



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 présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Sciences de l'environnement

Par : M^{elle}. MOULAY OMAR Raouia.
M^{elle}. DJEKAOUA Raouia.

Thème

Evaluation de la qualité biologique des eaux de
l'aquifère alimentant la commune de Metlili

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

Mme. HADDAD S.	MCB	Univ. Ghardaïa	Président
M. GHAZI C.	MCB	Univ. Ghardaïa	Examineur
Dr. KRAIMAT M.	MCB	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier Dr. kraitat Mohamed. D'avoir accepté de nous encadrer sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de nous apporter son attention tout au long de ce travail.

Nous tenons également à remercier Mme. Hedad S. D'avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements s'adressent exceptionnellement à M. Benhammouda Hicham. Et également toute l'équipe de laboratoire universitaire de la faculté des sciences et de la nature et de la vie et sciences de la terre université de Ghardaïa

Notre reconnaissance va à tous les habitants qui ont autorisé à utiliser leur puits pour effectuer les prélèvements d'eau

Dans le souci de n'oublier personne, nous remercions vivement tous ceux qui Ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de nos études

Djekaoua, Moulay Omar.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :

Ma mère et mon père Aicha et Touhami pour leur amour et pour leur patience, conseils, aide et aussi de m'avoir encouragée pour la réalisation de ce travail, et pour leur soutien moral et moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie

A mes chères sœurs : Maria, Zineb, Roufida et Basmala

A mon seul cher frère : Aboubakeur

A mes grands-mères : Souda, Yamina

A mes nièces Amani, Roaa et Alaa

A mon neveu Nidal

A mon cher ami: Bouzaida Rekia

*A mon binôme **Raouia qui** a partagé avec moi les bons et les durs moments.*

Moulay Omar Raouia.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes plus chers êtres au monde :

Ma mère et mon père Dalila et Bachir pour leur amour et pour leur patience, conseils, aide et aussi de m'avoir encouragée pour la réalisation de ce travail, et pour leur soutien moral et matériel durant toutes les étapes de ma vie

A mes grands-mères : Kheira, Djazia

A mes chers frères : Adem, Mehdi, Lahcen et Ahmed

A mes chères sœurs : Imane, Maroua, Halima, Marya et Lydia

A mes chères amies : Rekia, khira et asma

*A mon binôme **Raouia** qui a partagé avec moi les bons et les durs moments.*

Djekaoua Raouia.

Résumé :

La présente étude a été réalisée pour évaluer et déterminer l'analyse microbiologique et physico-chimique de l'eau de certains puits de la région de METLILI et en plus des prises des données géographiques et climatologiques de cette région d'étude, Et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur la santé public.

Cette étude a été réalisée à l'aide de SIG (système d'information géographique) qui est devenue prépondérante dans l'étude des risques de contamination des eaux.

L'analyse microbiologique de l'eau de ces puits a montré une présence totale des germes pathogènes ce qui rend ces eaux impropres à la consommation humaine par rapport aux normes Algériennes et d'OMS, et ce que nous a permis de juger que ces eaux peuvent provoquer des maladies à transmission hydrique pour la santé humaine et de pollution pour l'environnement.

Mots clés : Puits, Qualité, Microbiologique et Physico-chimique, Metlili, Contamination des eaux.

Abstract:

The present study was carried out to evaluate and determine the microbiological and physico-chemical analysis of some water wells in the region of METLILI and in addition to the taking of the geographical and climatological data of this study region, this with an aim of appreciating the evolution of its quality and its impact on the public health.

This study was carried out with the help of GIS (geographic information system) which has become preponderant in the study of the risks of water contamination.

The microbiological analysis of the water of these wells showed a total presence of pathogenic germs, which makes these waters unfit for human consumption compared to the Algerian and WHO standards. which allowed us to judge that these waters can cause water-borne diseases for human health and pollution for the environment.

Key-words: Well, Quality, Microbiological and Physico-chemical, Metlili, Water contamination.

ملخص :

قمنا إجراء دراسة لتقييم وتحديد التحليل الميكروبيولوجي والفيزيائي الكيميائي لبعض مياه آبار منطقة متليلي ، بالإضافة إلى أخذ البيانات الجغرافية والمناخية لمنطقة الدراسة ، وذلك بهدف تقييم تطور نوعيتها وتأثيرها على الصحة العامة.

أجريت هذه الدراسة باستخدام نظام المعلومات الجغرافية (GIS) الذي أصبح سائدا في دراسة مخاطر تلوث المياه.

أظهر التحليل الميكروبيولوجي لمياه هذه الآبار وجود كلي للجراثيم المسببة للأمراض ، مما يجعل هذه المياه غير صالحة للاستهلاك البشري وفقاً للمعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية ، وهو ما يسمح لنا بالحكم على أن هذه المياه يمكن أن تسبب أمراضاً تنقلها المياه لصحة الإنسان وتلوث البيئة .

الكلمات المفتاحية : الآبار , جودة , الميكروبيولوجية والفيزيائية الكيميائية , متليلي , تلوث المياه.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
	Tableau. 1:Caractéristique Géographique de Station Climatologique.	13
	Tableau. 2:Température Moyennes Mensuelles et annuelles de Ghardaïa (1998 -2018).	13
	Tableau. 3: Les vitesses moyennes mensuelles des vents de la station de Ghardaïa (1998-2018).	14
	Tableau. 4:Humidité relative moyenne mensuelle de Ghardaïa (1998 -2018).	15
	Tableau. 5: L'évaporation moyenne mensuelle de Ghardaïa (1998 -2018).	16
	Tableau. 6:Durée mensuelle de l'insolation totale (heures) station de Ghardaïa (1998 -2018).	17
	Tableau. 7:Précipitations moyennes annuelle de Ghardaïa (1998- 2018).	18
	Tableau. 8:Précipitations moyennes mensuelles de Ghardaïa (1998- 2018).	19
	Tableau. 9:Matrice de corrélation de Pearson pour les analyses physicochimique et microbiologique	48

Liste des figures

N°	Titre	Page
	Figure. 1: Situation géographique du commun de Metlili (BENESSEDDIK ,2019).	10
	Figure.2:Carte occupation de sol la région de Metlili (logiciel surfer) (BENESSEDDIK,2019)	12
	Figure. 3: Température Mensuelle de la région Ghardaïa (Origine)	14
	Figure. 4: Les vitesses moyennes mensuelles des vents. (1998-2018).	15
	Figure. 5: Humidités mensuelles de la région de Ghardaïa (1998-2018).	16
	Figure. 6:L'évaporation mensuelle de la région de Ghardaïa (1998-2018).	17
	Figure. 7: L'insolation mensuelle de la région de Ghardaïa (1998-2018).	18
	Figure. 8:La précipitation mensuelle de la région de Ghardaïa (1998-2018).	19
	Figure. 9:Coupe géologique schématique de la région du M'Zab(ANRH).	20
	Figure.10: Carte de répartition des puits au niveau de la région de Metlili.	23
	Figure.11:Variation du pH des eaux des puits des différentes stations.	35
	Figure.12:Carte de variation spatiale de pH des eaux d'aquifère de la région de METLILI.	36
	Figure.13:Variation de la conductivité des eaux des puits des différentes stations.	37
	Figure.14:Carte de variation spatiale de conductivité des eaux d'aquifère de la région de METLILI.	37
	Figure.15:Variation d'oxygène dissous des eaux des puits des différentes stations.	38
	Figure.16:Carte de variation spatiale de l'oxygène dissous des eaux aquifères de la région de METLILI.	39
	Figure. 17:Variation de la flore mésophile totale de chaque échantillon des eaux des puits des différentes stations.	40
	Figure.18:Carte de variation spatiale de la flore mésophile totale des eaux phréatiques de la région de METLILI.	40
	Figure.19:Variation des coliformes totaux de chaque échantillon des eaux des puits des différentes stations.	41
	Figure.20:Carte de variation spatiale des coliformes totaux des eaux phréatiques de la région de METLILI.	42

Figure.21:Variation des coliformes fécaux de chaque échantillon des eaux des puits des différentes stations.	42
Figure.22:Carte de variation spatiale des coliformes fécaux des eaux phréatiques de la région de METLILI.	43
Figure.23:Variation des streptocoques fécaux de chaque échantillon des eaux de puits des différentes stations.	44
Figure.24:Carte de variation spatiale des streptocoques fécaux des eaux phréatiques de la région de METLILI.	44
Figure.25:Variation des Anaérobies sulfito-réducteurs de chaque échantillon des eaux de puits des différentes stations.	45
Figure.26:Carte de variation spatiale des Anaérobies sulfito-réducteurs des eaux phréatiques de la région de METLILI.	46
Figure.27:Variation des levures et moisissures de chaque échantillon des eaux de puits des différentes stations.	47
Figure.28:Carte de variation spatiale des levures et moisissures des eaux phréatiques de la région de METLILI.	47
Figure.29:Représentation des variables mesurées sur le plan factoriel F1 et F2 de l'ACP	49

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo.1	.Flacon en verre Pyrex de volume 1000 ml .	24
Photo.2.	Flacons en verre Pyrex de volume 250ml .	25
photo.3.	Rampe de filtration en acier inoxydable à 06 postes.	28
Photo.4.	Milieu de pré-enrichissement EPT.	29
photo.5.	Milieu d'enrichissement RVS.	30
Photo.6.	Mesure de pH avec un pH-mètre portable.	32
Photo.7.	Mesure de conductivité électrique avec un Conductivité mètre portable.	33
Photo.8.	Mesure de l'oxygène dissous avec un oxymètre portable.	33

Liste des abréviations

m³: mètre cube

OMS : organisation mondiale de la santé.

pH: Potentiel d'hydrogène

Ct : Coliformes totaux

CF: Coliformes fécaux

SF : Streptocoque fécaux

MOR : Micro-organismes revivifiables

EC: Escherichia coli

SIG : Système d'information géographique

FMT : Flore mésophile totale

Km : Kilomètre

ONM: Office nationale de la météorologie

T°: Température

SASS : Système aquifère du Sahara septentrional

CI : Continental intercalaire

CT: Complexe terminal

ANRH : Agence nationale des ressources hydrique

ERESS: Etude de ressource en eau dans le Sahara septentrional

C°: Degré Celsius

ml: millilitre

PET : Poly-téréphtalate d'éthylène

mm: millimètre

GN: Gélose nutritive

TTC: Chlorure de triphényltétrazolium

ASR: Anaérobies sulfite-réducteurs

TSC: Tryptone-Sulfite-Cyclosérine

EPT: Eau péptonée tamponnée

RVS : Rapport-Vassiliadis

SS: Salmonella Shigella

TSI: Triple sugar iron

PDA: potato dextrose agar

H₂S: Sulfure d'hydrogène

CE: conductivité électrique.

ACP: *Analyse en composantes principales*

O₂ :Oxygène

mg: Milligramme

Ufc : Unité formant colonie

CV: Coefficient de variation

A_w : water activity

Tableau de matières

Introduction générale.....	1
Chapitre I. Présentation de la région d'étude	9
1. Situation géographique et la géomorphologie :.....	9
1.1. Situation géographique.....	9
1.2. Géomorphologie :.....	10
2. Occupation du sol :.....	11
2.1. Structure des exploitations agricoles :.....	11
2.2. Système oasien de l'ancienne palmeraie :	11
2.3. Mise en valeur :.....	11
3. Contexte hydro-climatologique :.....	12
3.1. Présentation de station climatologique :.....	12
3.2. Analyse des paramètres climatiques :	13
3.2.1. Température :	13
3.2.2. Vents.....	14
3.2.3. Humidité.....	15
3.2.4. Evaporation	16
3.2.5. Insolation.....	17
3.2.6. Précipitation	18
4. Contexte Géologique :.....	19
4.1. Géologie régionale :.....	19
4.2. La géologie locale	20
4.2.1. Turonien	20
4.2.2. Cénomaniens.....	20
4.2.3. Albien	20
4.2.4. Quaternaire	20
4.3. Tectonique	21
5. Hydrogéologie :.....	21
5.1. Présentation de système aquifère de la région de METLILI.....	21
5.1.1. Nappe phréatique.....	21
5.1.2. Nappe albienne	21
5.2. Gestion des ressources hydrique de la région d'étude	22
5.2.1. Exploitation de la nappe CI.....	22
Chapitre II. Analyses physicochimiques et microbiologiques :.....	23
1. Choix des sites :.....	23
2. Localisation des sites des prélèvements :	23
3. Mode de prélèvement :.....	24

3.1.	Prélèvements d'eau pour l'analyse microbiologique :	24
3.2.	Prélèvements d'eau pour l'analyse physicochimiques :	25
4.	Analyse microbiologique	25
4.1.	Verreries	25
4.2.	Appareillages	26
4.3.	Outils	26
4.4.	Méthodologie :	26
4.4.1.	Flore mésophiles totale FMT :	26
4.4.1.1.	Protocole	27
4.4.2.	Dénombrement des germes témoignant d'une pollution fécale	27
4.4.2.1.	Dénombrement des coliformes totaux et fécaux	27
4.4.2.1.1.	Protocole :	27
4.4.2.2.	Dénombrement des Streptocoques Fécaux :	28
4.4.3.	Dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) : ..	28
4.4.4.	Dénombrement des germes pathogènes (Salmonella, Shigella) :	29
4.4.4.1.	Pré-enrichissement :	29
4.4.4.2.	Enrichissement :	29
4.4.4.3.	Isolement :	30
4.4.4.4.	Identification :	30
4.4.5.	Levure et moisissures :	31
5.	Analyses physico-chimiques :	31
5.1.	Appareillages :	31
5.2.	pH (Potentiel d'Hydrogène) :	32
5.3.	Conductivité électrique (CE) :	32
5.4.	Oxygène dissous :	33
6.	Analyses statistiques :	34
Chapitre III. Résultats et discussion :		35
1.	Resultats des analyses physico-chimiques :	35
1.1.	pH :	35
1.2.	Conductivité électrique (CE)	36
1.3.	Oxygène dissous (OD) :	38
2.	Résultats des analyses microbiologiques :	39
2.1.	Flore mésophile totale :	39
2.2.	Coliformes totaux CT :	41
2.3.	Coliformes fécaux CF :	42
2.4.	Streptocoques fécaux :	43
2.5.	Anaérobies sulfito-réducteurs :	45

2.6.	Levure et moisissure :	46
3.	Résultats des analyses statistiques :.....	48
3.1.	Matrice de corrélation multiple et Analyse en Composantes Principales:	48
4.	Discussion générale :.....	49
CONCLUSION :.....		53

Introduction

L'eau est au monde ce que le sang est à notre corps (HADJ, 2020), C'est l'un des éléments majeurs qui a un rôle environnemental par excellence au cœur du système terrestre (AMOULD et HOTYAT., 2003). En effet, l'eau est sans doute l'élément le plus important de notre existence. Il est le constituant essentiel des organismes vivants (GUESSOUM et al., 2014).

Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Elle est aussi considérée comme un transporteur potentiel de nombreuses maladies (ROUX, 1987).

A l'heure actuelle, la disponibilité en eau de bonne qualité est indispensable pour le bien-être de l'homme. Or actuellement il est difficile de trouver de l'eau en adéquation avec les exigences qualitatives définies pour l'eau potable destinée à la consommation et au développement économique. Une exigence essentielle pour sa pureté et solubilité, ainsi que l'absence de matières toxiques, de microorganismes et autres paramètres indésirables (HADJ., 2020). L'appréciation de la qualité des eaux se base sur différents paramètres regroupés comme suit :

La qualité physique et gustative : Claire, incolore, inodore, douce, saveur

La qualité microbiologique : Aussi pauvre que possible en germes microbiens.

La qualité chimique : elle ne doit pas contenir de substances chimiques reconnues dangereuses et pouvant provoquer des maladies.

Ne pas contenir des substances la rendant inutilisable pour la cuisine, Les substances « indésirables » leur présence est tolérée tant qu'il reste inférieur à une certaine limite.

Indemne de substances reconnues pour leurs propriétés agressives vis-à-vis des canalisations (métaux, ciments) (U. EUROPEENNE, 1980).

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile.

La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine. Le mécanisme de cette pollution des eaux souterraines est souvent un processus évolutif dans l'espace et dans le

temps et il est difficilement maîtrisable (ABDELBAKI et BOUKLI, 2007).

Parmi les eaux souterraines, ce sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22% des réserves d'eaux douces, soit environ 1000 milliard de m³. Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol (AISSAOUI, 2013). Contrairement à l'eau de surface, l'eau souterraine n'est pas canalisée comme un ruisseau ou une rivière, mais elle circule en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain. L'eau souterraine est une composante importante du cycle hydrologique ; l'eau provenant des précipitations s'infiltré dans le sol, circule verticalement jusqu'à la zone de saturation (nappe phréatique) et se déplace vers la zone naturelle de résurgence (les cours d'eau) située en aval (MYRAND, 2007). Elles sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elle est donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface (ARAB et al., 2015). Elles représentent, en effet, une excellente source d'approvisionnement en eau potable. Le filtre naturel constitué par les matériaux géologiques produit le plus souvent une eau de bonne qualité. Leur exploitation présente des avantages économiques appréciables, du fait qu'elles ne nécessitent que peu de traitement et parfois même aucun. Le maintien de cet avantage relatif requiert cependant que des mesures soient prises pour préserver de façon durable la qualité de cette ressource (AOUISSI,2010).

La pollution comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau. C'est la contamination de l'eau par les corps et substances étrangers tels que des microorganismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres ; dues à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques (Shukuru Salulum, 2010)

Il existe plusieurs manières de classer la pollution, selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : Pollution physique – pollution chimique – pollution microbienne (HADJ, 2020)

Des paramètres physiques, chimiques et microbiologiques sont utilisés pour mesurer la qualité de l'eau souterraine. Les paramètres physiques décrivent la couleur, la température et les quantités de matières solides en suspension dans l'eau. Les polluants chimiques peuvent provenir de dépôts naturels dans le sol ou de rejets industriels, et chaque source de polluant a des paramètres différents.

Les polluants microbiologiques proviennent pour la plupart des déchets humains et animaux, bien que quelques-uns se produisent naturellement. Les bactéries dans l'eau de consommation humaine sont une importante cause de maladie et maintenir un système d'eau exempt de bactéries est un pas important dans la protection de la santé collective. Cette section donne une vue d'ensemble des questions relatives à la qualité de l'eau souterraine (W. DAVIS et al., 2009).

La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation et la mauvaise qualité de l'eau peut être induite par des activités anthropiques ou par des phénomènes naturels. D'après l'organisation mondiale de la santé (OMS, 1994).

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).

Les organismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau sont très nombreux et variés. Leur présence est toujours liée à une pollution fécale de celle-ci. Cependant, il est difficile de les mettre en évidence, d'une part, parce qu'ils sont trop nombreux pour faire l'objet d'une recherche spécifique, et d'autre part, parce que leur identification demeure souvent difficile voire impossible (virus). De plus, leur durée de vie dans l'eau est parfois très courte (TOURAB, 2013).

Les raisons pour lesquelles, le contrôle de la qualité des eaux est primordial, sont :

-Une eau de mauvaise qualité microbiologique peut être responsable de troubles digestifs mais aussi d'infections de la peau et des muqueuses, notamment en cas de lésions ou de sensibilités particulières. La contamination microbiologique peut provenir d'un tas de fumier, d'un assainissement non collectif (fosse septique) défectueux...

-Une eau trop douce ou inversement très dure, un pH (acidité) inadapté peuvent créer des désordres dans l'installation : corrosions, entartrages, usure prématurée de la chaudière, des

appareils ménagers (AOUISSI, 2010).

Généralement, toutes les ressources d'eaux, soient des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profonds, contient 03 types des germes : typiquement aquatique, tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécale). Quel que soit le type du germe il peut engendre des maladies infectieuses chez l'homme.

En définitive la majorité des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires) pouvant causer des maladies susceptibles de se trouver dans l'eau, proviennent des déjections humaines ou animales, l'importance de pollution microbiologie nous obliger de faire un traitement avant d'être distribuée au public (DJEKAOUA et LAHRECHE, 2020).

Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte porte sur la quantification des germes suivant : les coliformes totaux (CT), les coliformes fécaux (CF), les streptocoque fécaux (SF), les anaérobies sulfite-réducteurs, les micro-organismes revivifiables (MOR), levure moisissure et Salmonella. (HAIJOUBI et al., 2017)

Coliformes totaux

Sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale.

Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatifs. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (Ec) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (CHEVALIER, 2003).

Coliformes fécaux

Ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers

ou de la transformation alimentaire. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. Par ailleurs, puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (PAINCHAUD, 1997).

Streptocoques fécaux

Anciennement la législation parlait de « streptocoques fécaux », sous cette dénomination générale, il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide téichoïque), antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal. Ils sont présents dans le tube digestif et constituent une population importante, ils présentent l'avantage sur les coliformes de ne pas pouvoir se multiplier dans l'eau. On dit maintenant recherche des entérocoques intestinaux. Les dénombrements des entérocoques présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements de coliformes et coliformes thermo tolérants présumés. Toutefois, d'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont, dans les milieux naturels autres que ceux spécifiquement pollués par le bétail, inférieurs à celles des coliformes fécaux (RODIER, 2009). Norme : absence dans 100ml d'eau (GADIN-GOYON, 2002).

Clostridies sulfite-réductrices

Ne sont pas seulement d'origine fécale, mais sont des germes ubiquistes, dont la présence dans l'eau est souvent révélatrice d'infiltration telluriques, ou de matières organiques en putréfaction, bien que *C. perfringens* soit un indicateur assez spécifique de la pollution liée aux déjections animales. La présence de ces spores permet donc de détecter une contamination ancienne ou intermittente. Leur absence indique une bonne protection des nappes. Norme : ≤ 1 dans 20 ml d'eau (GADIN-GOYON, 2002).

La flore mésophile aérobie totale (FMAT)

La flore mésophile aérobie totale (aussi appelée flore totale) représente l'ensemble des microorganismes se développant en présence d'oxygène à une température optimale de 30°C (multiplication active de 10°C à 45°C) (THEAU, 2005).

La FMAT est un indicateur microbiologique qui permet d'évaluer la charge bactérienne globale présente dans un aliment ou sur une surface (micro-organismes tests d'hygiène) (BONNEFOY, 2002).

Salmonella

Les Salmonelles sont des entérobactéries, pour la plupart pathogènes pour l'homme, agents de nombreuses infections comme les fièvres typhoïde et paratyphoïdes, des gastro-entérites (Salmonellose) et de toxi-infections alimentaires parfois collectives, ces maladies sont à déclaration obligatoire (CARIP., 2008)

Les Salmonelles sont des bacilles Gram négatif, mobiles à l'aide des ciliatures péricytes riches, aéro-anaérobies facultatifs, catalase positif, oxydase négative, nitrate réductase positif, capable de fermenter le glucose par fermentation alcoolique mais incapable de fermenter le lactose ou de produire de l'uréase, ne possède pas la bêta-galactosidase, H₂S positif ou négatif, lysine décarboxylase négative, indole négatif (GUIRAND, 2004) (CARIP, 2008).

