

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



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

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

Mémoire 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 : **BELMOKHTAR Hamida**
DAHOU Fatima

Thème

**Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux
souterraines de la vallée de Metlili**

Soutenu publiquement le : 26/06/2018

Devant le jury :

M. BENKHERARA Saleh	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
Mme. BENHEDID Hadjira	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. BEN SEMAOUNE Youcef	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
M. GUERGUEB El Yamine	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2017/2018

Dédicace

Merci Allah (dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la Force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve.

Je dédie ce modeste travail

A de mon cher père, rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être ce

Travail est le fruit de tes sacrifices

A ma très chère maman en signe d'amour, de reconnaissances de gratitude Pour tout le soutien et les sacrifices d'ont elle fait preuve à mon égard.

A mes très chers frères

Dine, Lakhdar, Cheikh, Brahim, Driss

A mon grand sœur Rebha et son enfants : Abdelfattah, Mohamed, Nour el Houda

A mon sœur Hadda et son enfant : Bouhaf, Imane, Djaber

À mes tantes

Masouda, Fadila

A mes oncles

Abdelmalek, Youcef

Tous les membres de la famille DAHOU et MEKECHTI

Sans oublier ma meilleure amie : Imane, Abir, Rachida, Nawal, Khadija mon binôme Hamida qui m'a partagé ce travail.

A mes chers amis : Abd elhak et Hakim Vous êtes pour moi des frères et des amis sur qui je peux compter.

À mes camarades, spécialement promo de science de l'environnement 2^{ème} années Master.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce Mémoire dans les meilleures conditions.

Fatima D.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

*A celle qui m'a inséré le gout de la vie et le sens de la responsabilitéMa Mère bien
aimé Fatiha,*

*Celui qui toujours la source inspiratoire et de courage....Mon Père Sulaiman,
A ma sœur Djemaa et son mari Riyad et leurs enfants : Hiba, Ritadj, Abed Rahman*

A ma petit sœur Maria,

A mes frères : Mustapha et sa femme Karima et leur deux filles : Sondos, Asil

Houssine et sa femme

Nacer et Hamza

A grande mère Fatna,

Tous les membres de la famille BELLAOUAR et BELMOKHTAR

*A mon encadreuse mademoiselle : BENHEDID Hadjira et Monsieur BEN
SEMAOUNE*

*Et je n'oublier mes camarades : Imane, Abir, Rachida, Nawal, Khadija, Asma et
spécialement mon binôme Fatima qui puisse Dieu le tout puissant, vous préserver et
vous accorder santé, longue vie et bonheur*

A mes camarades spécialement promo de science de l'environnement 2^{eme} années

Master.

A toute personne que je n'ai pas nommé ici et à tous ce qui m'ont aidé

Hamida B.

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah, Dieu le Miséricordieux, L'Unique, Le Puissant, Pour son guide et sa protection afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

A nos parents pour leur patience, d'être à nos côtés tout le temps, nous soutenir, protéger, par leur prière.

Nous tenons à remercier vivement nos promotrices Mme BENHEDJID Hadjira d'avoir proposé ce thème et pour accepter de le diriger. Nos remerciements vont aussi nos Co- Encadreur Mr BEN SEMAOUNE YUCEF

Nous remercions les honorables membres du jury Mr BENKHERARA Saleh président et l'examineur Mr GUERGUEB El Yamine, qui nous ont fait l'honneur de corriger et juger notre travail.

Nos remerciements vont aussi, à tout le personnel de laboratoire, de l'ADE à Ghardaïa surtout Mme BEN AISSA Amal et GEURBOUZ Fatima, et Centre de recherche scientifique à l'université de Ouargla.

A tous les enseignants, à toute la promotion de 5eme année Ecologie, collègues, amis et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Il est difficile de remercier toutes les personnes qui, d'une façon ou d'une autre, M'ont apporté leur aide, sans prendre le risque d'en oublier. J'espère néanmoins leur avoir

Fait preuve de toute ma reconnaissance à chaque fois qu'elles ont facilité mon travail,

Donné un coup de main (souvent en donnant des coups de pelles!), écouté, soutenu,

Conseiller,...

MERCI !... MERCI !

Enfin, je voudrais remercier mes familles qui n'ont jamais cessé de croire en moi et de m'encourager à continuer.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
I	Paramètres et valeurs limites de la qualité de l'eau de consommation humaine.	13
II	Normes de l'O.M.S. pour l'eau potable.	14
III	Directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation.	15
IV	Valeurs seuils applicable aux eaux souterraines.	15
V	Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2007à2016.	22
VI	Résultats des analyses bactériologiques.	61
VII	Classes de turbidités usuelles (NTU, néphélogéométrie turbidité unité).	/
VIII	Classification des eaux selon la conductivité.	/
IX	Classification des eaux d'irrigation selon leurs conductivités électriques.	/

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1.	Cycle de l'eau dans la nature Bruno.	4
Figure 2.	Localisation géographique de la vallée de Metlili.	20
Figure 3.	Evolution de la population depuis 2007 à l'année 2017.	21
Figure 4.	Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa 2007-2017.	24
Figure 5.	Etage bioclimatique de la région Ghardaïa selon le Climagramme d'EMBERGER.	25
Figure 6.	Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa.	26
Figure 7.	Carte des ressources en eau souterraines (C.I. et C.T.).	28
Figure 8.	Coupe hydrogéologie transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI.	29
Figure 9.	Approche méthodologique.	31
Figure 10.	Localisation des puits et des forages de l'aquifère superficiel de l'Oued Metlili.	33
Figure 11.	Variation de pH des eaux des puits.	39
Figure 12.	Variation de pH des eaux des forages.	40
Figure 13.	Variation de C.E. des eaux des puits.	41
Figure 14.	Variation de C.E. des eaux des forages.	41
Figure 15.	Variation de la turbidité des eaux des puits.	42
Figure 16.	Variation de la turbidité des eaux des forages.	43
Figure 17.	Variation de NH_4^- des eaux des puits.	44
Figure 18.	Variation de NH_4^- des eaux des forages.	45
Figure 19.	Variation des NO_2^- des eaux des puits.	46
Figure 20.	Variation des NO_2^- des eaux des forages.	45
Figure 21.	Variation des NO_3^- des eaux des puits.	47
Figure 22.	Variation des NO_3^- des eaux des forages.	47
Figure 23.	Variation des PO_4^{-2} des eaux des puits.	48
Figure 24.	Variation des PO_4^{-2} des eaux des forages.	48
Figure 25.	variation de Fe^{++} des eaux des puits.	49
Figure 26.	variation de Fe^{++} des eaux des forages.	50
Figure 27.	variation de T.H. des eaux des puits.	51
Figure 28.	variation de T.H. des eaux des forages.	51

Figure 29.	Variation des Ca ⁺⁺ des eaux des puits.	52
Figure 30.	Variation des Ca ⁺⁺ des eaux des forages.	53
Figure 31.	Variation des Mg ⁺⁺ des eaux des puits.	54
Figure 32.	Variation des Mg ⁺⁺ des eaux des forages.	54
Figure 33.	Variation de Na ⁺ des eaux des puits.	55
Figure 34.	Variation de Na ⁺ des eaux des forages.	56
Figure 35.	Variation de K ⁺ des eaux des puits.	57
Figure 36.	Variation de K ⁺ des eaux des forages.	57
Figure 37.	Variation de Cl ⁻² des eaux des puits.	58
Figure 38.	Variation de Cl ⁻² des eaux des forages.	59
Figure 39.	Variation de SO ₄ ⁻² des eaux des puits.	60
Figure 40.	Variation de SO ₄ ⁻² des eaux des forages.	60
Figure 41.	Variation de HCO ₃ des eaux des puits.	61
Figure 42.	Variation de HCO ₃ des eaux des forages.	61
Figure 43.	Classification des eaux des puits d'irrigation selon C.E. et SAR.	66
Figure 44.	Classification des eaux des forages d'irrigation selon C.E. et SAR.	67
Figure 45.	Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	/

Liste des photos

N°	Titre
Photo 1.	Conductivité-mètre.
Photo 2.	Spectrophotomètre.
Photo 3.	Turbidité-mètre.
Photo 4.	pH-mètre.
Photo 5.	Résultat de nitrite et fer.
Photo 6.	Titration de calcium.
Photo 7.	Réactifs.
Photo 8.	Bain marie.
Photo 9.	Agitateur.
Photo 10.	Puits de prélèvement.
Photo 11.	Echantillonnage bactériologique.
Photo 12.	Test de clore.
Photo 13.	Résultat de test de clore.
Photo 14.	1 ^{ère} étape de test de coliformes et streptocoques.
Photo 15.	Milieu de culture BcPl et Roth.
Photo 16.	Incubation de tubes à essais.
Photo 17.	Lecture après 24h.
Photo 18.	Lecture après 48h.
Photo 19.	Test de Schubert et Eva.
Photo 20.	Tubes de Schubert et Eva.
Photo 21.	Incubation des tubes Schubert et Eva.
Photo 22.	Test d'E. Coli.

Liste des abréviations

A.D.E	Algérienne Des Eaux.
A.E.M.E	Agence de l'Eau et du Ministère de l'Environnement.
A.N.R.H	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
C.E	Conductivité Electrique.
C.F	Coliformes Fécaux.
C.I	Continental Intercalaire.
C.T	Coliformes Totaux.
C.T	Complexe Terminal.
D.B.O	Demande Biologique en Oxygène.
D.C.O	Demande Chimique en Oxygène.
D.H.W	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya.
E.D.T.A	Ethyle-Diamine Tetra-Acétique.
F.A.O	Food and Agriculture Organization(Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture.
G.P.S	Système de Positionnement Global.
H.S	Hautement Significatif.
Hr	Humidité relative de l'aire.
I.R.R	Irrigation.
I.S.O	Organisation international de Santé Publique du Québec.
Ins	Insolation.
J.O.R.A	Journal Officiel de la République Algérienne.
J.O.U.E	Journal Officiel de l'Union Européenne.
M.E.S	Matière En Suspension.
N.P.P	Nombre la Plus Probable.
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé.
P	Précipitation.
pH	Potentiel hydrogène.
R.s	Résidu sec.
T.A.C	Titre alcalimétrique complet.
T moy	Température moyenne.
T.H	Titre Hydrotimérique.
T.H.S	Titre Hautement Significatif.
TM	Température maximale.
Tm	Température minimale.
U.N. Water	United Water.
U.N.E.P	Programme des Nations Unies Pour l'Environnement.
U.N.T	Néphalomertic Turbidity Unit.
V	Vent.

INTRODUCTION

L'eau est nécessaire à toute forme de vie, mais aussi un élément de promotion de la santé des individus et du développement socio-économique des collectivités humaines (AMIN et *al.* 2008).

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

Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des polluants que les eaux de surface (MATEE, 2001).

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

La qualité des eaux souterraines de la vallée de Metlili dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent cette l'eau. L'intérêt de notre travail de recherche a pour objectif d'étudier la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la vallée de Metlili, afin d'évaluer sa qualité en vue de leurs utilisation dans l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Notre approche méthodologique adoptée consiste de faire une étude physico-chimique et bactériologique des eaux, visant un nombre de points de mesure dans les zones agricoles, urbaines et agro-urbaines de la vallée de Metlili, ainsi que la classification de leurs qualités.

Afin d'atteindre nos objectifs, cette recherche s'articule autour de trois grandes parties, dont la première constitue une synthèse bibliographique, s'intéressant à la qualité des eaux et leurs normes d'utilisations. La deuxième partie est consacrée à la présentation de la région d'étude, la méthodologie d'étude et les différentes méthodes d'analyses des échantillons utilisés dans cette étude, la troisième partie traite les résultats obtenus à l'issue de cette recherche, complétée par une conclusion avec quelque recommandation.

PREMIÈRE PARTIE SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

QUALITÉ DES EAUX

1. C'est quoi l'eau?

L'eau, c'est la vie, l'eau est un liquide, incolore, transparent, inodore et insipide. Il est un corps composé résultant de la combinaison de deux volumes d'hydrogène et un volume d'oxygène de formule H_2O . Elle boue à une température de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ sous la pression d'une atmosphère et se solidifie à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Elle existe dans l'atmosphère à l'état de vapeur ; les eaux naturelles tiennent en dissolution des gaz et des sels en suspension, des poussières et quelques fois des microbes pathogènes (CLAUDE *et al.* 1980).

2. Cycle de l'eau dans la nature

Sous l'effet du soleil, l'eau des océans s'évapore et monte dans l'atmosphère, à raison de 1000 km^3 par jour, l'action du froid rencontré à haute altitude condense cette eau; les nuages ainsi formés se transforment en pluie, neige rosé ou gelés; une fois arrivées sur terre. 60 % de cette eau s'évaporent à nouveau. 15 % ruissellent et rejoignent les cours d'eau, les mers et les océans alors que 25 % s'infiltrent et alimentent les nappes souterraines (Fig.1) (CURIS et JOANNA RELANDER, 2008).

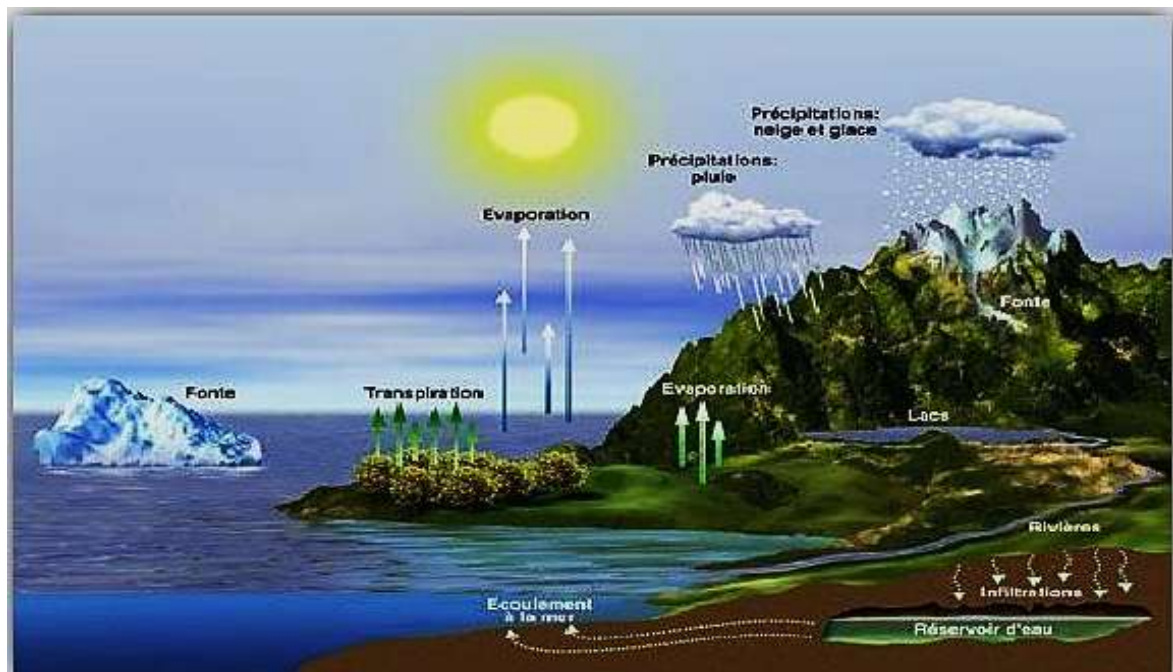


Figure 1. Cycle de l'eau dans la nature Bruno (CURIS et JOANNA RELANDER, 2008).

3. Types d'eaux

L'eau sur terre provient de deux sources principales à savoir :

- Les eaux superficielles.
- Les eaux souterraines (DUSSART, 1992).

3.1. Eaux superficielles

Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs (AROUA, 1977).

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent des traitements ainsi que des infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations.

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en polluants toxiques (BOUZIANI, 2000).

3.2. Eaux souterraines

Il s'agit dans ce cas de nappes plus au moins profondes formées par l'accumulation des infiltrations dans le sol à travers le temps conditionnées par la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellent qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface (MEBARKI, 1982).

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

4. Différents types de nappes

Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes (MARQUIS, 1994).

4.1. Nappe libre

Une nappe est dite libre, lorsque l'eau contenue dans la formation aquifère n'est pas pigée sous une couche imperméable (A.E.M.E, 1994). Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement (DEGREMENT, 1989 ; RICHARD, 2004).

La nappe alluviale est un cas particulier de nappe libre, puisqu'elle se situe dans des terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. Elle est peu profonde (de quelques mètres à

quelques dizaines de mètres), et reste donc relativement facile d'accès pour des prélèvements d'eau (DERGEMENT, 1989 ; GONTHIEZ, 2008 ; QUEVAUVILLER, 2010).

Le terme de nappe phréatique est par ailleurs réservé à la première nappe que peut rencontrer un puits (A.E.M.E, 1994).

4.2. Nappe semi-captive

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

4.3. Nappe captive

Dans les aquifères plus profonds, les eaux souterraines sont surmontées par une formation peu perméable ou imperméable (CASTANY, 1982 ; DEATY, 1997).

5. Paramètres de qualité des eaux

5.1. Paramètres physico-chimiques

5.1.1. Température

La température est un facteur important pour une eau de boisson elle influe sur une certaine propriété de l'eau telle que la solubilité de l'oxygène, la vitesse de réaction chimique et biochimique. De plus la prolifération des bactéries est favorisée par une élévation de température (BENRAIS, 1995).

5.1.2. Potentiel hydrogène

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

5.1.3. Conductivité électrique

La conductivité (C.E.) est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des

ions, plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (HADE, 2002).

5.1.4. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organique, micro-organismes...). La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre. Et sont exprimées en unités et correspondent à une mesure optique de passage de lumière. D'autres unités comparables sont employées, l'unité néphélométrique de turbidité (N.T.U.) (REFEA, 2003).

5.1.5. Oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau (DE VILLERS, 2005).

5.1.6. Matière en suspension

Les matières en suspension (M.E.S.) contenues dans les eaux constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisés et elles-peuvent être organique ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent diminution du phénomène d'autoépuration (MAMADOU, 2010 ; BENHEDID, 2014).

5.1.7. Caractéristiques organoleptiques

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

5.1.7.1 Couleur

La couleur d'eau de boisson peut être imputable à la présence de matière organique coloré par exemple des substances humiques, des métaux tels que le fer et le manganèse ou des déchets industriels à coloration intense.

La plupart des gens sont capables de déceler la coloration de l'eau contenue dans un verre lorsqu'elle dépasse 15 U.N.V. (Unité colorimétriques vraies) (KOULL et BASSOU, 2003).

5.1.7.2. Goût

Dans le cas d'une eau potable, l'apparition ou le changement de goût et d'odeur peuvent être signe d'activité microbienne et de lacunes dans le traitement ou de contamination dans le réseau de distribution (TARDAT-HENRY et BEAUDRY, 1984 ; RODIER, 2005).

5.1.7.3. Odeur

Une eau potable de bonne qualité ne présente pas d'odeur. Toute odeur est signe de pollution ou de la présence de matière organique en décomposition (LADJEL et TODEFT, 2002).

5.1.8. Demande chimique en oxygènes

La demande chimique en oxygène (D.C.O.) est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (RODIER et *al.* 2005).

5.1.9. Demande biologique en oxygène

La demande biologique en oxygène (D.B.O.₅) est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau maintenu dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une eau résiduaire. La DBO₅ est la différence entre ces 2 concentrations. Plus la différence est grande et plus le milieu est demandeur en oxygène et donc mal équilibré car les déchets à transformer sont trop importants (BLIEFERT et PERRAUD, 2003).

5.1.10. Eléments nutritifs

5.1.10.1. Ammonium

Il est présent sous deux formes en solution, des formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3^+). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et se traduit habituellement par un processus de dégradation incomplète de la matière organique (FRANK, 2002). Cet élément

existe en faible proportion inférieure à 0,1mg/l dans les eaux naturelles. Il constitue ainsi un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains (DERWICH *et al.* 2010).

5.1.10.2. Nitrites

Les nitrites peuvent être rencontrés dans l'eau, mais à des doses faibles. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (BREMOND et PERRODUM, 1976).

5.1.10.3. Nitrates

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

5.1.10.4. Phosphore

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (*agroalimentaire...etc.*), domestiques (*poly-phosphate des détergents*), engrais (*pesticides...etc.*) (TARDAT HENRY, 1992).

5.1.11. Minéralisation globale

La minéralisation de la plupart des eaux dominée par huit ions appelés les ions majeurs. On distingue les cation : calcium(Ca^{++}), magnésium(Mg^{++}), sodium(Na^{++})et potassium(K^+),et les anions :chlorures (Cl^-), sulfates (SO_4^{--}), nitrates (NO_3^-)et bicarbonates (HCO_3^-) (REFEA,2003).

