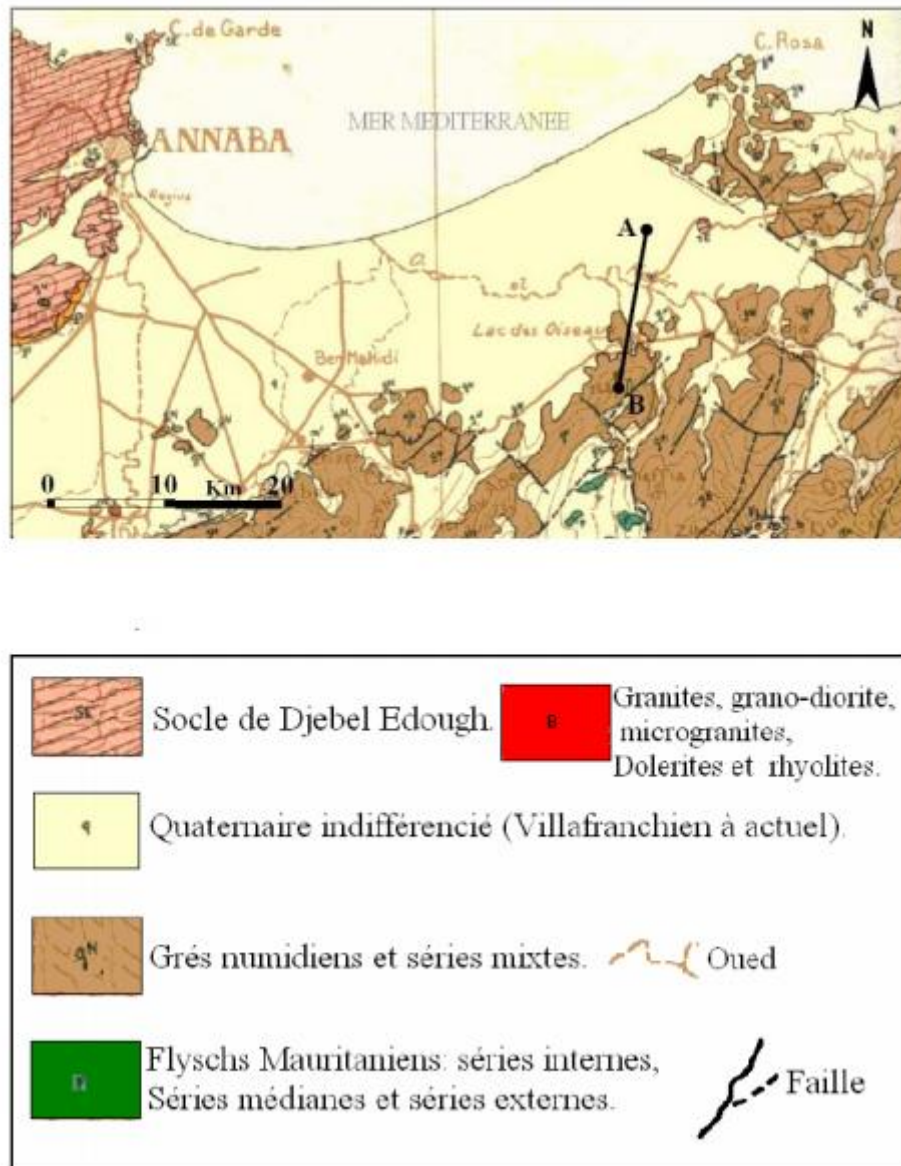


Figure n°16 : Coupe géologique schématique dans le massif dunaire de Bouthelja

5. Caractéristiques géomorphologiques:

La géomorphologie de la région d'étude (Figure 14) est caractérisée par une formation Quaternaire dominant la partie aval au Nord – Est et au Nord – Ouest.

Le massif dunaire est un cordon dunaire qui est localisé au Nord de la plaine alluviale de Bouthelja, il est caractérisé par une grande extension en contact avec la mer Méditerranée, il s'étend jusqu'aux pieds des djebels Bourdim et Hajar Siah à l'Est.

Les différentes unités géomorphologiques qui constituent notre région d'étude seront détaillées dans le présent chapitre. **Tridi C et far M .(2019)**

5.1 Le complexe alluvial de la vallée de l'oued El KébirEst:

Il est caractérisé par une série de terrasses à faciès hétérogènes (de sables, graviers, limons et surtout d'argiles).

5.2 Les marécages et les lacs :

Leur présence est liée aux différentes phases d'assèchement des zones lacustres de l'Algérie orientale durant le Quaternaire.

Ils sont dus principalement à la réduction progressive des surfaces lacustres avec un remplissage alluvionnaire intensif des zones avales, de nombreux oueds tributaires du bassin comblés surtout au niveau des dépressions internes par les transports solides des différents oueds. Les marécages de Mekada Mohacène et le lac des oiseaux, développés dans la basse vallée d'El Kébir Est, forment un delta commun aux principaux oueds drainant la région.

5.3 Les oueds :

Le principal oued est l'oued Bounamoussa à l'Ouest et El Kébir Est à l'Est, ces deux grands cours d'eau rejoignent la mer à l'embouchure sous le nom de la Mafragh (exutoire unique). **Tridi C et far M (2019) .**

5.4 Les montagnes :

Les montagnes de la Cheffia surplombent la partie avale du bassin formant une barrière Est – Ouest. Leurs altitudes avoisinent les 450 m, avec la présence des massifs de 700 à 900 m d'altitude (djebel Bled Gherfie 996 m) à l'Ouest, et djebel Rhona 1202 m à l'extrême Est (frontière Algéro – Tunisienne)

Les monts de la Cheffia sont caractérisés par les grés de la nappe Numidienne qui constituent le principal affleurement.

5.5 Les collines :

Elles se sont développées à la limite des plaines, au niveau des terrasses déprimées. Au Nord – Est de Bouteldja, les collines sont représentées par le Hadjar Siah et Djebel Bourdim avec des altitudes respectives de 175 et 177 m. Elles sont dominées par un faciès argilo - gréseux Numidiens qui forment une limite étanche à la formation sous-jacente.

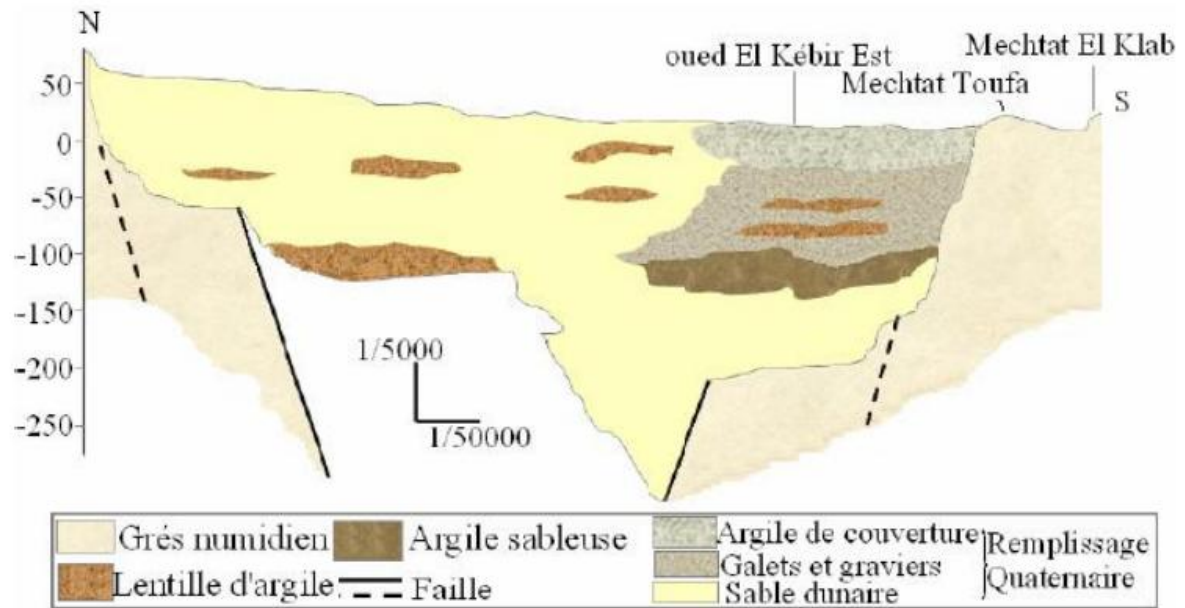


Figure n°17: Carte des unités morphologiques dans la wilaya d'EL Taref. (Tridi C et far M , 2019)

6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Tarf :

Publié par ElhachmiArour |

Carte du réseau hydrographique (Image JPEG).