Levure

Micro-organisme aérobie, mésophile qui à 25°C et en utilisant un milieu gélosé dans les conditions décrites dans la présente méthode, se développe à la surface du milieu en formant des colonies (2.4) présentant plus souvent un contour régulier et une surface plus au moins convexe (JORADP, 2015).

Moisissure

Micro-organisme aérobie, mésophile filamenteux qui, à la surface d'un milieu gélosé et dans les conditions décrites dans la présente méthode, développe habituellement des propagules ou des germes (2.3) plats ou duveteux ou des colonies (2.4) présentant souvent des fructifications colorées et des formes de sporulation (JORADP, 2015).

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou

induite, la première cause de maladies et de mortalité au monde (KHERIFI et BEKIRI,2017).

Parmi les infections à transmission hydrique que l'on retrouve en Algérie, on peut citer : la fièvre typhoïde, le choléra, les hépatites infectieuses, les dysenteries, etc. Il est clair que les changements climatiques ainsi que le mode de gestion de l'eau sont en étroite relation avec l'ampleur des maladies à transmission hydrique. La résurgence de certaines maladies disparues ces dernières années où tout au moins maîtrisées met en relief la nécessité de doter les pays d'observation épidémiologique lesquelles doivent suivre les facteurs susceptibles de favoriser l'émergence ou réémergence de certaines maladies graves (GANIN et CHOUVIN ,2017)

Le choléra peut se produire sporadiquement dans toute partie du monde où les approvisionnements en eau, l'assainissement, la salubrité des aliments et les pratiques d'hygiène laissent à désirer. Les communautés surpeuplées qui vivent dans de mauvaises conditions d'assainissement et qui n'ont pas un approvisionnement en eau de boisson saine sont celles qui sont le plus fréquemment touchées.

Cette maladie est une infection intestinale aiguë qui commence par une diarrhée aqueuse indolore, des nausées et des vomissements, La plupart des sujets atteints ont une diarrhée très bénigne ou une infection asymptomatique (TANDJIR, 2012).

La diarrhée devient incoercible, avec des grains réniformes, déshydratation aigue et hypothermique et collapsus cardio-vasculaire (AMGHAR et TASSADIT, 2017).

Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes : Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles comme *Salmonella typhi* et *Durunphi A, B et C*. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques. La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales (VIALGINES, 2010).

En outre, cette étude a permis de montrer l'avantage que peut apporter l'utilisation des techniques du SIG (système d'information géographique) sous environnement.

L'utilisation des SIG est devenue prépondérante dans l'étude des risques de contamination des eaux souterraines. Les outils SIG permettent de combiner des méthodes et approches différentes d'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines (AUTERIVES et BARAN, 2015). CORWIN et WAGENET (1996) décrivent 3 types de couplages entre SIG et modèles numériques de pollutions diffuses : les modèles à index, les modèles de régression statistique et les modèles transitoires de transport de soluté. L'interprétation d'images de télédétection combinée à un outil SIG permet d'avoir une évolution spatio-temporelle de la vulnérabilité des eaux souterraines (ALBUQUERQUE et al., 2013).

Vue cette importance majeure, nous avons essayé d'évaluer et de déterminer la qualité microbiologique des eaux des puits provenant de la région de METLILI wilaya de GHARDAIA. Pour ce faire, la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux a été examinée dans une perspective d'étudier le seuil de variabilité spatiale de la contamination de ces eaux et son impact sur la santé publique. Le travail est, en effet, réparti comme suit :

- Une introduction générale.
- Une deuxième partie réservée à la présentation des matériels et des méthodes mis en œuvre dans ce travail, ainsi aux différents essais menés pour la mise au point des méthodes analytiques.
- Une troisième partie détaille la discussion des résultats obtenus ainsi que leur interprétation, suivie par une conclusion générale.

Chapitre I. Présentation de la région d'étude

Le présent chapitre consiste à présenter la région d'étude ensuite le matériel et les méthodes d'analyse, utilisés en vue d'examiner la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la région de METLILI.

1. Situation géographique et géomorphologique :

1.1. Situation géographique

La commune de Metlili est située au Sud de la wilaya de Ghardaïa à une distance de 45 km (fig.01), elle couvre une superficie de 7300 Km² et est repérée par les coordonnées suivantes:

- Latitude : 32° 16' nord.
- Longitude : 3° 38' Est,
- Altitude de 455 m.

Elle est limitée :

- Au nord par : la wilaya d'el Bayadh et les communes de Daya, Bounoura, El Atteuf et Zelfana.
- Au sud par : la commune de Sebseb
- A l'est par : la wilaya de Ouargla
- A l'ouest par : la wilaya d'El Bayadh (BENESSEDIK, 2019)

Matériel et méthodes

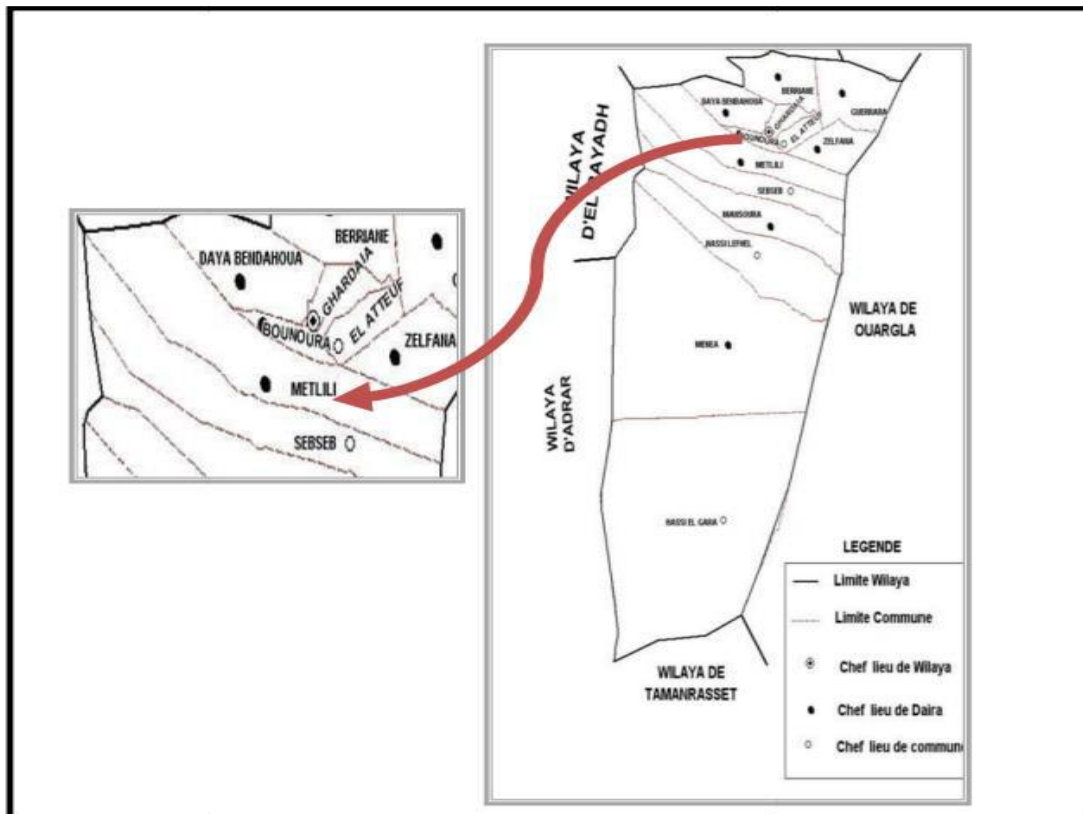


Figure 1. Situation géographique de la commune de Metlili (BENESSEDDIK ,2019).

1.2.Géomorphologie :

La région de Metlili est caractérisée par un relief très accidenté formé par un réseau serré de ravines séparées par des crêtes ou des croupes. Les ravins sont sous l'actions de l'érosion pluviale au début du quaternaire (OULEDMIRE, 2000)

Selon (BENSAMOUN, 2007), la région de Metlili est caractérisée par la présence de différentes formes géomorphologiques qui sont:

- a) Les oueds : oued Metlili, dont l'orientation est l'Ouest vers l'Est jusqu'aux environs de Ouargla
- b) Hamada : terre régulée qui existe à l'Est de la région de Metlili
- c) Chebka : comme une terre rocheuse ou existe les lignes des ensembles des oueds exemple oued Metlili, oued Sebseb ou Oued N'Saa.
- d) Aregs : est une formation des sables différents en volume soit mobiles ou stable, ils occupent une grande partie de la superficie totale de la wilaya de Ghardaïa.

2. Occupation du sol :

La région de Metlili connu qu'est un zone palmeraie, qui couvert une grande partie de la superficie de la zone, la zone urbanise couvre la petite partie de la superficie, vos populations atteint 43.030 habitants, le tissu urbain de la ville est construit par des pôles d'évolution où la ville est en voie de saturation (D.P.A.T, 2009).

2.1. Structure des exploitations agricoles :

Le secteur de l'agriculture est caractérisé par deux systèmes d'exploitation ; l'ancienne palmeraie et la mise en valeur.

2.2. Système oasien de l'ancienne palmeraie :

Le système oasien de l'ancienne palmeraie est caractérisé par une forte densité de plantation, palmiers âgés, une irrigation traditionnelle par séguias et des exploitations mal structurées et fortement morcelées (0.5à 1.5 ha) Ce système caractérisé par des cultures étagées de palmiers dattiers, arbres fruitiers, maraîchage et fourrages en intercalaire des activités d'élevages familiaux sont souvent pratiquées avec des cheptels de petites tailles (HANICHI et HAMEL,2020)

2.3. Mise en valeur :

Le système de mise en valeur se scinde en une :

a) Mise en valeur péri-oasienne : il s'agit petite mise en valeur, basée sur l'extension des anciennes palmeraies selon un système oasien amélioré et caractérisé par une irrigation localisée, une densité optimale, un alignement régulier, et une exploitation structurée. La taille moyenne est de 2 à 10 ha.

b) Mise en valeur d'entreprise : C'est la grande mise en valeur mobilisant d'importants investissements, basée sur l'exploitation exclusive des eaux souterraines profondes et est caractérisée par: structure foncière importante (jusqu'à 500 ha), mécanisation plus importante, irrigation localisée et/ou par aspersion. Pratiquant des cultures de plein champs et vergers phoénicoles et arboricoles. Les cheptels associés aux productions végétales sont importants notamment ovin et bovin (HANICHI et HAMEL,2020).

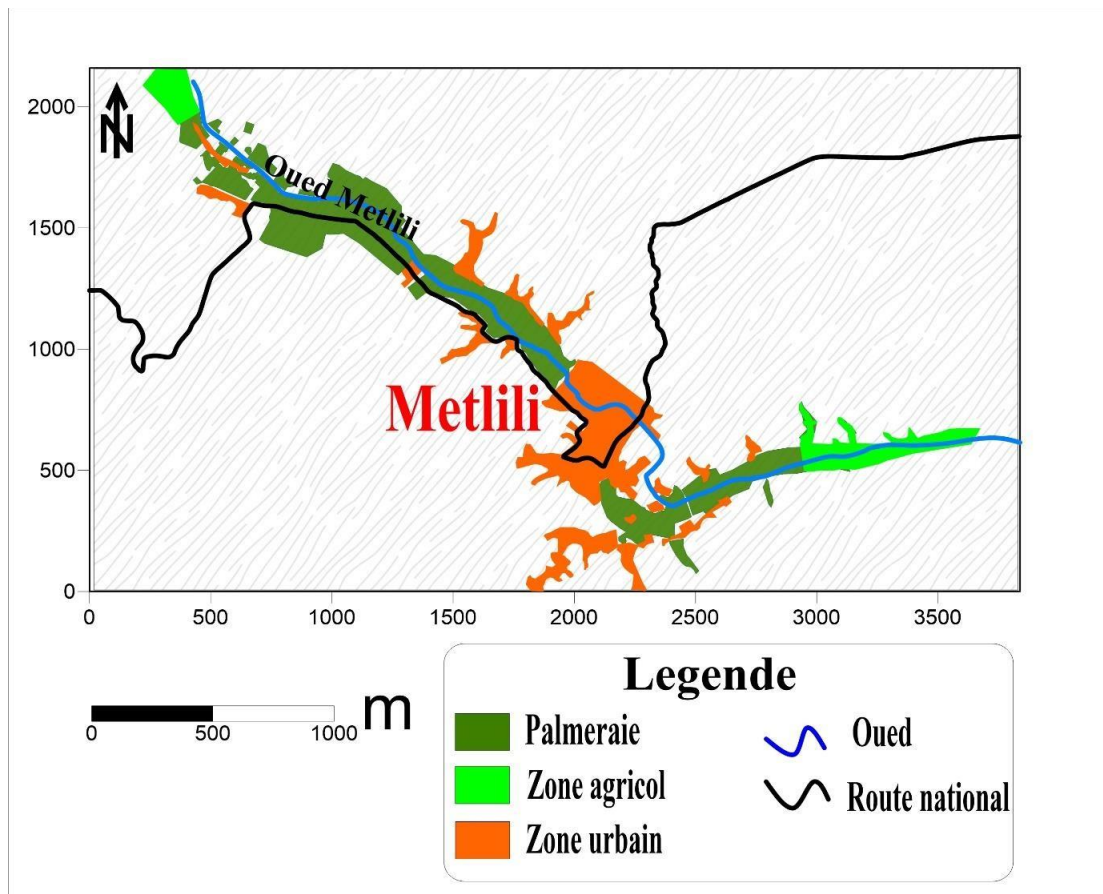


Figure 2. Carte occupation de sol la région de Metlili (logiciel surfer) (BENESSEDDIK,2019).

3. Contexte hydro-climatologique :

La région de Ghardaïa est une région située dans le Sahara septentrional caractérisé par un climat chaud et sec en été et froid en hiver, L'étude climatique est très importante. Elle nous permet de déterminer les caractéristiques de climat de notre région et mettre en évidence la contribution des différents facteurs à la variation des ressources en eau souterrain tel que la température, L'humidité, La précipitations, Le vent, L'évaporation et l'évapotranspiration (BENSEEDIK, 2019)

3.1.Présentation de station climatologique :

La seule station disponible à l'intérieur de notre bassin versant est celle de l'ONM située près de l'aéroport de Ghardaïa. Ses coordonnées sont : Latitude : 32°23N, Longitude : 03°49E, Altitude : 450m.

Le tableau ci-dessous donne la caractéristique de station.

Matériel et méthodes

Tableau. 1:Caractéristique Géographique de Station Climatologique (ONM, 2019).

Code de la station	Nom de la station	Altitude Z (m)	Coordonnée		Période d'observation
			Latitude	Longitude	
605660	GHARDAIA « Noumérat »	468	32°24 N	03°48 E	1998-2018

3.2. Analyse des paramètres climatiques :

3.2.1. Température :

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, D'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. (Tableau. 2) (ONM, 2019).

Tableau. 2:Température Moyennes Mensuelles et annuelles de Ghardaïa (1998 -2018) (ONM ,2019).

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout
T Min	21.70	16.59	8.93	5.49	4.78	5.93	9.22	13.15	17.80	23.08	27.74	26.63
T Max	38.79	34.38	26.96	21.29	21.05	23.02	28.29	33.67	37.69	42.58	45.65	43.60
T Moy	30.88	25.02	17.54	12.86	12.01	13.87	18.24	31.73	28.31	32.93	34.70	35.63

On observe à partir le Tableau que :

- La température minimum est en janvier avec une valeur de 4.78°C
- La température maximum est en juillet avec valeur de 45.65°C
- La température moyenne est atténue en aout avec une valeur de 35.63°C

Matériel et méthodes

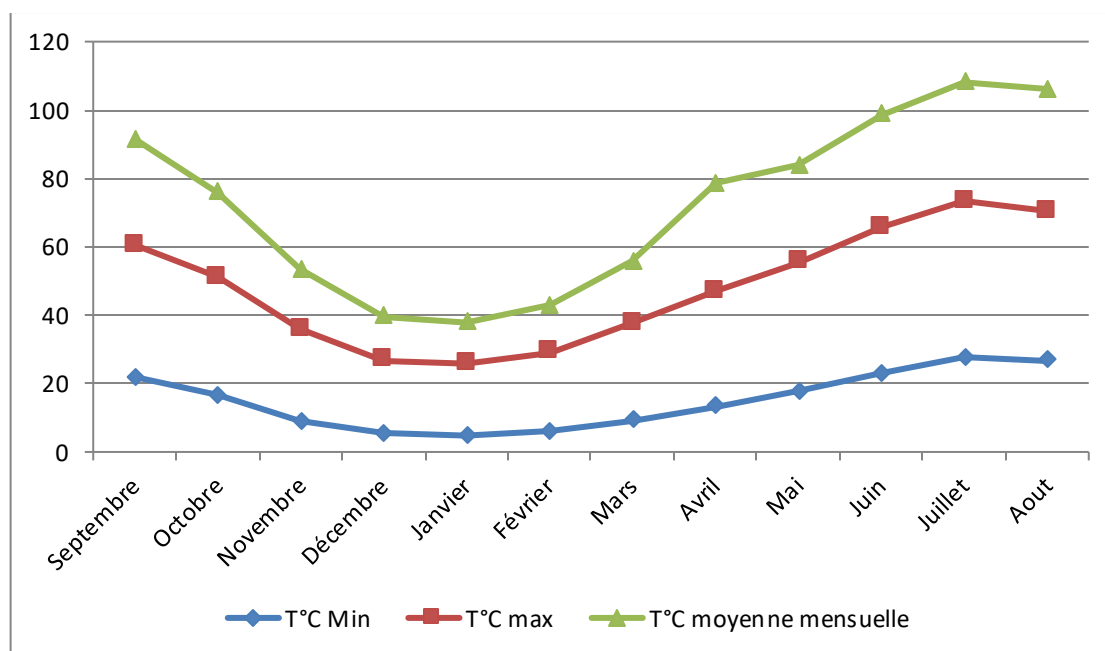


Figure 3. Température Mensuelle de la région Ghardaïa (1998-2018)

3.2.2. Vents

Le vent est un agent climatique influant directement sur le climat d'une région. Sa vitesse Régit l'évaporation à la surface du sol et de la végétation. (ONM., 2019).

Les vitesses Moyennes mensuelles des vents à la station ONM Ghardaïa. Sont illustrées dans le Tableau Suivant :

Tableau. 3: Les vitesses moyennes mensuelles des vents de la station de Ghardaïa (1998-2018) (ONM, 2019).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vent (m/s)	21.03	27.34	17.27	17.77	17.18	19.29	19.68	21.36	22.27	22.15	21.27	22.71

On remarque que le maximum des vitesses est enregistré au mois d'Octobre et le minimum au mois de Janvier.

Matériel et méthodes

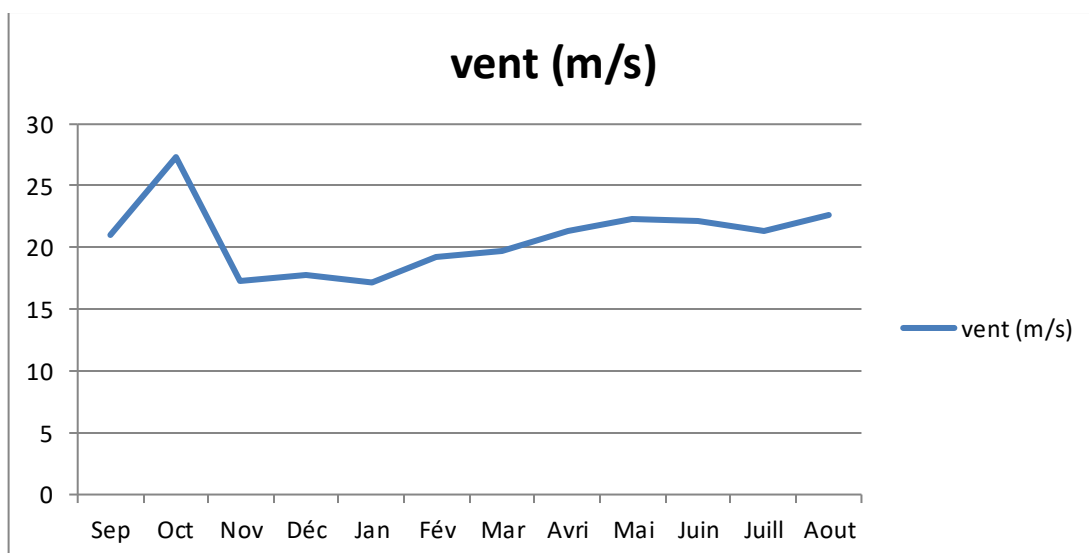


Figure 4. Les vitesses moyennes mensuelles des vents. (1998-2018).

3.2.3. Humidité

L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère.

Tableau. 4:Humidité relative moyenne mensuelle de Ghardaïa (1998 -2018). (ONM, 2019)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout
Humidité (%)	53.3	45.1	38.3	34.2	28.6	25.4	21.5	26.1	36.6	43.6	50.2	58.1

On constate que le maximum pourcentage d'humidité de mois Aout avec une valeur 58.1 et le minimum de mois de Mars avec une valeur 21.5.