5.1.12. Métaux lourds

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Les métaux toxiques sont nombreux, mais on peut citer surtout l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure. Ils ont des impacts sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme (E.M.S, 1997).

5.2. Paramètres microbiologiques

Les micro-organismes peuvent être classés en quatre grands groupes par ordre

Croissant de tailles : Les virus, Les bactéries, Les protozoaires, Les helminthes (BAUMONT et al, 2004 ; VANDERMEERSCH, 2006).

5.2.1. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte (FABY et BRISSAUD, 1997). Leur reproduction a lieu dans des cellules vivantes et elles sont des parasites intracellulaires obligatoires. Leur taille est inférieure à 0,3µm leur permet de traverser les filtres qui arrêtent habituellement les bactéries (KALIDI, 1993).

5.2.2. Bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaire simples et sans noyau .Leur taille est compris entre 0,1et 10µm (ASANO, 1998). Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne (DEGREMOT, 1989).

5.2.3. Protozoaires

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

5.2.4. Helminthes

Ce sont des vers multicellulaires, tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Les œufs d'helminthes sont très résistants (RAISSI, 2009). Les helminthes, leurs œufs et leurs larves ne sont pas éliminés par la désinfection, par contre ils le sont par la filtration (BEGA, 2006).

6. Normes d'utilisation des eaux

6.1. Normes de potabilité

Que-ce- qu'une eau potable ?

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. L'OMS la définit comme une eau ayant les caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques qui répondent aux directives de l'O.M.S. ou aux normes nationales relatives à la qualité de l'eau de boisson. En clair, une eau potable est une eau qui ne contient pas d'agents pathogènes ou d'agents chimiques à des concentrations pouvant nuire à la santé (O.M.S, 2004).

6.1.1. Normes Algériennes

Le décret exécutif n°11-125 du 18 Rabie Ethani 1432 correspondant au 23 mars 2011, du Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A.), a pour objet de fixer les paramètres de la qualité de l'eau de consommation humaine.

Les paramètres et valeurs limites de la qualité de l'eau de consommation humaine fixées par ce décret est représenté dans le tableau ci-dessous (Tab. I). L'article trois de ce décret a défini la valeur limite, que c'est une valeur maximale fixée pour certains paramètres chimiques, microbiologiques et dont le dépassement constitue un danger potentiel pour la santé des personnes.

6.1.2. Normes de l'O.M.S.

L'O.M.S. a défini la valeur guide comme estimation de la concentration d'une substance dans l'eau de boisson qui ne présente pas les risques significatif pour la santé d'une personne qui consommerait cette eau pendant sa vie entière (Tab. II) (RODIER et *al.* 2009).

6.1.3. Normes d'irrigation

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

6.1.4. Normes environnementales

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

6.1.4.1. Normes de la qualité des eaux souterraines

La directive 2006/118.C.E. du parlement européen et du Conseil de l'union Européenne du 12 décembre 2006 sur la protection de eaux souterraines contre la pollution, a défini la norme de qualité d'un eau souterraine que c'est une norme de qualité environnementale exprimée par la concentration d'un polluant, d'un groupe de polluants ou d'un indicateur de pollution dans une eau souterraine, qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et environnement. Les normes fixées par cette directive sont représentées dans le tableau (IV).

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

Groupe de paramètres	Paramètre	Unités	Valeurs limités
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorure	mg/l	1,5
	Manganèse	µg/l	50
	Nitrates	mg/l	50
	Nitrites	mg/l	0,2
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5
	Phosphore	mg/l	5
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Cuivre	mg/l	2
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Plomb	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Phénol	µg/l	0,5
Pesticides (totaux)	µg/l	0,5	
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 12°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en caco ₃	500
	Calcium	mg/l en caco ₃	200
	Chlorure	mg/l	500
	pH	Unité pH	≥6,5 et ≤9
	Conductivité à 20°C	µs/cm	2800
	Dureté	mg/l en caco ₃	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfate	mg/l	400
Température	°C	25	
Paramètres microbiologiques	<i>Escherichia coli</i>	n/100 ml	0
	Entérocoques	n/100 ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/ 20 ml	0

Tableau II. Normes de l'O.M.S. pour l'eau potable (RODIER et al. 2009).

Paramètres	Valeur guides	Unités
Couleur	15	Unités (mg/Pt)
Turbidité	5	Unités N.T.U
Ph	6,5 et 9,5	-
Conductivité	1500	µS/cm
Résidus secs	1000	mg/l
Ammonium	1,5	mg/l
Nitrate	50	mg/l
Nitrite	0,2	mg/l
D.B.O ₅	3	mg/l d'O ₂
D.C.O.	30	mg/l d'O ₂
Chlorure	250	mg/l
Sodium	200	mg/l
Sulfates	250	mg/l
Aluminium	0,2	mg/l
L'arsenic	0,01	mg/l
Baryum	0,7	mg/l
Bore	0,3	mg/l
Cadmium	3	µg/l
Chrome	0,05	mg/l
Cuivre	2	mg/l
Cyanures	0,07	mg/l
Fluorure	1,5	mg/l
Magnésium	200	mg/l
Manganèse	100	µg/l
Mercure	1	µg/l
Plomb	10	µg/l
Zinc	3	mg/l
<i>Escherichia coli</i>	0	nombre/100 ml
Entérocoques	0	nombre/100 ml
Clostridium sulfitoréducteur	0	nombre/100 ml

Tableau III. Directive pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (F.A.O, 1985 in F.A.O, 2003).

Problème potentiels en irrigation	Degré de restriction à l'usage		
	Aucun	Légère à modéré	Sévère
Salinité C.E (dS/m)	<0.7	0.7-3	>3
Toxicité des ions spécifiques Sodium (Na+)			
• Irrigation de surface (S.A.R.)	<3	3-9	>9
• Irrigation par aspersion (meq/l)	<3	>3	-
Chlorure (Cl-)			
• Irrigation de surface (meq/l)	<4	4-10	>10
• Irrigation par aspersion (meq/l)	<3	>3	-
Bore(B) (mg/l)	<0.7	0.7-3	>3
Effets divers			
Azote (NO ₃ -N) (mg/l)	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO ₃ -) (meq/l)	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH	Gamme normale :6.5-8.4		

Tableau IV. Valeurs seuils applicable aux eaux souterraines (J.O.U.E, 2006).

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

7. Problème de la Pollution des eaux

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

7.1. Types de pollution d'eau

7.1.1. Pollution physique

Elle est due à la présence de matières en suspension, parfois de colloïdes ; elle se traduit par un trouble ou une coloration prononcée (BERNARD, 1999).

7.1.2. Pollution chimique

La pollution chimique est définie comme la présence des substances dissoutes indésirables ou dangereuses. Ce sont des corps dépourvus de vie qui peuvent être nuisibles à l'homme. L'eau contient naturellement des composés chimiques. C'est quand ils sont en excès (par rapport à une norme) ou qu'ils apparaissent là où ils ne devaient pas qu'ils causent la pollution (LANVEGIN et al. 2001).

7.1.3. Pollution thermique

Elle se traduit par l'accroissement de la température due à des circuits de refroidissement dont le plus souvent relevant de centrales énergétiques (BERNARD, 1999).

7.2. Origine de la pollution des eaux

La pollution des eaux résulte essentiellement des activités anthropiques. En effet, l'accroissement de la population mondiale a provoqué une augmentation de l'utilisation des eaux pour évacuer les déchets humains qui sont à l'origine de la pollution organique et biologique. De même, l'intensification de l'agriculture avec des produits chimiques (engrais, pesticides) est l'une des origines de l'introduction des polluants chimiques, très dangereux pour l'environnement (MAMADOU, 2010).

7.3. Conséquences écologiques de la pollution des eaux

Le rejet pollué par des matières organiques fermentescibles constitue la cause la plus répandue et prépondérante de dégradation de la qualité des eaux de surface.

Un rejet d'égout induit une dégradation considérable tant de la qualité physico-chimique des eaux que de la biocénose aquatique, ce rejet se manifeste en effet sur le plan écologique par l'apparition d'espèces bio indicatrices positives de pollution et par l'élimination des populations des espèces bio indicatrices négatives (RAMADE, 2002).

7.4. Effets de la pollution des eaux souterraines

La contamination des eaux souterraines par les composés xénobiotiques toxiques même en faibles concentrations peut compromettre l'exploitation de la ressource pour de longues périodes de temps. La persistance élevée et la faible mobilité de certains polluants (ex. : les métaux lourds) dans l'aquifère imposeront malgré tout une restriction prolongée de l'usage de points d'eau. Dans beaucoup de pays des nappes d'eaux phréatiques sont déjà fortement polluées par des substances chimiques et la situation est encore plus alarmante dans les P.E.D. Aux Etats-Unis, 54 % des affections de la santé humaine ayant pour origine la contamination d'eau sont attribuées à l'eau souterraine (RISER, 1992; BANTON et BANGOY, 1999).

DEUXIÈME PARTIE MATÉRIELS ET MÉTHODES

CHAPITRE II

MATÉRIELS D'ÉTUDE

1. Choix de la zone d'étude

En zones arides, les eaux souterraines constituent souvent la seule source d'approvisionnement en eau. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine.

Dans ce contexte, notre étude est réalisée à Oued Metlili, elle a été choisie pour évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la région, afin de déterminer leurs aptitudes d'utilisation et les problèmes de dégradations posés.

2. Présentation de la vallée du Metlili

La ville du Metlili est située dans la wilaya de Ghardaïa, où à partir de ce chapitre, nous avons présenté cette région à travers sa localisation géographique, sa démographie, ses caractéristiques climatiques, hydrologiques, géologiques et hydrogéologiques.

2.1. Localisation géographique

La ville de Metlili, où se situe notre site d'intervention, est située à 40 Km au sud du chef-lieu de la wilaya (Ghardaïa). Elle occupe une superficie de 7300 km², et est repérée par les coordonnées suivantes : l'altitude 32° 16' nord et la longitude 3° 38' Est, à une altitude de 455 m(Fig.2).

La population est estimée 56789 habitants. 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 (OULED BELKHIR, 2005).

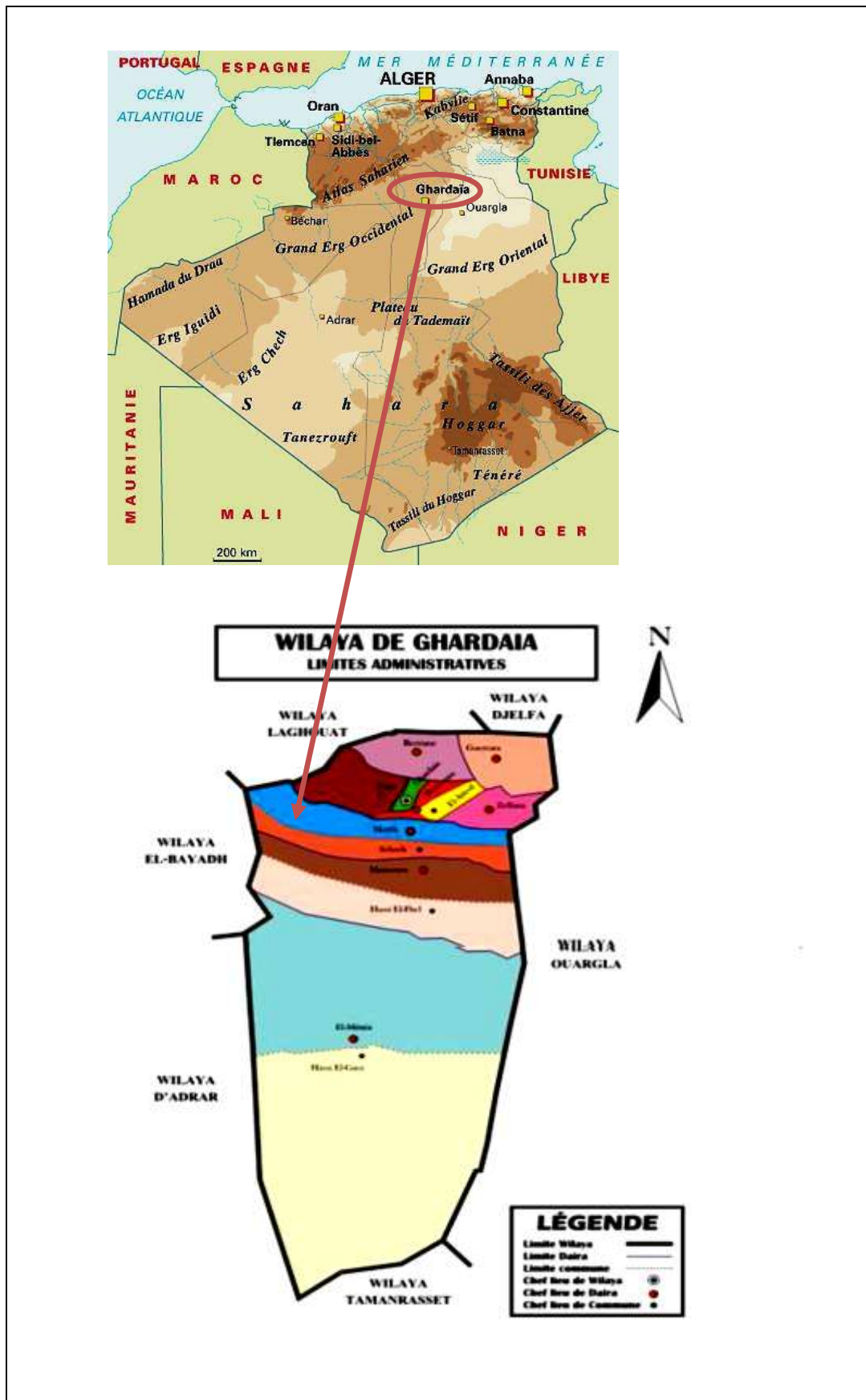


Figure 2. Localisation géographique de la vallée de Metlili (ATLAS, 2005).

2.2. Démographie

La population de la vallée de Metlili est estimée à 56789 habitants. Cette vallée a connu une croissance démographique de 42063 habitants en 2007, et 42063 habitants en 56789 habitants en 2017 (Fig.3).

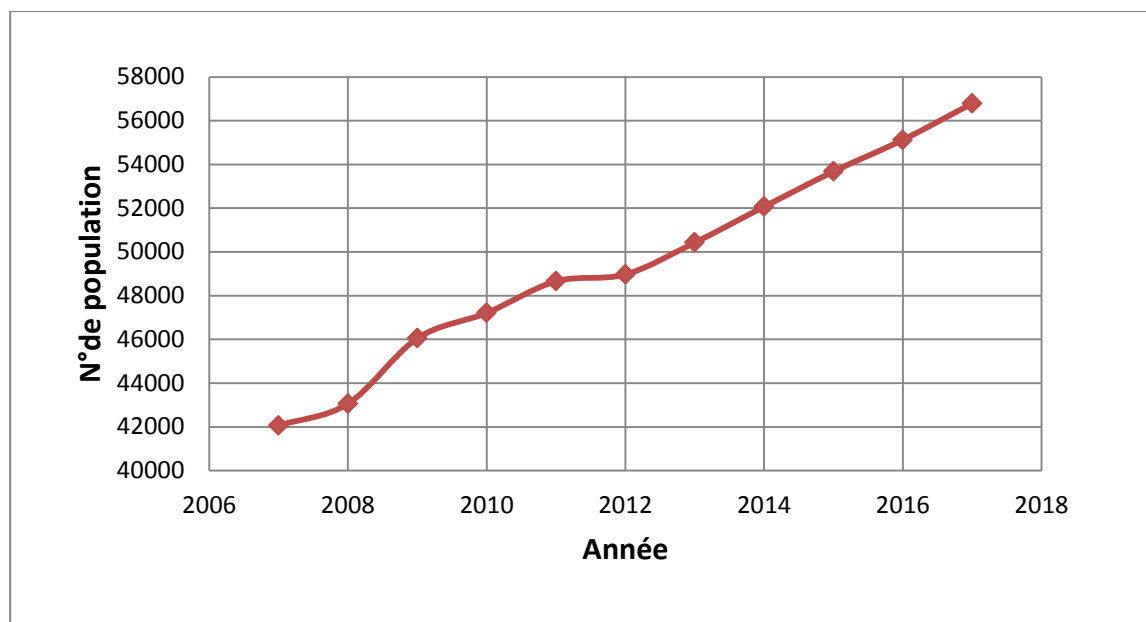


Figure 3. Evolution de la population depuis 2007 à l'année 2017(D.P.S.B, 2017).

Sous l'effet de la croissance démographique, la vallée du Metlili a connu depuis les années xxx une intense urbanisation, et s'est heurtée aux contraintes du relief, en particulier à l'étroitesse de la vallée. On a pu assister à une extension incontrôlée de l'habitat dans les palmeraies, ainsi que dans des zones inondable, parfois même dans le lit mineur de l'oued. L'aridité du climat, en faisant appel à la nappe du continental intercalaire, entraînant une multiplication des volumes eau évacués et leur non maîtrise dans un système très sensible et fragile (BONNARD et GARDEL, 2000 ; BENSABAHA et *al.* 2011).

2.3. Climat

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

Tableau V. Données climatiques de la région de Ghardaïa de l'année 2007à2016
(O.N.M., 2016).

	TM (C°)	Tm (C°)	H_r (%)	V (m/s)	E (mm)	Ins (h)	T moy (C°)	P (mm)
Janvier	21,6	3,775	47	10,9	96,5	254	12,2	12,3
Février	23,8	4,62	41	3,24	117	242	13,2	4,4
Mars	28,8	6,57	35	9,32	168	280	16,8	10,1
Avril	34,2	11,29	31	11,36	229	299	21,6	9,6
Mai	38,4	15,5	26	1,2	279	338	26,2	3,6
Juin	42,1	20,655	24	1,08	346	345	31,1	5,97
Juillet	42,5	24,85	20	1,1	374	350	33,9	2,98
Aout	43,5	24,95	25	6,2	347	324	32,2	4,9
Septembre	40,3	19,6	36	24,7	255	262	29,5	19,6
Octobre	34,5	14,26	42	11,29	167	275	23,7	8,5
Novembre	27,1	7,89	48	7,8	115	260	16,5	6,4
Décembre	22,2	3,904	55	12	151	242	12,4	7,3
Moyen	33,2	13,155	36	8,349	2617,5	289	22,4	7,97

2.3.1. Températures

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

La température moyenne annuelle est de 22,4°C, avec un maximum en juillet de 33,9°C, et un minimum en janvier de 12,2°C (Tab. V).

2.3.2. Précipitation

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

La précipitation de la région de Ghardaïa est également rare et irrégulières, d'un mois à un autre et à travers les années. Les précipitations annuelles sont l'ordre de 95,64mm, avec un maximum en septembre de 19,6mm(Tab.V).

2.3.4. Vents

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

Le vent moyen annuel est 8,349m/s avec un maximum en septembre de 24,7m/s et un minimum en juin de 1,08m/s(Tab.V).

2.3.5. Humidité relative de l'air

A Ghardaïa, l'humidité relative de l'air(H_r) est faible, avec une moyenne annuelle de 36%. Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année. En effet, pendant l'été, elle diminue jusqu'à 20% au mois de juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chaud. Elle s'élève en hiver et atteint une moyenne maximale de 55% au mois de décembre(Tab.V).

2.3.6. Evaporation

Selon DUBIEF (1959), le Sahara apparaît comme la région du monde qui possède l'évaporation la plus élevée.

Dans la région de Ghardaïa comme partout en milieu aride, l'évaporation est toujours plus importante, avec un cumul annuel de l'ordre de 2617,5 mm, un minimum de 96,5 mm en janvier et un maximum de 374 mm en juillet (Tab.V).

2.3.7. Insolation

Les durées d'insolation sont évidemment très importantes au Sahara et varient assez notablement d'une année à l'autre, et même suivant les périodes de l'année envisagées (DUBIEF, 1959).

La durée moyenne de l'insolation est de 289 h avec un maximum de 350h en juillet et un minimum de 242h en décembre(Tab.V).

2.3.8. Synthèse climatique

Pour caractériser le climat de Ghardaïa, nous avons utilisé le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et le climagramme d'EMBERGER.

2.3.8.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Ce diagramme est utilisé pour mettre en évidence les périodes de sécheresse. Il utilise deux variables : les moyennes des précipitations et des températures mensuelles, selon l'échelle : $P = 2 T$. Les périodes de sécheresse correspondent aux moments où la courbe de la pluviométrie passe au-dessous de celle de la température (Fig.4) (DAJOZ, 2006).