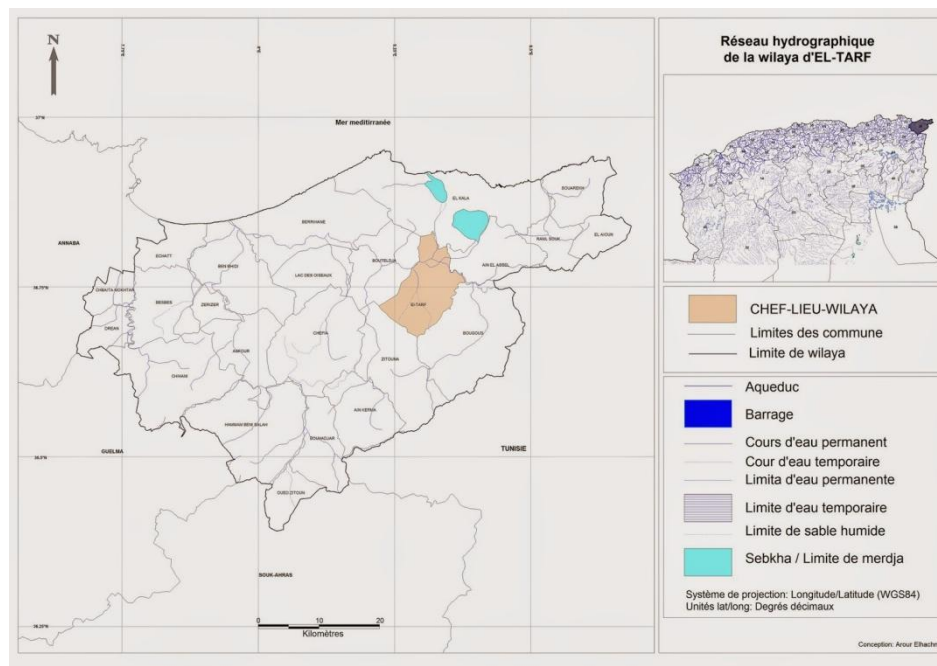


Figure n°18: Carte du réseau hydrographique de la wilaya d'El Tarf.

D'après la présentation géologique, tectonique et structurale de notre région d'étude, il ressort que :

Le Quaternaires est représenté sur une grande majorité des terrains dans la région. Le processus de sédimentation est le résultat des cycles de transgression et régression constitue un matériel de remplissage avec une importance hydrogéologique.

Les argiles et les grès numidiens se localisent au niveau des collines et des montagnes et formes des terrains de très faible perméabilité.

Les dunes constituées de matériels sableux représentent des zones d'alimentation et de stockage des eaux souterraines du massif dunaire de Bouteldja.

Les formations aquifères du système alluvionnaires de la vallée d'El Kébir Est et des sables dunaires sont les meilleurs réservoirs. (Tridi C .far M .2019)

7. Les sources étudiées :

On a étudiées la qualité des sources Bouglez, Meloul, situées dans le Nord-est Algérien (La Wilaya d'El Tarf) qui est une zone riche en nombreuses sources d'eau.

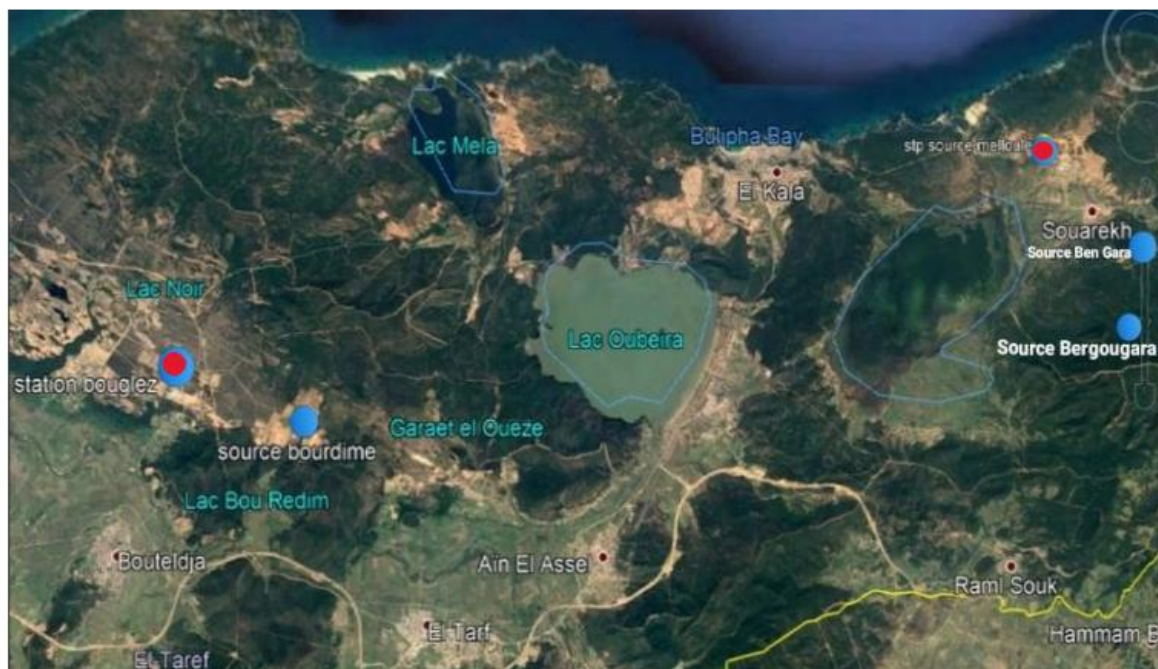


Figure n°19: Situation géographique des deux sources étudiées.

7.1 Source de Bouglez : C'est une source située à Oum Lagarib _ Bouthelja, ses coordonnées sont : $X=36^{\circ}49'42.03''N$ $Y=8^{\circ}13'04.30''E$ $Z=27m$.



Figure n°20: La source Bouglez (Tridi C et far M ,2019).

7.2 La source de Melloul : C'est une source située à Oum Teboul _el kala, ses coordonnées sont : $X=36^{\circ}53'46.60''N$ $Y=8^{\circ}32'38.27''E$ $Z= 18m$.



Figure 21:La source de Melloul (Tridi C et far M , 2019).

CHAPITRE III:

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Introduction:

L'étude La qualité de l'eau est déterminée par l'étude chimique de l'eau, ce qui peut être utilisé pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie...).

La composition chimique de l'eau est influencée par son environnement, où elle peut être modifiée par sa transmission. Les informations obtenues au niveau d'une source dépendent de la nature du réservoir et des minéraux rencontrés.

2. Mode d'échantillonnage et acquisition des données :

Les eaux souterraines de l'état d'El-Tarf sont distribuées en de nombreux endroits à travers l'état par des sources d'eaux qui sont utilisées dans de nombreuses activités (alimentation en eau potable, agriculture ...) pour différents échantillons, deux points d'échantillonnage ont été sélectionnés : Bouglez et Melloul.

Les analyses ont été effectuées au sein du Laboratoire central des eaux d'Al Tarf (Janvier, Mai et Septembre)



Figure n°22:Laboratoire central des eaux d'Al-Tarf (Drici,2024) .

3. Etudes spatiotemporelle des paramètres physico-chimiques :

3.1 Résultats des Analyses Physico-chimique :

Tableau V:Présentation récapitulatifs des résultats des analyses physico-chimique

Parametres	2023/2024					
	janvier		Mai		septembre	
	Source Bouglez	Source Melloul	Source Bouglez	Source Melloul	Source Bouglez	Source Melloul
Température	13.8	13.3	21.1	24.8	27.1	28
pH	6.76	7.76	6.51	8.20	6.5	7.76
Conductivité électrique	132.4	476	143.1	472	136.2	456
TDS	62.6	230	67.7	227.9	64.5	221
Turbidité	1.3	1.9	1.26	1.19	1.97	1.16
Salinité	0.06	0.23	0.07	0.23	0.06	0.22
Ammonium NH ₄ ⁺	0.08	0.07	0.12	0.09	0.03	0.11
TAC	0.5	8.1	0.5	7.9	0.5	7.9
Calcium(Ca ²⁺)	8	44	8	44	8	44
Magnésium (Mg ²⁺)	4.8	16.8	4.8	16.8	4.8	16.8
Nitrate (NO ₃ ⁻)	0.04	0.15	0.45	0.2	0.9	1.2
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0.02	0.04	0.10	0.06	0.03	0.11
Le chlorure (Cl ⁻)	36.1	45.6	36.1	45.6	36.1	45.6
TH	40	180	40	180	40	180
MO	0	0	0	0	0	0
Phosphore (PO ₄ ³⁻)	0.1	0.7	0.40	0.8	0.88	1.5

3.2 Température (T) :

Il est constaté que les valeurs de la température pour les trois mois sont généralement très proches. Elles se situent entre 13,8 et 28°C.

Ces valeurs sont on accord avec les valeurs accordé par les normes algériennes.

