

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



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la Terre
Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Par : OULAD LARBI Keltoum et OULAD LAID Fadila

Thème

**Étude hydro-chimique et bactériologique de
Continental Intercalaire dans la région de Metlili -
wilaya de Ghardaïa-**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

M^{me}. HADDAD Soumia	Maître de Conférence B	Univ. Ghardaïa	Président
M^{lle}. BENHEDID Hadjira	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadrant
M^{me}. GUESSOUM Hadjer	Maître Assistant B	Univ. Ghardaïa	Examinatrice

Année universitaire 2020/2021

Remerciements

Avant tout, nous remercions le Dieu qui nous donné la puissant, la santé, la volonté, la patience et les moyens pour nous accomplir ce modeste travail.

On tient à remercier notre promoteur M^{lle}. BENHEDID Hadjira pour avoir accepté de diriger ce mémoire et pour son appui, ses conseils et ses orientations tout le long de ce travail.

Nous remercions les membres du jury M^{me}. HADDAD Soumia et M^{me}. GUESSOUM Hadjer, qui nous ont font l'honneur de corriger et d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier Mr. ACHOUR Mansour et les personnels de l'ANRH de Ghardaïa et à tout l'équipe personnels de laboratoire de l'ADE Ghardaïa surtout M^{me}. BEN AISSA Amel et les personnels de l'ADE unité de Metlili et tous personnes ayant contribué et facilités de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

A la fin, on tient à remercier tous les enseignants et les personnels techniques et administratifs de l'université de Ghardaïa et la promotion de l'Ecologie2020/2021.



Dédicace

Après la grâce et le succès de mon Dieu qui me donnée la capacité de réalisée ce travail je décide ce modeste travail:

À mes amours de ma vie les ressources d'amours et d'espoir et de courage qui sont toujours près de moi tous les tempes de ma vie leur sacrifices leur amoures leur intérêts ma très chère mère et mon très cher père que dieu les protèges et les donne bonne santé et bonheur et longue vie et les paradis je sais que Je ne peux pas exprimer avec ces mots à vos bontés.

À mes chères frères Ahmed, Mahmoud et Boumama.

À ma très chère sœur Hadjer.

À ma très cher amie intime et sœur Zineb.

À ma très cher cousine, prof Hadjira tes conseille tes encourages tes aides ta gentillesse tu m'as fait un grand plaisir je n'oublier pas que dieu vous protège.

À ma chère grand-mère et tous ma famille mes oncles et mes tantes et ses familles.

À ma chère binôme Fadila et tous les amies de primaire à ce jour-là et tous qui m'aidé moi de près ou de loin pour réalise ce travail un grand Merci.

À tous qu'aimé moi et aime mon travail.

O.Keltoum.

Dédicace

Ceux qui m'ont comblé d'affection et d'amour, pour ceux qui n'ont cessé de se sacrifier pour mon avenir, pour ceux à qui je dois mon bonheur et mes joies,

À mes chers parents.

À ma chère grand-mère, que Dieu lui donne longue vie.

À ma chère compagne "Keltoum" et toute sa famille.

À ma chère professeur "BENHEDID Hadjira " tout l'amour et le respect.

À mes chers frères : Lakhdar, AazDin, Bouhafis.

À ma sœur et aux femmes de mes frères : Somia, Saliha, Zineb, Zahra.

À mes petites princesses : Tasnim, Bouchra.

À mon petit prince Mohemed.

À mon cher oncle "Said" et sa famille.

À mes chers amis : Amel, Laila, Karima, Fatima, Iman, Marwa, Safa, pour me soutenir sans cesse moralement et m'encourager à aller de l'avant.

Pour tous les membres de l'association Ness el Kheir surtout : Mahdi, Halim, Sid Ali.

À tous qui mon aidé à apprendre une chose dans ma vie.

À tous ceux que j'aime et qui se reconnaissent.

À vous tous, je dédie cet humble acte avec Amour et Honneur.

O. Fadila.

Résumé

Étude hydro-chimique et bactériologique de continental intercalaire dans la région de Metlili -wilaya de Ghardaïa-

Notre travail s'intéresse à l'étude de la qualité des eaux de Continental Intercalaire dans la région de Metlili wilaya de Ghardaïa durant la période d'automne 2020. Notre approche méthodologique est d'étudier la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux afin de comparer ces résultats avec les normes Algériennes et de l'OMS et déterminer son aptitude d'utilisation. Les principaux résultats physico-chimiques de notre étude montrent que la plupart des eaux forages étudiées sont de bonne qualité et compatibles aux normes de potabilité d'Algérie et de l'OMS, à l'exception de quelques forages, qu'ils sont dépassés les normes de certains paramètres telles que la température, la conductivité, la dureté Total, le sodium et le sulfate. Concernant les résultats des analyses microbiologiques des coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux et Clostridium-sulfito-réducteurs, indiquent que toutes les eaux des forages sont de bonne qualité et elles ne constituent aucun danger aux santé des consommateurs de ces eaux. Lorsque l'eau est la vie il faut faire une programme de suivi et planification pour la conserve contre tous que peuvent faire des problèmes d'altération de leur qualité et par essentiel la santé des consommatrices et l'environnement en général.

Mots clés : eau, forage, qualité, physico-chimiques, bactériologique, normes, Metlili.

Abstract

Hydro-chemical and bacteriological study of continental intercalaire in the region of Metlili -wilaya of Ghardaïa-

Our work focuses on the study of the water quality of continental intercalaire in the region of Metlili wilaya of Ghardaïa during the fall period of 2020. Our methodological approach is to study the physic-chemical and bacteriological quality of these waters. in order to compare these results with Algerian and WHO standards and determine its suitability for use. The main physicochemical results of our study show that most of the borehole water studied is of good quality and compatible with Algerian and WHO drinking water standards, with the exception of a few boreholes, which they exceeded. Standards of certain parameters such as temperature, conductivity, total hardness, sodium and sulfate. Regarding the results of microbiological analyzes of total and faecal coliforms, faecal streptococcus and clostridium-sulfite-reducing, indicate that all the water from the boreholes is of good quality and it does not constitute any danger to the health of the consumers of this water. When water is the life, it is necessary to make a program of follow-up and planning to preserve against all that can cause problems of alteration of their quality and by essential the health of the consumers and the environment in general.

Keywords: water, drilling, quality, physic-chemical, bacteriological, standards, Metlili.

ملخص

دراسة هيدرو-كيميائية وبكتيريولوجية لمياه المتداخل القاري في منطقة متليلي-ولاية غرداية-

يركز عملنا على دراسة جودة لمياه المتداخل القاري في منطقة متليلي ولاية غرداية خلال فترة خريف عام 2020. يتمثل نهجنا في دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتيريولوجية لهذه المياه. من أجل مقارنة هذه النتائج مع المعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية وتحديد مدى ملائمتها للاستخدام. تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية الرئيسية لدراستنا أن معظم مياه الآبار المدروسة ذات نوعية جيدة ومتوافقة مع معايير مياه الشرب الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية، باستثناء عدد قليل من الآبار التي تجاوزت بعض المعايير مثل درجة الحرارة والتوصيلية والصلابة الكلية والصوديوم والكبريتات. فيما يتعلق بنتائج التحليلات الميكروبيولوجية: القولونيات والقولونيات البرازية، العقديات البرازية و كلوستريديوم مخفضات السلفيت ، تشير إلى أن جميع مياه الابار ذات نوعية جيدة ولا تشكل أي خطر على صحة مستهلكي الماء. عندما يكون الماء هو الحياة، من الضروري وضع برنامج للمتابعة والتخطيط لحمايته من كل ما يمكن أن يسبب مشاكل في تغيير جودته وتشكيل خطر على صحة المستهلكين والبيئة بشكل عام.

الكلمات المفتاحية: ماء ، بئر ، جودة ، فيزيائي-كيميائي ، بكتيريولوجية ، معايير ، متليلي.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I	Normes Algériennes et d'OMS de potabilité des eaux	14
Tableau II	Normes Algériennes et d'OMS des eaux d'irrigation	16
Tableau III	Inventaire des forages de Metlili	25
Tableau IV	Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2019	29

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Situation géographique de la commune Metlili	19
Figure 02	Carte de Bassin Version de la Vallée de Metlili	21
Figure 03	Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa	22
Figure 04	Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal)	24
Figure 05	Localisation des forages d'eau dans la région de Metlili	28
Figure 06	Température Mensuelle de la région Ghardaïa (2009/2019)	30
Figure 07	précipitations moyennes mensuelles de la région de Ghardaïa (2009/2019)	31
Figure 08	Humidités relatives moyennes mensuelles de la région de Ghardaïa (2009/2019)	31
Figure 9	vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2009/2019)	32
Figure 10	Diagramme Ombrothermique de la région de Ghardaïa (2009/2019)	33
Figure 11	Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Ghardaïa	34
Figure 12	Approche méthodologique	35
Figure 13	Carte de localisation des forages étudiés	37
Figure 14	Variation de la température dans les eaux des forages de la commune de Metlili	51
Figure 15	Variation de la conductivité électrique dans les eaux des forages de la commune de Metlili	52
Figure 16	Variation de pH dans les eaux des forages de la commune de Metlili	53

Figure 17	Variation de la turbidité dans les eaux des forages de la commune de Metlili	54
Figure 18	Variation de la teneur en Ammonium dans les eaux des forages de la commune de Metlili	55
Figure 19	Variation de la teneur en Nitrites dans les eaux des forages de la commune de Metlili	56
Figure 20	Variation de la teneur en l'Orthophosphate dans les eaux des forages de la commune de Metlili	57
Figure 21	Variation de la teneur en phosphore dans les eaux des forages de la commune de Metlili	58
Figure 22	Variation de la teneur en fer dans les eaux des forages de la commune de Metlili	59
Figure 23	Variation de la dureté totale dans les eaux des forages de la commune de Metlili	60
Figure 24	Variation de la teneur en calcium dans les eaux des forages de la commune de Metlili	61
Figure 25	Variation de la teneur en Magnésium dans les eaux des forages de la commune de Metlili	62
Figure 26	Variation de la teneur en Sodium dans les eaux des forages de la commune de Metlili	63
Figure 27	Variation de la teneur en potassium dans les eaux des forages de la commune de Metlili	64
Figure 28	Variation de la teneur en Chlorure dans les eaux des forages de la commune de Metlili	65
Figure 29	Variation de la teneur en sulfate dans les eaux des forages de la	66

	commune de Metlili	
Figure 30	Variation de la teneur en Bicarbonates dans les eaux des forages de la commune de Metlili	67
Figure 31	Variation de la concentration des Coliformes totaux des eaux des forages de la commune de Metlili	69
Figure 32	Variation de la concentration des Coliformes fécaux des eaux des forages de la commune de Metlili	69
Figure 33	Variation de la concentration d'E. Coli des eaux des forages de la commune de Metlili	70
Figure 34	Variation de la concentration des Streptocoques fécaux des eaux des forages de la commune de Metlili	71
Figure 35	Variation de la concentration Clostridium sulfito-réducteurs des eaux des forages de la commune de Metlili	72

Liste des Annexes

N°	Titre
Annexe 1	Classes de turbidités
Annexe 2	Utilisation de Chlore
Annexe 3	Analyses physico-chimiques et bactériologiques

Liste des abréviations

ADE	Algérienne Des Eaux
AEI	Alimentation en Eau Industriel
AEP	Alimentation en Eau Potable
Alti	Altitude
AnR	Le temps de réalisation de forage
C°	Température en degré Celsius
CE	Conductivité Electrique
CI	Continental Intercalaire
CT	Complex Terminal
DBO5	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DPD1 ou DPD4	Teste de Chlore
E. Coli	Escherichia Coli
EDTA	Ethylène Diamine Tétra Acétique
F	Forage
Hr	Humidité relative de l'air
HSN	Acide carboxylique (C ₁₂ H ₁₄ N ₂ O ₇ S.3H ₂ O), (indicateur)
IRR	Irrigation
l/s	Liter par scande
m³	Mètre cube
mg/l	Milligramme par Litre

Mm	Millimètre
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique
μS/cm	Micro-Siémens par Centimètre
μm	Micro mètre

Table de matière

Remerciement

Dédicace

Résumés

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des Annexes

Liste des Abréviations

Table de matière

Introduction.....01

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Qualité des eaux souterraines

1. Eau souterraine	04
1.1. Types des nappes souterraines	04
1.1.1. Nappe libre.....	04
1.1.2. Nappe semi-captive.....	04
1.1.3.. Nappe captive	04
1.2. Utilisation des eaux souterraines	04
1.3. Captage des eaux.....	05
1.3.1. Forage profond.....	05
1.3.2. Puits peu profondes.....	05
1.3.3. Puits dans les couches fissurées ou creusées.....	05
1.4. Pollution de l'eau	06
2. Paramètres de la qualité des eaux.....	06

2.1. Paramètres physique-chimique.....	06
2.1.1. Température.....	06
2.1.2. Potentiel d'hydrogène.....	06
2.1.3. Conductivité électriques.....	07
2.1.4. Turbidité.....	07
2.1.5. Oxygène dissous.....	07
2.1.6. Couleur.....	07
2.1.7. Goût et odeur.....	08
2.2. Paramètres de la pollution.....	08
2.2.1. Demande chimique en oxygène.....	08
2.2.2. Demande biochimique en oxygène.....	08
2.2.3. Ammonium.....	08
2.2.4. Nitrites.....	09
2.2.5. Nitrates.....	09
2.2.6. Phosphates.....	09
2.2.7. Matières organiques.....	09
2.2.8. Fer.....	10
2.3. Minéralisation globale.....	10
2.3.1. Dureté.....	10
2.3.2. Chlorures.....	10
2.3.3. Sodium.....	11
2.3.4. Potassium.....	11
2.3.5. Sulfates.....	11

2.3.6. Calcium	11
2.3.7. Magnésium	12
2.2. Paramètres microbiologiques	12
2.2.1. Virus.....	12
2.2.2. Bactéries.....	13
2.2.3. Protozoaires.....	13
2.2.4. Helminthes.....	13
3. Les normes de la qualité des eaux	13
3.1. Normes de potabilité.....	13
3.2. Normes d'irrigation	16

Deuxième partie : Matériels et méthodes

Chapitre II : Matériel d'études

1. Choix de la zone d'étude.....	18
2. Présentation de la zone d'étude.....	18
2.1. Situation géographique	18
2.2. Démographie	20
2.3. Agriculture	20
2.3.1. Système oasien de l'ancienne palmeraie.....	20
2.3.2. Mise en valeur	20
2.3.2 .1. Mise en valeur péri-oasienne.....	20
2.3.2.2. Mise en valeur d'entreprise	20
3. Hydrologie	21

4. Hydrogéologie	21
4.1. Nappe phréatique.....	22
4.2. Nappe continentale intercalaire	22
5. Géologie.....	28
6. Climat	29
6.1. Températures.....	30
6.2. Précipitations	30
6.3. Humidité relative de l'air	31
6.4. Vent.....	32
6.5. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	32
6.6. Climagramme d'EMBERGER	33

Chapitre III : Méthodes d'études

1. Approche méthodologique.....	35
2. Étude des eaux.....	36
3. Analyses physico- chimiques et bactériologiques	38
3.1. Méthodes de prélèvement de l'eau de robinet et transport au laboratoire.....	38
3.2. Méthodes d'analyses.....	38
3.2.1. Analyses physiques	39
3.2.1.1. Température.....	39
3.2.1.2. pH.....	39
3.2.1.3. Conductivité	39
3.2.1.4. Dureté totale.....	40
3.2.2. Analyses chimiques	40

3.2.2.1. Chlorures.....	40
3.2.2.2. Magnesium	41
3.2.2.3. Sulfate.....	41
3.2.2.4. Calcium.....	42
3.2.2.5. Turbidité	42
3.2.2.6. Bicarbonates	43
3.2.2.7. Dosage de sodium et potassium	44
3.2.3. Analyses des paramètres de la pollution.....	44
3.2.3.1. Ammonium.....	44
3.2.3.2. Phosphate.....	45
3.2.3.3. Nitrites	45
3.2.3.4. Fer.....	46
3.2.4. Analyses bactériologiques.....	46
3.2.4.1. Méthode par filtration sur membrane.....	46
a. Recherche et le dénombrement des coliformes totaux	47
b. Recherche et le dénombrement des Coliformes fécaux.....	48
c. Recherche Escherichia-Coli.....	48
d. Recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux.....	48
e. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito réducteur	49

Troisième partie : Résultats et discussions

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Paramètres des analyses physico-chimiques.....	51
1.1 Température.....	51
1.2. Conductivité électrique	51

1.3. Potentiel d'Hydrogène	52
1.4. Turbidité.....	53
2.1. Paramètres de la pollution des eaux.....	54
2.1.1. Ammonium.....	54
2.1.2. Nitrites	55
2.1.3. Phosphates	56
2.1.4. Fer.....	58
1.3. Minéralisation globale	59
1.3. 1. Titre Hydrométrique	59
1.3. 2. Calcium.....	60
1.3. 3. Magnésium.....	61
1.3.4. Sodium.....	62
1.3..5. Potassium.....	63
1.3. 6. Chlorures.....	64
1.3. 7. Sulfates.....	65
1.3. 8. Bicarbonates.....	66
2. Résultats d'analyses bactériologiques.....	67
2.1. Coliformes totaux et fécaux.....	68
2.2. Streptocoques fécaux.....	70
2.3. Clostridium sulfito-réducteurs	71
Conclusion.....	73
Références bibliographiques.....	75
Annexe	

Introduction

Introduction

L'eau constitue une ressource naturelle indispensable pour la vie de l'Homme, des animaux et des végétaux. L'avoir à disposition en quantité suffisante et en qualité satisfaisante contribue au maintien de la santé (SCALON *et al.*, 2005 ; El-NAQA *et al.*, 2007 ; EBILIN *et al.*, 2014).

La quantité d'eau présente sur la planète est évaluée à 1400millions de Km², dont 97% est salée (les océans et les mers). Sur les 3% qui restent qui constituent l'eau douce, les trois quarts sont bloqués dans les glaciers et les nappes très profondes et le quart restant donc utilisable ce qui représente uniquement 0.4% des disponibilités totales en eau sur terre (BOUZIANI, 2000).

Les eaux souterraines offrent des ressources avantageuses pour de nombreux utilisateurs prédominantes dans certains pays mais de nature variée incorporées aux ressources en eaux de surface. Elles sont largement utilisées dans un grand nombre de pays forment souvent la principale source d'approvisionnements en eau potable contribue dans une proportion appréciable aux approvisionnements en eau industrielle dans les pays développés et constitue la ressource locale quasi exclusive pour l'irrigation et l'élevage en zone arides (MARGAT, 1990).

Les eaux souterraines en Algérie sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Certaines régions algériennes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau potable et des équipements d'hygiène et ainsi l'eau est menacée dans sa qualité et sa quantité (REMINI, 2010).

Les nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) constituent, en effet, les principales ressources d'approvisionnement en eau souterraine pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie dans tout le Sahara septentrional (OSS, 2003).

Notre étude a pour objectif d'étudier la qualité hydro-chimique de Continental Intercalaire dans la vallée de Metlili (Wilaya de Ghardaïa) au cours d'automne 2020, afin de comparer ces résultats avec les normes déterminer son aptitude d'utilisation.

Pour atteindre notre objectif, cette recherche est composée de trois parties: la première partie, est une synthèse bibliographique sur les eaux souterraines, leurs types, leurs utilisations, leur captage, une présentation des paramètres physico-chimiques et bactériologique de la qualité des eaux et leurs les normes. la deuxième partie matériel et méthodes, est consacrée à la présentation de la zone d'étude et de la méthodologie d'étude et les méthodes d'études des analyses physico-chimiques et bactériologiques. La troisième partie, représente les résultats obtenus et les discussions, complétée par une conclusion de cette étude.

Première partie :
Synthèse
bibliographique

Chapitre I : Qualité des eaux souterraines

1. Eau souterraine

Les eaux souterraines constituent 20 % des réserves d'eaux soit environ 1000 millions de m³, leur origine est due l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physicochimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes (RODIER, 1996).

1.1. Types des nappes souterraines

La nappe d'eau souterraine est constituée par l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère dont toutes les parties sont en continuité hydraulique (GILBERT, 1998).

1.1.1. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable, le siège d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable (BONNIN, 1982).

1.1.2. Nappe semi-captive

Elle appartient à un aquifère dont le toit ou /et le substratum est constitué par une formation semi-perméable. Celle-ci permet des échanges d'eau avec les aquifères situés au-dessous ou en dessous, appelés drainante (MUSY & HIGY, 2004 ; DETAY, 1997).

1.1.3. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelé nappe captive (BONNIN, 1982).

1.2. Utilisation des eaux souterraines

Les ressources en eaux souterraines représentent une ressource majeure pour les populations rurales au Sud du Sahara étant donné que les eaux de surface ne sont pas pérennes à cause de la valeur élevée de l'évapotranspiration ou de leur qualité médiocre.

Seule source d'eau potable de qualité, ces eaux souterraines conditionnent la sécurité alimentaire de ces populations. Près de la moitié de la population africaine compte sur l'eau souterraine (CARTER & PARQER, 2009).

Aussi, cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un potentiel économique important particulièrement pour générer et entretenir la prospérité à travers certaines activités telles que l'agriculture (L'irrigation), la production d'énergie, l'industrie, le transport et le tourisme (PATURELJE *et al.*, 2010).

1.3. Captage des eaux souterraines

L'amenée des eaux à partir du lieu s'opère soit par les captages des nappes ou des sources, soit le prélèvement dans une rivière ou un lac, elle met en œuvre les ouvrages de transport (KOCH, 1969).

Les points d'eau sont habituellement classés de la manière suivant (DUPONT, 1981) :

1.3.1. Forage profond

Les Forage profond (Puits forcé) prélèvent l'eau sur une nappe souterraine située sous une couche imperméable.

1.3.2. Puits peu profond

Les Puits peu profond (creusé à la main foncé ou foré) : Prélèvement sur une nappe souterraine où l'eau s'infiltré au moins 3m à partir de la surface.

1.3.3. Puits dans les couches fissurées ou creusées

Permettant aux eaux de surface d'atteindre facilement les eaux souterraines. Les eaux souterraines ont toujours été recherchées en raison de leur fraîcheur et leur qualité chimique et bactériologique. Plus l'eau est profonde et plus la sécurité est grande.

1.4. Pollution de l'eau

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement. En effet, à la différence de divers phénomènes de pollution qui ne constituent qu'une menace potentielle susceptible d'affecter à l'avenir les activités humaines, la crise de l'eau sévit déjà depuis longtemps et avec une gravité sans cesse accrue, affectant aussi bien les pays industrialisés que ceux du tiers monde (RAMADE, 2002).

2. Paramètres de la qualité des eaux

L'estimation de la qualité d'une eau ne peut s'effectuer pas par la mesure d'un seul, mais d'un ensemble de paramètres de nature diverses.

2.1. Paramètres physique-chimique

Les caractéristiques physico-chimiques sont des paramètres facilement mesurables d'une façon continue par des sondes installées dans des stations d'observation des qualités des eaux (GAUJOU, 1995).

2.1.1. Température

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la compréhension de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques (RODIE *et al.*, 2005).

2.1.2. Potentiel d'hydrogène

Le pH ou la potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ion hydrogène $[H_3O^+]$ il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau acide ou basique le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très important pour la détermination de l'agressivité de l'eau (LADJEL & TODEFT, 2002).

2.1.3. Conductivité électrique

La conductivité(CE) mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Ce paramètre donne une indication de la concentration totale de l'eau en ions. Comme une grande partie des sels dissous dans l'eau s'y trouvent sous forme d'ions (chlorures, nitrates, sodium, calcium, sulfures etc.). Les variations de ces concentrations peuvent avoir des impacts sur le milieu naturel (BRADAI, 1994).

2.1.4. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...), étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité Néphélométrique de turbidité ou NTU (Annexe 1) (JOEL, 2003).

2.1.5. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O₂/l (REJSEK, 2002).

2.1.6. Couleur

La couleur d'eau de boisson peut être imputable à la présence de matière organique coloré par exemple des substances humiques, des métaux tels que le fer et le manganèse ou des déchets industriels à coloration intense. La plupart des gens sont capables de déceler la coloration de l'eau contenue dans un verre lorsqu'elle dépasse 15 UNV (Unité colorimétriques vraies) (BASSOU & KOULL, 2003).

2.1.7. Goût et odeur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.

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 (RODIER, 2005).

2.2. Paramètres de la pollution

2.2.1. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène (DCO) elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau avec le concours des microorganismes qui se développent dans des conditions données du milieu (BREMONT & PERRODON, 1976).

2.2.2. Demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène (DBO₅), exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (XANTHOULIS, 1993).

2.2.3. Ammonium

L'ammoniac provient principalement de la dégradation des matières organiques azotées, il peut s'infiltrer avec l'eau dans les sols vers les nappes. Dans les eaux souterraines, l'ammonium (NH₄⁺) peut être lié à la réduction des nitrates (en association avec le fer) : NO₃⁻ → NO₂⁻ → NH₄⁺. Il peut aussi être d'origine agricole, urbaine ou industrielle. La présence d'ammonium dans les eaux souterraines provient d'une

contamination de surface à partir d'effluents ou d'un phénomène de réduction des nitrates fréquent dans les nappes captives et nous donne un indice sur la pollution organique. Elle peut également donner un indice sur une éventuelle pollution microbiologique (BARAN *et al.*, 2006).