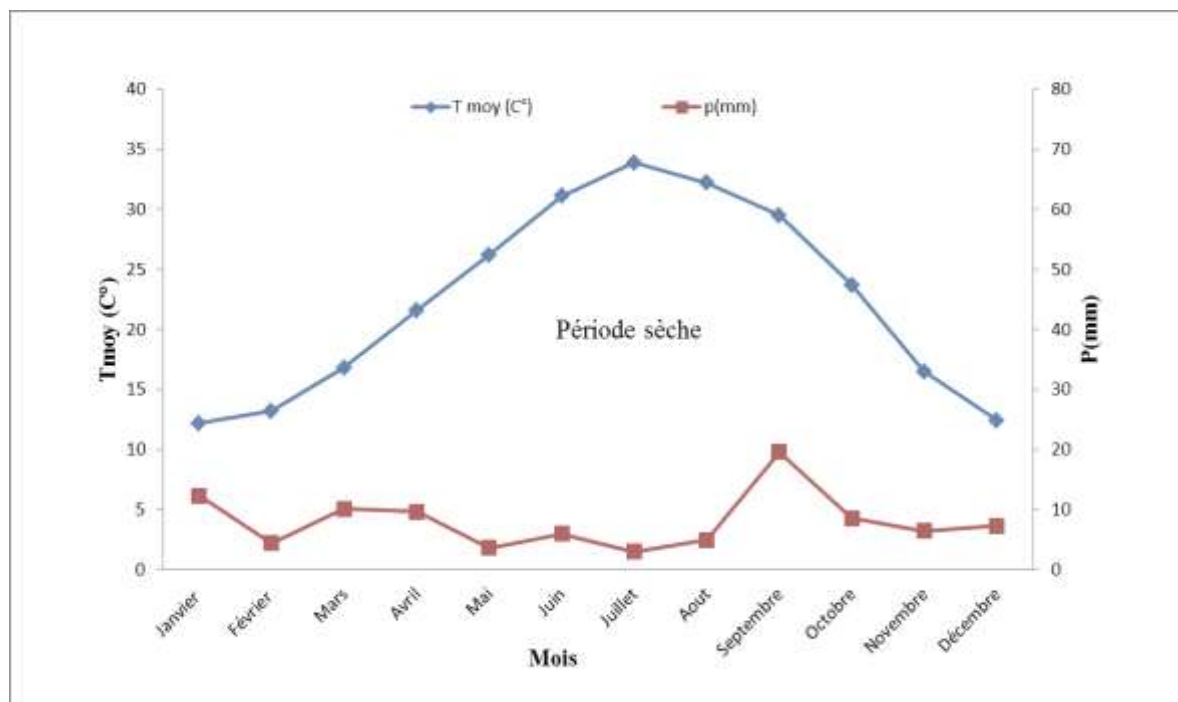


Figure 4. Diagramme ombrothermique de la région de Ghardaïa 2007-2017.

2.3.8.2. Climagramme d'EMBERGER

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen, dont la formule est (CLAUDIN et al. 1979 in SLIMANI, 2006) : $Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$.

De fait, que M et m, les températures maxima et minima exprimées en Kelvin (K°), STEWART (1969 in SLIMANI, 2006) a montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule pouvait être simplifiée pour s'écrire :

$$Q_3 = 3,43P / M - m$$

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

D'après la (Fig.5), Ghardaïa est caractérisée par un climat saharien à hiver doux et son quotient thermique (Q_3) est de **16,28**.

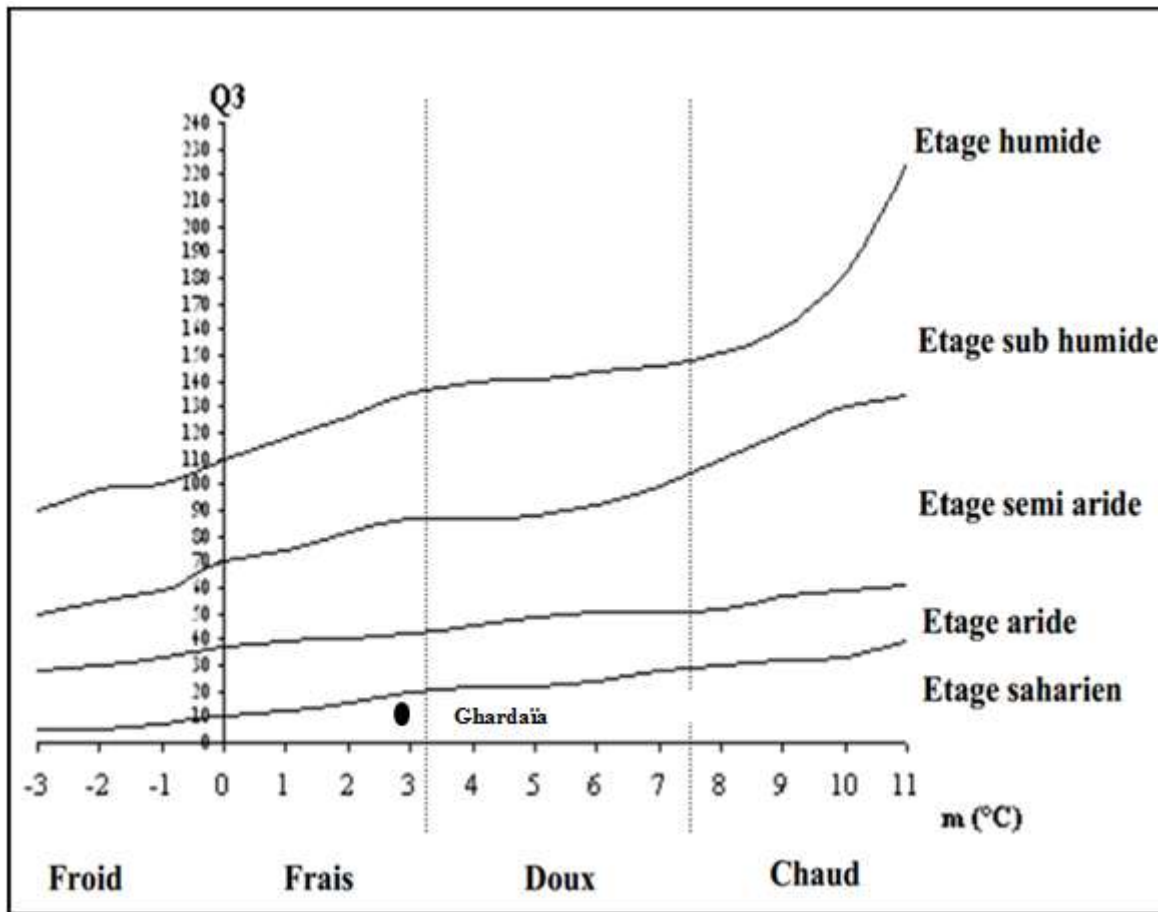


Figure 5. Etage bioclimatique de la région Ghardaïa selon le Climagramme d'EMBERGER.

3. Géologie

La vallée de Metlili entaillée dans les massifs calcaires du Turonien se caractérise par 3 couches géologiques

- 1- Touranien : une couche calcaire en majorité à profondeur de 153m et couvre la partie ouest de région.
- 2- Cénomaniens : profondeur de 153m, c'est une couche argileuse et couvre la partie extrême Nord de la région.
- 3- Albien : profondeur de 236m, c'est un mélange d'argile sableux, Argile, sable et calcaire sableux (Fig.6) (DJOUIN et OULEDMIRE, 2000).

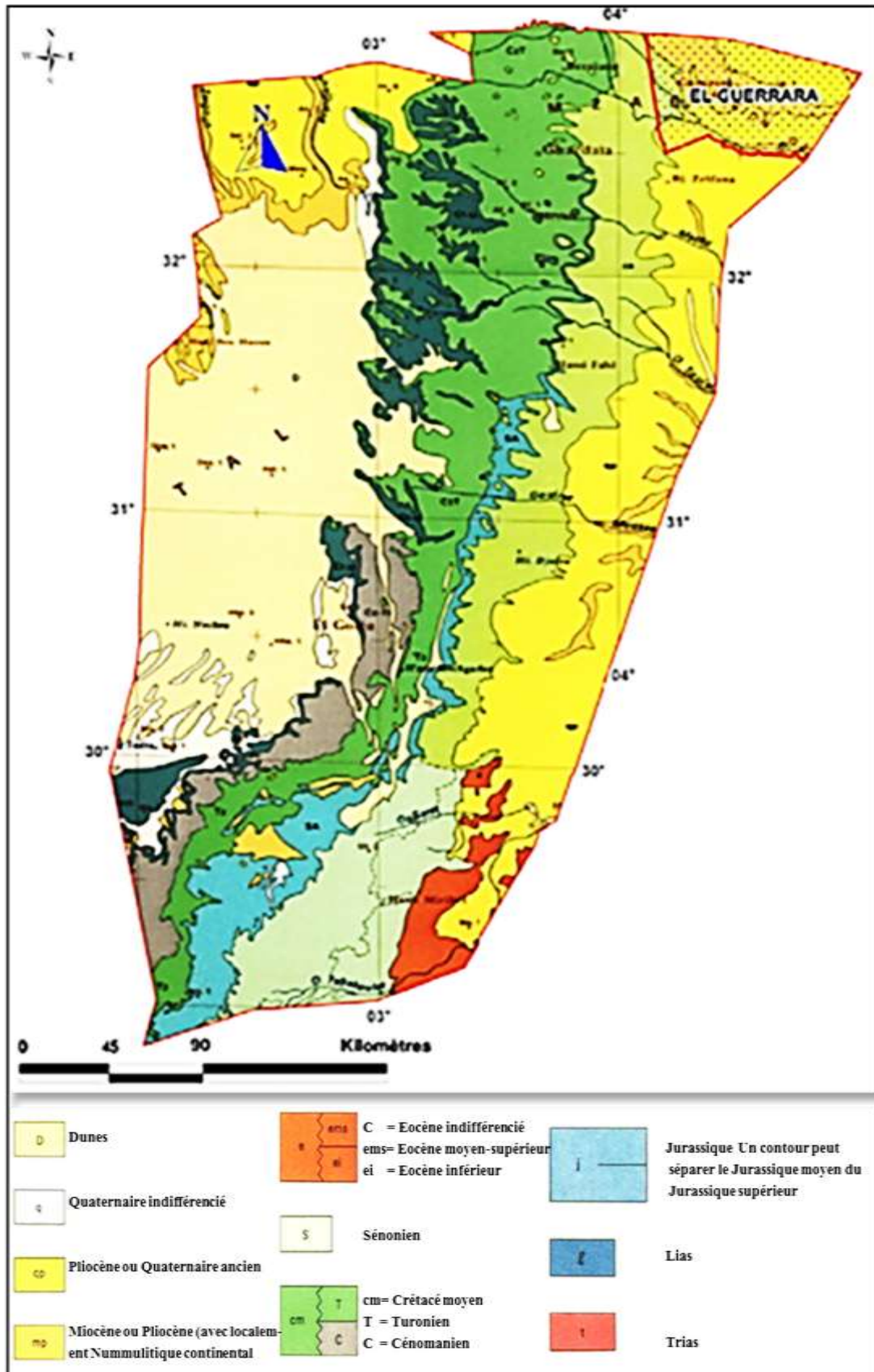


Figure 6. Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (A.N.R.H., 2010).

4. Hydrologie

Le bassin de Métlili se caractérise comme étant le pays du sud le plus pauvre en eaux superficielles à l'exception des crues d'Oued Métlili.

4. 1. Bassin versant de l'oued Metlili

Le bassin versant de Metlili couvre une superficie d'environ 400 km². L'oued a pour origine la confluence de deux principaux oueds ; El Botma et Gaa au méridien 03° 25' Est et la parallèle 32° 23' Nord à une altitude de 650 m, il parcourt environ 270 km de l'Ouest vers l'Est pour atteindre la dépression de sabkhet safioune à une altitude de 120 m dans la région de Ouargla.

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

5. Hydrogéologie

Les principales ressources en eau de la commune sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'inféro-flux et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne.

5.1. Nappe phréatique

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

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

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

5.2. Nappe du continental intercalaire

Nappe du continental intercalaire (C.I.) est une nappe contenue, d'Ouest en Est entre un mur constitué par les horizons imperméables paléozoïques à néocomiens et un toit correspondant à la base argileuse du Cénomaniens (SAFEGE, 2004).

C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km² (Fig.7 et 8). Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d' « Albien » (HELAL et OURIHANE, 2003).

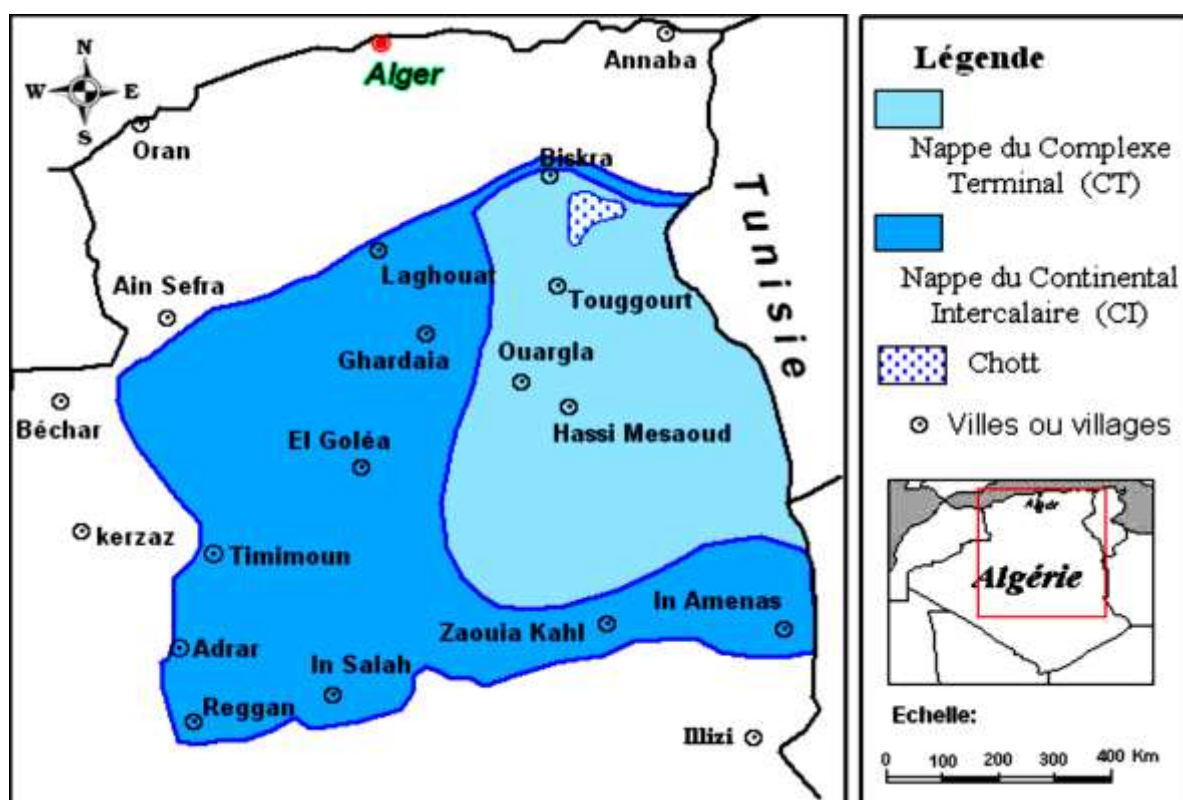


Figure 7. Carte des ressources en eau souterraines (C.I. et C.T.) (HELAL et OURIHANE, 2003).

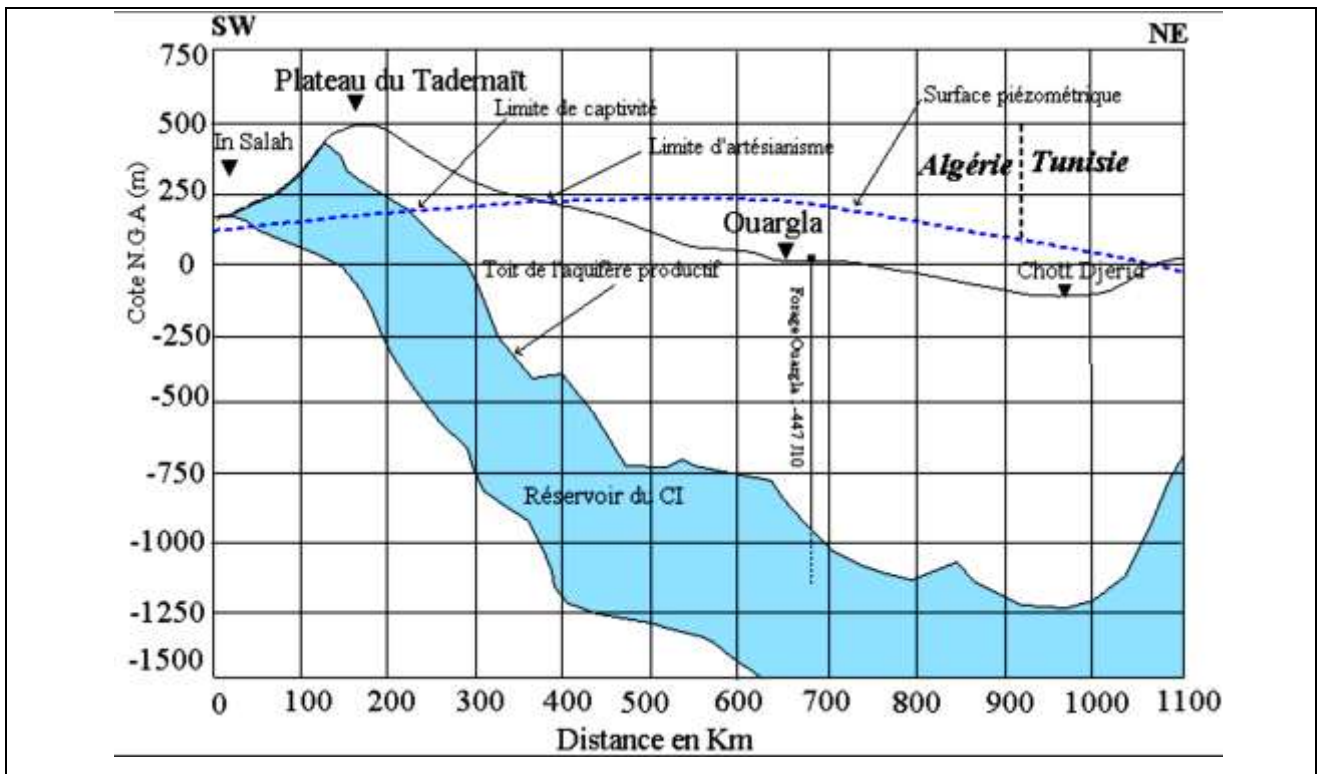


Figure 8. Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI (HELAL et OURIHANE, 2003).

CHAPITRE III

MÉTHODE D'ÉTUDE

1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la vallée du Metlili, par des mesures physico-chimiques et bactériologiques des eaux, ainsi que la classification de la qualité des eaux par rapport les normes. afin de déterminer leurs aptitudes d'utilisation et les problèmes de dégradations posés, dans une relation de causes à effets, et ce pour un meilleur aménagement hydro-environnemental de la région dans une perspective de sauvegarde des ressources hydriques souterraines dans la vallée du Metlili (Fig.9).