Les valeurs enregistrées varient entre 13.3 et 28 C°, La température la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (28 C°) et la plus faible au niveau de la source Bouglez (27.1 C°)pour tous les mois à l'exception du mois de janvier. Toutes les valeurs enregistrées ne dépassent pas les normes de potabilité(OMS)

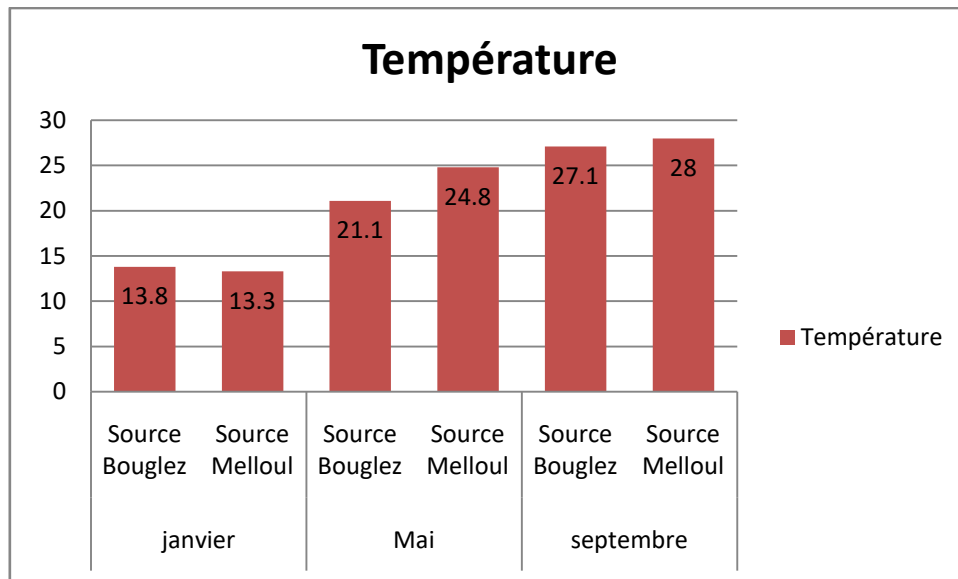


Figure n°23 : Variation de la température (c°)

3.3 Potentielle d'hydrogène (pH)

Le pH des eaux analysées des différents mois est compris entre 6,5 et 8,2. La valeur la plus faible a été observée au cours du mois de septembre avec une valeur 6.5.

Les teneurs du pH publiées par les normes Algériennes varient entre 6,5 et 9.

Les résultats sont variables, avec des valeurs inférieures à la norme admissible (pH acide) dans la source d'eau (Bouglez), la valeur la plus élevée qui correspond à la norme a été enregistrée au source de Melloul.

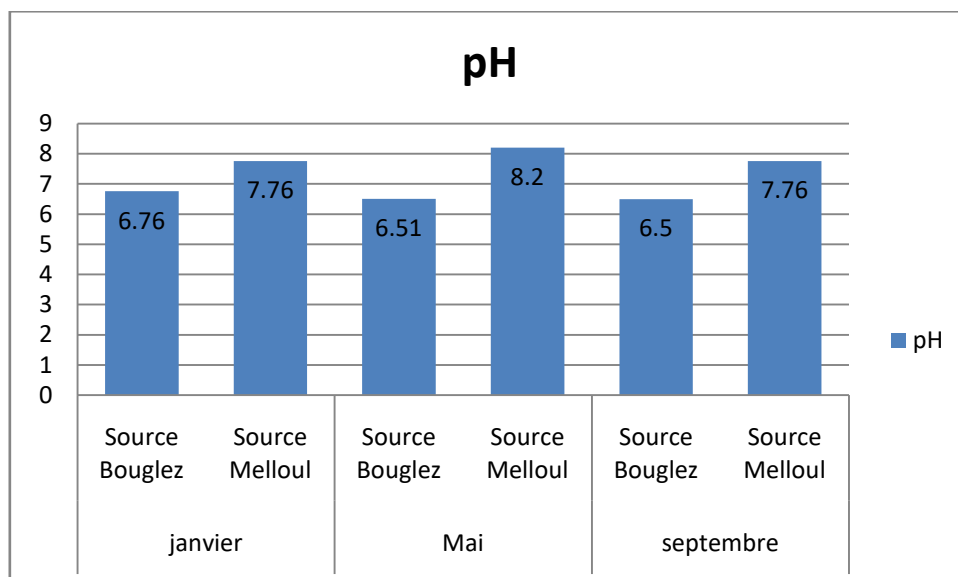


Figure n°24 : Variation de potentiel en hydrogène (pH)

3.4 La conductivité Electrique (CE)

La conductivité est due à la présence d'ions dans le milieu, et qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (**Rejesk, 2002**).

Nous constatons que les valeurs de la conductivité électrique varient entre 132.4 et 476 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur maximale de 457 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est enregistrée pendant le mois de janvier et la valeur minimale en mois de janvier aussi .

Ces données sont inférieures à la norme Algérienne (valeur maximale de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

La conductivité la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (476 $\mu\text{S}/\text{cm}$), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (132.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Les mesures de conductivité des sources correspondent aux normes OMS

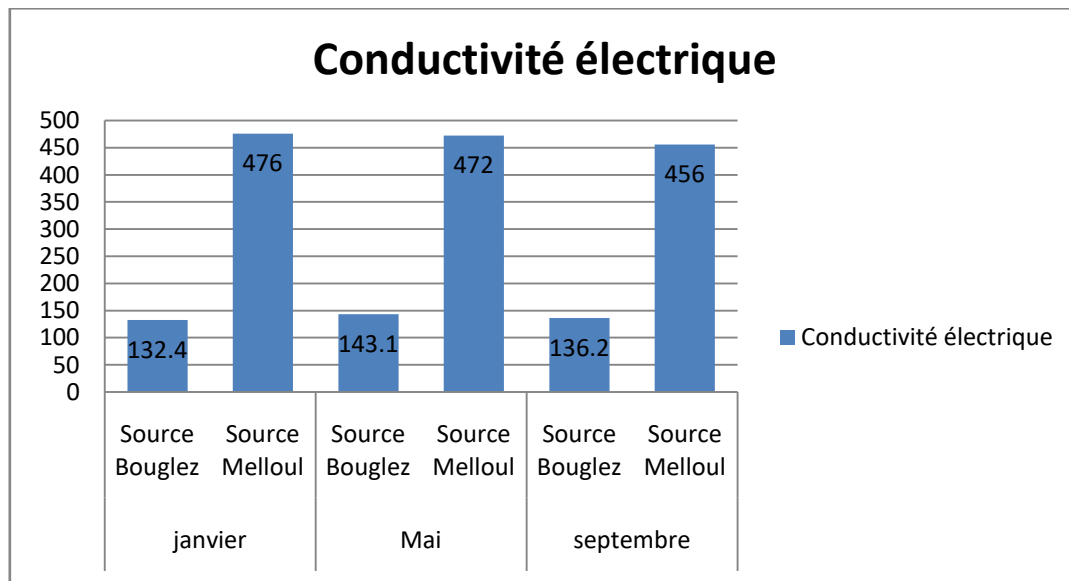


Figure n°25 : Variation de la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$

3.5 La salinité

La salinité est proportionnelle à la conductivité. Elle est stable dans les trois mois d'une valeur à chaque source.

Les valeurs enregistrées varient entre 0.06 et 0.23 (g/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (0.23g/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (0.06g/l).

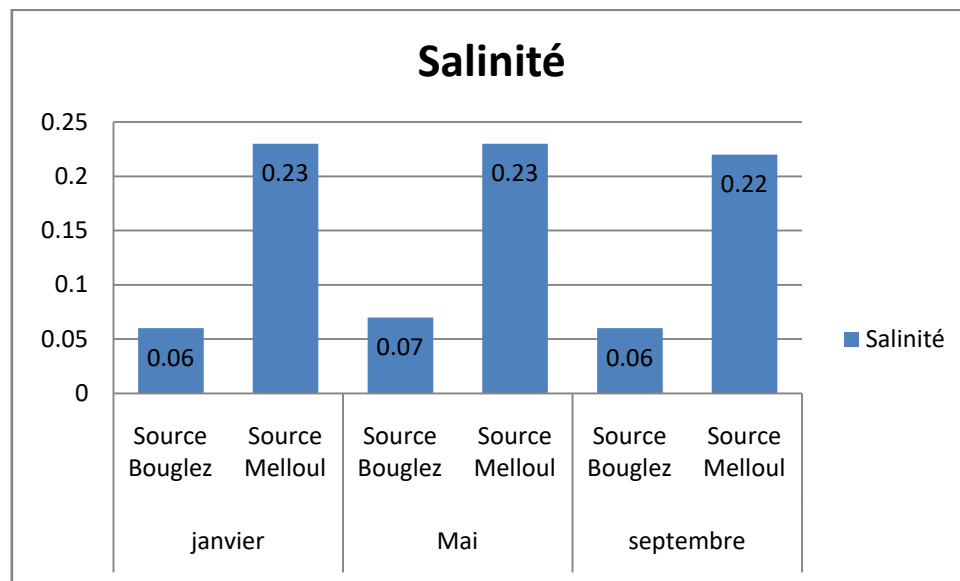


Figure n°26 : Variation de la salinité

3.6 TDS (Totale Dissolve Solide)

La minéralisation globale peut nous renseigner sur la potabilité de l'eau, ont conclus à une stabilité de la minéralisation a chaque mois (Bouglez Et Melloul).