2.2.4. Nitrites

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions Nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (RODIER, 2005).

2.2.5. Nitrates

Les nitrates sont toxiques lorsqu'ils se trouvent à des concentrations excessives dans l'eau de boisson car ils provoquent dans certain cas la méthémoglobinémie chez les bébés nourris au biberon. En ce concerne les individus plus âgés, le problème ne se présente pas mais il est possible que certaines formes de cancer soient associées à de très fortes concentrations de nitrates (BASSOU & KOULL, 2003).

2.2.6. Phosphates

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol; leur présence dans les eaux naturelles sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Le phosphate joue un rôle important dans le développement des algues; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les grosses canalisations et les eaux des lacs, ou il contribue à l'eutrophisation (BABKER, 2009).

2.2.7. Matières organiques

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale. Elaborées sous l'influence des microorganismes, l'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goûts qui pourront être exacerbés par la chloration. Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique, leur teneur est appréciée le plus souvent, par des tests tel que

la réduction du permanganate de potassium en milieux acide ou alcali (LADJEL & TODEFT, 2002).

2.2.8. Fer

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) (RODIER, 1996). Ce métal se classe en 4ème rang des éléments de la croûte terrestre (RODIER *et al.*, 2005).

2.3. Minéralisation globale

La minéralisation est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux sont très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorure, en sulfate et en hydrogénocarbonates (RODIER, 1996).

2.3.1. Dureté

La dureté ou titre hydrométrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plus part des cas la dureté est surtout dûe aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentrations en CaCO₃ (RODIER, 2009).

2.3.2. Chlorures

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer. Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3mg/l. La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Ils Chlorures participent à la conductivité électrique des cours d'eau. Le niveau guide de la concentration en chlorures des eaux destinées à la consommation humaine est de : 25mg/l. Les ions Cl⁻ participent dans la formulation moléculaire de KCl, Na Cl, et HCl. Et les sels ont la propriété de déposer sur les parois de la tuyauterie et provoquent un bouchage (CHEVALLIER, 2007).

2.3.3. Sodium

Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction des ressources disponibles et des habitudes alimentaires. Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composants largement répandus dans la nature, représentent 26 g/Kg de la croûte terrestre. Les eaux souterraines en contiennent par fois beaucoup ce qui dans certains cas, peut accroître la salinité des cours d'eau. Un Taux élevé de sodium est d'un inconvénient limite à un effet laxatif pour de fortes concentrations, toutefois ces eaux sont à proscrire pour les personnes atteintes de troubles cardio-vasculaires ou rénaux (BREMOND & PERRODON, 1976).

2.3.4. Potassium

Le potassium est un élément normal dans les eaux, sa concentration est largement inférieure à celle de sodium, bien que leur abondance relative terrestre soit comparable (sodium 2,83% et potassium 2,59%) La pollution par les ions potassium provient des industries extractives des usines d'engrais et des industries de verre et de matériaux connexes (BREMOND & PERRODON, 1976).

2.3.5. Sulfates

Ils sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. A part ceux du plomb, du baryum et du strontium. Le sulfate de calcium est la forme la plus retrouvée dans les eaux souterraines et les concentrations les plus élevées sont généralement d'origine naturelle. On peut évoquer certaines hypothèses pouvant expliquer la variation des sulfates qui proviennent fondamentalement de la dissolution des sels évaporitiques (gypse, anhydrite, etc.), l'origine marine du terrain (calcaires et dolomies marins), l'oxydation des sulfures des roches ignée, métamorphiques ou sédimentaires et les activités agricoles (BEN ABBOU et *al.*, 2014).

2.3.6. Calcium

Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeure de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfate, chlorure, etc. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium,

les eaux qui dépassent 200mg/l de calcium présentent de nombreux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation chaudières (l'installation de chauffage) (RODIER, 1984).

2.3.7. Magnésium

Le magnésium est principalement présent en ion Mg^{2+} . Il est contenu dans un large nombre de minéraux, par exemple la dolomite (carbonate de calcium magnésium; $CaMg(CO_3)_2$) et la magnésite (carbonate de magnésium; $MgCO_3$). Le sulfate de magnésium ajoute un goût amer à l'eau. Sa solubilité est de 309 g/L à 10°C dans l'eau (MELLAK, 2009).

2.3.8. Bicarbonates

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin des eaux, sa présence est due à l'action dissolvante des bactéries qui fournissant du CO_2 . Lorsque le CO_2 aqueux réagit avec l'eau, il y a formation d'un acide : l'acide carbonique (H_2CO_3) qui lui-même réagit pour former l'ion carbonate CO_3^{2-} et l'ion hydrogénocarbonate (Bicarbonate) HCO_3 (MELLAK, 2009).

2.2. Paramètres microbiologiques

Les micro-organismes peuvent être classés en quatre grands groupes par ordre croissant de tailles : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (BAUMONT et *al.*, 2004).

2.2.1. Virus

Les virus sont des micro-organismes infiniment plus petits et plus résistants dans l'eau. Ce sont des micro-organismes qui ont un métabolisme spécifique, ils ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement par les urines ou les excréctions sans pharyngées. L'élimination peut être très importante, ainsi au cours d'une poliomyélite, un seul cas peut éliminer quotidiennement 10⁴ à 10⁵ virions par gramme de selles (BOUZIANI, 2000).

2.2.2. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm (ASANO, 1998).

Les bactéries sont des organismes microscopiques unicellulaires isolés ou coloniaux. Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne (DEGREMOT, 1989).

2.2.3. Protozoaires

Ce sont des organismes eucaryotes, unicellulaires, mobiles de petite taille (de 1 à 500 μm) certains se nourrissent essentiellement de bactéries et de molécules organiques dissoutes, alors que d'autres présentent une très grande variété de type trophique (ATOUSSE & ATTAB, 2007).

2.2.4. Helminthes

Ce sont des vers multicellulaires tout comme les protozoaires ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (BAUMONT *et al.*, 2004).

3. Normes de la qualité des eaux

3.1. Normes de potabilité

Globalement, les qualités de l'eau de boisson doit 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 (BOUZIANI, 2000).

La potabilité et la qualité chimique des eaux sont en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. On considère une eau potable quand elle ne présente pas de risques pour la santé humaine (KHADRAOUI & TALEB, 2008).

Les normes fixées par l'OMS et les normes Algérienne et Françaises sont présentés dans le tableau suivant (Tab. I).

Tableau I. Normes Algériennes et d’OMS de potabilité des eaux (RODIER *et al*, 2009 ; JORA, 2011)

Paramètre	Norme Algérienne	Norme OMS	Unité
Température	25	-	C°
Couleur	15	15	Unités (mg/Pt)
Odeur à 12°C	4	-	Taux dilution
Saveur à 12°C	4	-	Taux dilution
Turbidité	5	5	Unités NTU
Ph	≥ 6.5 et ≤ 9	6,5 et 9,5	-
Conductivité	2800	1500	$\mu\text{S}/\text{cm}$
Résidus secs	1500	1000	mg/l
Alcalinité	500		mg/l en CaCO_3
Ammonium	0.5	1,5	mg/l
Nitrate	50	50	mg/l
Nitrite	0.2	0,2	mg/l
Phosphore	5	-	mg/l
DBO_5	-	3	mg/l d'O
DCO	-	. 30	mg/l d'O2
Chlorure	500	250	mg/l
Sodium	200	200	mg/l
Potassium	12	-	mg/l
Sulfates	400	250	mg/l

Aluminium	0.2	0,2	mg/l
L'arsenic	0.01	0,01	mg/l
Baryum	0.7	0,7	mg/l
Bore	1	0,3	mg/l
Cadmium	3	3	µg/l
Calcium	200	-	mg/l en CaCO ₃
Chrome	0.05	0,05	mg/l
Chlorures	500	-	mg/l
Cuivre	2	2	mg/l
Cyanures	0.07	0,07	mg/l
Dureté	200	-	mg/l en CaCO ₃
Fer total	0.3	-	mg/l
Fluorure	1.5	1,5	mg/l
Magnésium	200	200	mg/l
Manganèse	50	100	µg/l
Mercure	6	1	µg/l
Plomb	10	10	µg/l
Zinc	5	3	mg/l
Escherichia coli	0	0	nombre/100 ml
Entérocoques	0	0	nombre/100 ml
ClostridiumSulfito-réducteur	0	0	nombre/100 ml

3.2. Normes d'irrigation

La qualité de l'eau d'irrigation varie en fonction de la nature et de la quantité des sels dissous. L'augmentation de la teneur en sels est à l'origine de plusieurs problèmes pour le sol et les plantes. Les problèmes les plus rencontrés sont associés à la salinité, sodicité, toxicité spécifique de certains ions et d'autres problèmes liés à l'excès d'azote et aux bicarbonates (Tab. II) (DADDI, 1997; BENHEDID, 2014).

Tableau II. Normes Algériennes et d'OMS des eaux d'irrigation (OMS ,2006 ; JORA, 2011)

Paramètres	Unité	Valeurs maximales	
		Norme Algérienne (2011)	Norme OMS(2006)
pH		6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Conductivité électrique	µs/cm à 25 C°	≤ 3000	< 2250
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	30	30
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	300	250
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	350	350
Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	mg/l	500	400
SAR	/	< 3	< 3
Fer (Fe ⁺⁺)	mg/l	5	20
Manganèse (Mg ⁺⁺)	mg/l	0.2	100
Sodium (Na ⁺)	mg/l	/	200
Potassium (K ⁻)	mg/l	/	20
Calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	/	200

Deuxième partie :
Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel d'études

1. Choix de la zone d'étude

Dans la région de Ghardaïa l'aquifère du Continental Intercalaire (CI) est considéré comme la seule source disponible pour satisfaire les besoins croissants en alimentation en eau potable, en agriculture et pour l'industrie. Cet aquifère est fortement exploité par un nombre très important de forages, à lorsque son alimentation est très faible, considéré comme non renouvelable. Ce qui nécessite un suivi et un contrôle périodique de ses prélèvements, de son niveau piézométrique et de sa qualité physicochimique.

Dans ce contexte, notre étude a été menée dans la vallée de Metlili pour évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de cette zone, afin de comparer ces résultats avec les normes et déterminer son aptitude d'utilisation.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Situation Géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie Nord du Sahara algérien. A environ 600Kmau sud de la capitale du pays, Alger. Ces coordonnées géographiques sont : altitude 480 m, latitude 32° 30' Nord, longitude 3° 45' Est. La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 86.560 km², elle est limitée (ACHOUR,2003):

- au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- à l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470 Km) ;
- au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- à l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350 Km).

La wilaya comporte actuellement 11 communes regroupées en 8 Daïras pour une population de 471.656 habitants, soit une densité de 4,68 habitants/ km² (DPSB, 2018).La commune de Metlili est située au Sud de la wilaya de Ghardaïa à une distance de 45 km

(Fig. 1), elle couvre une superficie de 7300 Km², elle est repérée par les coordonnées suivantes : l'altitude 32° 16' nord, la longitude 3° 38' Est et altitude de 455 m (ACHOUR,2003).

Elle est limitée (ACHOUR,2003):

- Au nord par : la wilaya d'el Bayadh et les communes de Daya, Bounoura, El Atteuf et Zelfana.
- Au sud par : la commune de Sebseb.
- A l'est par: la wilaya de Ouargla.
- A l'ouest par : la wilaya d'El Bayadh.

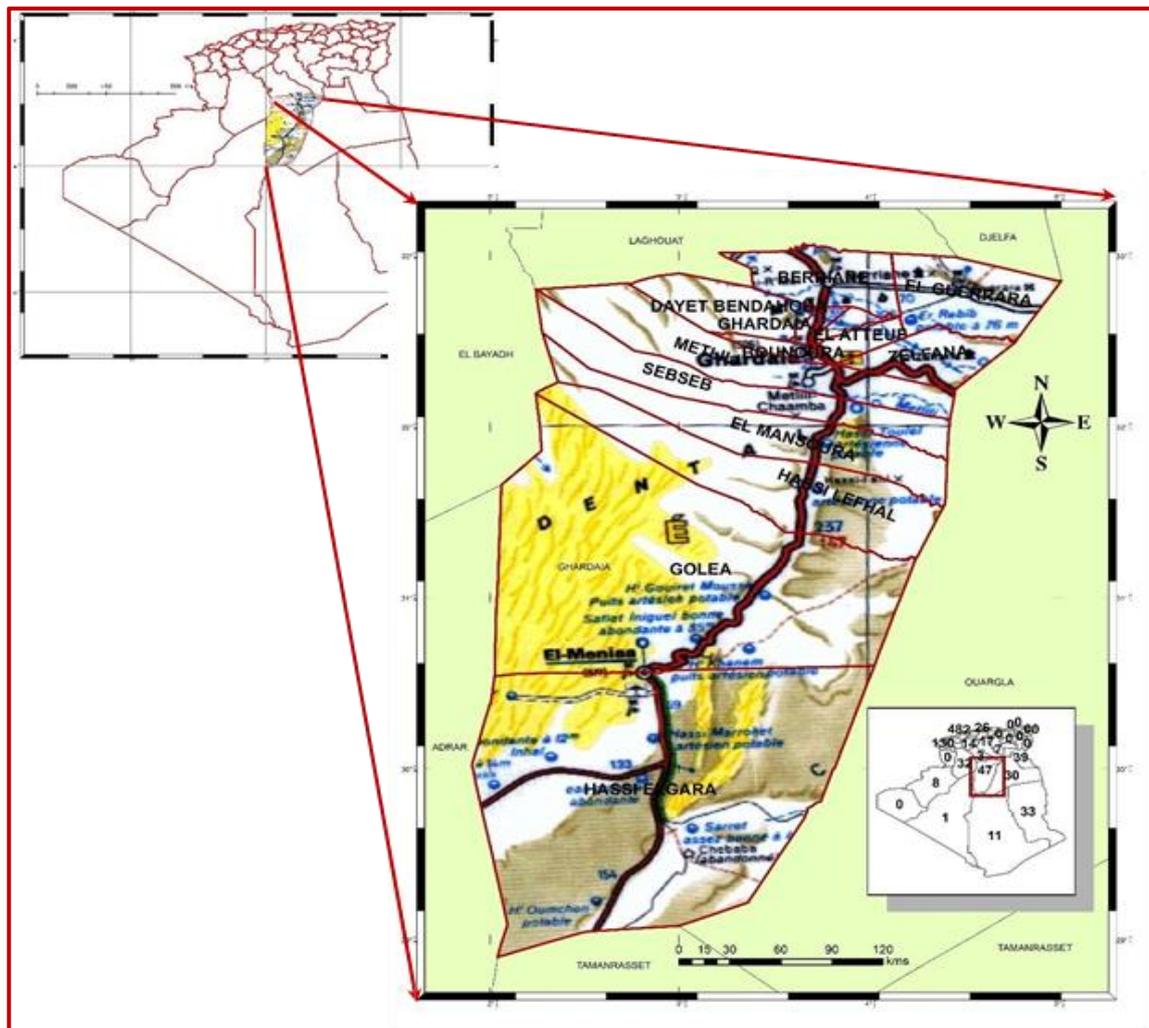


Figure 1. Situation géographique de la commune Metlili (BENGUELIA & HADJ BRAHIM, 2018)

2.2. Démographie

La population de la commune de Metlili est estimée à 52322 habitants. Cette commune a connu une croissance démographique de 42063 habitants en 2007, à 52322 habitants en 2018. La densité de peuplement est de 10,44 habitants/Km (DPSB, 2018).

2.3. Agriculture

Le secteur de l'agriculture e la Wilaya de Ghardaïa est caractérisé par deux systèmes d'exploitation :

2.3.1. Système oasien de l'ancienne palmeraie

Il est caractérisé par une forte densité de plantation palmiers âgés, une irrigation traditionnelle par séguias et des exploitations mal structurées et fortement morcelées (0.5 à 1.5 ha) Ce système caractérisé par des cultures étagées de palmiers dattiers, arbres fruitiers, maraîchage et fourrages en intercalaire des activités d'élevages familiaux sont souvent pratiquées avec des cheptels de petites tailles (ATLAS, 2009).

2.3.2. Mise en valeur

Le système de mise en valeur se scinde en (ATLAS, 2009) :

- **Mise en valeur péri-oasienne**

Petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré, caractérisé par : irrigation localisée, densité optimale, alignement régulier, exploitation structurées. Taille moyenne de 2 à 10 ha.

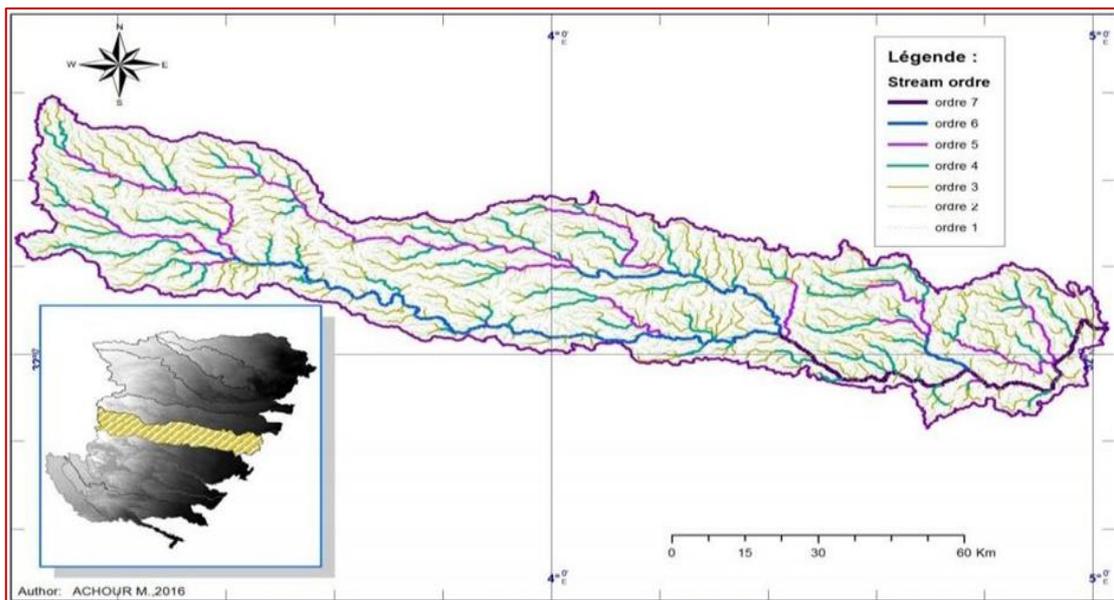
- **Mise en valeur d'entreprise**

C'est la grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est caractérisée par : structures foncière importante (jusqu'à 500 ha), mécanisation plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion, pratiquant des cultures de plein champs et vergers Phénicie colles et arboricoles. Les cheptels associés aux productions végétales sont importants notamment ovin et bovin.

3. Hydrologie

Le bassin de Metlili se caractérise comme étant le pays du sud le plus pauvre en eaux superficielles à l'exception des crues d'Oued Metlili Bassin versant de l'oued Metlili Le bassin versant de Metlili couvre une superficie d'environ 400 km². L'oued a pour origine la confluence de deux principaux oueds ; El Botma et Gaa au méridien 03° 25' Est et la parallèle 32° 23' Nord à une altitude de 650 m, il parcourt environ 270 km de l'Ouest vers l'Est pour atteindre la dépression de Sabkhet Safioune à une altitude de 120 m dans la région de Ouargla (Fig. 2).

Comme tous les oueds de la dorsale, l'écoulement est sporadique se manifestant à la suite de grandes averses orageuses. Pour une fréquence cinquantenaire le débit peut atteindre 500m³/s (ACHOUR & OUAISSI, 2003).



4. Hydrogéologie

Les principales ressources en eau de la commune sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères : les nappes phréatiques superficielles d'infero-flux et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albiennaise (MAYER, 1954).

4.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique, elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30m. Alimentées notamment par les eaux de pluies, d'irrigations, les eaux domestiques, les crues, les eaux de drainages et les eaux souterraines (sources) en provenant des aquifères plus profondes. Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels, et destinées Essentiellement, pour irriguer les palmeraies des vallées. La qualité chimique des eaux de la nappe de l'oued M'Zab et oued Metlili, est Bonne à la consommation à l'amont, mauvaise et impropre à la consommation à l'aval suite à leur contamination par les eaux urbaines (ACHOUR, 2010).

4.2. Nappe continentale intercalaire

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km². Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ (Fig. 3) (HELAL & OURIHANE, 2003).

La nappe du Continental intercalaire représente la principale ressource en eau de la région. L'aquifère est composé de sables, grès, marne et d'argiles sableuses d'âge Albien. Elle est captée à une profondeur allant de 280 à 500m. Cette nappe est Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage, le réservoir principal de la zone d'étude se situe essentiellement dans l'Albien, constitue le principal objectif hydrologique des forages réalisés pour alimenter le village de Metlili en eaux potable et pour l'irrigation. (ANRH, 2011). Les eaux sont captées au moyen de : forages et puits (DPSB, 2018).

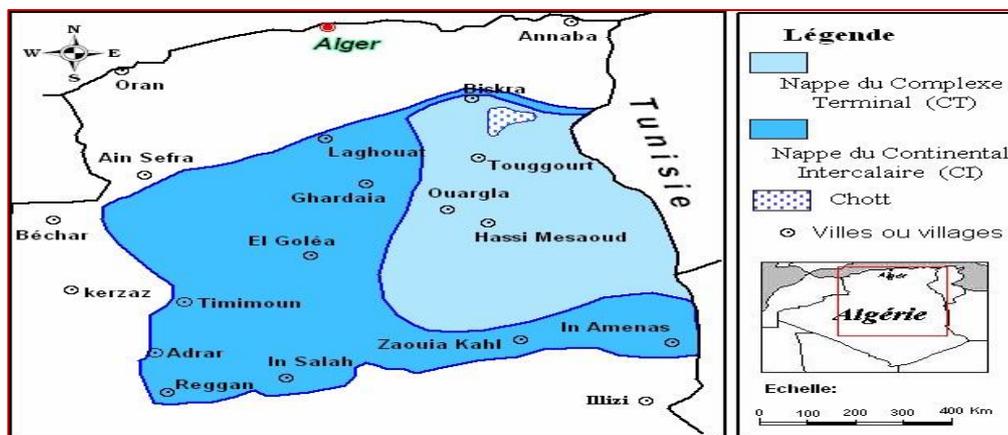


Figure 3. Carte des ressources en eau souterraines (Continental Intercalaire et Complexe Terminal) (HELAL & OURIHANE, 2003)

Selon les inventaires et collection des données des forages on a obtenu ces informations qu'on a dans la zone de Metlili 30 forages¹⁹ de type AEP (qui ont gestionné par ADE unité de Metlili) et 10 de type IRR et 1 de type AEI (Tab.III) ils sont répartis de dans l'Oued de Metlili (Fig.4) (ANRH, 2021; ADE, 2021).