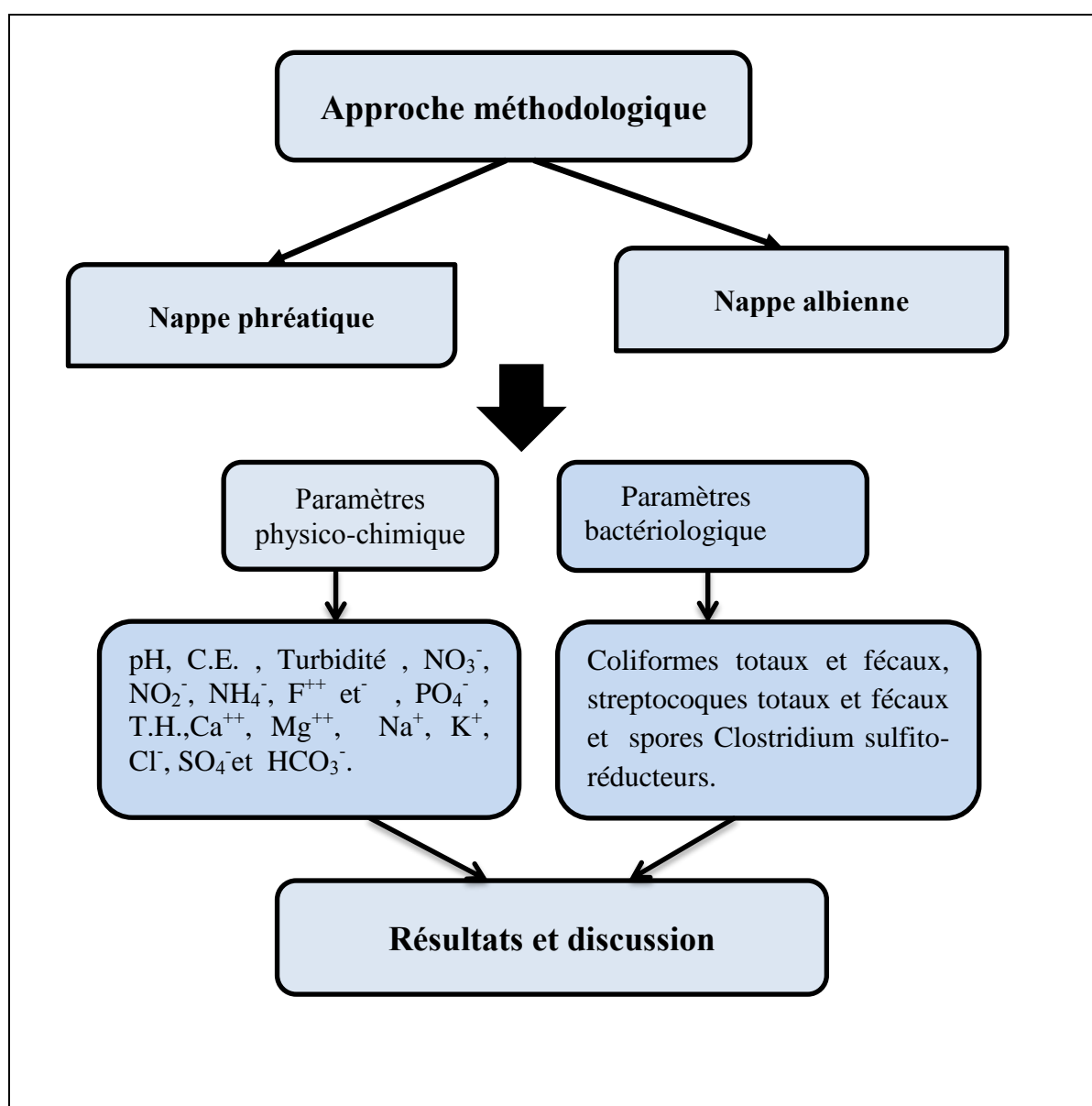


Figure 9. Approche méthodologique.

1.1. Etude des eaux

L'étude des eaux souterraines dans la vallée du Metlili a consisté à effectuer pour 18 forages et 10 puits traditionnels des mesures physico-chimiques et bactériologiques.

1.1.1. Localisation des forages et des puits

Les forages et les puits sont répartis de l'amont vers l'aval de l'oued avec un nombre variable en zone urbaine et agricole. Le nombre des forages est 18 et des puits est 10 (Fig.10).

1.1.2. Etude physico-chimique

L'étude physico-chimique des eaux souterraines comprend la détermination des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines.

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

Les échantillons des eaux sont mis dans des flacons en polyéthylène et étiquetés et transportés au laboratoire dans un délai court, ne dépassant pas 24 heures au maximum, selon les indications de RODIER et *al.* (2005). L'ensemble des prélèvements a duré trois mois de janvier à mars (période hivernale).

Les analyses hydro-chimiques sont effectuées au laboratoire de l'Algérienne des eaux de Ghardaïa (A.D.E.). Les paramètres étudiés sont: le pH, la C.E., la turbidité, l' NH_4^+ , le NO_2^- , le NO_3^- , l' PO_4^{3-} , le Fe^{++} , les éléments majeurs (le T.H., le Ca^{++} , le Mg^{++} , le Na^+ , le K^+ , le Cl^- , les SO_4^- et les HCO_3^-).

1.1.3. Etude bactériologique

Les analyses bactériologiques des eaux sont effectuées après prélèvements des eaux dans des flacons en verre de 250 ml stérilisés au four Pasteur à 180 °C pendant 1 heure 30 minutes. Les échantillons sont prélevés dans la même période des analyses physico-chimiques et transportés au laboratoire de l'A.D.E. pour analyser.



Figure 10. Localisation des puits et des forages des eaux souterraines de l'Oued Metlili (Google Earth 2018).

Selon RODIER *et al.* (2009), l'objectif de l'analyse bactériologique des eaux n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher celles qui sont susceptibles d'être pathogènes. Les paramètres bactériologiques étudiés sont les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques totaux et fécaux, et les clostridium sulfite-réducteurs. Ces analyses ont été effectuées.

2. Méthodes d'analyses

La détermination des paramètres étudiés est obtenue suivant les méthodes d'analyses suivantes:

2.1. Etude physico-chimique

Les différents éléments physico-chimiques sont dosés comme suit :

2.1.1. p.H: La mesure a été effectuée à l'aide d'un pH-mètre, de type W.T.W.

2.1.2. Conductivité électrique : Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre, de type L.F. 538.

2.1.3. Résidu sec : Une quantité d'eau bien mélangée est évaporée au bain-marie dans une capsule tarée. Une fois toute l'eau évaporée, porter la capsule à l'étuve à 105 °C pendant 4 heures. Le résidu desséché est ensuite pesé (RODIER *et al.* 2009).

2.1.4. Turbidité : Elle a été mesurée à l'aide d'un turbidimètre, de type 2100P (H.A.C.H.). Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau. Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée (I.S.O, 1984).

2.1.5. Eléments majeurs : Les cations: les ions de Na^+ , K^+ sont analysés par le spectrophotomètre à flamme, T.H. et les ions de Ca^{++} , Mg^{++} sont dosés par titrimétrie. Les anions : les ions de Cl^- et HCO_3^- , sont dosés par titrimétrie, l'ion de SO_4^- est dosé par gravimétrie.

2.1.5.1. Titre hydrométrie Il est dosé par titrimétrie à l'E.D.T.A. Titrage par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétra-acétique (E.D.T.A.), à un pH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur (I.S.O, 1984).

1.1.5.2. Calcium Titrimétrie à l'E.D.T.A. Titrage des ions Ca^{++} avec E.D.T.A. à un pH compris entre 12 et 13. Le H.S.N., qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur (I.S.O, 1984).

1.1.5.3. Magnésium : Le Mg^{++} peut être estimé par la différence entre la dureté totale et le calcium (RODIER *et al.* 2009).

1.1.5.4. Sodium et potassium : Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme. Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz, présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du Na^+ et du K^+ présents dans la solution. Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de 589 nm pour le sodium et de 766,5 nm pour le potassium (I.S.O, 1993).

1.1.5.5. Chlorures : Le dosage des Cl^- est effectué par titrimétrie. Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent, un rouge avec des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage (I.S.O, 1989).

1.1.5.6. Sulfates : Le dosage des SO_4^{--} est effectué par la méthode gravimétrie. Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravi-métriquement (Rodier *et al.* 2009).

1.1.5.7. Bicarbonates : Le dosage des HCO_3^- est effectué par titrimétrie. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (I.S.O, 1989).

2.1.6. Paramètres de la pollution : NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{-3} sont analysés par spectrophotomètre, de type ODYSSEY (H.A.C.H.).

2.1.6.1. Ammonium : Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite, en présence nitroprussiate de sodium, à une longueur d'onde d'environ 650nm (I.S.O, 1986).

2.1.6.2. Nitrites : Réaction des nitrites avec le diméthyle-2.6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques, avec production du nitro-4diméthyle-2.6 phénol. Mesurage spectrométrique de l'absorbance du produit de la réaction à 324 nm et la lecture de la concentration en nitrite de la prise d'essai au moyen d'une courbe d'étalonnage (I.S.O, 1986).

2.1.6.3. Nitrates : En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique (RODIER *et al.* 2005).

2.1.6.4. Ortho phosphates : En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho phosphates donnent un complexe phospho-molybdique qui, réduit par l'acide

ascorbique, développe une coloration bleue, susceptible d'un dosage spectrométrique (RODIER et *al.* 2009).

2.1.6.5. Fer : Le dosage de fer est effectué par spectrophotomètre, de type ODYSSEY (HACH). Addition d'une solution de phénanthroline-1.10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe-rouge-orange, à une longueur d'onde d'environ 510nm (I.S.O, 1989).

3.2. Etude bactériologique

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

3.2.1. Recherche des coliformes totaux et fécaux :

La méthode utilisée est la méthode de détermination du nombre le plus probable (N.P.P.) par inoculation de tubes en milieux liquides (fermentation en tubes multiples). Il s'agit d'un ensemencement de plusieurs dilutions de l'échantillon, chacune dans une série de tubes (série de 3), contenant un milieu de culture non véritablement sélectif, mais permettant de mettre en évidence la fermentation du lactose avec production de gaz, repiquer les tubes « positifs » sur un milieu liquide, contenant des sels biliaires ou des agents de surface, incubés à 44 °C pour les dénombrements de coliformes fécaux (RODIER et *al.* 2005).

3.2.2. Recherche des streptocoques totaux et fécaux : nous avons utilisé la même méthode que la précédente avec des milieux spécifiques pour les streptocoques (RODIER et *al.* 2005).

3.2.3. Recherche des spores *Clostridium sulfito-réducteurs* : on a effectué la méthode par incorporation en gélose. Après destruction des formes végétatives par chauffage à 80 °C, l'échantillon est incorporé à un milieu de base fondu, régénéré et additionné de sulfite de sodium et de sel de fer. La composition du milieu est établie pour tenir compte d'un volume déterminé d'eau incorporé. Incuber à 37°C, faire une lecture après 24 heures; une deuxième après 48 heures (RODIER et *al.* 2009).

TROISIÈME PARTIE RÉSULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Ce chapitre est consacré pour présenter les résultats des analyses physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la vallée de Metlili.

1. Paramètres physico-chimiques

1.1.1. Potentiel d'Hydrogène

Les valeurs de p.H. des eaux sont très proches pour tous les puits varient entre valeur minimale de 7,3 au niveau de P6 et une valeur maximale de 8 au niveau de p5 et une valeur moyenne 6,9(Fig.11) et pour les forages varient entrer valeur minimale de 6,89 au niveau de F1 et une valeur maximale de 8 au niveau de F2 et une valeur moyenne 7,25(Fig.12) .Ces valeurs sont compatibles avec les normes Algérienne ($\geq 6,5$ et ≤ 9) (Tab.I).

Selon RODIER et *al.* (2009), le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés.

La stabilité de la neutralité de l'eau de cette nappe résulte d'un équilibre entre les teneurs en dioxyde de carbone et les bicarbonates de calcium dissous (AIT BOUGHROUS, 2007 ; BENHEDID, 2014).

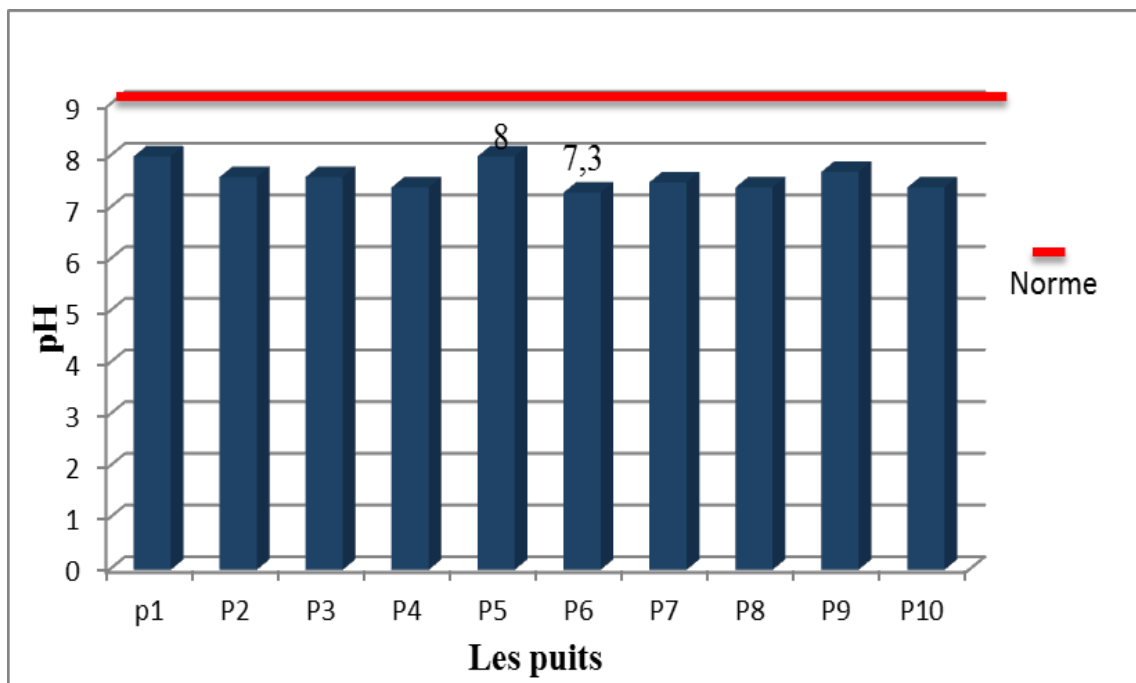


Figure 11. Variation de pH des eaux des puits.

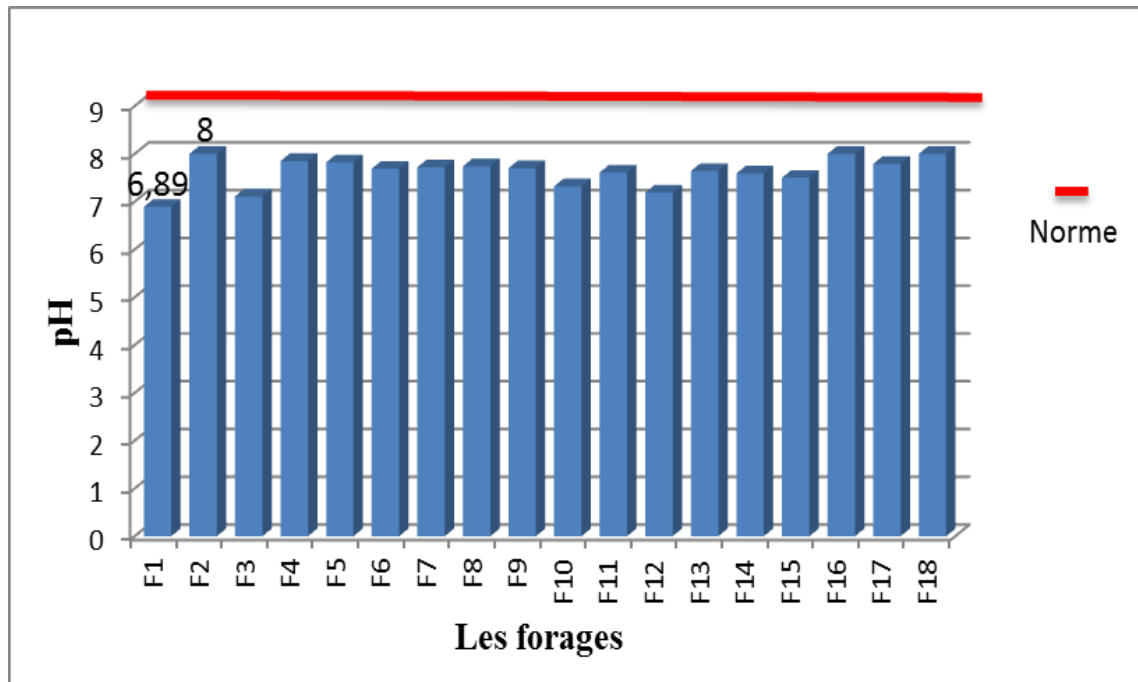


Figure 12. Variation de pH des eaux des forages.

1.1.2. Conductivité électrique

D'un point de vue général, les valeurs de la C.E. sont très élevées pour tous les puits sauf P1 et P5. Elles varient entre $1046\mu\text{S}/\text{cm}$ pour P1 et $7050\mu\text{S}/\text{cm}$ pour P6 et une moyenne $3886,363\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig.13), et pour les forages, ces valeurs sont variées entre une valeur minimale $1193\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré au niveau de F8 et une valeur maximale $2040\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistré au niveau de F10 et moyenne $1431,9\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig.14), ces valeurs sont selon les normes Algérienne ($2800\mu\text{S}/\text{cm}$) et O.M.S. ($1500\mu\text{S}/\text{cm}$) (Tab I ; II).

Nous Remarquons que cette salinité est avant tout d'origine géologique (salinité primaire). Mais elle aurait tendance à s'accroître du fait d'une pollution d'origine anthropique, rendant l'eau impropre même à l'irrigation (ACHOUR et al. 2008).

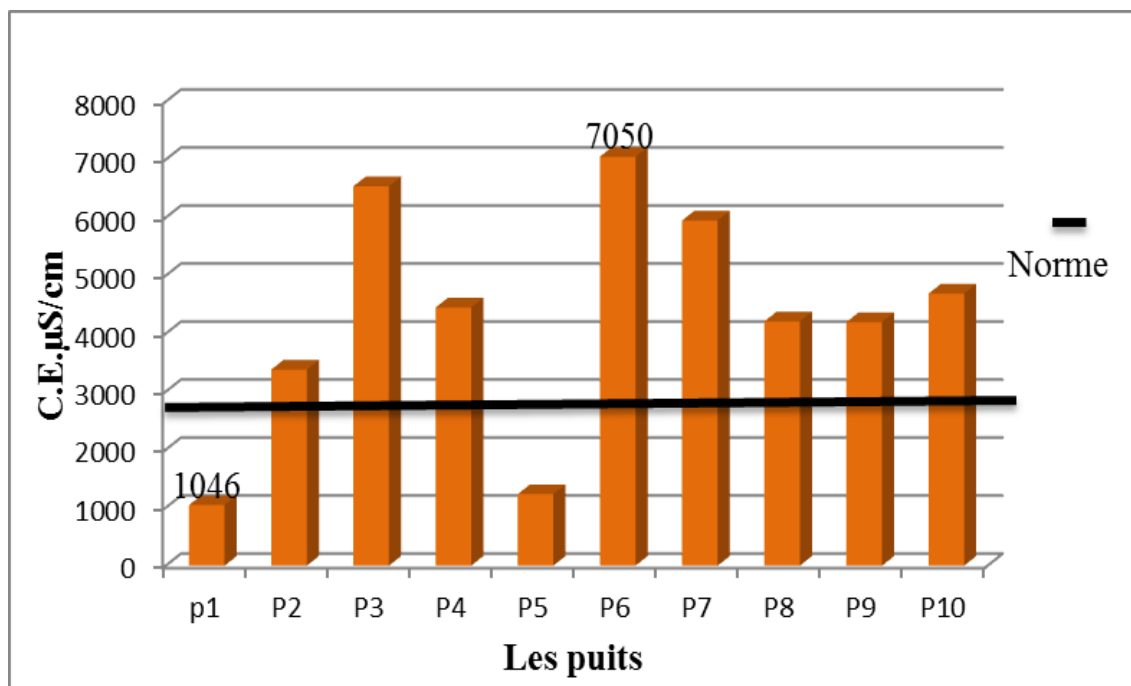


Figure 13. Variation de C.E. des eaux des puits.