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 1200mg/l (norme de l'OMS)

Les valeurs enregistrées varient entre 62.6 et 230 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul et la plus faible au niveau de la source Bouglez.

Les mesures sont conformes pas aux valeurs admissibles (norme de potabilité OMS)

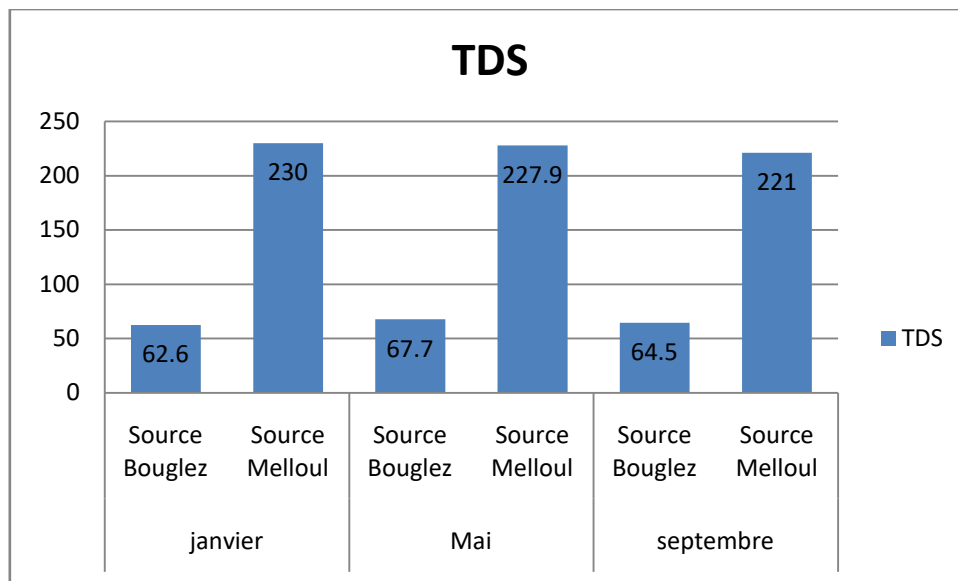


Figure n°27 : Variation de solides dissous (TDS).

3.7 La turbidité

La turbidité affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre. Elle est le plus souvent due à la présence des matières en suspensions finement divisées telles les argiles, les limons, les grains de silice, les matières organiques.

On remarque que les valeurs sont très proches au cours des trois mois d'étude et que ne dépassent pas les normes recommandées (**Fig. 18**).

Les valeurs enregistrées varient entre 1.3 et 1.97 (NTU), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Boglez (5.36 NTU), et la plus faible au niveau de la source Melloul (0.47 NTU).

Les totalités des mesures faites sur les eaux des sources sont conformes à la valeur objective de 5 NTU, indiqué dans la norme.

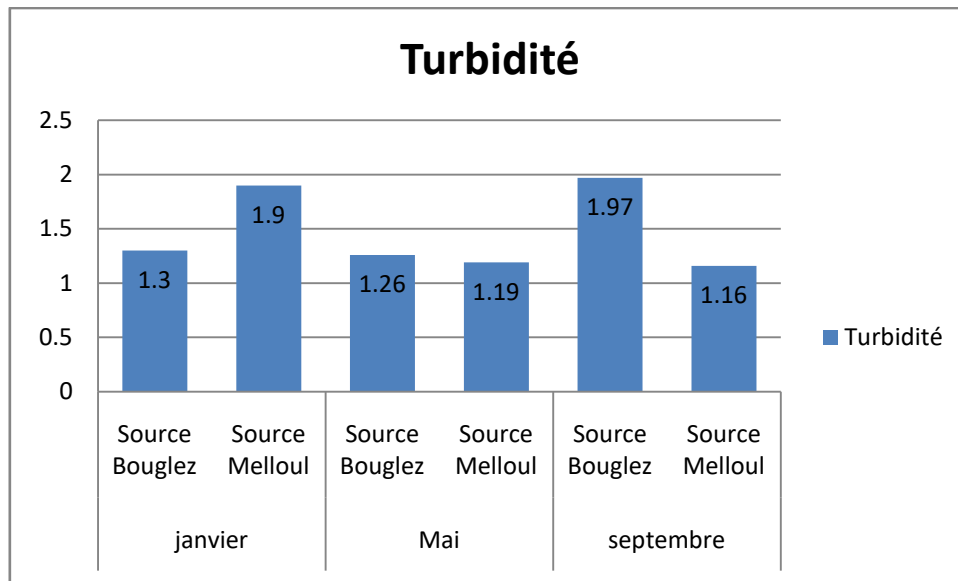


Figure n°28 : Variation de la turbidité.

3.8 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TAC

D'après nos analyses, le titre alcalimétrique complet pour les trois mois sont stables. Nous distinguons une faible présence de bicarbonates et ces derniers sont conformes avec les normes algériennes de la potabilité qui sont fixées à 125 f° (Fig. 29).

Les valeurs enregistrées varient entre 0.5 et 8.1 (F°), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (8.1 F°), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (0.5 F°).

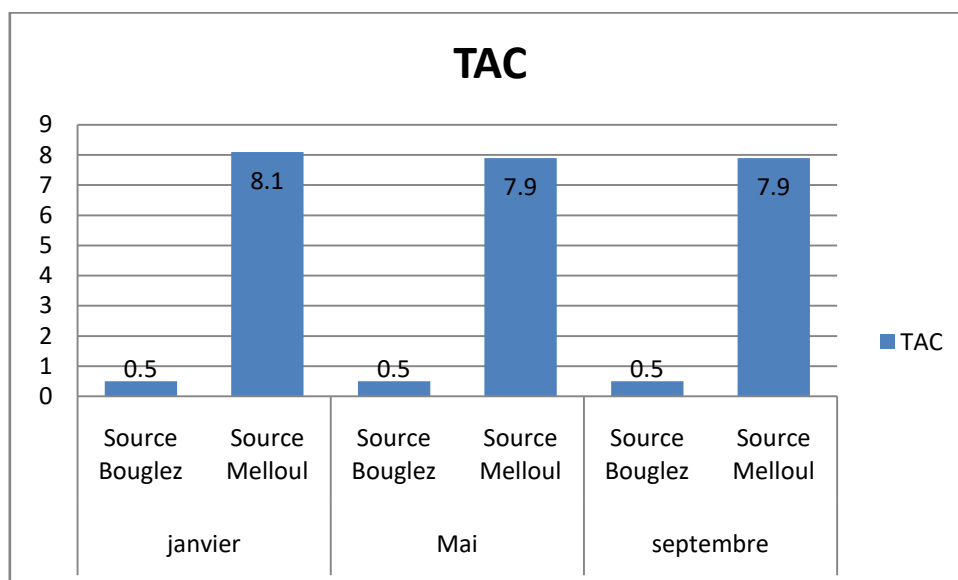


Figure n°29 : Variation de la TAC.

3.9 TH ou titre hydrotimétriques TH

Le titre hydrométrique correspond à la teneur globale en sels de calcium et en magnésium.

Les résultats obtenus (Fig. 20) nous montrent que les eaux analysées ont des duretés de valeurs moyennes ne dépassent pas la norme qui varient entre 180 mg/l a chaque mois.

L'OMS exige que la dureté totale de lieu destinée à la consommation humaine soit inférieure à 500mg/l.

Les valeurs enregistrées varient entre 40 et 180 mg/l, La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (180 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (40 mg/l).