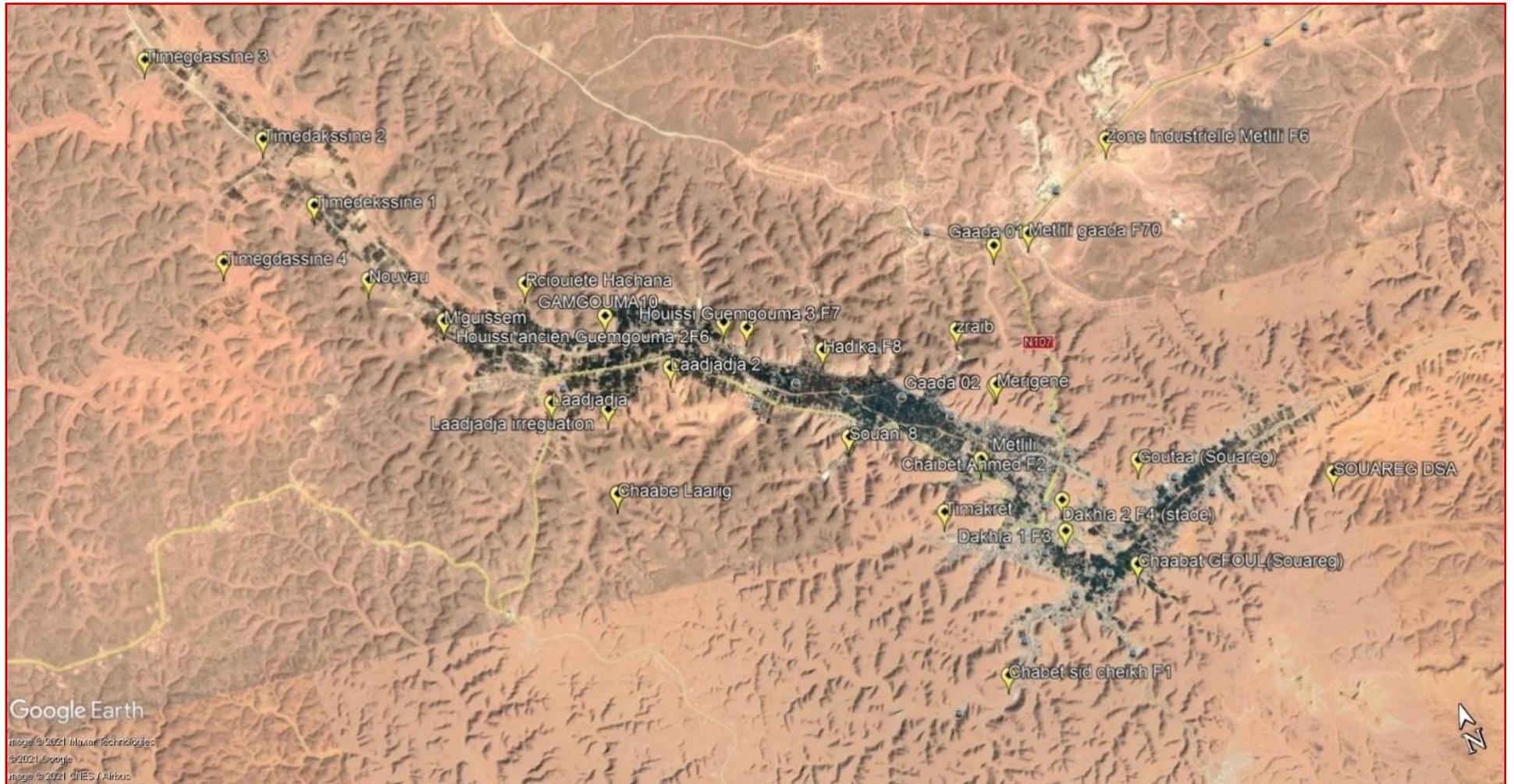


Figure 4. Localisation des forages d'eau dans la région de Metlili (ANRH, 2021)

Tableau III. Inventaire des forages de Metlili (ADE, 2021 ;ANRH, 2021)

Nom du forage	Latitude	Longitude	X_dcml	Y_dcml	Alti	AnR	Prof	débit mobilisé (l/s)	débit exploité (l/s)	Gestionnaire	Usage
Chaabet GFOUL(Souareg)	03°38'15"	32°15'05"	3.6375	32.25138889	489	1983	500	28	22	ADE	AEP
ChaabeLaarig	03°34'0"	32°17'0"	3.566666667	32.28333333	0	2010	500	33	25	ADE	AEP
ChaabetSid cheikh F1	03°36'47"	32°14'38"	3.613055556	32.24388889	510	1996	480	41	19	ADE	AEP
Chaibet Ahmed F2	03°37'14"	32°16'16"	3.620555556	32.27111111	495	1963	500	41	22	ADE	AEP
Dakhla 1 F3	03°37'44"	32°15'31"	3.628888889	32.25861111	496	1960	500	36	22	ADE	AEP
Dakhla 2 F4 (stade)	03°37'48"	32°15'45"	3.63	32.2625	583	1977	500	32	22	ADE	AEP
Gaada 01	03°38'0,8"	32°17'46.3"	3.633555556	32.29619444	0	2012	500	/	/	/	AEP
Gaada 02	03°37'34,5"	32°16'45.5"	3.62625	32.27930556	0	2015	500	/	/	/	AEP
GAMGOUMA10	03°34'27"	32°18'19"	3.574166667	32.30527778	531	1980	450	/	/	/	AEP
Goutaa (Souareg)	03°38'35"	32°15'50"	3.643055556	32.26388889	482	1993	500	25	27	ADE	AEP

Hadika F8	03°36'13"	32°17'29"	3.603611111	32.29138889	525	1957	400	25	11	ADE	AEP
Houissi ancien Guemgouma 2F6	03°35'27"	32°17'57"	3.590833333	32.29916667	520	1958	407	/	/	/	AEP
HouissiGuemgouma 3 F7	03°35'38"	32°17'51"	3.593888889	32.2975	529	1986	450	/	/	/	AEP
Laadjadja	03°33'43"	32°17'50"	3.561944444	32.29722222	529	1987	450	29	20	ADE	IRR
Laadjadja 2	03°34'51"	32°17'46"	3.580833333	32.29611111	547	2010	500	/	/	/	AEP
Laadjadjairrigation	03°34'11"	32°17'38"	3.569722222	32.29388889	539	2010	500	/	/	/	IRR
Merigene	03°37'36"	32°16'46"	3.626666667	32.27944444	0	2015	523	18	22	ADE	AEP
Metliligaada F70	03°38'21"	32°17'46"	3.639166667	32.29611111	578	2007	500	27	25	ADE	IRR
M'guissem	03°33'03"	32°18'43"	3.550833333	32.31194444	538	1983	445	31	25	ADE	AEP
Nouvau	03°32'32"	32°19'13"	3.542222222	32.32027778	549	2010	480	/	/	/	IRR
Rciouiete Hachana	03°33'52"	32°18'46"	3.564444444	32.31277778	0	2008	500	30	22	ADE	AEP
Souani 8	03°36'10"	32°16'47"	3.602777778	32.27972222	517	1983	450	25	11	ADE	AEP
SQUAREG DSA	03°40'13"	32°15'13"	3.670277778	32.25361111	470	2010	500	/	/	/	IRR
Timekret	03°36'45"	32°15'59"	3.6125	32.26638889	506	1993	500	46	28	ADE	AEP

Timedakssine 2	03°32'04"	32°20'31"	3.534444444	32.34194444	542	2004	500	/	/	/	IRR
Timedekssine 1	03°32'18"	32°19'54"	3.538333333	32.33166667	541	1993	450	/	/	/	IRR
Timegdassine 3	03°31'18"	32°21'24.5"	3.521666667	32.35680556	0	0	500	/	/	/	IRR
Timegdassine 4	03°31'20,6"	32°19'44"	3.522388889	32.32888889	0	0	500	/	/	/	IRR
Zone industrielle Metlili F6	03°39'19"	32°18'14"	3.655277778	32.30388889	567	1983	500	41	19	ADE	AEI
Zraib	03°37'26"	32°17'16"	3.623888889	32.28777778	515	1992	500	/	/	/	IRR

AEP=Alimentation en Eau Potable. **IRR**=Irrigation. **AEI**= Alimentation en Eau Industriel.

Alti = Altitude. **AnR**= Le temps de réalisation de forage. **Prof** =profondeur.

5. Géologie

La wilaya de Ghardaïa, elle est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas-Sahara, les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur, composés principalement par des dépôts calcaires turoniens dolomitiques; qui forment un plateau subhorizontal appelé couramment "la dorsale du M'Zab". Du point de vue lithologique, les affleurements sont de type (Fig. 5).

- Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-ouest attribués au Cénomaniens.
- En grande partie il est couvert par les dunes du grand erg occidental.
- Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre, attribués au Turonien.
- Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est, attribués au Sénonien.
- Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord-est attribués au Mio-pliocène.
- Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds (ACHOUR, 2010).

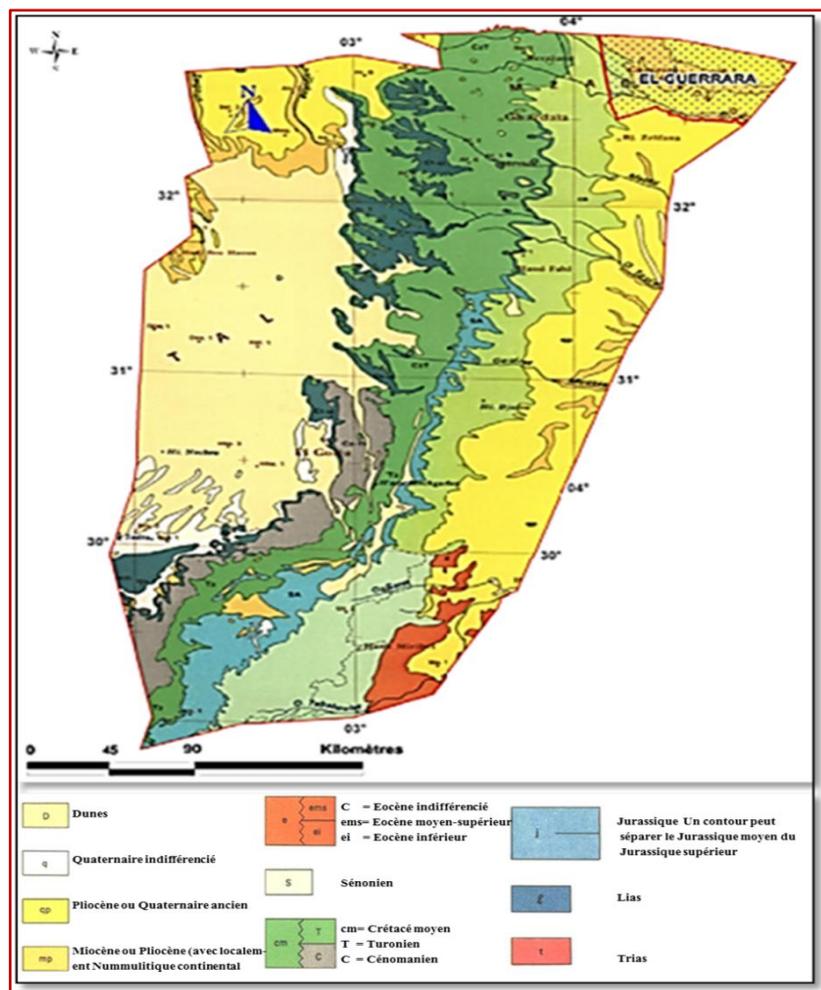


Figure 5. Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (ACHOUR,2010)

6. Climat

Le climat de la région de Metlili est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'avril à septembre) et une autre tempérée (d'octobre à mars) et une grande différence entre les températures de l'été et de l'hiver, avec une évaporation et une faible hauteur de pluies (ACHOUR, 2011).

Pour caractériser le climat de la région, les données climatiques de la station météorologique de Ghardaïa ont été utilisées (Tab. IV).

Tableau IV. Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2019 (ONM, 2019 ; TUTIEMP, 2021)

	T moy (T°)	T Max (T°)	T min (T°)	Hr (%)	P (mm)	V (Km/h)
Janvier	11,72	17,57	6,9	49,31	11,97	11,30
Février	12,62	18,24	7,48	41,96	0,425	13,86
Mars	17,03	23,07	10,8	39,96	12,36	14,74
Avril	21,28	27,3	14,8	33,36	5,81	15
Mai	25,54	31,82	18,66	29,14	0,94	15,98
Juin	31,58	37,78	24,48	25,66	3,46	14,42
Juillet	36,01	41,92	28,7	22,16	1,68	11,125
Août	34,12	40,2	27,53	25,12	0,58	10,90
Septembre	29,33	35,58	23,46	35,38	12,40	11,33
Octobre	23,46	29,6	17,55	38,925	10,16	8,54
Novembre	16,65	22,44	11,64	45,9	3,47	10,43
Décembre	12,78	18,13	7,8	51,7	2,90	10,73
Moyen	22,676	28,6375	16,649	36,547	66,184*	12,364

*: cumul annuel

6.1. Températures

La température est un facteur écologique capital (DREUX, 1980), elle est considérée comme facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivant dans la biosphère (RAMADE, 1984).

La température moyenne annuelle est de 22,676 °C, avec un maximum en juillet de 41,92°C, et un minimum en janvier de 6,9°C (Fig.6) (ONM, 2019).

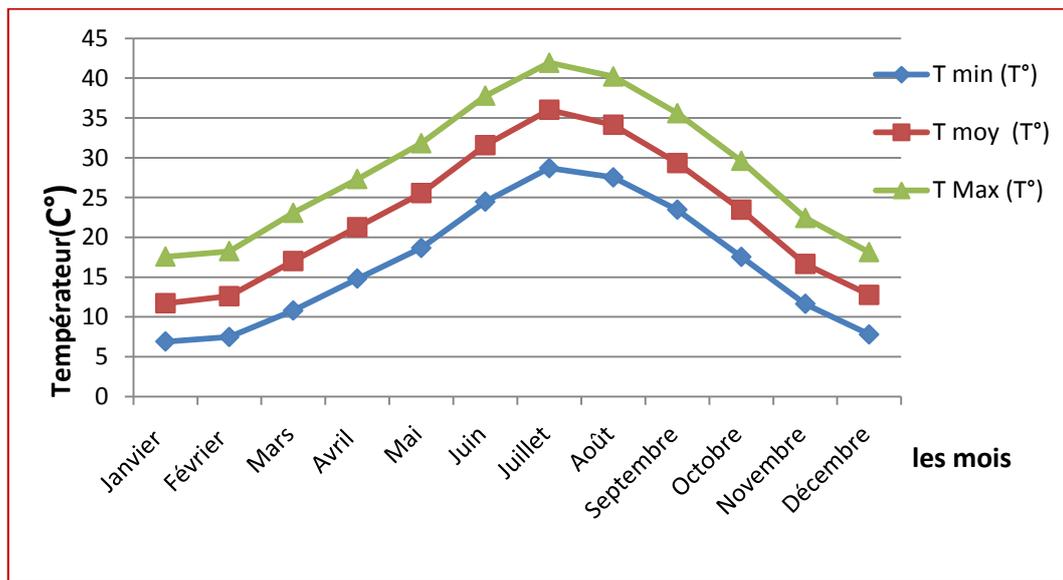


Figure 6. Température Mensuelle de la région Ghardaïa (2009/2019)

6.2. Précipitations

Les données climatiques de la région de Ghardaïa pendant la période (2009/2019) montrent que le volume des précipitations moyenne mensuelle est rare et irrégulier, au cours des mois d'années de moyenne 66,184mm, et de valeur maximum au mois de septembre était de 12,40 mm (Fig.7) (ONM, 2019).

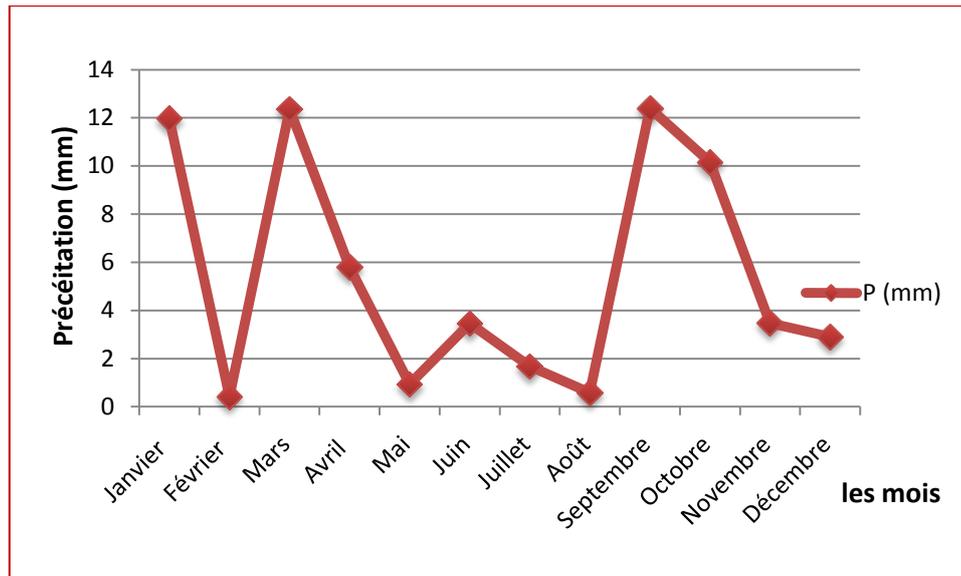


Figure 7. Précipitations moyennes mensuelles de la région de Ghardaïa (2009/2019)

6.3. Humidité relative de l'air

Les valeurs moyennes mensuelles d'humidité relative de l'air (Hr) dans la région de Ghardaïa sont faibles au cours les mois d'année, à une moyenne annuelle de 36,547 %. Et d'une valeur maximal de 49,31 au moi d'janvier (hiver ou la température et l'évaporation va se diminuer) et une valeur minimal de 22,16 % au mois de juillet (l'été ou la température et l'évaporation va se augmenter) (Fig.8) (ONM, 2019).

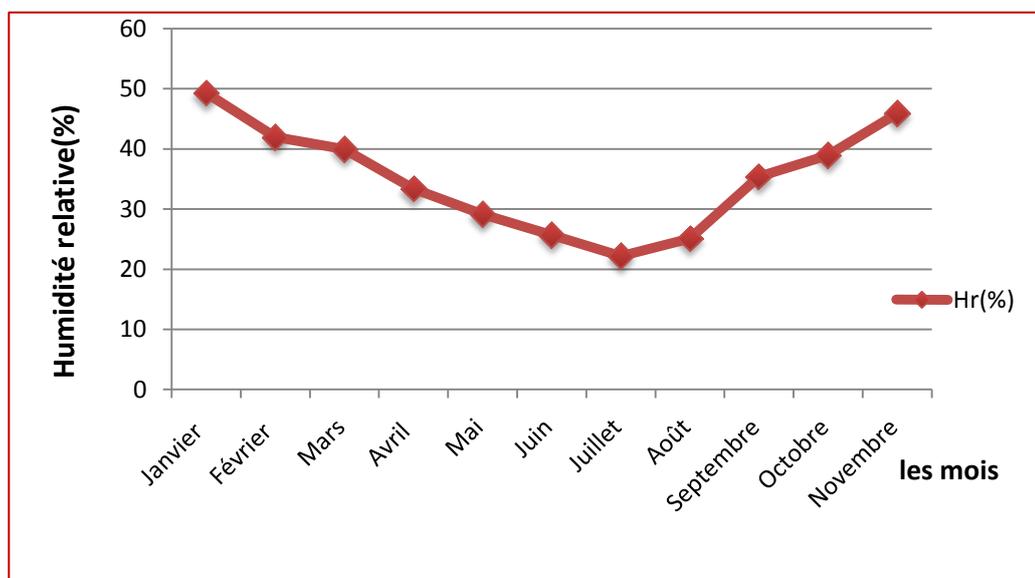


Figure 8. Humidités relatives moyennes mensuelles de la région de Ghardaïa (2009/2019)

6.4. Vent

Dans les régions arides, les vents jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols par leurs vitesses et leurs fréquences, et sont très variables au cours de l'année (ROUVILLOIS, 1975).

Les données montrent que la valeur maximale de vitesse de vent dans la région de Ghardaïa est au mois de mai 12,364 km/s et une valeur minimale au mois d'octobre de 8,54 km/s, et de moyenne annuelle de 12,364 km/s (Fig.9) (ONM, 2019).

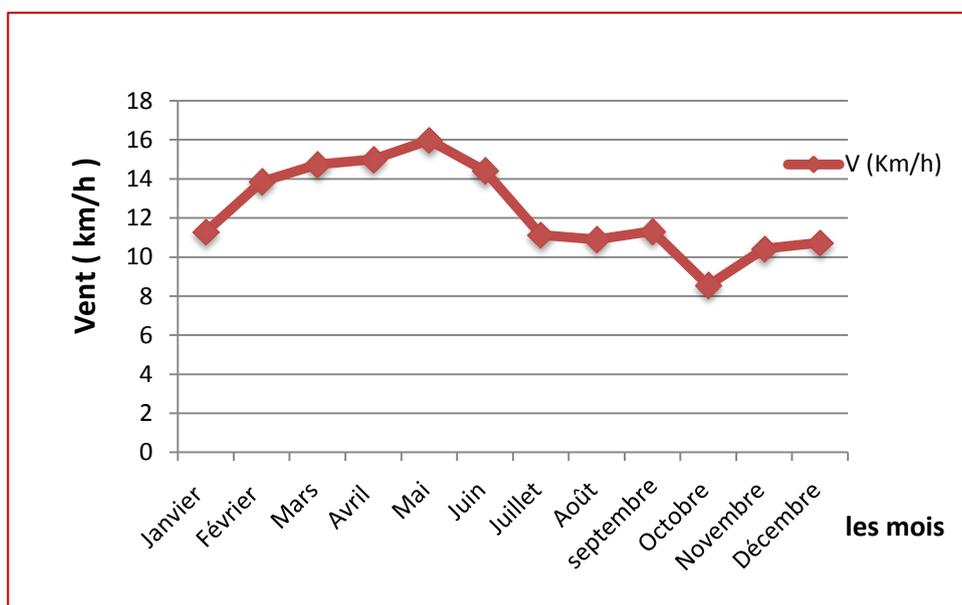


Figure 9. Vitesses moyennes mensuelles des vents de la région de Ghardaïa (2009/2019)

6.5. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique (Ombro = pluie, thermo = température) est construit en portant en abscisse les mois et en ordonnée les précipitations (P) en mm sur un axe et les températures (T) °C sur le second, en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations ($P = 2T$), pour obtenir un diagramme superposé (Fig. 10) (FAURIE et al., 1980).

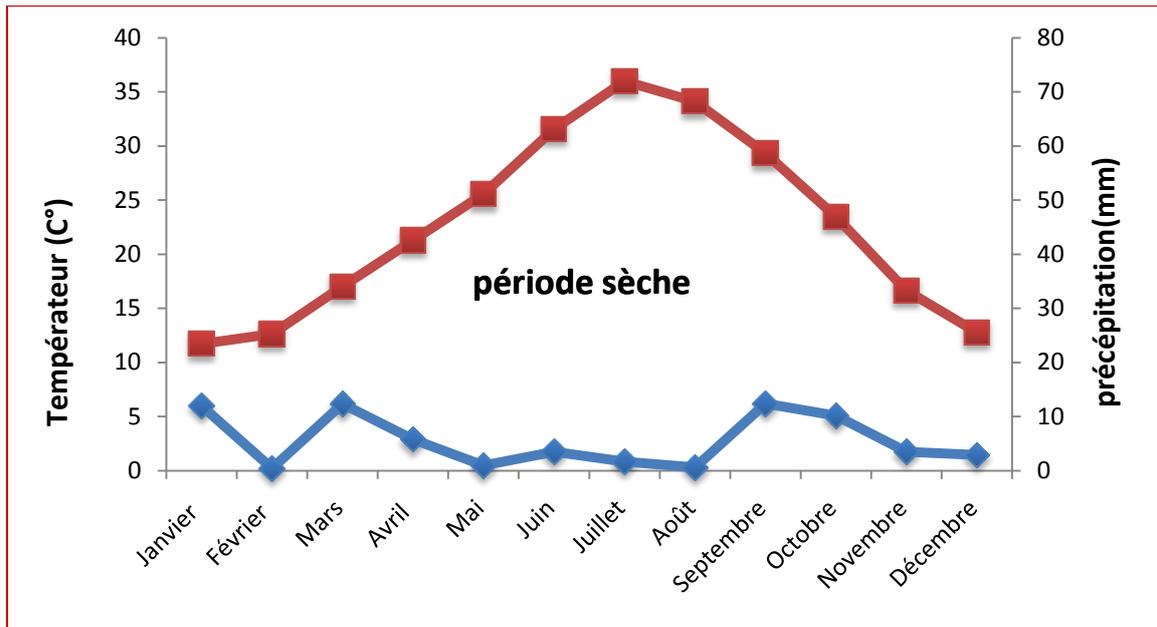


Figure 10. Diagramme Ombrothermique de la région de Ghardaïa (2009/2019)

6.6. Climagramme d'EMBERGER

En Algérie, Il existe cinq étages bioclimatiques (sahariens, arides, semi-arides, subhumides et humides). La formule du quotient d'Emberger, a été élaborée pour les climats méditerranéens, afin de déterminer le bioclimat d'une région donnée. Elle tient compte de la variation annuelle de la température et de la pluviométrie. Le quotient (Q3) se calcule comme suit : **Q3**

$$Q3 = 3.43 \times P / (M-m)$$

M: la moyenne des maxima des températures du mois le plus chaud de l'année exprimée en degré Celsius (°C).

m : la moyenne des minima des températures du mois le plus froid de l'année exprimée en degré Celsius (°C).

P: la moyenne des précipitations annuelles mesurées en (mm).

En fonction de la valeur de ce coefficient on distingue les zones suivantes : humide avec $Q > 100$; tempérée avec $100 > Q > 50$; semi-aride avec $50 > Q > 25$; aride avec $25 > Q > 10$ et désertique avec $Q < 10$ (Fig. 12) (FAURIE et al., 2006).

D'après la (fig. 11), Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q_3) est de **6.355**.