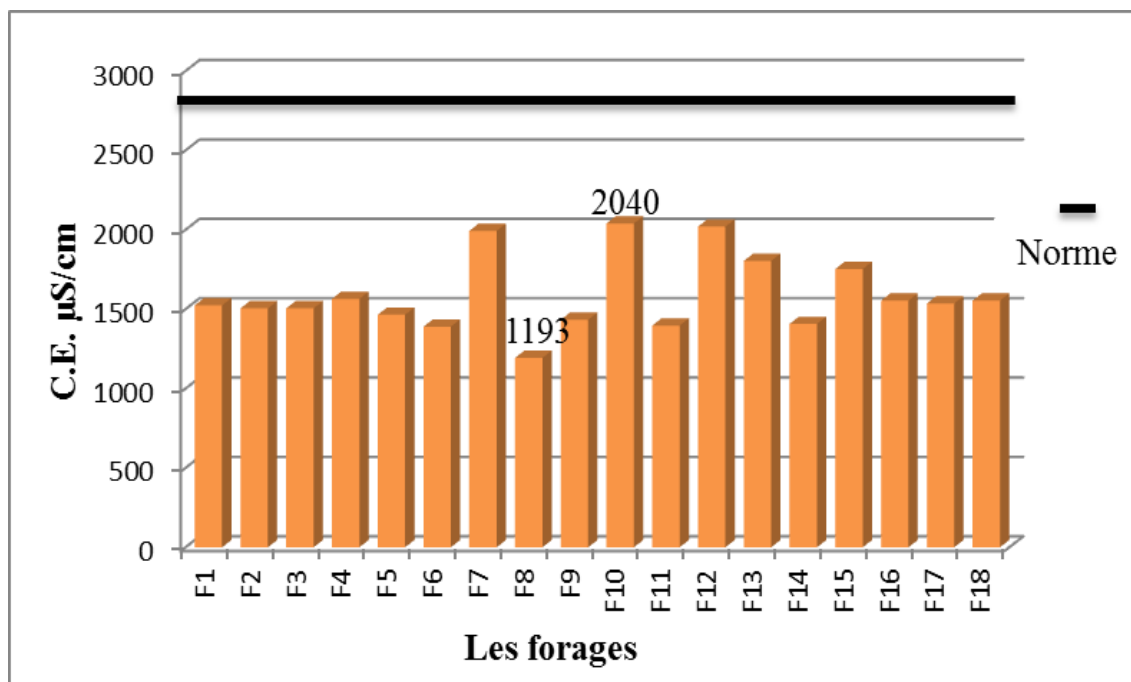


Figure 14. Variation de C.E. des eaux des forages.

1.1.3. Turbidité

Les valeurs de la turbidité des puits est dans les normes Algérienne (Tab.I) sauf P2. La valeur minimale 0,5 N.T.U. est enregistrée au niveau de P5 et la valeur maximale 9,99 N.T.U. est enregistrée au niveau de P2 et une valeur moyenne 2,82 N.T.U. (Fig.15), Par apport les forages elle très faibles. Elles varient entre une valeur minimale 0,27 N.T.U. enregistrée au niveau de F12 et une

valeur maximale 0,93 N.T.U. enregistrée au niveau de F5 et une valeur moyenne 0,567 N.T.U. (Fig.16) ces valeurs sont selon la norme de potabilité des eaux (5 N.T.U.) (Tab.I, II).

Elle est causée par la présence de matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacles au passage de la lumière dans l'eau (RODIER, 1996 ; HADE , 2007).

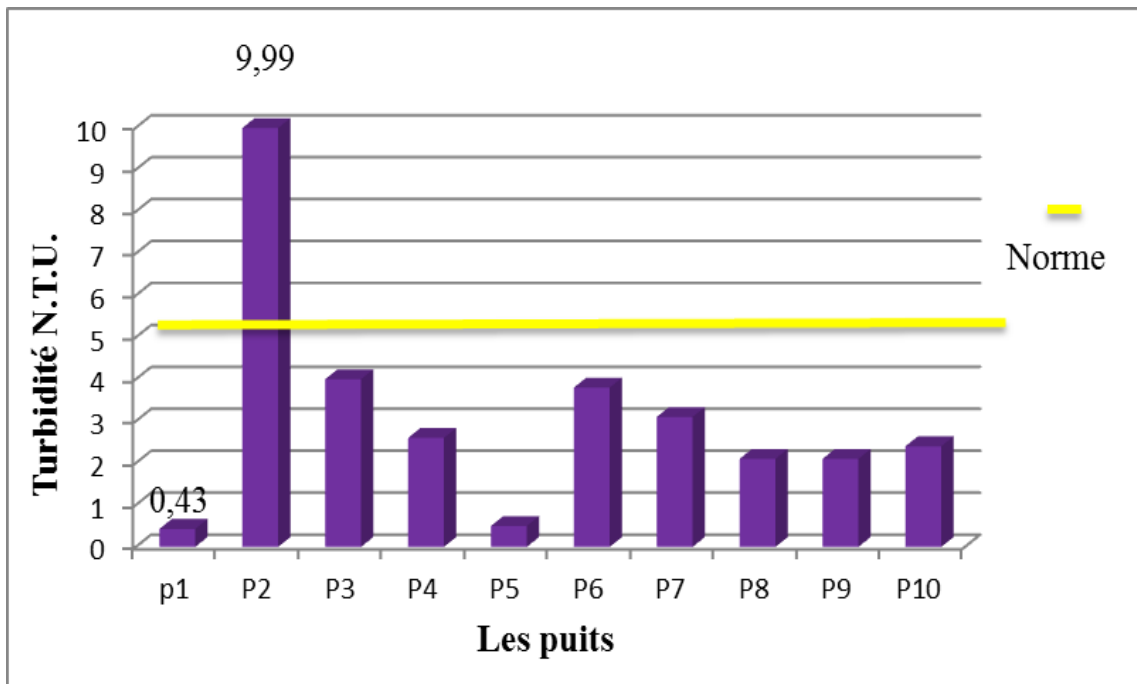


Figure 15. Variation de la turbidité des eaux des puits.

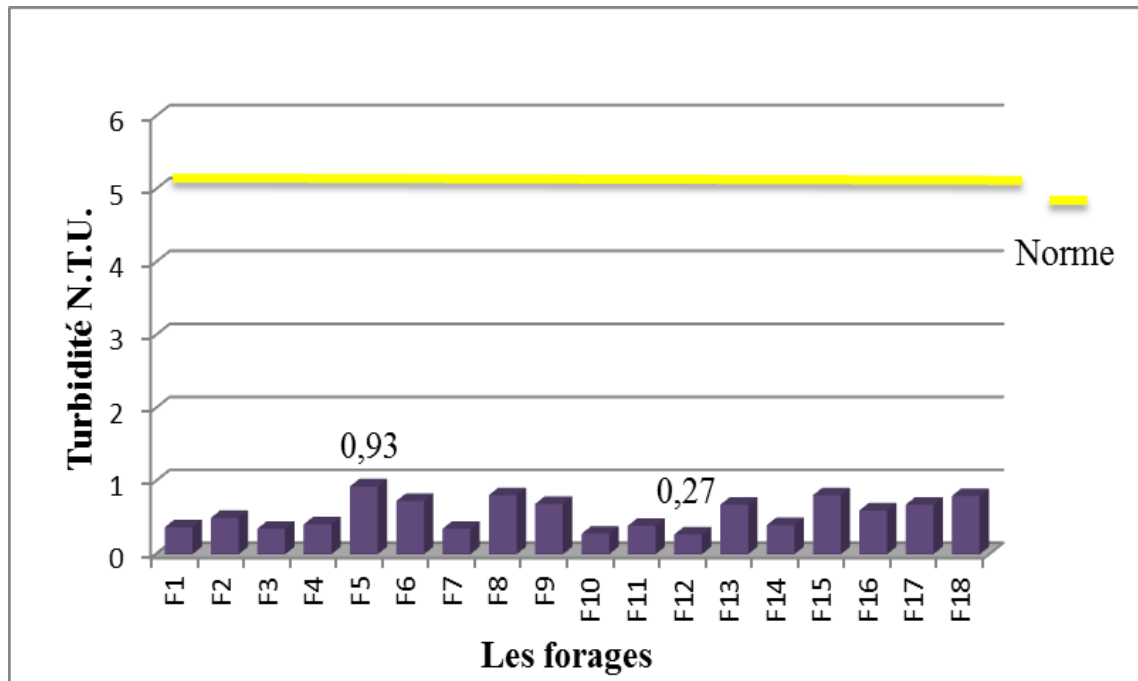


Figure 16. Variation de la turbidité des eaux des forages.

1.2. Paramètres de la pollution des eaux

1.2.1. Ammonium

Selon la figure (Fig.17) les valeurs d'ammonium montrent que les eaux des puits ont des teneurs faibles sauf P9 est forte, sont variant entre une valeur minimale 0 mg/l et une valeur maximale 1,032 mg/l et une valeur moyenne 0,158 mg/l, par apport les forages les valeurs d'ammonium sont très faibles dans tous, elles varient entre une valeur minimale 0 mg/l dans chacun des F4,F12,F17 et F18 et une maximale 0,072 mg/l dans F10(Fig.18) et un moyenne 0,010 mg/l, ces valeurs sont dépassant les normes de l'Algérie, l'O.M.S. et norme des eaux souterraines (0,5mg/l) (Tab.I, II, IV).

La présence des ions d'ammonium dans les eaux est l'indice d'une contamination par les rejets industrielle (AIT BOUGHROUS, 2007 ; BENHEDID, 2014).

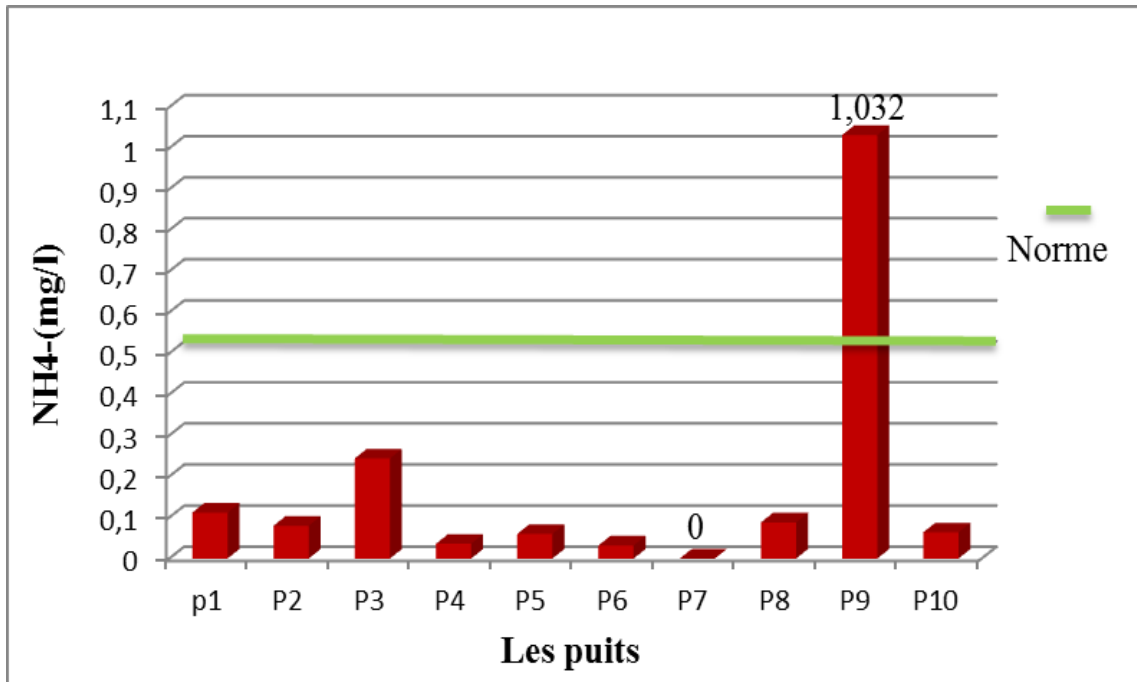


Figure 17. Variation de NH₄⁻ des eaux des puits.

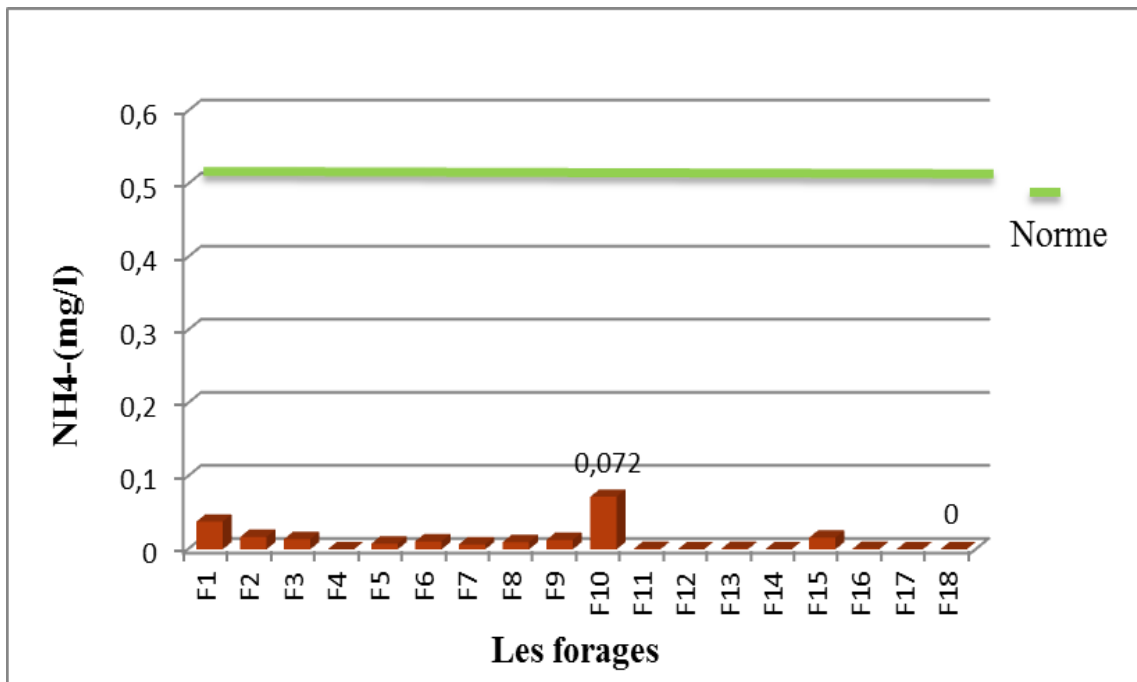


Figure 18. Variation de NH₄⁻ des eaux des forages.

1.2.2. Nitrites

A partir la figure (Fig.19), il apparait que les teneurs des nitrites sont faibles dans tous les puits sauf P2, les valeurs des nitrites sont varient entre une valeur minimale 0 mg/l dans chacun des P1, P4, P6 et P10 et une valeur maximale 4,27 mg/l enregistré au niveau de P2 et un moyenne

0,466 mg/l, et pour les forages les valeurs des nitrites sont très faibles, ces valeurs comprises entre 0 mg/l dans chacun des F1, F3, F4,F5, F6, F10 ,F11, F12, F13 et 0,074 mg/l dans F15 et un moyenne 0,011mg/l(Fig.20),ces valeurs sont selon les normes de l'Algérie et l'O.M.S. (0,2 mg/l) (Tab.I, II).

Il est important de signaler que les eaux en contact avec certains terrains et certaines conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure. On trouve aussi quelquefois des nitrites non liés à une pollution dans les eaux pauvres en oxygène. Du point de vue de toxicité, il faut retenir que les nitrites peuvent avoir une action méthémoglobinémie comme pour le nitrate. Un excès de nitrite dans l'eau de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les humains et chez les nourrissons une méthémoglobinémie (BREMOND et PERRODUM, 1976).

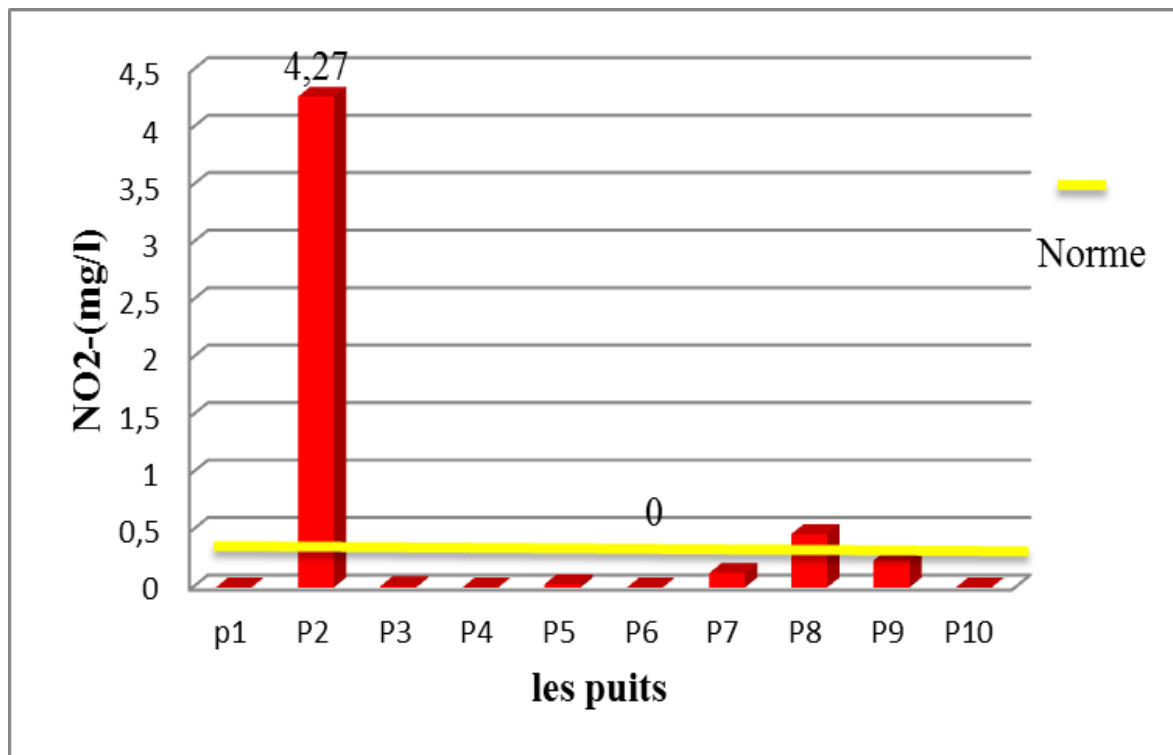


Figure 19. Variation des NO₂⁻ des eaux des puits.

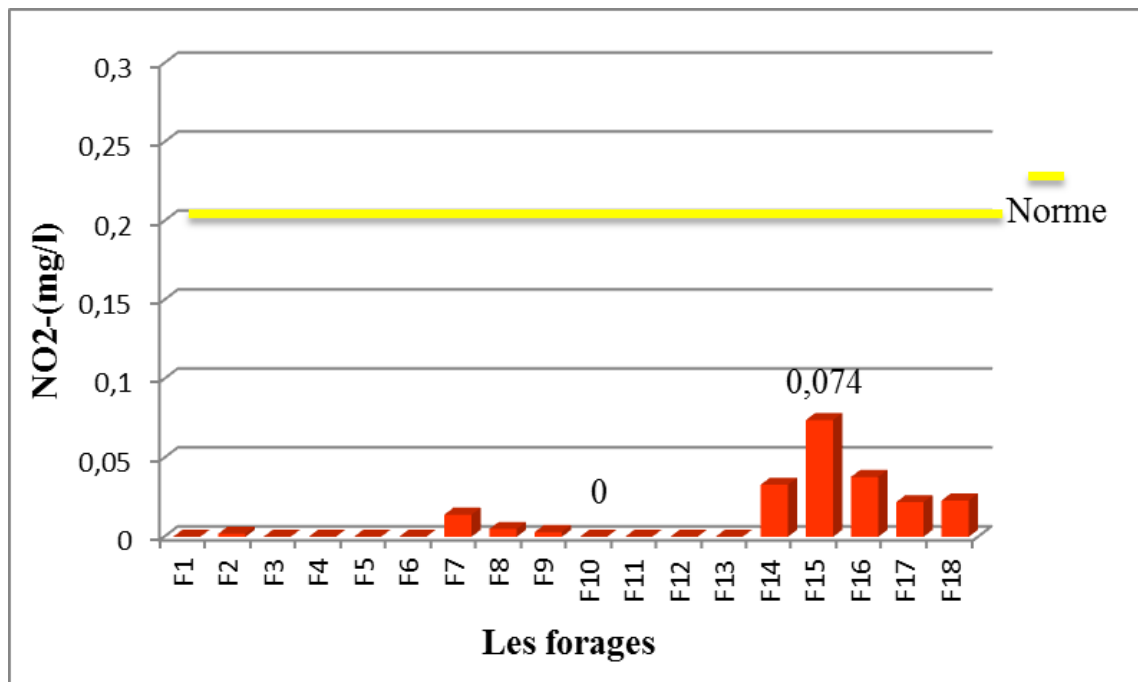


Figure 20. Variation des NO₂⁻ des eaux des forages.

1.2.3. Nitrates

La présentation graphique (Fig.21) des teneurs des nitrates des puits sont fortes dans quelque puits, ces teneurs sont varient entre une valeur minimale 0 mg/l dans P9 et une valeurs maximale 122,888 mg/l dans P3 et une valeur moyenne 49 ,063 mg/l ,et pour les forages les teneurs des nitrates sont très faibles, ces valeurs comprises entre 5,2096 mg/l dans F3 et 20,7545mg/l dans F11 et un moyenne 11,730 mg/l(Fig.22) , tous ces valeurs sont selon les normes de l'Algérie et l'O.M.S.et norme des eaux souterraines(50 mg/l) (Tab.I ,II ,IV).