Matériel et méthodes

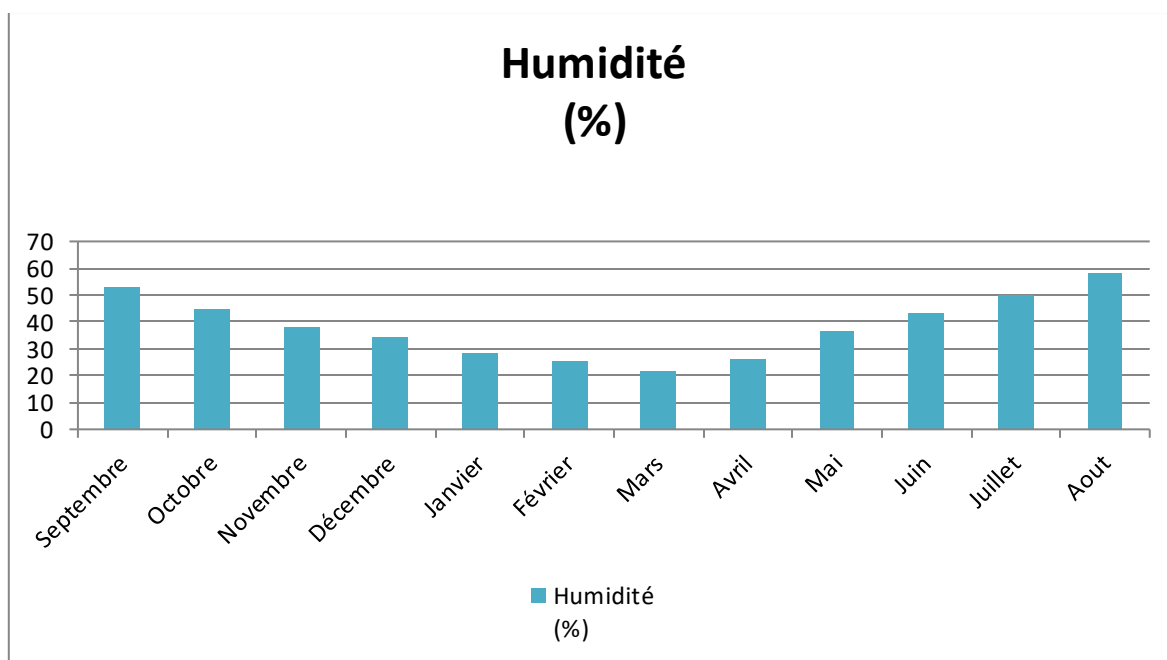


Figure 5. Humidités mensuelles de la région de Ghardaïa (1998-2018).

3.2.4. Evaporation

C'est le processus physique de la transformation de l'eau en vapeur d'eau. Elle est un paramètre essentiel, car il représente une partie de la fonction de « sortie » dans le bilan hydrologique d'une région donnée. Cependant il est difficile à mesurer, car il dépend de plusieurs facteurs qui sont variables dans l'espace et dans le temps, tels que la température, les précipitations, la vitesse des vents, l'humidité de l'air, l'état du sol et la végétation (SAOUD, 2014).

L'évaporomètre de Piché est de l'ordre de 3110 mm/an. À savoir 35 fois plus grande que la pluviométrie qui est mesurée l'évaporation. Avec un maximum au mois de Juillet de l'ordre de 418 mm et un minimum de 105 mm obtenue au mois de Janvier. Ces valeurs élevées sont reliées à la forte température et aux vents violents.

Tableau. 5: L'évaporation moyenne mensuelle de Ghardaïa (1998 -2018). (ONM, 2019)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Evap (mm)	281	188	127	130	105	128	183	263	313	370	418	376

Matériel et méthodes

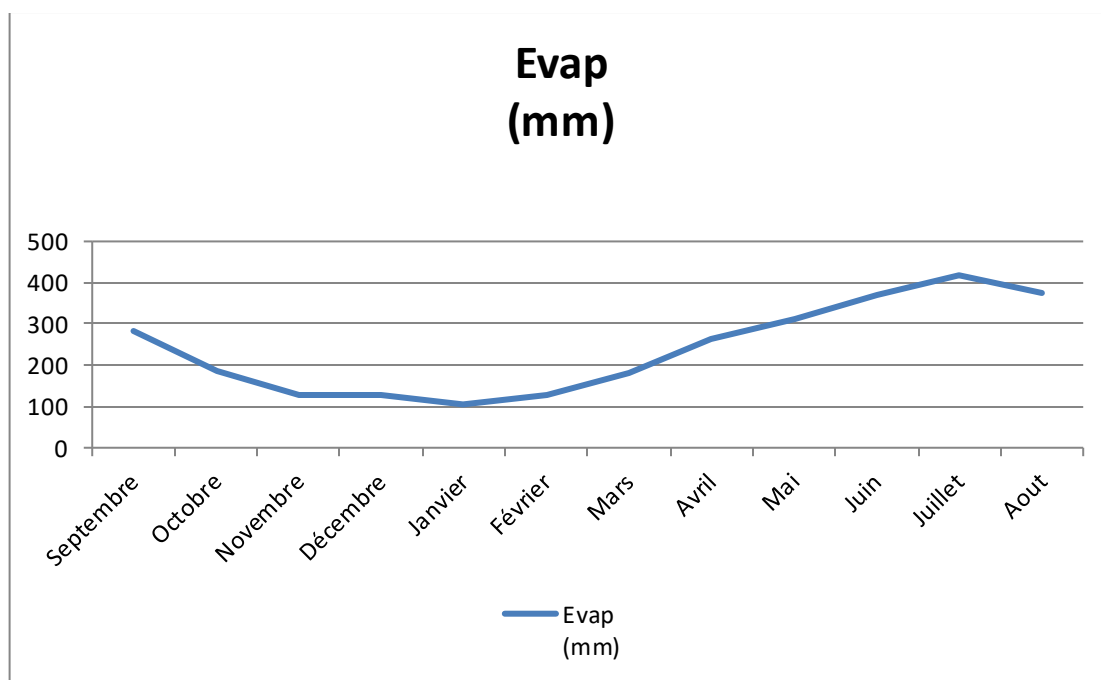


Figure 6. L'évaporation mensuelle de la région de Ghardaïa (1998-2018).

3.2.5. Insolation

Le tableau ci-dessous montre les données de l'insolation.

Tableau. 6: Durée mensuelle de l'insolation totale (heures) station de Ghardaïa (1998 - 2018). (ONM, 2019).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Insol (h/mois)	282	281	262	253	262	256	293	310	338	355	361	342

En été : les valeurs moyennes maximales enregistrées pour le mois de Juillet. Sont de 361 (H/mois).

En hiver : les valeurs moyennes minimales enregistrées pendant le mois de Décembre sont de 253(h/mois). La moyenne annuelle de l'insolation est 308 (h/mois).

Matériel et méthodes

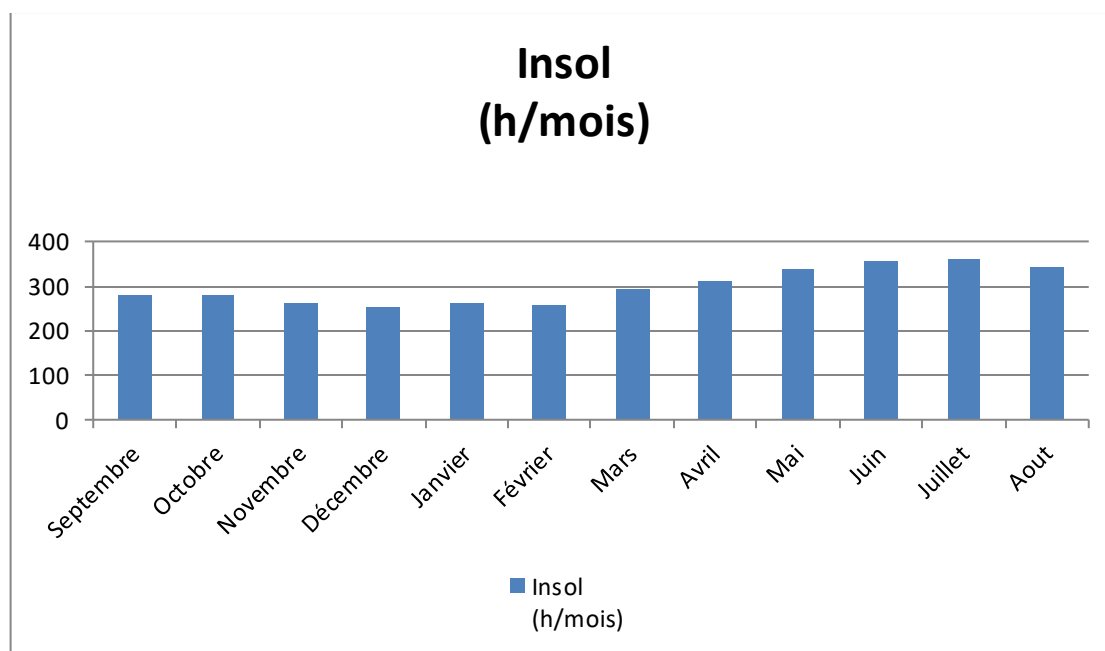


Figure 7. L'insolation mensuelle de la région de Ghardaïa (1998-2018).

3.2.6. Précipitation

a- Précipitations annuelles :

Le tableau des variations annuelles des précipitations (Tableau.7) montre que l'année la Pluvieuse est l'année 2004 avec une hauteur annuelle de 171.3 mm et l'année la plus Sèche est celle de 2018 avec une hauteur annuelle de 22.4 mm.

Tableau. 7:Précipitations moyennes annuelle de Ghardaïa (1998- 2018) (ONM, 2019).

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Moyen annuel	25.2	103.9	56.7	48.6	59.6	96.0	171.3	101.9	72.2	61.3
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
110.4	134.6	41.8	154.8	38.9	67.6	45.9	53.0	30.2	42.3	22.4

b- Précipitations moyenne mensuelles :

Pour l'étude de la précipitation on a obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de (1998-2018). Selon le (Tableau.8), on observe que le mois de Septembre est le pluvieux avec une moyenne de 16.6 mm (Fig.8). Par contre le mois de Juillet est le plus sec avec une moyenne de 2.1 mm. (ONM, 2019).

Matériel et méthodes

Tableau. 8: Précipitations moyennes mensuelles de Ghardaïa (1998- 2018). (ONM., 2019).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P(mm)	16.6	7.4	5.5	6.0	9.6	8.6	7.3	6.1	2.7	2.5	2.1	5.7

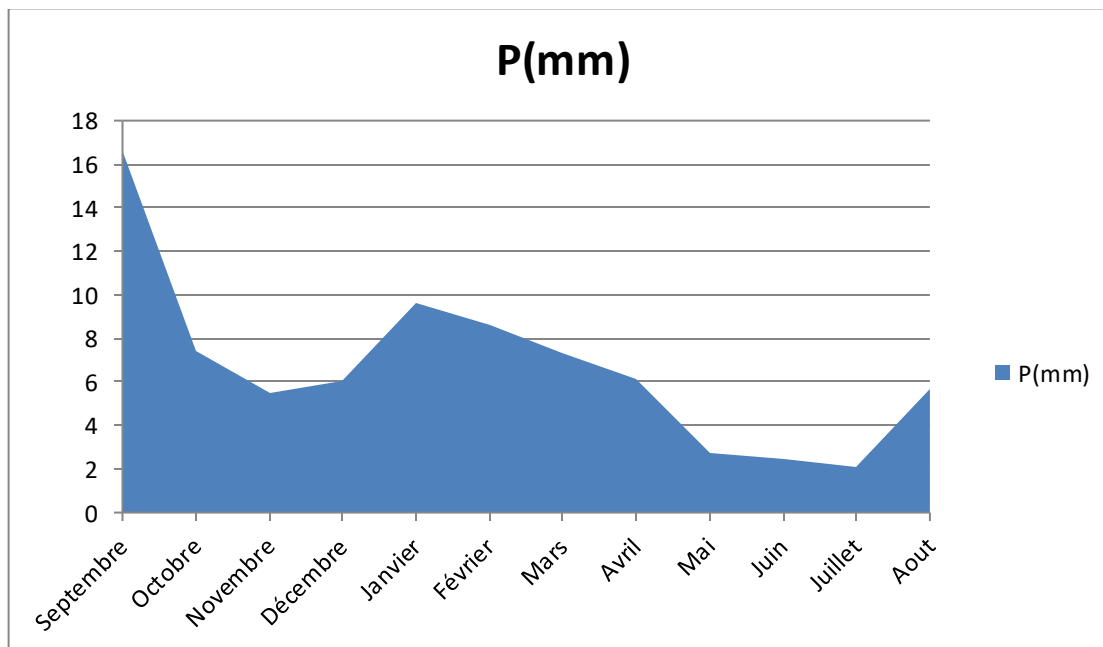


Figure 8. Précipitation mensuelle de la région de Ghardaïa (1998-2018).

4. Contexte Géologique :

4.1. Géologie régionale :

La wilaya de Ghardaïa. Elle est située sur les bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Bas - Sahara. Les terrains affleurant sont en grande partie attribués au Crétacé supérieur. Composés principalement par des dépôts calcaires turoniens dolomitiques ; qui forment un plateau subhorizontal appelé couramment "la dorsale du M'Zab" (HANICHI et HAMEL, 2020)

Du point de vue lithologique. Les affleurements sont de type (Fig. 9) ;

- Argiles verdâtres et bariolées à l'Ouest et le Sud-ouest attribués au Cénomaniens.

En grande partie il est couvert par les dunes du grand erg occidental.

- Calcaires massifs durs ; blanc grisâtre au centre. Attribués au Turonien.

- Calcaires marneux et argiles gypseuses à l'Est. Attribués au Sénonien.

- Sables rougeâtre consolidés à Est et au Nord-est attribués au Mio-pliocène.

- Alluvions quaternaires tapissant le fond des vallées des oueds (HANICHI et HAMEL., 2020)

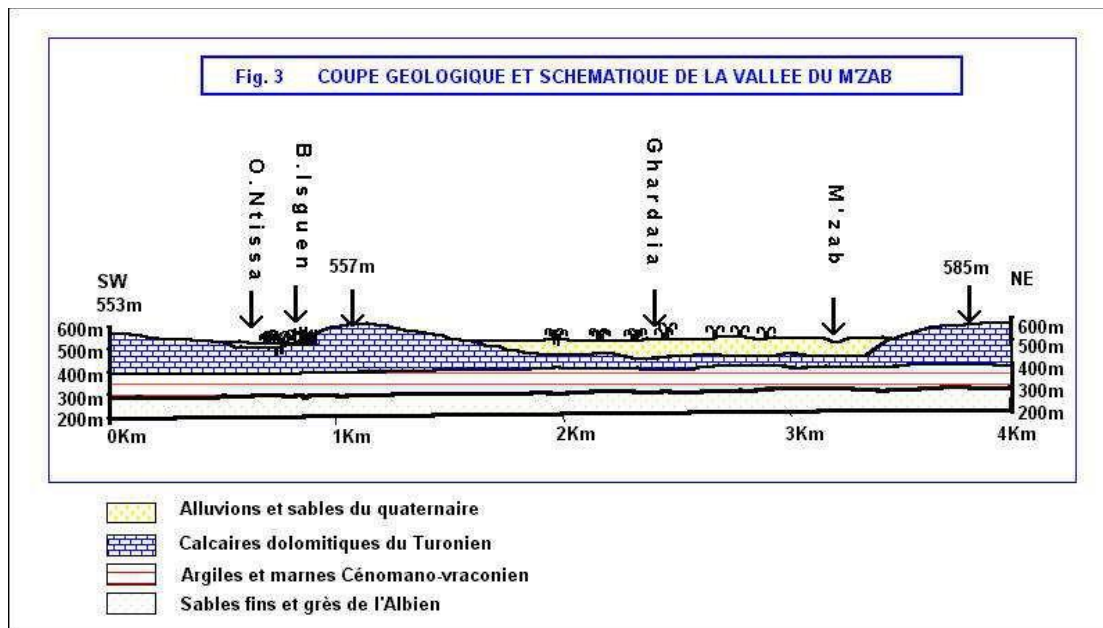


Figure 9. Coupe géologique schématique de la région du M'Zab(ANRH).

4.2. La géologie locale

La zone d'étude présente à l'affleurement d'une succession de formations géologiques allant du Turonien. Le Quaternaire correspond au dépôt de recouvrement alluvionnaire de la plupart de la vallée de l'oued de METLILI. (ACHOUR, 2003)

4.2.1. Turonien

Il est composé par des calcaires blancs, des marnes grisâtres et rougeâtres au sommet, blancs, grisâtre plus ou moins dur à marnes jaunâtres.

4.2.2. Cénomanién

Le Cénomanién est composé par des argiles bariolées, marrons et grises à verdâtres Plastiquées, à anhydrites, sableuse à la base avec la présence de gypse.

4.2.3. Albien

Il est composé de sables fins à moyens jaunâtres parfois rougeâtres à rose. Des intercalations d'argiles verdâtres à vertes sont fréquentés.

4.2.4. Quaternaire

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond de la Vallée de l'oued d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. (ACHOUR, 2003).

4.3. Tectonique

Les formations calcaires à structure tabulaire, au droit du site, ne sont affectées par aucun phénomène tectonique notable d'importance régionale. Les mêmes directions et pendages sont mesurés aussi bien en rive droite qu'en rive gauche. Aucune faille d'importance n'est relevée aux environs immédiats du site. La fracturation est cependant intense. Elle est liée d'une part aux phénomènes tectoniques à petites échelles et d'autre part aux phénomènes de géodynamique externe, notamment les variations de température ; les fissures qui résultent de ces effets géodynamiques sont superficielles et d'orientation aléatoire (BENESSEDIK, 2019).

5. Hydrogéologie :

5.1. Présentation de système aquifère de la région de METLILI

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes superficielles d'inféro-flux (Phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne. (BEESSEDDIK, 2019).

5.1.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique existe partout dans le Sahara algérien, elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30m. (BEESSEDDIK., 2019).

Ces nappes sont captées par des centaines de puits traditionnels, et destinées essentiellement, pour irriguer les palmeraies des vallées. (BEESSEDDIK, 2019).

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. (BEESSEDDIK, 2019).

5.1.2. Nappe albienne

Elle représente la principale Ressource en eau de la région. L'aquifère est composé de sables, grès et d'argiles sableuses d'âge Albien. Selon la région, elle est captée à une profondeur allant de 80 à 1000m. (BEESSEDDIK, 2019).

Suivant l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage dans les zones de ZELFANA, GUERRARA, HASSILAFHEL et HASSI GARA, exploitée par pompage à des profondeurs variant de 0,5m à 140m dans les zones de Ghardaïa, METLILI, Berriane,

Matériel et méthodes

SEBSEB, Mansourah et certaines régions d'EL MENIA. (BEESSEDDIK., 2019).

La profondeur de la couche exploitée est d'environ 200m à GOLEA, 300m à Mansourah, 400 à 450m dans la vallée du M'Zab et autour de 800m et plus à GUERRARA et ZELFANA. (BEESSEDDIK, 2019).

5.2. Gestion des ressources hydrique de la région d'étude

5.2.1. Exploitation de la nappe CI

Le premier forage exploitant la nappe CI dans la région de METLILI en 1949, situe avec une profondeur de 490m (ANRH., 2018).

Évolution rapide du nombre des forages captant la nappe de l'Albien. Le nombre qui était de 39 forages en 2011, est passé à 42 en 2016 (HANICHI et HAMEL, 2020).

Matériel et méthodes

Chapitre II. Analyses physicochimiques et microbiologiques :

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques et microbiologiques des eaux de la nappe phréatique alimentant la région de METLILI. Les analyses ont été réalisées au sein du laboratoire de microbiologie à la Faculté des Sciences de la Nature et de Vie et Sciences de la Terre au niveau de l'Université de Ghardaïa.

1. Choix des sites :

Afin d'évaluer la qualité des eaux souterraines de la région de METLILI, des échantillons d'eau souterraine ont été prélevés à partir des puits, puis soumis à des analyses physico-chimique et microbiologique.

Les prélèvements ont été sélectionnés d'une façon précise et bien répartie. Pour l'échantillonnage, nous avons choisi, soigneusement 20 puits. Ces puits se trouvent au niveau de la surface de la région d'étude. Ils sont généralement utilisés pour l'irrigation et l'abreuvement et ne sont pas soumises à des traitements adéquats avant l'usage.

2. Localisation des sites des prélèvements :

Les prélèvements des échantillons ont été effectués au niveau des 20 lieux présenté dans la carte ci-dessous :

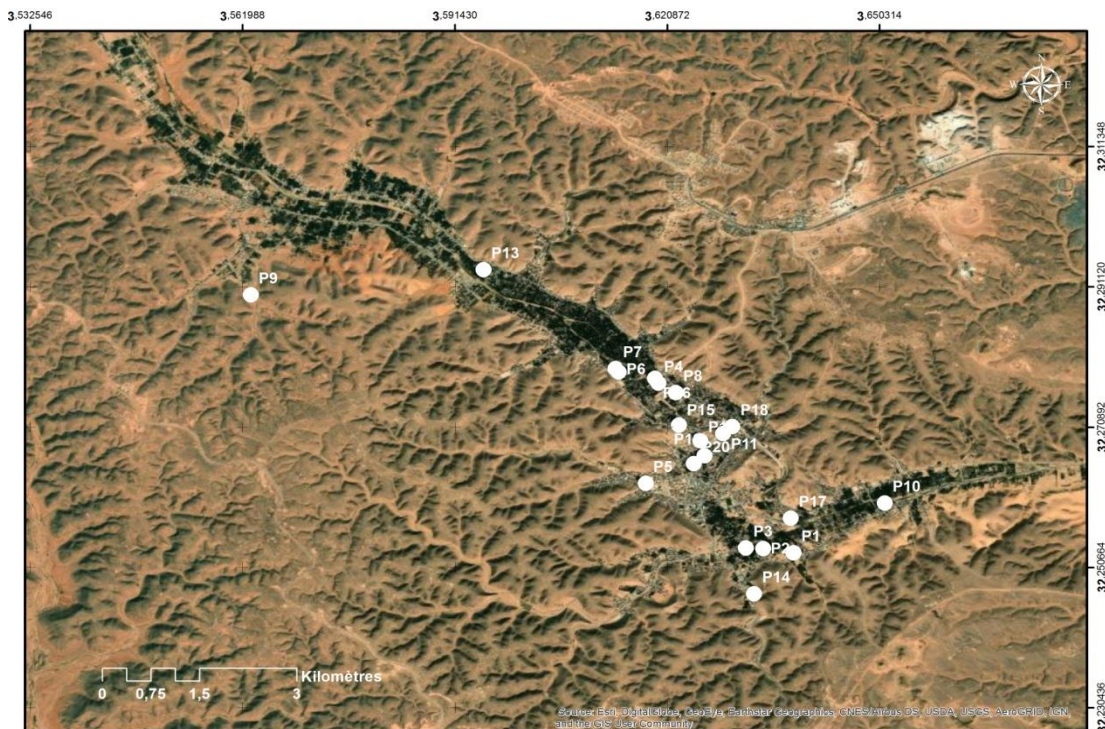


Figure 10. Carte de répartition des puits au niveau de la région de Metlili.

Matériel et méthodes

3. Mode de prélèvement :

3.1. Prélèvements d'eau pour l'analyse microbiologique :

Le prélèvement doit s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse. On a utilisé des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vis en PET de 1000 ml préalablement par autoclavage à 121°C pendant 20 min. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser. Les manipulations effectuées au cours du prélèvement ne doivent, en aucun cas, être à l'origine d'une contamination, d'où la nécessité d'utiliser des instruments stériles et de travailler dans des conditions d'asepsie. Aucun système d'échantillonnage particulier n'est nécessaire puisqu'il s'agit d'échantillons ponctuels dans tous les cas .