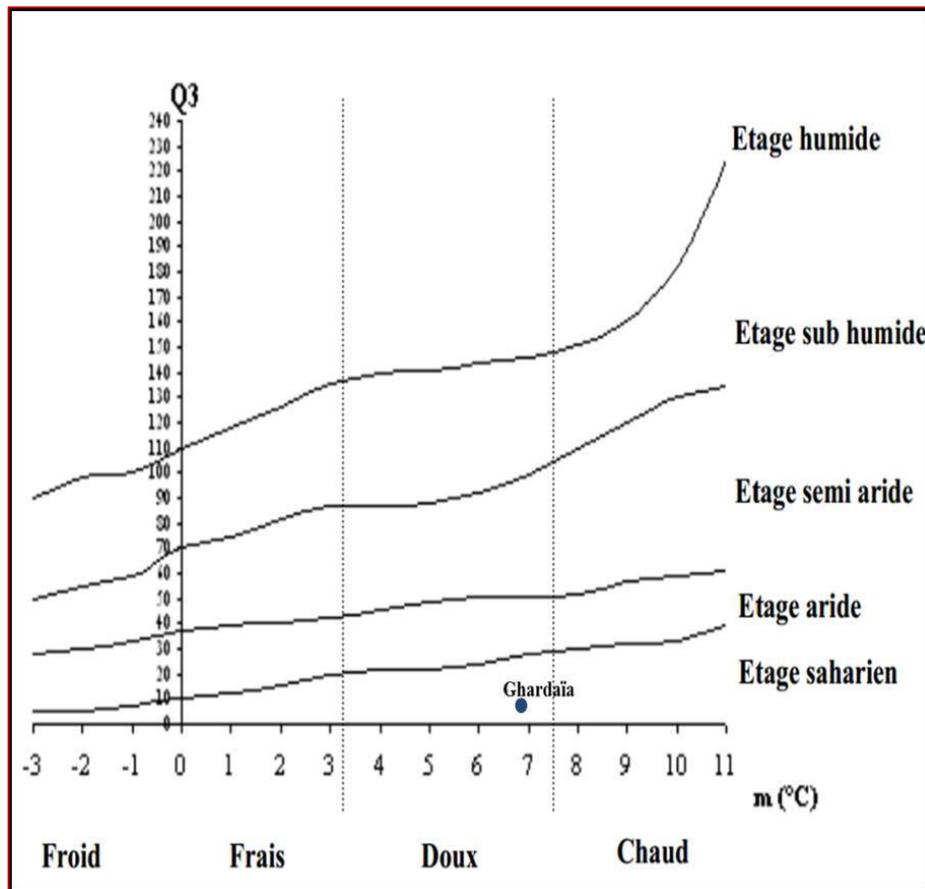


Figure 11. Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Ghardaïa

Chapitre III : Méthodes d'études

1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique est d'étudier la qualité des eaux de Continentale Intercalaire dans la région de Metlili par des analyses Physicochimiques et bactériologiques, afin de comparer ces résultats avec les normes Algériennes et de l'OMS et déterminer son aptitude d'utilisation (Fig. 12).

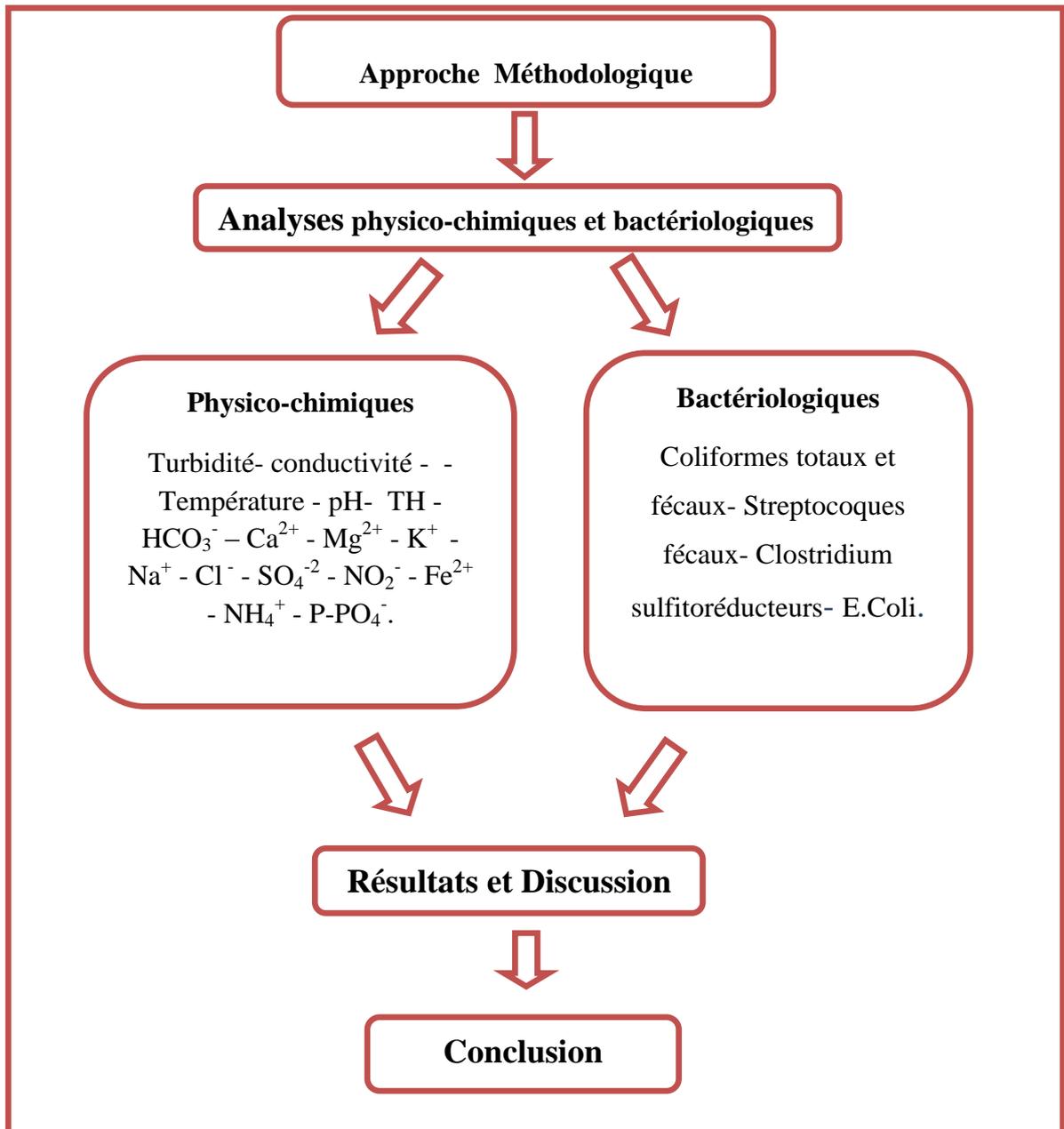


Figure 12. Approche méthodologique.

2.Étude des eaux

L'étude de la qualité des eaux de Continental Intercalaire est effectuée sur quatorze forages situés à la zone de Metlili durant l'automne 2020 (Septembre, Octobre, Novembre) la distribution des forages sont représentés dans la carte suivante (Fig.13).

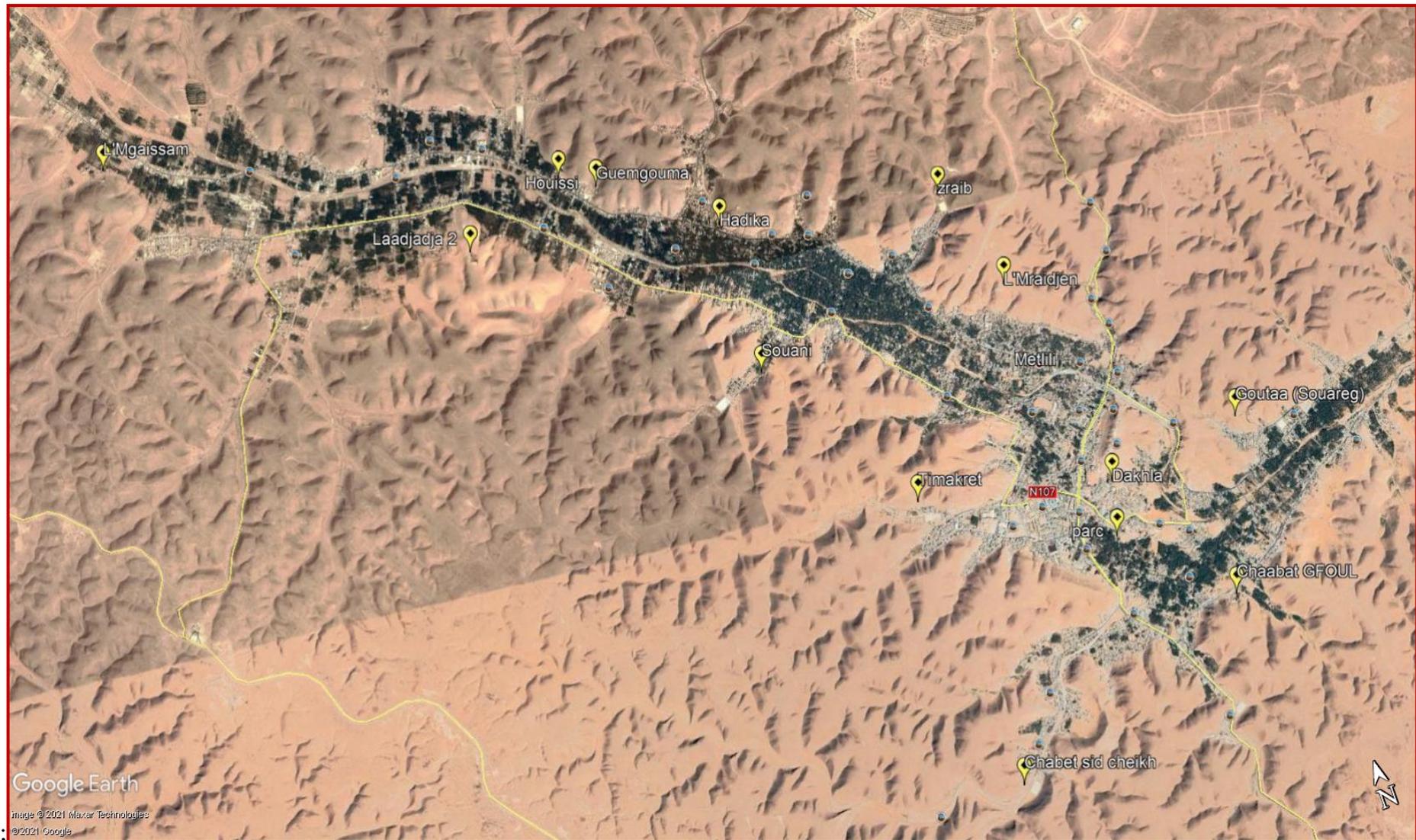


Figure 13. Carte de localisation des forages étudiés

3. Analyses physico-chimiques et bactériologiques

L'objectif de ce travail consiste à faire un suivi et un contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la ville de Metlili effectué au sein du laboratoire d'analyse de l'unité de : l'Algérienne d'eaux unité de Ghardaïa.

Ces analyses nous permettent de connaître la teneur de l'eau en différents minéraux, pour savoir si cette eau répond aux normes fixées par la législation (Algérienne et OMS), car certains minéraux sont toxiques aux certaines doses.

L'étude de qualité de l'eau comporte trois étapes :

- Prélèvement, échantillonnage.
- Analyse.
- Interprétation.

3.1. Méthodes de prélèvement de l'eau de robinet et transport au laboratoire

- Il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes,
- Faire le test de chlore à l'aide du DPD1 ou DPD4 (Annexe 3),
- Remplis Les flacons stériles avec l'eau à analyser jusqu'au bord.
- Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucun bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.
- Pour éviter toute modification que peut subir l'eau dans le flacon, les analyses doivent s'effectuer avant 24 heures après le prélèvement,
- Le transport des échantillons doit se faire obligatoirement dans une glacière à une température variant entre 4 et 6 °C (ADE,2021).

3.2. Méthodes d'analyses

Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par RODIER (1996), ou les catalogues de l'appareillage utilisé. Les méthodes utilisées sont aussi bien volumétriques, colorimétriques, spectrophotométriques que potentiométriques. Différents paramètres globaux sont ainsi mesurés tels que la température, le pH, la conductivité, et quelques paramètres toxiques tels que les métaux lourds et les analyses bactériologiques qui consistent la recherche des germes totaux, fécaux et des spores. Les analyses ont été

réalisées au niveau du Laboratoire de l'Algérienne des eaux de Ghardaïa (ISO, 1989 ; ISO, 1993 ; RODIER, 2005 ; RODIER et *al.* 2009 ; ADE ,2021).

3.2.1. Analyses physiques

3.2.1.1. Température

La température a été mesurée à l'aide d'un thermomètre in situ.

- **Mode opératoire**

Dans un bécher contenant l'eau à examiner :

- Plonger un thermomètre.
- Attendre la stabilisation de l'appareil et on réalise la lecture (Annexe 3).
- **Expression des résultats**
 - Les résultats sont exprimés en °C.

3.2.1.2. pH

Le potentiel d'hydrogène (pH) est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée.

- **Mode opératoire**
 - Allumer le pH mètre.
 - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
 - Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un petit bécher.
 - Tremper l'électrode du pH mètre dans le bécher.
 - Laisser stabiliser un moment puis noter le pH.
- **Expression des résultats**
 - Le résultat sont obtenus directement à partir de lecture au pH mètre (Annexe 3).

3.2.1.3. Conductivité électrique

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé une conductivité mètre multiéléments.

- **Mode opératoire**
 - Préparer et étalonner le conductimètre
 - Verser une quantité d'échantillon dans un bécher.

- Allumer le conductimètre et sélectionner l'échelle de conductivité appropriée.
- Plonger la sonde dans l'échantillon.
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture, le résultat obtenu est exprimé en « $\mu\text{S}/\text{cm}$ ».
- **Expression des résultats**
 - Le résultat sont obtenus directement à partir de lecture à la conductivité mètre (Annexe 3).

3.2.1.4. Dureté totale

Dureté totale par méthode titrimétrique à l'EDTA permet de doser rapidement les ions calcium et magnésium, avec certaines précautions, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux.

- **Mode opératoire**
 - Prendre 25 ml d'échantillon et le diluer avec 25 ml d'eau distillée dans flacon erlenmeyer de 100ml.
 - Ajouter 4 ml de solution tampon.
 - Ajouter une pince de Mordant noir puis titrier avec l'EDTA en remuant continuellement jusqu'à disparition de la couleur pourpre jaunâtre et l'apparition de la couleur bleue (fin du titrage).
 - Noter le volume d'EDTA utilisé (ml)(Annexe 3).
- **Expression de résultats**

$$\text{CTH} = 20 \times V(\text{EDTA}) \times F$$

Avec

Vs: le volume de EDTA qui descendre

F:facteur dilution

3.2.2. Analyses chimiques

3.2.2.1. Chlorures

Le dosage des chlorures est effectué par la méthode titré métrique.

- **Principe**

Le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge de chromate d'argent.

- **Mode opératoire**

- Dans flacon erlenmeyer de 200 ml mettre 100 ml de l'eau à analyser
- Ajouter 3 gouttes de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Titrer la solution avec du nitrate d'argent $AgNO_3$ (0.02 mol/l) jusqu'à coloration brun rougeâtre. qui est le point de fin de titrage.
- Effectuer un essai en blanc.
- Noter le volume d' $AgNO_3$ de la burette (Annexe 3).

- **Expression de résultats**

- La teneur en Cl^- est obtenue finalement en mg/l en appliquant la relation suivant :

$$C_{Cl^-} = V * F * 35.5$$

Avec

V= volume de $AgNO_3$ lue sur la burette

F= coefficient de dilution

3.2.2.2. Magnésium

Pour obtenir le volume de Mg^{2+} c'est juste la différence entre le volume de TH et le volume de Ca^{2+} Est exprimé par cette équation:

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] \Rightarrow [Mg^{2+}] = TH - [Ca^{2+}]$$

3.2.2.3. Sulfate

Le dosage des sulfates est effectué par la méthode turbidimétrique, elle est basée sur le fait que les ions sulfates se précipitent en milieu acide et en présence du chlorure de baryum ($BaCl_2$) pour former du sulfate de baryum ($BaSO_4$).

- **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml de HCl N/10.

- Ajouter 5 ml de la solution BaCl₂.
- Agiter 2 ou 3 fois énergiquement, laisser au repos pendant 15 mn, agiter à nouveau. (Annexe 3).
- Effectuer les lectures à $\lambda = 650$ nm.
- **Expression des résultats**
 - Les résultats sont exprimés en mg/l de SO₄²⁻.

3.2.2.4. Calcium

Les ions calcium sont titrés avec une solution de l'EDTA à pH entre 12 et 13. L'indicateur HSN forme un complexe rouge avec le calcium. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde. L'EDTA réagit avec les ions Ca²⁺ libres puis avec les ions Ca²⁺ combinés avec le HSN qui vire de la couleur rouge au bleu clair ou violet.

- **Mode opératoire**

Pour déterminer la concentration en calcium on suit les étapes suivantes:

 - Prendre 50 ml de l'échantillon + 02 ml NaOH 2 mol/l + 0.02 mg HSN, titration avec EDTA jusqu'au virage bleu (Annexe 3).
- **Expression des résultats**

$$C_{Ca} = V_s \times F \times 8.016$$

Avec

V_s: le volume d'EDTA de titrage

F: Facteur de dilution

3.2.2.5. Turbidité

Elle a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre.

- **Mode opératoire**

Pour déterminer la turbidité on suit les étapes suivantes :

- On remplit une cuvette de mesure propre et bien essuyée avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogénéisé et on effectue rapidement la mesure, il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

- **Expression des résultats**

- Les mesures sont obtenues directement par lecture sur l'appareil (Annexe 3).

3.2.2.6. Bicarbonates

Le dosage des HCO_3^- est effectué par titrimétrie.

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

- **Mode opératoire**

On mesure le pH de 100ml d'eau à analyse, ensuite on titre par l'acide jusqu'au pH égal 4,4.

- **Expression des résultats**

- La concentration en bicarbonate exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante:

$$\text{HCO}_3^- = (V * N * M * 1000) / \text{PE}$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = V \cdot 0,01 \cdot 61 \cdot 1000 / 100$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/L)} = V \cdot 61$$

Avec:

HCO_3^- : est la concentration en milligramme par litre de chlore.

V: est le volume en ml de la solution utilisée pur pour le titrage du l'échantillon.

N:normalité d'acide chlorhydrique.

M: masse d'acide chlorhydrique.

PE: prise d'essai.

F:facteur lie au réactif.

- Titre alcalin métrique complet est : $\text{TAC (}^\circ\text{f)} = V \cdot 5$

3.2.2.7. Dosage de sodium et potassium

Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme. Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz, présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du Na^+ et du K^+ présents dans la solution. Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de 589 nm pour le sodium et de 766,5 nm pour le potassium.

○ Mode opératoire

Selon la teneur dans l'eau de l'élément dosé il sera nécessaire de procéder à une dilution. L'addition de « tampons de radiation » permet de tenir compte de la présence de substances étrangères susceptibles de provoquer des interférences.

Nébuliser l'échantillon dans une flamme air-acétylène en intercalant de l'eau permutée entre chaque solution. Effectuer les lectures au spectromètre de flamme à la longueur d'onde de 589 nm pour le sodium. Régler le zéro de l'appareil avec de l'eau déminéralisée. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air-acétylène légèrement oxydante en intercalant de l'eau ultra-pure entre chaque échantillon. Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 766,5 nm pour le potassium.

3.2.3. Analyses des paramètres de la pollution

3.2.3.1. Ammonium

Mesure spectrométrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium (NH_4^+) avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de Nitroprussiate de sodium.

○ Mode opératoire

- Dans des fioles de 50 ml mettre 40 ml l'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml réactif coloré.
- Ajouter 4 ml solution dichloroisocyanurate de sodium (Annexe 3).
- Compléter le reste avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- Rester 1h et l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH_4^+ .

- Verser les solutions des fioles dans les cuvettes de 10 ml et mettre les dans l'appareil de spectrophotomètre U-V (Annexe 3).
- **Expression des résultats**
- Effectuer la lecture à 655 nm.

3.2.3.2. Phosphate

Le dosage des phosphates (PO_4^{-3}) a été effectué par la méthode colorimétrique. Le molybdène d'ammonium ($\text{Mo}(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$) réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique.

- **Mode opératoire**
 - Vérifier le PH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouté 1ml de solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif combiné puis attendre 30 minute la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectromètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1 cm (RODIER, 2009) (Annexe 3).
- **Expression des résultats**
 - Les résultats sont exprimés en mg/l de phosphates.

3.2.3.3. Nitrites

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec ou en présence de dichlorhydrate N-(1-naphtyl) éthylène diamine donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage colorimétrique. Limite de détection: $0.001 < c < 0.3$ mg/l.

- **Mode opératoire**
 - Introduire 50 ml de l'échantillon à analyser dans une fiole, puis on ajouter 1 ml de sulfanilamide et agiter et en attendent 5 mn pour ajouter 1 ml de di chlorhydrate N-(1-Naphtylc -)-éthylène diamine et agiter, attendent une autre fois 10 mn, enfin en fait la lecture au spectrophotomètre à $\lambda = 543$ nm (C).
- **Expression des résultats**

$$[\text{NO}_2] = C \text{ (mg/L)}.$$

3.2.3.4. Fer

Le dosage de fer est effectué par spectrophotomètre, de type ODYSSEY (HACH). Addition d'une solution de phénanthroline-1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe-rouge-orange, à une longueur d'onde d'environ 510nm.

- **Mode opératoire**
 - 50 ml d'échantillon +2 ml H₂SO₄ + 2 ml solution tampon (acétate) +2 ml phenontroline, conserver a l'obscurité pendant 15 min pour effectuer la par l'appareil (Annexe 3).
- **Expression des résultats**
 - Le résultat de la mesure s'affiche et indique le fer en mg/l.

3.2.4. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et dénombrement des germes existant dans l'eau brute et traitée à analyser. Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un flacon stérile, Selon un mode opératoire précis évitant toute contamination, correctement transporté au laboratoire et analysé au moins après 6 heures dans des conditions satisfaisantes (RODIER , 2009).

Selon le journal officiel d'eau potable le laboratoire on a effectué la recherche des germes ou des bactéries qui sont des indicateurs de contamination fécale.

Ces paramètres sont :

- Coliformes fécaux.
- Coliformes totaux.
- Escherichia coli.
- Clostridium sulfito-Réducteur (ISO 9308 ,1990 ; ISO 9308, 2000;ISO 7899, 2000 ; RODIER, 2005 ; RODIER et al, 2009).

3.2.4.1. Méthode par filtration sur membrane

Méthode par filtration sur membrane (méthode solide), cette méthode consiste à recueillir, identifier et dénombrer les bactéries recherchées dans un échantillon d'eau à la

surface d'une membrane filtrante stérile de porosité de $0,45\mu\text{m}$. Incuber ensuite cette membrane pendant $24 \pm 2\text{h}$ à $44,5 \pm 0,2\text{ C}^\circ$ sur une gélose. Les colonies sont ensuite dénombrées et l'on connaît ainsi le nombre de bactéries présentes dans l'échantillon. La présente méthode est recommandée pour les eaux peu contaminées.

a. Recherche et le dénombrement des Coliformes Totaux

○ **Principe**

Après filtration de l'eau à analyser, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié. Ceci permet aux colonies de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, et donne un aspect suffisamment caractéristique.

○ **Mode opératoire**

- Mettre en marche la trompe à eau.
- Flammer la surface supérieure de la filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme) et le réservoir.
- Laisser refroidir.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100 ml).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche, enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose ENDO) en prenant de ne pas piéger des bulles d'air.

○ **Incubation et lecture**

- Incuber à 37°C les boîtes de pétris, le couvercle vers le bas.
- Après 24 heures d'incubation. Toutes les colonies suspectes lactose positif sont comptées puis repiquées sur le milieu TSI pour confirmer l'utilisation du lactose et le dégagement du gaz, caractère principal des coliformes.
- Pour le milieu Triple sugariron (TSI) inoculer la colonie isolée à l'aide d'une pipette pasteur stérile à la fois en stries à la surface de l'agar (plan incliné) et par pique centrale sur toute la profondeur du tube.
- Ensuite incuber à 37°C pendant 24 h.

Remarque : Les tubes de TSI présentant un virage au jaune + production de gaz sont considérés comme étant positif c'est -à - dire présence des coliformes totaux.

b. Recherche et le dénombrement des Coliformes fécaux

Inoculer le contenu de chaque tube TSI positif dans un tube de Schubert en versant le contenu de ce dernier dans le tube de TSI puis renverser l'inoculum dans le tube de Schubert.

- **Incubation et lecture**

- Incuber à 44 °C pendant 24 h.
- Après 24 h d'incubation, tous les tubes présentant une culture, du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs, c'est-à-dire comme contenant des coliformes fécaux.

c. Recherche d'Escherichia-coli

Inoculer le contenu de chaque tube de Schubert positif, puis ajouter trois gouttes de réactif de Kovacs.

- **Lecture**

- Apparition d'anneaux rouges. C'est -à-dire présence d'E-Coli.

d. Recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux

- **Principe**

Après filtration sur une membrane, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies de Streptocoques fécaux.

- **Mode opératoire**

- On filtrera les mêmes quantités d'eau que pour la colimétrie selon la même technique. Le milieu utilisé dans ce cas est le milieu de Slanetz.
- Après filtration, les membranes sont disposées sur le milieu Slanetz.

- **Incubation et lecture**

- Incubées à 37 °C pendant 48 h. Après 48 h d'incubation, les colonies roses à marron qui apparaissent sont considérées comme résultat positif, c'est -à-dire présence des Streptocoques fécaux.

