

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 : AMIEUR Mebrouka

Thème

**Contribution à l'étude de la variation spatiale de la
qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée
de Metlili-wilaya de Ghardaïa-**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

M^{me}. GUESSOUM Hadjer	Maître Assistant B	Univ. Ghardaïa	Président
M^{lle}. BENHEDID Hadjira	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadrant
Mr. ACHOUR Mansour	Doctorant	Univ. Oron	Co-encadrant
Mr. BENSEMAOUNE Youcef	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2020/2021

Remerciement

Tout d'abord, avec la grâce d'Allah et sa volonté qui nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

*On tient à remercier **M^{me}. BENHEDID Hadjira** d'avoir accepté de m'encadrer sur ce thème et pour son attention de suivi ce travail*

*Mes remerciements s'adressent également à mon Co-encadrant **Mr. ACHOUR Mansour** pour ses encouragements et sa patience afin de réaliser ce travail.*

*On tient aussi, à remercier les membres de jury **M^{me}. GUESSOUM Hadjer** et **Mr. BENSEMAOUNE Youcef** d'accepter d'examiner notre recherche et leurs orientations afin d'évaluer ce travail.*

*Un grand remerciement pour **Mr. AZAOUI Omar Mr.** et **BENSEMAOUNE Youcef**, d'avoir m'orienter, de me conseiller et pour leurs instructions.*

*Mes remerciements vont aussi, à tous les personnels de laboratoire de l'université de Ghardaïa, l'CAQE et de l'ADE, **Hicham, Karima, Amel et Zohra***

A la fin on tient à remercier toute personne qui nous avancer les facilités pour réaliser notre recherche, également tous les enseignants et les personnels techniques et administratif de l'université de Ghardaïa.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Avant tout à mon père, à l'esprit de ma mère

(que dieu ait son âme)

À tous mes frères

À tous mes sœurs

À toute ma famille

À tous mes amis et collègues

À toutes mes adorables que j'ai connu pendant toute ma vie.

Résumé

Contribution à l'étude de la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili -wilaya de Ghardaïa-

Notre travail s'intéresse à l'étude de la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili durant la période hivernal de l'année 2021. Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines, afin d'apprécier leur potabilité, et leur impact sur l'homme et l'environnement. Les résultats physico-chimiques d'une manière générale montrent que la qualité de ces eaux est moyenne à médiocre sur l'ensemble des puits prospectés. La majorité des puits sont compatibles à la norme de pH. Ces puits sont marqués par des teneurs de CE très élevés. Ces eaux sont claires et conforment la norme de la turbidité. Tous les puits ne dépassent pas les normes des paramètres de la pollution : ammonium nitrite, phosphate, orthophospahte et le fer, ils ne représentent aucune contamination de ces eaux par ces paramètres. Concernant les éléments majeurs ; la plupart des eaux des puits dépassent les normes fixées pour ces paramètres.

Les résultats des analyses bactériologiques ont prouvé la contamination da la nappe par les eaux usées. Cette qualité bactériologique médiocre constitue un danger majeur sur la santé des populations consommatrices de ces eaux.

Ces résultats montrent une dégradation des ressources hydriques souterraines par les activités agricole et urbaine.

Mots clés : Spatiale, qualité, physico-chimique, bactériologique, nappe phréatique, Metlili.

Abstract

Contribution to the study of the spatial variation in the quality of groundwater in the valley of Metlili -wilaya of Ghardaïa-

Our work is interested in the study of the spatial variation of the quality of groundwater in the Metlili valley during the winter period of the year 2021. Our methodological approach consists in studying the physicochemical and bacteriological quality groundwater, in order to assess their potability, and their impact on man and the environment. The physicochemical results generally show that the quality of these waters is average to poor for all the wells prospected. The majority of wells are compatible with the pH standard. These wells are marked by very high EC contents. These waters are clear and meet the standard for turbidity. All the wells do not exceed the standards of the parameters of pollution: ammonium nitrite, phosphate, orthophosphate and iron, they do not represent any contamination of these waters by these parameters. Regarding the major elements; most well water exceeds the standards set for these parameters.

The results of bacteriological analyzes proved the contamination of the water table by wastewater. This mediocre bacteriological quality constitutes a major danger to the health of the populations consuming this water.

These results show a degradation of underground water resources by agricultural and urban activities.

Keywords: Spatial, quality, physico-chemical, bacteriological, groundwater, Metlili.

الملخص

المساهمة في دراسة التباين المكاني في نوعية المياه الجوفية بوادي متليلي-ولاية غرداية-

يركز عملنا على دراسة التباين المكاني في نوعية المياه الجوفية في وادي متليلي خلال فترة الشتاء من عام 2021. يتمثل نهجنا المنهجي في دراسة نوعية المياه الجوفية الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية، من أجل تقييم صلاحيتها للشرب، و التأثير على الإنسان والبيئة. تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية بشكل عام أن جودة هذه المياه تتراوح بين متوسطة إلى رديئة لجميع الآبار التي تم التنقيب عنها. تتوافق غالبية الآبار مع معيار الأس الهيدروجيني. تتميز هذه الآبار بمحتويات عالية جداً من EC. هذه المياه صافية وتفي بمعايير التعكر. جميع الآبار لا تتجاوز معايير معيار التلوث: نترت الأمونيوم والفوسفات والأورثوفوسفات والحديد، ولا تمثل أي تلوث لهذه المياه بهذه المعايير. فيما يتعلق بالعناصر الرئيسية؛ معظم مياه الآبار تتجاوز المعايير المحددة لهذه المعايير.

أثبتت نتائج التحاليل البكتريولوجية تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي. تشكل هذه النوعية البكتريولوجية المتواضعة خطراً كبيراً على صحة السكان الذين يستهلكون هذه المياه.

تظهر هذه النتائج تدهور موارد المياه الجوفية بسبب الأنشطة الزراعية والحضرية.

الكلمات المفتاحية: مكاني، جودة، فيزيائي-كيميائي، جرثومي، مياه جوفية، متليلي.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01	Paramètres et valeurs limites de la qualité de l'eau de consommation humaine	07
Tableau 02	Normes de l'O.M.S. pour l'eau potable	08
Tableau 03	Normes Algériennes et l'O.M.S. des eaux d'irrigation	09
Tableau 04	Valeurs seuils applicables aux eaux souterraines.	10
Tableau 05	Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2019	18

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Wilaya de Ghardaïa, localisation et cadre administratif .	14
Figure 02	Carte de Bassin Versant de la Vallée de Metlili .	15
Figure 03	Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa .	16
Figure 04	Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale .	18
Figure 05	Diagramme d'Ombrothermique de la région de Ghardaïa pour la période (2009-2019).	20
Figure 06	Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Ghardaïa.	21
Figure 07	Approche méthodologique.	23
Figure 08	Carte de localisation des puits échantillonnés	25
Figure 09	Carte de la variation spatiale du pH des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	36
Figure 10	Carte de la variation spatiale de la CE des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	37
Figure 11	Carte de la variation spatiale de la turbidité des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	38
Figure 12	Carte de la variation spatiale de l'H4+ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	39
Figure 13	Carte de la variation spatiale du NO2- des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	40
Figure 14	Carte de la variation spatiale de PO4-3 des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	41
Figure 15	Carte de la variation spatiale de P des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	41
Figure 16	Carte de la variation spatiale de Fe++ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili.	42
Figure 17	Carte de la variation spatiale de Ca++ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	43
Figure 18	Carte de la variation spatiale de Mg++ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	44
Figure 19	Carte de la variation spatiale de Na+ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	45
Figure 20	Carte de la variation spatiale de K+ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	45

Figure 21	Carte de la variation spatiale de Cl ⁻ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	47
Figure 22	Carte de la variation spatiale de HCO ₃ ⁻ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	47
Figure 23	Carte de la variation spatiale des CT des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	48
Figure 24	Carte de la variation spatiale des CF des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	49
Figure 25	Carte de la variation spatiale des ST des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	50
Figure 26	Carte de la variation spatiale de SF des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	51
Figure 27	Carte de la variation spatiale des Clostridium sulfito-réducteurs des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili	51

Liste des abréviations

AEAG	Agence de l'Eau Adour-Garonne
ADE	Algérienne Des Eaux
ANDI	Agence Nationale de Développement de l'Investissement
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANRH	Agence National des Ressources Hydrique
ASR	Anaérobies Sulfito-Réducteur
CE	Conductivité Electrique
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
CEC	Capacité d'Echange Cationique
CF	Coliforme Fécaux
CI	Complexe Intercalaire
CT	Coliforme Totaux
CIFFQE	Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau
CT	Complexe Terminal
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DPSB	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires
E. Coli	Escherichia Coli
EDTA	Acide Ethylène-Diamine-Tetraacétique
Hr	Humidité Relative
IPA	Institut Pasteur D'Algérie
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
Mg/l	Milligramme par Litre
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique
OFEFP	Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage
OMS	Organisation Mondial de la Santé
P	Précipitations
pH	Potentiel Hydrogène
SOES	Service de l'Observation et des Statistiques du Ministère en charge du Développement Durable
ST	Streptocoque
T	Température
T moy	Température Moyenne
TA	Titre Alcalimétrique
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
TGEA	Gélose glucosée Tryptonée à l'Extrait de levure de de foie
TH	Titre Hydrotimérique.
TM	Température Maximale

Tm	Température Minimale
TTC	Triphenyl-Tetrazolium Chloride
UFC	Union Fédérale des Consommateurs-que choisir
UNESCO	Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture
V	Vent
VF	Viande Fois
WAD	Water Action Decade
μS/cm	Micro-Siémens par Centimètre

Table des matières

Remerciement	-
Dédicace	-
Résumé	-
Liste des tableaux	-
Liste des figures	-
Liste des abréviations	-
Table des matières	-
Introduction	01
Première partie : Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Eaux souterraines	
I.1. Eaux souterraines	05
I.2. Différents types de nappes	05
I.2.1. Nappe libre	05
I.2.2. Nappe semi-captive	05
I.2.3. Nappe captive	05
I.3. Captage des eaux souterraines	05
I.4. Qualité des eaux souterraines	06
I.5. Normes d'utilisation des eaux	07
I.5.1. Normes de potabilité	07
I.5.1.1. Normes Algériennes	07
I.5.1.2. Normes de l'O.M.S.	08
I.5.2. Normes d'irrigation	09
I.5.3. Normes environnementales	09
Deuxième partie : Matériel et méthodes	
Chapitre II : Matériel d'études	
II.1. Choix de la région d'étude	13
II.2. Présentation de la région d'étude	13
II.2.1. Situation géographique	13
II.2.2. Démographie	14
II.3. Hydrologie	15
II.3.1. Géologie	15
II.3.2. Hydrogéologie	16

II.3.3. Caractéristiques climatiques de la région de Ghardaïa	18
Chapitre III : Méthodes d'analyses	
III.1. Approche méthodologique	23
III.1.1. Etude hydro-chimique	23
III.1.2. Etude bactériologique	24
III.2. Méthodes d'analyses	25
III.2.1. Analyses physiques	25
III.2.2. Paramètres chimiques	26
III.3. Etude bactériologique	30
III.3.1. Les coliformes totaux	30
III.3.2. Escherichia coli et les entérocoques	31
III.3.3. Clostridium sulfito-réducteurs	32
Troisième partie: Résultats et discussions	
Chapitre IV : Résultats et discussions	
IV.1. Résultats des analyses physico-chimiques	36
IV.1.1. Potentiel d'hydrogène	36
IV.1.2. Conductivité électrique	37
IV. 1.3. Turbidité	38
IV.1.4. Paramètres de pollution	39
IV.1.5. Eléments majeurs	43
IV.2. Résultats d'analyses bactériologiques	48
IV.2.1. Coliformes totaux et fécaux	48
IV.2.2. Streptocoques totaux et fécaux	49
IV.2.3. Clostridium sulfito-réducteurs	49
Conclusion	53
Références bibliographiques	56
Annexes	68

Introduction

Introduction

Les eaux souterraines constituent une source en eau stratégique pour les activités humaines. Outre, qu'elles représentent des volumes souvent importants, elles offrent généralement une eau de meilleure qualité que les eaux de surface. Ces eaux constituent 23 % des ressources en eau douce de la planète qui doivent être conservées et protégées de toutes sortes de pollutions (LAAOUAN *et al.*, 2016).

La qualité des eaux souterraines est devenue un problème important de ressources en eau en raison de l'augmentation rapide de la population, de l'industrialisation rapide, l'urbanisation et l'utilisation excessive d'engrais et de pesticides en agriculture (Joarder *et al.* 2008).

En ce qui concerne les aquifères, la qualité de l'eau est essentiellement altérée par des concentrations trop élevées en nitrates, qui apparaissent lorsque les quantités appliquées d'engrais azotés dépassent les besoins des cultures. Les eaux souterraines subissent aussi, dans une moindre mesure, les effets de contaminations locales issues de rejets d'eaux usées industrielles et domestiques (puits perdants, fuites dans les réseaux de collectes des eaux usées...). Contrairement aux nitrates, le phosphore d'origine agricole ou domestique ne constitue pas à l'heure actuelle un élément problématique pour la qualité des eaux souterraines destinées à la consommation humaine (BRAHY, 2013).

En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine (ABDELBAKI *et* BOUKLI HACENE, 2007).

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).

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (ROUX, 1987).

Cette étude a pour objectif d'étudier la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili durant la période hivernal de l'année 2021, par

l'analyse de certains paramètres de caractérisation d'une eau potable du fait l'incidence de leur qualité sur la santé publique et l'environnement.

Afin d'atteindre notre objectif, cette recherche s'articule autour de quatre chapitres, dont:

Le premier chapitre est une rappelle concernant les eaux souterraines ; leurs types de nappes, captage des eaux souterraines, leur qualité et les normes d'utilisation. **Le deuxième chapitre** est le matériel d'étude représente la région d'étude et ces caractéristiques. **Le troisième chapitre**, méthodes d'études, représente la méthodologie d'étude et les différentes méthodes d'analyses des échantillons utilisés dans cette étude. **Dans le quatrième chapitre**, on a discuté et interprété les résultats obtenus. Finalement, complétée par une conclusion générale avec quelques recommandations.

Première partie :
Synthèse bibliographique

Chapitre I

Eaux souterraines

I.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 20 % des réserves d’eaux soit environ 1000 millions de m³, leur origine est due à 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, 1997).

Les eaux souterraines constituent le réservoir le plus important d’eau douce au niveau mondial, représentant plus de 97% des ressources en eau douce de la planète (en excluant les glaciers et les calottes glaciaires) (QUEVAUVILLER, 2010).

I.2. Différents types de nappes

I.2.1. Nappe libre

Elle est alors alimentée directement par l’infiltration des eaux de ruissellement. Les eaux de cette nappe ne sont pas maintenues sous pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient (CARDOT, 1999 ; DEGREMONT *et al.* 2005 ; ARJEN, 2010) :

Une nappe phréatique couramment exploitées en milieu rural par les puits, Malheureusement l’infiltration est importante et la nappe est souvent contaminée (JEAN-CLAUDE, 1983). Le terme de nappe phréatique est par ailleurs réservé à la première nappe que peut rencontrer un puits (A.E.M.E, 1994).

I.2.2. 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-dessus ou en-dessous, appelés drainance (MUSY et HIGY, 2004 ; DETAY, 1997).

I.2.3. Nappe captive

Elle est alors séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle n’est donc pas alimentée directement par le sol et elle se situe à des grandes profondeurs et par conséquent est peu sensible aux pollutions (AYAD, 2016 ; RODIER, 1996).

I.3. Captage des eaux souterraines

L’amenée des eaux à partir du lieu d’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 suivante (DUPONT, 1981) :

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

I.4. Qualité des eau souterraines

L'eau souterraine offrant de plus des propriétés de qualité et de protection souvent supérieures à celles des eaux de surface qui sont généralement plus polluées. Les eaux souterraines présentent une importante valeur socio-économique en tant que ressource naturelle inestimable pour les besoins agricoles, industriels et domestiques dans les pays développés ou en voie de développement (AÏT BOUGHROUS, 2007).

Les eaux naturelles constituent un milieu complexe. Si leurs compositions sont en relation directe avec les constituants des sols et des couches géologiques traversées, la qualité des eaux est largement affectée par le couvert végétal, les pratiques agricoles, l'urbanisation et plus généralement par l'activité économique développée dans les paysages où elles coulent (RODIER et *al.*, 2005).

L'eau d'une nappe souterraine à une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place de systèmes de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompes) qui sont souvent importants (DEGREMOT, 1989).

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à hauts risques, dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides (DEGREMENT, 2005).

Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. Les nappes captives sont plus protégées, mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou une autre mise en communication avec la surface ou un autre aquifère pollué (BAUMONT et *al.*, 2005).

I.5. Normes d'utilisation des eaux

I.5.1. Normes de potabilité

I.5.1.1. Normes Algériennes

Le décret exécutif n°11-125 du 18Rabie Ethani 1432 correspondant au 23 mars 2011, du Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A.), a pour objet de fixer les paramètres de la qualité de l'eau de consommation humaine. Les paramètres et valeurs limites de la qualité de l'eau de consommation humaine fixées par ce décret est représenté dans le tableau ci-dessous (Tabl. 1).

Tableau 1. Paramètres et valeurs limites de la qualité de l'eau de consommation humaine (J.O.R.A., 2011)

Groupe de paramètre	Paramètre	Unités	Valeurs limites
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorure	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Plomb	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
Phénols	µg/l	0,5	
Pesticides (totaux)	µg/l	0,5	
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 12°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Ph	Unité pH	≥6,5 et ≤9
	Conductivité à 20°C	µs/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/l	12
Résidu sec	mg/l	1500	

	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100 ml	0
	Entérocoques	n/100 ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20 ml	0

I.5.1.2. Normes de l’O.M.S.

L’OMS a défini la valeur guide comme estimation de la concentration d’une substance dans l’eau de boisson qui ne présente pas de risque significatif pour la santé d’une personne qui consommerait cette eau pendant sa vie entière (RODIER et *al.*, 2009). Les normes de l’O.M.S. pour l’eau potable sont représenté dans le tableau suivant (Tabl. 2).

Tableau 2. Normes de l’O.M.S. pour l’eau potable (RODIER et *al.*, 2009)

Paramètres	Valeurs guides	Unités
Couleur	15	unités (mg/l Pt)
Turbidité	5	unités NTU
pH	6,5 et 9,5	-
Conductivité	1500	µS/cm
Résidus secs	1 000	mg/l
Ammonium	1,5	mg/l
Nitrate	50	mg/l
Nitrite	0,2	mg/l
D.B.O ₅	3	mg/l d’O ₂
D.C.O.	30	mg/l d’O ₂
Chlorure	250	mg/l
Sodium	200	mg/l
Sulfates	250	mg/l
Fer	0,3	mg/l
Aluminium	0,2	mg/l
l’arsenic	0,01	mg/l
Baryum	0,7	mg/l
Bore	0,3	mg/l
Cadmium	3	µg/l
Chrome	0,05	mg/l
Cuivre	2	mg/l
Cyanures	0,07	mg/l
Fluorure	1,5	mg/l
Magnésium	1	mg/l
Manganèse	100	µg/l
Mercure	1	µg/l
Plomb	10	µg/l
Zinc	3	mg/l
Escherichia coli	0	nombre/100 ml
Entérocoques	0	nombre/100 ml
Clostridium sulfitoréducteur	0	nombre/100 ml

I.5.2. 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 spécifiques de certains ions et d'autres problèmes liés à l'excès d'azote et aux bicarbonates (DADDI BOUHOUN, 1997).

Tableau 3. Normes Algériennes et l'O.M.S. des eaux d'irrigation (O.M.S., 2006 ; J.O.R.A. , 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

I.5.3. Normes environnementales

La directive 2006/118/CE du Parlement européen et du Conseil de l'union Européenne du 12 décembre 2006 sur la protection des eaux souterraines contre la pollution, a défini la norme de qualité d'une eau souterraine que c'est une norme de qualité environnementale exprimée par la concentration d'un polluant, d'un groupe de polluants ou d'un indicateur de pollution dans une eau souterraine, qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé

humaine et l'environnement ». Les normes fixées par cette directive sont représentées dans le tableau (4).

Tableau 4 . Valeurs seuils applicables aux eaux souterraines (J.O.U.E., 2006)

Polluants	Valeurs seuils	Unités
Ammonium	0,5	mg /l
Arsenic	10	µg/l
Cadmium	5	µg/l
Chlorures	150	mg/l
Chrome	50	µg/l
Cuivre	100	µg/l
Mercure	1	µg/l
Nickel	20	µg/l
Nitrates	50	mg/l
Phosphore total	1,15	mg/l
Plomb	10	µg/l
Sulfates	250	mg/l
Zinc	200	µg/l

Deuxième partie :

Matériel et méthodes

Chapitre II

Matériel d'études

II.1. Choix de la région d'étude

L'étude physico-chimique de l'eau souterraine joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable.

Dans ce contexte, notre étude est réalisée à Oued Metlili, elle a été choisie pour déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la nappe phréatique de l'Oued Metlili, afin d'apprécier leur potabilité, et leur impact sur l'homme et l'environnement.

II.2. Présentation de la région d'étude

II.2.1. Situation géographique

Ghardaïa, est l'une de plus importantes Wilayas du Sud d'Algérie qui se localise dans la partie septentrionale et centrale du Sahara (32,5° N et 3,75° E). Elle s'étend sur une superficie de 84660,12 km², divisée en 13 communes et 7 daïras. Elle se présente essentiellement sous forme d'étendus massifs de dunes à l'Ouest (Erg El Anagueur), de plateaux crétacés découpés en petites vallées irrégulières au centre (Chebkas), de plaines caillouteuses à l'Est (Reg) et de dépressions de dimensions variables, en particulier au nord-est dans la commune de Guerrara (Dayas) (fig. 1) (Oulad-Heddar et *al.*, 2018). Elle est limitée (ANDI, 2013):

- Au Nord par les wilayas de Laghouat et de Djelfa.
- Au Sud par la wilaya de Tamanrasset.
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla.
- A l'Ouest par les wilayas d'Adrar et d'El-Bayad.