Pour une eau souterraine (eau de puits), après avoir ouvert la pompe d'eau pour laisser l'eau s'écouler pendant un bon moment, on a tout d'abord stérilisé nos mains puis ouvrir les flacons stériles sous l'eau et les remplir jusqu'au bord d'une façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et également fermer le flacon rapidement sous l'eau .

Les flacons sont par la suite étiquetés et munis d'un code correspond au puit, et ensuite placés dans un portoir contenant de la sciure de bois et des packs de glace afin d'empêcher la croissance des germes pendant le stockage et le transport.

L'échantillonnage a été effectué en moyenne de 16 heures avant l'analyse pour minimiser le maximum le temps de stockage.

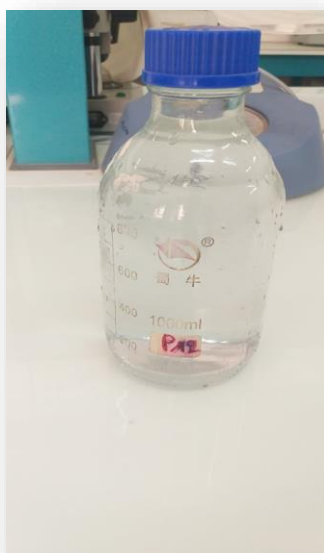


Photo 1. Flacon en verre Pyrex de volume 1000 ml. (Original).

Matériel et méthodes

3.2. Prélèvements d'eau pour l'analyse physico-chimiques :

L'échantillonnage destiné à l'analyse physico-chimiques ne pose pas de problème particulier, des flacons en verre pyrex munis d'un col large et d'un bouchon à vis en PET de 250ml ont été utilisés. Un volume d'échantillon de 250ml est suffisant pour mesurer toutes les paramètres pris en considération.



Photo 2. Flacons en verre Pyrex de volume 250ml (Original).

4. Analyse microbiologique

Divers équipements de laboratoire et verrerie sont nécessaires pour l'analyse microbiologique. Toute la verrerie doit être correctement lavée et stérilisée avant chaque analyse. Parmi les outils utilisés dans l'analyse microbiologique figurent :

4.1. Verreries

- ✚ Flacons en verre en pyrex de 1000 ml.
- ✚ Tubes à essai stériles.
- ✚ Pipettes Pasteur.
- ✚ Erlenmeyers.
- ✚ Eprouvettes graduées.

NB. La verrerie est lavée, rincée, séchée et stérilisée au four Pasteur à 180°C pendant 30 minutes.

Matériel et méthodes

4.2. Appareillages

- ✚ Autoclave.
- ✚ Bec bunsen.
- ✚ Balance analytique et de précision.
- ✚ Etuves (four Pasteur) de type MEMMERT.
- ✚ Incubateur de type MEMMERT.
- ✚ Agitateur.
- ✚ Rampe de filtration en acier inoxydable à 06 postes.

4.3. Outils

- ✚ Anse de platine.
- ✚ Boîtes de Pétri stériles. (90mm et 60mm)
- ✚ Portoirs.
- ✚ Membrane de filtration (0.22 μm).
- ✚ Pince stérile.
- ✚ Micropipettes variables 1 ml, 5 ml.

4.4. Méthodologie :

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche des germes indicatifs suivants :

- ✓ Flore mésophiles totale.
- ✓ Coliformes totaux et fécaux.
- ✓ Streptocoques fécaux.
- ✓ Anaérobies sulfite-réducteurs.
- ✓ Levure et moisissure.
- ✓ Salmonella et shigella.

4.4.1. Flore mésophiles totale FMT :

Ces germes représentent la flore microbienne globale capable de pousser en présence et en absence d'oxygène, à une température située entre 25 et 30°C sur un milieu ordinaire.

On a employé la méthode d'incorporation en milieu gélosé comme méthode de référence dans le dénombrement de la flore totale comme indiqué par (RODIER, 1978), cette méthode permet la croissance de la totalité des germes aérobies et anaérobies.

Matériel et méthodes

4.4.1.1. Protocole

A l'aide d'une micropipette variable de 100-1000 μ l, munie d'un embout bleu préalablement auto-clavé et dans les conditions d'asepsies, un volume de 1 ml de chaque échantillon a été prélevé et mis dans des boîtes de pétri (90mm) et recouvert par 20 ml environ de milieu de culture GN (voir ANNEXE I) fondu et refroidi à 46°C, puis mélangé la boîte par mouvement en forme de huit afin de bien disperser la prise d'essai. L'observation a été faite après 24 heures d'incubation à 30°C.

4.4.2. Dénombrement des germes témoignant d'une pollution fécale

4.4.2.1. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, identifier et compter, à la surface d'une membrane filtrante stérile, les coliformes dans un échantillon d'eau. Pour les coliformes totaux, un volume bien déterminé de l'échantillon est filtré à travers une membrane d'une porosité de 0,22 μ m à l'aide d'une rompe de filtration et ensuite incubé pendant 24h \pm 2h à 30 °C \pm 0,5 °C sur le milieu TTC Chapman (CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2016).

4.4.2.1.1. Protocole :

Pour le dénombrement de Coliformes totaux et fécaux, on a suivi la méthode de filtration sur membrane comme décrite par (RODIER, 1978). Après avoir flambé la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil et la recouvrir durant son refroidissement. Le robinet du support est fermé et la pompe à vide est mise en marche.

- Prélever une membrane en la saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie ; l'étaler sur la plaque poreuse de la rompe.
- Placer stérilement le réservoir avec une pince flambée au-dessus de la membrane et installer le dispositif de fixation.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser, et verser l'eau, stérilement, dans le réservoir jusqu'au repère puis ouvrir le robinet du support suffisamment pour laisser l'eau s'écouler lentement sous l'action du vide.
- Dès que la membrane paraît sèche, fermer le robinet, enlever le dispositif de fixation et le réservoir puis enlever la membrane est la placée dans une boîte de Pétri de 60mm de diamètre contenant le milieu TTC Chapman (voir ANNEXE I),

Matériel et méthodes

d'une manière à ne pas laisser le développement des bulles d'air entre la surface de milieu et la membrane.

La lecture est faite après 24h d'incubation à 30°C pour les coliformes totaux et 44°C pour les coliformes fécaux.



Photo 3. Rampe de filtration en acier inoxydable à 06 postes. (Original).

4.4.2.2. Dénombrement des Streptocoques Fécaux :

On a employé la méthode de filtration sur membrane pour le dénombrement des Streptocoques fécaux comme indiqué dans (4.4.2.1.1).

Après filtration, la membrane a été appliquée sur un support nutritif hautement sélectif contenant des substances inhibitrices qui ne laissent se développer que les colonies des streptocoques fécaux. Le milieu utilisé est gélose de SLANETZ et BARTLEY (voir ANNEXE I).

Les boîtes sont incubées pendant 48 heures à 30°C. Un résultat positif est caractérisé par la formation des colonies caractéristiques roses ou rouges résultant de la réduction de TTC (chlorure de triphényltétrazolium).

4.4.3. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) :

Avant de procéder à l'analyse, un traitement de l'échantillon est nécessaire. Mettre les tubes au bain d'eau à 80 °C. Veiller à ce que le niveau de l'échantillon contenu dans chaque flacon soit au-dessous du niveau du bain marie. Lorsque l'échantillon a atteint la température de 80 °C le maintenir à celle-ci durant 10 minutes. Le traitement est pour but de provoquer la formation des spores pour les dénombrer.

On procède alors à la filtration de chaque prise d'essai comme indiqué à l'élément (5.2.1)

Matériel et méthodes

sauf que les membranes soient placées au fond de la boîte de Pétri (60mm de diamètre), recouverte par une couche de milieu TSC (voir ANNEXE I) fondu, en veillant à ne pas emprisonner de bulles d'air durant la manipulation. Après solidification, une deuxième couche de milieu est ajoutée au-dessus afin de créer une condition d'anaérobiose pour le développement des spores. Les boîtes sont mises à l'incubation à 30 °C pendant 24 heures. Un résultat positif est traduit par la formation des colonies noires résultant de la réduction de sulfite en sulfure en présence du sel de fer approprié.

4.4.4. Dénombrement des germes pathogènes (*Salmonella*, *Shigella*) :

La méthode d'analyse de ces germes provient d'une part de leur présence en nombre assez faible dans les eaux ainsi que leur difficulté à y survivre ; d'autre part de l'existence d'un nombre important de germes d'accompagnement, d'origine fécale ou non. Ces germes ont tendance à évincer les germes pathogènes qui disparaissent rapidement. Pour cela, plusieurs étapes sont nécessaires pour l'analyse. Ces étapes sont le pré enrichissement, l'enrichissement et l'isolement (RODIER, 1978).

4.4.4.1. Pré-enrichissement :

Un volume correspondant au dixième environ de volume de bouillon utilisé, soit 25 ml de chaque échantillon est prélevé à l'aide d'une micropipette variable de 5ml et mis dans des flacons contenant 225ml de bouillon EPT (voir ANNEXE I). Incuber les bouillons ensemencés à 30 °C pendant 24 heures.



Photo 4. Milieu de pré-enrichissement EPT. (Original).

4.4.4.2. Enrichissement :

Agiter soigneusement le flacon et introduire à l'aide d'une micropipette variable de 100-1000µl, 1ml du milieu de pré-enrichissement dans un tube à essai contenant 10ml, de bouillon d'enrichissement RVS préalablement autoclavé (voir ANNEXE I). Agiter les

Matériel et méthodes

tubes au VORTEX puis incuber à 30 °C pendant 48 heures.

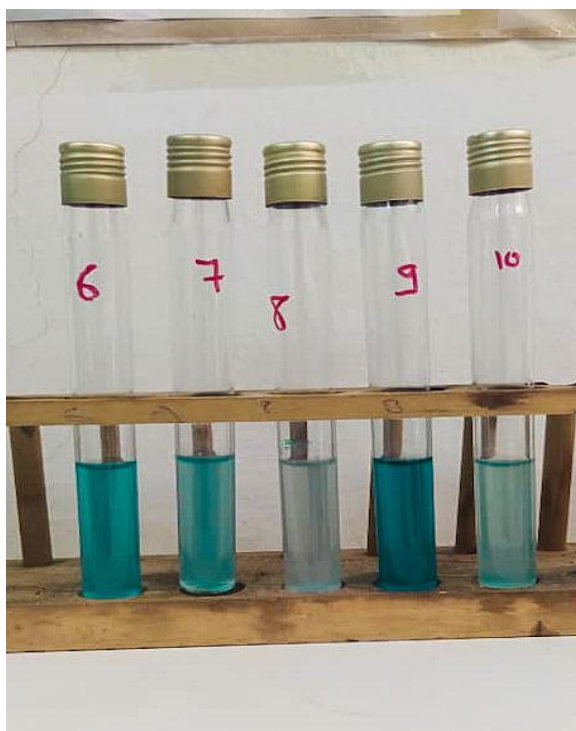


Photo 5. Milieu d'enrichissement RVS. (Original).

4.4.4.3. Isolement :

A partir de chaque tube, effectuer des isollements sur des boîtes de Pétri coulées par du gélose SS (voir ANNEXE I). Ce milieu inhibe totalement la croissance des bactéries Gram positive, et particulièrement celle de nombreux coliformes et *Proteus*. Les boîtes sont incubées à 30 °C pendant 24 à 48 heures. Au bout de 24 heures il est souvent possible de différencier les germes à lactose positif et au bout de 36 à 48 heures, toutes les colonies ont généralement leurs aspects caractéristiques. Il est possible de distinguer :

- ✚ Des colonies rouges : coliformes ;
- ✚ Des colonies incolores et transparent : *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus* ;
- ✚ Des colonies incolores à centre noir : *Salmonella*, *Proteus vulgaris* et *mirabilis*.

4.4.4.4. Identification :

Choisir les colonies typiques ou suspectes sur la gélose SS. Repiquer environ 5 colonies de chaque type, sur milieu T.S.I et sur gélose nutritive ordinaire. Ces milieux permettront de vérifier la pureté des colonies et de fournir les quantités de culture nécessaires pour l'identification biochimique et sérologique. Ensemencer le milieu de T.S.I par piqûre du culot et par strie longitudinale sur la pente. Ensemencer la gélose nutritive en stries.

Matériel et méthodes

Incuber à 30 °C pendant 24 heures. Le fond du milieu de T.S.I doit alors être jaune (fermentation du glucose) et la pente, rouge (absence de fermentation du lactose). Un noircissement partiel ou total témoigne de la formation de H₂S ; l'apparition de bulles d'air dans le fond montre la formation de gaz à partir du glucose.

4.4.5. Levure et moisissures :

Les méthodes analytiques traditionnellement utilisées pour le dénombrement des levures et moisissures ont des délais d'obtention des résultats qui sont général de 2 à 5 jours pour les produits à forte Aw (EUROFIN, S., 2021).

Des boîtes de Petri préparées en utilisant un milieu de culture PDA (voir ANNEXE I) sont ensemencées. Dans une boîte de gélose PDA, transférer avec une micropipette d'une manière aseptique, 0,5 ml de l'échantillon pour essai. Etaler l'inoculum sur la surface de la boîte de gélose avec un étaloir (pipette pasteur) stérile jusqu'à ce que le liquide soit entièrement absorbé par le milieu. Les boîtes sont ensuite incubées en aérobiose, couvercles en haut, en position droite dans l'étuve à 25° C ± 1° C pendant trois à cinq jours.




Lire les boîtes entre deux jours et cinq jours d'incubation. Sélectionner les boîtes contenant moins de 150 colonies et compter ces colonies. Si l'on observe un envahissement rapide des boîtes, retenir les comptages obtenus après deux jours, puis de nouveau après cinq jours d'incubation (JORADP N°48, 2015).

5. Analyses physico-chimiques :

Dans cette étude, nous avons choisi quatre paramètres pour l'analyse physico-chimique de l'eau de puits. Ces paramètres consistent en des mesures de pH (potentiel d'hydrogène), de conductivité électrique CE, de température et d'oxygène dissous.

Remarque : La température de la solution est relevée au moment de la mesure du pH.

5.1.Appareillages :

-  Oxymètre.
-  pH mètre.
-  Conductivité mètre.

En effet, tous les appareils utilisés sont entretenus et correctement étalonnés dans le laboratoire universitaire avant l'utilisation.

Matériel et méthodes

5.2. pH (Potentiel d'Hydrogène) :

Après avoir prélevé les échantillons d'eau pour l'analyse physico-chimique, la mesure de chaque échantillon se réalise de façon classique avec un pH mètre sur place (temp avant la mesure ne dépasse pas 4 heures), permettant la lecture du 1/100 (RODIER, 1978).

Allumez le pH - mètre. Nettoyez les électrodes. Retirez les électrodes de la solution de conservation et rincez-les avec de l'eau distillée sur un bécher vide utilisable pour les fluides résiduaux. Une fois rincer les électrodes dans un bécher différent du récipient que vous utilisez pour l'étalonnage, séchez-les ; Mettez l'électrode dans l'échantillon et lire le pH de l'échantillon une fois les électrodes insérées dans le bécher. Attendez que le pH se stabilise généralement une ou deux minutes. Définissez la valeur du pH dès que vous avez une mesure stable et constante. Rincez l'électrode avec de l'eau distillée et séchez avant de la tremper dans un autre échantillon.



Photo 6. Mesure de pH avec un pH-mètre portable. (Original).

5.3. Conductivité électrique (CE) :

La mesure de la conductivité électrique de chaque échantillon d'eau se réalise de façon classique en utilisant un conductivité mètre portable sur place (durée de mesure ne dépasse pas 4 heures).

Rincer la sonde avec l'eau distillée, puis plongez-le dans l'échantillon. La manche et les trous doivent être complètement immergés. Tapoter plusieurs fois sur la sonde pour éliminer toutes les bulles d'air qui pourraient être piégées à l'intérieur de la manche. Attendre que la lecture se stabilise (ceci est indiqué par l'apparition d'un symbole d'horloge sur l'écran de l'appareil) et prendre la mesure.

Matériel et méthodes



Photo 7. Mesure de conductivité électrique avec un Conductivité mètre portable. (Original) .

5.4. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est la quantité d'oxygène gazeux O_2 dissous dans l'eau. L'oxygène pénètre dans l'eau par absorption directe de l'atmosphère, par déplacement rapide ou comme déchet de la photosynthèse des plantes. La température et le volume d'eau en mouvement affectent les niveaux d'oxygène dissous (FORTIER., *et al*, 2009). La mesure de l'oxygène dissous se réalise de façon classique avec un oxymètre portable sur place (durée de mesure ne dépasse pas 4 heures).

Appuie sur ON ; Rincer l'électrode avec l'eau distillé et le séché, pêter l'électrode dans l'échantillon pour un bon monument, lecture de la valeur s'afficher sur l'oxymètre et prendre note de la température de l'échantillon au moment de la mesure.



Photo 8. Mesure de l'oxygène dissous avec un oxymètre portable. (Original).

6. Analyses statistiques :

Les résultats obtenus lors de l'expérimentation ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptive en calculant surtout la moyenne et le coefficient de variation (CV%). Une matrice de corrélation multiple (de Pearson) et une Analyse en Composantes Principales (ACP) ont été de même réalisées sur les données recueillies en utilisant le logiciel XLSTAT 2014.5.03. En effet, cette technique consiste à transformer des variables liées entre elles (dites "corrélées" en statistique) en nouvelles variables décorrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées "composantes principales", ou axes principaux.

Résultat et discussion

Chapitre3. Résultats et discussion :

L'étude expérimentale réalisée sur les différents échantillons prélevés de la région d'étude, nous a permis de déterminer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de cette région. Nous avons choisi 20 points pour le prélèvement de l'eau (puits), qui sont localisés dans la commune de METLILI.

1. Resultats des analyses physico-chimiques :

1.1.pH :

Les résultats du pH des eaux des puits dans la région d'étude varient entre 4.31 et 7.04. Ces résultats ne sont pas en concordance avec les normes algériennes et internationales de l'OMS, qui décrivent un intervalle entre 6,5 et 9,5 pour les eaux potables. Néanmoins, la variabilité du pH est, cette fois-ci, moyennement faible (CV=16.13%). Les valeurs du pH maximales (alcalin) ont été notées dans les régions d'EL Batha, Souareg et une partie de Rezigui, tandis que les valeurs minimales (acide) ont été observées dans la région de Gharbia.

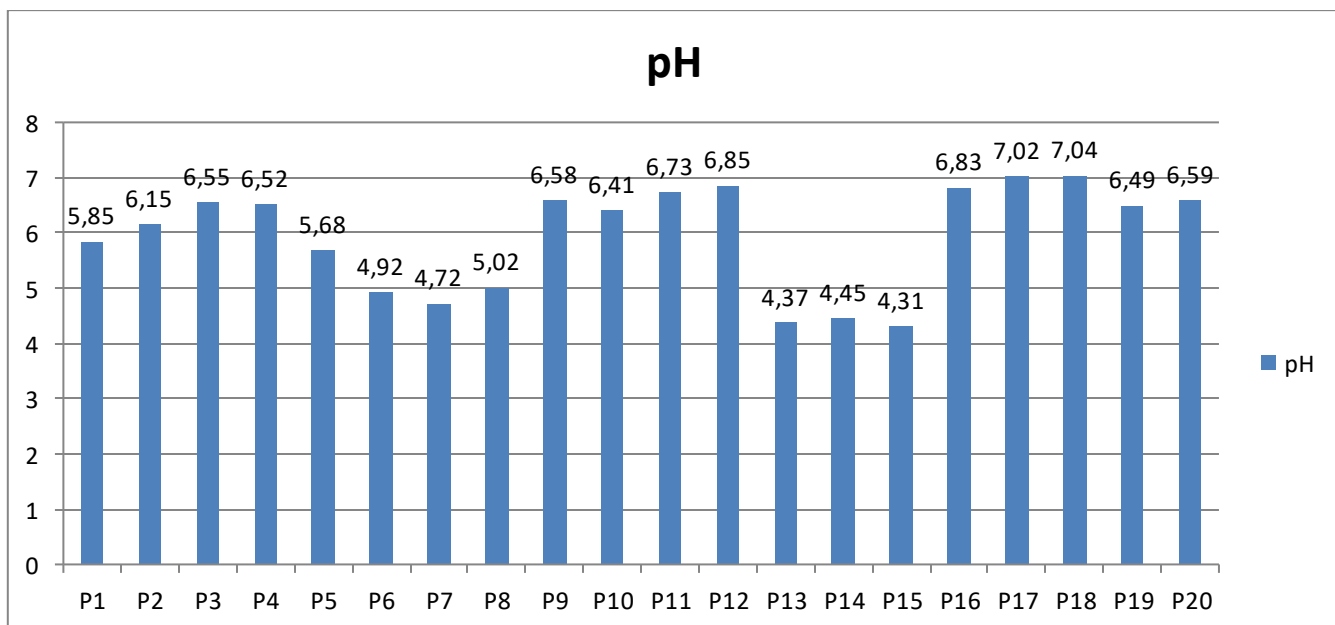


Figure11. Variation du pH des eaux des puits des différentes stations.

Résultat et discussion

La carte montre la variation spatiale de pH des eaux d'aquifère de la région de METLILI. (Figure 12)

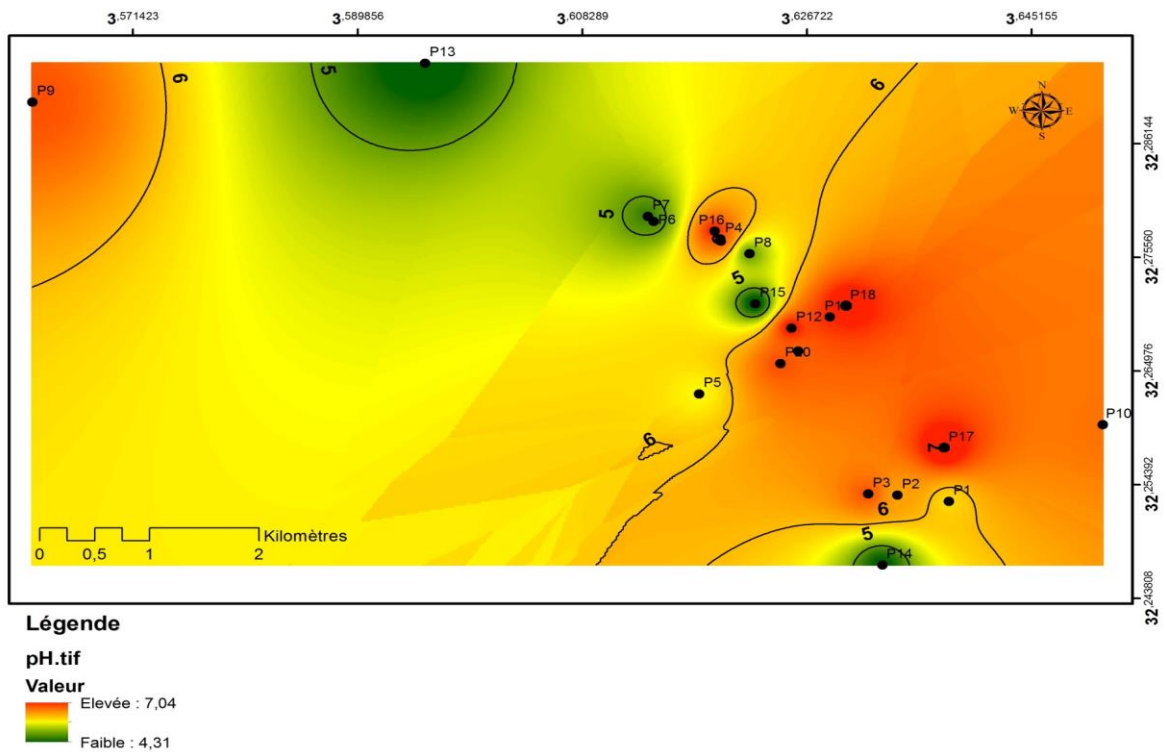


Figure 12. Carte de variation spatiale de pH des eaux d'aquifère de la région de METLILI.