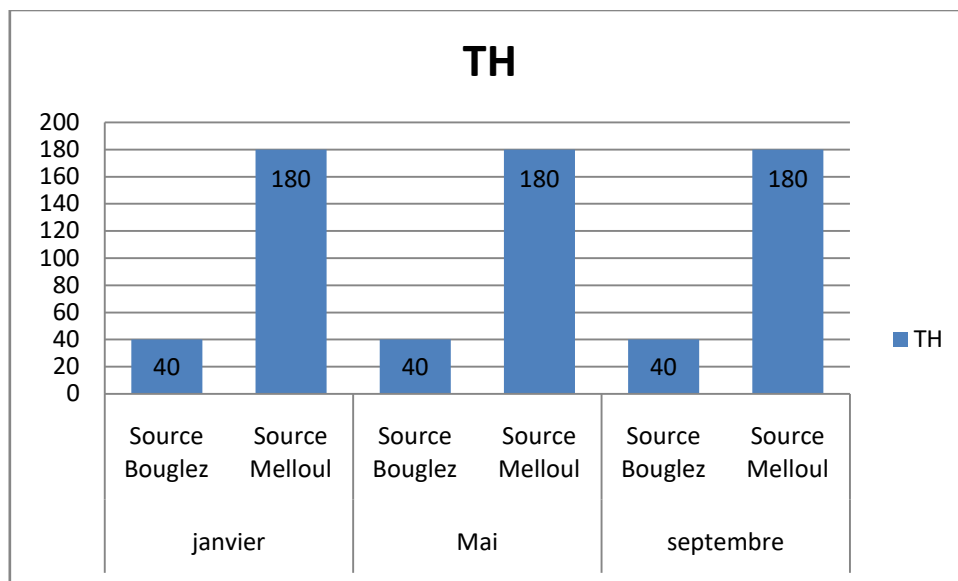


Figure n°30 : Variation de la TH.

3.10 Matière organique

Les valeurs représentées dans la figure 31, montrent que la matière organique dans les trois mois est nulle. Ces valeurs sont conformées cependant à la norme Algérienne soit inférieure à 3 mg/l.

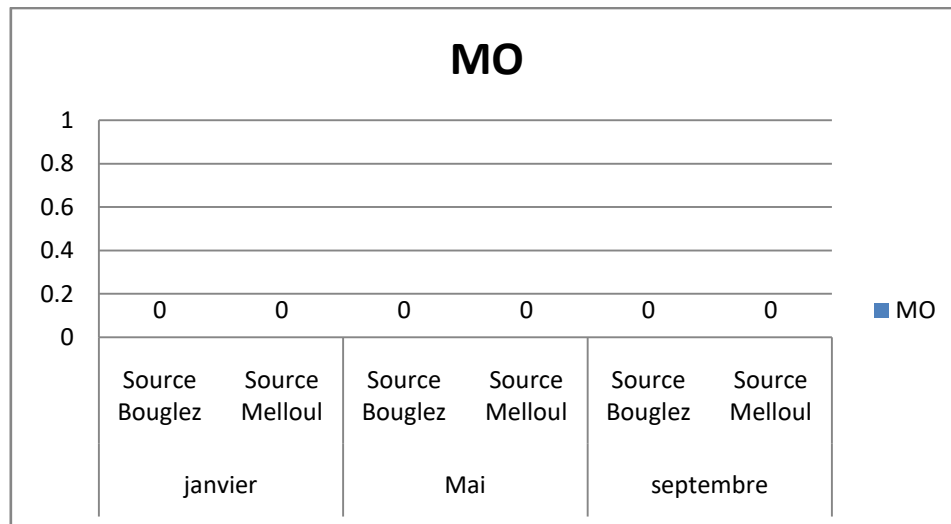


Figure n°31 : Variation de la matière organique.

3.11 Le nitrate (NO_3^-)

Ces résultats montrent que les teneurs en nitrate dans l'eau des trois mois sont très proche ; janvier 0.04 et 0.15 mg/l, Mai 0.45 et 0.2 mg/l et septembre 0.09 et 1.2 mg/l.

L'OMS recommande pour les eaux destinées à la consommation humaine une valeur limite de 50 mg/L (NO_3^-) (Rodier et al., 2009).

Les valeurs enregistrées varient entre 0.04 et 1.2 mg/l, La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source melloul (1.2 mg/l), et la plus faible au niveau de la source bouglez (0.04 mg/l).

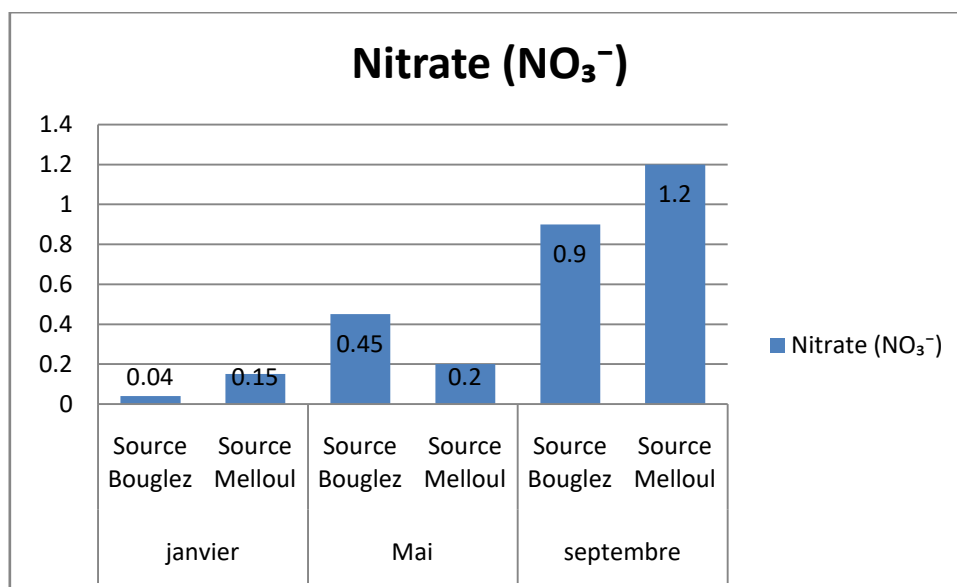


Figure n°32: Variation de la nitrate (NO_3^-).

3.12 Le nitrite (NO_2^-)

D'après les résultats des échantillons analysés, nous remarquons que les valeursmaxcimale des nitrites des eaux notés au mois de Mai et mois de septembre sont; 0,1 mg/l. Une valeur minimale de 0,02 mg/l est observée au cours du mois janvier. Elle reste cependant inférieure à la norme Algérien qui indique des valeurs inférieures de 0,2m/l.

Les valeurs enregistrées varient entre 0.02 et 0.1 mg/l, La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source melloul (1.2 mg/l), et la plus faible au niveau de la source bouglez (0.04mg/l).

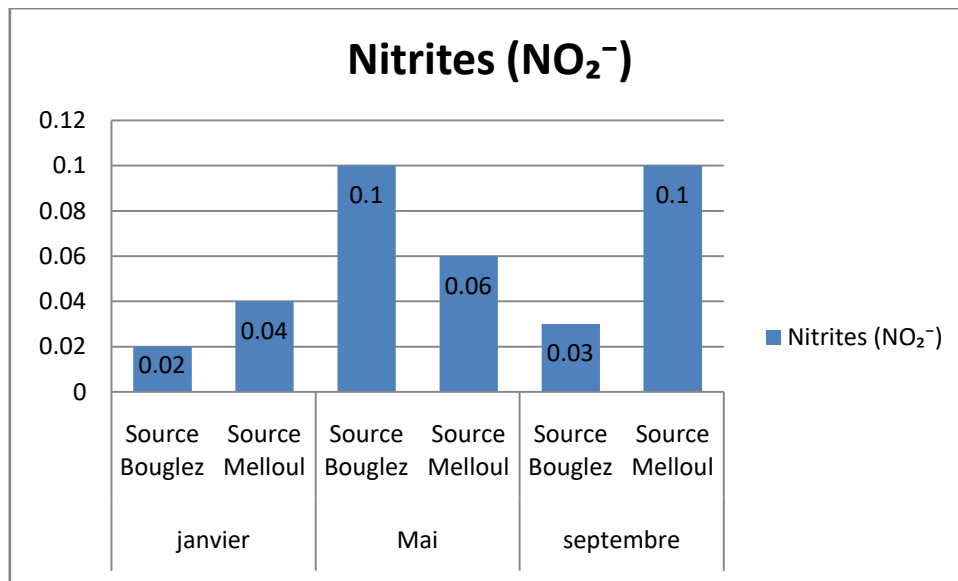


Figure n°33 : Variation de nitrite (NO_2^-).

3.13 Le chlorure (Cl^-)

Les teneurs en chlorure trouvés pour l'ensemble des échantillons analysés sont compris entre 36.1mg/l et 45.6mg/l. La réglementation algérienne autorise une valeur de 500 mg/l pour les eaux potables. Donc ces valeurs sont tous conformes à la norme.

La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source melloul (45.6mg/l), et la plus faible au niveau de la source bouglez (36.1 mg/l).