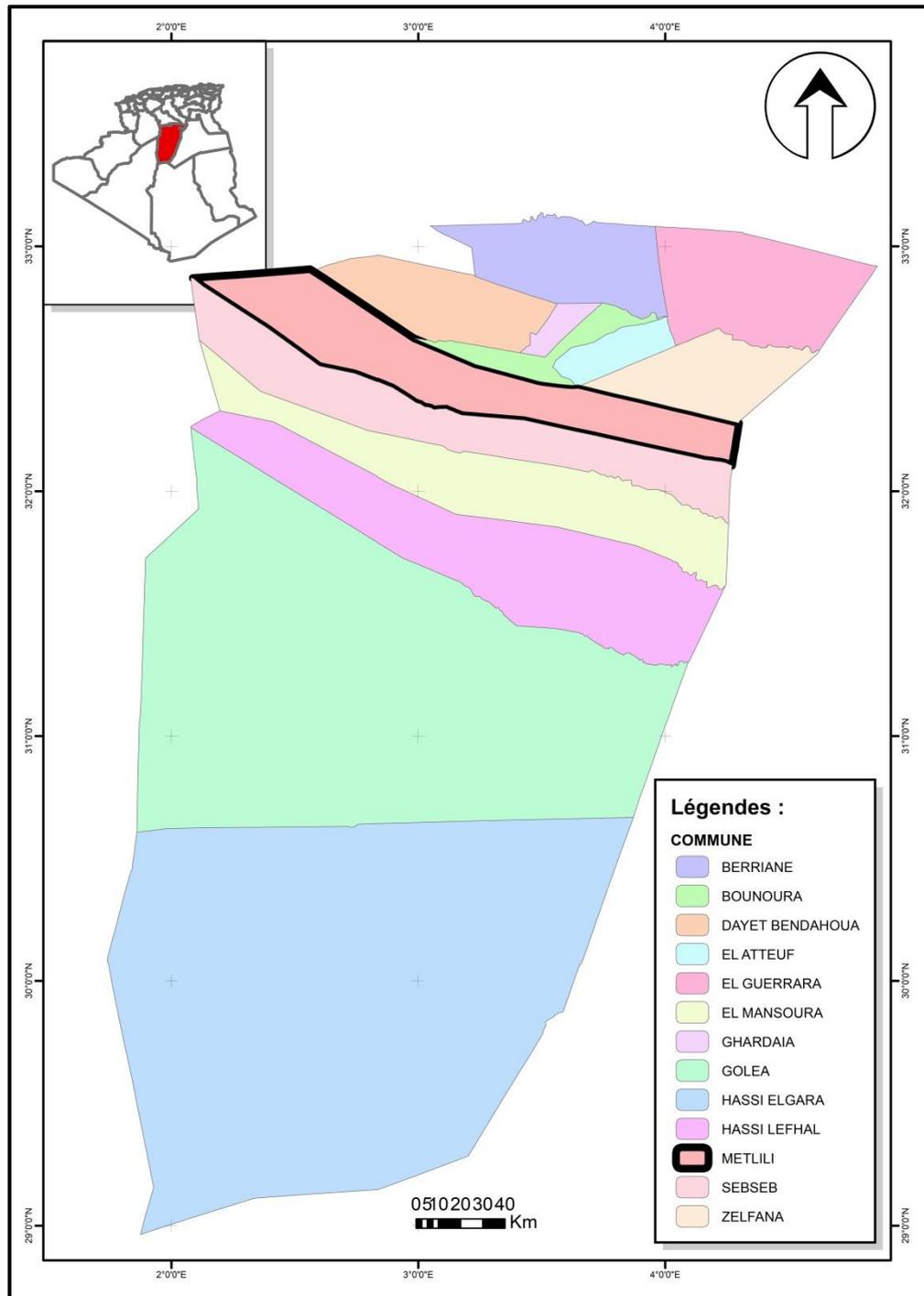


Figure 1 : Wilaya de Ghardaïa, localisation et cadre administratif (ACHOUR, 2021)

II.2.2. Démographie

La population totale de la Wilaya de Ghardaïa est estimée à 471.656 habitants, soit une densité de peuplement de 5,57 habitants/ km². Cette wilaya a connu une croissance démographique de 387,88 habitants en 2008, et 471.656 habitants en 2018.

Pour de la commune de Metlili sa population 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).

II.3. Hydrologie

Le bassin de Metlili se caractérise comme étant le pays du sud le plus pauvre en veaux 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 lac onfluence 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 et OUAISSI SEKOUTI, 2003).

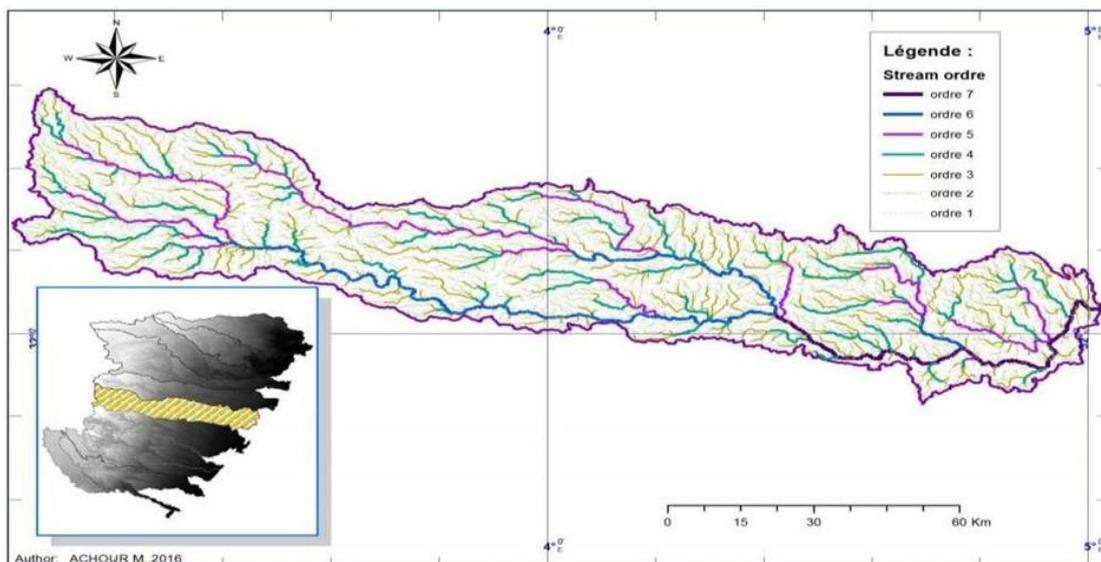


Figure 2. Carte de Bassin Versant de la Vallée de Metlili (ANRH, 2016)

II.3.1. Géologie

La wilaya de Ghardaïa, elle est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara.

Au centre, la dorsale du M'Zab se divise en deux grandes parties, la première à l'Ouest, datée du Crétacé moyen Turonien et la deuxième à l'Est, datée du Crétacé supérieur. Oued M'Zab traverse la dorsale, se composant d'alluvions quaternaires. À l'Ouest et au Sud-

Ouest, attribués au Cénomaniens, en grande partie, il est couvert par les dunes du grand erg occidental. À Est et au Nord-Est, attribués au Mio-pliocène (Fig.6).

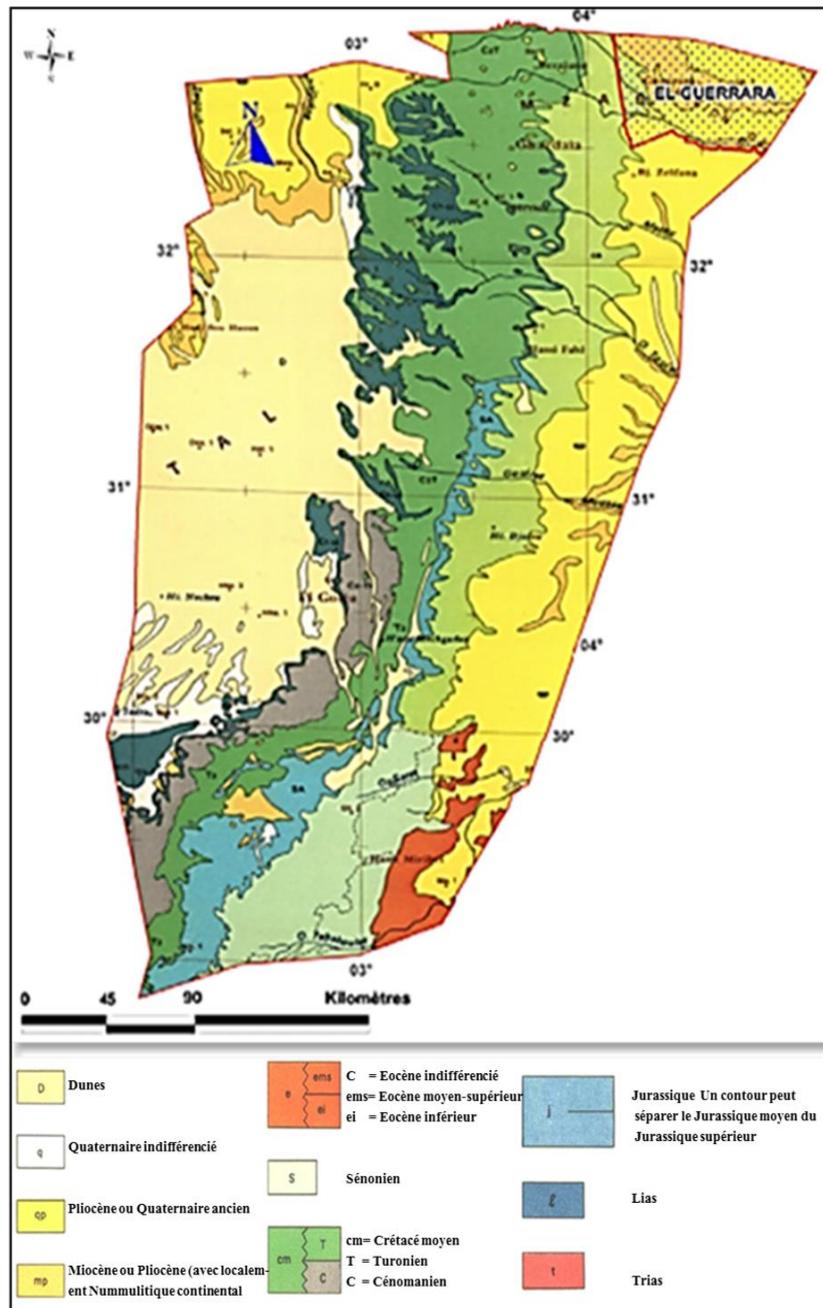


Figure 3. Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (A.N.R.H., 2010)

II.3.2. Hydrogéologie

II.3.2.1. Nappe phréatique

Elle est constituée par l'accumulation des eaux d'infiltration au-dessous d'une couche étanche située à quelque distance de la surface libre du terrain (MAYER, 1954).

Dans la région de Metlili, elle est formée d'alluvions et de sable du quaternaire, constituée de galets et de poudingues tapissant les lits des oueds. Les alluvions reposent sur les couches calcaires dures du turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres.

Cette nappe présente un intérêt très important dans le domaine agricole, sa recharge est assurée par l'infiltration des pluies annuelles.

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).

II.3.2.2. Nappe de continentale intercalaire

Cette nappe couvre une surface de 600.000 m² et renferme 50000 milliards de m³ en réserve. Elle occupe la totalité du Sahara septentrional algérien, et se prolonge dans le sud de la Tunisie et le Nord de la Libye (fig. 11) (Bensemaoune, 2008). D'une façon générale, les formations gréseuses et gréso-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 700 m (Fennich, 2016).

A Ghardaïa, en 1939, on réalisait un forage dans le continentale intercalaire (CI) où l'eau n'était pas jaillissante, et il fallait la pomper à environ 600 m. Par suite des sondages effectués à Zelfana, firent jaillir l'eau avec une pression au sol de 7 Kg/cm² et un débit considérable de 300 l/s (ANRH, 2005). La profondeur de la couche exploitée était d'environ 900 m (Dubost, 1991). Dans la région de Ghardaïa, cette profondeur augmente, en allant du Sud vers le Nord. Cette nappe couvre l'ensemble du territoire de la région ; l'artesianisme est rencontré à Guerrara, Zelfana, Mansoura, et Hassi Fhel .Tandis que dans la vallée du M'Zab, Berriane, Metlili, et Sebseb l'eau est pompée (Bensemaoune, 2008).

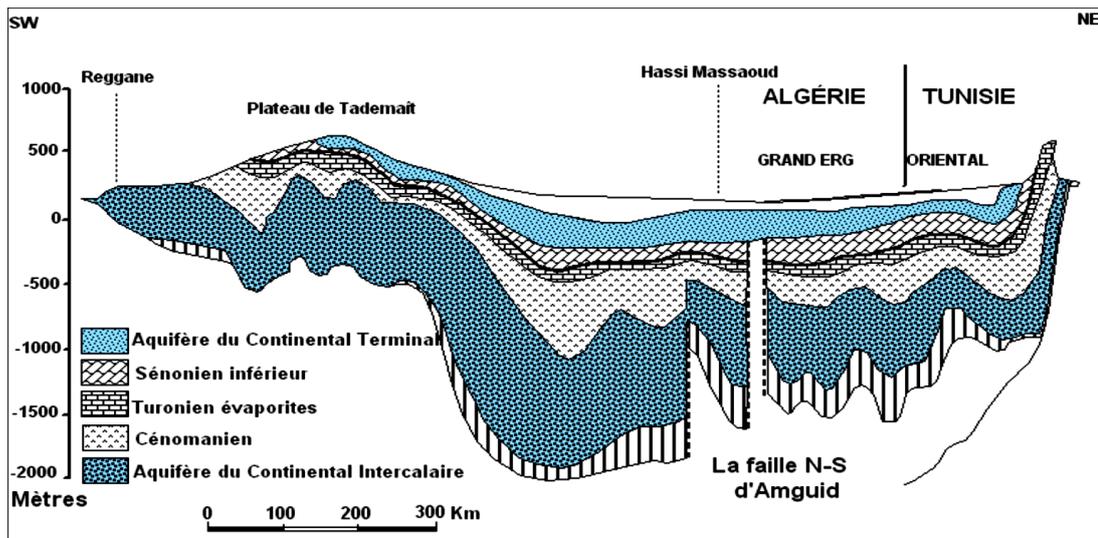


Figure 4 : Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale (UNESCO, 1972)

II.3.3. Caractéristiques climatiques de la région de Ghardaïa

La région de Ghardaïa est caractérisée par un climat désertique avec un hiver froid et un été chaud, grand écart thermique et une sécheresse permanente (Dubief, 1959 ; Dubief, 1963). Pour caractériser le climat de la région, les données climatiques de la station météorologique de Ghardaïa ont été utilisées (Tab. 5).

Tableau 5 : Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2019 (ONM, 2019 ; TUTIEMP, 2020)

	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

II.3.2.1. Température

La température est un élément fondamental du climat. Sa variation influe sur la l'évaporation des eaux, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration, et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux (GOUAIDIA, 2008).

La température moyenne annuelle est de 22,627 °C, avec un maximum en juillet de 41,92 °C, et un minimum en janvier de 6,9 °C (Fig. 4).

II.3.2.2. Précipitations

Les zones arides se caractérisent par des précipitations très réduites et un degré d'aridité d'autant plus élevé que les pluies y sont plus rares, inférieures à 100 mm/an (DAJOZ, 1982). L'alimentation des eaux souterraines et de surface dans ces régions souffre de la faiblesse des précipitations, en particulier de leur part efficace génératrice d'écoulement (QUEVAUVILLER, 2010).

Les précipitations de la région de Ghardaïa sont également rares et irrégulières, d'un mois à un autre et à travers les années. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 66,184 mm, avec un maximum en septembre de 12,40 mm .

II.3.2.3. 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).

Le vent est maximum en mai de 15.983 km/h et un minimum en octobre de 8.54 km/h .

II.3.2.4. Humidité relative de l'air

A Ghardaïa, l'humidité relative de l'air (Hr) est faible. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet, pendant l'été, elle diminue jusqu'à 22.16 % au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds. Elle s'élève en hiver et atteint une moyenne maximale de 51,7 % au mois de décembre.

II.3.2.5. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme ombrothermique de Gausсен permet de définir les mois secs. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius (Mutin, 1977).

De fait, de mois janvier jusqu'à décembre on remarque que y a une rareté des précipitations durant toute les saisons, où la période sèche couvre la quasi-totalité de l'année à Ghardaïa (fig. 5).

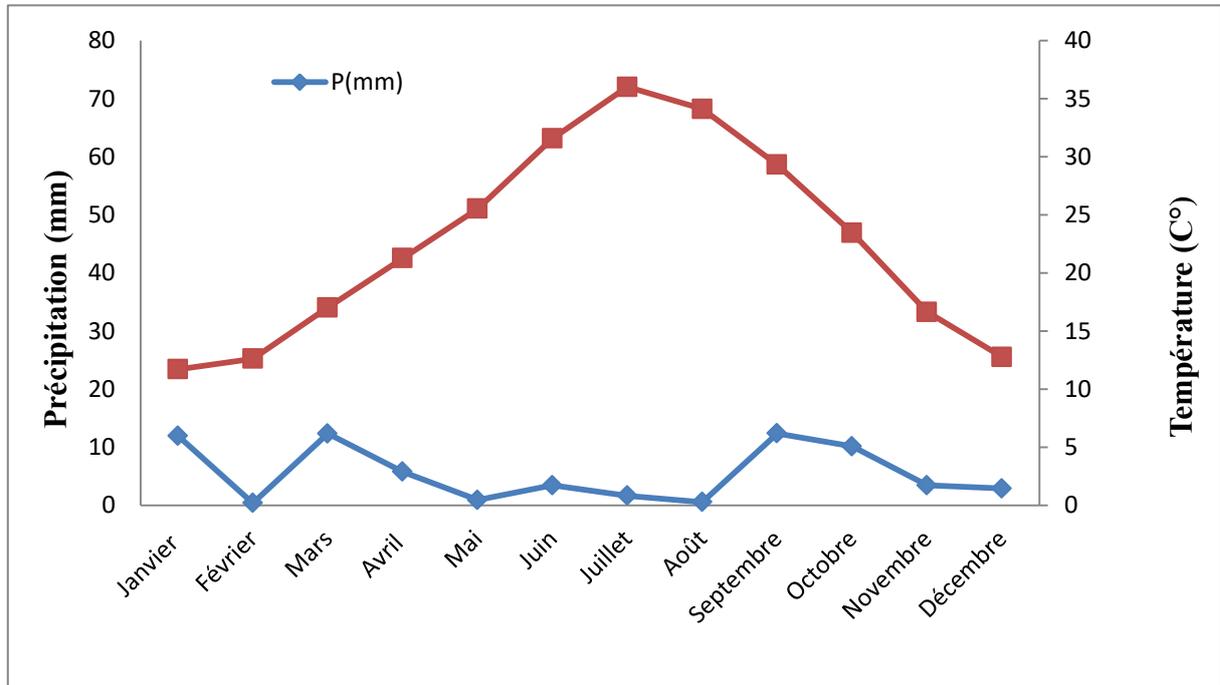


Figure 5 : Diagramme d'Ombrothermique de la région de Ghardaïa pour la période (2009-2019)

II.3.2.6. Climagramme d'EMBERGER

Pour classer le bioclimat, on a utilisé le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen (Claudin et al. 1979 in Slimani, 2006). Le quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q2) est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat. Il est donné par la formule suivante :

$$Q2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

De fait, que M et m, les températures maximal et minimal exprimées en Kalven (K°), Stewart (1969 in Slimani, 2006) a montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule

pouvait être simplifiée pour s'écrire :

$$Q3 = 3,43P / M - m$$

- P : Pluviosité moyenne annuelle en mm.
- M : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en °C.
- m : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en °C.

D'après la (fig. 20), Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q3) est de **6.355**.

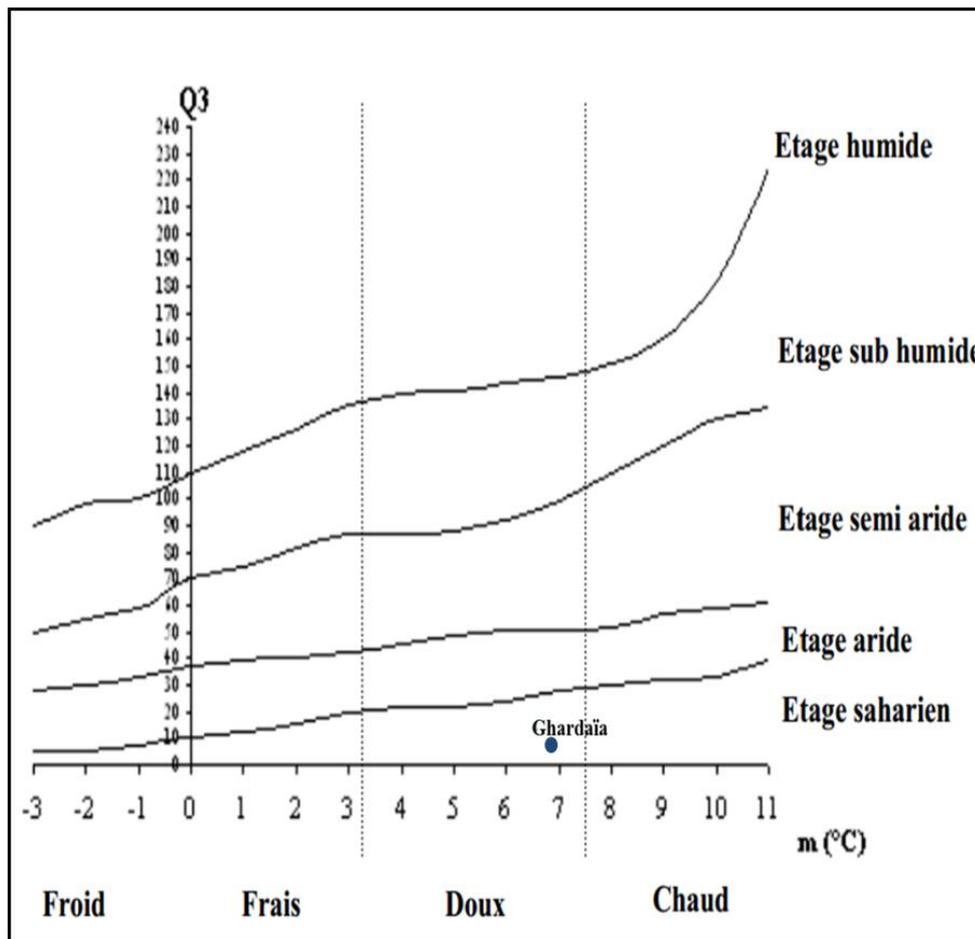


Figure 6 : Climagramme pluviothermique d'Emberger de la région de Ghardaïa

Chapitre III

Méthodes d'analyses

III.1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili, par des mesures physico-chimiques et bactériologiques des eaux, afin d'apprécier leur potabilité, et leur impact sur l'homme et l'environnement (Fig. 7).

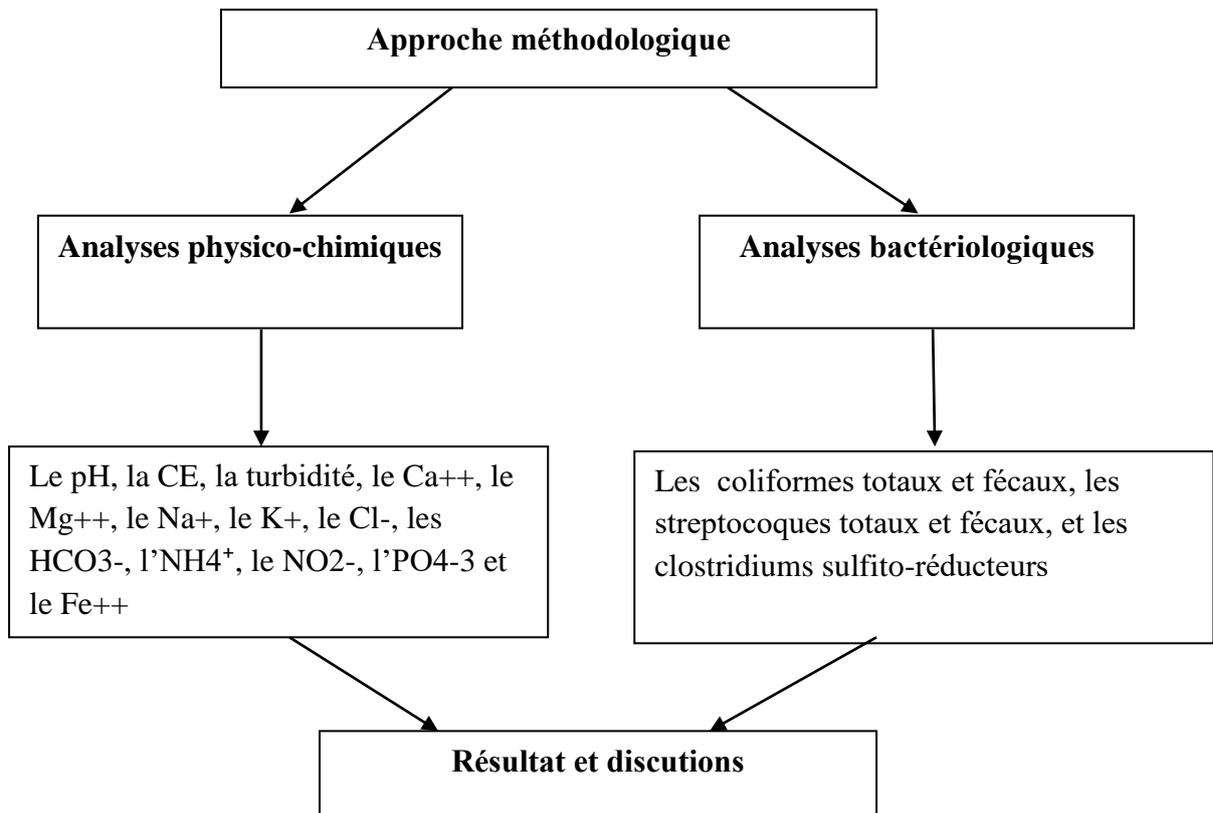


Figure 7 : Approche méthodologique

III.1.1. Etude hydro-chimique

L'étude hydro-chimique des eaux de nappe phréatique comprend la détermination des paramètres physico-chimiques ordinaires des eaux souterraines, ainsi que certains paramètres chimiques liés à la contamination par les eaux usées.