Les effets nocifs des nitrates impliquent nécessairement un premier stade de transformation en nitrite, il s'ensuit que l'absorption de nitrites fait apparaître plus rapidement des effets cliniques et qu'il faut adopter pour l'ion nitrite une valeur indicative plus faible que pour l'ion nitrate lorsque l'eau de boisson est correctement traitée (KOULL et BESSOU, 2003).

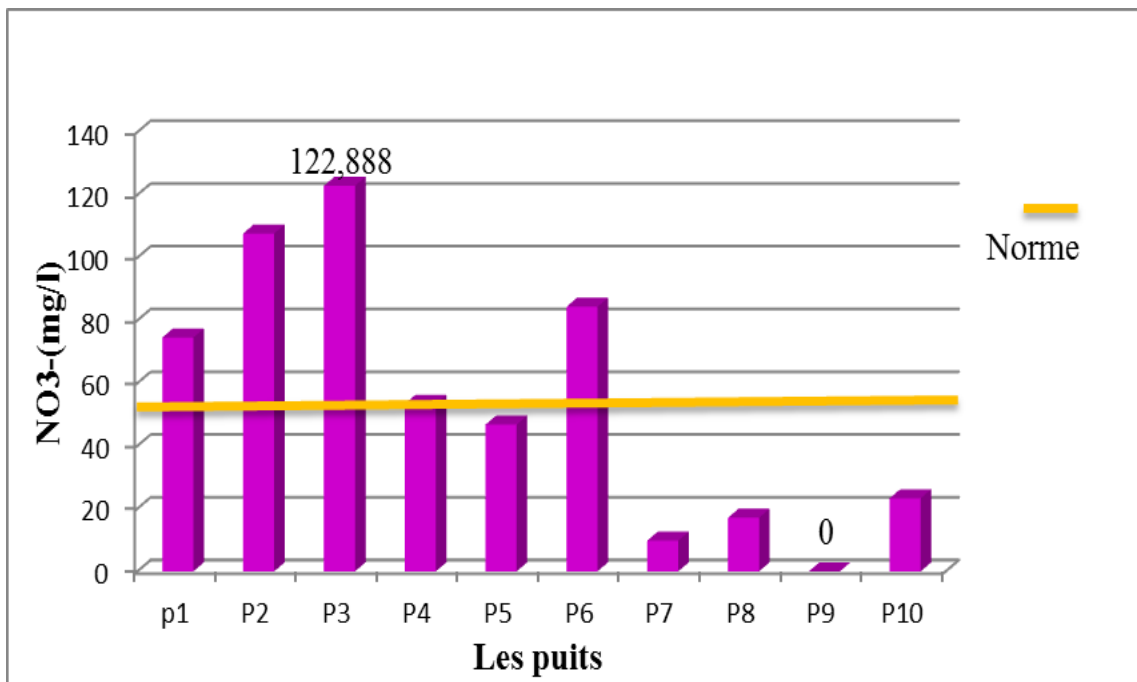


Figure 21. Variation des NO₃⁻ des eaux des puits.

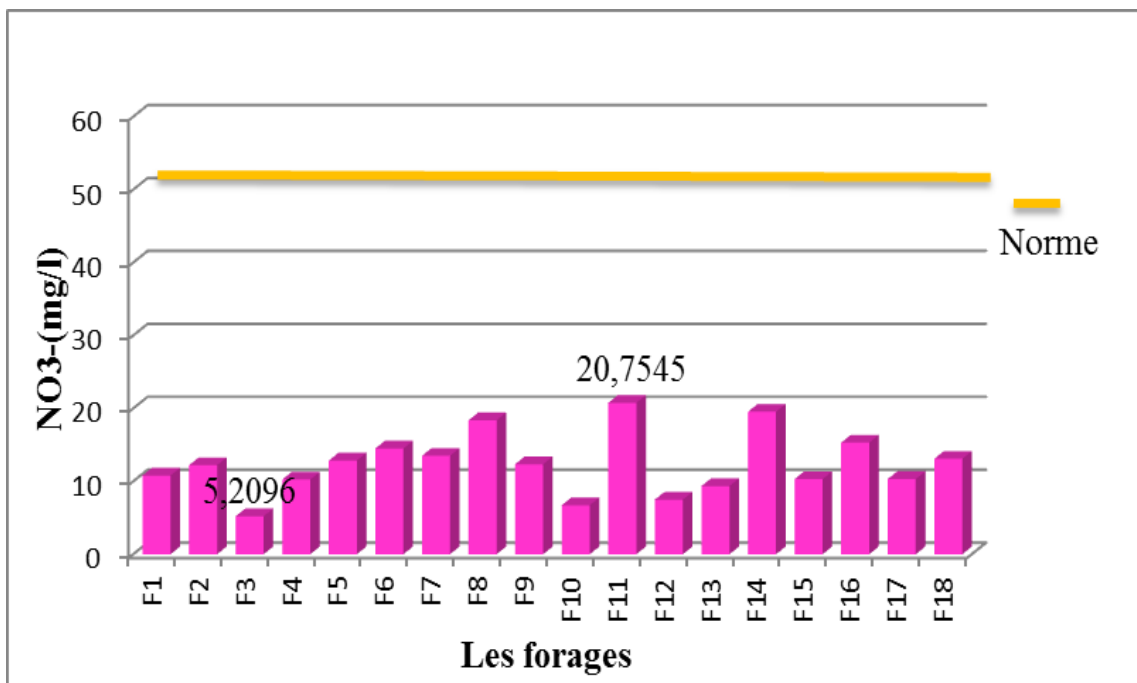


Figure 22. Variation des NO₃⁻ des eaux des forages.

1.2.4. Orthophosphates

Dans notre analyse les teneurs d'orthophosphates sont zéro pour chacun des puits(Fig.23) et pour les forages les teneurs de PO_4^- sont nulles pour tous les forages sauf F11, dans lequel il a

enregistré des valeurs estimées à 0, 226 mg/l(Fig.24). Ces valeurs est ne dépassent pas les normes de l'Algérie (5mg/l) (Tab.I).

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante. Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l (TARDAT HENRY, 1992).

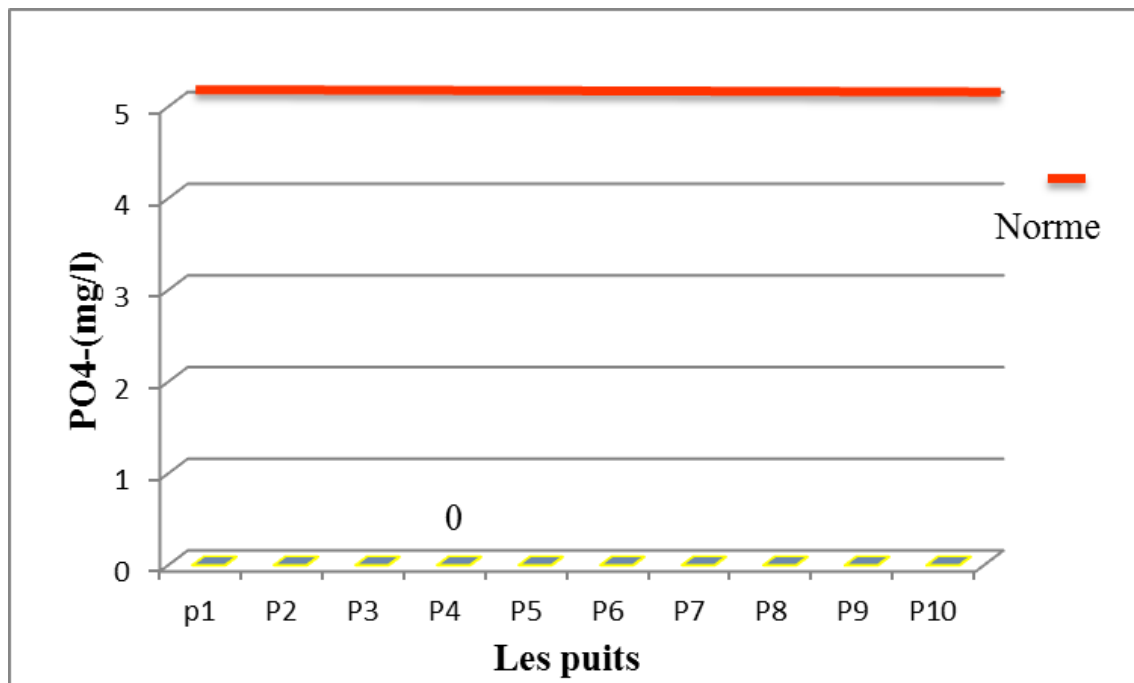


Figure 23. Variation de PO_4^- des eaux des puits.

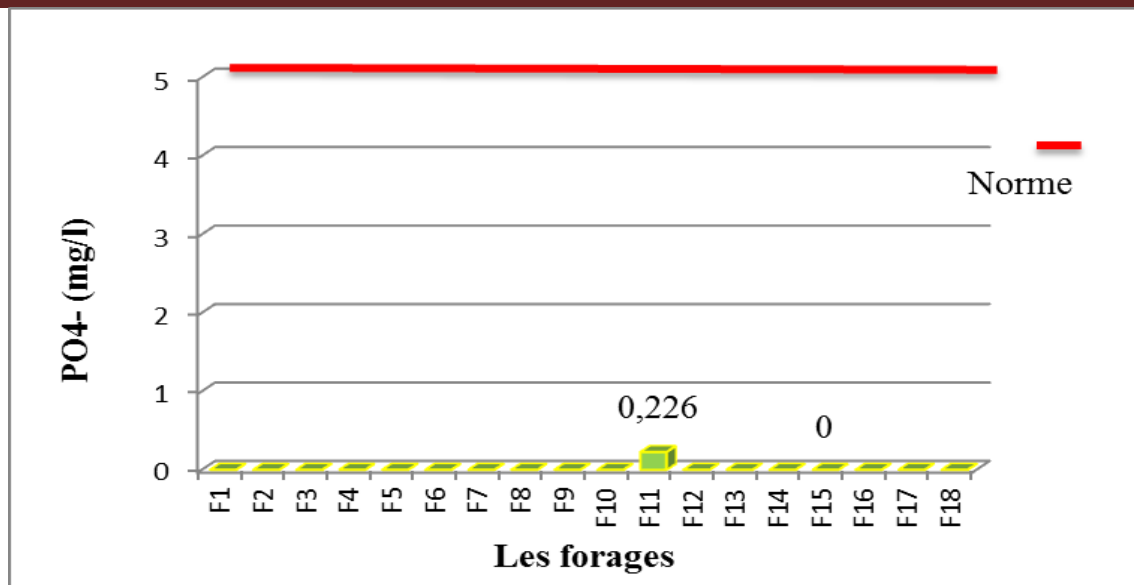


Figure 24. Variation de PO_4^- des eaux des forages.

1.2.5. Fer

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

Au vu du graphe (Fig.25), les valeurs du fer sont très faibles dans tous les puits sauf P1, ces valeurs varient entre une valeur minimale 0 mg/l dans chacun des P1, P6, P7, P9 et P1 et une valeur maximale 3,21 mg/l enregistré au niveau de P2 moyenne 0,415 mg/l et un. Par rapport les forages, les teneurs du fer sont très faibles dans tous, elles varient entre une valeur minimale 0 mg/l enregistré chacun des F2, F3, F4, F5, F8, F11, F13 et F14 et une valeur maximale 0,083 mg/l enregistré au niveau de F12 et un moyenne 0,016 mg/l (Fig.26). Ces valeurs sont selon les normes de l'Algérie et l'O.M.S. (0,3 mg/l) (Tab. I, II).

Une teneur excessive en fer peut brunir les vêtements mis à la lessive, les appareils de plomberie et l'eau elle-même. Elle peut aussi produire un goût amer et astringent dans l'eau et les boissons. Notons également que la précipitation du fer peut favoriser la croissance de bactéries du fer dans les conduites et branchements d'eau (N.Q.E.P.O, 2003 ; BENHEDID, 2014).

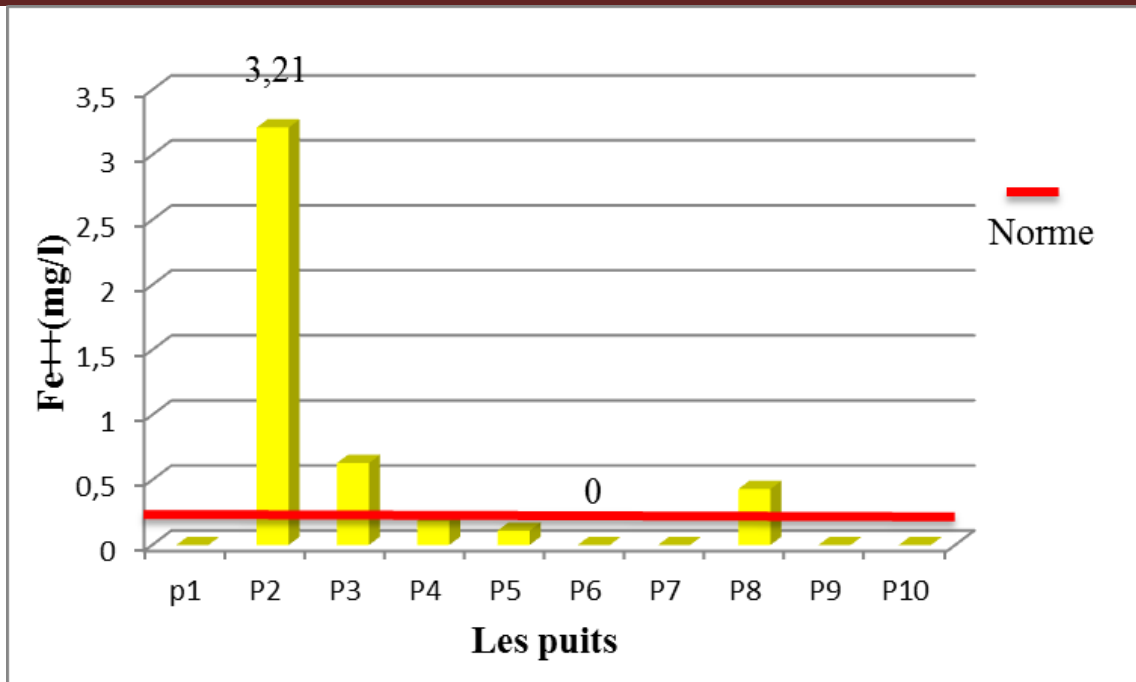


Figure 25. variation de Fe⁺⁺ des eaux des puits.

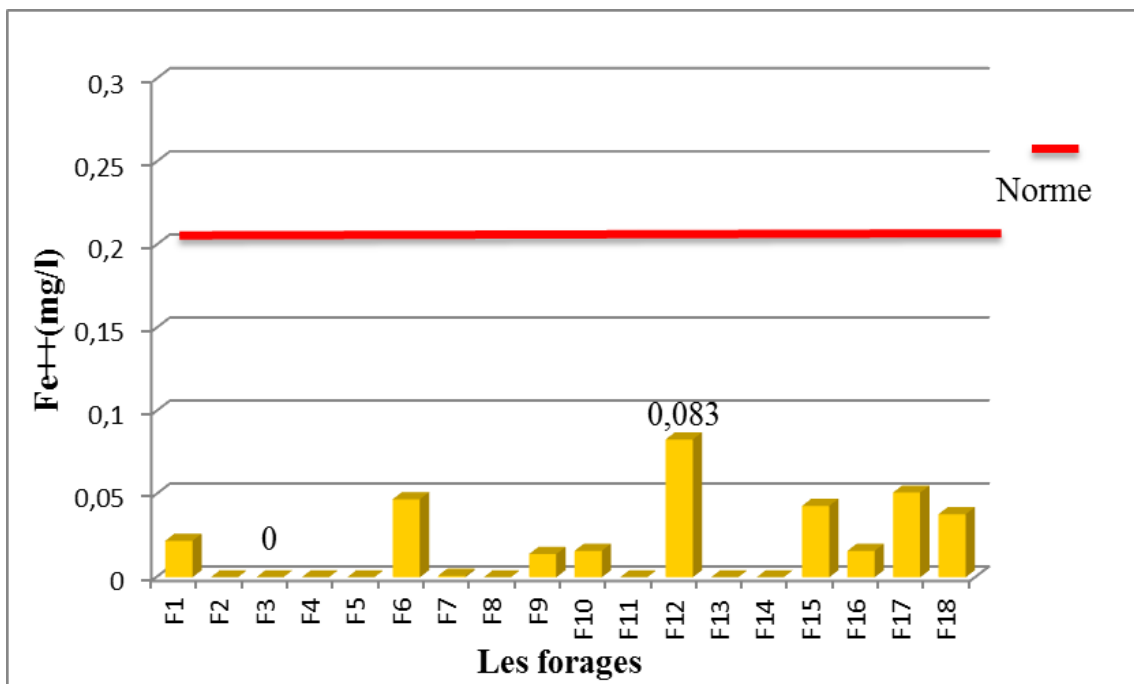


Figure 26. Variation de Fe⁺⁺ des eaux des forages.

1.3. Minéralisation globale

1.3.1. Titre hydrométrique

Les valeurs de la dureté des eaux des puits sont très fortes, elles varient entre une valeur minimale 504 F° au niveau de P5, et une valeur maximale 3024F° au niveau de P6 et un moyenne

1526 ,181F°(Fig.27), et pour les forages elles varient entre une valeur minimale 396F° au niveau de F8 et une valeur maximale 788F° au niveau de F12 et moyenne 544,842 F°(Fig.28).Les valeurs de la dureté des eaux des puits et des forages sont dépassant les normes Algérienne(200F°) (Tab.I).

Le titre hydrométrique (T.H.) ou la dureté totale d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métallique à l'exception des métaux alcalins (Na⁺, K⁺) et des ions hydrogènes. Dans la plupart des cas, la dureté est due aux ions calcium et magnésium (RODIER et al. 2009 ; DE VILLERS et al. 2005).

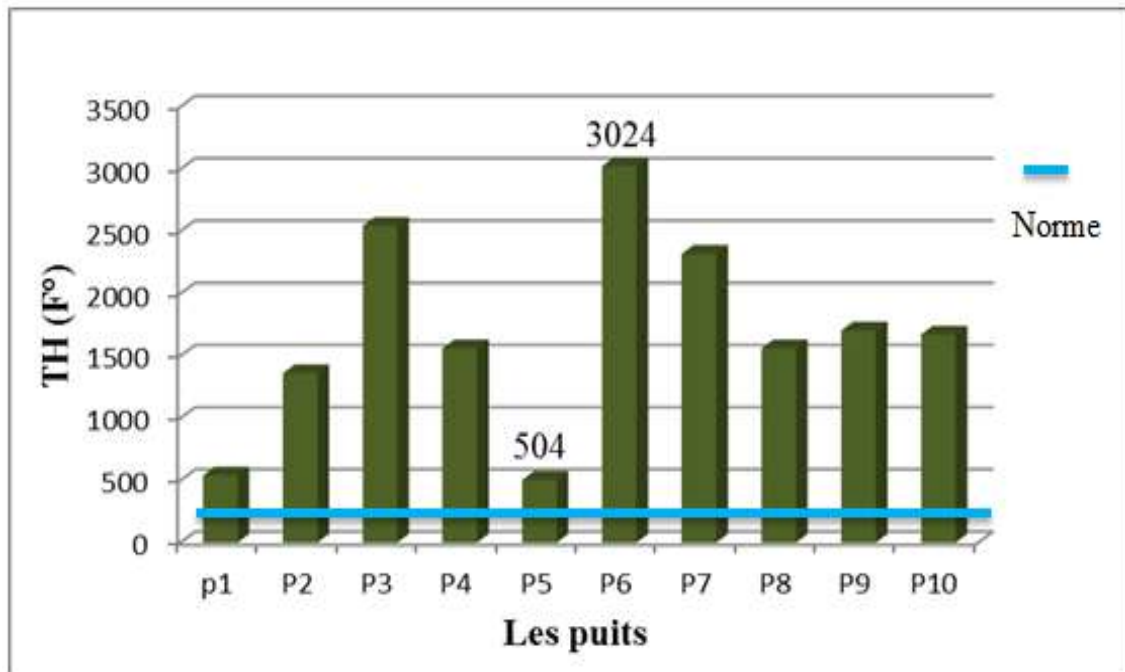


Figure 27. Variation de T.H. des eaux des puits.