- Pour la confirmation (test confirmatif), transférer la membrane sur le milieu Bille esculine azide (BEA), puis incubé à 44°C. La lecture se fait après 2 à 3 heures.
- La présence de noircissement implique la présence des Streptocoques fécaux.
- **Expression des résultats**
- Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml.

e. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito réducteur

- **Principe**

Après traitement de l'échantillon par la chaleur pour détruire les formes végétatives, la filtration sur membrane est déposée sur un milieu sélectif (gélose contenant du sulfate de sodium et des sels de fer) .incuber dans des conditions permettant une croissance en anaérobiose, les colonies sulfito-réductrices sont reconnaissables par un halo noir.

- **Mode opératoire**

- Remplir 100 ml d'eau à analyser dans un flacon, le porter au bain Marie à 80°C pendant 10min, puis un refroidissement brutal sous l'eau de robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et garder la forme sporulée des bactéries sulfito-réducteur.
- Retirer la membrane de 0,22um de porosité à l'aide d'une pince stérile.
- Après filtration, puis la placer à l'inverse dans la boîte de pétri.
- Couler la gélose viande foie (VF) sur la membrane, après Refroidissement goutter la deuxième couche de la gélose.

- **Incubation et lecture**

- L'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures.
- En tenant compte du volume de la prise d'essai et du nombre de colonies observées sur la membrane, exprimer le résultat en nombre de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices dans 100 ml.
- Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

Troisième partie :
Résultats et
discussions

Chapitre IV : Résultats et discussions

Les résultats physico-chimiques et bactériologiques des eaux des forages de Continentale Intercalaire de la zone de Metlili sont représentés ci-dessous.

1. Paramètres des analyses physico-chimiques

1.1 Température

Nos résultats (Fig.14) montrent que les forages (Chaabet Sid Chikh /Chaabet Lgfoul /Goutaa / Dakhla/ Timekret /Parc) dépassent les normes Algériennes (25°C) (Tab. I) par des valeurs environ 28°C , les autres forages ont des valeurs entre (22 et 23°C), conformément aux normes.

Selon RODIER (1984), cette augmentation est influencée par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout le climat régnant.

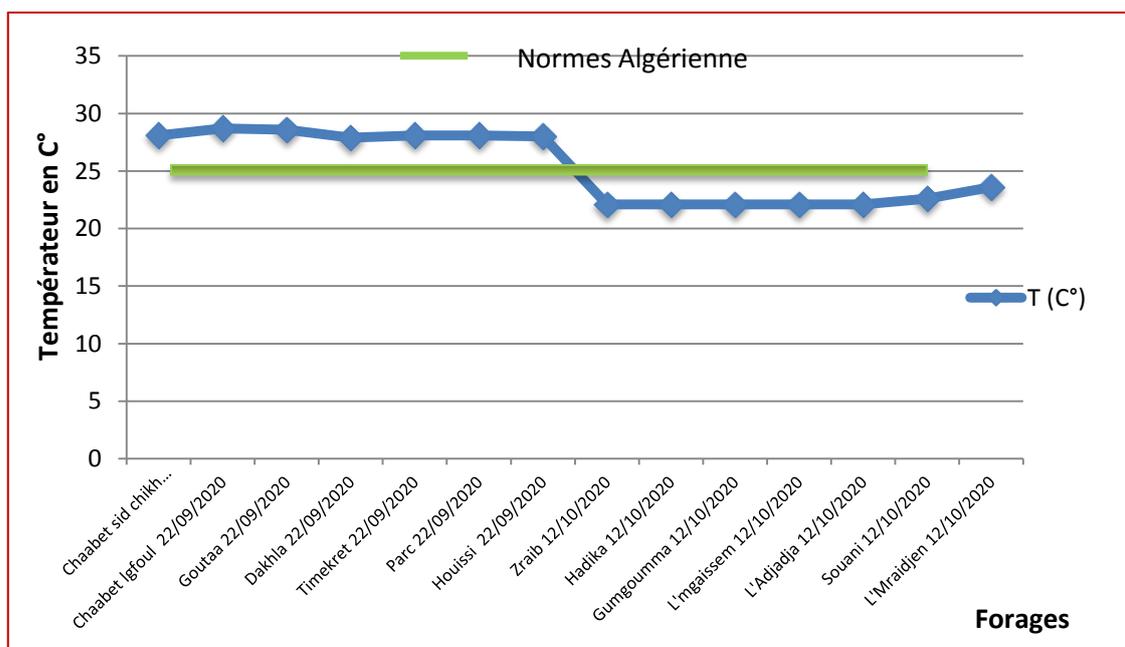


Figure14: Variation de la température dans les eaux des forages de la commune de Metlili

1.2. Conductivité électrique

Les résultats obtenus (Fig.15) montrent que la plupart des forages ont des valeurs entre $1400 \mu\text{S}/\text{cm}$ et $160 \mu\text{S}/\text{cm}$ avec une valeur minimale de $1401 \mu\text{S}/\text{cm}$ à forage Goutaa et de valeur maximale de $2410 \mu\text{S}/\text{cm}$ à L'Mgaissem dépasse les normes OMS ($1500 \mu\text{S}/\text{cm}$) et compatibles avec les normes Algériennes ($2800 \mu\text{S}/\text{cm}$) (Tab. I).

Selon Rodier *et al.*, (2009), la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^+), de chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-)...etc. Généralement, la conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (Dib, 2009).

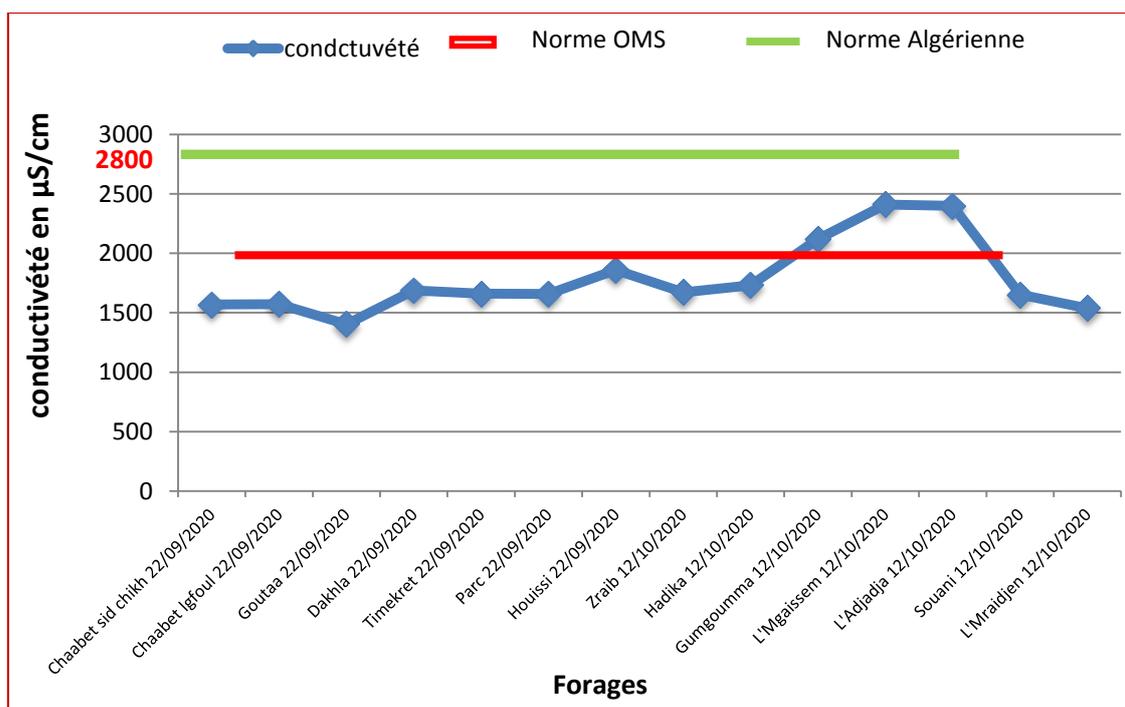


Figure 15: Variation de la conductivité électrique dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les valeurs de CE des eaux des forages d'Oued Metlili obtenus par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), sont inférieures de notre résultats avec ($1193 \mu\text{S}/\text{cm} \leq \text{CE} \leq 2040 \mu\text{S}/\text{cm}$) donc on la salinité de la nappe albienne de l'Oued Metlili est augmentée avec le temps. L'étude de BEGRA et TELLI (2018), ($1549 \mu\text{S}/\text{cm} \leq \text{CE} \leq 2460 \mu\text{S}/\text{cm}$) à Oued M'Zab, montre que les eaux des forages de l'Oued Metlili sont moins saline que les eaux des forages de l'Oued M'Zab.

1.3. Potentiel d'Hydrogène

Les résultats enregistrés dans les forages étudiés (Fig.16) (Zraib /Hadika /Gumgouma / L'Mgaissem /L'Adjadja /Souani /L'Mraidjen) ont des valeurs proches d'environ de 8 avec un valeur minimal de 7,97 à forage L'Mgaissem et une valeur

maximale de 8,05 à forage Souani, ça qui montre que ces eaux ont des bonnes valeurs par rapport des normes Algériennes (entre >6,5 et <9) et d'OMS (>6,5 et <9,5) (Tab. I).

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (RODIER et *al.*, 2009). Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (CHAMPMAN et *al.*, 1996).

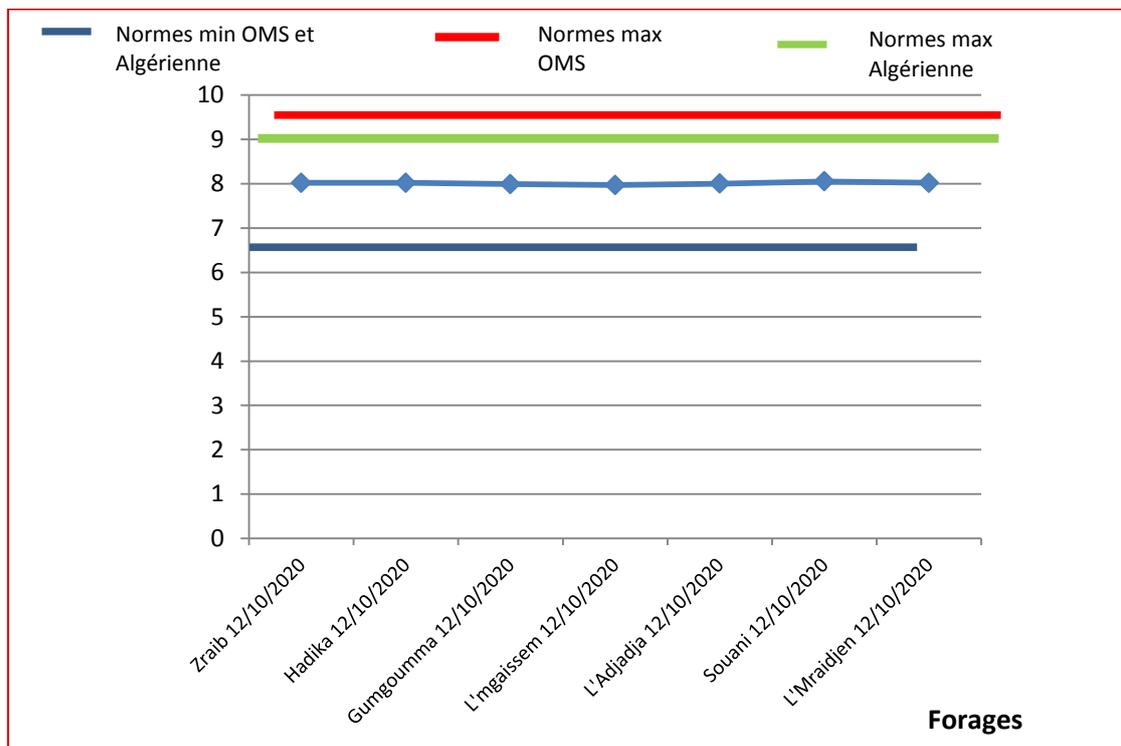


Figure 16 : Variation de pH dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les valeurs de pH des eaux des forages d'Oued Metlili obtenus par GUERBOUZ (2006), ($7,52 \leq \text{pH} \leq 8,2$) sont proches de notre résultat, et elles sont supérieures à l'étude d'Oued M'Zab par BHAZ et MANSOUR(2020), avec ($7,1 \leq \text{pH} \leq 7,76$) donc on peut dit que la vallée du Metlili est caractérisée par un pH supérieure à la vallée du M'Zab.

1.4. Turbidité

Les valeurs de turbidité mesurées (Fig.17), révèlent que la pluparts des forages ont des valeurs inférieures de 01NTU, avec une valeur minimale de 0.165 NTU, enregistré à forage Parc, et d'une valeur maximale de 0.858 NTU, à forage Hadika, ces eaux sont compatibles aux normes Algériennes et de l'OMS de la turbidité (05 NTU) (Tab. I).

La turbidité est causée par la présence de 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 qui forment un obstacles au passage de la lumière dans l'eau (RODIER, 1996 ;HADE , 2007).

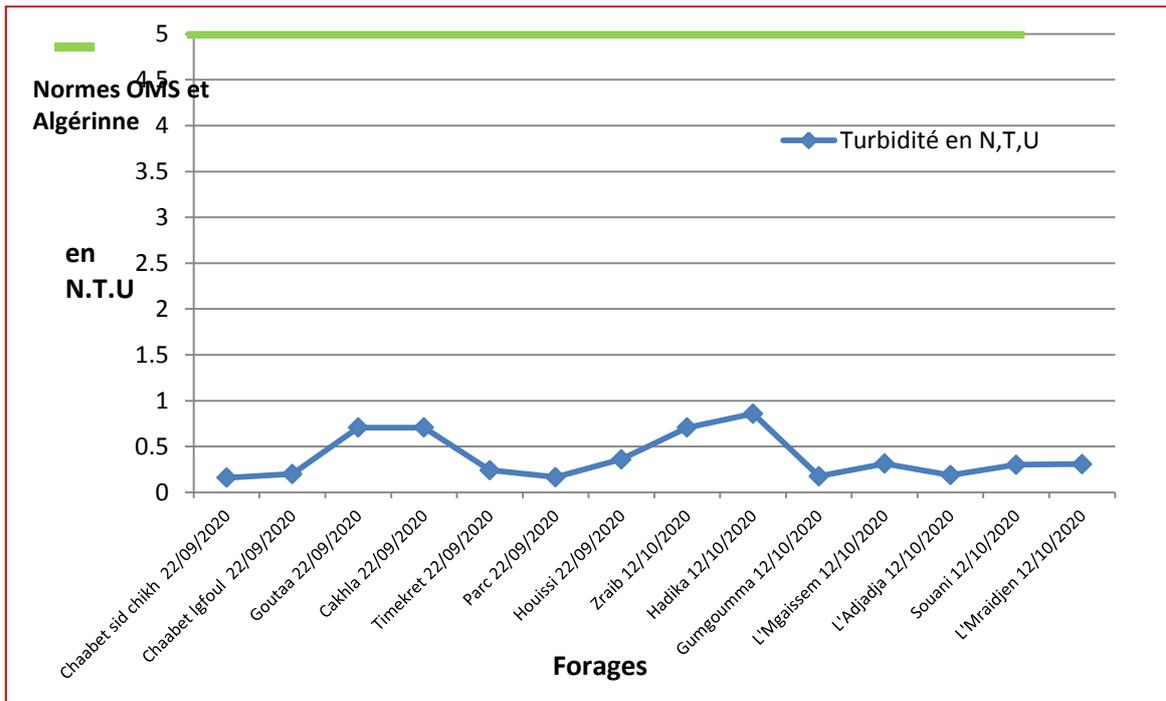


Figure 17 : Variation de la turbidité dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les résultats de la turbidité dans l'Oued Metlili obtenus par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($0,27 \text{ NTU} \leq \text{Turbidité} \leq 0,93 \text{ NTU}$) et GUERBOUZ (2006) ($0,2 \text{ NTU} \leq \text{Turbidité} \leq 0,85 \text{ NTU}$) sont proches de nos résultats, cependant la comparaison de nos résultats avec l'étude de BHAZ et MANSOUR(2020), ($0 \text{ NTU} \leq \text{Turbidité} \leq 0,719 \text{ NTU}$), montre que les eaux de la région de l'Oued Metlili sont moins claires par rapport aux eaux de la région de l'Oued M'Zab.

2.1. Paramètres de la pollution des eaux

2.1.1. Ammonium

Les résultats observés dans (Fig.18), montrent que la variation des valeurs d'ammonium (NH_4^+) dans les forages sont entre (0 et 0,021 mg/l), de valeur maximale à

forage L'Mgaissem (0,021 mg/l), c'est valeurs son selon les normes Algérienne (0,5 mg/l) et d'OMS (1,5 mg/l) (Tab. I).

La présence des ions d'ammonium dans les eaux est l'indice d'une contamination par les rejets industrielle (BENHEDID, 2014).

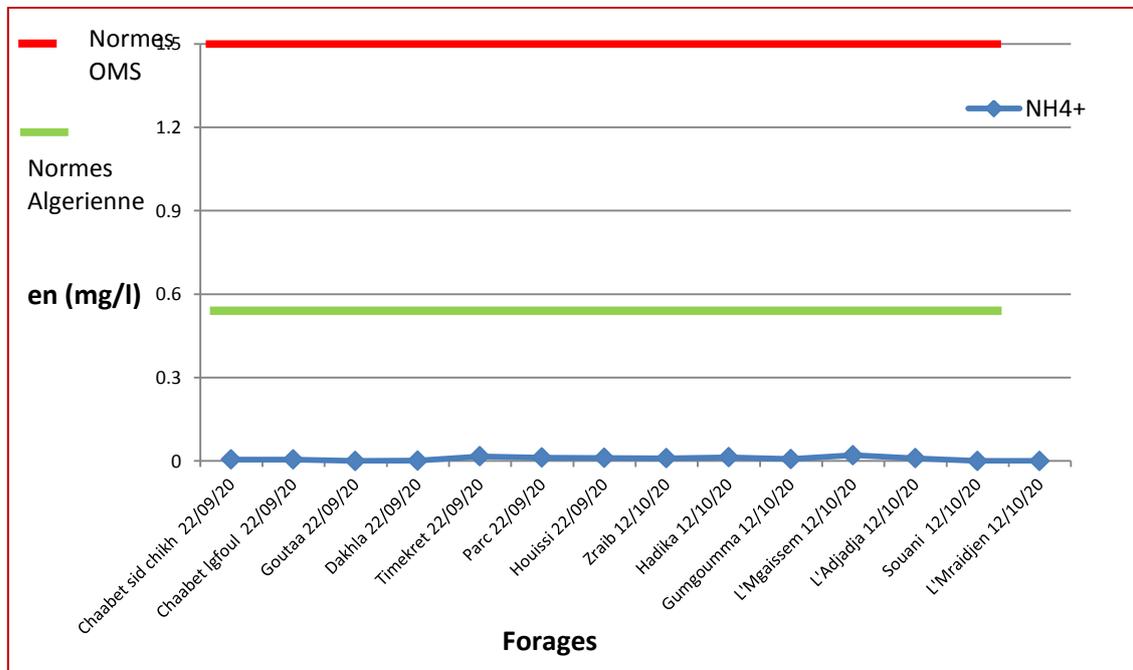


Figure 18 : Variation de la teneur en Ammonium dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les résultats d'ammonium sont inférieurs de résultat de DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($0 \text{ mg/l} \leq \text{NH}_4^+ \leq 0,66 \text{ mg/l}$) qu'ils ont fait à 'Oued Metlili, et ils sont proches avec les résultats d'Oued M'Zab par BEGRA et TELLI (2018), ($0 \text{ mg/l} \leq \text{NH}_4^+ \leq 0,028 \text{ mg/l}$).

2.1.2. Nitrites

Les résultats obtenues (Fig.19), présentent que la pluparts des forages ont des valeurs entre 0 et 0.04 mg/l et de valeur maximale de 0,082 mg/l à forage Gumgoumma ce qui ont compatible avec les normes Algérienne et OMS (0,2 mg/l) (Tab. I).

Il est important de signaler que les eaux en contact avec certains terrains et certaines conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure. On trouve aussi quelquefois des nitrites non liés à une pollution dans les eaux pauvres en oxygène. Du point de vue de toxicité, il faut retenir que les nitrites peuvent avoir une

action méthémoglobinémie comme pour le nitrate. Un excès de nitrite dans l'eau de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les humains et chez les nourrissons une méthémoglobinémie (BREMOND & PERRODUM, 1976).

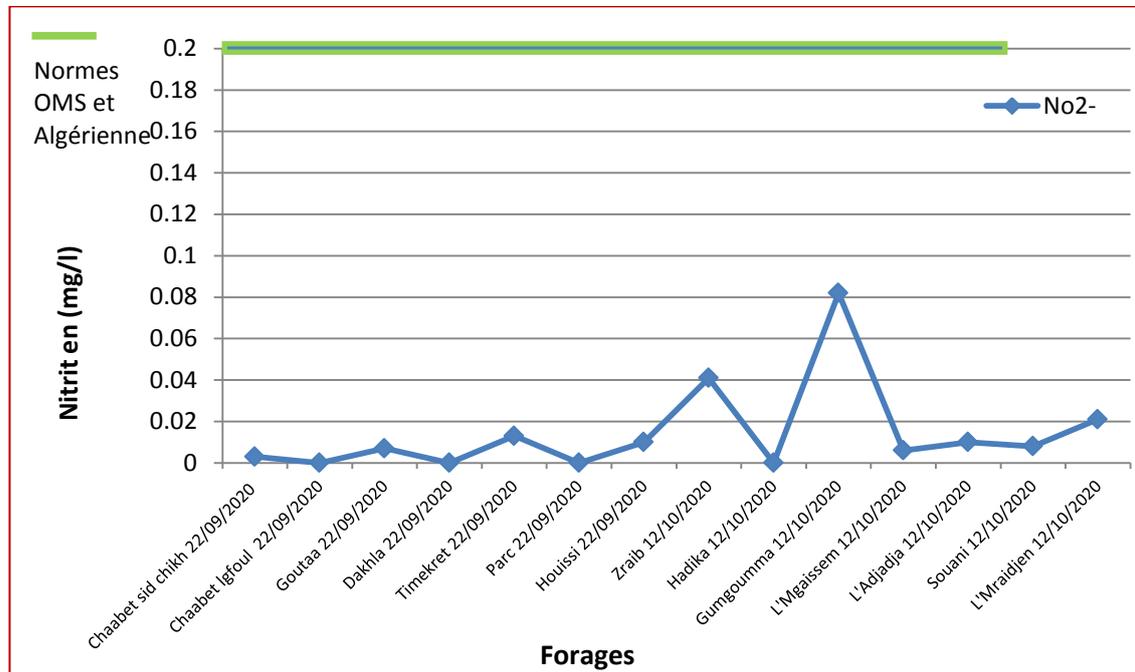


Figure 19 : Variation de la teneur en Nitrites dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les valeurs enregistrées à Oued Metlili par DAHOU et BELMOKHTAR (2018) ($0 \text{ mg/l} \leq \text{NO}_2^- \leq 0,074 \text{ mg/l}$) sont proche de nos résultats, et résultats enregistrées à Oued M'Zab par BAHAZ et MANSOUR(2020) ($0 \text{ mg/l} \leq \text{NO}_2^- \leq 0,105 \text{ mg/l}$) sont supérieurs de notre résultat.

2.1.3. Phosphates

Les résultats d'Orthophosphate (PO_4^{-3}) (Fig.20), montrent que la pluparts des forages ont des valeurs de 0 mg/l sauf les forages de (Gumgoumma /L'Mgaissem /Souani) ont des valeurs entre (0,095 et 0,1349 mg/l), avec une valeur maximale de 0.481 mg/l à forage Zraib. Or, toutes ces valeurs ne dépassent pas les normes Algériennes (05mg/l) (Tab. I).

Les résultats obtenues de variation de phosphore (P) (Fig.21), présentent que la plupart des forages ont des valeurs de 0 mg/l sauf les forages (Zraib / Hadika / Gumgoumma

/ L'Mgaissem / Souani) ont des valeurs entre 0,031 et 0,157 mg/l et de maximum à Zraïb de (0,157 mg/l), mais tous ces valeurs sont selon les normes Algérienne (5 mg/l) (Tab. I).

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante. Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0,5 mg/l (TARDAT, 1992).