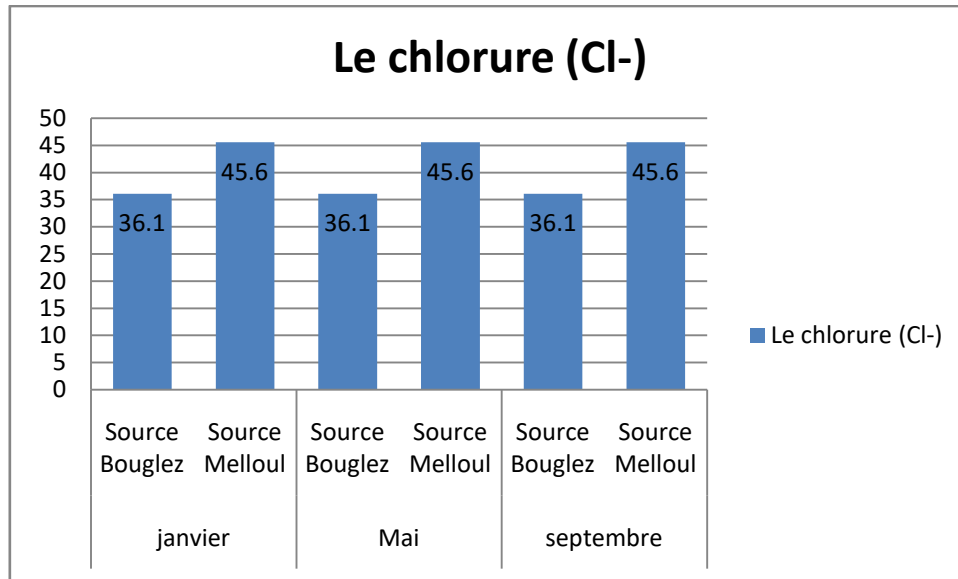


Figure n°34 : Variation de chlorure (Cl⁻)

3.14 L'ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution conforme d'après **Dembele (2005)**.

Les résultats obtenus varient entre 0.3 et 0.12mg/l (**Fig.**) qui sont inférieure à la limite maximale de 0.5 mg/l fixée par la norme algérienne.

La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (0.3 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Boglez (0.12 mg/l).

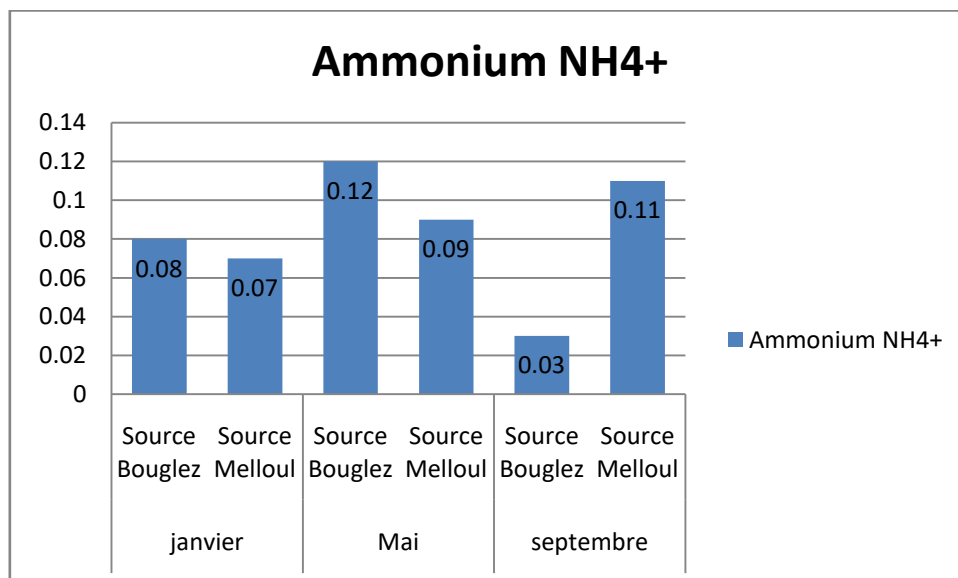


Figure n°35 : Variation de l'ammonium (NH₄⁺)

3.15 Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium est le composant majeur de la dureté de l'eau, il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les analyses effectuées sur l'eau dans la source d'Ain Melloul au cours des trois mois donnent une valeur constante de 44mg/l.

Les analyses effectuées sur l'eau dans la source de Bouglez cours des trois mois donnent une valeur constante de 44mg/l.

Cette valeur est accordée avec les valeurs algériennes qui fixent une valeur maximale de 200 mg/l.

Les valeurs enregistrées varient entre 8 et 44 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (44 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (8 mg/l). Les concentrations du calcium mesurées sont conformes à la valeur admissible (Norme de potabilité OMS 100mg/L).

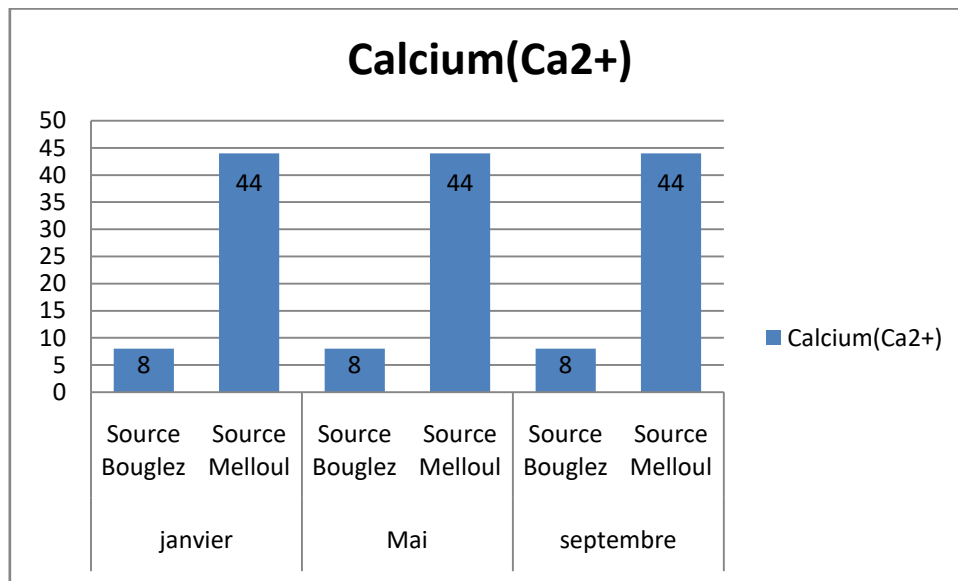


Figure n°36 : Variation de Calcium(Ca^{2+}) .

3.16 Le magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un élément essentiel dans l'eau. D'après nos résultats ; on observe que les teneurs en magnésium des trois mois sont stables avec une valeur de 16,8mg/l. (Ain Melloul)

Les analyses effectuées sur l'eau dans la source de bouglez au cours des trois mois affichent une valeur constante de 4.8mg/l.

Les valeurs enregistrées varient entre 4.8 et 16.8 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (16.8 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (4.8 mg/l). Les concentrations du magnésium mesurées sont conformes à la valeur admissible (Norme de potabilité OMS 50 mg/L).

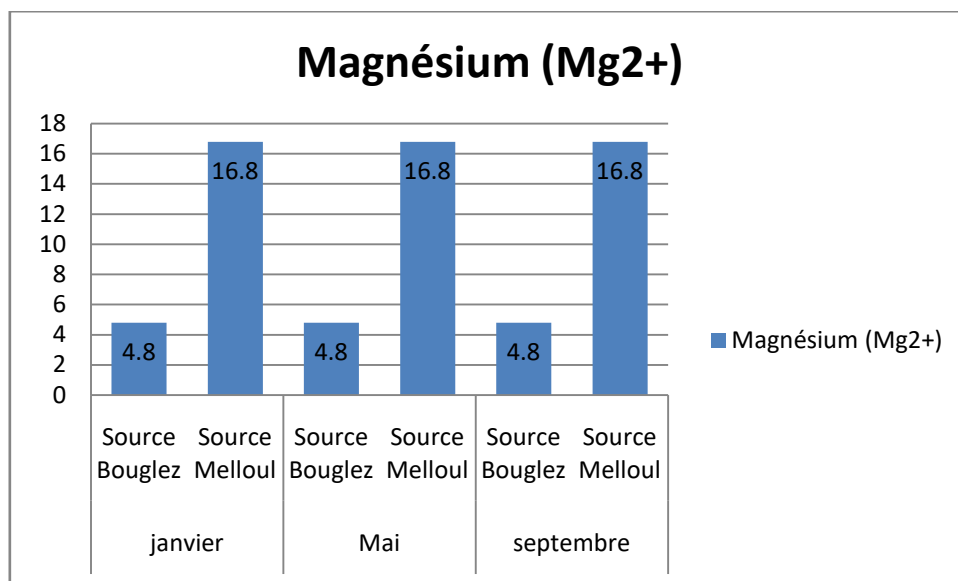


Figure n°37 : Variation de magnésium (Mg^{2+}).

3.17 Ortho phosphate (PO_4^{3-})

Les concentrations en ortho phosphates (PO_4^{3-}) enregistrées sont très faibles, et conforme à la norme algérienne qui fixe une valeur maximale de 0.5 mg/l.