Les prélèvements des échantillons des eaux sont effectués selon les normes de RODIER et *al.* (2009), mentionnant que cette opération est délicate, où à laquelle, le plus grand soin doit être apporté. Le mode de prélèvement conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Les prélèvements des échantillons des eaux sont assurés par pompage, on a attendu quelques minutes après démarrage pour évacuer les eaux stockées dans les conduites avant pompage, et assurer ainsi un échantillonnage d'eau représentatif de la période de mesures.

Les échantillons des eaux sont mis dans des flacons en polyéthylène et étiquetés. Ils sont conservés dans une glacière pour assurer une conservation satisfaisante et transportés au laboratoire dans un délai court, ne dépassant pas 24 heures au maximum, selon les indications de RODIER *et al.*, (2005). L'ensemble des prélèvements a duré le mois de février.

L'étude est effectuée sur cinq puits situés en amont et au centre de Oued Metlili, pendant la période hivernale (mois de février). La distribution des puits est représentée dans la carte (fig. 7). Ce nombre restreint des prélèvements est conditionnée par le non disponibilité des moyens d'analyses au laboratoire.

Les analyses hydro-chimiques sont effectuées au laboratoire de l'Algérienne des eaux de Ghardaïa (ADE). Les paramètres étudiés sont les paramètres physico-chimiques des eaux souterraines : le pH, la CE la turbidité, le Ca^{++} , le Mg^{++} , le Na^+ , le K^+ , le Cl^- , les HCO_3^- , l' NH_4^+ , le NO_2^- , l' PO_4^{-3} et le Fe^{++} .

III.1.2. Etude bactériologique

Les analyses bactériologiques des eaux sont effectuées après prélèvements des eaux dans des flacons en verre de 250 ml stérilisés au four Pasteur à 180 °C pendant 1 heure 30 minutes. Les échantillons sont prélevés dans la même période des analyses hydro-chimiques et sont conservés dans une glacière et transportés au laboratoire au Centre Algérien de Contrôle de la Qualité et de l'Emballage de Ghardaïa (CACQE) pour analyses.

Les paramètres bactériologiques étudiés sont les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques totaux et fécaux, et les clostridium sulfite-réducteurs. Ces analyses ont été effectuées.

Afin de déterminer la répartition spatiale de la qualité des eaux de la nappe superficielle, les résultats des analyses hydro-chimiques et bactériologiques sont représentés sous forme des cartes réalisées grâce au logiciel ArcGIS sur fond d'image satellitaire de Google Earth.

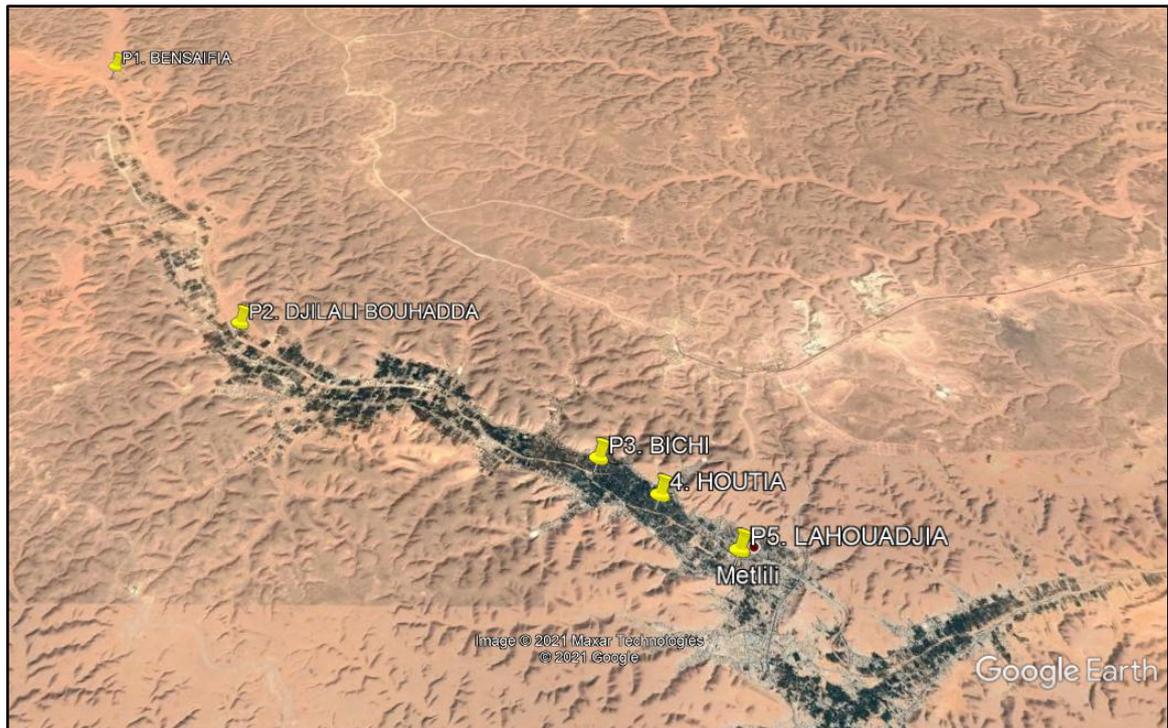


Figure 8 : Carte de localisation des puits échantillonnés

III.2. Méthodes d'analyses

Le protocole suivi dans les analyses physico-chimiques et bactériologiques est celui de laboratoire de l'ADE et de laboratoire CACQE.

III.2.1. Analyses physiques

a) *pH*

Le potentiel de l'Hydrogène est un caractère physique qui caractérise tout les liquides, le calcule par la relation suivant :

$$PH = -\log (H_3O^+) \text{ (l'eau potable leur PH entre 6.5 et 9.5)}$$

Les méthodes de calcul de

- Électrométrie avec électrode de verre.
- Colorimétrie.

b) *Conductivité* :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de conductivité est le Micro Siemens par centimètre (us/cm). La méthode de mesure de la conductivité :

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre ou une image cathodique.

c) La Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision/La température de l'eau est mesurée soit avec un appareil Electrométrie soit avec un thermomètre précis, en degré Celsius °C.

III.2.2.Paramètres chimiques

A- Méthode volumétrique :

1) Calcium Ca^{++} :

Le calcium est un alcalin terreux (M=40g/mole)et un Cation très important pour la santé de corps humain.

Principe :

Titration par complexométrie du calcium avec une solution aqueuse de sel d'acide éthylène-diamine tétracétique (EDTA) à un pH=10, en présence de HSN qui donne couleur bleu.

Mode opératoire :

- 50ml de l'échantillon dans une fiole.
- 2ml de l'hydroxyde de sodium Na OH.
- 0.2ml de l'indicateur HSN.
- Ajouter 1' EDTA (jusqu'à virage bleu).

Expression des résultats :

La teneur de Ca^{++} exprimée en milli-mole par litre est donnée par l'équation suivante :

$$C_{Ca^{++}} = \frac{C_i \cdot V_3}{V_0}$$

C_i : La concentration, exprimée en m. mol par litre de la solution EDTA

V_0 : Le volume exprimé en **ml**, de la prise d'essai.

V_3 : Le volume exprimé en **ml**, de l'EDTA utilisé pour le dosage. **Après simplification on a :**

$$C_{Ca^{++}}(mg/l) = V_{EDTA} \times f \times 8.016$$

$$C_{Ca^{++}}(mg/l) = V_{EDTA} \times f \times 20$$

f : Facteur de dilution dans ce cas f=2. La valeur est constante.

2) Le Magnésium Mg^{++} :

La relation suivante pour trouver la teneur de Mg^{++}

$$C_{Mg^{++}}(mg/l) = (V_{EDTA}(TH) - V_{EDTA}(Ca^{++})) \times f \times 4.86$$

f : Facteur de dilution dans ce cas $f=2$.

La valeur **4,86** est constante.

3) TAC (titre alcalimétrique complet) :

Permet de connaître les teneurs en hydroxydes carbonate ou hydrogéno-carbonate alcalins et alcalino-terreux.

Principe :

Pour le TAC, on utilisant des gouttes de méthyle orange et le titrage avec **HCl(1/50N)** on obtient une couleur jaune orange.

Mode opératoire :

- **100ml** d'eau à analyser
- **02** gouttes de méthyle-orange.
- HCl pour le titrage, et le virage doit être du jaune au jaune orange(**pH=4,3**).

Expression des résultats :

$$C_{TAc} (mg/l) = (V_{HCl} - 0.5) \times f \times 12.2$$

C_{TAc} : La concentration exprimée en **mg/l**.

f : Facteur de dilution dans ce cas $f=2$.

La valeur **12,2** est constante.

4) TH (Dureté totale) ou titre hydrotimétrique :

Le Titre hydrotimétrique 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.

Il y'a deux types de dureté :

- Dureté permanente.
- Dureté temporaire.

Principe :

Pour le TH on utilisant la solution tampon avec indicateur mordant noir et l'EDTA pour titrer on obtient la couleur bleu. Dans la plupart des cas, le TH est due aux ions **Ca⁺⁺** et **Mg⁺⁺**.

Mode opératoire :

- 50ml de l'échantillon dans une Erlen Meyer.
- 4ml de solution tampon.
- Gouttes de l'indicateur au mordant noir 11
- La couleur doit être rouge foncé ou violette et son $pH=10\pm 0.1$
- Titre à l'aide de l'EDTA (goutte à goutte).

- Jusqu'à virage bleu.

Expression des résultats :

La teneur global en Ca^{++} et en Mg^{++} , $C_{\text{Ca}} + M_{\text{Mg}}$ mol/l. Est donné par l'équation:

$$C_{\text{Ca}} + M_{\text{Mg}} = \left(\frac{C_i}{V_0} \right) \times V_x$$

C_i : La concentration, exprimée en m.mol de l'EDTA.

V_0 : Le volume, en ml de l'échantillon utilisé (en général 50ml).

V_x : Le volume de l'EDTA utilisé pour le titrage.

B- Méthode spectromètre UV visible :1) Les Nitrites NO_2^- :**Principe :**

La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH=1,9 avec le réactif amino-4benzène sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorure de N-(naphtyl-1)diamino-1,2éthane ajouté avec le réactif amino-4benzène sulfonamide. Mesurage de l'absorbance à 540nm.

2) L'Ammonium NH_4^+ :**Principe :**

Mesurage spectrométrique à environ 650nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions Salicylate et hypochlorite en présence de Nitro prussiate de sodium.

3) Les ortho-phosphates O-PO_4^{3-} :**Principe :**

Réaction des ions ortho-phosphates avec une solution acide contenant des ions de Molybdates et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyle phosphomolybdate.

Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de Molybdène fortement coloré en bleu. -Mesurage de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en ortho phosphates présents.

4) Les Nitrates NO_3^- :**Principe :**

Réaction des Nitrates avec le diméthyle-2,6phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques avec production du Nitro-4diaméthyl-2,6phénol. -La durée de la réaction est environ **5 min** .

- Mesurage spectrométrique de l'absorbance du produit de la réaction à **324nm**.

5) Le Fer Fe :

Principe :

Addition d'une solution de phénanthroline-1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique de complexe rouge à une longueur d'onde d'environ **510 nm**.

- Mesurage spectrométrique de l'absorbance du produit de la réaction à **324nm**.

C - Méthode spectromètre à flamme :

** Dosage de sodium et potassium :*

Principe :

Une énergie thermique suffisante provoque l'émission de radiations caractéristiques du sodium et potassium, l'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution on établit donc une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue.

- Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de **589nm** Pour le sodium et **766nm** pour le potassium.

D- La Turbidité:

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : argile, limons, graines de silice, matière organique.... etc.

La turbidité s'exprime en unité Formazine, **FTU** (Formazine Nephelometric Unit) ou **NTU**(*Nephelometric Turbidity Unit*).

Les méthodes de mesure de turbidité :

- **Sur le terrain :**

- Fil de platine.
- Méthode de Secchi.
- Méthode de Fluoroscope.

- **Dans le laboratoire :**

- L'effet Tyndall.

- Des gouttes de mastic.
- Méthode à la silice.
- Néphélométrie à la Foraminée cas de laboratoire ADE unité de Ghardaïa).

E- Salinité totale :

Il existe une relation entre la teneur de sel dissous d'une eau et sa conductivité.

Toute fois la minéralisation déterminée par pesse de l'extrait n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de conductivité, en %

Les sulfates SO_4^{2-} :

Les ions SO_4^{2-} sont précipités à l'état de sulfate de barium et évalués gravimétrement.

Expression des résultats :

La relation pour calculer les sulfates :

$$C_{SO_4^{2-}}(mg/l) = (C_P - C_V) \times 4115.5$$

C_P : Capsule vide.

C_V : Capsule pleine.

La valeur 4115,5 est constante.

III.3. Etude bactériologique

Les analyses bactériologiques sont effectuées à l'aide des méthodes suivantes :

Paramètres microbiologiques à vérifier:

- Coliformes totaux
- Escherichia coli
- Entérocoques
- Clostridium sulfito-réducteurs.

III.3.1. Les coliformes totaux :

Ils constituent un groupe de bactéries présentes naturellement sur les végétaux et dans les sols. Ces bactéries ne sont généralement pas dangereuses pour la santé, elles sont le signe que votre puits est vulnérable à une contamination provenant de la surface. info@agro-enviro-lab.com

Les coliformes se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs (BGN), non sporulés, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaries et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C La recherche et dénombrement des Coliformes nous renseignent sur le degré de contamination fécale (MERAH. 2019).

III.3.2. Escherichia coli et les entérocoques :

Ils sont des bactéries d'origines fécales que l'on retrouve dans le tube digestif des humains et des animaux. Ces bactéries peuvent amener diverses maladies; dont la plus fréquente est la gastro-entérite. Habituellement sans gravité, toutefois, elle peut avoir de graves conséquences sur la santé pour les enfants, les personnes âgées et les personnes dont le système immunitaire est affaibli. info@agro-enviro-lab.com

A) Recherche et dénombrement des Coliformes

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption : réservé à la recherche des Coliformes totaux
- Le test de confirmation : réservé à la Recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

❖ Test de présomptif :

A partir de l'eau à analyser, on ensemence aseptiquement:

- 3 tubes de 10 ml de BL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser
- 3 tubes de 10 ml de BL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser.
- 3 tubes de 10 ml de BL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser.
- On agite pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures.

Après incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, et un dégagement de gaz dans la cloche (Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites).

- Noter le nombre final des tubes positifs dans chaque série et on se reporte à la table du NPP (qui figure en annexe) pour obtenir le nombre de coliforme présent dans 100ml d'eau à analyser.

❖ Le test de confirmation :

Il est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*E. Coli*. Les tubes de BL trouvés positifs lors du dénombrement des

Coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette de Pasteur de 2 à 3 gouttes dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

- L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures.
- Note le nombre de tube positifs dans chaque série et on se reporte à table du NPP pour obtenir le nombre de Coliforme fécaux dans l'eau. La présence de Coliforme fécaux se manifeste par un dégagement gazeux, et un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

B) Recherche des streptocoques totaux et fécaux :

La recherche et le dénombrement des streptocoques de groupes (D) dans les eaux, en milieu liquide, se fait en deux étapes consécutives :

- ❖ **Test de présomption** : Il réservé à la recherche présomptive des streptocoques
- ❖ **Test de confirmation** : Il réservé à la confirmation réelle des streptocoques du groupes (D) (GHIRAUD.1998).
- ❖ **Test de présomption**: A partir de l'eau à analyser, on ensemence aseptiquement:
 - 3 tubes de 10 ml de r à Rothe double concentration avec 10 ml d'eau à analyser
 - 3 tubes de 10 ml de Rothe à simple concentration avec 1 ml d'eau à analyser.
 - 3 tubes de 10 ml de Rothe à simple concentration avec 0,1 ml d'eau à analyser.

On agite pour homogénéiser tout et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures.

- Note le nombre de tube positifs dans chaque série et on se reporte à table du NPP.
- ❖ **Test de confirmation** : Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux de groupe (D). Présent dans le test présomption.

Des tubes de milieu ROTHE positif (+) feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans une boîte de Petrie contenant le milieu BEA et incubé à 44°C pendant 24 heures .

- ❖ **Lecture** : seront considéré comme positif (+), les boîtes de Pétrie présentant à la fois : des colonies noirs(GHIRAUD.1998).

III.3.3. Clostridium sulfito-réducteurs :

Ce sont des bactéries très répandues dans la nature, elles se trouvent dans les intestins des animaux, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de Clostridium sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de clostridium dans les eaux ou les aliments par exemple signe en général, une contamination fécale (Leyral, 2007).

Après destruction des formes végétatives par un chauffage à 80°C seules les spores vont persister dans l'échantillon. Ce dernier est incorporé dans un milieu de base fondu, généré et additionné de sulfite de sodium et de sel de fer (Rejsek,2002)

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram+, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. La présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire.

Mode opératoire :***A partir de l'eau à analyser :***

- ☒ Prendre environ 20 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- ☒ Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- ☒ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- ☒ Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- ☒ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- ☒ Laisser solidifier sur pailleuse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 44°C , pendant 24 à 48 heures.
- ☒ La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.
- ☒ Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

Troisième partie:

Résultats et discussions

Chapitre IV

*Résultats et
discussions*

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats des analyses physico-chimiques et biologiques, afin de déterminer la qualité des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili par rapport aux normes de la potabilité.

IV.1. Résultats des analyses physico-chimiques

IV.1.1. Potentiel d'hydrogène

Le pH (potentiel hydrogène) caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteur multiple, dont l'origine de l'eau (HASLAY *et al.*, 1993).

La carte (Fig 9), montre que les valeurs du pH sont homogènes dans tous les puits étudiés, elles se situent entre 7 et 8, donc ces valeurs des eaux des puits sont compatibles avec les normes Algériennes (>6,5 et <9).

Les valeurs de pH obtenus lors de notre étude sont proches de celles obtenues par DAHOU et BELMOKHTAR (2018) pour les eaux des puits de Metlili, ($7.73 \leq \text{pH} \leq 8$) et par GUERBOUZ (2006), pour les eaux des forages de Metlili ($7.52 \leq \text{pH} \leq 8.2$).

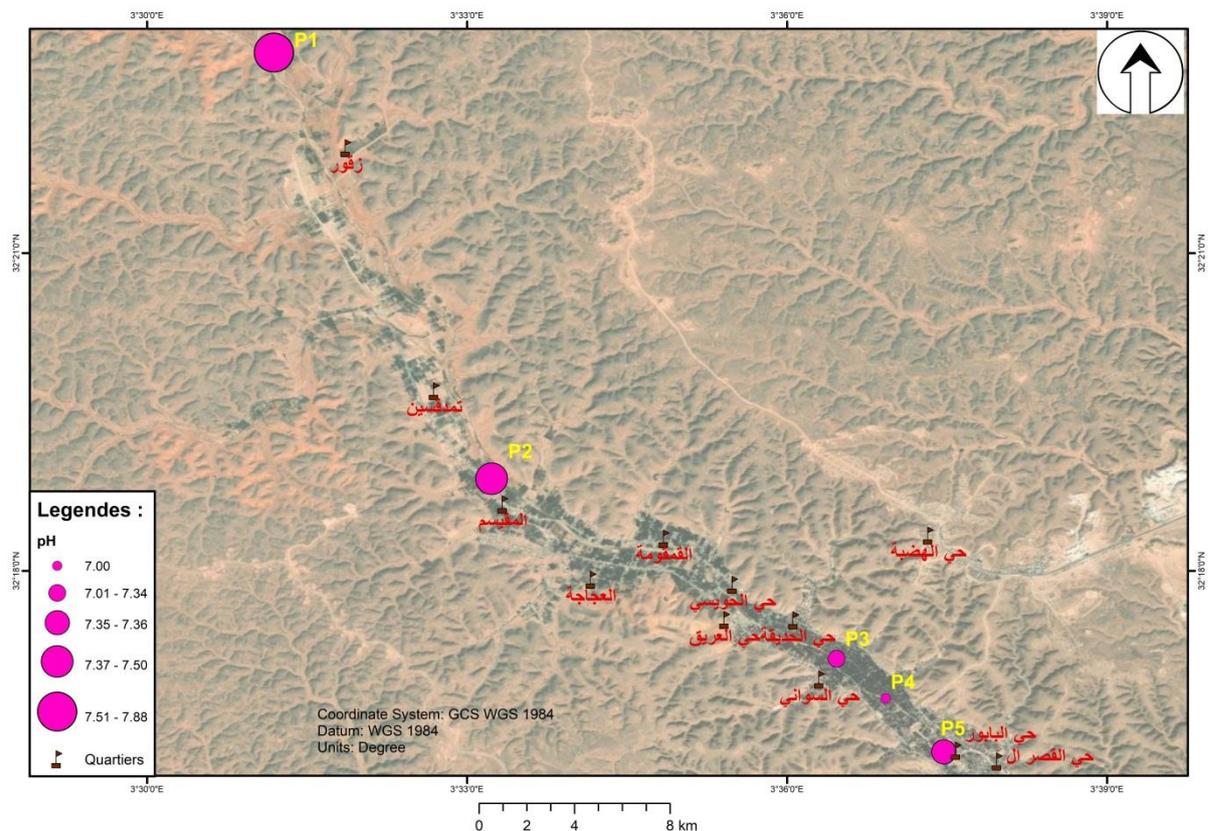


Figure 9: Carte de la variation spatiale du pH des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV. 1.3. Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes (FRANK, 2002).

Selon la carte de la variation spatiale de la turbidité (Fig 11), tous les valeurs de la turbidité sont inférieur à la norme Algérienne (05 NTU), donc ces eaux ne continent pas des matières en suspension ou des substances en solution qui altèrent sa qualité physique.

Les résultats de turbidité obtenus par nous sont inférieurs par rapport aux résultats obtenus par DAHOU ET BELMOKHTAR (2018), et GUERBOUZ (2018), dans l'Oued Metlili, elles sont enregistrés respectivement (0,27 NTU ≤ Turbidité ≤ 0,93 NTU) et (0,2 NTU ≤ Turbidité ≤ 0,85 NTU).