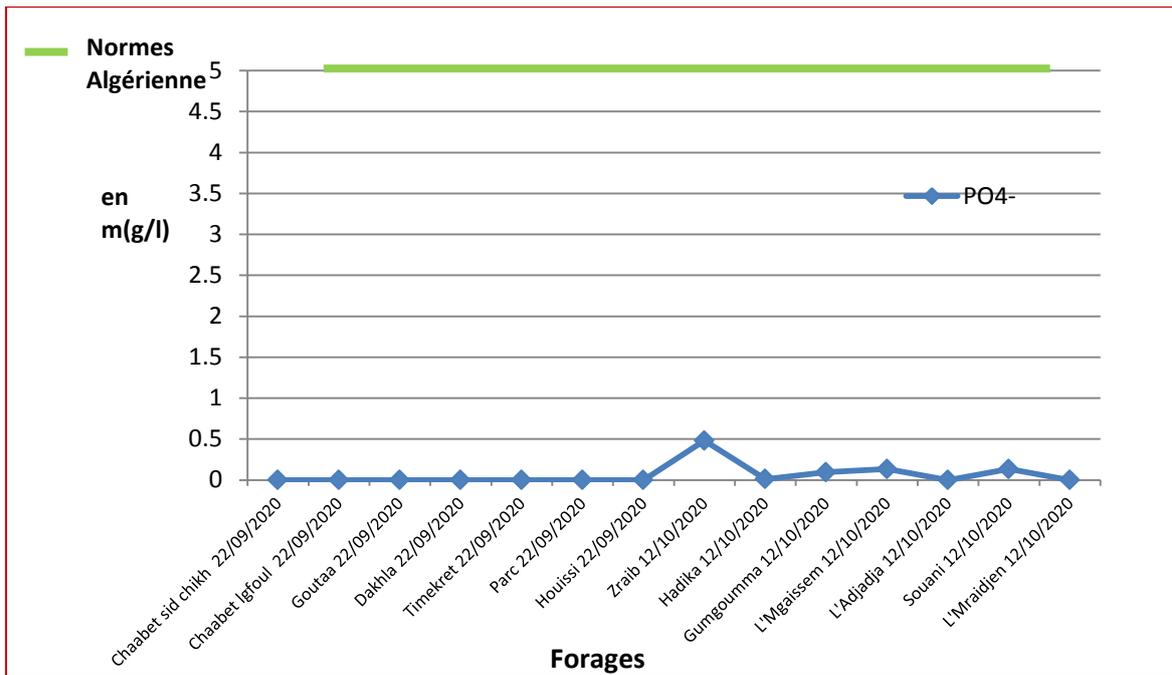


Figure 20: Variation de la teneur en Orthophosphate dans les eaux des forages de la commune de Metlili

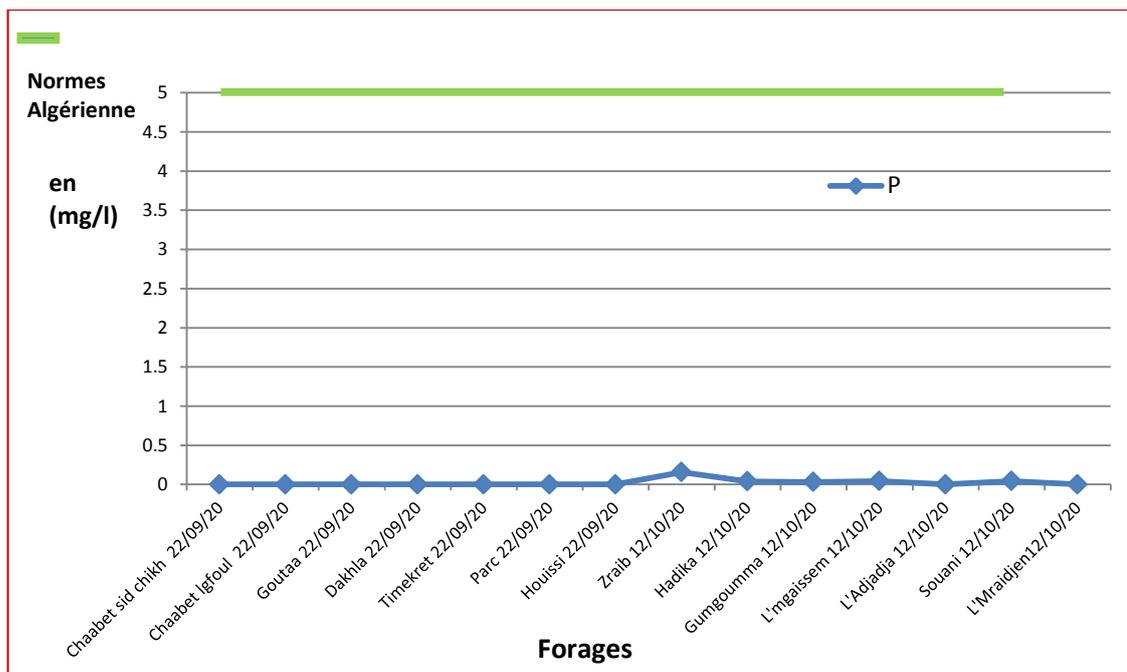


Figure 21 : Variation de la teneur en phosphore dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les valeurs d'Orthophosphate sont supérieures à les valeurs d'Oued Metlili obtenus par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($0 \text{ mg/l} \leq \text{PO}_4^{-2} \leq 0,226 \text{ mg/l}$), elles sont proche avec les valeurs de BEGRA et TELLI (2018), ($0 \text{ mg/l} \leq \text{PO}_4^{-2} \leq 0,472 \text{ mg/l}$) à Oued M'Zab.

2.1.4. Fer

Les résultats des variations de fer (Fe^{+2}) observées dans (Fig. 22), exposent que la pluparts des forages ont des valeurs entre 0 et 0,021 mg/l, avec des valeurs maximales entre (0,061 et 0,064 mg/l) à les forages (Hadika / L'Mgaissem / L'Adjadja), ces valeurs ne dépassent pas les normes Algérienne (0,3 mg/l) (Tab. I).

Selon RODIER et *al.* (2009), le Fer peut se rencontre dans l'eau sous différents formes. Dans les conditions habituelles, c'est à-dire pour un pH, varie entre 4,5 et 9, le fer soluble présent, et est généralement à l'état ferreux (Fe^{+2}). Si le milieu est réducteur, comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées.

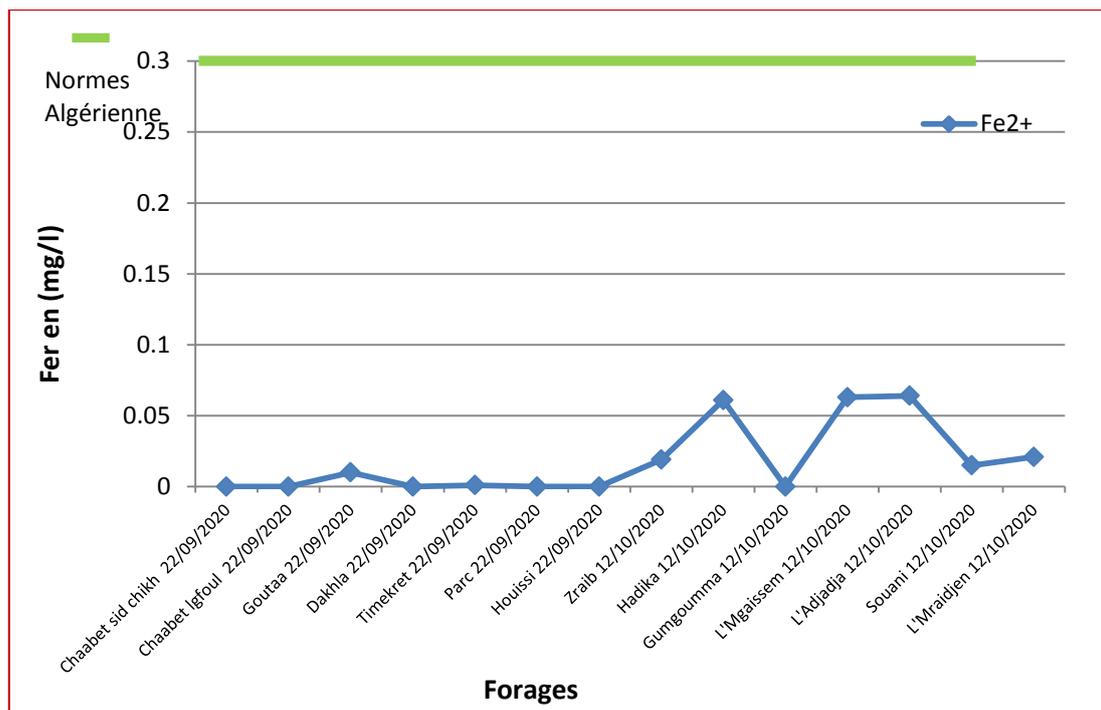


Figure 22: Variation de la teneur en fer dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats de Fer est inférieur à les résultats d'Oued Metlili par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($0 \text{ mg/l} \leq \text{Fe}^{2+} \leq 0,66 \text{ mg/l}$), et avec les résultats d' Oued M'Zab par BEGRA et TELLI (2018) ($0 \text{ mg/l} \leq \text{Fe}^{2+} \leq 0,76 \text{ mg/l}$), donc on peut dire que la nappe albien d'Oued Metlili est moins polluée que la nappe albienne d'Oued M'Zab.

1.3. Minéralisation globale

1.3. 1. Titre Hydrométrique

La variation de la dureté des eaux des forges (Fig.23), montre que tous les valeurs sont dépassent les normes Algériennes (200 mg/l) (Tab. I), avec une valeur minimale de 376 mg/l à Gouta et d'une valeur maximale de 732 mg/l à L'Mgaissem et les autres forages ont des valeurs entre 440 et 672 mg/l.

Le titre hydrométrique ou la dureté totale d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métallique à l'exception des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et des ions hydrogènes. Dans la plupart des cas, la dureté est due aux ions calcium et magnésium (DEVILLERS, 2005; RODIER *et al.* 2009).

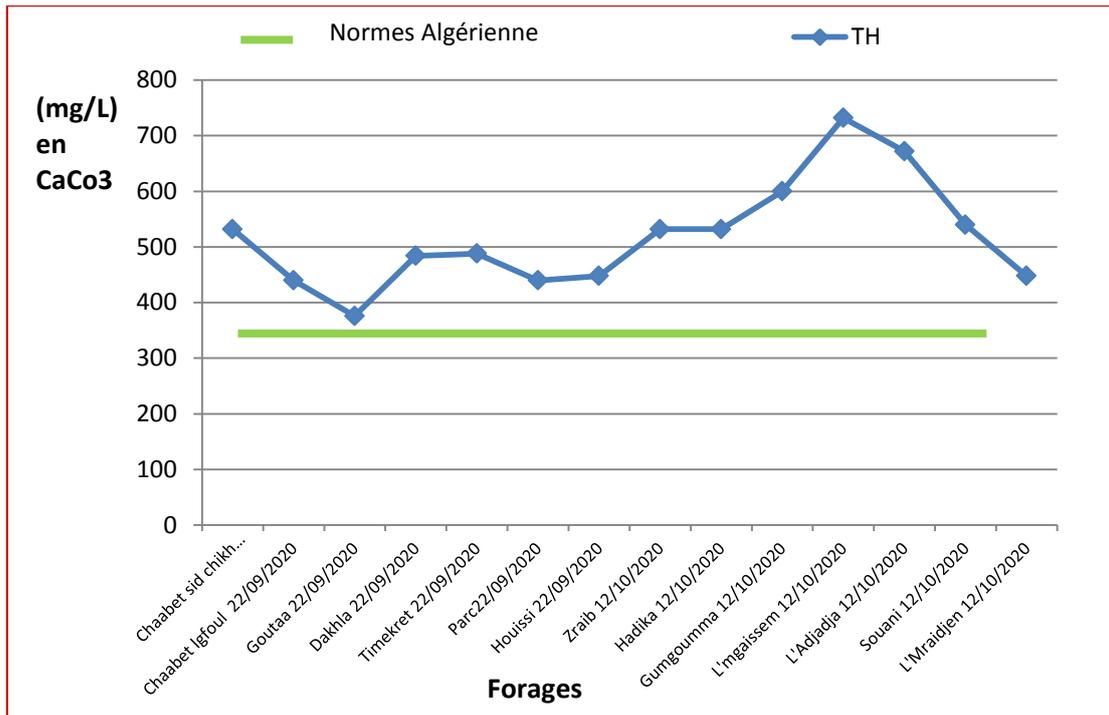


Figure 23 : Variation de la dureté totale dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats de TH sont proches de celles obtenues par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($396 \text{ mg/l} \leq \text{TH} \leq 780 \text{ mg/l}$) et sont inférieure de résultats de BAHAZ et MANSOUR (2020) ($548 \text{ mg/l} \leq \text{TH} \leq 800 \text{ mg/l}$), nous observons que tous les valeurs de TH dépassent les normes Algérienne.

1.3. 2. Calcium

Les résultats des variation de calcium (Ca^{2+}) des eaux des forages observées dans (Fig.24), révèlent que les forages ont une valeur minimale de $89,77 \text{ mg/l}$ Goutaa et de valeur maximale $198,796 \text{ mg/l}$ à L'Adjadja et les autres forages avec des valeurs entre $112,224$ et $185,977 \text{ mg/l}$, donc ces valeurs ne dépassent pas les normes Algérienne (200 mg/l) (Tab. I).

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau. Le calcium est généralement d'élément dominant des eaux potables (RODIER et al. 2005).

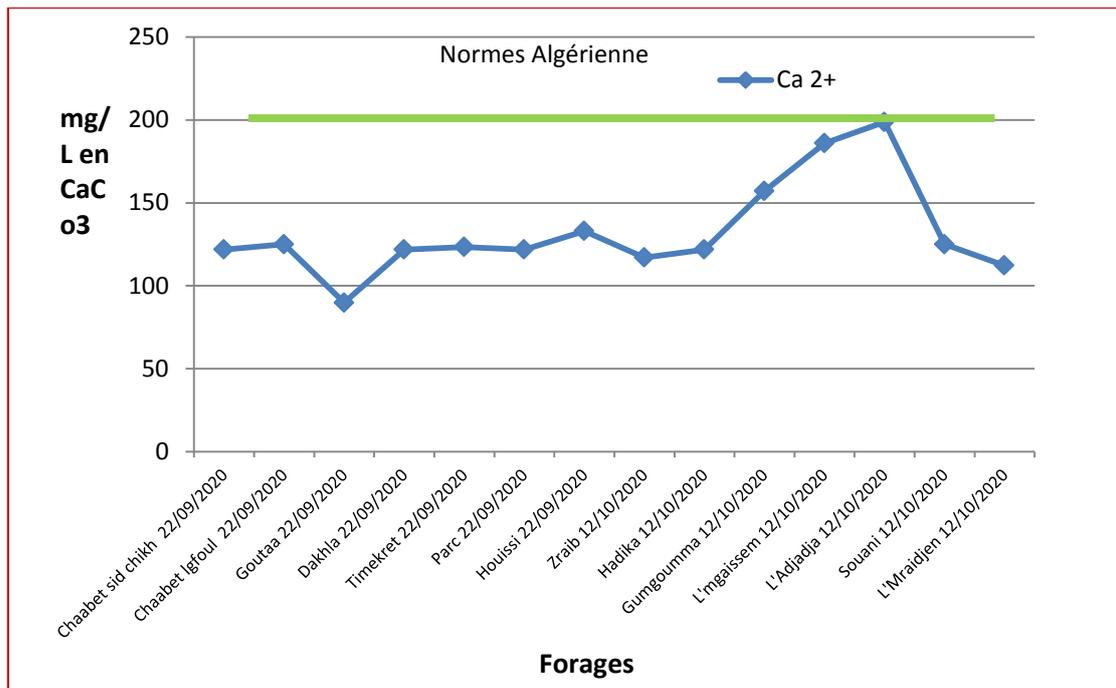


Figure 24 : Variation de la teneur en calcium dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les valeurs de Ca^{2+} sont plus élevées par rapport l'étude de GUERBOUZ(2006), ($101 \text{ mg/l} \leq \text{Ca}^{2+} \leq 121,5 \text{ mg/l}$) cas d'Oued Metlili et sont proche à l'étude d'Oued M'Zab par BEGRA et TELLI (2018) ($120,24 \text{ mg/l} \leq \text{Ca}^{2+} \leq 196,392 \text{ mg/l}$). On peut expliquer ces teneurs élevées à l'origine des terrains traversé qui est riche en calcaire.

1.3.3. Magnésium

Les valeurs de Magnésium (Mg^{2+}) des eaux des forages (Fig.25), sont faibles avec une valeur minimale de 28,188 mg/l à Houissi et valeur maximale de 65,124 mg/l à L'Mgaissem et les autres forages ont des valeurs entre 31,104 et 58,32mg/l, ces teneurs sont compatibles avec les normes Algérienne et OMS (200 mg/l) (Tab. I).

Selon RODIER et *al.* (2009), le Magnésium est un des éléments la plus répandu dans la nature, il constitue environ 02,1% de l'écorce terrestre. Son abondance géologique et sa grande solubilité, font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

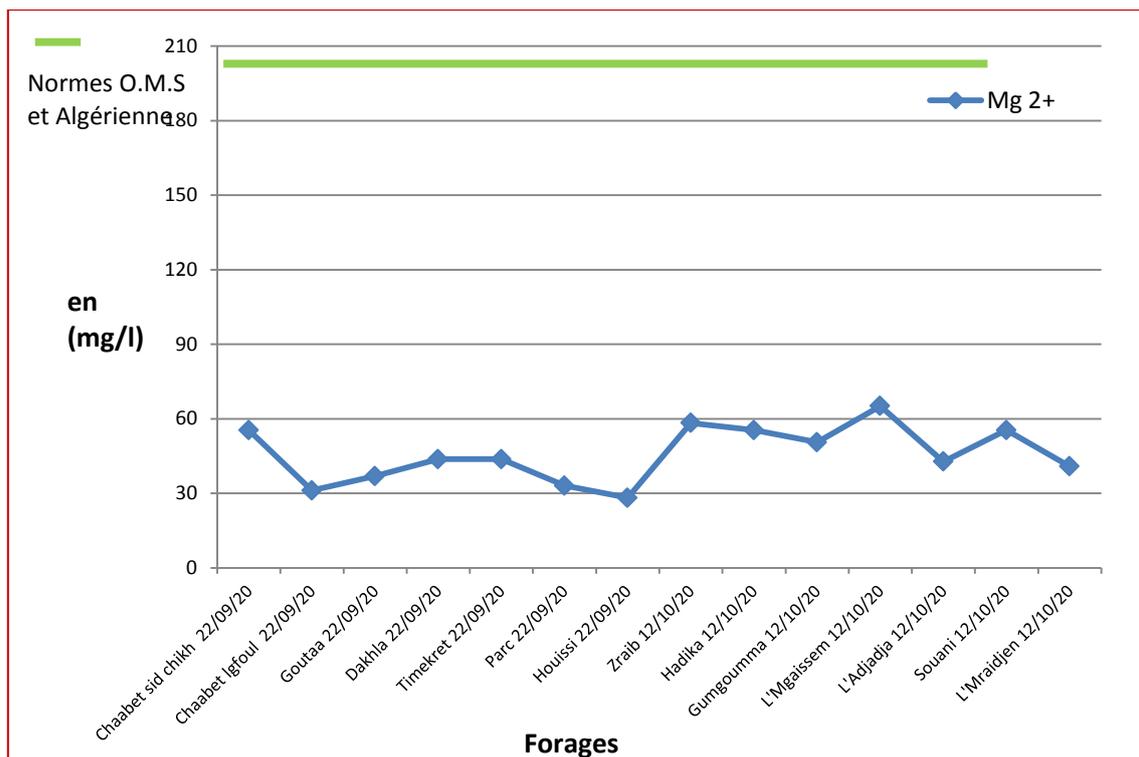


Figure 25 : Variation de la teneur en Magnésium dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats de Mg^{2+} sont inférieurs aux résultats de DAHOU et BELMOKHTAR (2018) ($13,362 \text{ mg/l} \leq Mg^{2+} \leq 193,978 \text{ mg/l}$) cas d'Oued Metlili, et les résultats d'Oued M'Zab par BEGRA et TELLI (2018), ($60,264 \text{ mg/l} \leq Mg^{2+} \leq 133,65 \text{ mg/l}$), on peut dire que les eaux de la nappe d'Oued M'Zab sont riches en Mg^{2+} par rapport à Oued Metlili.

1.3.4. Sodium

Selon la Variation des valeurs de sodium (Na^+) des eaux des forages (Fig.26), on a observé que la valeur minimale est de 115mg/l à forage Gumgoumma et les autres forages ont varié entre 120 et 166,66 mg/l, ces valeurs sont compatibles avec les normes Algériennes et d'OMS (200 mg/l), tandis que les valeurs maximales de 222,22 mg/l à forage L'Mgaissem et de 211,11 mg/l à L'Adjadja, ont dépassé les normes Algérienne et OMS (200 mg/l) (Tab. I).

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables. Le sodium est un élément vital qui participe à des fonctions essentielles dans l'organisme (RODIER et al., 2009).

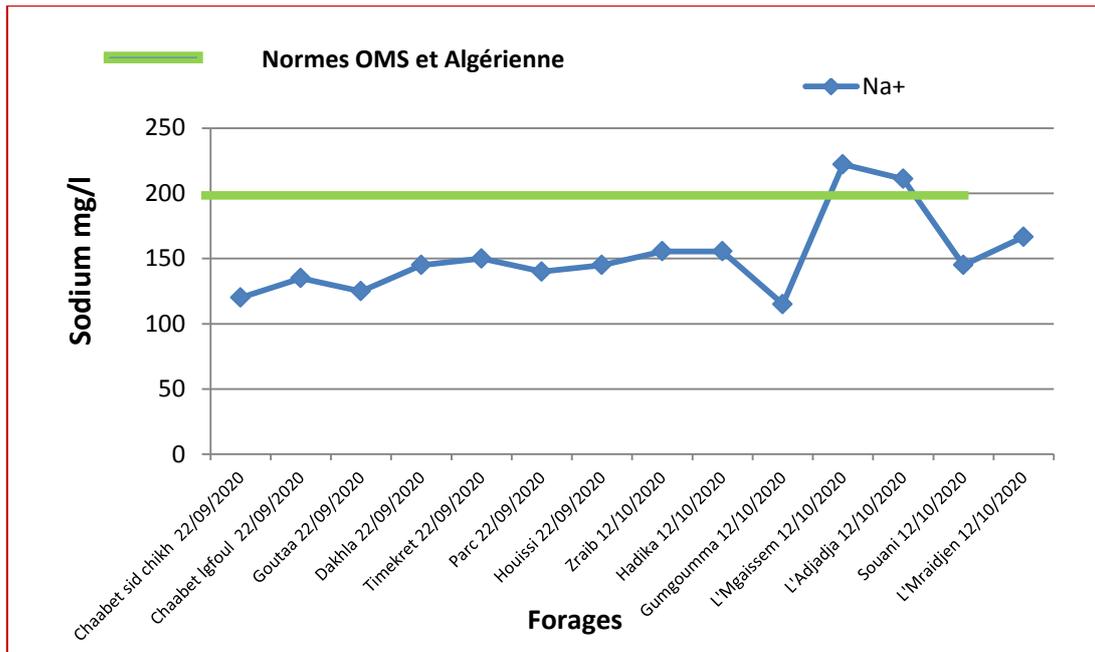


Figure 26 : Variation de la teneur en Sodium dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les résultats de Na^+ sont proche de celle obtenue à l'Oued Metlili par GUERBOUZ (2006), ($155 \text{ mg/l} \leq \text{Na}^+ \leq 200 \text{ mg/l}$) et supérieurs de résultats de DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($80,164 \text{ mg/l} \leq \text{Na}^+ \leq 115,236 \text{ mg/l}$), on peut dire que les eaux des forages d'Oued Metlili sont riche en sodium parfois dépassant la norme Algérienne. Ça peut être à causes des facteurs édaphiques qui influent sur la qualité de ces eaux.

1.3.5. Potassium

Les résultats de variation des valeurs de potassium (K^+) des eaux des forages observés(Fig. 27), sont avec un valeur minimale de 6,66 mg/là forage Hadika et d'une valeur maximale de 8,66 mg/l à les forages (Gumgoumma / L'Mgaissem /L'Adjadja), les autres forages ont des valeurs vairées entre 7,33 et 8 mg/l, compatibles avec les normes Algérienne et OMS (12 mg/l) (Tab. I).

Le potassium joue un rôle essentiel chez l'homme pour lequel les besoins de l'organisme sont de l'ordre de 1,5 à 4 g/jour. Une carence en potassium provoque des dysfonctionnements cardiaques (COULIBALY ,2005).