Les valeurs enregistrées varient entre 0.1 et 1.5 (mg/l), La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Melloul (1.5 mg/l), et la plus faible au niveau de la source Bouglez (0.1 mg/l).

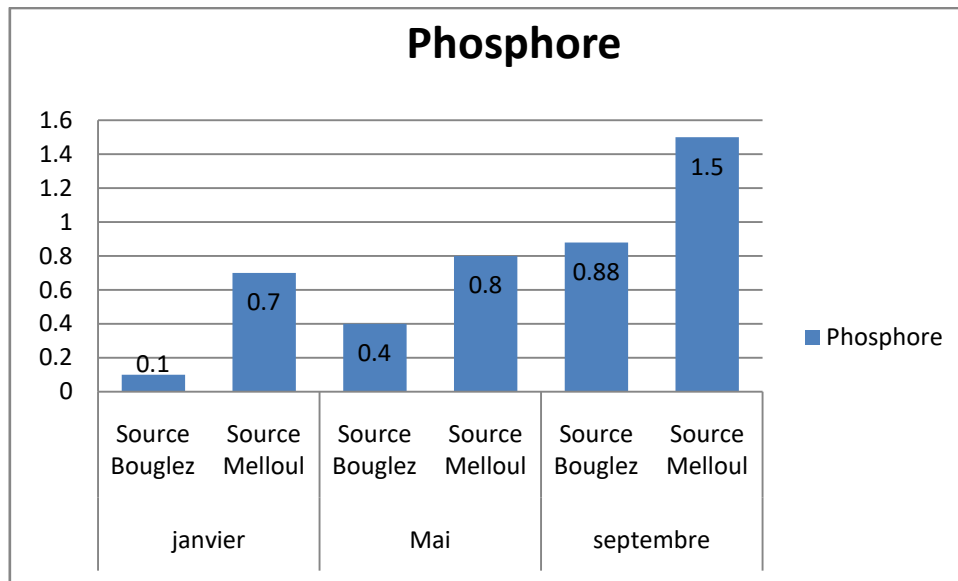


Figure n°38 : Variation de phosphate (PO_4^{3-}).

4. Discussion

4.1 Potentielle d'hydrogène (pH)

Les résultats enregistrés de nos échantillons varie entre 6.5 et 8.2. Ces valeurs sont en accord avec les résultats de **Hazzab (2011)**, **Sekiou et Kellil (2014)**.

4.2 La température (T°)

Les mesures de la température des eaux dans les trois mois d'étude sont généralement très proches. Elles se situent entre 13,3 et 28°C. Ces derniers sont en accord avec les résultats de **Hazzab(2013)**.

4.3 La conductivité Electrique (CE)

Les résultats obtenus sur le terrain d'étude montrent que la conductivité électrique des eaux varie entre 132.4 et 476 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette dernière représente des valeurs inférieures par rapport aux travaux de **Sekiou et Kellil (2014)**.

4.4 La salinité

Nos résultats affichent des valeurs stables au cours des trois mois d'étude avec une valeur de 0.2%. Cette dernière est similaire avec les résultats de **Hazzab (2011)**.

4.5 TDS

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 1200mg/l (Norme de l'OMS). Ces données sont conformes avec les valeurs discernées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

4.6 La turbidité

Son taux normal est fixe à 5 NTU selon l'OMS. Les valeurs moyennes calculées dans les points d'étude ne dépassent pas la norme et sont en accord avec les travaux de **Kellil (2014)**.

4.7 Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet TAC

D'après nos analyses, les résultats de titre alcalimétrique complet sont très similaires par rapport aux travaux de **Hazzab (2011)**.

4.8 Dosage du TH ou titre hydrotimétriques TH

Les résultats obtenus nous dévoilent que les eaux analysées ont des duretés de valeurs moyennes calculées dans les points ciblés et que ne dépassent pas la norme qui varient entre 180 mg/l.

Ces valeurs sont en accord avec les résultats de **Hazzab (2011)**.

4.9 Matière organique

Nos résultats montrent que la matière organique dans les trois mois est 0mg/l. ces données se concorde avec les travaux de **Kellil (2014)**.

4.10 Le nitrate (NO_3^-)

À la suite de nos résultats (varie entre 0.04 et 1.20mg/l) ; Ces valeurs sont inférieurs à celle trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)** et par **Jatoi et al., (2018)** et qui fixent respectivement des valeurs maximales de 30 et 21 mg/l.

4.11 Le nitrite (NO_2^-)

Les résultats obtenus sont négligeables et varient entre 0.02 et 0.1 mg/l. Ces valeurs sont inférieures aux normes algériennes qui fixent 0.2 mg/l comme valeur maximale.

La concentration obtenue est comparable à celles rapportées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

4.12 Le chlorure (Cl^-)

Le résultat enregistré de nos échantillons varie entre 36.1 et 45.6 mg/l et qui sont en accord avec la norme algérienne qui fixe 500 mg/l comme valeur maximale.

Des résultats similaires ont été trouvés dans les études réalisées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

4.13 L'ammonium (NH_4^+)

Les résultats obtenus varient entre 0.03 et 0.12 mg/l et qui sont inférieure à la limite maximale de 0.5 mg/l fixée par la norme algérienne.

La concentration obtenue est comparable à celles rapportées par **Sekiou et Kellil (2014)**.

4.14 Le calcium (Ca_2^+)

Les résultats obtenus de les sources Ain Melloul et bouglez sont accord à celles des normes algériennes qui fixe une valeur maximale de 200 mg/l.

En revanche nos résultats sont inférieurs à celles obtenues par **Hazzab (2011)** avec des valeurs maximales de 280mg/l.

4.15 Le magnésium (Mg_2^+)

Les valeurs sont en accord avec la norme Algérienne qui fixe une valeur maximale de 150 mg/l.

Des résultats similaires ont été trouvés par **Sekiou et Kellil (2014)**.

Cependant une autre étude réalisée par **Hazzab (2011)** a révélé que la concentration en magnésium varie entre 5 et 400 mg/l.

4.16 Ortho phosphate (PO_4^-)

Les résultats obtenus varient entre 0.1 et 1.5 mg/l. Les concentrations en ortho phosphates (PO_4^{3-}) enregistrées sont faibles, et conforme à la norme algérienne qui fixe une valeur maximale de 0.5 mg/l.

Cependant une autre étude réalisée au Ghana par **Hazzab (2011)**.A révélé que la concentration en ortho phosphates est supérieure à la norme.

CONCLUSION

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel pour la vie sur terre, et sa consommation journalière par tous êtres vivants implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique que physico chimique.

L'étude de la qualité des eaux a permis de mettre en évidence l'importance des caractéristiques physico-chimiques des eaux au sein de la région d'El Tarf. Cette étude a été menée dans le but d'évaluer la qualité physico chimique de l'eau de certains puits et sources de la région d'el tref (Nord-Est de l'Algérie).

Pour arriver à nos objectifs un protocole d'étude a été établie ainsi qu'une analyse complémentaire des données sont exploitées pour bien interprété les résultats obtenus. Les déférentes analyses effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité des eaux ainsi que celle de l'ADE consistent à mesurer, dans les réseaux de distribution des eaux de la wilaya d'El Tarf, les qualités physicochimiques de l'eau distribuée.

L'analyse des résultats obtenus, montre que l'eau de les sources Ain Melloul et Bouglez est caractérisée par les paramètres physico-chimiques suivants :

- ✚ Une température inférieure à 30C°durant toutes les périodes ; Un pH compris entre 6.5 et 8.2. ; Une conductivité électriqueallant de 132.4 et 476 $\mu\text{S}/\text{cm}$; Une turbidité comprise entre 1.3 et 1.97 (NTU) ; Le TDS variant entre 62.6 et 230 (mg/l).....

A travers ces résultats, il est constaté que la majorité des paramètres physico-chimiques étudiés, répondent aux normes algériennes. Donc l'eau de Sources Ain Melloul et Bouglez est de qualité physico-chimique admissible.

En recommandation, et pour améliorer la qualité des eaux de puits et des sources nous proposons les solutions suivantes :

- ✚ Les autorités chargées de l'approvisionnement en eau doivent prendre les mesures appropriées pour la protection de la ressource en eau, de l'entretien et le nettoyage des réseaux d'eau et des réservoirs et assurer l'application correcte de la chloration.
- ✚ La sensibilisation du public peut également jouer un rôle important pour aider à prévenir de tels problèmes. Les consommateurs devraient être conscients de l'importance de la qualité de l'eau en utilisant des méthodes

de traitement de l'eau comme la filtration ou l'ébullition qui peuvent être bénéfiques pour éviter les maladies d'origine hydrique.