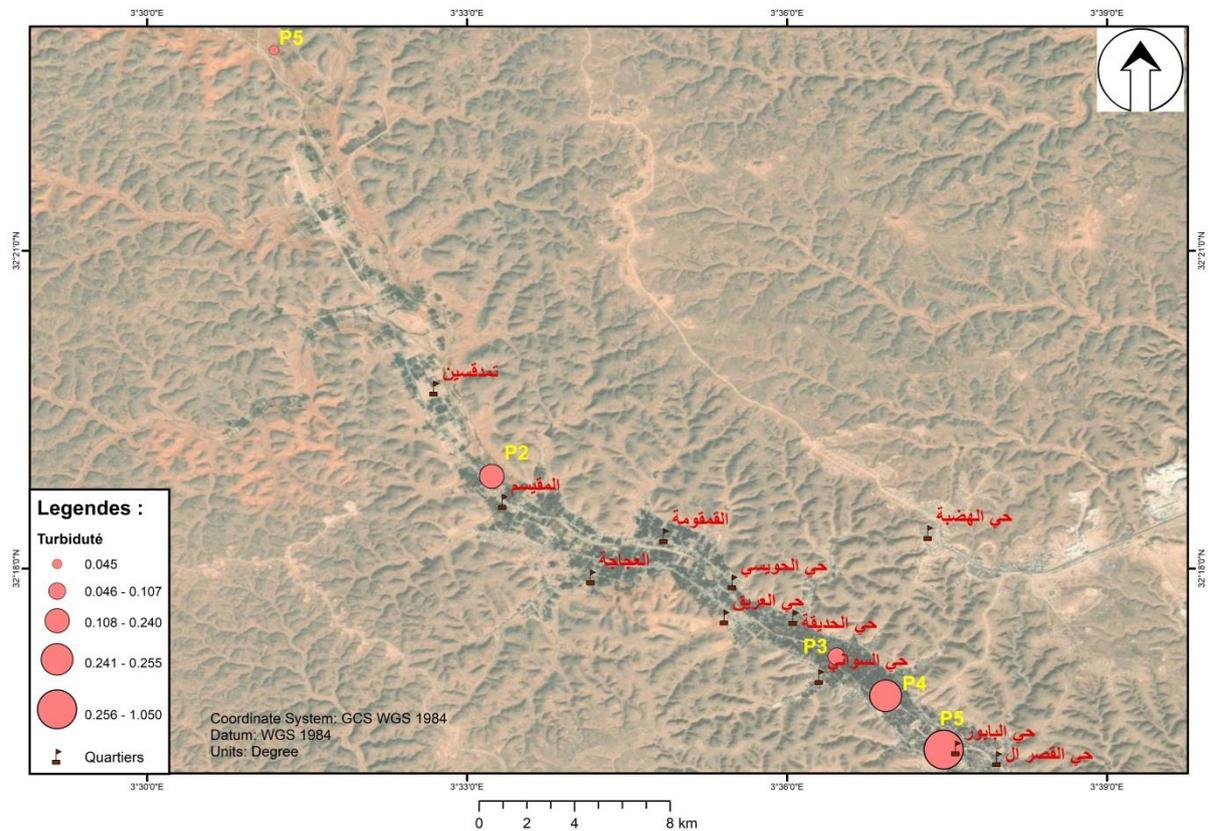


Figure 11 : Carte de la variation spatiale de la turbidité des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.1.4. Paramètres de pollution

IV.1.4.1. Ammonium

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et se traduit habituellement par un processus de dégradation incomplète de la matière organique (FRANK, 2002).

Selon la figure (Fig 12), la concentration de l'ammonium varie entre 0.001 et .0.055 mg/l, donc elle ne dépasse pas la norme de l'eau potable selon l'OMS et l'Algérie (0,5mg/l).

L' NH_4^+ dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Il s'agit donc d'un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industrielle (LBM, 2017).

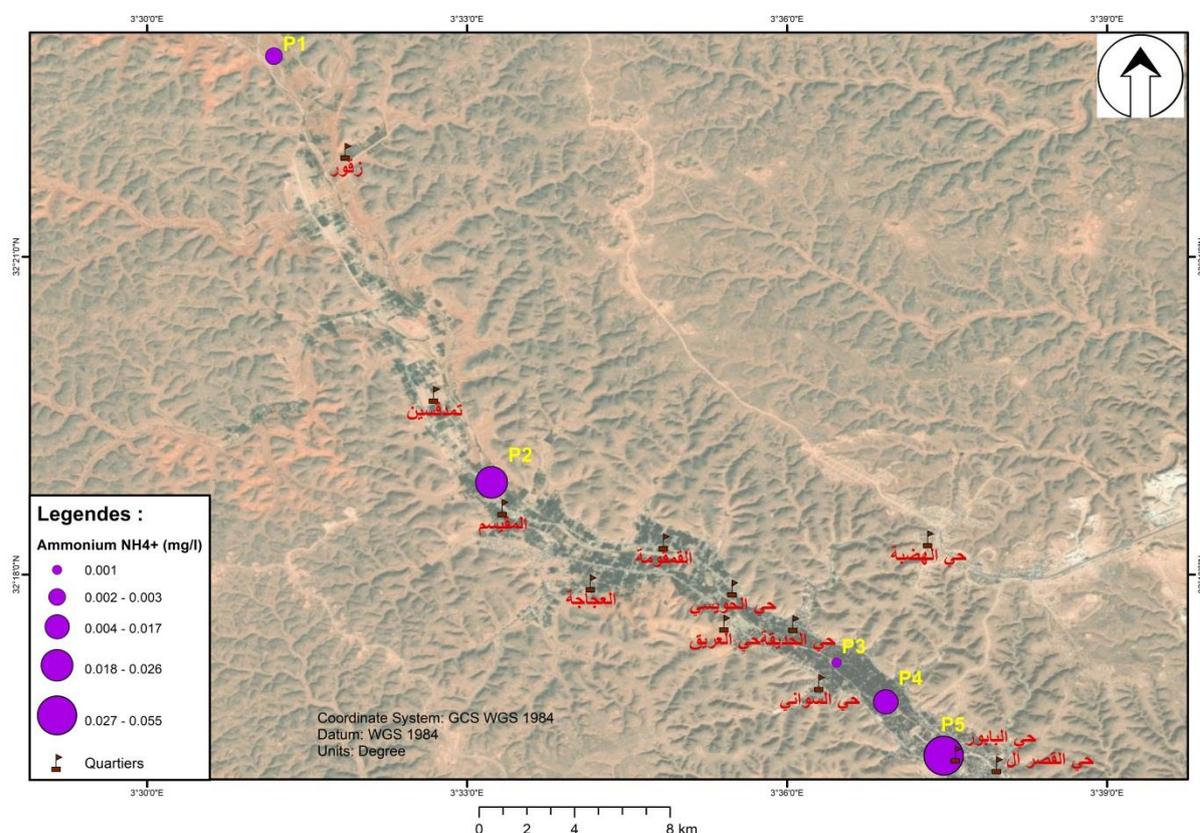


Figure 12 : Carte de la variation spatiale de l'H4+ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.1.4.2. Nitrites

Les nitrites (NO_2^-) constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates (BREMONT et VUICHARD, 1973 ; MERABET, 2010). En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux (RODIER et al., 2009).

La cartographie des teneurs en nitrites (Fig13), montre que les cinq puits ont enregistré la valeur 0 mg/l, inférieur à la norme algérienne et la norme OMS (0.2 mg/l).

Nous résultats sont inférieurs aux valeurs enregistrées par DAHOU et BELMOKHTAR (2018), ($0 \text{ mg/l} \leq \text{NO}_2^- \leq 0,074 \text{ mg/l}$) à Oued Metlili et aux résultats de BEGRA et TELLI (2018) ($0 \text{ mg/l} \leq \text{NO}_2^- \leq 0,07 \text{ mg/l}$) à Oued M'Zab.

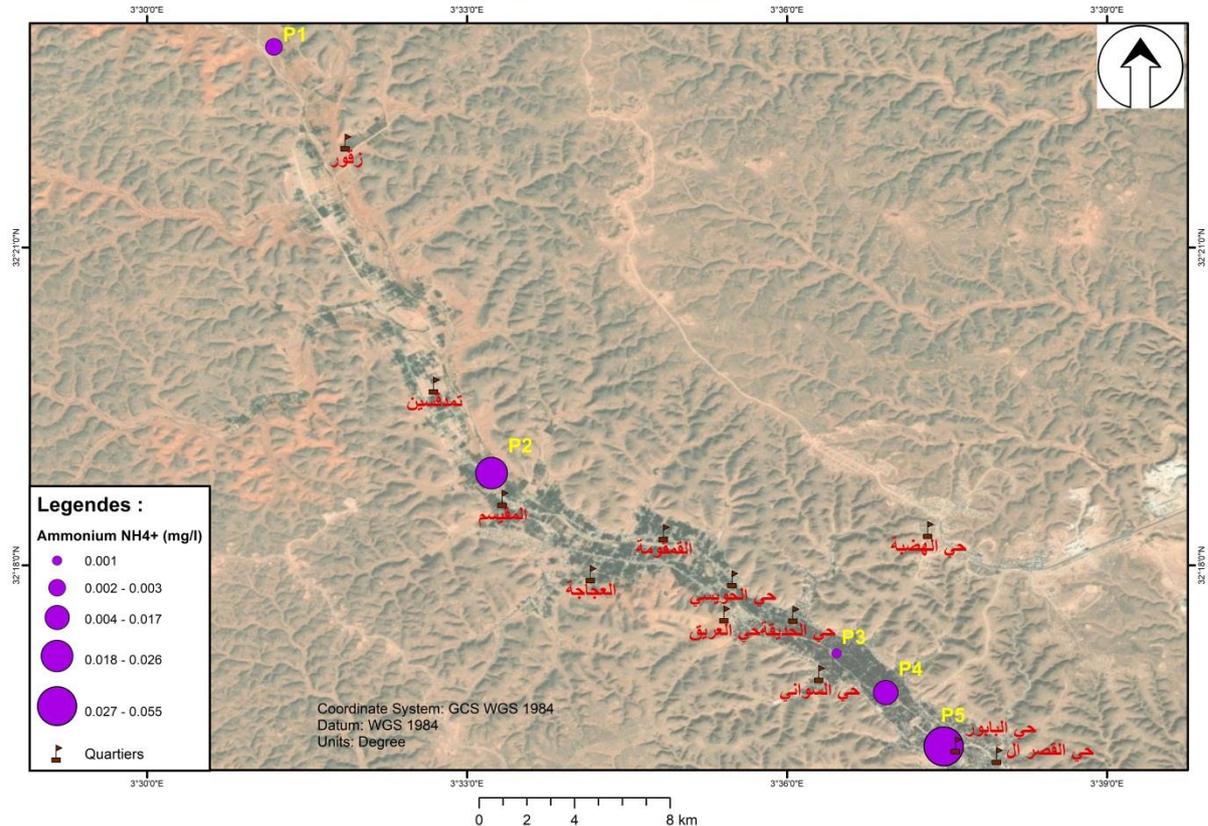


Figure 13 : Carte de la variation spatiale du NO₂⁻ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.1.4.3. Phosphates

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique (phospholipides et phosphoprotéines), et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les orthophosphates et les polyphosphates (BADIA GONDARD, 2003 ; RODIER *et al.*, 2009).

À travers les cartes ci-dessous (Fig 14-15), on a remarqué l'absence de phosphore et de l'ortho-phosphates dans les puits P3, P4 et P5 avec 0 mg/l, excepté le puits P1 qui a enregistré une valeur de phosphore 0,054 mg/l et de 0,165 mg/l en Orthophosphate, cette valeur ne dépassent pas la norme Algérienne (05 mg/l).

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 (TARDAT, 1992).

Les résultats d'orthophosphate sont inférieurs à celles enregistrées par DAHOU et BELMOKHTAR (2018) qui elles ont enregistré ($0 \text{ mg/l} \leq \text{PO}_4^{-3} \leq 0,226 \text{ mg/l}$).

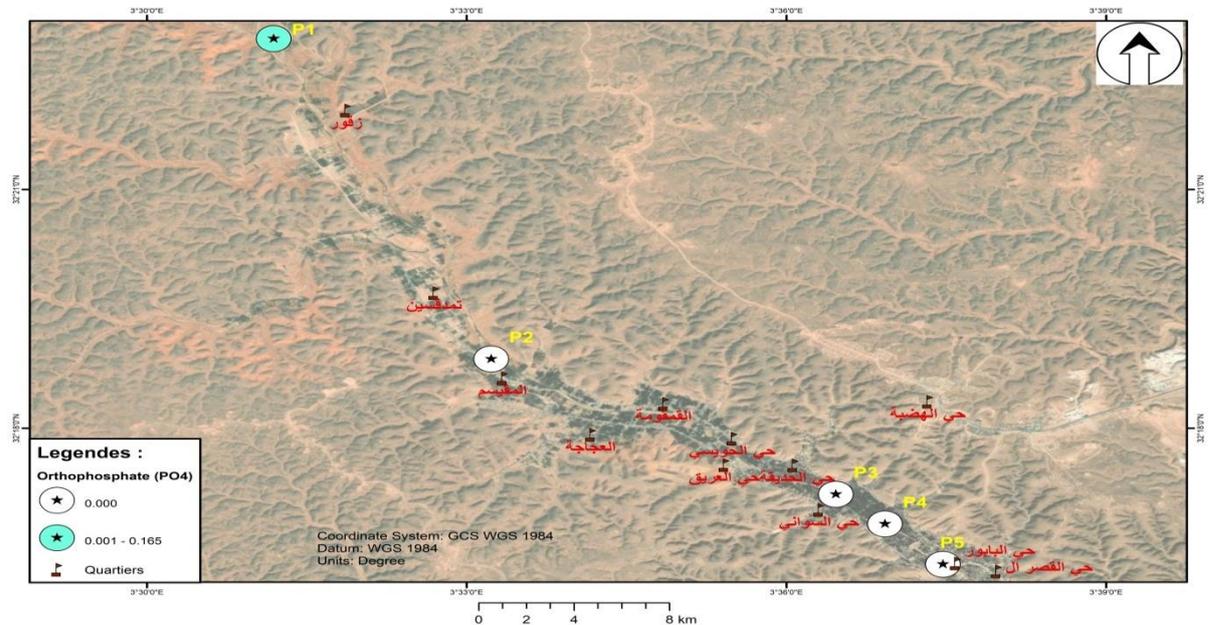


Figure 14 : Carte de la variation spatiale de PO_4^{-3} des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

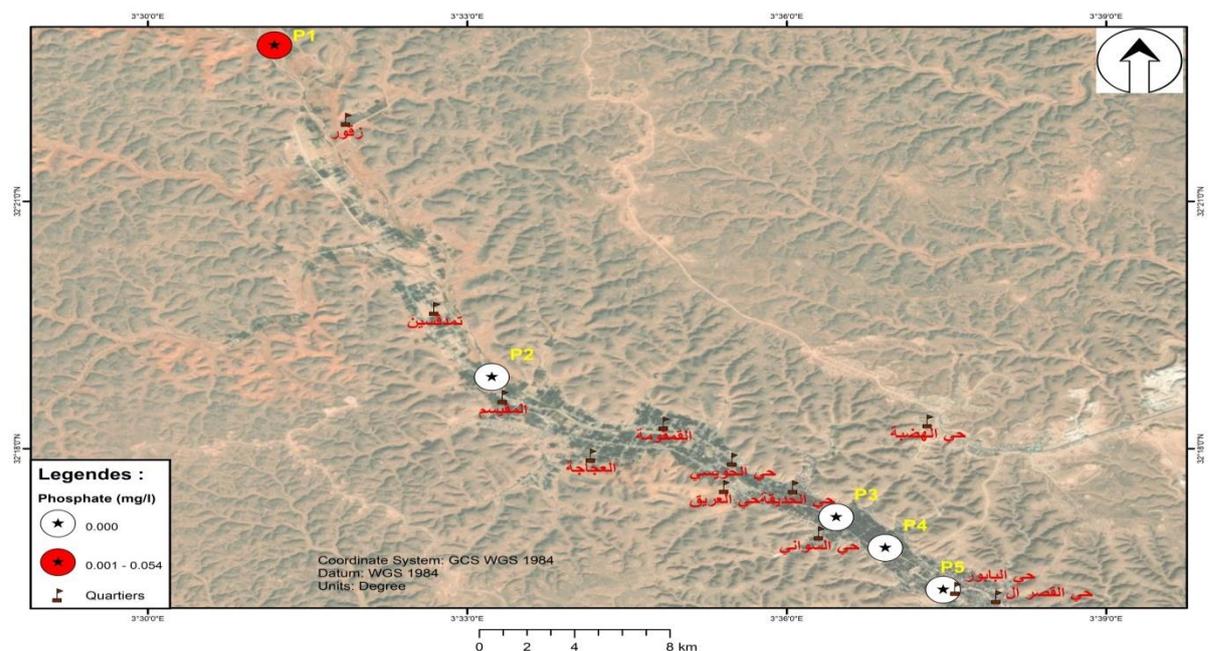


Figure 15 : Carte de la variation spatiale de P des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.1.4.4. Fer

Le fer est le quatrième élément abondant dans l'écorce terrestre et le premier parmi les métaux lourds. Il peut se rencontrer dans l'eau sous différentes formes. Dans les conditions habituelles, c'est-à-dire pour un pH, variant entre 4,5 et 9, le fer soluble présent, et est généralement à l'état ferreux (Fe). Si le milieu est réducteur, comme dans beaucoup d'eaux souterraines, le fer ferreux peut atteindre des teneurs élevées (GOUAIDIA, 2008 ; RODIER et al., 2009).

D'après la carte (Fig 16), on remarque que la majorité des puits ont enregistré la valeur 0 mg/l à l'exception de P 4 a enregistré une valeur 0,56 mg/l a dépassé la norme (0.3 mg/l).

Le teneur en fer élevé dans le P 4 qui dépasse la norme, ça tourne peut être causé au lessivage de sol ou par dissolution des roches, d'une manière général à cause des phénomènes qu'augmentent la teneur en Fer dans l'eau de ce puits.

Lorsqu'on compare les teneurs en fer avec les résultats de BEGRA et TELLI (2018) on trouve que les résultats sont proches ($0 \text{ mg/l} \leq \text{Fe}^{2+} \leq 0,76 \text{ mg/l}$), donc il existe une pollution par le fer dans quelque forages de la vallée du M'Zab auparavant.

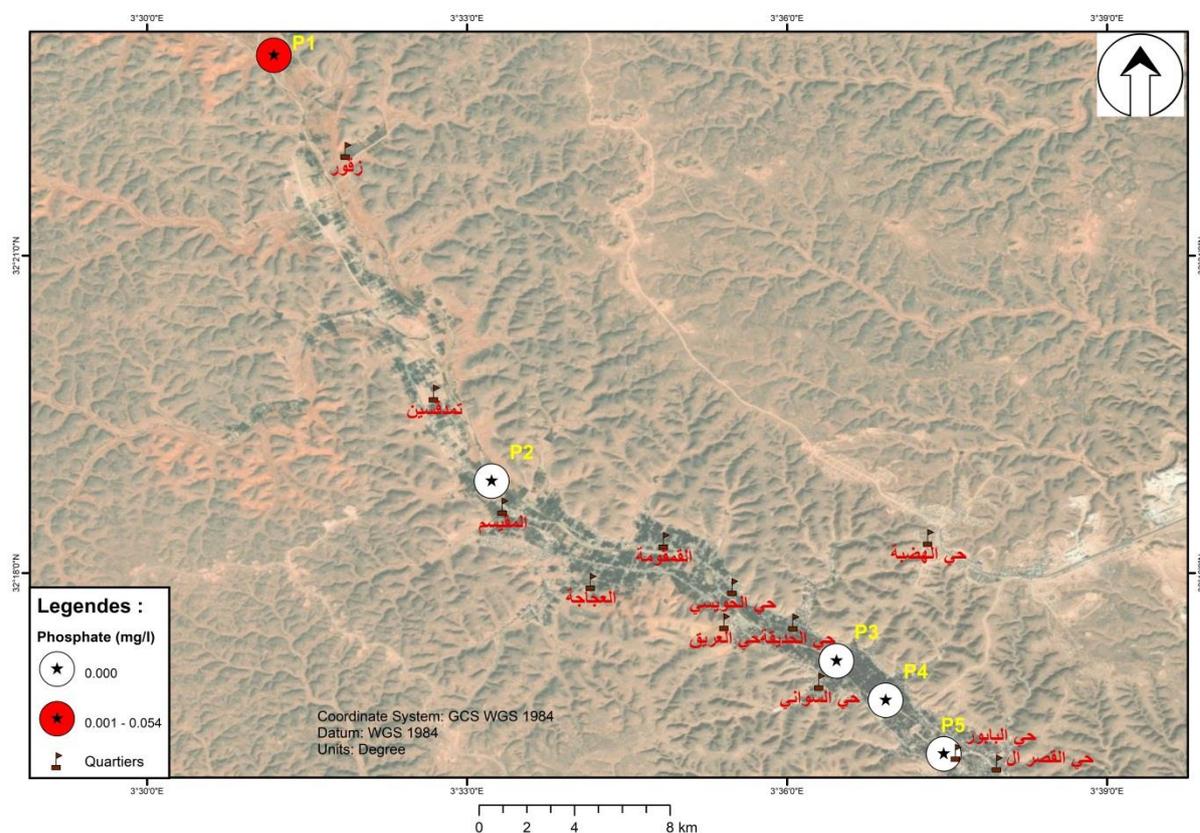


Figure 16 : Carte de la variation spatiale de Fe++ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili.

IV.1.5. Eléments majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium (Ca^{++}), magnésium (Mg^{++}), sodium (Na^+) et potassium (K^+), et les anions : chlorures (Cl^-), sulfates (SO_4^{--}), nitrates (NO_3^-) et bicarbonates (HO_3^-) (REFEA, 2003).

IV.1.5.1. Cations

L'examen de la carte (Fig 17), montre que les teneurs de calcium varient d'un puits à un autre, mais globalement sont inférieures à la norme de potabilité des eaux Algérienne et de l'OMS (200 mg/l). À l'exception de P4 qui a une valeur très élevées (1322.64 mg/l) à cause de l'origine des terrains traversé qui est riche en calcaire.

L'ensemble des puits étudiés, les teneurs en ions magnésium sont très variables d'un puits à l'autre. Ces teneurs dépassent généralement la norme de l'eau potable selon l'O.M.S. (150 mg/l), dans les puits situé en aval de l'Oued (Fig18). Les valeurs élevées en magnésium peuvent être causé par la grande solubilité de magnésium ou par la dissolution géologique surtout celui qu'est riche en magnésium.

Les valeurs de Ca^{2+} et d Mg^{++} sont plus élevées par rapport l'étude de la qualité des eaux de puits de DAHOU et BELMOKHTAR (2018) à Metlili, ($107,414 \text{ mg/l} \leq Ca^{2+} \leq 548,294 \text{ mg/l}$) ($55,404 \text{ mg/l} \leq Mg^{2+} \leq 347,976 \text{ mg/l}$), et l'étude de BEGRA et TELLI (2018) à Oued M'Zab ($110.62 \text{ mg/l} \leq Ca^{2+} \leq 548.294 \text{ mg/l}$) ($98.172 \text{ mg/l} \leq Mg^{2+} \leq 486.504 \text{ mg/l}$).