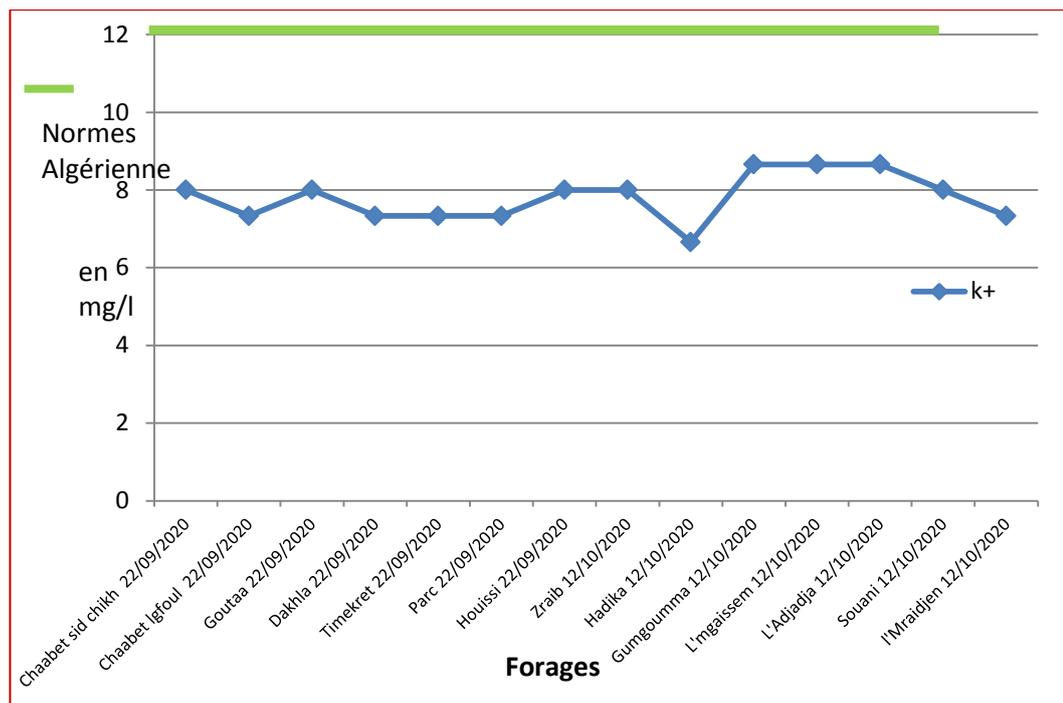


Figure 27 : Variation de la teneur en potassium dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats sont proche aux résultats de GUERBOUZ (2006), ($0,17 \text{ mg/l} \leq K^+ \leq 8 \text{ mg/l}$) et sont supérieurs de résultats de DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($3,587 \text{ mg/l} \leq K^+ \leq 3,984 \text{ mg/l}$) cas d'Oued Metlili.

1.3.6. Chlorures

Les teneurs de chlorure (Cl^-) des eaux des forages (Fig.28), montrent que les valeurs sont vairées entre une valeur minimale de $18,5193 \text{ mg/l}$ à forage Chaabet Sid Chikh et valeur maximale de $472,233 \text{ mg/l}$ à les forages (Souani/L'Adjadja) et les autres forges varient entre $173,0106$ et $038,363 \text{ mg/l}$, ces eaux sont compatibles avec les normes Algérienne (500 mg/l) (Tab. I).

Les chlorures sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) de potassium (KCl) et de calcium (CaCl_2). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la dissolution de dépôt de sel gemme, aux effluents de l'industrie chimique, aux rejets des égouts (BOIZIANI, 2000 ; BENHEDID, 2014).

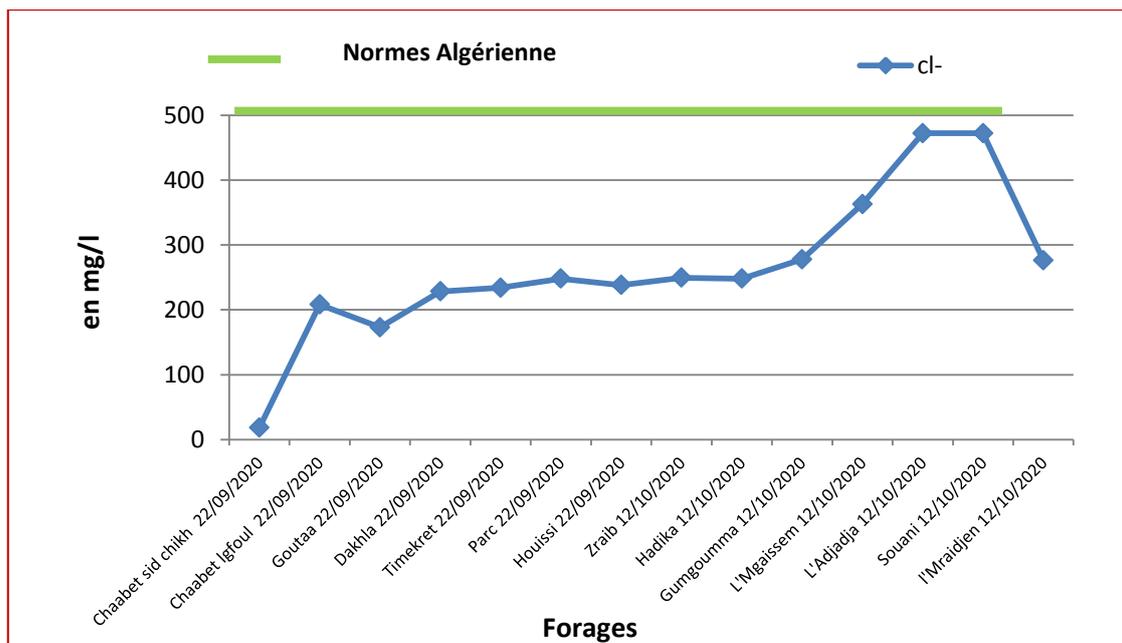


Figure 28 : Variation de la teneur en Chlorure dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats sont proches aux résultats d'Oued Metlili par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($192,864 \text{ mg/l} \leq \text{Cl}^- \leq 431,766 \text{ mg/l}$), et sont supérieurs aux résultats de GUERBOUZ (2006), ($215 \text{ mg/l} \leq \text{Cl}^- \leq 270 \text{ mg/l}$). Dans le cas d' Oued M'Zab nos résultats sont proches aux résultats de BEGRA et TELLI (2018), ($141,812 \text{ mg/l} \leq \text{Cl}^- \leq 460,889 \text{ mg/l}$).

1.3.7. Sulfates

La variation des valeurs de sulfate (SO_4^{2-}) des eaux des forages (Fig.29), étale que les forages (Chaabet Sid Chikh /Chaabet Igfoul / Goutaa /Zraib) ont varré entre 202,482 et 238,373 mg/l, ces valeurs sont compatibles avec les normes d'OMS (250 mg/l) (Tab. I), et les forages (Dakhla / Timekret / Parc /Hadika / Souani / L'Mraidjen) avec des valeurs varrées entre 268,742 et 366,07 mg/l, ceux qui ont compatible avec les normes Algérienne (400 mg/l) (Tab. I) à les forages (Gumgoumma / L'Mgaissem) avec des valeurs (462,17 et 469,167 mg/l) et de max à L'Adjadja de valeurs (569,585 mg/l) ceux qui ont dépassent les normes Algériennes.

Les ions Sulfates sont par eux-mêmes peu toxiques. Cependant des concentrations inférieures peuvent affecter les enfants et les nouveaux consommateurs d'eau qui n'y sont pas habitués (troubles gastro-intestinaux et diarrhéiques) (CHOTEAU, 2014).

Naturellement présents dans les eaux, en concentration très variable (importante au contact de terrains gypseux ou proches de mines de fer), ils sont parfois le témoin d'une pollution industrielle (textile, papeterie...) (QUENEAU & HABERT, 2009).

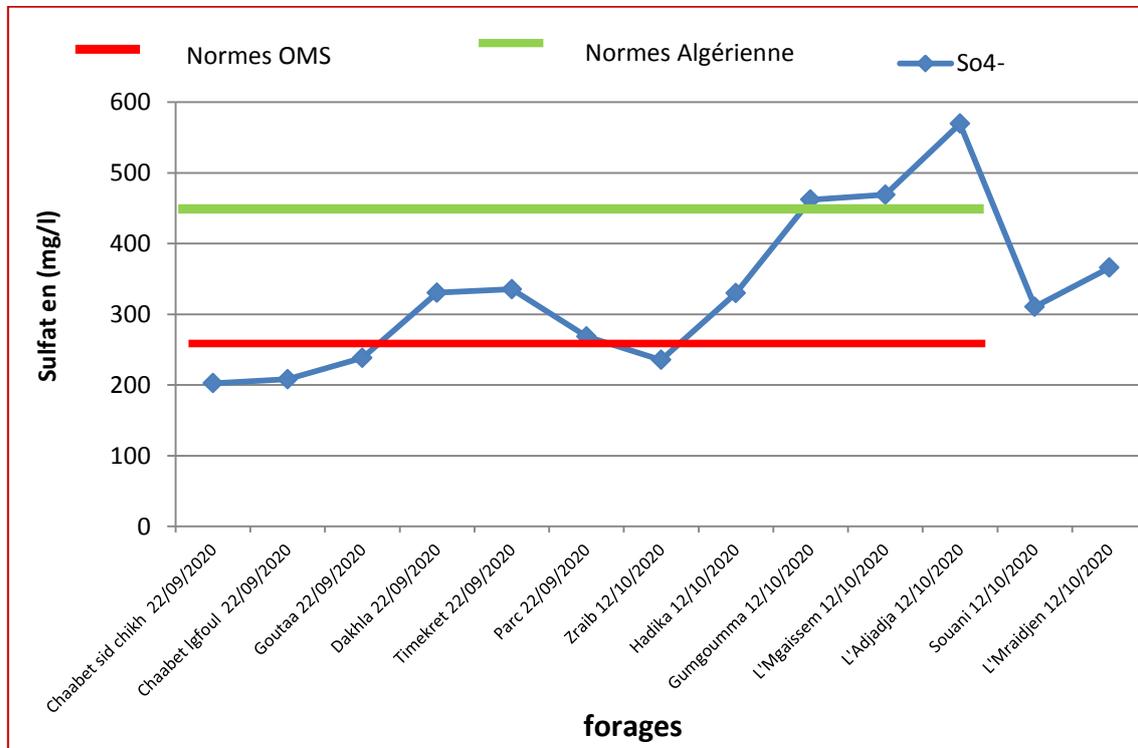


Figure 29 : Variation de la teneur en sulfate dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Les résultats en sulfate de notre étude sont supérieurs aux résultats de GUERBOUZ (2006) ($278 \text{ mg/l} \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 430 \text{ mg/l}$) cas de l'Oued Metlili et par BEGRA et TELLI (2018) cas de l'Oued M'Zab avec ($162,150 \text{ mg/l} \leq \text{SO}_4^{2-} \leq 550,653 \text{ mg/l}$).

1.3.8. Bicarbonates

Les résultats de variation de bicarbonates (HCO_3^-) des eaux des forages (Fig.30), montrent que les valeurs sont faibles et varient avec une valeur minimale de (151,28 mg/l) à forage Dakhla et une valeur maximale de (302,56 mg/l) à forage (L'Adjadja) et les autres ont des valeurs varient entre (156,1 et 226,92 mg/l), ceux qui sont compatibles avec les normes Algérienne (500 mg/l) (Tab. I).

L'ion Bicarbonate (HCO_3^-) est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates (HIMMI *et al.*, 2003).

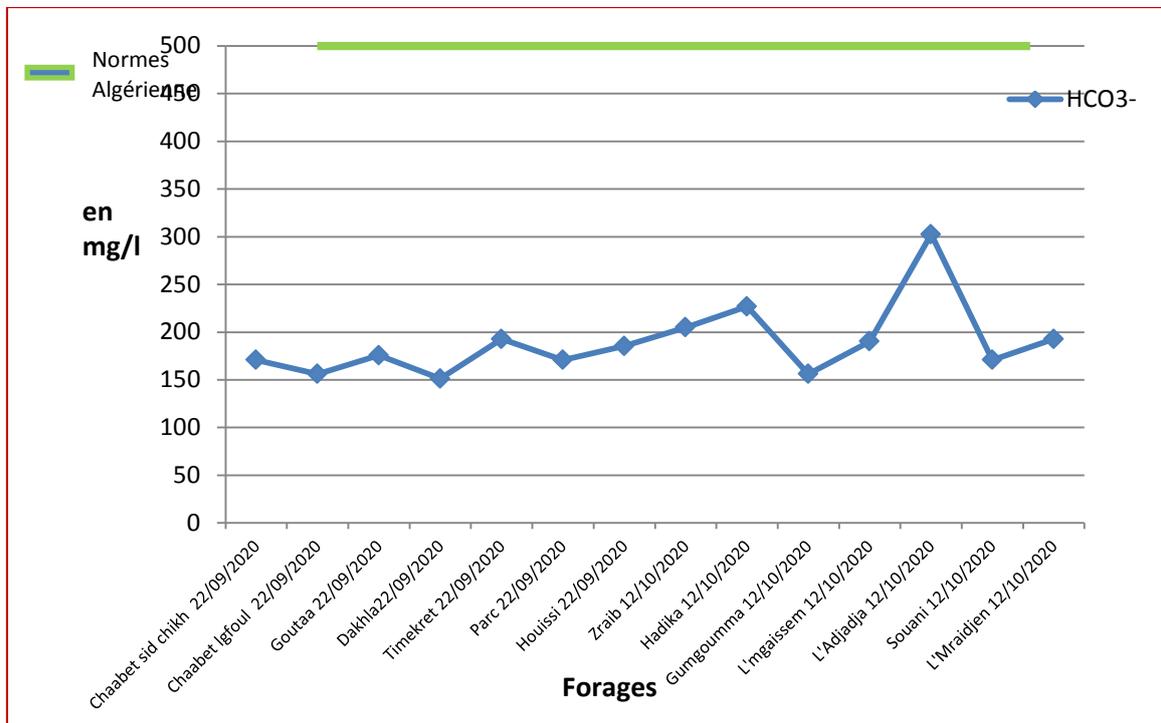


Figure 30 : Variation de la teneur en Bicarbonates dans les eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats de Bicarbonate sont proches aux résultats DAHOU et BELMOKHTAR (2018) cas de l'Oued Metlili ($60,264 \text{ mg/l} \leq \text{HCO}_3^- \leq 307,44 \text{ mg/l}$) et sont supérieurs aux résultats de BHAZ et MANSOUR(2020), cas de l'Oued M'Zab avec ($143,96 \text{ mg/l} \leq \text{HCO}_3^- \leq 278,92 \text{ mg/l}$).

2. Résultats d'analyses bactériologique

Les analyses microbiologiques permet à confirmer la qualité d'eau pour éviter la pollution fécal de l'eau qui peut se fait un catastrophe a les consommateurs c'est pour ça il est nécessaire de fait les analyses bactériologique indicatrices à la contamination fécale sur les quatorze forages répartis sur le long de l'Oued Metlili. Les résultats des analyses indiquent l'absence des coliformes totaux, des coliformes fécaux, des streptocoques fécaux, des E. Coli et des Clostridium sulfito-réducteurs (spores).

2.1. Coliformes totaux et fécaux

Selon les résultats des analyses microbiologiques (Fig.31, Fig.32), tous les forages ont enregistré (0/100 ml) de coliformes totaux et coliformes fécaux, ces résultats sont compatibles avec les normes Algériennes (0/100ml) (Tab. I).

Concernant les résultats d'analyse E. Coli (Fig.33), tous les forages ont enregistré (0/100 ml), compatibles avec les normes Algérienne (0/100ml) (Tab. I)

D'après CHEVALIER (2003), les Coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale et sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, de l'intégrité du réseau de distribution ainsi que comme indicateurs de la décroissance bactérienne après traitement.

Selon RENÉ (2010), les Coliformes fécaux capables de fermenter le lactose à 44°C thermo-tolérant du genre d'Escherichia Coli. Les Coliformes fécaux sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance.

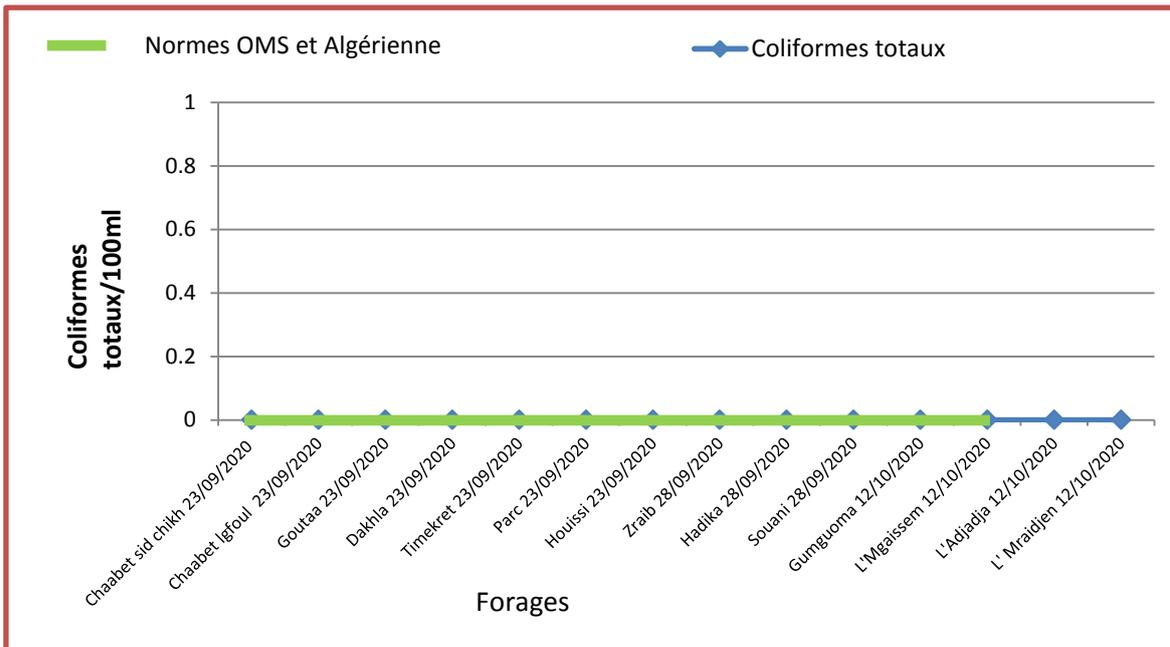


Figure 31: Variation de la concentration des coliformes totaux des eaux des forages de la commune de Metlili

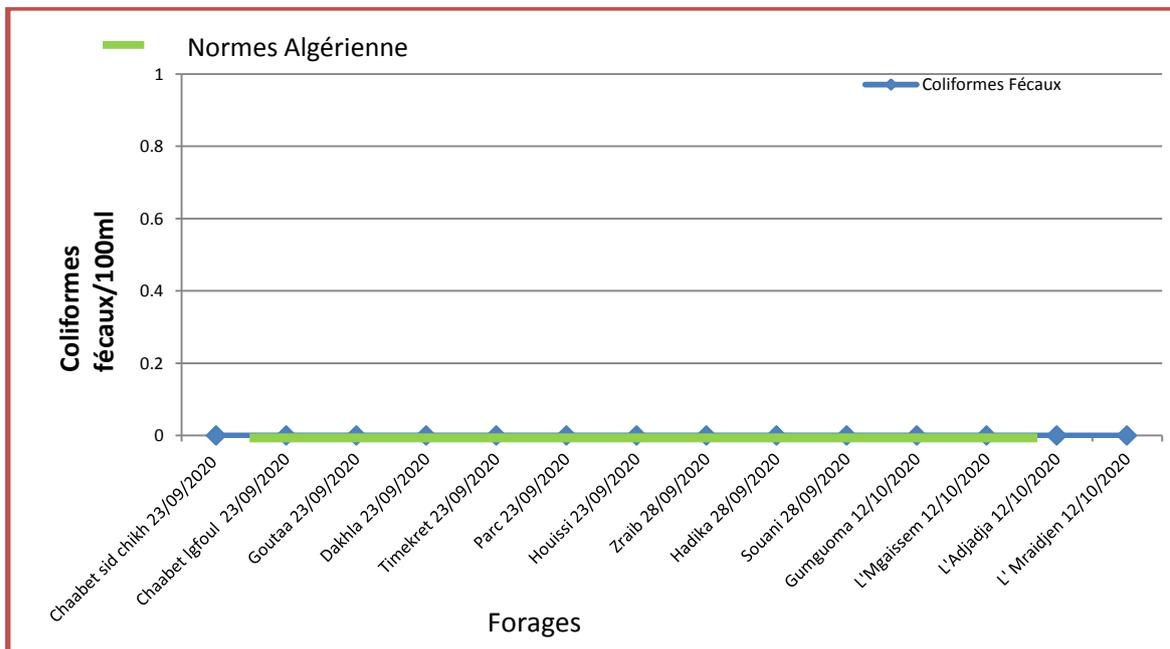


Figure 32: Variation de la concentration des coliformes fécaux des eaux des forages de la commune de Metlili

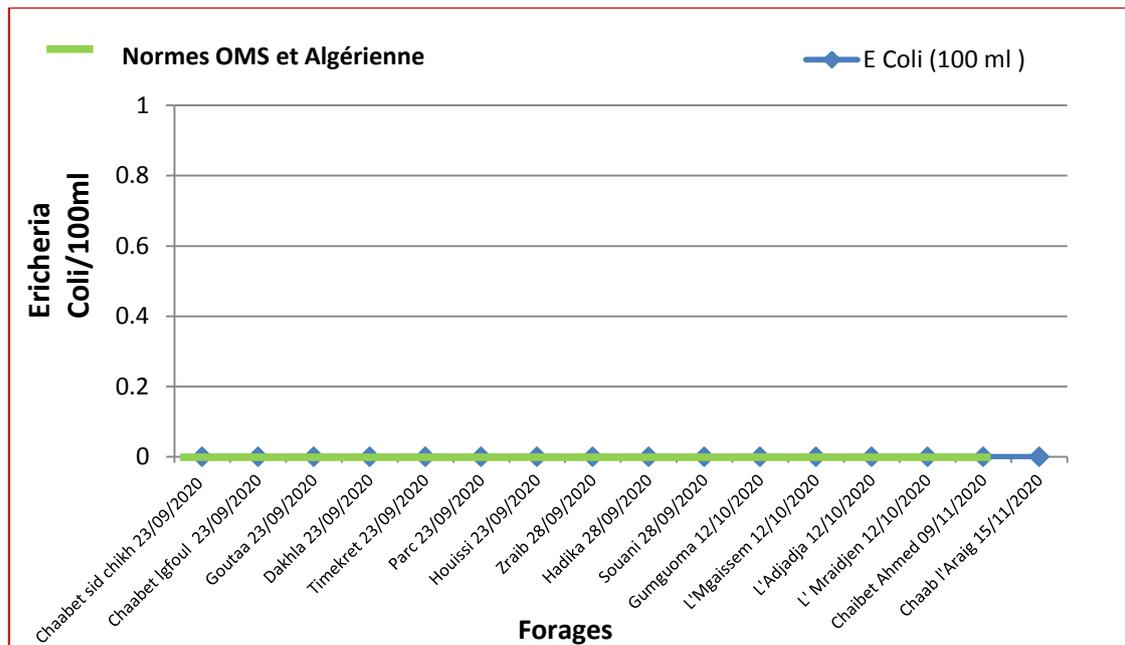


Figure 33 : Variation de la concentration d'E. Coli des eaux des forages de la commune de Metlili

2.2. Streptocoques fécaux

D'après les résultats des analyses microbiologique (Fig. 34), on observe que tous les forages ont enregistré (0/100 ml) de streptocoques fécaux, compatibles avec les normes Algérienne (0/100ml) (Tab. I).

Selon RODIER *et al.* (2009), les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécales, car tous ont un habitat fécal. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux.

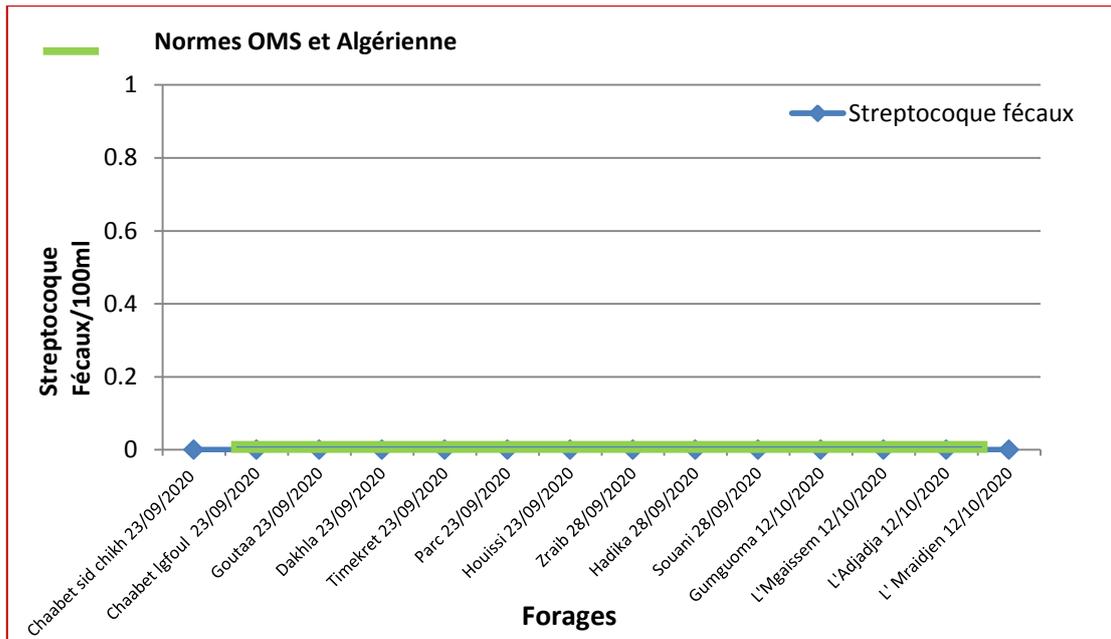


Figure 34 : Variation de la concentration des streptocoques fécaux des eaux des forages de la commune de Metlili

2.3. Clostridium sulfito-réducteurs

Les résultats des analyses Clostridium sulfito-réducteurs (Fig.35), montrent l'absence des spores (0/100ml), donc ce sont compatibles avec les normes Algérienne et OMS (0/100ml) (Tab. I).