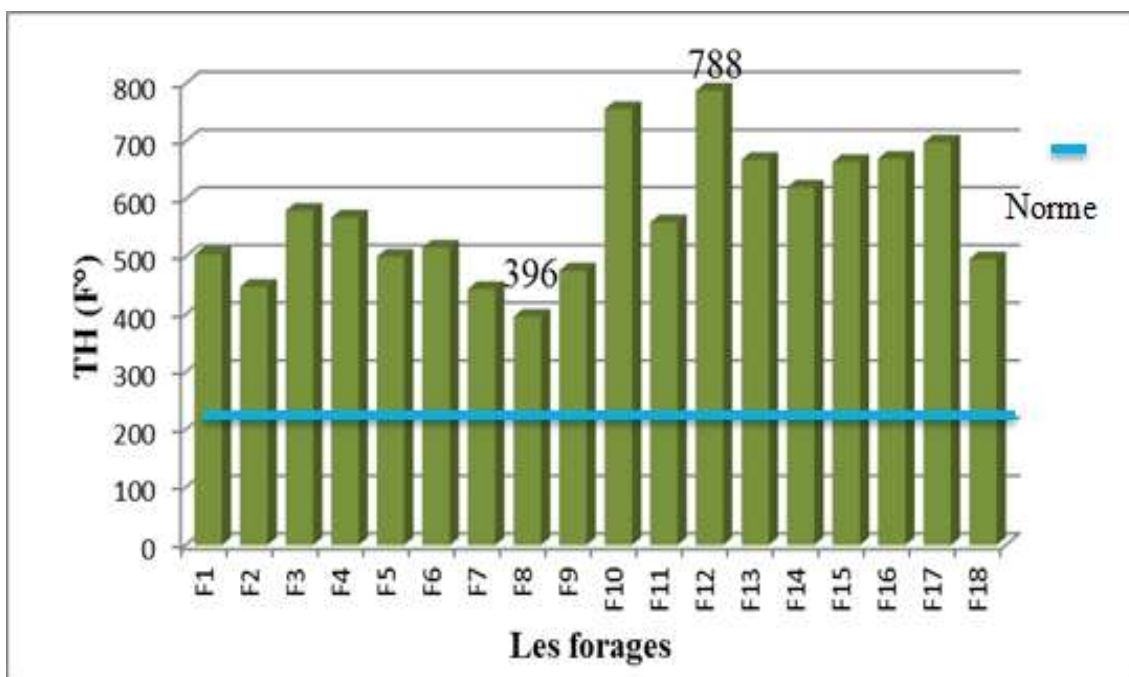


Figure 28. Variation de T.H. des eaux des forages.

1.3.2. Calcium

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

Les valeurs du calcium des puits varient d'un puits à un autre, elles sont reflétées par l'enregistrement d'un minimum de 107,414 mg/l pour P1, et un maximum de 548,294 mg/l enregistré au niveau de P6 et un moyenne 266,713 mg/l, (Fig.29), et pour les forages les valeurs sont variées entre une valeur minimale de 13,362 mg/l pour F15 et une valeur maximale 138,336 mg/l pour F10 et un moyenne 110,391 mg/l (Fig.30).

Les concentrations très élevées de calcium dans la plupart des puits auraient pour origine la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3) et des formations gypseuses (CaSO_4) qui sont facilement solubles (AIT BOUGHROUS, 2007 ; DJDEL, 2008 ; GOUAIDIA, 2008 ; DIB, 2009 ; BOUTTELI, 2011).

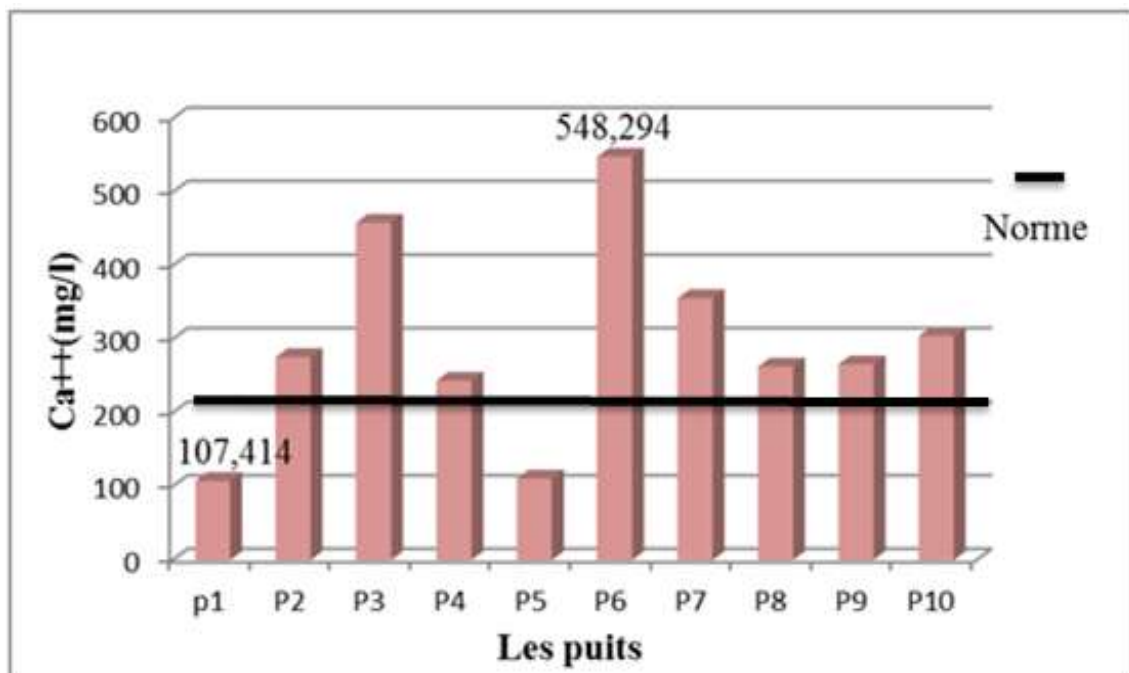


Figure.29. Variation des Ca^{++} des eaux des puits.

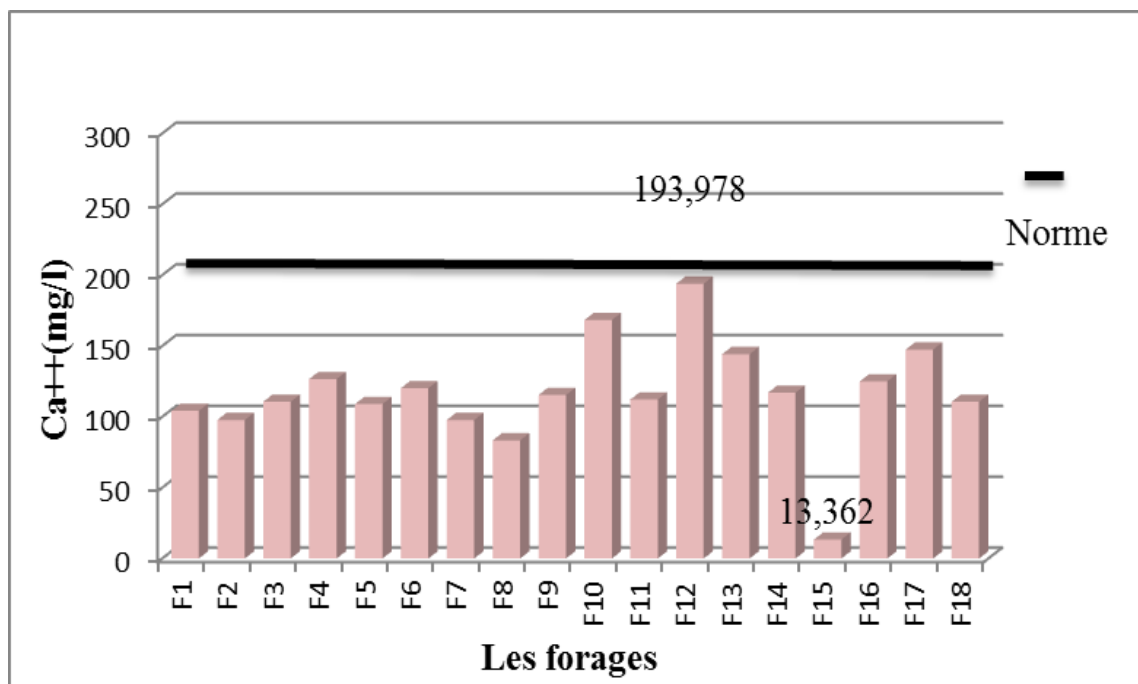


Figure.30. Variation des Ca⁺⁺ des eaux des forages.

1.3.3. Magnésium

Le magnésium est un des éléments la plus répandu dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. Son abondance géologique et sa grande solubilité, font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (RODIER *et al.* 2009).

Les teneurs en Mg⁺⁺ sont très élevées dans tous les puits sauf P1 et P5. Ces valeurs comprises entre 55,404 mg/l au niveau de P5 et 347,976 mg/l et une moyenne 209, 156 mg /l (Fig.31), et pour les forages le teneur en Mg⁺⁺ est faible pour tous les forages. Ces valeurs sont comprises entre 45,684 mg/l dans F9 et 81,648 mg/l dans F10 et une moyenne 59,396mg/l (Fig.32). Ces valeurs est compatibles avec les normes de l'Algérie et l'O.M.S (200mg/l) (Tab.I, II).

Les ions de Mg⁺⁺ proviennent, comme les ions calcium, de la dissolution des formations carbonatée riches en magnésium (dolomites) d'une part, et les formations salifères riches en magnésium « MgSO₄ » d'autre part (GOUAIDI.,2008 ;DJDEL,2008 ;DIB,2009 ;RODIER *et al.*2009 ;BOUTTELI,2011).

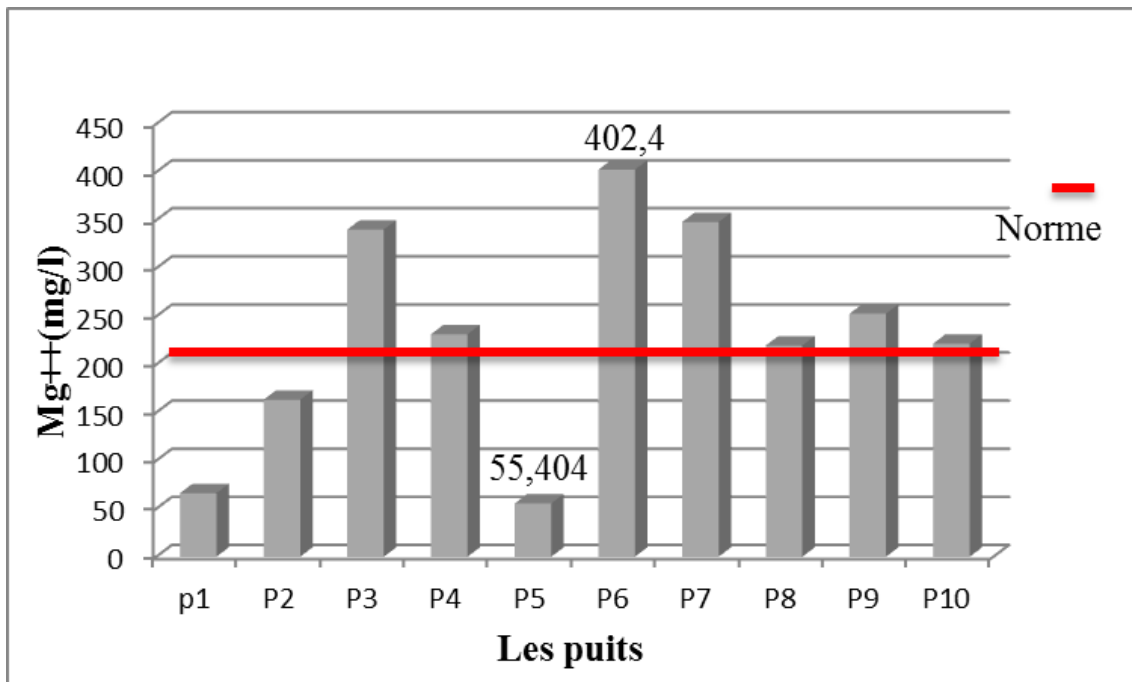


Figure 31. Variation de Mg⁺⁺ des eaux des puits.

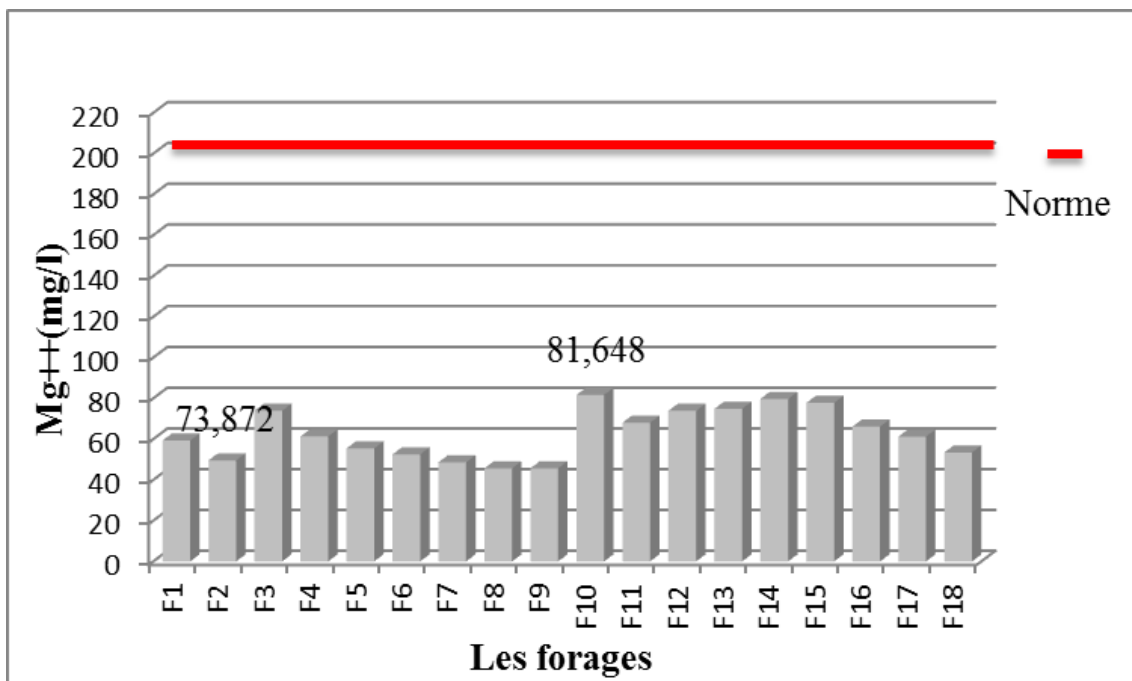


Figure 32. Variation de Mg⁺⁺ des eaux des forages.

1.3.4. Sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables (RODIER, 1978).

La représentation graphique (Fig.33) des teneurs du Na^+ des puits montre que la teneur est faible pour tous les puits, ces teneurs sont variées entre une valeur minimale 23,9779 mg/l enregistré au niveau de P1 et une valeur maximale 125,9727 mg/l enregistré au niveau de P6 et une valeur moyenne 79,359 mg/l, et pour les forages les teneurs de Na^+ des puits est faible aussi pour tous les forages, ces teneurs varient entre une valeur minimale 80,1646 mg/l enregistré au niveau de F1 et une valeur maximale 115,2364 mg/l enregistré au niveau de F12 et une valeur moyenne 88,075 mg/l (Fig.34), ces valeurs ne dépassant pas les normes de l'Algérie et de l'O.M.S. (200mg/l) (Tab. I, II).

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution de l'Halite (NaCl) (BOUTTELI, 2011). Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition des sels minéraux, comme les silicates de sodium et de l'aluminium (RODIER *et al.* 2005).

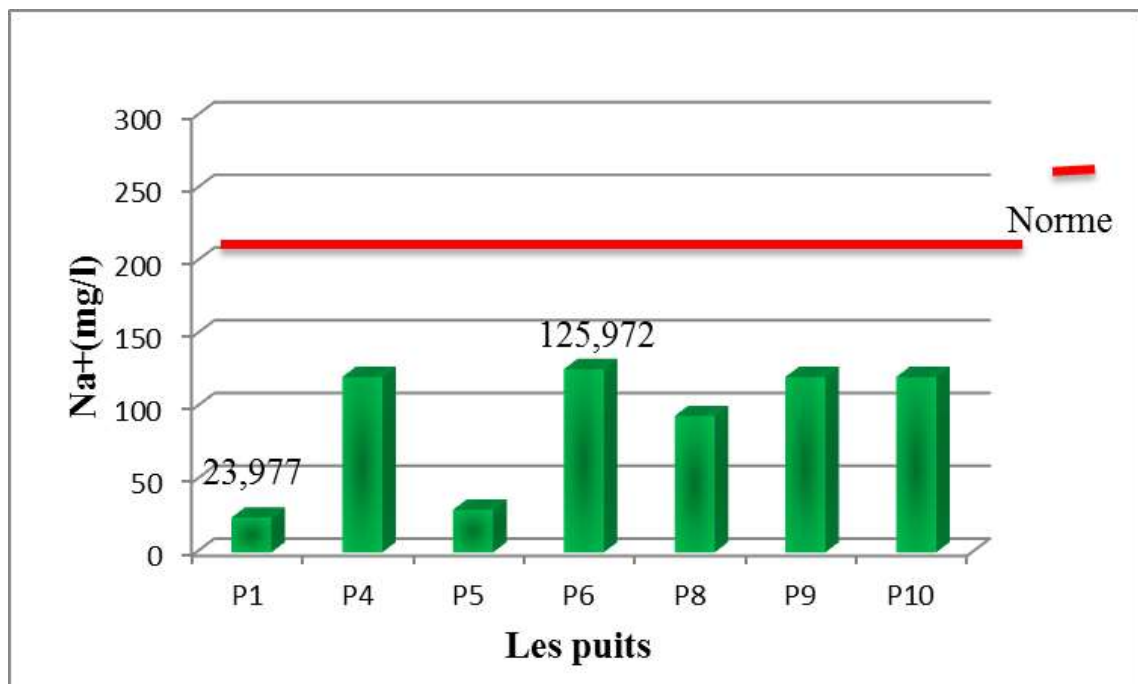


Figure 33. Variation de Na^+ des eaux des puits.

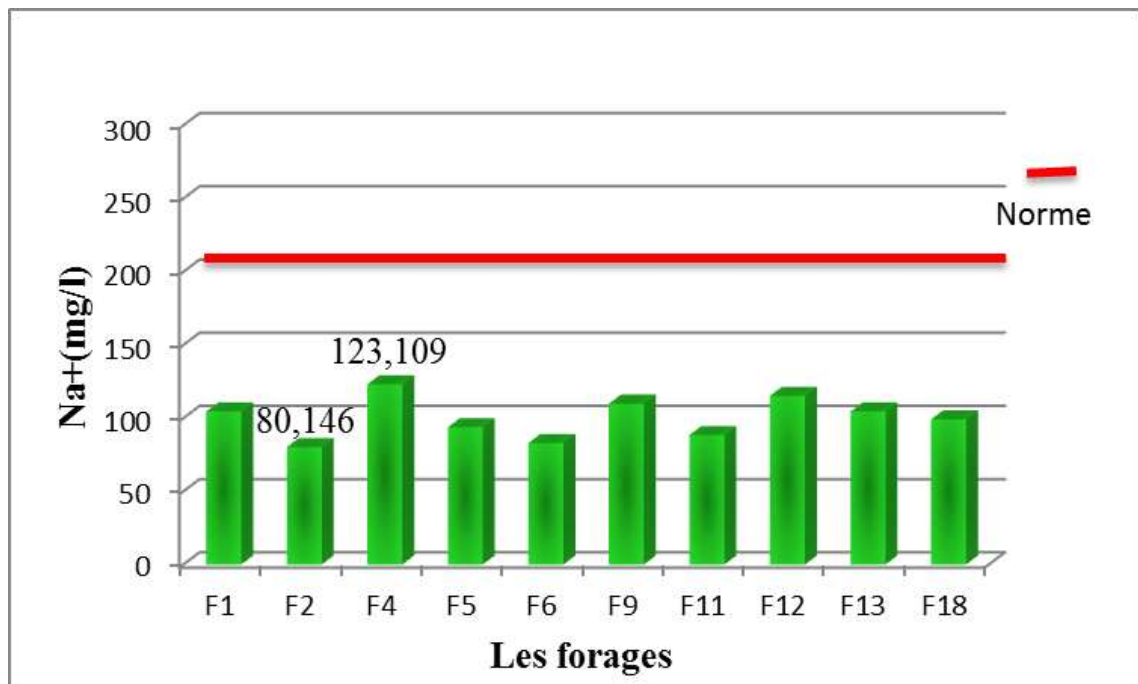


Figure 34. Variation de Na^+ des eaux des forages.