1.2. Conductivité électrique (CE)

Les données de CE montrent une variabilité élevée dont le coefficient de variation est de l'ordre de 37,50%. En effet, les eaux de la majorité des puits sont considérées comme salées et impropres à la consommation selon les normes de la réglementation algérienne ($CE > 2800 \mu\text{S}/\text{cm}$). Cependant, des valeurs minimales ont été enregistrées au niveau de la région de Souareg, Sagueiet Moussa, L'Aadjadja et Thenia. Cependant, des valeurs de conductivité maximale ont été enregistrées dans région de Gamgouma.

Résultat et discussion

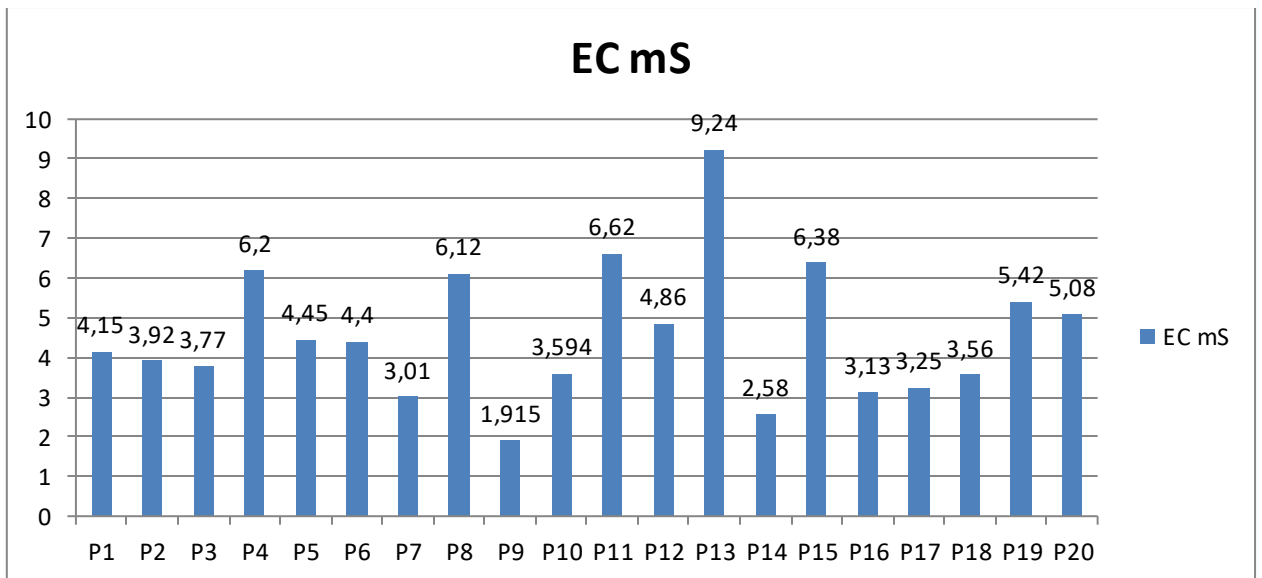


Figure 13. Variation de la conductivité des eaux des puits des différentes stations.

La carte montre la variation spatiale de pH des eaux d'aquifère de la région de METLILI. (Figure 14)

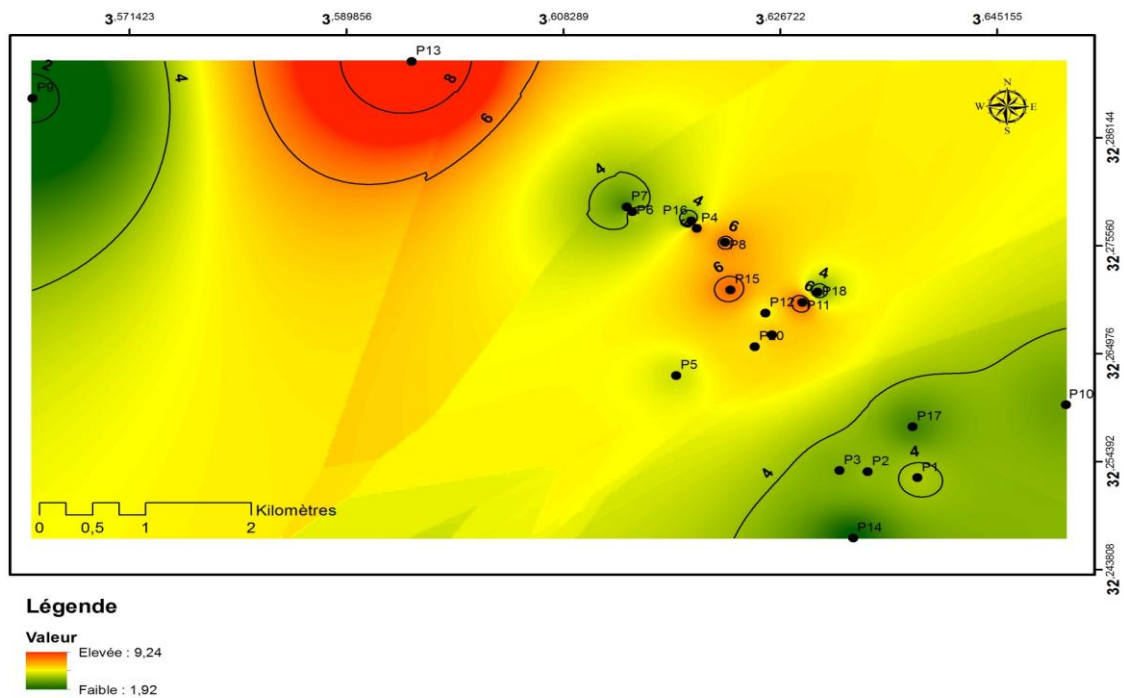


Figure 14. Carte de variation spatiale de conductivité des eaux d'aquifère de la région de METLILI.

Résultat et discussion

1.3. Oxygène dissous (OD) :

L'oxygène dissous fait référence au niveau d'oxygène libre et non composé présent dans l'eau ou d'autres liquides. C'est un paramètre important dans l'évaluation de la qualité de l'eau en raison de son influence sur les organismes vivant dans un plan d'eau (FONDRIEST ENVIRONNEMENTAL, 2013).

Les données de la mesure de l'oxygène dissous montre que le taux de l'oxygène dissous dans la région d'études varie entre 2.25 et 24.2 mg/l avec une variabilité très élevée (CV= 98,3508 %) causé par la valeur maximale de 24 mg/l enregistré au niveau de puit p17, en négligent la valeur aberrante, la valeur de coefficient de variation devient 18.52%

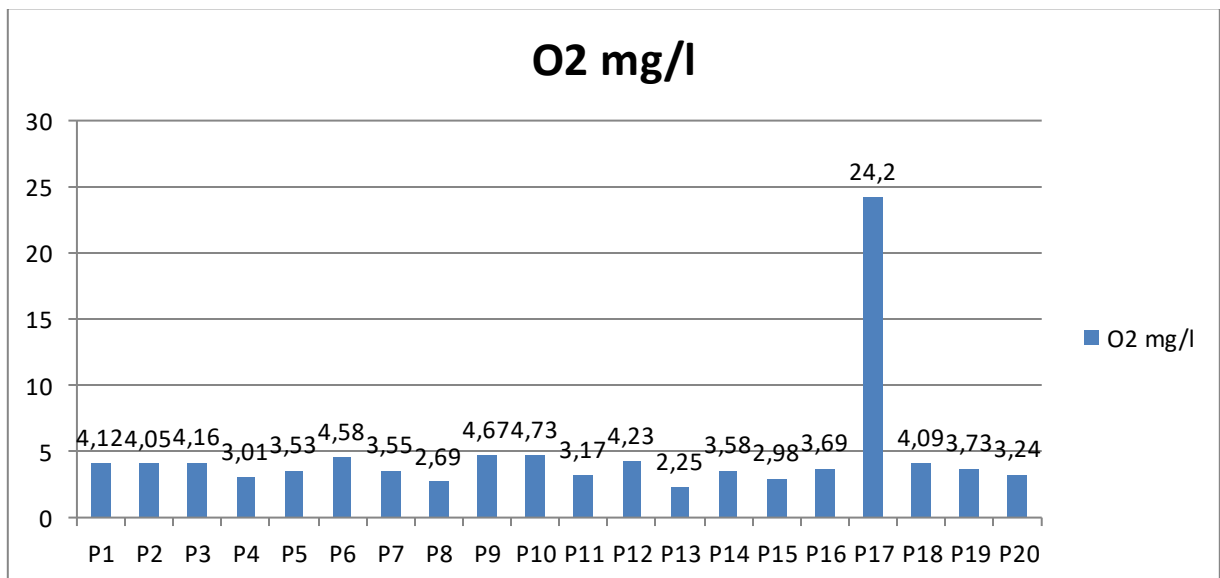


Figure 15. Variation d'oxygène dissous des eaux des puits des différentes stations.

La carte montre que, les points avec les valeurs d'oxygène dissous les plus élevées sont notés dans les régions de Souareg, El Batha et Elgharbia avec la valeur la plus élevée a été enregistrée à Souareg. Tandis que, les points avec les valeurs les plus faibles sont notés dans les régions de Sebka et El Hadika. (Figure 16)

Résultat et discussion

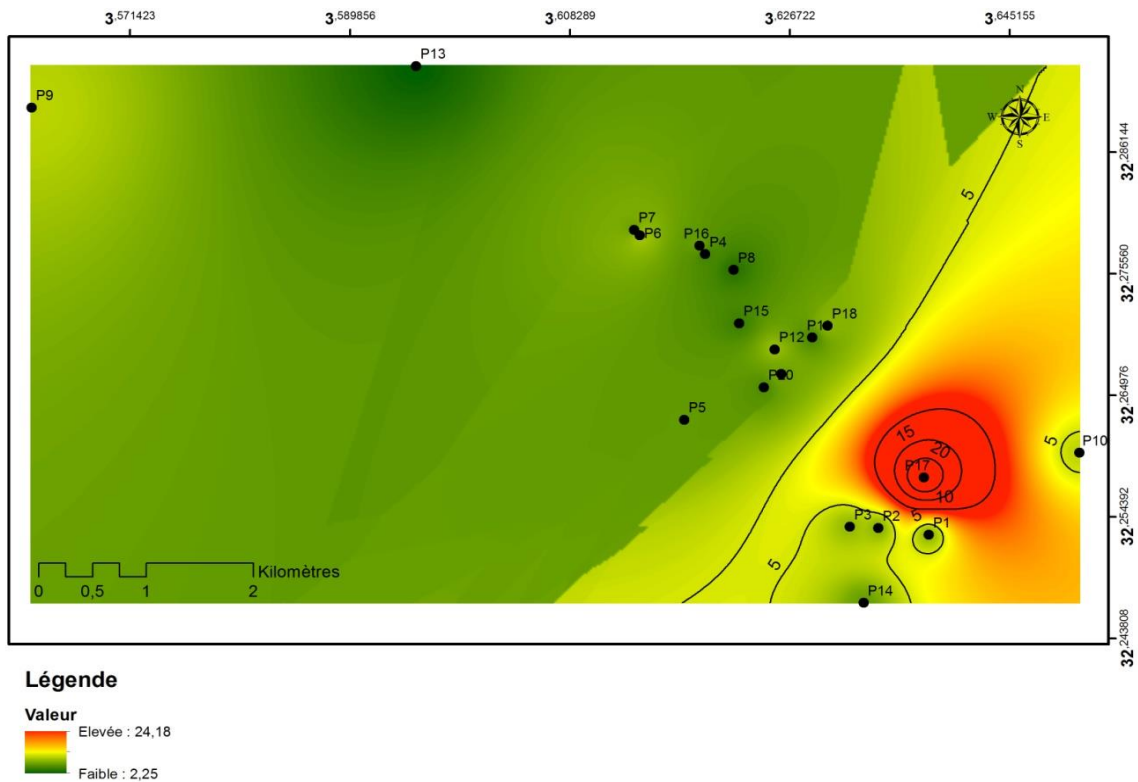


Figure 16. Carte de variation spatiale de l'oxygène dissous des eaux aquifères de la région de METLILI.

2. Résultats des analyses microbiologiques :

Les analyses microbiologiques de l'eau des puits de notre étude ont montré une grande variation des concentrations des bactéries. Dont certains dépassent les normes internationales des eaux potables. Afin de bien comprendre ces variations nous avons suivi l'évolution des germes dans les 20 points d'eau des puits en les comparant avec les normes maximales admissibles des eaux destinées à la consommation humaine fixées par l'OMS à l'ainsi que leur impact sur la santé publique.

2.1. Flore mésophile totale :

Les résultats de l'analyse microbiologique ont montré que les eaux des puits analysés étaient presque toutes contaminées par la plupart des germes recherchés. La concentration moyenne de la flore mésophile totale (FMT) pour tous les puits durant la période d'étude est de 128 ufc/ml. Des valeurs minimales de < 10 ufc/ml ont été enregistrées au niveau des puits p7, p10, p18 et p20. Alors que les valeurs maximales sont de l'ordre de +300 ufc/ml ont été notée au niveau des puits p3, p9, p11, p14, p16 et p19.

Résultat et discussion

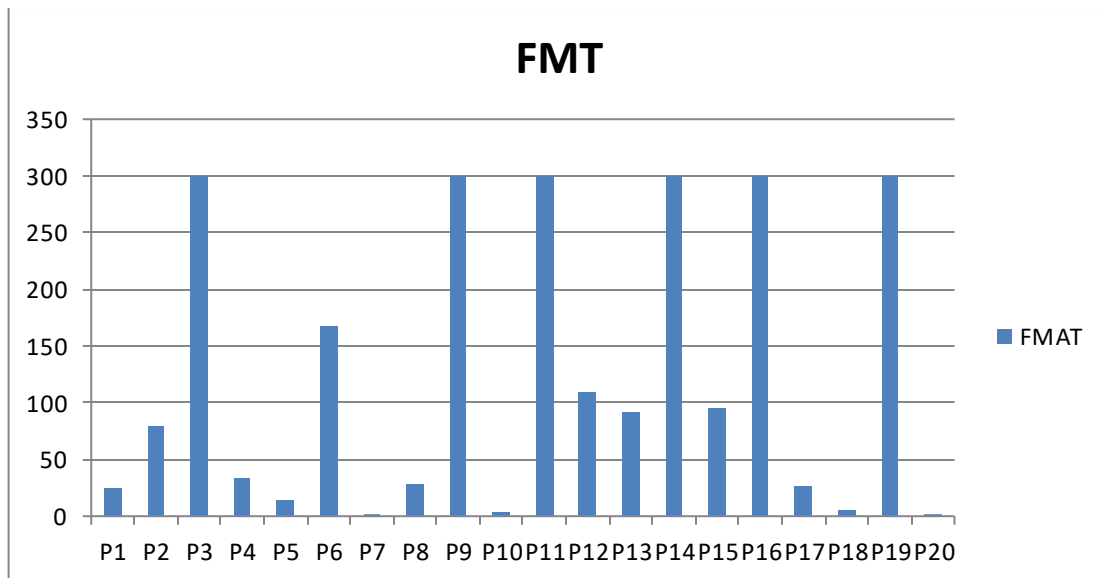


Figure 17. Variation de la flore mésophile totale de chaque échantillon des eaux des puits des différentes stations.

La carte de variation spatiale de l’FMT nous montre que les puits ayant la concentration bactérienne la plus élevée sont situés dans les régions de Saguiet Moussa, El Gharbia, El Gamgouma, et El Batha. Ces concentrations bactériennes élevées reflètent la détérioration de la qualité de l'eau des puits dans ces régions. (Figure 18).

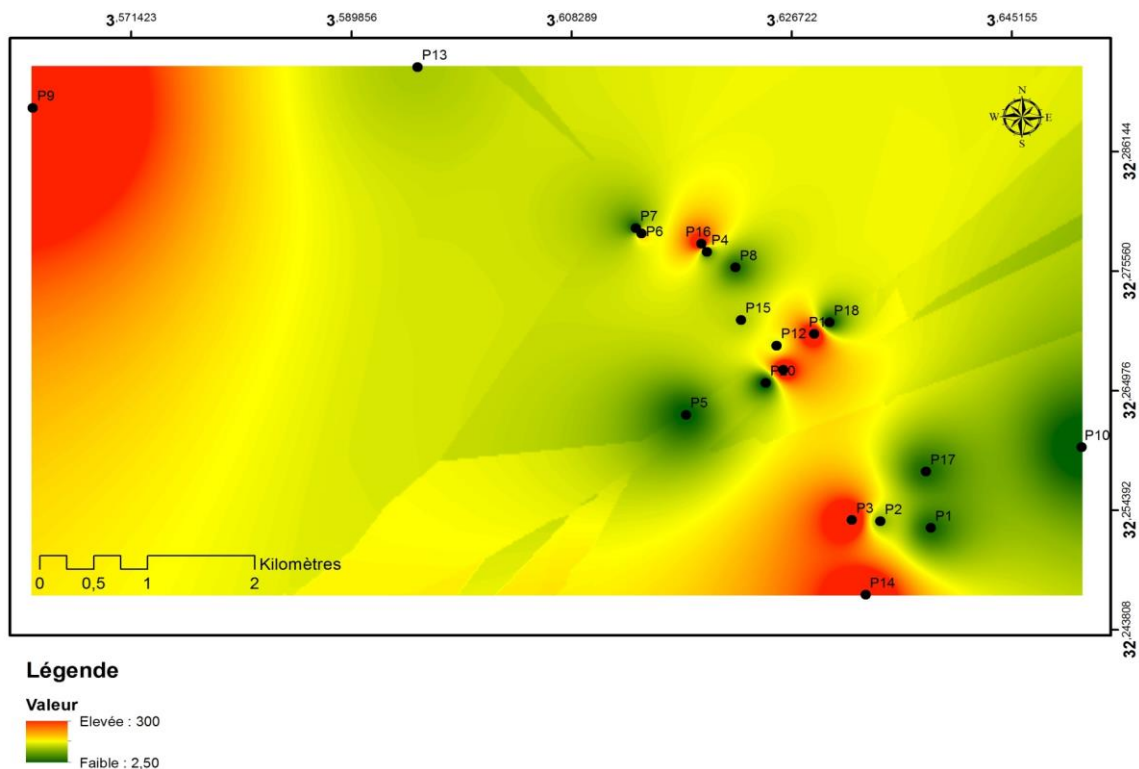


Figure 18. Carte de variation spatiale de la flore mésophile totale des eaux phréatiques de la région de METLILI.

Résultat et discussion

2.2. Coliformes totaux Ct :

La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcément une contamination fécale. Notre analyse nous montre que le nombre des coliformes totaux sont très élevés (>300 ufc/150ml) au niveau des points des prélèvements (p2), (p3), (p4), (p6), (p11) et (p14). Alors que les faibles concentrations ont été noté au niveau des points des prélèvements (p8), (p18) et (p19).

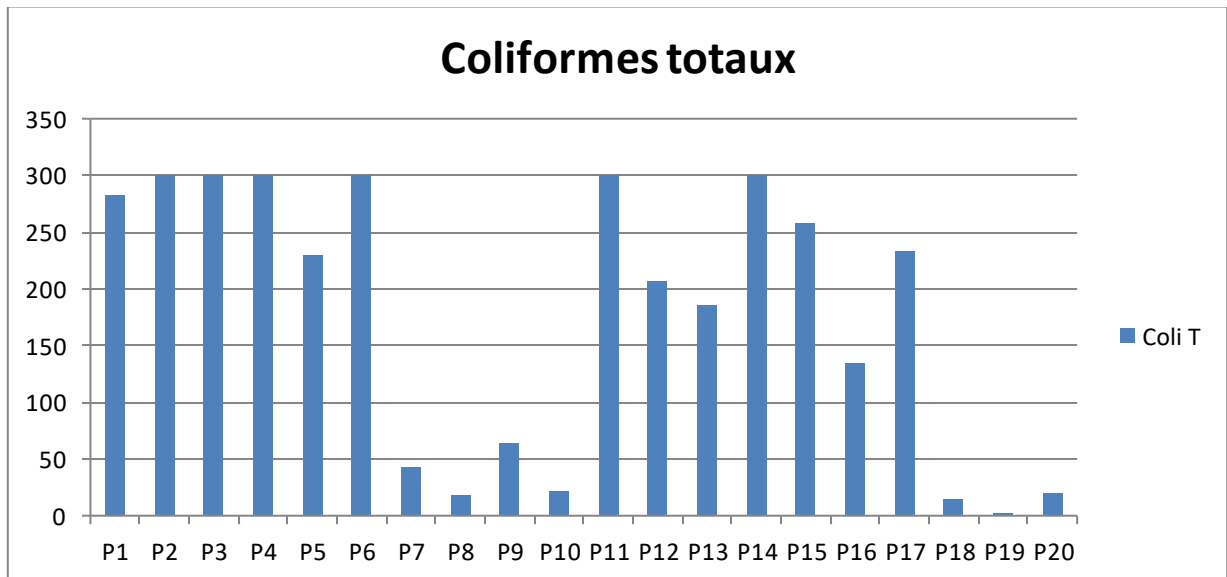


Figure 19. Variation des coliformes totaux de chaque échantillon des eaux des puits des différentes stations.

Les valeurs de coliformes totaux dans les puits analysées montrent que les eaux des puits de toute la région d'étude, ne sont pas conformes à la norme de l'OMS (présence de coliformes dans 150ml), ce qui traduit que ces eaux ne sont pas valables à la consommation à cause de la présence de bactéries pathogènes pouvant causer des infections et des maladies à transmission hydrique. Par ailleurs, la variabilité est considérée comme extrêmement élevée pour ce paramètre (CV= 75,99%). (Figure 20).