D'après RODIER et *al.* (2009), les Clostridiums sulfito-réducteurs sont suivent considérés comme des témoins de la pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente.

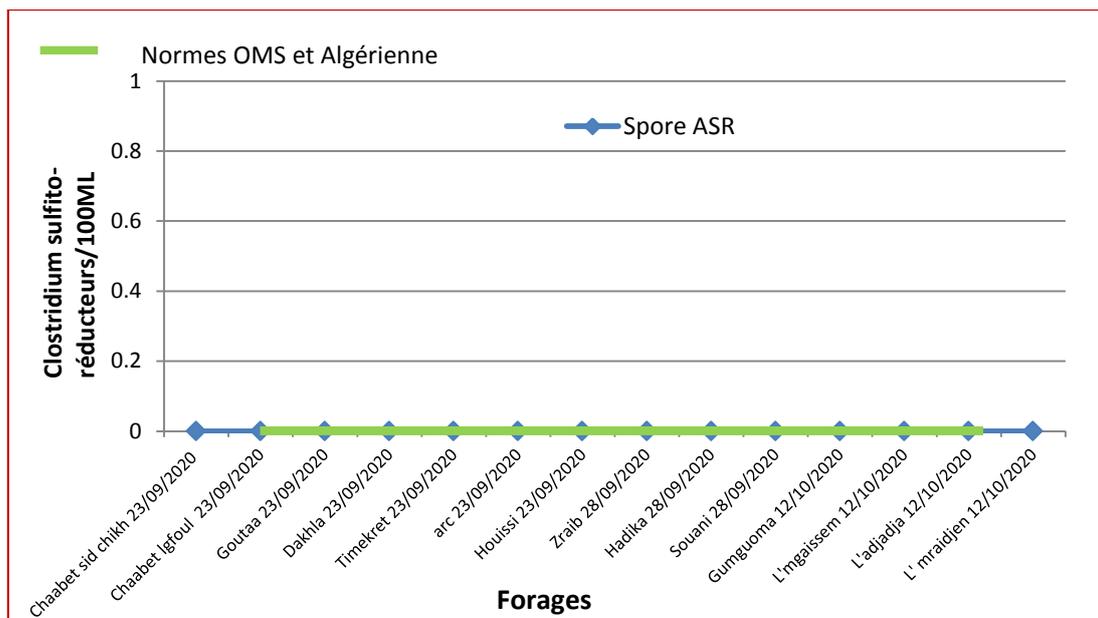


Figure 35 : Variation de la concentration des Clostridium sulfite-réducteurs des eaux des forages de la commune de Metlili

Nos résultats bactériologiques sont de bonne qualité car nous n'enregistrons aucune présence des coliformes totaux, fécaux et streptocoque fécaux, E. Coli et les spores (Clostridium-sulfite-réducteur), conformes aux normes Algériennes et OMS (Tab. I), ça est grâce de l'utilisation de chlore dans les forages (Annexe2).

Nous avons obtenus les mêmes résultats notés par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), et GUERBOUZ (2006), cas de l'Oued Metlili, elles ont enregistré l'absence des coliformes totaux, fécaux et streptocoque fécaux et les spores (Clostridium-sulfite-réducteur), les mêmes résultats sont obtenus par BAHAZ et MANSOUR (2020), cas de l'Oued M'Zab, donc ce confirme que les eaux de cette nappe sont de bonne qualité.

Conclusion

Conclusion

Notre travail sur l'étude hydro-chimique des eaux du continental intercalaire (albiennaise nappe) cas de la région de Metlili, destinées à la consommation quotidienne, nous ramène à faire plusieurs constatations et recommandations.

Les analyses physico-chimiques effectuées sur quatorze forages montrent que la moitié des forages (Chaabet Sid Chikh, Chaabet Lgfoul, Goutaa, Dakhla, Timekret, Parc) dépassent les normes de températures 25°C.

Tous les forages sont compatibles aux normes de pH ≥ 6.5 et ≤ 9 .

Concernant la conductivité électrique tous les forages sont confirmés aux normes Algériennes 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mais dépassant les normes de l'OMS (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) excepté le forage Goutaa.

Les eaux des forages sont claires et compatibles aux normes de la turbidité 05 NTU. Concernant les paramètres de pollution (l'ammonium, le nitrite, le phosphate et le fer), tous les forages sont confirmés aux normes Algériennes et de l'OMS ce qui montre l'absence de contamination de ces eaux.

Tous les forages étudiés dépassant les normes de TH (200 mg/l), surtout le forage de L'Mgaissem avec une valeur de 732 mg/l.

Les forages L'Mgaissem et L'Adjadja dépassant les normes de sodium (200 mg/l) avec des valeurs successives (222,22 mg/l et 211,11 mg/l).

Aussi pour le sulfate les forages (Gumgoumma, L'Mgaissem et L'Adjadja) avec des valeurs (462,17 et 469,167 et 569,585 mg/l), dépassant les normes.

Concernant les teneurs de calcium, de magnésium, de potassium, de chlorure et des Bicarbonates sont compatibles aux normes. Les résultats des analyses physico-chimiques peut-être signifient probablement l'altération des roches-mères des forages qui libère ses composants minéraux et organiques qui peuvent influencer sur la qualité physico-chimique des eaux.

Les analyses microbiologiques effectuées sur les eaux des forages indiquent que toutes les eaux sont de bonne qualité et ne constitue aucun danger aux consommateurs.

Lorsque l'eau est la vie il faut préserver la contre les risques de contaminations et dégradation et pour assure ça il faut faire :

- Des contrôles périodiques aux tous les forages d'eau durent l'année.
- La nécessité de fournir toutes les capacités de faire les analyses physico-chimiques et bactériologiques au laboratoire.
- Stérilisation et nettoyages des châteaux et des forages.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- **ABID K., TRABESI R, ZOUARI K et ABIDI B, 2009.** Caractérisation hydrogéochimique de la nappe du Continental Intercalaire (sud tunisien). Hydrological Sciences–Journal. p 537.
- **ACHOUR M. et OUAISSI S., 2003.** Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de la valle Metlili (Ghardaïa), Rapport, ANRH.
- **ACHOUR M., 2003.** étude hydrogéologique de la nappe phréatique de la vallée de metlili, Ghardaïa , p 36.
- **ACHOUR M., 2010.** Note de synthèse sur les premiers mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappa du ci dans la wilaya de Ghardaïa, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, DRS, Ouargla, Algérie.
- **ACHOUR M., 2011.** Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaia , Algérie.
- **ACHOUR S., YUCEF L., GUERGAZI S., 2008.**Qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles du Sahara septentrional oriental Algérien, Rev. EIN, n°311, Agroalimentaires.
- **ADE Ghardaïa 2021.** Algérienne Des Eau unité de Ghardaïa, Algérienne Des Eau unité de Ghardaïa, Les analyses physico-chimique.
- **ADE Metlili 2021.** Algérienne Des Eau unité de Metlili Inventaire des forages des eaux Potable de la commune de Metlili, wilaya de Ghardaïa.
- **Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques, (2019).** Gestion des ressources en eau souterraine dans la région de Ghardaïa. Direction régionale sud – Ouargla. Algérie.
- **ANRH Ghardaïa 2021.** Agence Nationale des Ressource Hydraulique Inventaire des forages des eaux Metlili, wilaya de Ghardaïa.
- **ANRH Ghardaïa, 2016.**Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la nappe Albienne dans la wilaya de Ghardaïa,Agence Nationale des Ressource Hydraulique.
- **ANRH, 2003.** Direction régionale sud Ouargla, note relative à l'étude de la nappe phréatique de la vallée du M'Zab.

- **ANRH, Ghardaïa 2011.**Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la nappe Albienne dans la wilaya de Ghardaïa, Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, DRS, Ouargla, Algérie.
- **ASANO T., 1998.**Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library.
- **ATLAS, 2009.** Atlas, 2009, agriculture-Ghardaia..
- **ATOUSSE Z. et ATTAB S., 2007.** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des rejets domestiques bruts de la direction régionale de Haoud-Berkaoui. Mém. D.E.S. Microbiologie.
- **BABKER, 2009.** Contribution à l'étude hydrogéologique des zones arides exemple « la Vallée du M'Zab » Wilaya de Ghardaïa.
- **BAHAZ K. et MANSOUR K. 2020.** Analyses des eaux souterraines destinée à la consommation humaines cas d'étude oued M'ZAB wilaya de Ghardaïa Mémoire de Master en Ecologie, Université Ghardaïa .
- **BARAN Ph., NEGRELe E., MALCUIT B., VITTECOQ, 2006.** Suivi de la qualité des eaux souterraines de Martinique, campagne de saison des pluies 2005, résultats et comparaison avec la 1ère campagne de basses eaux (2004) et 1ère campagne de saison des pluies (2004). BRGM/RP-54717-FR.
- **BASSOU E., KOULL N., 2003.** Caractérisation physico-chimique et Bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération de Ouargla, Mémoire, d'ing uni, Ouargla.
- **BASSOU E., KOULL N., 2003.** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération de Ouargla, Mémoire, d'ingénieur université, Ouargla.
- **BAUMONT S. et CAMARD J-P., LEFRANC A., FRANCONI A., 2004.** Réutilisation des eaux usées, risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France, Rapport ORS, p 220.
- **BEGRA M. et TELLI H. 2018.** Qualité Physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la Nappe phréatique la nappe albien de la vallée du M'ZAB, Mémoire de Master en Ecologie, Université Ghardaïa.
- **BEN ABBOU F., FADIL M., El HAJI M., ZEMZAMI, 2014.** Impact anthropique sur la qualité des eaux souterraines du bassin versant de l'oued, oued taza (Maroc). EuropeanScientific Journal February 2014 édition vol.10, n°.5 ISSN: 1857 –7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

- **BENHEDID H., 2014.** Étude de l'impact des eaux usées sur la variabilité de la pollution des aquifères superficiels à Oued M'Zab, Mémoire de Magistère.
- **BONNIM J., 1982.** Aide-mémoire d'hydraulique urbaine, Edition, Ayrolles, P 128.
- **BOUZIANI M., 2000.** L'eau, de la pénurie maladies, Ed, IBN-KHOLDON, ORON, p 247.
- **BRADAI M., 1994.** Mémoire sur la floraison et la fructification de deux
- **BREMOND R., PERRODON C., 1976.** Paramètre de la qualité des eaux , 2eme édition, p1793.
- **BENGUELIA R. et HADJ BRAHIM A. 2018.** Etude Hydrologique de continental intercalaire dans la région de GhardaiaMémoire de Master en Hydrogéologie,Université KASDI Merbah – Ouargla.
- **CARTER RC., PARQER A., 2009.**Climate change, population trends and groundwater in Africa, Hydrological Sciences Journal 54 (4): 676–689.
- **CHAPMAN D., KIMSTACH V.,1996.**Sélection of water quality variables , Water \quality assessments, a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London,p 626.
- **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.
- **CHEVALLIER H., 2007.** L'eau un enjeu pour demain, état des lieux et perspectives, Sang de la terre, P 351.
- **CHOTEAU B., 2014.** La souffrance globale en fin de vie, Manuel de soins palliatifs-4^e édition, Clinique, psychologie, éthique, p1260.
- **COULIBALY K., 2005.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, Thèse de doctorat d'état, université de Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie, Bamako.
- **DAHOU F. et BELMOKHTAR H. 2018.**Qualité Physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la vallée du MetliliMémoire de Master en Ecologie, Université Ghardaïa .
- **DE VILLERS J., 2005.**Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- **DEATY M., 1997.** La gestion active des aquifères, Ed, MASSON, Paris, p 416.
- **DEGREMOT, 1989.** Mémento technique d'eau. Tome 1 Ed, p1718

- **DEVILLERS J., SQUILIN M., YOURASSOWSKY C., 2005.** Qualité Physico-chimique et chimique des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.
- **Dib I., 2009.** L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique. construction hydro-technique et environnement. faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique. Université Hadj Lakhdar, Batna.
- **DPAT, 2009.** Direction de la planification et de l'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Ghardaïa, Atlas de Ghardaïa.
- **DPSB, 2018.** Service du développement Humain et de l'action socio-économique, Wilaya de Ghardaïa, p 214.
- **DREUX P., 1980.** Précis d'écologie. Ed. Presse universitaire de France, Paris, p 231
- **DUJARDIN P., GOSSELIN S., SEUX R., ALMARDINI F., 2009.** L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod. France, P 1579.
- **DUPONT, A 1981.** Hydraulique urbain .edeyrolles, PARIS.P 174
- **EBLIN S., SOMBO A., SORO G., AKA N., KAMBIRE O., SORO N., 2014.**Hydrochimie des eaux de surface de la région d'Adiaké. J. Appl. Biosci. p 6271.
- **EI-NAKA A., AI-MOMANI M., KILANI S., HAMOURI N., 2007.** Groundwater deterioration of shallow groundwater aquifers due to overexploitation in northeast Jordan, Clean Soil, Air, Water, p 166.
- **FAURIE C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J., 1980** .Ecologie approche scientifique et pratique. Ed. Lavoisier, Paris, p 407.
- **GAUJOU, 1995.** La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire 2ème éd,Traitement des eaux de refroidissement, p212.
- **GILBERT C., 1998.** hydrogéologie principes et méthodes, 2^ecycle, DUNOD Paris, p236.
- **GOUDIA L., 2008.** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimique des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algérien. Thèse doct.Univercité de Badjimoukhtar Annaba.

- **GUERBOUZ F. 2006.** Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau potable au niveau de la ville de Metlili (Ghardaïa), Mémoire d'ingénieur en Biologie, Université KASDI Merbah – Ouargla.
- **HADE A., 2007.** Nos lacs, Les connaître pour mieux les protéger, Edition Fides, Bibliothèque national du Québec, Canada, p 359. .
- **HELLA F., OURIHAN D, 2004.** étude hydrogéologie du continental intercalaire et du complexe terminal de la région de Touggourt .aspect hydro chimique et problèmes technique posés, Mémoire, d'ing, Uni haouriboumadiene, Alger.
- **HIMMI N., FEKHAOUI M., FOUTLANE A., BOURCHIC H., EIMMAROUFY M., BENZAZZOUT T., HASNAOUI M., 2003.** Relazione plankton parametric fisicichimici in unbacinodimaturazione (lagunamista BeniSlimane – Morocco. Rivista Di Idrobiologia, Universita de glistudi di perugia, Departemento di Biologia Animaleed ecologia laboratorio Di Idrobiologia “G.B. Grassi”.
- **ISO 7899, 2000.** Qualité de l'eau- Recherché et dénombrement des entérocoques intestinaux.
- **ISO 9308, 1990.** Qualité de l'eau –Détermination des bactéries coliformes.
- **ISO 9308, 2000.** Qualité de l'eau –Détermination des Escherichia coli.
- **ISO, 1989.** Qualité de l'eau, NA 752, ISO 5813. Ed .Inapi et diffusion, Alger.
- **ISO, 1993.** Qualité de l'eau, NA 2364, ISO 9964/3, ed, Inapi, Edition et diffusion, Alger.
- **JOEL G, 2003.** La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, p 162.
- **JORA, 2011.** Décrit exécutif n°11-125 du 18Rabie Ethani 1432 correspondant au 23 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine .Journal officiel de la république algérienne N°18.
- **KHADRAOUI A. et TALEB S. ,2008.** Qualité des eaux dans le sud algérienne, Ed KHYAM, p239.
- **KOCH P, 1969 .**L'alimentation en eau des agglomérations .Ed DUNOND,PARIS P 355.
- **LADJEL F., TOUDEF T., 2002.** Control de paramètre physico –chimique et bactériologie d'une eau de consommation, rapport de Epte.
- **MARGAT J., 1990.** Les eaux souterraines dans le monde, Département en eau.
- **MAYER A., 1954.** Les terrains perméables ,ed dunod paris, p 148.

- **MAYER M., 1954.** Les terrains perméables, Ed dunod paris, p 148.
- **MELLAK D., 2009.** Etude de la vulnérabilité de l'aquifère alluvionnaire de la vallée du M'Zab, Wilaya de Ghardaïa.
- **MUSY A. et HIGY C., 2004.** Hydrologie, une science de la nature, Collection gérer l'environnement, Presses polytechniques et universitaires Romandes, p309.
- **OFEFP, 2003.** Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage .
- **OMS 2006 .**organisation Mondial de la santé directives de la qualité pour l'eau
- **ONM Ghardaïa, 2019.** Données climatiques de la région de Ghardaïa, Ed, Office national de Météo, Ghardaïa.
- **OSS, 2003.** Le système aquifère du Sahara septentrional, une conscience de bassin.
- **PATUREL JE., BOUBACAR I., L'AOUR A., MAHE G., 2010.** Analyses of pluviometric grids and mainfeatures of the changes occurring in West and Central Africaduring the 20th century.Hydrological Sciences Journal 55 (8), p1288.
- **QUENEAU P. et HUBUERT J., (2009).** Place des eaux minérales dans l'alimentation, Rapport de l'académie national de médecine, Société française de l'hydrologie et climatologie médicale, France, P 220.
- **RAMADE F., 1984.** Eléments d'écologie, Ecologie fondamentale,Ed. McGraw-Hill, Paris, 397p.
- **RAMADE F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences
- **REJSEK F., 2002.**Analyse des eaux, aspect réglementaire et techniques, Tome I, Edition Scrérén CRDPA quitaine, Bordeaux, p 360.
- **REMINI B., 2010.** La problématique de l'eau en Algérie, Larhyss Journal, N° 08, P 27-46.
- **RENÉ M., 2010.** L'eau, sa pollution, et son traitement, Note bene, Toute mise en oeuvre de ce qui est décrit dans les chapitres doivent être faite avec une personne compétente.
- **RODIER J, BAZIN C., BROUTIN J., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8ème édition. Dunod, Paris, p 1383-1384.
- **RODIER J., 1984.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires eau de mer, p1365.

- **RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles eaux résiduaires, eaux de mer, 8eme Edition, Ed Dunod, paris, p1384.
- **RODIER J., 2005.** l'Analyse d'eau, 5ème édition , p 1381.
- **RODIER J., BERNARD L., NICOLE M., 2005.** Mémento technique de l'eau, vol 2, 10ème édition, p 1718.
- **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., BRUNET R., MIALOCQ J C., LEROY P., HOUSSIN M., LAVISON G., BECHEMIN C., VINCENT M., REBOUILLON P., MOULIN L., CHOMODE P.,DUJARDIN P., GOSSELIN S., SEUX R., ALMARDINI F., (2009) .** L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod. France. p 1579
- **RODIER, 1984.** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7ème édition Ed Dunod Paris, P 1365.
- **RODIER, 2005.** Analyse de l'eau, 8ème édition; Dunod, Paris.
- **RODIER, 2009.** L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 10e édition, p 1600.
- **RODIER, 2009.**L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer.9eme édition, Dunod, Paris, p 1383.
- **ROUVILLOIS-BRIGOL N., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara algérien) variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique, Ed, Département de Géographie, Univ, de Sorbonne, Paris, p 389.
- **SCALON B., REEDY R., STONESTROM D., PRUDIC D. et DENNHY K., 2005.** Impact of land use and land cover change on groundwater recharge and quality in the South western US. Global Biol, 11,p 1593.
- **TARDAT H., 1992.** Chimie Des Eaux, 2ème Edition. Les éditions du griffon D'Argile, p 537.
- **Tutiempo, 2021.** <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605660.html>.
- **XANTHOULIS, 1993.** Valorisation agronomique des eaux usées des industries.

Annexe

Annexe1

Classes de turbidités (NTU, néphéloturbidimétrie)

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

Annexe 2**Utilisation de Chlore**

Pour que évité la contamination des eau souterraines à consommation par des bactéries et germes il faut faire un protocole qui est traité par l'ADE ceux qui ont utilisant le Chlore dans les forages chacun de capacité de son château (m³) ce que chaque 1000 m³ on utilise 8 litre d'eau de javel (40° à 50°).

les forages	capacité de château m ³	dosage de Chlore utilisé (L)
Chaabet Sid Chikh	1500	12
Chaabet Igfoul	1500	12
Goutaa	1500	12
Dakhla	1200	9,6
Timekret	1500	12
Parc	1000	8
Houissi	750	6
Zraib	1500	12
Hadika	1500	12
Gumgoumma	1500	12
L'Mgaissem	750	6
L'Adjadja	1500	12
Souani	750	6
L'Mraidjen	/	/

Annexe 3

Analyses physico-chimiques



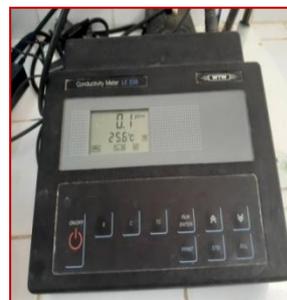
Teste de chlore



échantillons



Agitateur avec plaque chauffante



Conductivité mètre



pHmètre



spectrophotomètre UV



Réactif de dureté total



Réactif de Chlorure



Réactifs de calcium



Réactif d'Ammonium



Réactif de phosphat



Réactif de Nitrit



Réactifs de Fer



Eau distillé

Analyses bactériologiques



La rampe de filtration



Étuve



Bain marré



Bec benzène



Lecteur des analyses coliforme totaux et fécaux /Lecteur des analyses Streptocoques



La lecteur d'Erecheria Coli

Résumé

Étude hydro-chimique et bactériologique de continental intercalaire dans la région de Metlili -wilaya de Ghardaïa-

Notre travail s'intéresse à l'étude de la qualité des eaux de Continental Intercalaire dans la région de Metlili wilaya de Ghardaïa durant la période d'automne 2020. Notre approche méthodologique est d'étudier la qualité physico-chimique et bactériologique de ces eaux afin de comparer ces résultats avec les normes Algériennes et de l'OMS et déterminer son aptitude d'utilisation. Les principaux résultats physico-chimiques de notre étude montrent que la plupart des eaux forages étudiées sont de bonne qualité et compatibles aux normes de potabilité d'Algérie et de l'OMS, à l'exception de quelques forages, qu'ils sont dépassés les normes de certains paramètres telles que la température, la conductivité, la dureté Total, le sodium et le sulfate. Concernant les résultats des analyses microbiologiques des coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux et Clostridium-sulfito-réducteurs, indiquent que toutes les eaux des forages sont de bonne qualité et elles ne constituent aucun danger aux santés des consommateurs de ces eaux. Lorsque l'eau est la vie il faut faire un programme de suivi et planification pour la conserve contre tous ce qui peuvent faire des problèmes d'altération de leur qualité et par conséquent la santé des consommateurs et l'environnement en général.

Mots clés : eau, forage, qualité, physico-chimiques, bactériologiques, normes, Metlili.

Abstract

Hydro-chemical and bacteriological study of continental intercalaire in the region of Metlili -wilaya of Ghardaïa-

Our work focuses on the study of the water quality of continental intercalaire in the region of Metlili wilaya of Ghardaïa during the fall period of 2020. Our methodological approach is to study the physico-chemical and bacteriological quality of these waters. In order to compare these results with Algerian and WHO standards and determine its suitability for use. The main physicochemical results of our study show that most of the borehole water studied is of good quality and compatible with Algerian and WHO drinking water standards, with the exception of a few boreholes, which they exceeded. Standards of certain parameters such as temperature, conductivity, total hardness, sodium and sulfate. Regarding the results of microbiological analyzes of total and faecal coliforms, faecal streptococcus and clostridium-sulfite-reducing, indicate that all the water from the boreholes is of good quality and it does not constitute any danger to the health of the consumers of this water. When water is the life, it is necessary to make a program of follow-up and planning to preserve against all that can cause problems of alteration of their quality and by essential the health of the consumers and the environment in general.

Keywords: water, drilling, quality, physico-chemical, bacteriological standards, Metlili.

ملخص

دراسة هيدروكيميائية وبكتريولوجية لمياه المتداخل القاري في منطقة متليلي-ولاية غرداية-

يركز عملنا على دراسة جودة مياه المتداخل القاري في منطقة متليلي ولاية غرداية خلال فترة خريف عام 2020. يتمثل نهجنا في دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لهذه المياه. من أجل مقارنة هذه النتائج مع المعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية وتحديد مدى ملائمتها للاستخدام. تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية الرئيسية لدراستنا أن معظم مياه الآبار المدروسة ذات نوعية جيدة ومتوافقة مع معايير مياه الشرب الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية، باستثناء عدد قليل من الآبار التي تجاوزت بعض المعايير مثل درجة الحرارة والتوصيلية والصلابة الكلية والصدوم والكبريتات. فيما يتعلق بنتائج التحليلات الميكروبيولوجية: القولونيات والقولونيات البرازية، العقديات البرازية و كلوستريديوم مخفضات السلفيت، تشير إلى أن جميع مياه الآبار ذات نوعية جيدة ولا تشكل أي خطر على صحة المستهلكين. عندما يكون الماء هو الحياة، من الضروري وضع برنامج للمتابعة والتخطيط لحمايته من كل ما يمكن أن يسبب مشاكل في تغيير جودته وتشكيل خطر على صحة المستهلكين والبيئة بشكل عام.

الكلمات المفتاحية: ماء، بئر، جودة، فيزيائي-كيميائي، بكتريولوجية، معايير، متليلي.