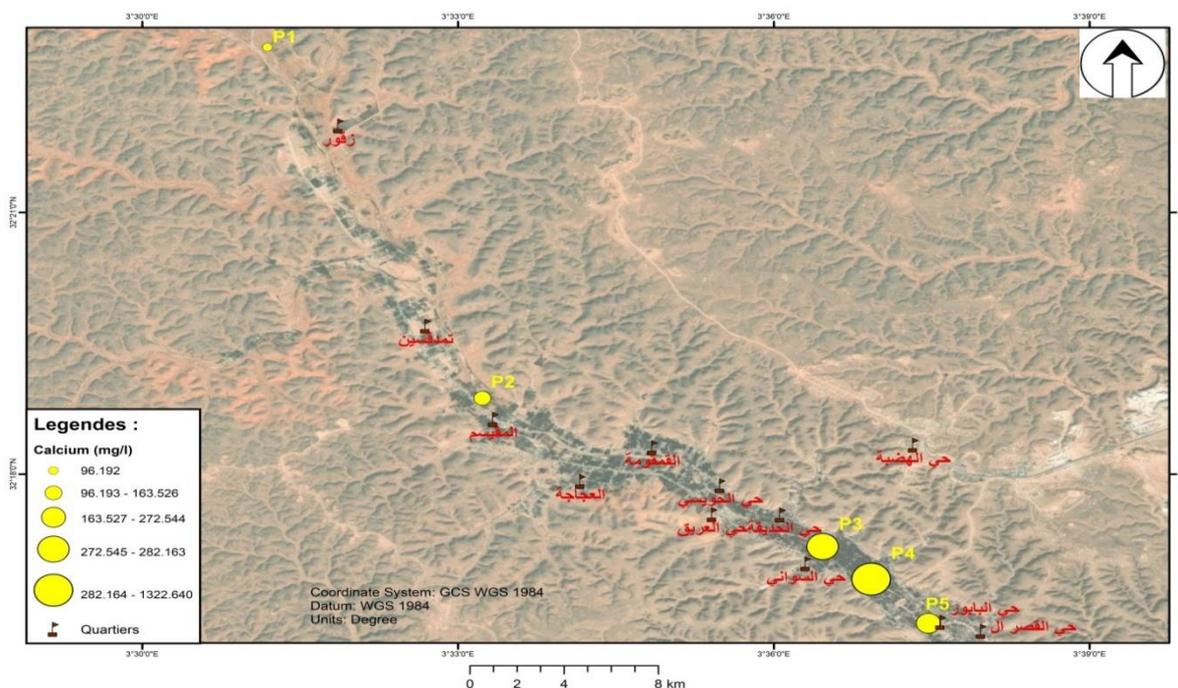


Figure 17 : Carte de la variation spatiale de Ca^{++} des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

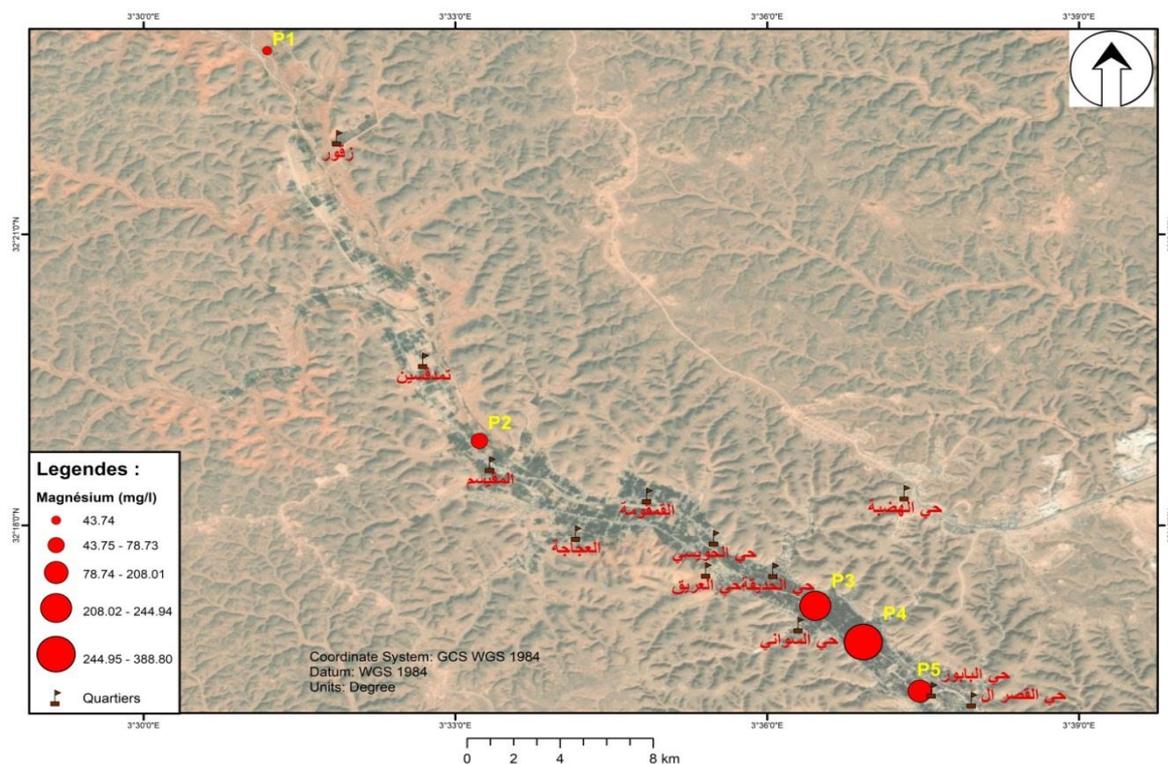


Figure 18 : Carte de la variation spatiale de Mg^{++} des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

La carte (Fig 19), montre une augmentation des concentrations du Sodium en aval de la vallée de Metlili, dépassant la norme Algérienne et de l'O.M.S. (200 mg/l), excepté les puits P1 et P1 en amont de l'Oued qui présentent des teneurs inférieures aux normes de (44.44 et 85.71 mg/l). Les eaux de ces puits ont enregistré des valeurs élevées de la teneur en sodium et ça signifie que ces eaux contiennent une quantité des différents sels considérable qu'est peut être influé sur le goût de ces eaux.

La cartographie de potassium (Fig 20), présentent que la plupart des eaux de cette nappe ont un taux de potassium élevé, ces concentrations sont relativement au-dessus de la norme Algérienne de l'OMS des eaux potables (12 mg/l). Sauf les puits P1 et P2 ont des concentrations qui semblent bien inférieures à la norme.

Nos résultats obtenus de Na^+ sont généralement supérieurs que les études à Metlili de DAHOU ET BELMOKHTAR (2018) cas des eaux de puits ($23.9779 \text{ mg/l} \leq Na^+ \leq 125.9727 \text{ mg/l}$) et d'après GUERBOUZ (2006) cas des eaux des forges ($155 \text{ mg/l} \leq Na^+ \leq 200 \text{ mg/l}$).

La teneur de potassium dans la vallée du Metlili, sont proches au GUERBOUZ (2005) qui a enregistré (moins de 20 mg/l), par contre l'étude de DAHOU ET BELMOKHTAR (2018), leurs résultats sont supérieurs de nos résultats ($2.531 \text{ mg/l} \leq K^+ \leq 89.696 \text{ mg/l}$).

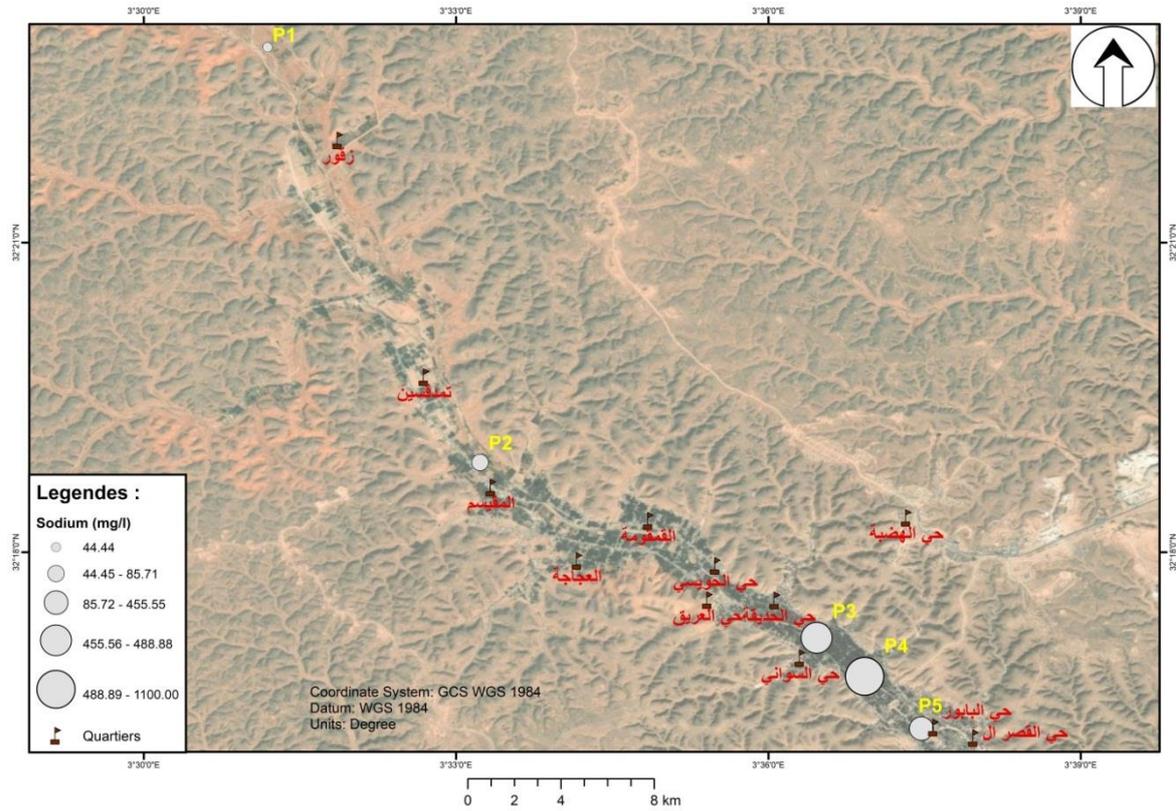


Figure 19 : Carte de la variation spatiale de Na⁺ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

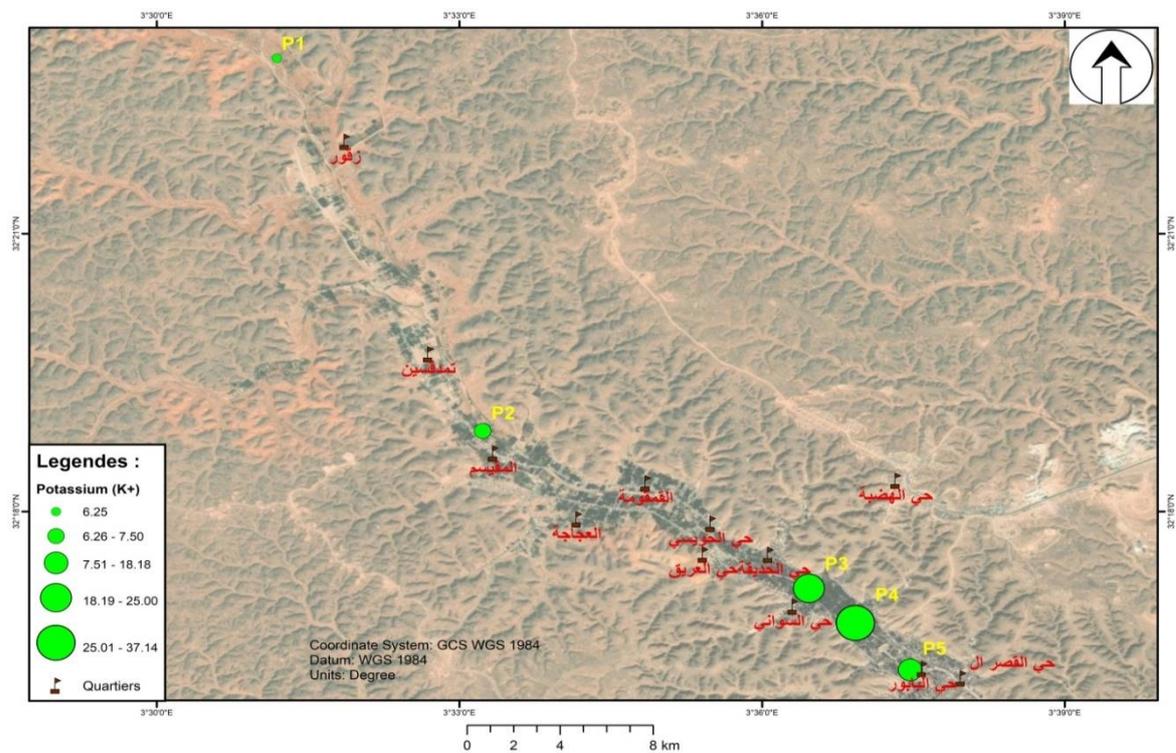


Figure 20 : Carte de la variation spatiale de K⁺ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.1.5.2. Anions

L'observation de la carte (Fig21), montre des teneurs du chlorure généralement, sont plus élevées et dépassent la norme de l'eau potable selon l'OMS (250 mg/l) et celle de l'Algérie (500 mg/l). Les puits P1 et P2 situés en amont de l'Oued ont enregistré des valeurs de 99.2684 et 195.7 mg/l conformes aux normes.

L'origine des chlorures est liée principalement à la dissolution des formations salifères, et secondairement à la contamination des eaux par les eaux usées (déversement des eaux usées dans le lit de l'Oued et la présence des fosses septiques) (DJIDEL, 2008 ; GOUAIDIA, 2008 ; DIB, 2009).

D'après selon la carte (Fig22), d'une manière générale, les eaux de cette nappe sont bicarbonatées. Ces teneurs dépassent la norme algérienne et de l'OMS (500 mg/l). Excepté les deux puits P1 et P2 situés en amont de l'Oued ont des concentrations (356.24 ; 195.2 mg/l qui semblent bien inférieures à la norme de l'eau potable selon l'OMS.

La présence des bicarbonates dans l'eau de la zone d'étude aurait la même origine que celles du calcium et du magnésium, citées auparavant. Elle est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique (DJIDEL, 2008 ; BENHEDID, 2014).

Nos résultats des chlorures sont proches aux résultats de l'Oued M'Zab en 2018 par BEGRA et TELLI (2018) ($218.39 \text{ mg/l} \leq \text{Cl}^- \leq 1307 \text{ mg/l}$).

Les concentrations des bicarbonates sont inférieures à la valeur maximale signalée par DJIDEL (2008), au niveau de la nappe de Ouargla ($50 \text{ mg/l} \leq \text{HCO}_3^- \leq 1000 \text{ mg/l}$).

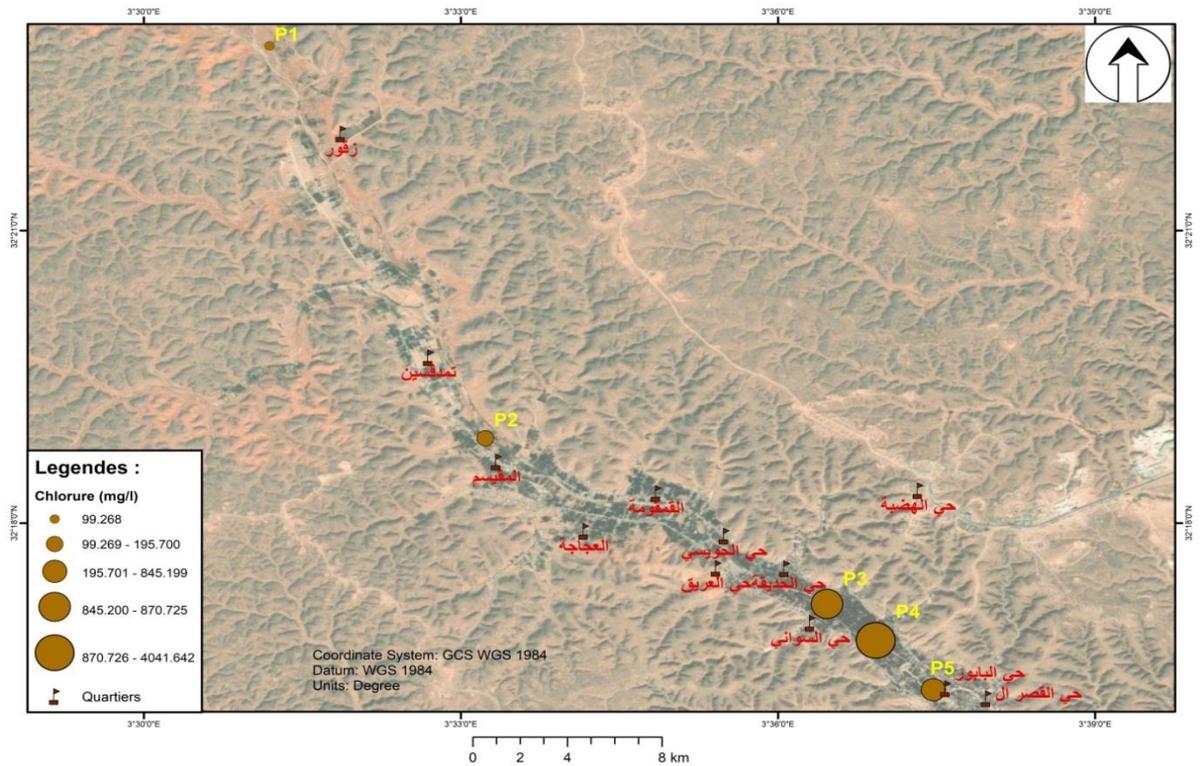


Figure 21 : Carte de la variation spatiale de Cl⁻ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

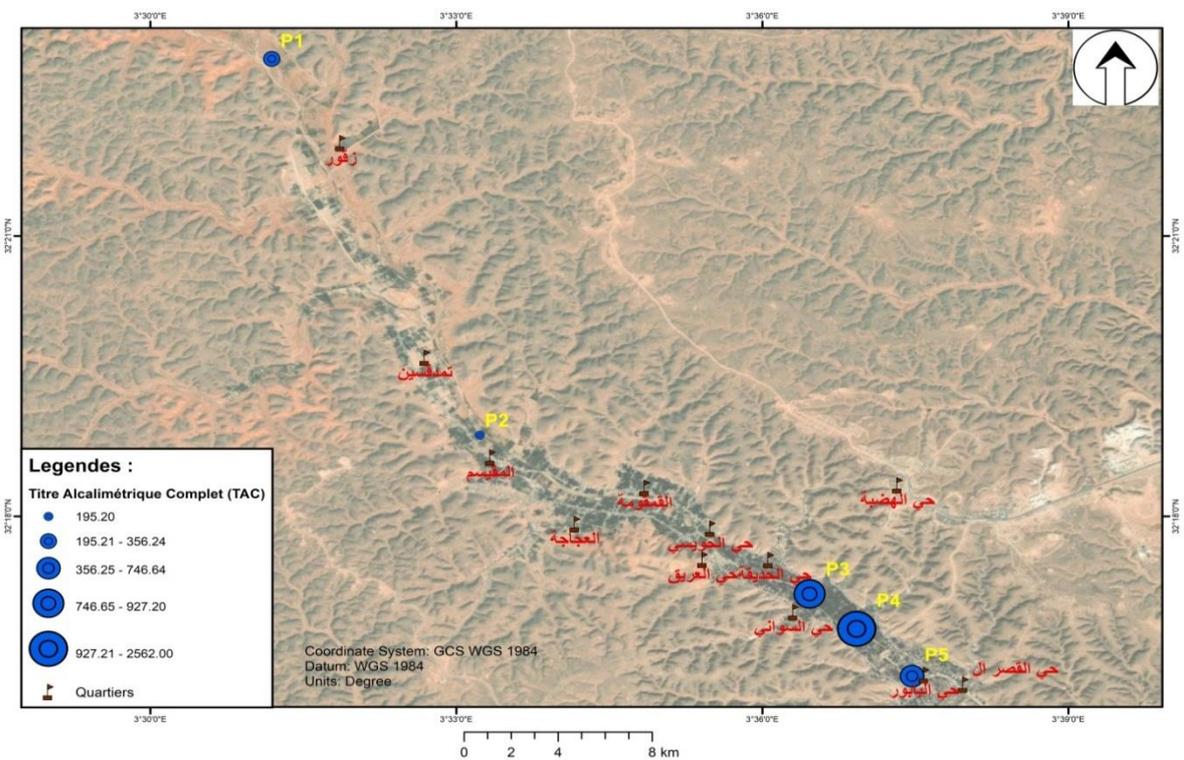


Figure 22 : Carte de la variation spatiale de HCO₃⁻ des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.2. Résultats d'analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologique indicatrices à la contamination fécale effectués sur les cinq puits répartis sur le long de vallée de Melili indiquent la présence des coliformes totaux, des coliformes fécaux, des streptocoques fécaux et des Clostridium sulfito-réducteurs.

IV.2.1. Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux (CT) sont des bactéries en forme de bâtonnet à Gram négatif, facultativement anaérobie. Elles sont utilisées depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau. Les coliformes fécaux (CF), ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux, sa présence témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale (FRANK, 2002 ; CEAEQ, 2000 ; INSPQ, 2003 ; RODIER *et al.*, 2009).

La carte des résultats des coliformes totaux (Fig 23), indique la contamination de ces puits par les coliformes totaux, ce qui veut dire qu'ils ne sont compatibles aux normes Algériennes et de l'OMS (0/100 ml). Hors le puits P1 situé en amont de l'Oued qui enregistre une valeur de 0/100 ml.

Par contre aux coliformes fécaux, la carte (Fig 24), montre que l'exception de P3 et P4 les autres trois puits notée l'absence de ces bactéries, et qu'ils sont conformes aux normes Algériennes et de l'OMS (0/100 ml).