Résultat et discussion

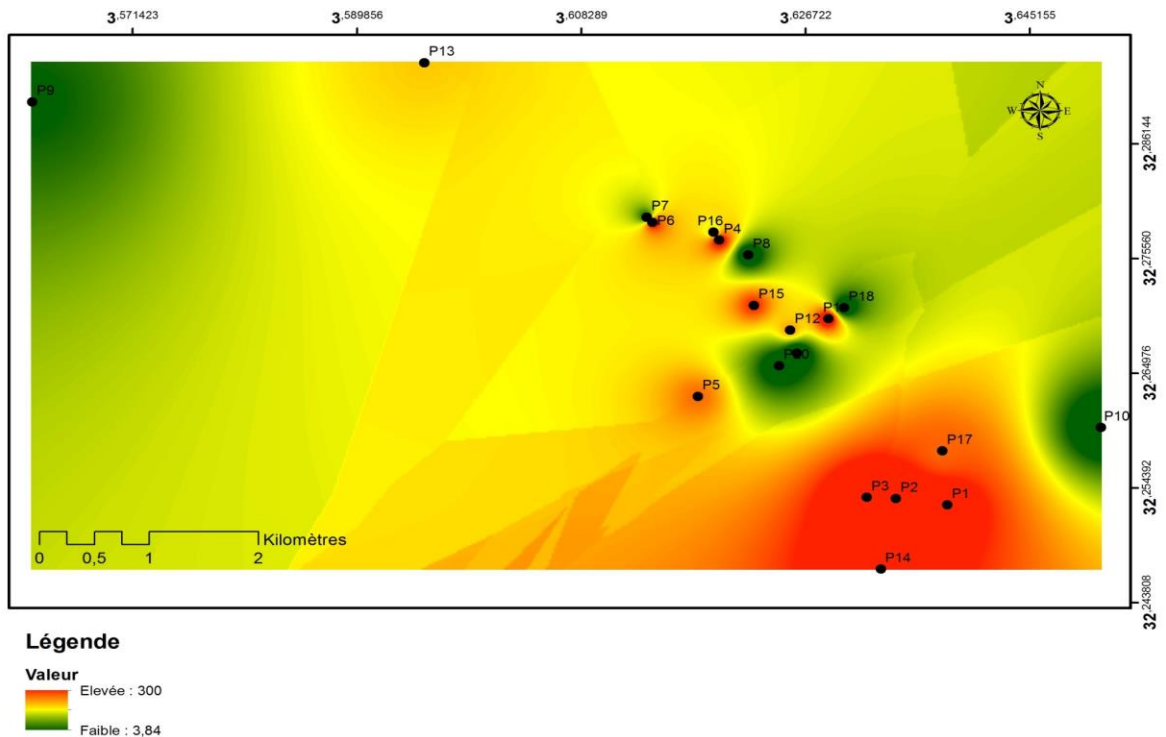


Figure 20. Carte de variation spatiale des coliformes totaux des eaux phréatiques de la région de METLILI.

2.3. Coliformes fécaux CF :

Les résultats de Coliformes fécaux montrent une variabilité extrêmement élevée (CV de 105,28%). En effet, la présence d'*Escherichia coli* au niveau de tous les points indique la présence d'une contamination fécale et qui ne correspond plus pas aux normes de l'OMS (0 EC/250ml). Ce sont les régions du sud et nord-ouest qui sont les plus affectées. Alors que (p10) est considérées comme saine (conforme aux normes 0 EC/150ml).

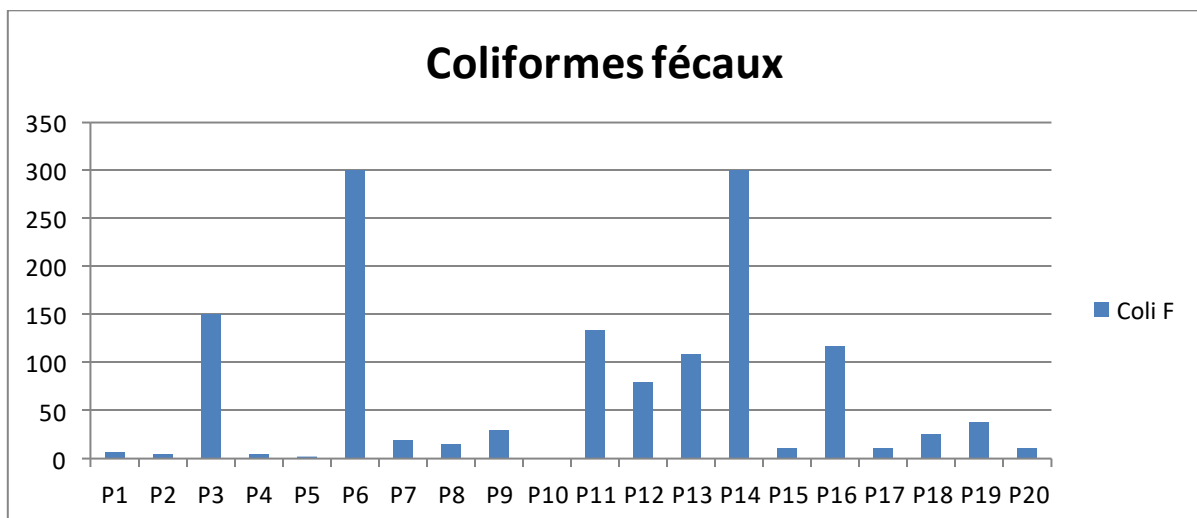


Figure 21. Variation des coliformes fécaux de chaque échantillon des eaux des puits des différentes stations.

Résultat et discussion

La carte présente les régions les plus affectées par les bactéries de groupe coliforme fécaux dans la zone d'étude (Saguiet Moussa, EL Gharbia, Centre-ville et EL Gamgouma), avec une charge microbienne de (>166 ufc/250ml). (Figure 22).

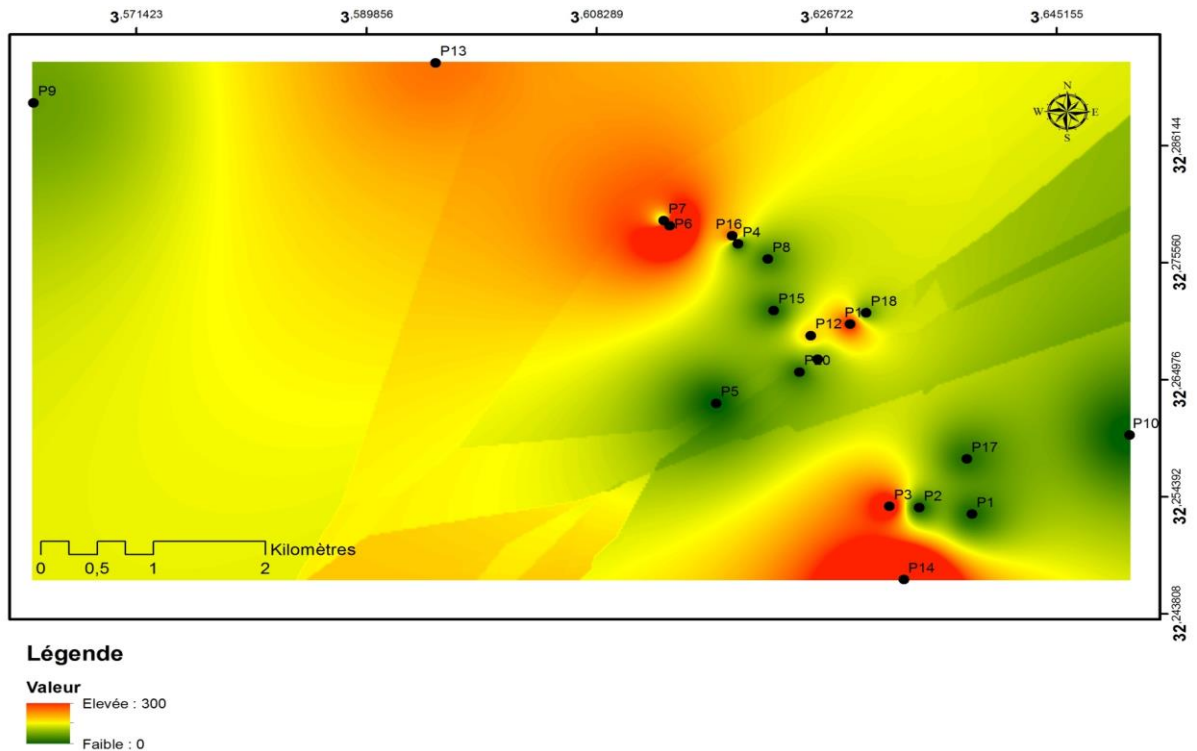


Figure 22. Carte de variation spatiale des coliformes fécaux des eaux phréatiques de la région de METLILI.

2.4. Streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux sont des Aero-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale mais plus résistants dans le milieu extérieur que les coliformes. Bien que les puits (p6, p11, p12, p15, p16 et p18) sont considérés comme contaminés. Le reste des puits sont conformes aux normes OMS (absence dans 250ml). Il est à noter que les puits p6 et p11 ont le degré de contamination le plus élevé parmi les puits contaminés, tandis que les puits p12, p15, p16 et p18 ont le degré de contamination le plus faible ce qui donne un coefficient de variation très élevé (CV = 201,85 %)

Résultat et discussion

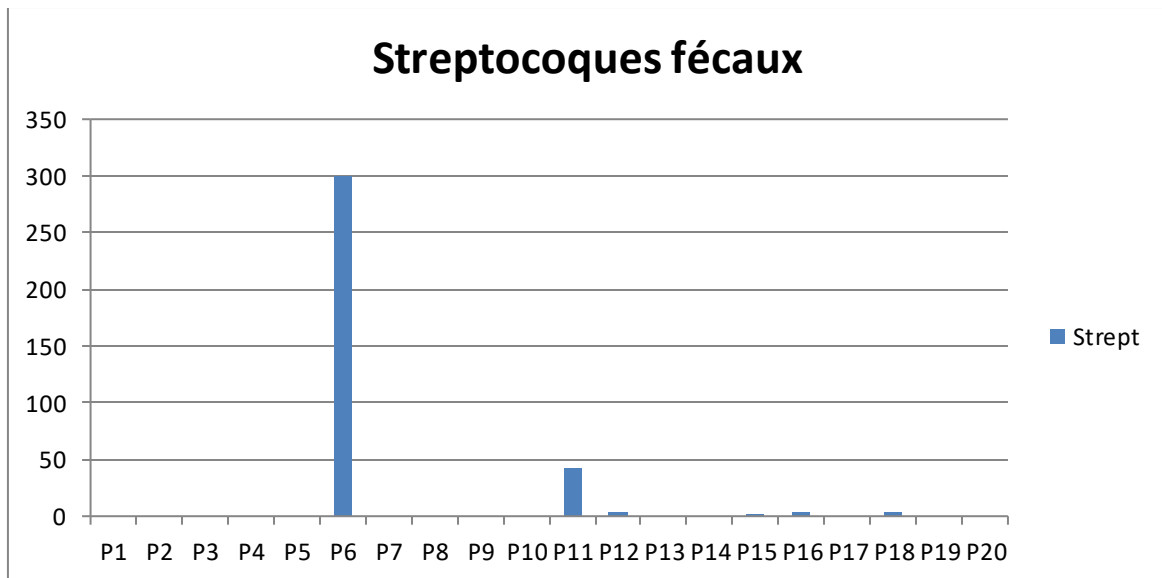


Figure 23. Variation des streptocoques fécaux de chaque échantillon des eaux de puits des différentes stations.

La carte montre les deux puits (p6 et p11) ayant le degré de contamination le plus élevé situés dans les régions de El Gharbia et Centre-ville respectivement. (Figure 24)

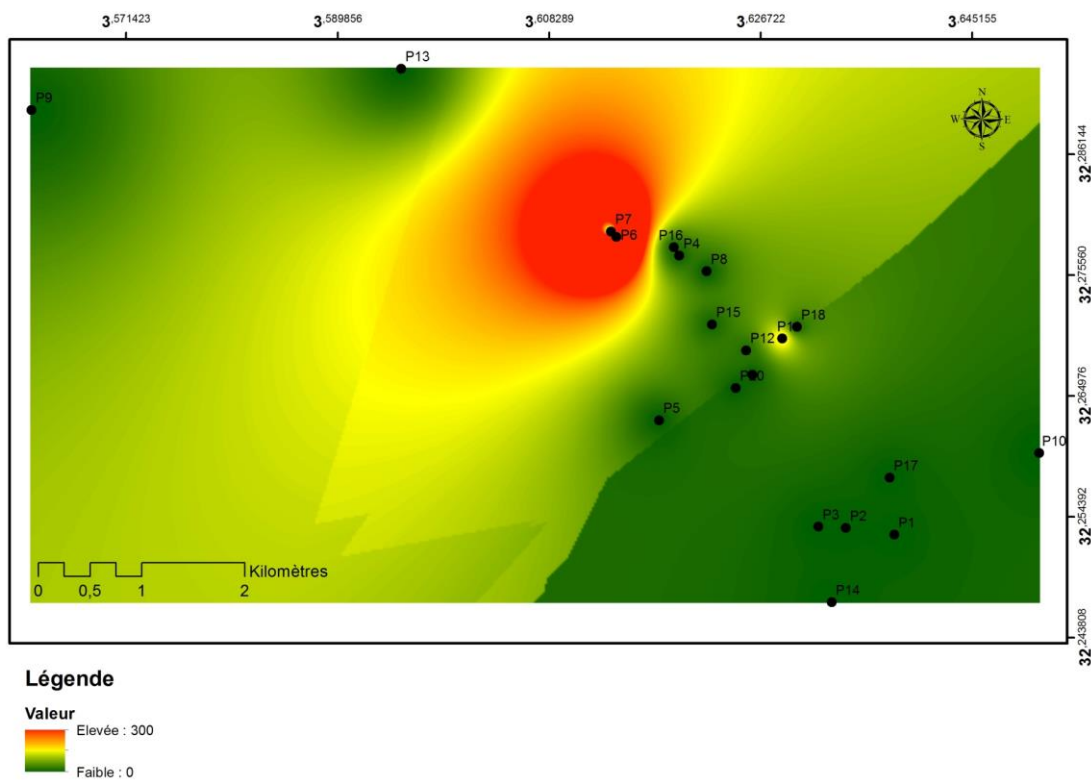


Figure 24. Carte de variation spatiale des streptocoques fécaux des eaux phréatiques de la région de METLILI.

Résultat et discussion

2.5. Anaérobies sulfito-réducteurs :

Les germes ASR ont induit 20% de non-conformité (absence dans 50ml), selon les normes algériennes, par rapport aux échantillons des eaux de puits analysés, avec 4 des 20 puits analysés enregistrés positifs pour la présence des ASR.

Quant aux Anaérobies sulfito-réducteurs, le nombre varie de 2 à 21 UFC/150mL. La concentration maximale est enregistrée au niveau du puits p3 (21 UFC/150ml) et les concentrations minimales enregistrées au niveau des puits (p2, p4, et p5). La présence des spores des Anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux naturelles généralement indique une contamination fécale et en l'absence de bactéries Coliformes, une contamination déjà ancienne (OMS, 1994). Elles sont très résistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (TRAVEL *et al.*, 2006).

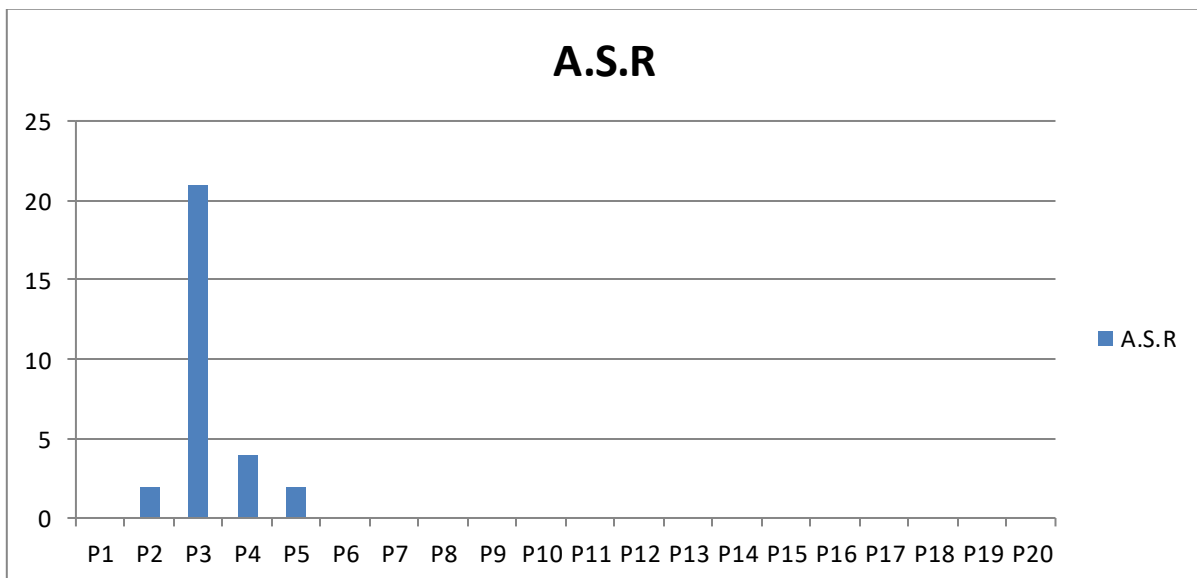


Figure 25. Variation des Anaérobies sulfito-réducteurs de chaque échantillon des eaux de puits des différentes stations.

La carte montre les quatre puits contaminés situés dans les régions de Saguïet Moussa, Timakrat et EL Gamgouma dans la zone d'étude. (Figure 26)

Résultat et discussion

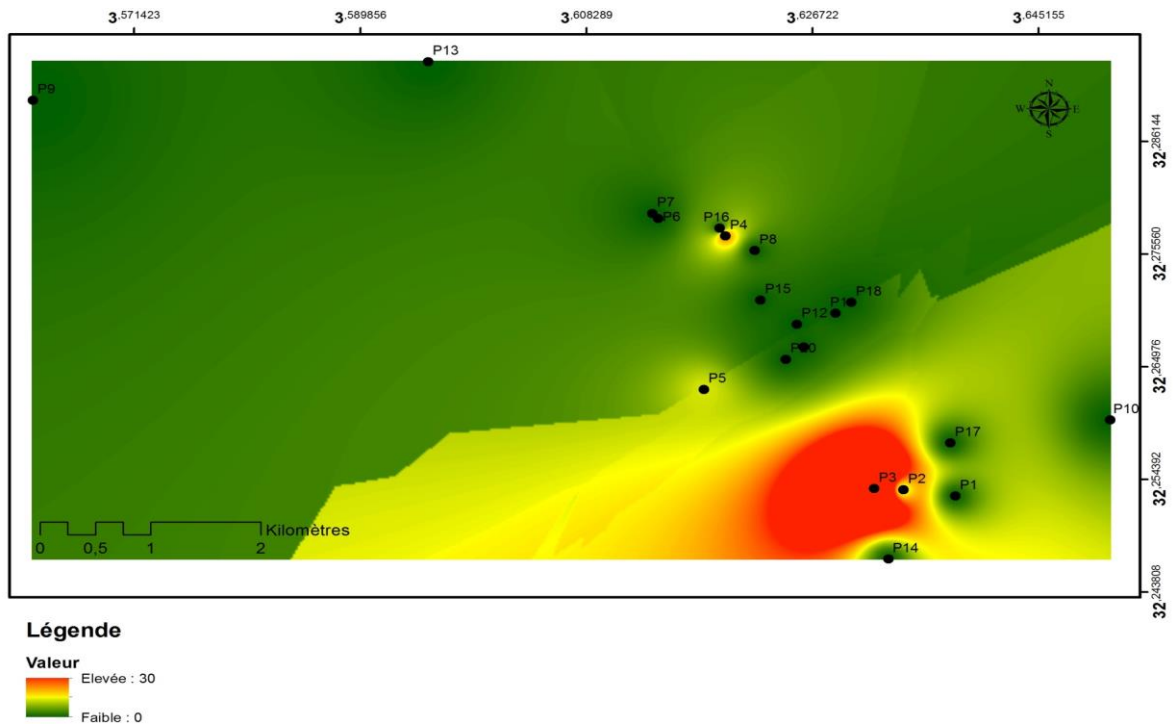


Figure 26. Carte de variation spatiale des Anaérobies sulfito-réducteurs des eaux phréatiques de la région de METLILI.

2.6. Levure et moisissure :

Les levures et les moisissures sont largement répandues dans l'environnement. Ils peuvent être trouvés dans les eaux de puits, et en particulier dans les points les plus exposés à une contamination humaine, dont certains peuvent être pathogènes pour l'homme et provoquer notamment des affections cutanées. Quelques-uns de ces microorganismes peuvent avoir une origine fécale, tel *Candida albicans* ; la plupart sont des champignons dermatophytes ayant une origine cutanée (LANDREAU & SAUTER, 1983).

Les résultats de dénombrement des levures et moisissures, montre que 95% des puits analysés ont été testés positifs pour la présence de levures et moisissures avec des charges allant de 3 à +300 ufc/150ml. Le taux de contamination le plus élevé étant noté dans les puits p3, p4 et p5 avec un nombre de colonies supérieur à 300 ufc/150 ml. Le reste des puits avait une charge microbienne inférieure à 50 ufc/150 ml. Le puit p2 a été testé négatif pour la présence de levures et moisissures.

La présence de levures et de moisissures dans les eaux des puits reflète généralement la mauvaise gestion des puits. La source de ce type de contamination est généralement humaine.