- ✚ Mettre en place un système d'évacuation correcte des eaux usées.
- ✚ Surveiller et contrôler l'utilisation des fertilisants et des pesticides afin de minimiser ou éviter la migration des excès vers les eaux souterraines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

A

- **AFNOR NF T90-420, février (1987).** Examens bactériologiques des eaux destinées à la consommation humaine.
- **Aissaoui A., (2009).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des Sources de la région de Guelma Nord-est de l'Algérie .Mémoire de Magister, Université 08 mais 1945, Guelma. 141p.
- **AIT KACI ET HAMDI, (2008).**Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologique de l'embouchure. Mémoire de DEUA, institut Béni-Messous
- **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. Mémoire du diplôme de Magistère en : Filière Écologie. P 9

B

- **Bazine. N, et Bourenane. A., (2011).**Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (parc national d'El kala ,W .d'El-Taref). Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945 Guelma)
- **Baziz. N., (2008).**Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Thèse de Magister. Université Colonel Elhadj Lakhdar Batna (Algérie), p: 144.
- **BERNE F., (1972).** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNI, 207 p.
- **Bliefert C, Perraud R. (2008).** Chimie de l'environnement : Air, eau, sol, déchets. Edition, De Boeck, Paris, 478 p
- **BORDJAH A.,(2011).** analyse physico-chimique et microbiologique du lait demiecremeHaddadi Cherif El-Hidhab Sétif Dans le but d'obtention du diplôme de Brevet de Technicien Supérieure en Contrôle de Qualité dans les Industries Agro-alimentaire.
- **Boucennina H. (2018).** Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de Mila. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri, Constantine.

Références Bibliographiques

- **Bouchair. C, et Benalia. H., (2015).** Etude de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau du Lac Tonga (Parc National D'El-Kala, Nord-Est Algérien). Mémoire de Master. Université du 08 Mai 1945-Guelma- 64 p
- **Boucherit, Hakimi. (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debagh –Guelma.
- **Boudot J. (2007).** Risque des milieux
- **BOURGEOIS C. M., MESCLE J. F., (1996).** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition: Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261.
- **Bovesse M, Depelchin A. (1980).**Cartographie de la pollution des cours d'eau de la province de Namur : Analyses bactériologiques. Rapport final, 25p

C

- **CENTRE FOR AFFORDABLE WATER AND SANITATION TECHNOLOGY,** introduction à analyse de qualité de l'eau de boisson,manueloctober 2013
- **Chapman-D, (1996),** Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman & Hall, London.
- **Chelli. L, et Djouhri. N., (2013).** Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de master. Université A. MIRA – BEJAIA, Faculté de Technologie
- **Chérif Ibrahima. K., (2006).** Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar. Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université cheikh AntaDiop de Dakar, 16 p
- **Chibani. S., (2009).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surfaces et souterraines de la région de Ain Makhoulf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister. Université de 08 Mai 1945-Guelma-, 104 p.
- **Chouti W.K. (2006).** Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire d'études supérieur spécialités
- **Christiane, J,et Noel, J, (1999).** Microbiologie alimentaire. 5 éme édition Aquitaine.

D

- **Debabza, (2005).** Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance

aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie), 2005.

- **Degremont., (2005).** «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1

E

- **Edber. R, Raczynski. M, Prost.J.C, et Elmur. T., (2000).** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural .Aspect technique et financiers. Oiseau, France p5.
- **Encyclopédie., (1998)** : Encyclopédie de la langue française.

F

- **FREDDY S. S., (2010).** Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales, Licence en santé publique, Université officielle de Bukavu

G

- **GERARD G., (1999).** l'eau: milieu naturel et maîtrise, Ed INRA, vol 1, 204P
- **Germani Y. Sansonetti P. (1999).** Schigelloses et infection à *Escherichia coli* entéroinfectifs. encycl. méd. Chir (elsevier). maladies infectieuses 8- 026 –a-10 :1-9
- **GRAINI-L, (2011).** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire Magister Option : Optique appliquée. UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF. P 2
- **Guiraud. J., (1998).** Microbiologie alimentaire, Paris, Dunod, 651p

H

- **Hacene H, (2016).** Microbiologie fondamentale et Appliquée Tome1, 477p
- **Hadef D. et Hasni M. (2017).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla. Mémoire de Master. Université de Djilali Bounaâma, Khemis Miliana.7p.
- **HAZZAB A. (2011).** Eaux minérales naturelles et eaux de source en Algérie, Géoscience,343, 20-31.

I

- **Igor A. (1999).** Shiklomanov, stats Hydrogical institue (SHI, ST, Petersburg) and united.

K

- **Kherifi. N, et Achi. I., (2016).** Caractéristiques physico-chimiques d'un cours d'eau (cas de l'Oued Charef) dans la région de Guelma (Nord-est algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mais 1945 Guelma.
- **Kirkpatrick. K, et Fleming. E., (2008).** La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p.
- **Kreisel. W., (1991).** Water quality and health, Paris, Donod, 209 p.

L

- **Laborde, J. P.** Eléments d'hydrologie de surface. Support de cours, Université de Nice Sophia-Antipolis, 2000, p 191.
- **Labres E., (2002).** Cours national d'hygiène et des microbiologies des aliments Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer. Institut Pasteur d'Algérie. 34 p
- **Laroche G. L. (2001).** Evaluation du risque microbiologique hydrique : validation épidémiologique des fonctions dose-réponse du risque viral et parasitaire. Etude E.M.I.R.A. Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier - Grenoble1, Faculté de Pharmacie. 259 p.
- **Lassoued. K, et Touhami. N., (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de hammam debagh. Mémoire D'ingéniera. Univ. Guelma.1p
- **Lelerc, et all (1977),** Microbiologie appliquée, Edition Doin., 1977, p: 94-96.
- **LEROY J. B., (1999).** La pollution des eaux, 4eme Ed.-Paris : presse universitaire de France. 127p.
- **LEYRAL G., RONNEFOY C. et GUILLET F., (2002).** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, 245p
- **Liu F; Mitchell C; Odom J; W, Hill D.T; Rochester E.W, (1997).** Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.

M

- **Manceur. Y, et Djaballah. S., (2016).** Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa. Memoire de master. Université Larbi Tébessi – Tébessa. Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

- **Merzoug. E., (2009).** Étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Ben Azzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945, Guelma. 113 p.
- **Moilleron R. (2017).** Pollutions hydriques. Paris. 10p.
- **MOKDADI H. et MESSAI A. N., (2014).** contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'eloued, mémoire de fin d'étude, université Echahid Hama Lakhdar d'el-oued.
- **Monode. T., (1989).** Méharées géographie. Loisir. France, 233 p.
- **Mouffok F., (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger. 40 p. nouvelles des éditions Boubée, Paris.

O

- **OMS, (2004).** Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, p : 1050.

P

- **Papa M. (2005).** Les eaux à usage industriel, Edition EP5, p17
- **Payment. P, et Pintar.K., (2006).** «Microorganismes pathogènes transmis par la voie hydrique: une évaluation critique des méthodes, des résultats et de leur interprétation», Revue des sciences de l'eau, vol. 19, no 3, p. 233-245
- **PULIM., (1991).** L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges.

R

- **Rodier J, (2009).** « (L'analyse de l'eau » 9ème édition, Dunond, Paris,
- **Rodier J. (2005).** L'Analyse d'eau 5 èmeédition.
- **RODIER J., (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition:Dunod, Paris.
- **Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J.P, Chambon. P, Champsaur. H, et Rodi. L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- **Roux. (1987):** Office international de l'eau. L'analyse biologique de l'eau. TEC&DOC. Paris. 229p

- **Roux., (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. NOVELLO Célia. IUP SIAL. Université Paris 12p.

S

- **Salghir R. (2015).** Support du cours .Université Ibn zohr , Agadir
- **Sekiou F., et Kellil A.,(2014).** Caractérisation et classification empirique graphique et statistique multivariable d'eaux de source embouteillée de l'Algérie. Hydraulique (20): 1112-3680.
- **SONAREM, (1971) :** Rapport des recherches géologique sur le gisement de Kef Oum Teboul avec estimation des réserves industrielles
- **SOUMARE I. G., (1997).** Contribution à l'étude de la qualité hygiénique des eaux de boisson vendues sur la voie publique.Th : Méd. vet : Dakar ; 10.

T

- **Tridi C .far M (2019)** Etude de la qualite physico chimique des sources d'eau souterraine de la wilaya d'el taref (nord-est algerien) Université Badji Mokhtar. Annaba .

Cite internet

- **Site 1 :** <https://www.cieau.com/espace-enseignants-et-jeunes/les-enfants-et-si-on-en%20apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/cycle-de-leau>
- **- Site 2 :** <https://www.sideet.fr/index.php/2015-02-09-16-03-22/le-cycle-de-l-eau>
- **-Site 3 :** <https://www.smmar.org/article/tout-savoir-sur-l-eau/inf-eau/pollutions-des-eaux>
- **- Site 4 :** <https://experteau.com/services/analyse-bacteriologique.php>
- [http ://fr.imagegoogle . org](http://fr.imagegoogle.org)