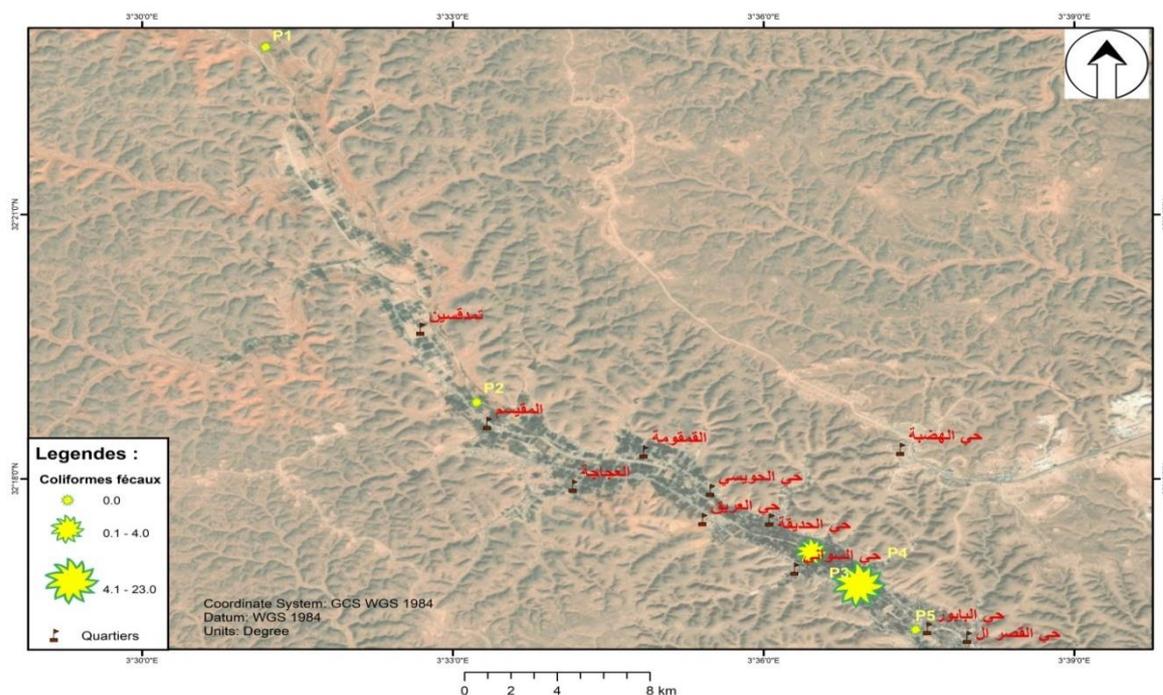


Figure 23 : Carte de la variation spatiale des CT des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

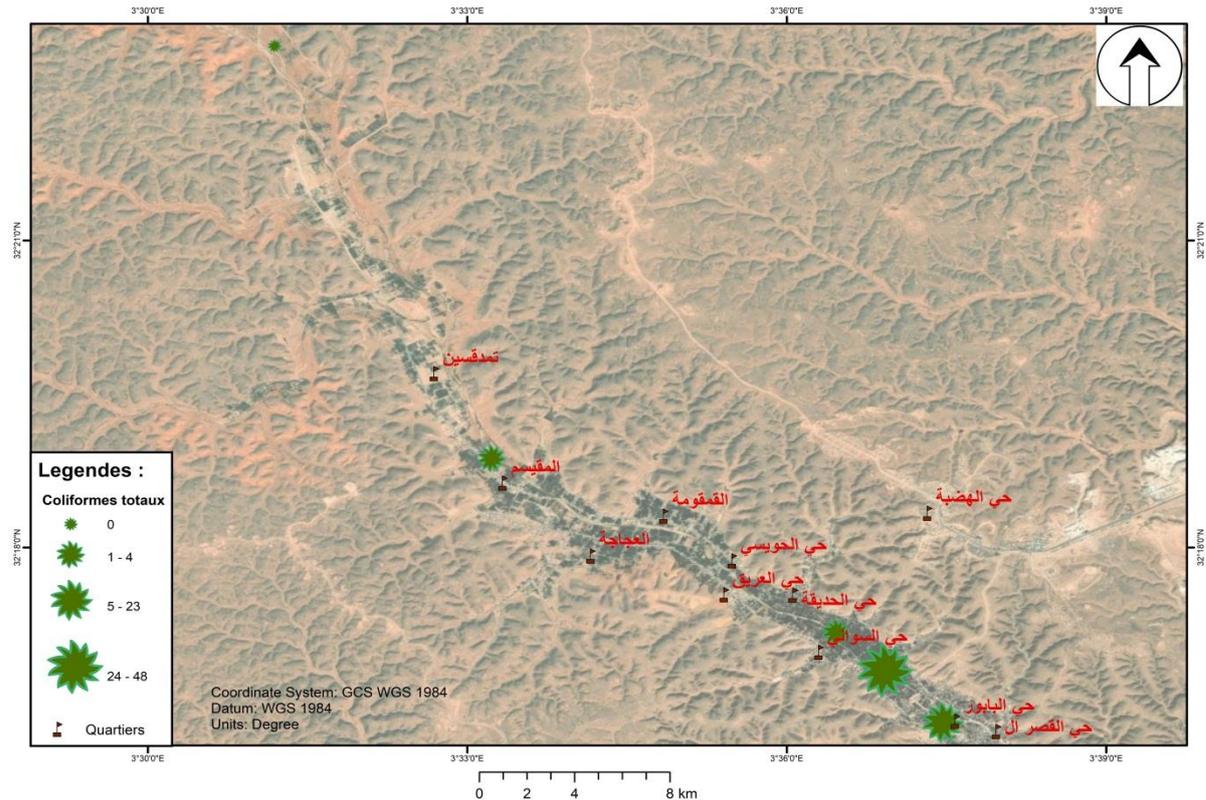


Figure 24 : Carte de la variation spatiale des CF des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

IV.2.2. Streptocoques totaux et fécaux

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (CHEVALIER, 2002 ; LADJEL, 2009). Selon (FIGARELLA ET LEYRAL, 2002 ; RODIER et *al.*, 2005), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

D'après la carte (Fig. ; Fig.), tous les puits analysés sont contaminés par les streptocoques totaux et fécaux, ils ne sont compatibles avec les normes algériennes et de l'OMS (0/100 ml). Excepté le P3 ne contient pas de fécaux.

IV.2.3. Clostridium sulfito-réducteurs

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent 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 (RODIER et *al.*, 2009).

Les valeurs enregistrées dans la carte (Fig 25), montrent la présence des Clostridium sulfito-réducteurs dans la plupart des puits étudiés. Ces valeurs ne sont pas compatibles avec la norme algérienne et de l’OMS (0/100 ml).

Les analyses bactériologiques ont prouvé la contamination de la nappe par les eaux usées. Ces résultats sont proches à celles enregistrés par DAHOU ET BELMOKHTAR (2018), cas des eaux de puits et par rapport les résultats de BEGRA et TELLI (2018) cas des eaux de puits de l’Oued M’Zab. Ce qui montre que les eaux de ces deux nappes phréatiques sont polluées, et elles constituent un danger sur la santé des populations consommatrices de ces eaux.

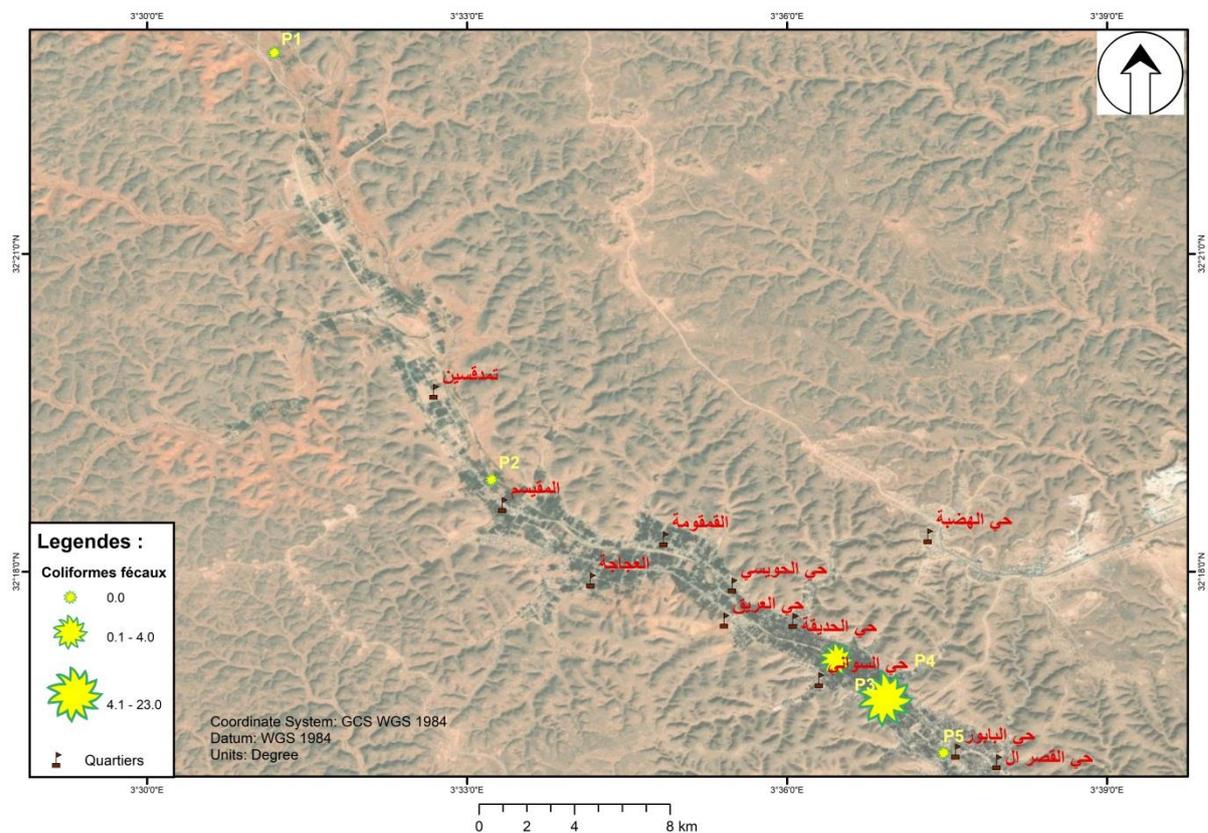


Figure 25 : Carte de la variation spatiale des ST des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

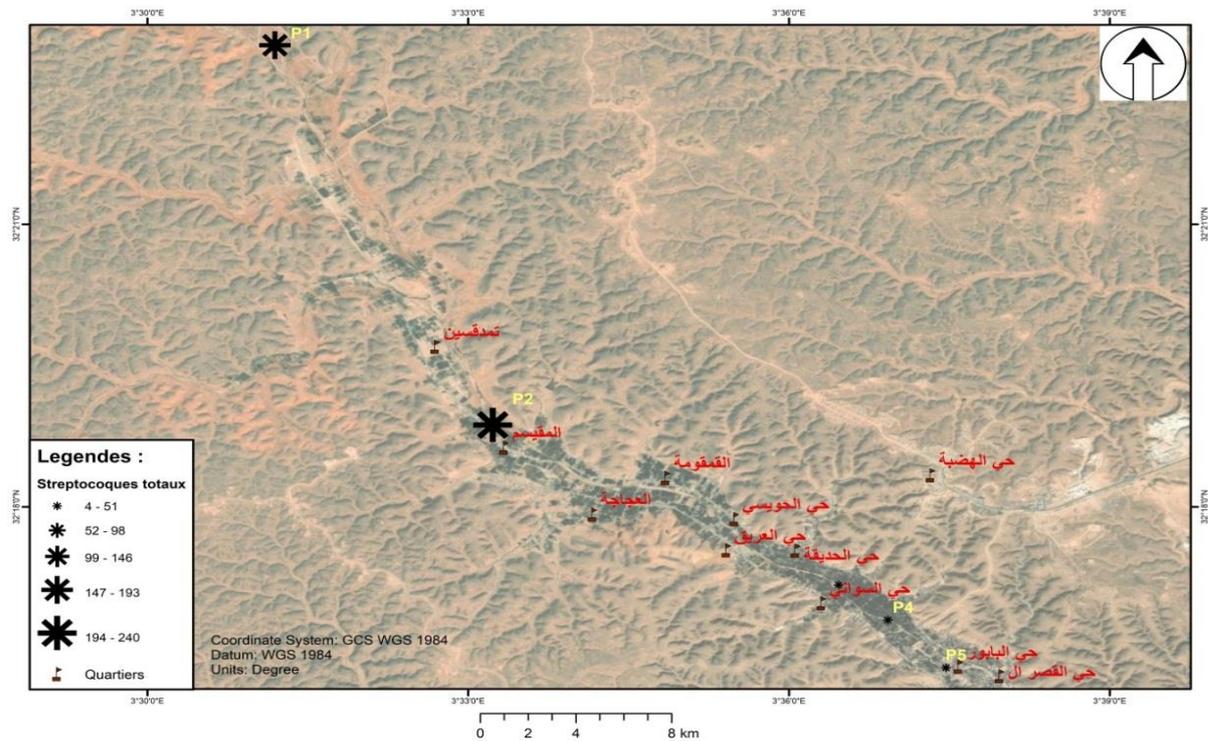


Figure 26 : Carte de la variation spatiale de SF des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

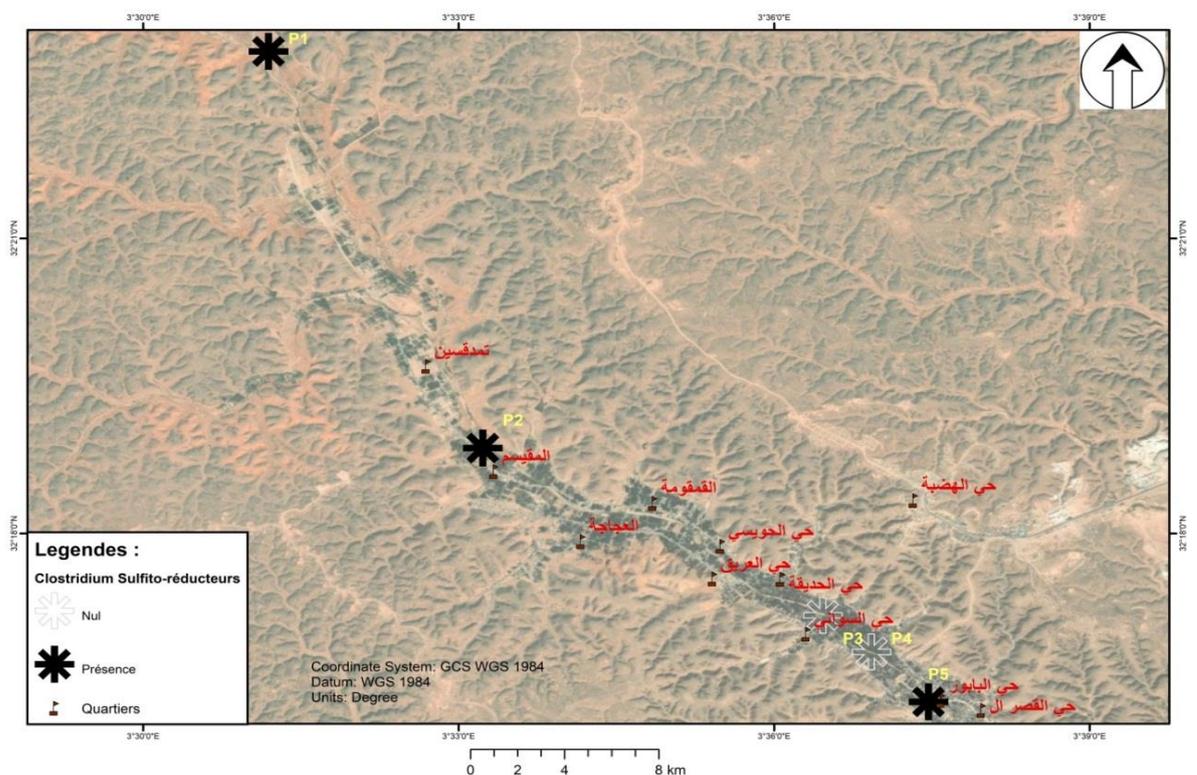


Figure 27 : Carte de la variation spatiale des Clostridium sulfite-réducteurs des eaux de la nappe phréatique de la vallée de Metlili

Conclusion

CONCLUSION

Conclusion

Notre travail de recherche sur la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili nous ramène à faire plusieurs constatations et recommandations.

L'évaluation hydrochimique des eaux de la nappe phréatique a permis de constater que les eaux en général sont proches de la neutralité et fortement salins. Le faciès des eaux est variable, de dominance anionique chlorurée ou sulfatée ou équilibrée, et de dominance cationique sodique ou calcique ou magnésique ou équilibrée. La répartition spatiale des éléments chimiques est fort probablement influencée par la nature géologique des couches traversées par les puits, des fois riches en évaporites ou par une contamination anthropique agro-urbaine, favorisant l'augmentation de certains éléments, comme le potassium, les chlorures et les sulfates.

Les analyses effectuées sur les eaux des puits montrent généralement que ces eaux ont une moyenne à médiocre qualité physico-chimique. La majorité des puits sont compatibles à la norme 25°C de température, concernant le pH tous les puits conforment la norme ≥ 6.5 et ≤ 9 . Le puits P4 est marqué par des teneurs de CE très élevés par rapport les autres puits. Ces eaux sont claires et conforment la norme de la turbidité 5 NTU.

Tous les puits ne dépassent pas les normes des paramètres de la pollution : ammonium nitrite, phosphate, orthophosphate et le fer, ils ne représentent aucune contamination de ces eaux par ces paramètres, excepté le puits P4 dépasse la norme de fer 0.3 mg/l avec une teneur de 0.56 mg/l.

Concernant les éléments majeurs ; calcium (Ca^{++}), magnésium (Mg^{++}), sodium (Na^+) et potassium (K^+), chlorures (Cl^-) et bicarbonates (HCO_3^-), la plupart des eaux des puits dépassent les normes fixées pour ces paramètres.

Ces résultats des analyses physico-chimiques peut être significatif probablement l'altération des roches mères des puits qui libère ses composants minéraux et organiques qui peuvent influencer sur la qualité physico-chimique des eaux.

Les résultats des analyses bactériologiques ont prouvé la contamination de la nappe par les eaux usées. Cette qualité bactériologique médiocre constitue un danger majeur sur la santé des populations consommatrices de ces eaux.

L'étude chimique et bactériologique des eaux de la nappe montre une pollution importante dans la vallée. La majorité des eaux sont non potables selon les normes OMS.

CONCLUSION

L'emplacement des puits contaminés doit être signalé et interdit pour la consommation humaine. Ces résultats montrent une dégradation des ressources hydriques souterraines par les activités agricole et urbaine.

Alors, l'eau est un élément vitale et nécessaire pour la vie de tous les êtres vivants, pour ça il faut diminuer et éviter tous les comportements qui altèrent la qualité de l'eau et peuvent faire des grands dégâts qui va influencer sur la vie.

Pour assurer une vie sanitaire lors la consommation d'eau, il faut éviter tout risque qui peut faire une pollution d'eau et ça se fait par :

- ✓ Contrôler les sources d'eau d'un suivi périodique ;
- ✓ Eloigner les agglomérations du les sources d'eau ;
- ✓ Nettoyer et stérile les puits;
- ✓ Eloigner le réseau d'assainissements et fosses septiques des eaux usées aux puits.

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

- **Abdelbaki C. et Boukli Hacene F., (2007).** Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen. Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2. pp 257 – 263.
- **Achour M., (2014).** Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de la vallée de M’Zab (Ghardaïa – Algérie), Mémoire de magister. Université d’Oran. février 2014, 4 p.
- **Agence de l’Eau Adour-Garonne (AEAG), (2012).** Les eaux souterraines, Toulouse, Cedex 4, 5p.
- **Agence National des Ressources Hydrique (ANRH), (2010).** Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaia, rapport de l’Agence nationale ressource hydrique, Ouargla, p10.
- **Agence Nationale de Développement de l’Investissement (ANDI), (2013).** Investissement in Alegria 2013
- **Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques, (2010).** Note de synthese sur les premieres mesures piezometriques en utilisant les nouveaux piezometres captant la nappe du ci dans la wilaya de ghardaia. Direction regionale sud – ouargla. Algérie.
- **Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques, (2011).** Inventaire des forages d’eau et enquête sur les debits extraits de la wilaya de ghardaia. Direction regionale sud – ouargla. Algérie.
- **Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques, (2019).** Gestion des ressources en eau souterraine dans la région de Ghardaïa. Direction régionale sud – ouargla. Algérie.
- **Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro G. et Biemi J., (2013).** Evolution spatiotemporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la ville d’Abidjan (Côte d’Ivoire), International Journal of Pure & Applied Bioscience, Vol 1, N° 3, PP: 45-60.
- **Aissaoui A, (2013).** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam gouzi de la région de oued ATLHMANIA (wilaya de MILA) par les activités agricoles. Mémoire magister. Université Mouloud Mammari De Tizi-Ouzou.
- **Aka N., Bamba S.B., Soro G., Soro N., (2013).** Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d’altérites sous climat tropical humide : Cas du département d’Abengourou (Sud-Est de la Cote d’Ivoire), Larhyss Journal, N°16, PP : 31-52.
- **Amadou H., Laouali M.S., Manzola A., (2014).** Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de Tillabery : application des méthodes d’analyses statistiques multi variées, Larhyss Journal, N° 20, PP: 25-41.
- **Anofel., (2014).** Paludisme Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie. 6ème édition, Format utile, p : 108-126.
- **Archibald F. (2003).** Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec. 3p.

- **Archibald F., (2000).** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? *Water Qual Res J. Canada*, 35, PP:1-22.
- **Arjen V.D.W., (2010).** Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines : Souterraines aux forages manuels, Un manuel d’instruction pour les équipes de forage manuel sur l’hydrogéologie appliquée, l’équipement et le développement des forages, Fondation Practica, Oosteind, P10.
- **Ayad W., (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d’El-harrouch (ne-algérie). Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of well water in the region of el-harrouch (ne-Algeria)].” Accessed July 8
- **Barry G.S., (1989).** Sodium sulphate. Canadian minerals yearbook – 1988. Mineral Resport, n° 37. Division des ressources minérales, énergie, mines etressources. Ottawa
- **Bazine N et Bourenane A., (2011).** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l’oued Messida (parc national d’El kala ,W .d’El-Taref). Mémoire de Master. Université de 08 Mai 1945 Guelma ,17 -18 p
- **Baziz N., (2008).** Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé: cas de la ville de Batna. Thèse de doctorat, Université El Hadj Lakhdar, Batna, 128p
- **Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R., (2013).** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe plio-quaternaire de la région de Meknès (Maroc). 16p.
- **Belhaj A., (2001).** Les épidémies d’origine hydrique dans le monde- Synthese Technique- ENGRET centre de Montpellier et OIE de Limoges, pp 1-16.
- **Ben Hida A. Merzouki M., Aboulkacem A. et Mounni M., (2012).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de certains puits de la ville de meknès, maroc. *Revue Agrobiologia*.2.p57-66
- **Ben Semaoune Youcef., (2008).** Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à la mise en place d’un schéma d’aménagement et de gestion de l’espace (S.A.G.E.)- cas de la région de Ghardaïa. Mémoire de magister en agronomie saharienne. Universite Kasdi Merbah – Ouargla, p36
- **Benamar N., Mouadih N., Benamar A., (2011).** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l’Ouest algérien: le cas de l’oued Cheliff, Colloque international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l’eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ?, Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p
- **Bengaibona B.B., (2010).** Analyse comparée des qualités microbiologique et physico-chimique des eaux de pluie stockées dans des citernes en Ferro ciment : Cas des impluviums de DORI. Mémoire de fin d’étude de master. Institut International d’Ingénierie de l’Eau et de l’Environnement, p8
- **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.
- **Benmaïd A., (2013).** La sécurité liée à l’eau : gestion des risques et arbitrages, Commissariat général au développement durable, Service de l’économie, de l’évaluation et de l’intégration du développement durable, études & documents, N° 100, 40p.