Résultat et discussion

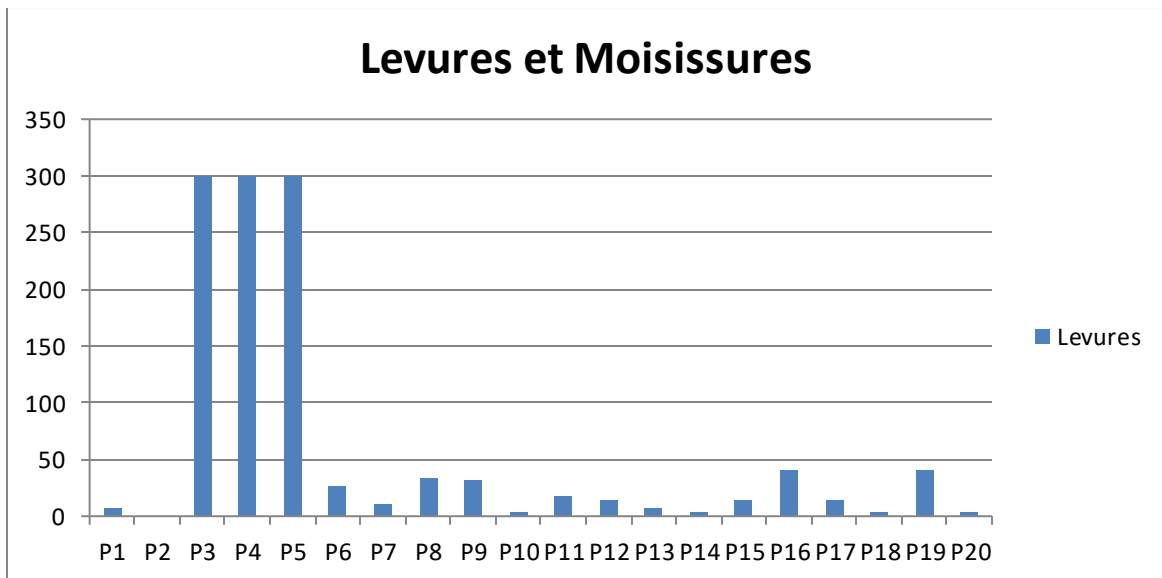


Figure 27. Variation des levures et moisissures de chaque échantillon des eaux de puits des différentes stations.

La carte de variation spatiale présente les régions où se trouvent les puits ayant la charge la plus élevée en levures et moisissures (Saguiet Moussa, El Gharbia et Timakrat). (Figure 28)

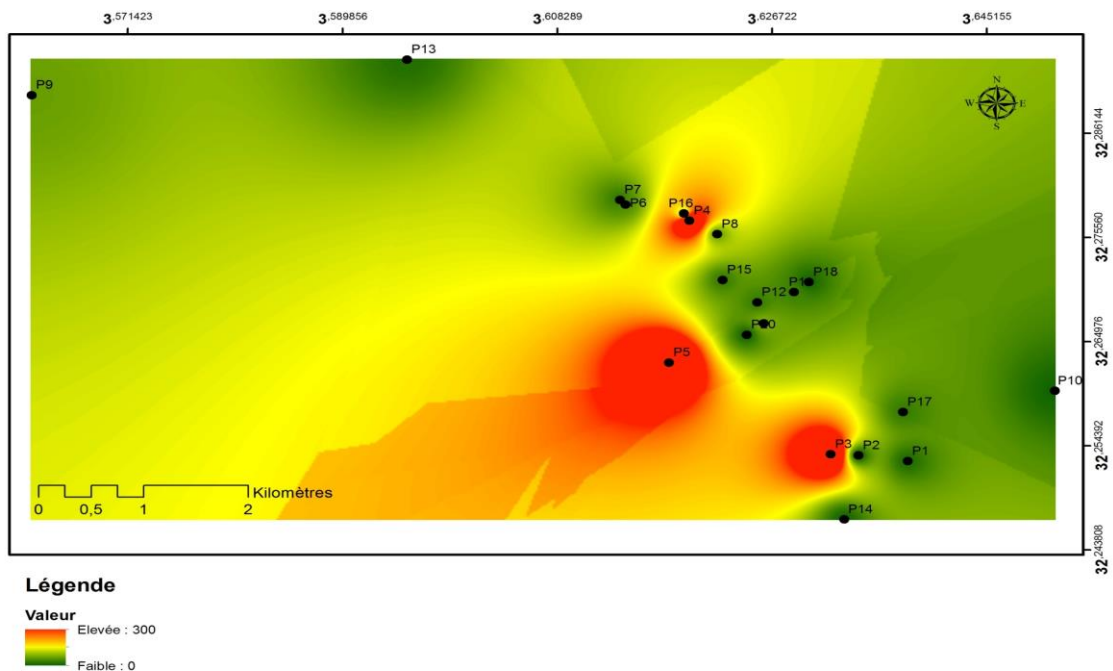


Figure 28. Carte de variation spatiale des levures et moisissures des eaux phréatiques de la région de METLILI.

Résultat et discussion

3. Résultats des analyses statistiques :

3.1. Matrice de corrélation multiple et Analyse en Composantes Principales (ACP) :

L'examen de la matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimique et microbiologique montre qu'il y a :

Des corrélations positives et significatives ont été enregistrées entre les paramètres des Coliformes fécaux avec la Flore mésophile totale ($r = 0.6002$; $p = 0.0051$) et les Streptocoques ($r = 0.6112$; $p = 0.0042$).

Nous remarquons qu'il existe également une corrélation positive et significative entre les paramètres microbiologiques des Anaérobies sulfite-réducteurs et les levures et moisissures avec un coefficient de corrélation $r = 0,6814$ et $p = 0,0009$

Tableau 9. Matrice de corrélation de Pearson pour les analyses physicochimique et microbiologique

Variables	pH	O ₂ mg/l	EC mS	Coli T	Coli F	FMT	Strept	A.S.R	Levures
pH	1	0.3189	-0.3059	-0.1675	-0.3138	0.1008	-0.2217	0.1699	0.1455
O ₂ mg/l	0.3189	1	-0.2886	0.1043	-0.1275	-0.1569	-0.0194	-0.0532	-0.1088
EC mS	-0.3059	-0.2886	1	0.1242	-0.0748	-0.1549	0.0129	-0.0792	0.0558
Coli T	-0.1675	0.1043	0.1242	1	0.4271	0.2074	0.2733	0.3191	0.3310
Coli F	-0.3138	-0.1275	-0.0748	0.4271	1	0.6002	0.6112	0.1466	-0.0614
FMT	0.1008	-0.1569	-0.1549	0.2074	0.6002	1	0.1279	0.2684	0.0345
Strept	-0.2217	-0.0194	0.0129	0.2733	0.6112	0.1279	1	-0.0853	-0.0881
A.S.R	0.1699	-0.0532	-0.0792	0.3191	0.1466	0.2684	-0.0853	1	0.6814
Levures	0.1455	-0.1088	0.0558	0.3310	-0.0614	0.0345	-0.0881	0.6814	1

Concernant l'analyse en composantes principales, la projection des variables et des individus montre que les 2 premiers axes factoriels contribuent respectivement à 26,45 % et 21,28 % d'inertie, avec un pourcentage cumulé de 47,73 %. Compte tenu du nombre relativement faible de variables traitées, ce résultat peut être considéré comme insatisfaisant.

On voit que les variables Coliformes fécaux, Streptococcus fécaux, ASR et levures et moisissures sont très proches du cercle de corrélation ce qui les rend très bien représentées sur le plot, dont les points p1, p10, p12, p18, p19 et p20 ont une forte contribution négative à l'axe factoriel 2, et les points p5 et p15 ont une forte contribution positive et négative respectivement à l'axe factoriel 1.

Résultat et discussion

L'axe bipolaire F1, extrayant environ 26,45% de la variance totale, projette deux variables à son pôle positif (figure). Défini par les paramètres microbiologiques étant les anaérobies sulfito-réducteurs et les levures et moisissures. Cela indique une forte corrélation entre les deux paramètres.

Du côté positif de l'axe bipolaire F2, deux variables sont projetées, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux qui sont faiblement représentés sur l'axe.

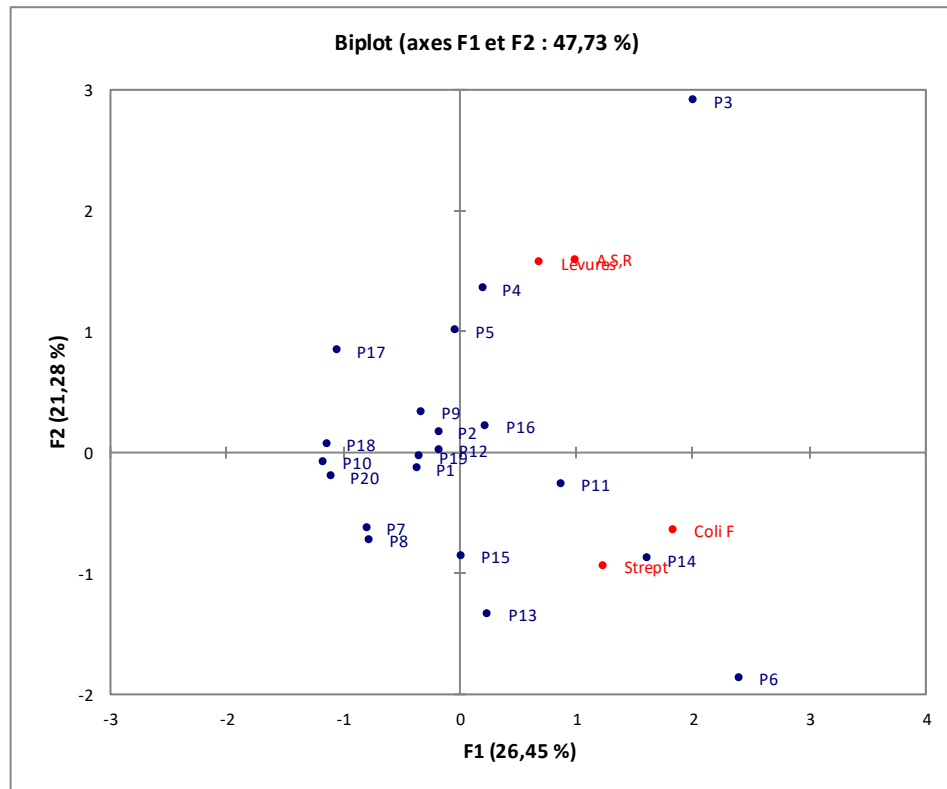


Figure 29. Représentation des variables mesurées sur le plan factoriel F1 et F2 de l'ACP.

4. Discussion générale :

Les résultats physico-chimiques et microbiologiques obtenus dans ce présent travail nous amènent à suggérer que la qualité des eaux des puits de la région de Metlili est très dégradée, ceci est indiqué par la présence des germes témoignant de qualité (Flore mésophile totale, levures et moisissure) par des concentrations assez élevées. Aussi elles sont contaminées par des germes indiquant une pollution fécale (présence des coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoque et sport anaérobies sulfito-réducteurs) avec des concentrations élevées.

Des eaux acides ont été marquées dans le nord-ouest et dans la majorité des points dans la région d'étude, cela peut être dû à la présence de fortes concentrations de matières

Résultat et discussion

organiques dans l'eau, expliquant ainsi la charge microbienne élevée trouvée dans la présente étude. (PORTER et al. 1980), rapporte que la matière organique abaisse le pH du sol en libérant des ions hydrogène qui étaient associés aux anions organiques ou par nitrification dans un système ouvert. Ainsi, le taux élevé de conductivité électrique marqué dans ses points reflète le taux élevé d'impuretés présentes dans l'eau.

Le dénombrement de flore mésophile totale est une procédure précieuse pour évaluer la qualité bactérienne de l'eau potable. La FMT a une importance sanitaire majeure pour les systèmes d'eaux de surface et les systèmes d'eaux souterraines non traités (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1977).

En général, les principaux genres de bactéries constituant la flore de la palourde étaient *Vibrio* et *Acromonas* qui formaient ensemble 46% de la flore mésophile totale. Ils sont également reconnus comme la cause d'infections des plaies et du sang à la suite de lacérations de la peau contractées lors de la manipulation de coquillages (LALITHA ET DEENDRAN, 2005). La charge la plus élevée de la flore mésophile totale a été détecté surtout dans la région de Saguiet Moussa et El Batha.

Ainsi que les recherches précédentes montrent que la présence d'un nombre de colonies assez important de coliformes totaux signifie une médiocrité de la qualité de l'eau. (DJEKAOUA ET LAHRECHE, 2020) démontrés que cette contamination peut être la conséquence d'une infiltration des eaux d'assainissement du fait que certaines zones urbaines connaissent une forte croissance démographique qui se traduit par un envahissement urbain caractérisé par des raccordements d'assainissement anarchiques. Là où, nous avons détecté l'augmentation de nombres de colonies des coliformes totaux dans le sud-est.

Cette situation peut être aggravée par l'existence des réseaux et structures urbaines anciennes. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais la présence de ces derniers indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles (TOURETTE, 2002).

Cependant, la présence de coliformes dans les eaux souterraines non traités, peut être un indicateur de la dégradation de la qualité de ces eaux par des apports d'eau de surface. Ainsi, les coliformes totaux peuvent être des indications de la présence potentielle de virus entériques humains (TOURETTE, 2002).

Les fortes concentrations de biomasse bactérienne d'*E. coli*, qui est l'espèce type des coliformes fécaux, notées principalement dans la zone de Chaabat Sid Chikh (DJEKAOUA ET LAHRECHE, 2020), ont été notées ici dans le sud et le nord-ouest de la région.

Résultat et discussion

La révélation d'*E. coli* dans l'eau potable signifie que celle-ci a été contaminée par des matières fécales pouvant contenir des micro-organismes pathogènes, comme des bactéries, des virus ou des parasites. Les conséquences d'une exposition à ces microorganismes pathogènes peuvent varier. Parmi les symptômes les plus courants on trouve les nausées, vomissements et diarrhée. Les enfants d'âge précoce, les personnes âgées, ainsi que les personnes ont un système immunitaire affaibli, peuvent avoir des symptômes plus graves (TOURETTE, 2002)

Par ailleurs, (DJEKAOUA ET LAHRECHE, 2020) constatent que la région de Tindakssine est majoritairement contaminée par les streptocoques fécaux. Alors que nous avons trouvé que les fortes concentrations de streptocoques fécaux étaient principalement situées dans la région d'Aamairate.

Les risques de la présence des streptocoques du groupe D sur l'homme comprennent des infections affectent différentes parties du corps humain, comme la gorge, l'oreille moyenne, les sinus, les poumons, la peau, les tissus situés sous cutanés, les valves cardiaques et la circulation sanguine. (TOURETTE, 2002).

Concernent les anaérobies sulfite-réducteurs ont été aperçu surtout dans la région de Saguet Moussa. Dans ce groupe on retrouve principalement *Clostridium perfringens* mais également le groupe des *Clostridium botulinum* et d'autres germes capables de réduire les sulfites. Deux formes d'intoxications alimentaires peuvent être causées par les *Clostridium perfringens* : Une intoxication caractérisée dans les 8 à 12 heures suivant l'ingestion par des douleurs abdominales aiguës, de la diarrhée, des nausées et de la fièvre. Les troubles disparaissent dans les 12 à 24 heures, la maladie est très rarement mortelle et une forme sévère appelée entérocolite nécrosante. Elle est caractérisée par des diarrhées sanglantes, des douleurs abdominales aiguës et des signes d'inflammation et de nécrose de l'intestin grêle. Cette forme est rare mais grave et est traitée à l'aide d'antibiotiques (BOYER, 2021).

En termes simples, les moisissures produisent des mycotoxines. Ces substances, bien qu'elles soient invisibles à l'œil nu, une fois ingérée puis pénètrent dans le corps, la moisissure doit se coloniser et se propager. Ce faisant, il peut compromettre le système immunitaire et endommager les processus quotidiens du corps. Il y a eu une théorie d'un lien entre l'apparition des troubles du *spectre autistique* et *Candida albicans* dans le corps (ROBERTS, 2006). Des quantités énormes des levures et moisissure ont été trouvé surtout dans sud West de la région d'étude cela pourrait signaler un problème potentiel de santé publique si les puits contaminés étaient utilisés pour l'apport de l'eau potable.

Résultat et discussion

L'absence de *Salmonella* et *Shigella* dans les résultats est considéré comme un point positif dans cette étude, car ils représentent une menace pour la santé publique. Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes, les gastro-entérites et toxi-infections alimentaires collectives sont les trois types de symptômes de la maladie de salmonellose. (HARIZI, 2009)

Conclusion générale

CONCLUSION :

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques sont les seuls moyens pour qualifier une eau de potable. L'eau, malgré ses caractéristiques organoleptiques acceptables (couleur, odeur, saveur), peut constituer un danger pour la santé humaine. C'est le cas des eaux contaminés soit par des microbes indicateurs de pollution ou microbes pathogènes.

L'évaluation de la qualité sanitaire des eaux de puits de la région de Metlili nous a permis de caractériser cette ressource naturelle. Les paramètres de qualité physico-chimiques sont pour la plupart en dessus de la norme de potabilité de l'OMS. Les eaux de puits présentent dans l'ensemble un pH acide et une conductivité assez élevée.

Sur le plan microbiologique, les germes indicateurs de qualité ainsi que les sources potentielles des germes fécaux et pathogènes ont été recherchées : flore mésophile totale, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux, A.S.R, levures et Salmonella. De manière générale, il ressort de l'ensemble des prélèvements que les eaux de puits étudiés présentent une contamination par des germes d'origine fécale.

La présence de ces germes dans les points d'eau échantillonnés à Metlili peut causer des contaminations des légumes irrigués par ces eaux polluées ce qui entrainera un risque majeur pour la santé des populations. Les régions les plus touché sont : Saguiet Moussa et Souareg.

Les eaux de puits sont encore des sources importantes d'approvisionnement en eau à Metlili. Elles sont destinées à divers usages et surtout dans l'irrigation. La contamination de ces eaux par des bactéries d'origine fécale constitue un risque majeur des gastro-entérites pour le consommateur si l'eau était destinée à la consommation. Les causes sont surtout les mauvaises habitudes dans la gestion de l'hygiène dans les puits.

L'État doit contrôler l'application des lois qu'il a édictées, notamment en matière de qualité de l'eau et de l'hygiène apportée à cette dernière et les eaux des puits ne doivent pas être négligées. Les populations doivent être associées et sensibilisées. Elle doit développer des mesures pour préserver la santé des populations qui utilisent ces puits pour leurs usages quotidiens.

- Les services d'assainissement doivent bien jouer leur rôle pour organiser la gestion des déchets et des excréta au tour des puits.
- La sensibilisation des populations sur les meilleures pratiques d'hygiène de leur cadre de vie et sur une gestion rationnelle de l'eau et des puits

Conclusion générale

- La poursuite et le renforcement du traitement des puits traditionnels par les services d'hygiène.
- Prélèvement périodique pour l'analyse, désinfection et traitement des eaux des puits par chlorination ou par la chaux
- Couverture des puits pour les protégés contre la contamination externe.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ABDELBAKI C. et BOUKLIH. (2007)** : Etude du phénomène de dégradation des eaux souterraines du groupement urbain de Tlemcen. Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2,257 P.
- **Achour M. (2003)** : étude hydrogéologique de la nappe phréatique de la vallée de Metlili (Ghardaïa), 36 p.
- **Aissaoui A. (2013)** : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. Thèse de magister en biologie. Spécialité Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement.
- **Albuquerque et al (2013)** : Spatio-temporal ground water vulnerability assessment A coupled remote sensing and GIS approach for historical land cover reconstruction, Water Resources Management.
- **Amghar. W et TASSADIT.F (2017)**. Résurgence des maladies à transmission hydrique en Algérie : entre causes et effets, Mémoire de Master.
- **ANRH de Ghardaïa (2018)**. Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la nappe Albienne dans la wilaya de Ghardaïa. Agence Nationale des Ressource Hydraulique.
- **Aouissi, A. (2010)**. Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (nord-est de l'Algérie), mémoire de magister, 141P.
- **Benesseddik A. (2018)**. Étude hydrogéologique de la région de metlili (Ghardaïa). Mémoire master.
- **Bensemaoune .(2007)**. Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale :
- **Bonnefoy.C., et al. (2002)**. Microbiologie et qualité dans l'industrie agroalimentaires. CRDP d'aquitaine, Paris, p101.
- **Carip C (2008)**. Microbiologie Hygiène bases microbiologiques de la diététique, Edition TEC& DOC et médicales internationales, Londres-Paris-New York, 58 p.
- **Centre d'expertise en analyse environnementale de QUÉBEC. (2014)**. Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants (fécaux) et confirmation à l'espèce Escherichia coli : méthode par filtration sur membrane. MA. 700 – Fec. Ec 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, 20 p.
- **Chevalier P. (2003)**. COLIFORMES FÉCAUX. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec. Fiche Coliformes fécaux.
- **Crowin. D., Wagenet. L. (1996)**. Applications of GIS to the Modeling of NonPoint source pollutants in vadose zone (A conference overview). Journal of Environmental Quality.
- **D.P.A.T., Direction de la planification et de l'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Ghardaïa. (2009)**. Atlas de Ghardaïa, 164 p.
- **Djekaoua. N et Lahreche. H. (2020)**. Evaluation de la qualité biologique des eaux de l'aquifère alimentant la commune de Metlili (Wilaya de Ghardaïa). Mémoire de Master ,5 p.
- **Gadin-Goyon N. (2002)**. Qualité bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier thèse université CLAUDE-BERNARD- LYON 1.

Références bibliographiques

- **Ganin. B., Chouvin.C. (2003).** Cours d'eau et indices biologique : pollution, méthode, 2^{ème} édition, paris, 42p.
- **Guessoum. H., et al. (2015).** Caractérisation Microbiologique des eaux de la Nappe Phréatique de la région de Ghardaia (cas de sebseb. Journal of Advanced reaserch in sciences and technnology .18p.
- **Guiraud J. (1998).** Microbiologie alimentaire, édition DUNOD, paris, 41p.
- **Hadj.CH (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique entre eau de puits de Si Abdelghani (Tiaret) et Puits de Daïa (Ghardaïa). Mémoire de Master .1p.
- **Hajjoubi. H., et al. (2017).** Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc, Pan African Medical Journal, 2 P.
- **Hamel. A et Hanichi. S. (2020).** Etude Hydrogéologique de l'ensemble aquifère ancien de la région de METLILI (Wilaya de Ghardaia), 6-9 p
- **Harizi k. (2009).** Recherche et Identification des Bactéries Pathogènes Salmonella et Listeria dans les aliments 2008 – 2009 ; Université de Gabés Institut Supérieure de Biologie Appliquée de Médenine, 7 p.
- **Joradp N° 48 (2015).** Méthodes horizontales pour le dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies dans les produits dont l'activité d'eau et inférieure ou égale a 0.95, 22p.
- **Joradp N°39 (2016).** les critères microbiologiques des denrées alimentaires,
- **K.V. Lalitha and P.K(2005):** Surendran Central Institute Fisheries Teclmology Cochin -682 029, India Bacterial Profile of Black Clam (*Villorita cyprinoides* var. *Cochinensis*) and Clam Harvesting Waters from Vembanad Lake in Kerala (India) 188p.
- **Kherifi W. Bekiri F. (2016).** Les maladies à transmission hydrique en Algérie, Journal Algérien des Régions Arides (JARA), 75p.
- **Ministère de l'industrie et de la recherche bureau de recherches géologiques et minières service géologique national direction du personnel et des relations sociales département formation permanente département eau. (1983).** Eléments de microbiologie des eaux. 7p.
- **MYRAND D. (2007).** Guide technique captage d'eau souterraine pour des résidences isolées mise à jour janvier 2008. Développement durable environnement et parc.
- National Academy of Sciences. (1977). Drinking water and health. 1st ed. Washington, D.C., p.87.
- **O.N.M. (2019).** Données climatiques de la région de Ghardaïa. Ed. Office national de Météo, Ghardaïa. 3 p.
- **OMS (1994).** Directives de qualité pour les eaux de boisson ; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition.
- **Ouled elmir D. (2000).** Étude physico-chimique de l'eau de bassin versant de Metlili 3-4 p.
- **Painchaud J. (1997).** La qualité de l'eau des rivières de QUÉBEC : État et tendances, Direction des écosystèmes aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune.
- **Porter, W. M., Cox, W. 1., and Wilson, I. (1980).** Soil acidity ... is it a problem in Western Australia? West Aust. J. Agric. 21, 126-33p.

Références bibliographiques

- **Rodier J. (1996).** L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer. 8ème édition. Dunod, 1383 p.
- **Roux M. (1987).** Office International de l'eau : L'analyse Biologique De L'eau. *TEC & DOC*. Paris. 229p.
- **Saoud I. (2014)** Contribution à l'étude hydro chimique de la nappe du Sénonien dans la région de Guerrara (Ghardaïa). Mémoire De Master, université Ouargla. P81.
- **Shukuru Salulum F. (2010).** Mémoire de Licence, Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales, Université officielle de Bukavu. 68p.
- **Tandjir L. (2012).** Les Eaux et effets subtils sur l'environnement, L'office des publications universitaire Constantine, 102 P.
- **Theau A. (2005).** Coliformes thermos tolérants, Le laboratoire partenaire de votre qualité.
- **Tourab H. (2013).** Mémoire de fin d'étude, université CADI AYYAD, Marrakch.
- **Tourette, I. (2002).** Filières laitières en Afrique et points critiques pour la maîtrise des dangers sanitaires des laits et produits laitiers. Diplôme d'études supérieures. 30p.
- **TRAVEL A et al. (2006).** Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., n° 121, 21-23. Page 21, 23.
- **U. européenne. (1980).** Directive n° 80-778 du 15 juillet 1980 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
- **Uhl W et al. (2009).** Exploitation des eaux souterraines, Concepts de base pour l'élargissement des Programmes d'hydraulique du CRS, 10-11P.
- **Vilaginès R. (2010).** Eau, environnement et santé publique (introduction à l'hydrologie). Edition TEC & DOC, 3^{ème} édition, 109 p.

Sites web

- **(Site.1).** Oxygène dissous : définition et explications. [Online] AquaPortail. Disponible à : <<https://www.aquaportail.com/definition-4976-oxygene-dissous.html>>.
- **(Site.2). Eurofins Scientific. (2021).** Levures et moisissures. [Online] Disponible à : <<https://www.eurofins.fr>>.
- **(Site.3).** Susan lillard-roberts. Symptoms of Fungal Exposure (Mycotoxicosis). Disponible à <<https://www.mold-survivor.com/symptoms.html>>.
- **(Site.4). Boyer, M. (2021).** Clostridium, Anaérobies sulfito-réductrices - Laboratoire VIGILAB | Agroalimentaire, hydrologie. [Online] Laboratoire VIGILAB | Agroalimentaire, hydrologie. Disponible à : <<https://www.vigilab.com>>

Annexe

1. ANNEXE I: Analyses microbiologiques:

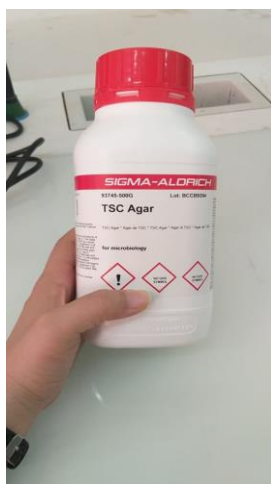
1.1.TSC Agar (SIGMA-ALDRICH):

➤ Composition:

- Meat peptone (peptic) 15 g/l
- Soya peptone 5g/l
- Yeast extract 5g/l
- Ammonium ferric citrate 1g/l
- Sodium disulfite 1g/l
- Agar 15g/l

Final pH 7.6 +/-0.2 (at 25°C)

Dissoudre 42 g dans 1 litre d'eau distillée. Stériliser par autoclavage à 121°C pendant 15 minutes. Refroidissement à environ. 50°C.



1.2.POTATO DEXTROSE AGAR PDA (Eur Pharm):

- Final pH 5.6 ± 0.2 at 25°C,
- Composants:
 - Formula in grams per liter of distilled water
 - Dextrose: 20.0 infusion from
 - Potatoes (200 g): 4.0
 - Bacteriological Agar: 15.0

Suspendre 39 grammes de médium dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger et dissoudre en chauffant avec agitation fréquente. Faire bouillir pendant une minute jusqu'à dissolution complète. Stériliser en autoclave à 118-121°C pendant 15 minutes Refroidir à 45-50°C,

Annexe

bien mélanger et répartir dans des plaques.

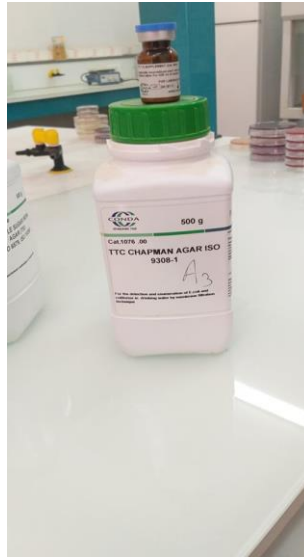


1.3. TTC CHAPMAN AGAR ISO 9308-1 (CONDA ESTABLISHED 1960) :

- Final pH: 7.2 ± 0.2 at 25 °C. Formula in grams per liter of distilled water,
- Composant:
 - Lactose: 20.0
 - Peptone: 10.0
 - Yeast Extract: 6.0
 - Beef Extract: 5.0
 - Sodium Heptadecyl Sulfate (Tergitol7): 0.1
 - Bromothymol Blue: 0.05
 - Bacteriological Agar: 150

Suspendre 56,15 grammes du milieu dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger et dissoudre en chauffant avec agitation fréquente. Faire bouillir pendant une minute jusqu'à dissolution complète. Stériliser en autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Refroidir à 45-50 °C et ajouter aseptiquement 2,5 ml de supplément TTC 1% (Cat. 6030), préalablement reconstitué dans 5 ml d'eau distillée stérile, à 500 ml du milieu. Homogénéiser délicatement et répartir dans des boîtes de Pétri. NE PAS SURCHAUFFER.

Annexe



1.4.SALMONELLA SHIGELLA AGAR SS (CONDA):

- Final pH 7.0 ± 0.2 at 25°C . Formula in grams per liter of distilled water,
- Composant:
 - Lactose: 10.0
 - Bile Salts Mixture: 8.5
 - Sodium Citrate: 8.5
 - Sodium Thiosulfate: 8.5
 - Beef Extract: 5.0
 - Peptone Mixture: 5.0
 - Ferric Citrate: 1.0
 - Neutral Red: 0.025
 - Brilliant Green: 0.0003
 - Bacteriological Agar 13.5

Suspendre 60 grammes du milieu dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger jusqu'à obtention d'une suspension homogène. Chaleur avec agitation fréquente et faire bouillir pendant une minute jusqu'à dissolution complète. NE PAS AUTOCLAVE. Refroidir à $45-50^{\circ}\text{C}$ et répartir dans des boîtes de Pétri.

Annexe

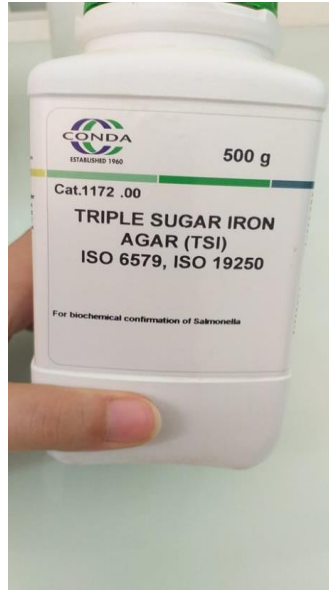


1.5. TRIPLE SUGAR IRON AGAR ISO 6579, ISO 19250 TSI (CONDA):

- Final pH: 7.4 ± 0.2 at 25°C . Formula in grams per liter of distilled water,
- Composant:
 - Peptone: 20.0
 - Lactose: 10.0
 - Sucrose 10.0
 - Sodium Chloride: 5.0
 - Beef Extract 3.0
 - Yeast Extract 3.0
 - D-Glucose: 1.0
 - Ferric Ammonium Citrate: 0.3
 - Sodium Thiosulfate: 0,3
 - Phenol Red: 0.024
 - Bacteriological Agar: 12.0

Suspendre 64,6 grammes du milieu dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger et dissoudre en chauffant avec agitation fréquente. Faire bouillir pendant une minute jusqu'à dissolution complète. Distribuer dans des tubes et stériliser en autoclave à 121°C pendant 15 minutes. Laisser refroidir en position inclinée afin d'obtenir des mégots de 1,5-2,0 cm. profondeur.

Annexe



1.6.NUTRIENT AGAR GN (ISO-6579 ISO-10273 ISO-19250) (CONDA ESTABLISHED 1960):

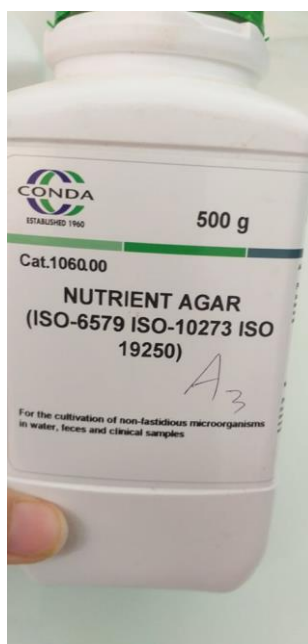
Final pH 6.8 ± 0.2 at 25 °C. Formula in grams per liter of distilled water,

Composant:

- Gelatin Peptone: 5.0
- Beef Extract: 3.0
- Bacteriological Agar: 15.0

Suspendre 23 grammes du milieu dans un litre d'eau distillée. Bien mélanger et dissoudre en chauffant avec agitation fréquente. Faire bouillir pendant une minute jusqu'à la fine dissolution. Stériliser en autoclave à 121 °C pendant 15 minutes. Refroidir à 45 °C et distribuer dans des récipients appropriés

Annexe



1.7.Eau peptonée tamponnée EPT:

➤ Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée :

- Peptone de caséine: 10,00
- Chlorure de sodium: 5,00
- Phosphate de sodium dibasique : 12H₂O 9,00
- Phosphate de potassium dibasique: 1,50

pH final à 25°C: 7,0 ± 0,2

Le milieu en flacons, tubes ou poches se conserve entre 2 et 25°C jusqu'à la date d'expiration indiquée sur l'emballage.

1.8.Rappaport-Vassiliadis (RVS):

➤ Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée :

- Tryptone 4,54
- Chlorure de magnésium anhydre 13,40
- Chlorure de sodium 7,20
- Phosphate monopotassique 1,45
- Oxalate de vert de malachite 0,036

pH final à 25°C : 5,2 ± 0,2

Mettre en suspension 26,6 grammes dans 1 litre d'eau pure. Agiter jusqu'à dissolution complète. Répartir en tubes ou flacons. Autoclaver à 115°C pendant 15 minutes.

Annexe

1.9.GELOSE de SLANETZ et BARTLEY :

➤ Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée ou déminéralisée :

- Tryptose 20,00
- Extrait de levure 5,00
- Glucose 2,00
- Phosphate dipotassique 4,00
- Azide de sodium 0,40
- Agar 12,00 Le milieu prêt à l'emploi contient
- Triphényl-2,3,5-tétrazolium (TTC) 0,10

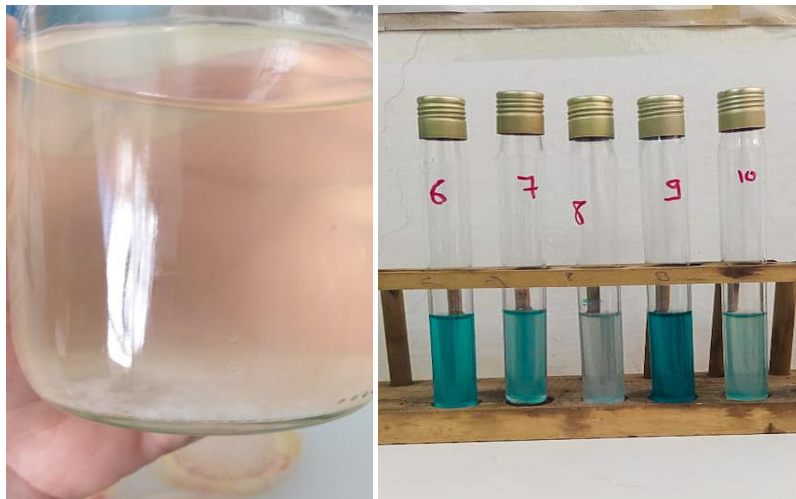
pH final à 25°C: $7,0 \pm 0,2$

Annexe

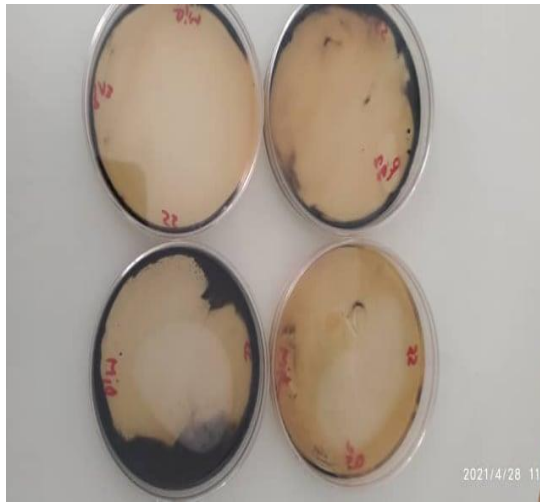
2. ANNEXE II: Résultats

2.1. Résultats microbiologiques:

Puits	Coli T	Coli F	FMAT	Strept	A.S.R	Salmonella	Levures
P1	283	7	24.5	0	0	abs	6.5
P2	>300	5	80	0	2	abs	0
P3	>300	151	>300	0	21	abs	>300
P4	>300	5	32.5	0	4	abs	>300
P5	230	1	15	0	2	abs	>300
P6	>300	>300	167.5	>300	0	abs	26.5
P7	43	20	1	0	0	abs	11
P8	19	15	27.5	0	0	abs	33
P9	64	30	>300	0	0	abs	31.5
P10	22	0	2.5	0	0	abs	2.5
P11	>300	133	>300	42	0	abs	17.5
P12	207	80	110	4	0	abs	14.5
P13	185	108	91.5	0	0	abs	8
P14	>300	>300	>300	0	0	abs	3
P15	258	10	96	2	0	abs	14
P16	134	118	>300	3	0	abs	40.5
P17	233	11	26.5	0	0	abs	14.5
P18	15	26	5.5	3	0	abs	3
P19	3	38	>300	0	0	abs	40
P20	20	12	1	0	0	abs	2.5



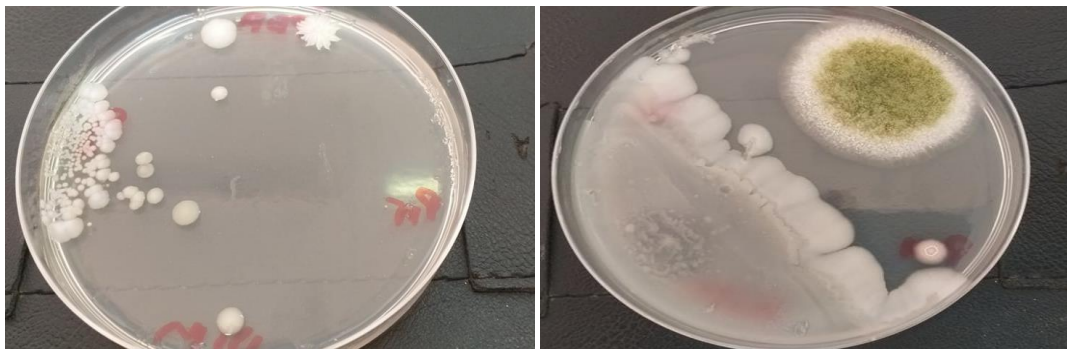
Annexe



Résultats positifs de pré-enrichissement EPT et enrichissement RVS et identification de salmonella SS

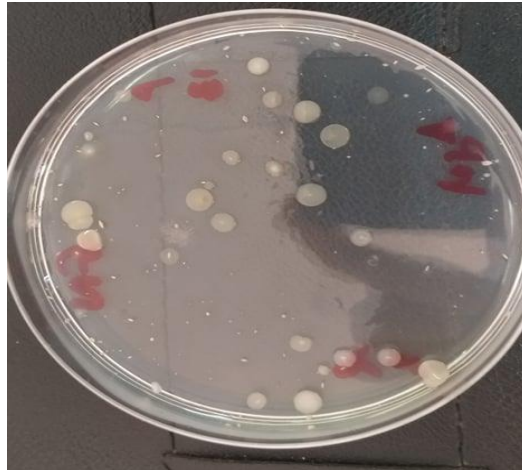


Résultats d'isolement de colonies trouvé dans milieu SS sur milieu TSI

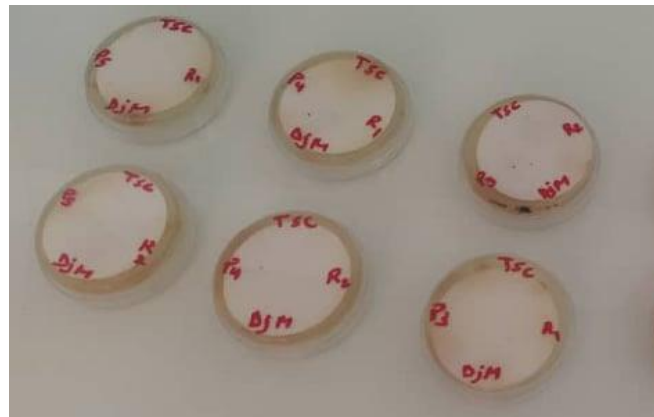


Résultats de levures et moisissures sur milieu PDA

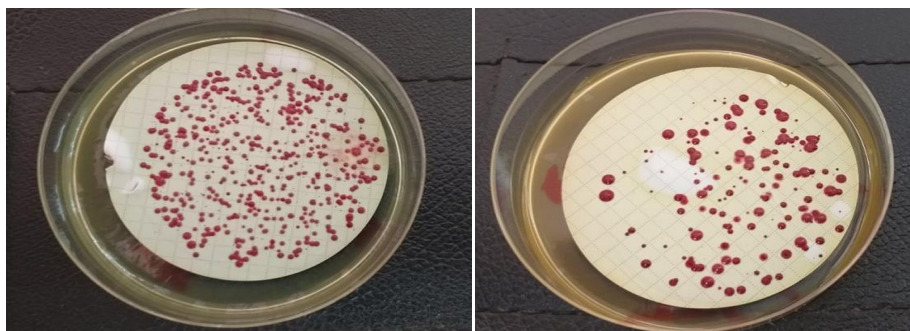
Annexe



Résultats de FMT sur milieu GN



Résultats d'A.S.R sur milieu TSC.



Résultats des CT et CF sur milieu TTC Chapman tergitol 7

Annexe

2.2. Résultats physico-chimiques:

Puits	Altitude	T C°	pH	O ₂ mg/l	EC mS
P1	485 m	25,9	5,85	4,12	4,15
P2	488 m	25,2	6,15	4,05	3,92
P3	504 m	25,4	6,55	4,16	3,77
P4	470 m	25,2	6,52	3,01	6,2
P5	495 m	30,4	5,68	3,53	4,45
P6	508 m	21,5	4,92	4,58	4,4
P7	525 m	21,2	4,72	3,55	3,01
P8	501 m	22	5,02	2,69	6,12
P9	507 m	22,7	6,58	4,67	1,915
P10	475 m	22,4	6,41	4,73	3,594
P11	505 m	23,6	6,73	3,17	6,62
P12	504 m	23,4	6,85	4,23	4,86
P13	534 m	28,8	4,37	2,25	9,24
P14	504 m	27,7	4,45	3,58	2,58
P15	500 m	28	4,31	2,98	6,38
P16	504 m	26	6,83	3,69	3,13
P17	476 m	26,4	7,02	24,2	3,25
P18	486 m	25,3	7,04	4,09	3,56
P19	494 m	26,8	6,49	3,73	5,42
P20	492 m	26,4	6,59	3,24	5,08

1.3. Résultats statistique:

- analyse descriptive :

Variables	MOYENNE	MINIMUM	MAXIMUM	ECART-TYPE	COEFFICIENT DE VARIATION
PH	5,9540	4,31000	7,0400	0,96020	16,1270
CONDICTEVITE (ms)	4,5824	1,91500	9,2400	1,71563	37,4391
OXYGENE DISSOUS (mg/l)	4,7125	2,25000	24,2000	4,63478	98,3508
CT	116,1000	3,00000	283,0000	88,23348	75,9978
CF	0,00000	151,0000	51,17092	105,2900	0,00000
STREOTOCOQUES	0,00000	104,0000	41,88066	182,8850	0,00000
FMT	1,00000	110,0000	36,06996	41,0352	1,00000
ASR	1,4500	0,00000	21,0000	4,71811	325,3866
LEVURES	0,00000	108,0000	46,31085	67,9045	0,00000

Annexe

3. ANNEXE III: Les normes

3.1. **Le coefficient de variabilité** : Cinq classes basées sur la valeur de CV, sont proposées par NOLIN et al ,1997 in MATHIEU2009 pour qualifier l'intensité de la variabilité des sols.

Tab. les normes de coefficient

Intensité de la variabilité	Coefficient de variabilité
Faible	<15
Modérée	15-35
Elevée	35-50
Très élevée	50-100
Extrêmement élevée	<100

3.2. Normes algérienne et internationale de l'eau potable :

D'après le : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°39,
MINISTERE DU COMMERCE

Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

Paramètres	Unités	Normes
pH	Unité pH	≥ 6.5 et $9 \leq$
Conductivité	$\mu\text{s}/\text{cm}$	2800
Streptocoques	ufc/ml	Absence dans 250 ml
Coliformes totaux	ufc/ml	Absence dans 250 ml
Coliformes fécaux	ufc/ml	Absence dans 250 ml
Spoires anaérobies sulfato-réductrices	ufc/ml	Absence dans 50 ml