- **Bensaha H., Bensaha L., Achour M., (2011).** Réflexions pour préserver l'environnement : cas de la vallée du M'Zab (Algérie)
- **Bneder, (1988).** Etude des ressources du milieu pour la mise en valeur dans la Wilaya de Ghardaïa : Analyse de la situation actuelle, Alger, BNEDER, 164p
- **Boucenna F., (2009).** Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'Oued Djendjen (JIJEL, nord -est ALGERIEN). Mémoire magister. Université Badji mokhtar-annaba.P133.
- **Boucherit A., Hakimi H., (2016).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du Barrage Hammam Debagh –Guelma. Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma
- **Bouras Z et Sekfali S., (2013).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles « cas d'Oued Zénati » (Nord - Est Algérien). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 de Guelma. 9-10-20p.
- **Bourgeois C.M., et Leveau J.Y., (1980).** Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire. APRIA. 331p
- **Bouselsal B., (2014).** FORAGE D'EAU procédés et mesures. Destiné aux étudiants de 3ème année licence Hydrogéologie. Université de Kasdi Merbah-OuarglaFaculté des hydrocarbures, des Energies renouvelables et des Sciences de la terre et de l'univers Département des Sciences de la terre et de l'univers
- **Bouziyani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p
- **Bouziyani M., (2006).** L'eau dans tous ses états, Editions Dar El Gharb, PP : 31,113.
- **Bremond R. et Vuichard R., (1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. La documentation française, Paris, 173p
- **Bremond R. et Vuichard R., (1973).** Paramètres de la qualité des eaux, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, SPEPE, Paris, 179.
- **Cantor K.P., (1997).** Drinking water and cancer, Cancer causes and control, N°8, PP:292– 308.
- **Carbonnelle D. et Kouyoumdjian S., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. 251 p
- **Cardot C., (1999).** Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologique : Cours et problèmes résolus, Ellipes Edition Marketing, paris, cedex 15, PP : 25-28.
- **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), (2011).** Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives : méthode par incorporation à la gélose, MA.700-BHA35 1.0, Rév.3, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 15
- **Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec (CEAEQ), (2016).** *Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique.* MA. 103 – Tur. 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, 2016, 11 p.
- **Chaker H. K., Slimani A., (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi :

- Nord-est de l'Algérie, Institut des sciences agronomiques, université d'El Tarf, Algérie, 10p.
- **Chapman D., Kimstach V., (1996).** Selection 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, pp. 59-126.
 - **Chekroud H., (2007).** Etude de la pollution des eaux de la plaine Telezza due aux activités agricoles et commerciales, Mémoire de Magister, Université du 22 Aout 1955, Skikda, Algérie, 56p.
 - **Chelli L., Djouhri N., (2013).** Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Université A. MIRA – BEJAIA, p6
 - **Chenini., (2005)** : valorisation de la biomasse phoenicicole et stratégie de conservation insu : region de Ghardaïa .mémoire ING. Département de biologie Université d'Ouargla. 111p.
 - **Chérif Ibrahima K., (2006).** Étude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales. Université cheikh Anta Diop de Dakar, 16 p
 - **Chevalier P., (2002).** Entérocoques et streptocoques fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.
 - **Chevalier P., (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.
 - **Choteau B., (2014).** La souffrance globale en fin de vie. Manuel de soins palliatifs-4^e édition: Clinique, psychologie, éthique, p.15
 - **Codex Alimentarius, (2007).** L'eau. Premier édition. p1
 - **Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau (CIFIQE), (2011).** Qualité de l'eau 101 Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable, Version 1.1, p12
 - **Coulibaly K., (2005).** Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puis de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat d'état, université de Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie, Bamako, 196 p
 - **Daddi Bouhoun M., (1997).** Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse de Magister. El-Harrach. I.N.A. 180p,
 - **Dajoz., (2006)** .Précis d'écologie .Ed. Dunod.Paris. 621p. De l'environnement. Ed DUNOD.France.
 - **Debieche T.H. (2002).** Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité), Azote et métaux lourds), Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle. Application à la Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Constantine. 235p.
 - **Degbey C., Makoutode M., Fayomi B., Brouwer C., (2010).** La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin, J Int Santé Trav, Vol 1, PP : 15-22

- **Degremont G., (2005).** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et doc, PP: 3- 38.
- **Delarras C., et Trebaol B. (2003).** Surveillance Sanitaire Et Microbiologique Des Eaux: Réglementation - Prélèvements - Analyses. TEC & DOC. 269p.
- **Demdoun A., (2010).** Etude hydrogéochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'el Eulma, Doctorat d'état, Faculté des Sciences de la Terre, Université Mentouri Constantine, 205p.
- **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, 127 p.
- **Djoudi H., Rafa A., (2009).** Fonctionnement du système hydraulique de partage Est de système de la palmeraie Est Ghardaïa, ENSP, 64 pages.
- **Douard P., Lebental B., (2013).** Plomb et qualité de l'eau potable : Analyse et évaluation de l'efficacité des actions engagées pour respecter la future limite de qualité de 10µg/l de plomb dans l'eau du robinet et propositions d'actions, conseil général de l'environnement et du développement durable, 73p.
- **D.P.S.B., (2018).** Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, la Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires, 26^{ème} édition, 19-37p
- **Dubief J., (1959).** Le climat du Sahara. Institut des recherches sahariennes. Mém. Institut des recherches sahariennes, tome I. Alger, 298p.
- **Dubief J., (1963).** Le climat du Sahara. Mém. Institut des recherches sahariennes. tome II. Alger, 262p.
- **Dubost D., (2002).** Ecologie, Aménagement et Développement des Oasis algériennes. Biskra, CRSTRA, 423p.
- **Edberg S.C., Rice E.W., Karlin R.J., Allen M.J., (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection, Journal of Applied Microbiology, N°88, PP: 106-116
- **Edmond M.B., Ober J.F., Weinbaum, D.L., Pfaller M. A., Hwang T., Sanford M.D., Wenzel R.P., (1995).** Vancomycin-resistant Enterococcus faecium bacteremia : risk factors for infection, Clin Infect Dis, Vol 20, N°5, PP: 1126-1133.
- **EL Amrani K., (2007).** La pollution de l'eau et ses impacts. Rapport. P36.
- **El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali lalami A., (2011).** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn (5), pp. 37- 68
- **El-Beldi S., Fekhaoui M., Serghini A., et El-Abidi A., (2006).** Rizières de plaine du Gharb (Maroc) : Qualité des eaux superficielles et profondes. Builetin de l'Institut Scientifique. (28). 55-60
- **Elmdaghri N., (2016).** Les hépatites virales. Institut pasteur du maroc. Lettre Pasteur. *Lettre trimestrielle d'informations Janvier 2016 / N°4*

- **Elmund G.K., Allen M.J., Rice E.W., (1999).** Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency, *Water Environ.Res*, N°71, PP : 332-339
- **EnHealth., (2004).** La sous comité de partenariat de santé nationale publique du Gouvernement australien.
- **Evrard N., (2015).** *Onmeda*, L'eau, p1
- **Fabre J., (1976).** Introduction à la géologie du Sahara Algérien et des régions voisines. Soc. Nat. Ed. SNED. Alger, 142p. 163 fig., 4tabl. 4 pl.
- **Fakih lanjri A., Brigui J., El Cadi A., Khaddor M., Salmoune F., (2014).** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger, *Journal de Matériel et Science de l'Environnement*, Vol 5, N° S1, PP : 2230- 2235.
- **Fennich A., (2016).** Qualité chimique des ressources hydriques de la région du M'Zab. Mémoire de Master en Géologie. Université KASDI Merbah – Ouargla., p6
- **Figarella J. et Leyral G., (2002).** Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p
- **Forapulse, (2017).** Guide sur les divers types de puits et de forages, Société Forapulse spécialiste en régénération de forages. <https://www.forapulse.com/guide-types-de-puits-et-de-forages/>
- **Gaujour D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2ème édition, Lavoisier, P49
- **Gerard G., (1999).** L'eau, milieu naturel et maîtrise, Édition INRA : Volume 1, 204p.
- **Ghazali D., Zaid A.N., (2012).** Science Lib. Editions Mersenne 4 2111-4706.
- **Ghazali D.1., Zaid A., (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de MEKNES – MAROC), *Larhyss Journal*, N° 12, Janvier 2013, PP : 25-36.
- **Gleeson C., Gray N., (1997).** The coliform index and waterborne disease: problems of microbial drinking water assessment, E & FN Spon, London, 194 p.
- **Gouaidia L., (2008).** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana nord-est Algérien, Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie, 131p
- **Guergazi, S., Achour S., (2005).** Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration, *Larhyss Journal*, 4 :119-127.
- **Guillemin C., Roux J., (1992).** La pollution des eaux souterraines. Manuels et Méthodes n° 23, éd. BRGM, 1-25
- **H. Simpson, Ph. D., (2015).** Les eaux souterraines - Une ressource rurale importante, Les puits d'eau privés en milieu rural. Fiche technique.
- **Haddou M., (2010).** Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés fenton, photo-fenton et photo-catalyse. Thèse doctorat. Université TOULOUSE III - PAUL SABATIER. France. P196

- **Hade A., (2007).** Nos lacs : Les connaitre pour mieux les protéger, Edition Fides, Bibliothèque national du Québec, Canada, 27p.
- **Hakmi A., (2006).** Traitement de l'eau de source Bousfer Oran, Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie, Oran, 48 p.
- **Hamed M., Guettache A., Bouamer L., (2012).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire de Master. Université de Bechar. 5 -10-13-134p.
- **Harvey, P. J., Handley H. K., Taylor M. P., (2015).** Identification of the sources of metal (lead) contamination in drinking waters in north-eastern Tasmania using lead isotopic compositions. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(16), 12276-12288.
- **Hem J. D., (1985).** Study and interpretation of chemical characteristic of natural water. 3rd Edition. University of Virginia, United States of Geological Survey Water-Supply. Paper 2254 Washington, DC, USA. 263p.
- **Henri L., (2012).** L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p.
- **Henri R., (1990).** « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990)
- **Himmi N., Fekhaoui M., Foutlane A., Bourchic H., El-Mmaroufy M., Benazzout T., Hasnaoui M., (2003).** Relazione plankton parametric fisici chimici in un bacino di dimaturazione (lagunamista Beni Slimane – Morocco. *Rivista Di Idrobiologia*. Università di Perugia, Dipartimento di Biologia Animale ed ecologia laboratorio Di Idrobiologia "G.B. Grassi", 110–111p
- **Hordé P., (2014).** Gastro-entérite aiguë : Symptômes et traitement, santé médecine, P19.
- **Institut Pasteur D'Algérie (I.P.A), (2006).** Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux. Microbiologie Des Eaux De Boissons. P7-8-9-12-19-20-22-34-35
- **I.S.O., (1993).** Qualité de l'eau. NA 2364, ISO 9964/3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.
- **Janah Y., Ait Nouh F., Kettab A., (2017).** Les techniques de dessalement et les énergies renouvelables, p1
- **Jamai N., Kouider A. F., Halilem F., (2010).** La fièvre typhoïde, mémoire de fin d'étude, Université Abou Bar Belkaïed, Faculté de médecine, Département de Pharmacie, Tlemcen, 23p.
- **Jean L.C., (2002).** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche, Direction de l'espace rural et de la forêt, 22p
- **John P., Donald A., (2010).** Microbiologie, 3ème Édition, 1216 p
- **Kaci S., (2005).** Contribution à l'étude des potentialités de l'apiculture en milieu oasien : cas de la wilaya de Ghardaïa Mém. d'Ing. d'Etat. en Agr. Saha., Dpt des Science Agronomiques, U.K.M. - Ouargla, 144 p.
- **Karpoff R., (1952).** Observation préliminaire sur l'hydrologie du Bas-Sahara. Congrès Géol. Intern. Session d'Alger, n.19, p.201-231.
- **Khadraoui, A., (2010).** Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériens. Office des publications universitaires. Algérie. 311p.

- **El-Amrani k., (2007).** La pollution de l'eau et ses impacts. Rapport. P36.
- **Khelili .R, Lazali (2015).** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla)
- **Kirkpatrick k., Fleming E ., (2008).** La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p
- **Koltz F., (2010).** L'eau, la vie et la mort. Ed. Springer Verlag. 4:77.
- **Kouidri Z., (2006).** Etude et traitement de l'eau du BARRAGE DJORF- ELTOR de la wilaya Bechar par filtration sur sables. Mémoire de Magister en Eau et environnement. Université Hassiba Benbouaali de chlef, p13
- **Labres et Mouffok F., (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. 53p
- **Ladjel S., (2009).** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau. Tizi Ouzou. 101 p.
- **Laferriere M., Nadeau A., Malenfant G., (1995).** La contamination par les nitrates : Prévention des risques à la santé, P38.
- **Lagnika M., Ibikounle M ., Montcho J.C., Wotto V.D., Sakiti N.G., (2014).** Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest), Journal of Applied Biosciences, N°79, PP:6887– 6897.
- **Lepeltier S., (2005).** Un bon état écologique des eaux.
- **Langevin, J., Lefebvre, R., Toutant, C., (2000).** Histoire d'eaux : tout ce qu'il faut savoir sur l'eau et l'hygiène publique, 2e édition, Berger, Canada.p 9-13.
- **Larry M. Bush , MD, FACP, Charles E., (2020).** Infections bactériennes : bactéries gram négatives. shigellose. Schmidt College of Medicine, Florida Atlantic University.
- **Laurence M., (2003).** Réduire le plomb dans l'eau de robinet : enjeux, réglementation, actions, Direction de l'eau, Direction générale de la santé, 26p.
- **Lebleu N., (2007).** Désinfection des eaux par procédés membranaires, étude des mécanismes de transfert des bactéries: génie des procédés et de l'environnement thèse de doctorat, Université de Toulouse, p.259
- **Madani Djamila., (2008).** Relation entre le couvert végétal et les conditions édaphiques en zone a déficit hydrique. Mémoire de magistere. Université de Batna
- **Madani T. A. A., Kabani A., Orr P., Nicolle L., (1999).** Enterococcal bacteremia in atertiary care centre in Winnipeg, Canadian Journal of Infectious Diseases, Vol 10, PP : 57-63
- **Mahamat . B, Beskri. A., (2010).** Caractéristique physico-chimique des eaux souterraines dans la plaine de Khemis Miliana, Mémoire fin d'étude. Centre université de Khemis Miliana
- **Masschelein W.J., (1996).** Processus unitaire du traitement de l'eau potable, Edition CEBE, DOC spilliége, PP : 181-345
- **Matthess G. G. Mijnbouw., (1994).** 53, 194. -In Forstner U ETWittmann GTW Metal pollution in *the Aquatic Environment*, 355-359).
- **Mens et Derouane, (2000).** État des nappes de l'eau souterraine de Wallonie
- **Mercier J. (2000).** Le grande livre de l'eau. Edition : renaissance du livre (la).ISBN : 28046 0341-5.183P

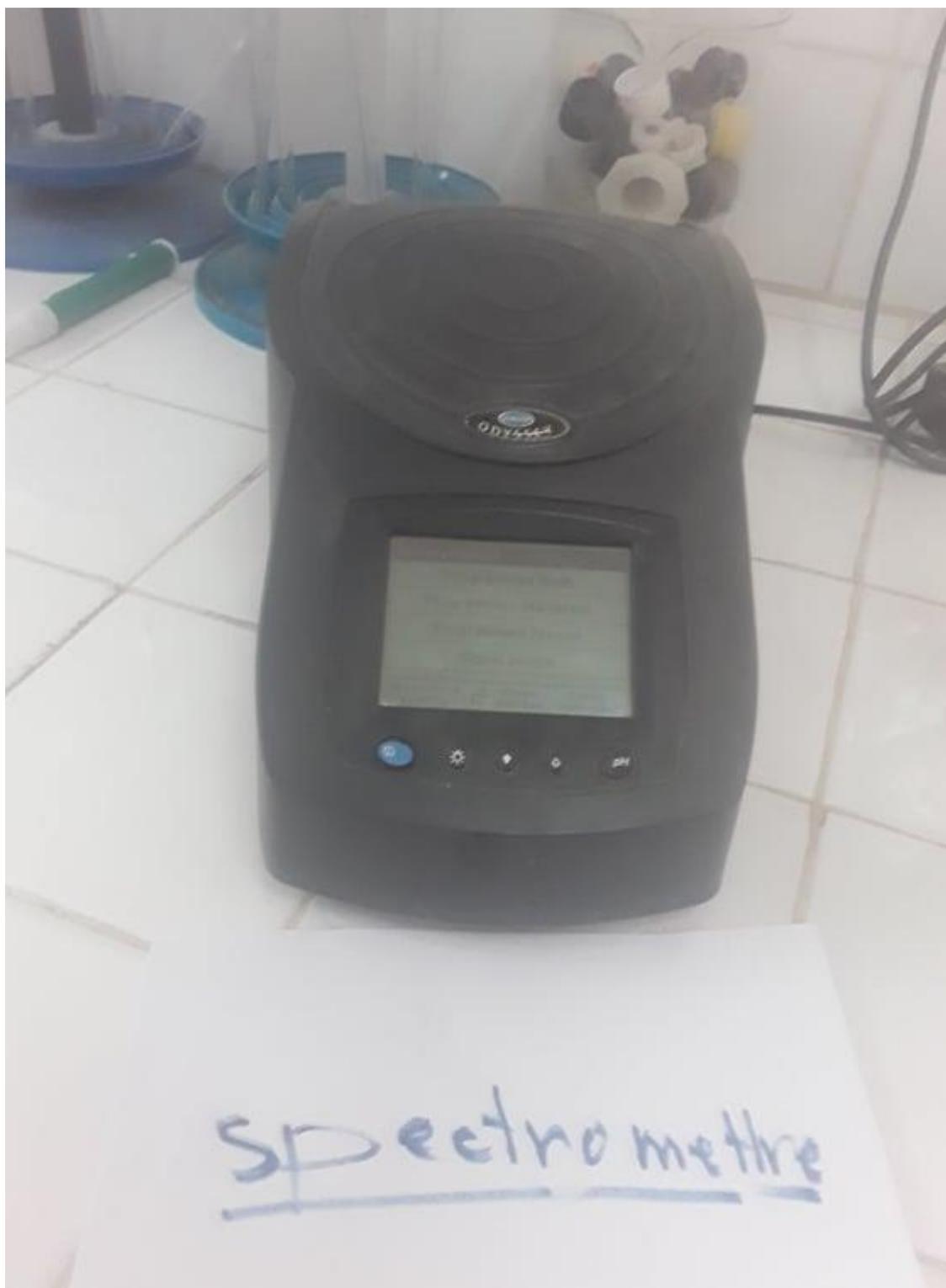
- **Mercier J., (2000).** Le grand livre de l'eau, Edition: La reconnaissance du livre, Collecte art de vivre, P 91.
- **Merouani M. et Bouguedah A., (2013).** Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'OUARGLA. Mémoire master. Université Kasdi Marbah Ouargla. P59
- **Monique H. (1991).** Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint Laurent. Institut national de la recherche scientifique, Université Du QUÉBEC.
- **Morabbi A et Souabni O., (2013).** Caractérisation de la qualité des ressources en eau dans le sous bassin Ksob (Région d'Essaouira, Maroc). Mémoire de licence. Université cadi ayyad, 27-28 p.
- **Morris R.D., (1995).** Drinking water and cancer, Environmental Health Perspectives, 103(suppl8), PP: 225–231.
- **Mourey V. Vernoux J.F., (2000).** Les risques pesant sur les nappes d'eau souterraine d'Ile- de-France, Annales des mines, PP : 32-40.
- **Mutin G, (1977).** La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606 p.
- **Narasimha, R. C., S. V. Dorairaju, R. M. Bujagendra, and Chalapathi P. V., (2014).** Statistical Analysis of Drinking Water Quality and Its Impact on Human Health in Chandragiri, near Tirupati, India. View. <http://www.eco-web.com/edi/111219.html>
- **Nouayti N., Khattach D., Hilali M., (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc), Journal de Matériel et Science de l'Environnement, Vol 6, N° 4, PP : 1068-1081.
- **Nouveau-Brunswick, Canada., (2020).** Environnement et Gouvernements locaux. Environnement. Eau. Notions élémentaires sur les puits d'eau. <https://www.electionsnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/egl/environnement/content/eau.html>
- **Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP), (2003).** L'eau souterraine, Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication, 31p.
- **Organisation mondiale de la santé (OMS), (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2ème édition, 1050 p.
- **Organisation mondiale de la santé (OMS), (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol 1. Directives, Ed., Genève, 110 p.
- **Oubagha Noura, (2011).** Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Mémoire magister. Université MOULOUD MAMMERI.TIZI OUZOU. P151.
- **Oulad Heddar M., Halilat., Kraimat M., (2018).** Evaluation de la sensibilité à l'ensablement par l'approche medalus dans la région de ghardaïa (algérie). 51-25p
- **PAVARD C., (1975).** Lumière du M'Zab. Delroisse. Paris. 67p

- **Peck H.D., (1970).** Sulphur requirements and metabolism of microorganisms. Proceedings of a symposium on sulphur in nutrition. D.H. Muth & J.E. Oldfield. Ari Publishing Co., Westport, CT.
- **Pierre A., (2014).** Poliomyélite. Médecine tropicale .Diplôme de médecine tropicale des pays de l'océan indien. Article. P9.
- **Potelom J.L et Zysman K., (1998).** Le guide des analyses de l'eau potable. Edition de la Lettre du cadre territorial, Paris : pp. 89-119.
- **Queneau P., Et Hubert J., (2009).** Place des eaux minérales dans l'alimentation, Rapport de l'académie nationale de médecine, Société française de l'hydrologie et climatologie médicale, France, PP : 175-2
- **Quevauviller P., (2010).** Protection des eaux souterraines, législation européenne et avancées scientifiques. Ed TEC&DOC. Paris. 427p.
- **Rejsek F., (2002) :** Analyse des eaux- Aspects réglementaires et techniques, biologie technique CRDP d'aquitaine p : 358-360
- **Remini B., (2010).** La problématique de l'eau en Algérie, Larhyss Journal, N° 08, PP : 27-46.
- **Rodier J., (1996).** L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8ème édition. Dunod. 1383 p
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8ème édition. Dunod, Paris, 1383-1384p
- **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., Chomodé P., Dujardin P., Gosselin S., Seux R., Almardini F., (2009) .** L'analyse de l'eau. 9ème Ed. Dunod. France. p50-337-408-1511-1579
- **Rogeaux O., (1991).** Fièvre typhoïde, Association Tokombéré, Développement et Santé, n°91, 25p
- **Roux M., (1987).** Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. *TEC & DOC*. Paris. 229p
- **Roux M., (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau .Novello Célia. (3). 1-9
- **Saadali B., (2007).** Etude de la qualité des eaux de sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie extrême Nord oriental), Mémoire de magister en géologie, Géosciences, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 110p.
- **Sari H., (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source Attar (Tlemcen), Mémoire de Master en sciences des aliments, Université Abou-BekrBelkaid Tlemcen ,59p.
- **Savary P., (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, PP : 10-179
- **Service de l'Eau (SEVESC), (2013).** Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud, 11p.

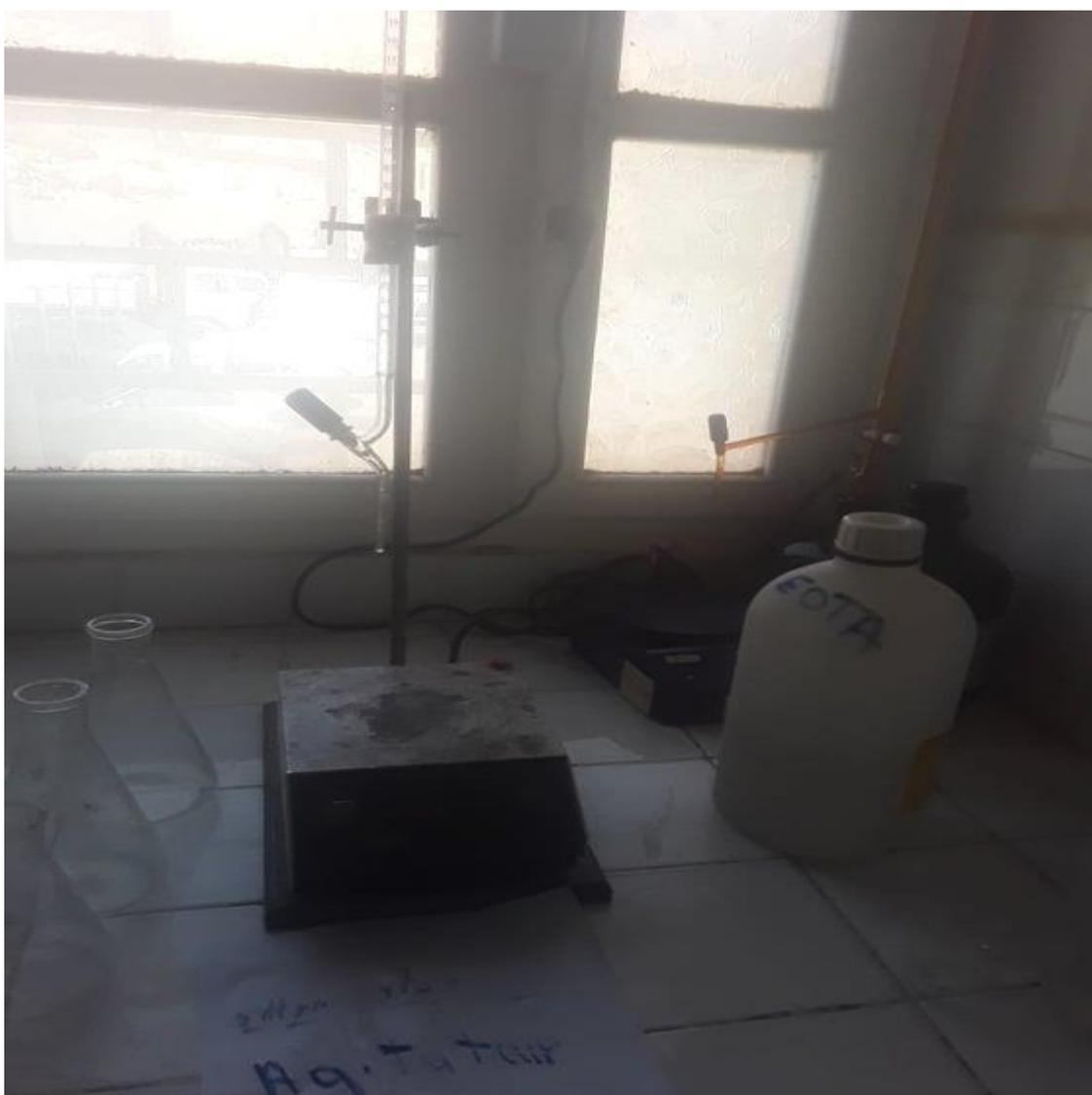
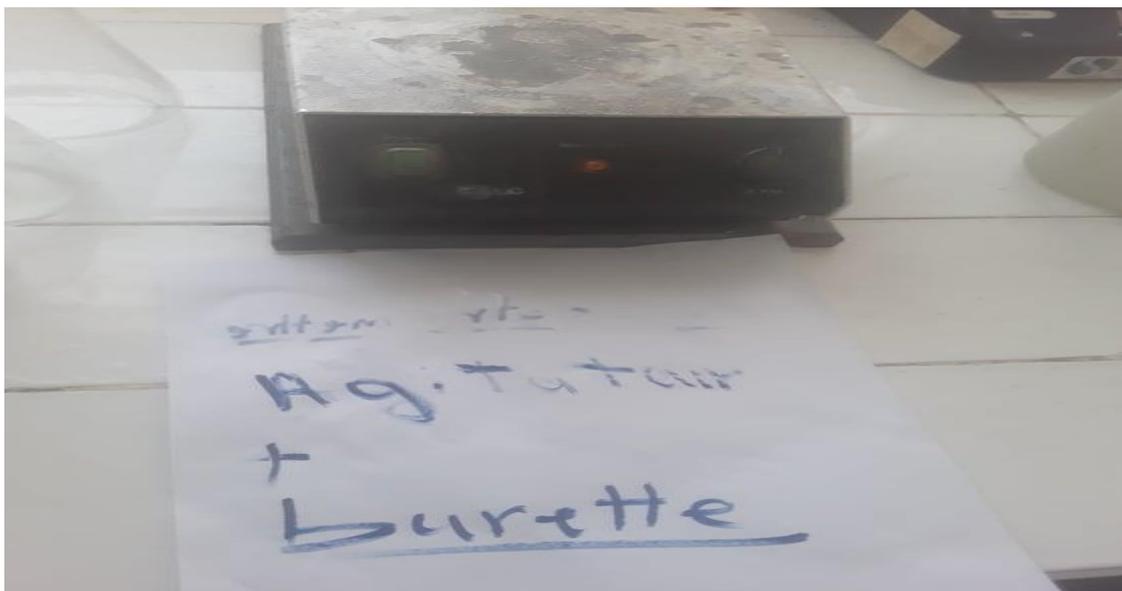
- **Slimani R., (2006).** Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région d'Ouargla : cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines). Mém Magistère. Université Kasdi Merbah Ouargla. 95p.
- **Tardat H.M., (1992).** Chimie Des Eaux, 2ème Edition. Les éditions du griffon D'Argile, pp 213-215.
- **Thomas G. Boyce , M.D. M.P.H., (2019).** Gastro-entérite. University of North Carolina School of Medicine.
- **Tourab H., (2013).** Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz, Université des Sciences et Techniques Cadi Ayyad. Thèse de doctorat , Maroc, 82p
- **Tutiempo, (2020).** <https://fr.tutiempo.net/climat/ws-605660.html>
- **UNESCO, (1972).** Projet ERESS: Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation (UNESCO), Paris.
- **Union Fédérale des Consommateurs-que choisir(UFC), (2017).** Eau du robinet, eau de source, eau minérale, comment choisir. p1
- **Vaé R., (2009).** L'eau de source, la pureté au naturel. *doctissimo* nutrition. Consulté le 6.05.2020.
- **Villagines R., (2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2ème Edition : Tec et Doc. Lavoisier. 3p.
- **Ville L., (1872).** Exploration géologique du Béni-M'Zab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger. Paris, Imprimerie Nationale, 540p
- **Water action decade (WAD), (2017).** Water pollution from and to agriculture. Agriculture as a water polluter: cause <https://wateractiondecade.org/2017/12/09/water-pollution-from-and-to-agriculture/>
- **WHO (World Health Organization). 2011.** Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. 564p..
- **Wikiwater. (2012).** Les divers types de puits et de forages. Généralités. 8 février 2012.https://wikiwater.fr/spip.php?page=spipdf&spipdf=article_pdf&id_article=28&nom_fichier=article28
- **World Health Organization (WHO), (2011).** Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. 564p
- **World Health Organization, (WHO), (1994).** Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2ème édition. Vol 2.Genève.
- **Yombi J.C., Olinga U.N., (2015).** La malaria : aspect clinique et thérapeutique. *Louvain Medical*

Annexes

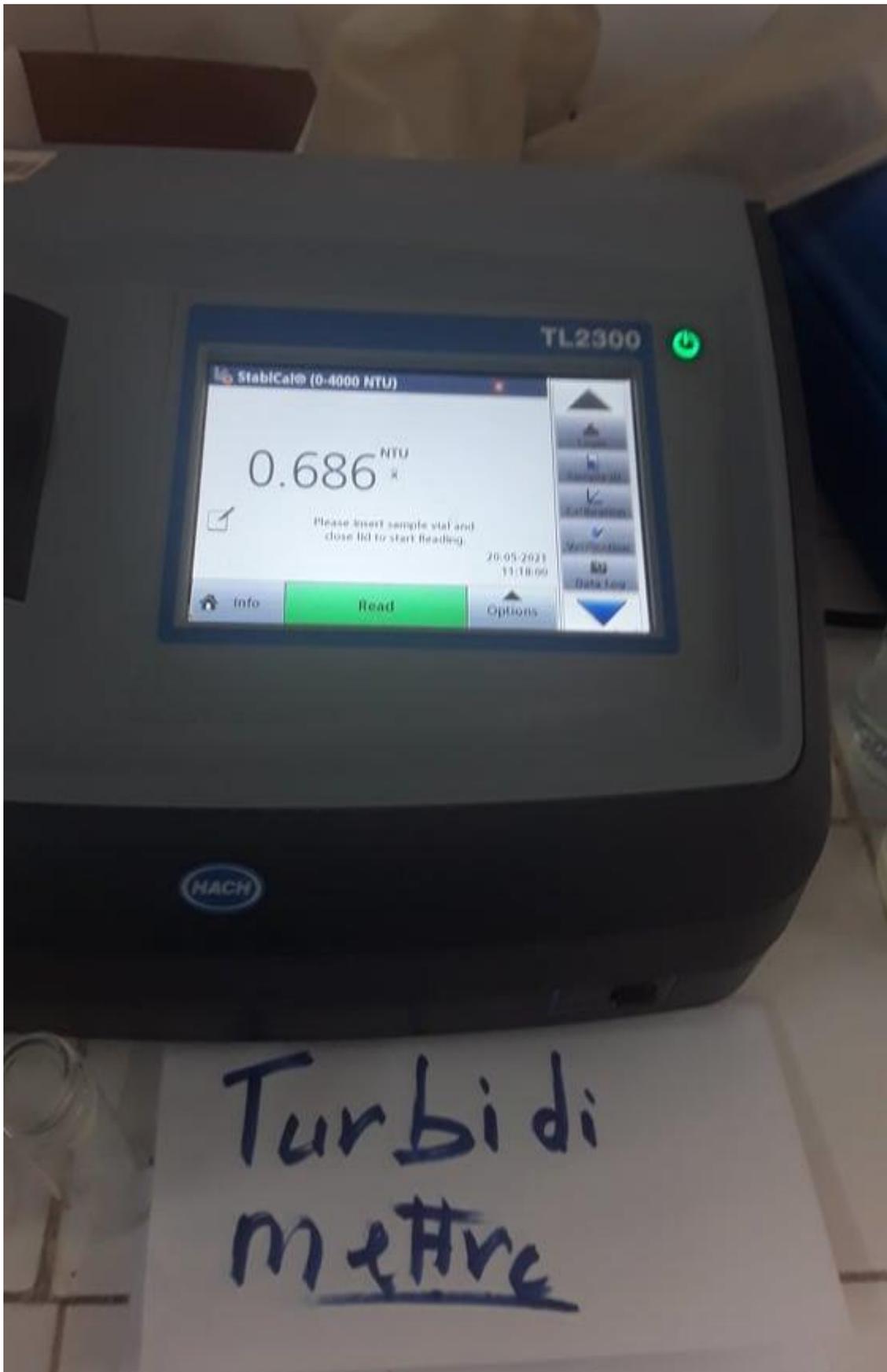
ANNEXE 1



ANNEXE 2



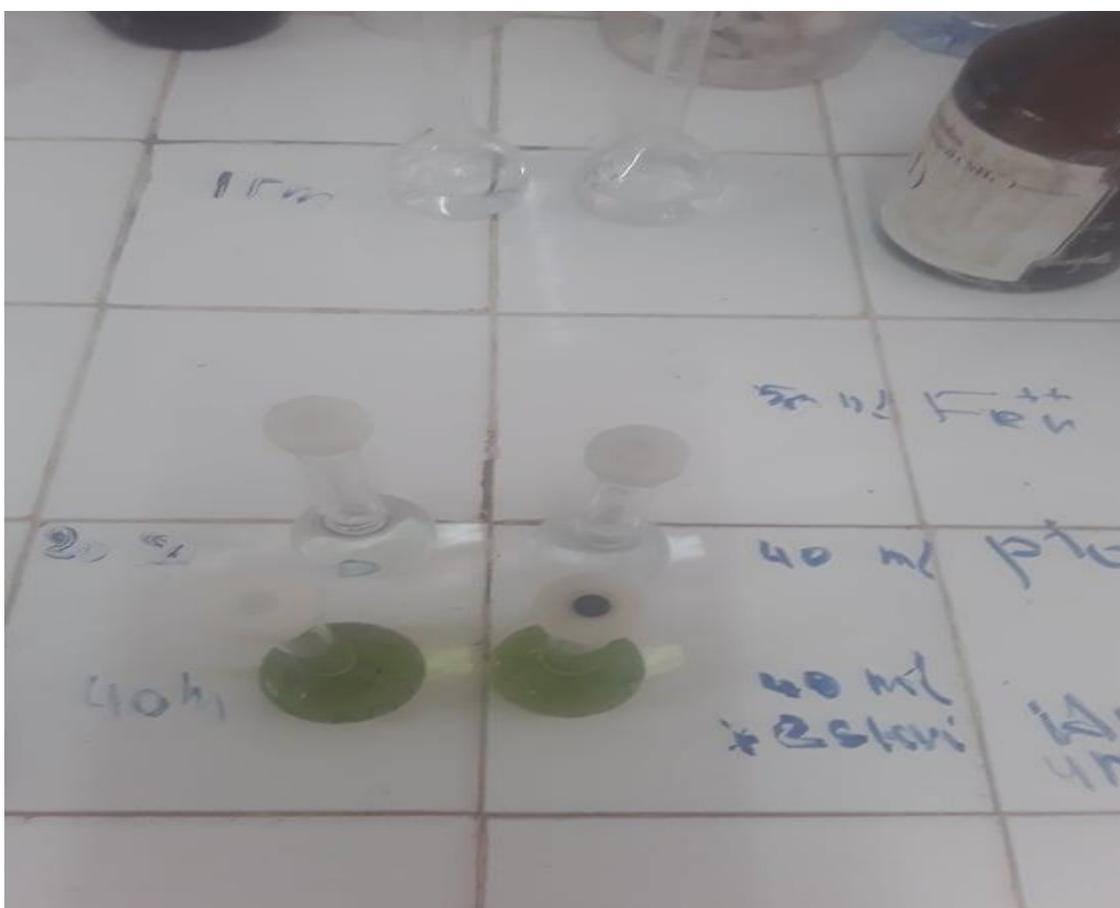
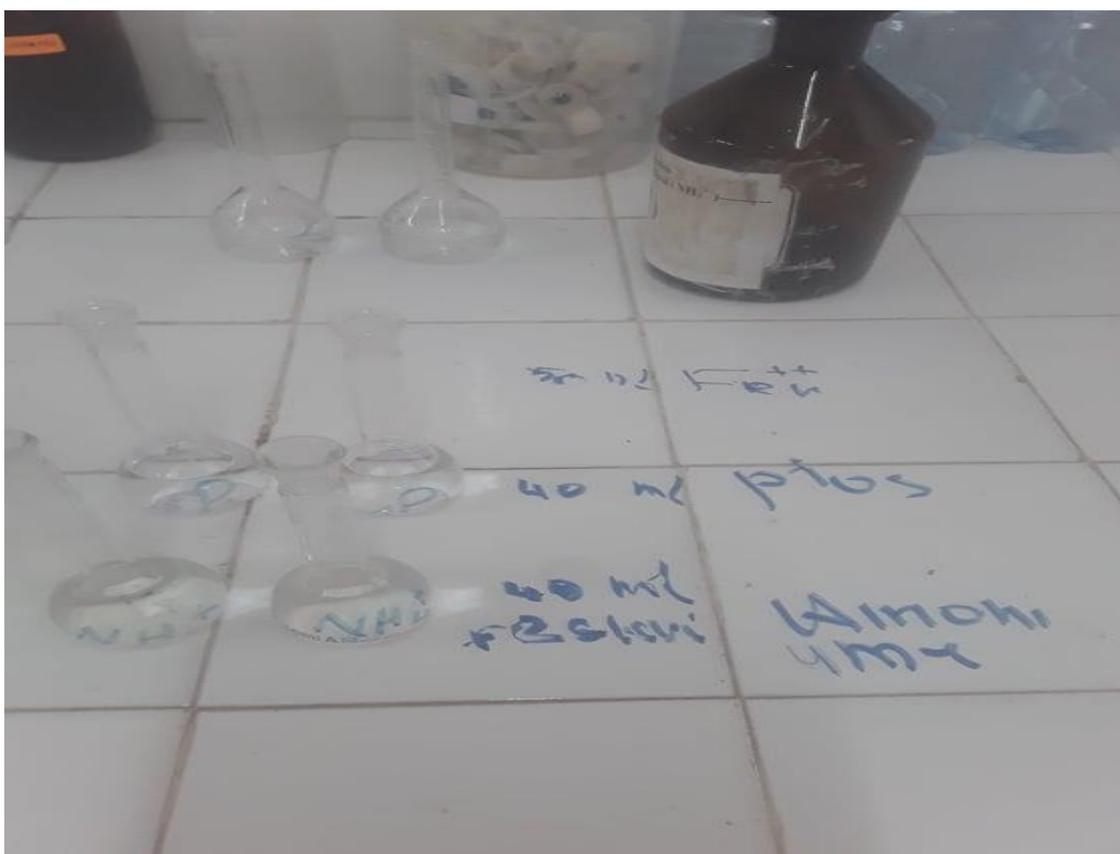
ANNEXE 3



ANNEXE 4



ANNEXE 5



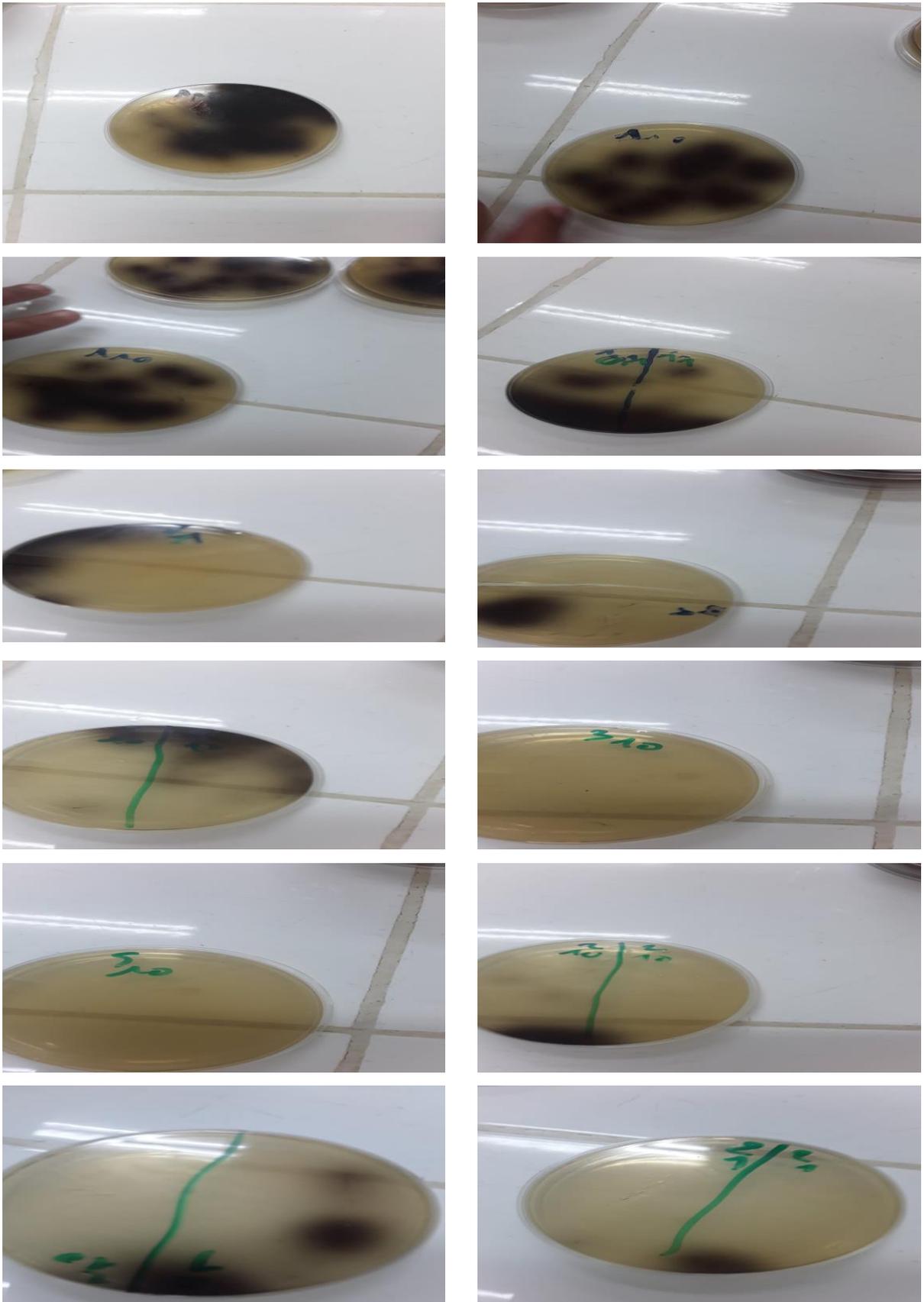
ANNEXE 6



ANNEXE 7



ANNEXE 8



Résumé

Contribution à l'étude de la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili -wilaya de Ghardaïa-

Notre travail s'intéresse à l'étude de la variation spatiale de la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la vallée de Metlili durant la période hivernal de l'année 2021. Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines, afin d'apprécier leur potabilité, et leur impact sur l'homme et l'environnement. Les résultats physico-chimiques d'une manière générale montrent que la qualité de ces eaux est moyenne à médiocre sur l'ensemble des puits prospectés. La majorité des puits sont compatibles à la norme de pH. Ces puits sont marqués par des teneurs de CE très élevés. Ces eaux sont claires et conformément la norme de la turbidité. Tous les puits ne dépassent pas les normes des paramètres de la pollution : ammonium nitrite, phosphate, orthophospahte et le fer, ils ne représentent aucune contamination de ces eaux par ces paramètres. Concernant les éléments majeurs ; la plupart des eaux des puits dépassent les normes fixées pour ces paramètres.

Les résultats des analyses bactériologiques ont prouvé la contamination da la nappe par les eaux usées. Cette qualité bactériologique médiocre constitue un danger majeur sur la santé des populations consommatrices de ces eaux.

Ces résultats montrent une dégradation des ressources hydriques souterraines par les activités agricole et urbaine.

Mots clés : Spatiale, qualité, physico-chimique, bactériologique, nappe phréatique, Metlili.

Abstract

Contribution to the study of the spatial variation in the quality of groundwater in the valley of Metlili -wilaya of Ghardaïa-

Our work is interested in the study of the spatial variation of the quality of groundwater in the Metlili valley during the winter period of the year 2021. Our methodological approach consists in studying the physicochemical and bacteriological quality groundwater, in order to assess their potability, and their impact on man and the environment. The physicochemical results generally show that the quality of these waters is average to poor for all the wells prospected. The majority of wells are compatible with the pH standard. These wells are marked by very high EC contents. These waters are clear and meet the standard for turbidity. All the wells do not exceed the standards of the parameters of pollution: ammonium nitrite, phosphate, orthophospahte and iron, they do not represent any contamination of these waters by these parameters. Regarding the major elements; most well water exceeds the standards set for these parameters.

The results of bacteriological analyzes proved the contamination of the water table by wastewater. This mediocre bacteriological quality constitutes a major danger to the health of the populations consuming this water.

These results show a degradation of underground water resources by agricultural and urban activities.

Keywords: Spatial, quality, physico-chemical, bacteriological, groundwater, Metlili.

الملخص

المساهمة في دراسة التباين المكاني في نوعية المياه الجوفية بوادي متليلي-ولاية غرداية-

يركز عملنا على دراسة التباين المكاني في نوعية المياه الجوفية في وادي ميتليلي خلال فترة الشتاء من عام 2021. يمثل نهجنا المنهجي في دراسة نوعية المياه الجوفية الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية ، من أجل تقييم صلاحيتها للشرب ، و التأثير على الإنسان والبيئة. تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية بشكل عام أن جودة هذه المياه تتراوح بين متوسطة إلى رديئة لجميع الآبار التي تم التنقيب عنها. تتوافق غالبية الآبار مع معيار الأس الهيدروجيني. تتميز هذه الآبار بمحتويات عالية جداً من EC. هذه المياه صافية وتفي بمعايير التعكر. جميع الآبار لا تتجاوز معايير معايير التلوث: تريت الأمونيوم والفسفات والأورثوفوسفات والحديد ، ولا تمثل أي تلوث لهذه المياه بهذه المعايير. فيما يتعلق بالعناصر الرئيسية ؛ معظم مياه الآبار تتجاوز المعايير المحددة لهذه المعايير.

أثبتت نتائج التحليل البكتريولوجية تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي. تشكل هذه النوعية البكتريولوجية المتواضعة خطراً كبيراً على صحة السكان الذين يستهلكون هذه المياه.

تظهر هذه النتائج تدهور موارد المياه الجوفية بسبب الأنشطة الزراعية والحضرية.

الكلمات المفتاحية: مكاني ، جودة ، فيزيائي-كيميائي ، جرثومي ، مياه جوفية ، متليلي.