1.3.5. Potassium

La concentration de K^+ des eaux souterraines des puits analysées montre qu'une teneur plus élevée est 89,696 mg/l enregistré au niveau de P1 et la teneur la plus faible est 2,531 mg/l enregistré au niveau de P5 et moyenne 21,626 mg/l (Fig.35) et pour les forages la teneur de K^+ est faible pour tous les forages, ces teneurs sont variées entre une valeur minimale 3,587 mg/l enregistré au niveau de F6 et une valeur maximale 3,984 mg/l enregistré au niveau de F12 et une valeur moyenne 3,350 mg/l, les concentrations sont selon la norme Algérienne des eaux potables (12 mg/l) (Tab. I) (Fig.36).

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

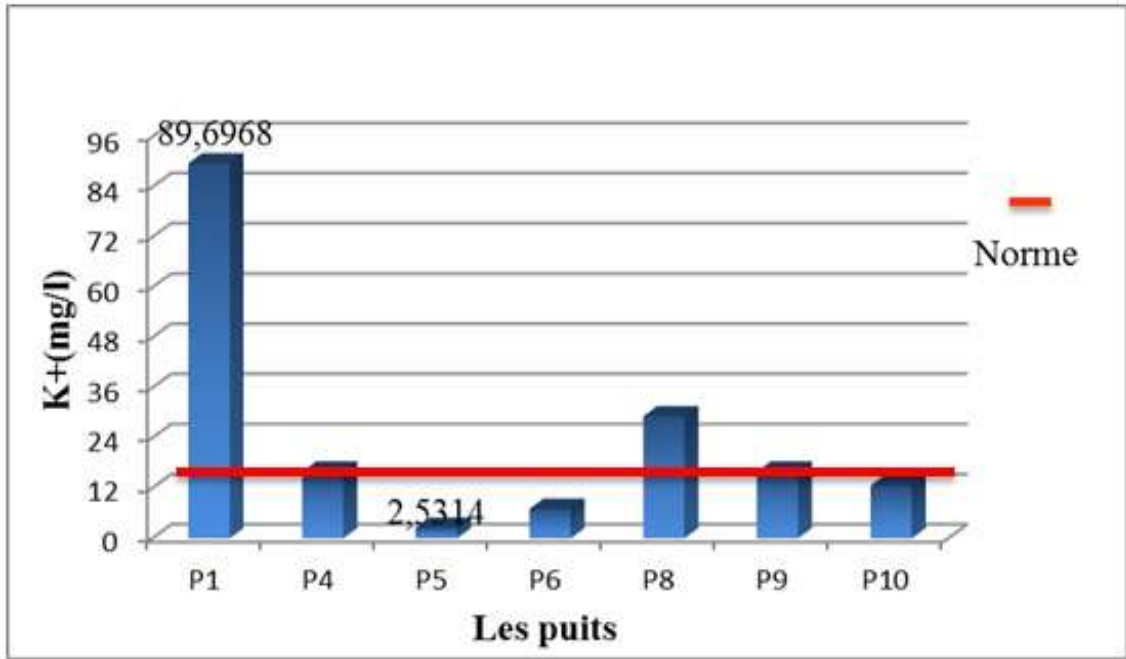


Figure 35. Variation de K⁺ des eaux des puits.

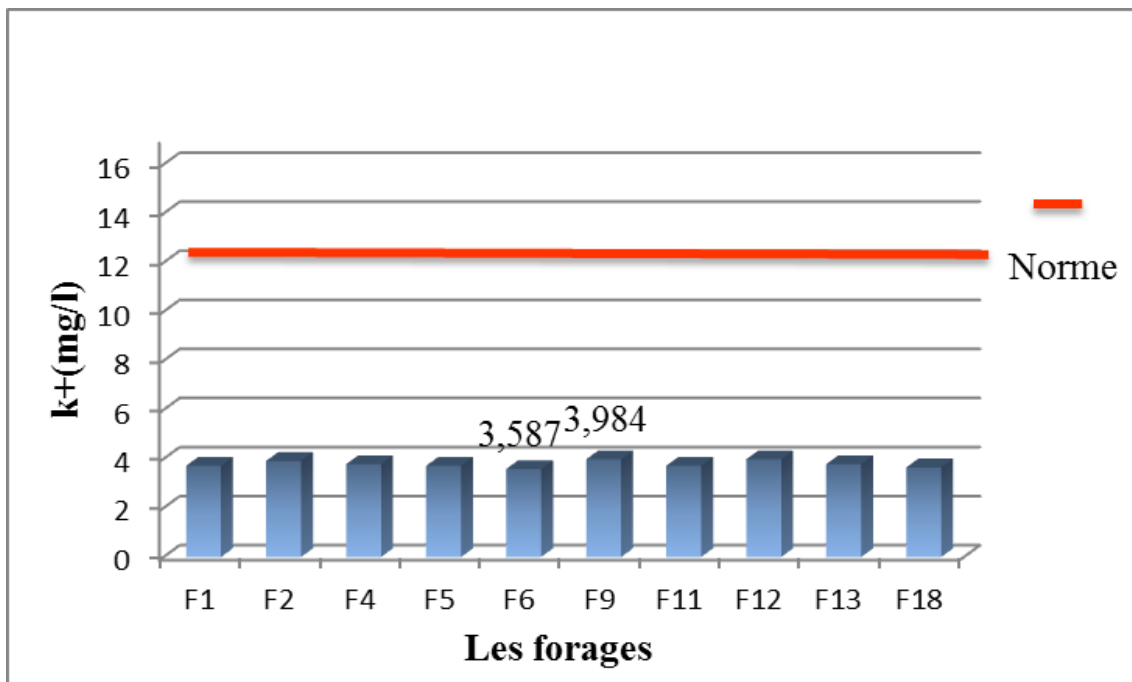


Figure 36. Variation de K⁺ des eaux des forages.

1.3.6. Chlorures

Selon la figure (Fig.37) , les teneurs en Cl^- sont très élevée dans tous les puits sauf P1 et P5, varient un intervalle de 107,777 mg/l pour P5 et est très élevée pour P6 1559,932 mg/l et moyenne 720,92mg/l .Généralement, ces dernières est la plus élevée en aval par rapport l'amont et au centre de la vallée, et dépassent la norme de et celle de l'Algérie(500mg/l) et de l'O.M.S.(250 mg/l) et de le norme des eaux souterraines (150mg/l)(Tab.I ,II ,IV). Et pour les forages les teneurs est faible pour tous, ces valeurs sont comprises entre 192,864 mg/l dans le F8 et 431,7666 mg/l dans le F16 et un moyenne 279,689ml/l (Fig.38).

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

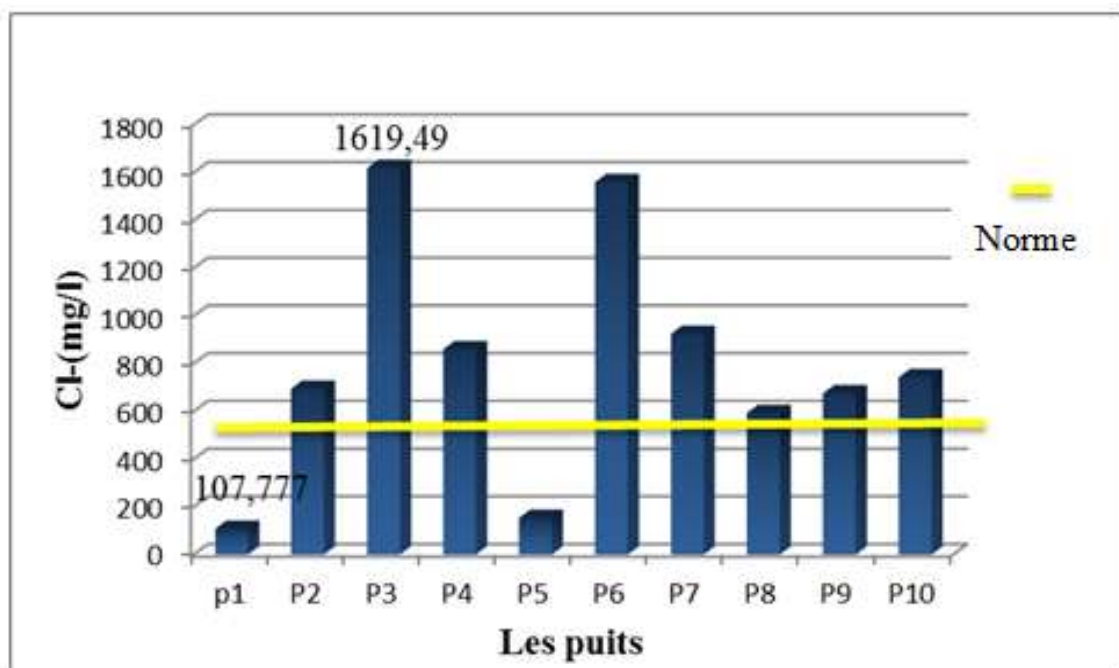


Figure 37. Variation de Cl^- des eaux des puits.

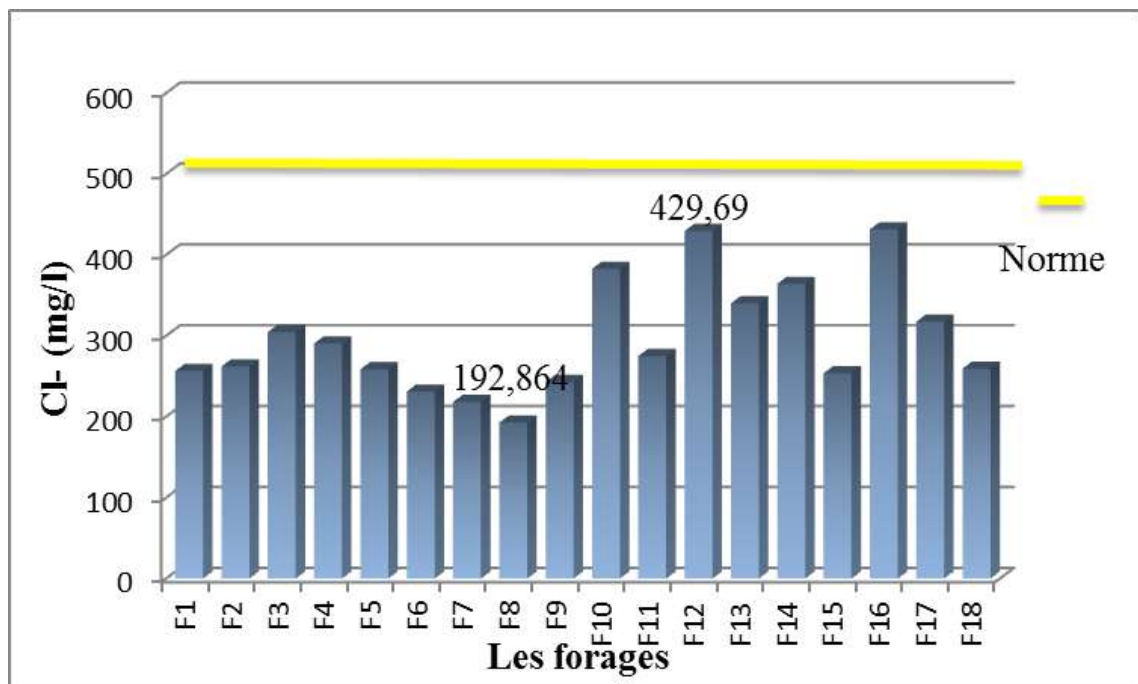


Figure 38. Variation de Cl^{-2} des eaux des forages.

1.3.7. Sulfates

Selon la figure(Fig.39), les valeurs de sulfates des puits elle est très fortes dans tous les puits sauf P2 et P3 , ces valeurs sont varient entre une valeurs minimale 195,486 mg/l dans P2 et une valeurs maximale 13201,312 mg/l dans P6,une valeur moyenne 1991,207mg/l et pour les forages on a des valeurs moyennes varient entre une valeur minimale 12,758 mg/l dans F9 et une valeur maximale 497,563 mg/l dans F1 et une valeur moyenne 370 ,895mg/l(Fig.40), selon les normes de l'Algérie (400 mg/l) et l'O.M.S. (250 mg/l) (Tab.I ,II) .

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

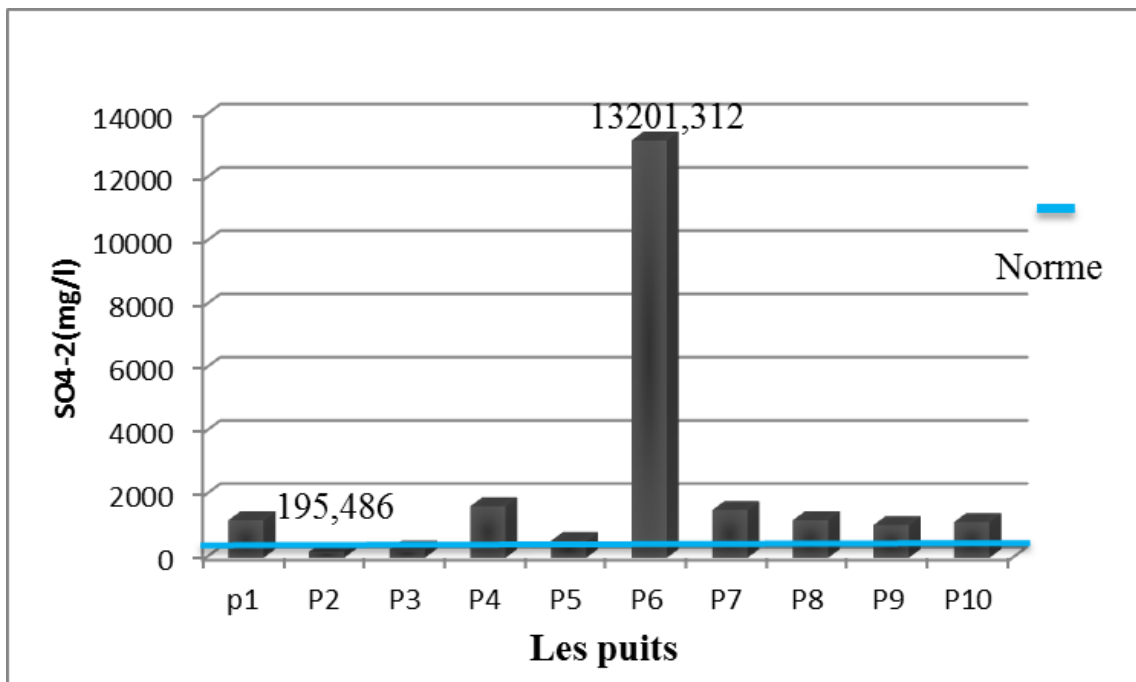


Figure 39. Variation de SO₄²⁻ des eaux des puits.

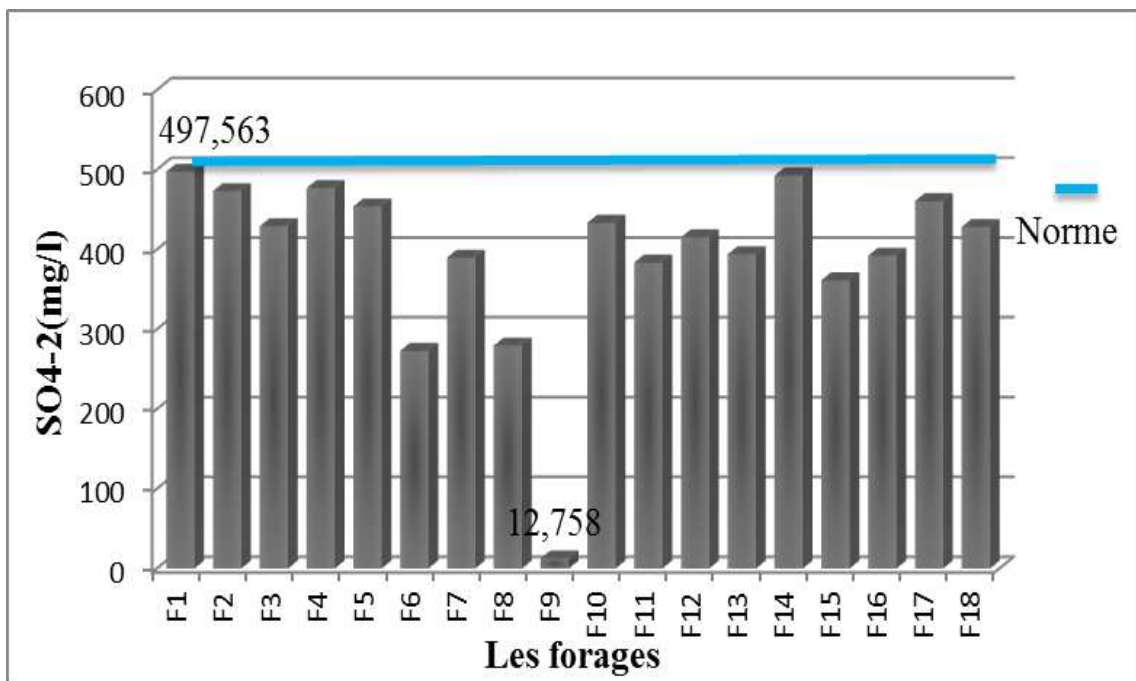


Figure 40. Variation de SO₄²⁻ des eaux des forages.

1.3.8. Bicarbonates

Selon la présentation graphique (Fig.41), les teneurs de HCO₃⁻ sont très fortes pour tous les puits, ces valeurs sont variées entre une valeur minimale 156,6 mg/l enregistrée au niveau de P5 et

une valeur maximal 766,16 mg /l enregistré au niveau de P7 ,une valeur moyenne 402 ,418mg/l et pour les forages , les teneurs de HCO_3^- varient entre une valeur minimale 60,264mg/l enregistré au

niveau de F18 et une valeur maximale 307,44 mg/l enregistré au niveau de F8 ,et une valeur moyenne 172 ,853mg/l,(Fig.42) ces teneurs sont non compatibles avec les normes algérienne (500mg/l) (Tab. I).

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

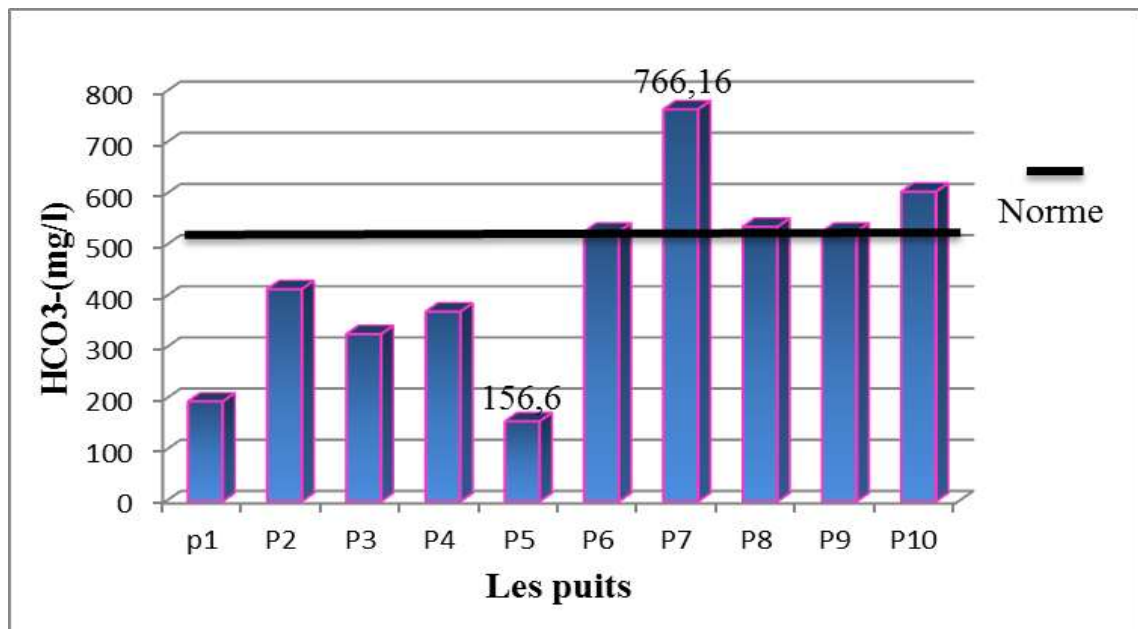


Figure 41. Variation de HCO_3^- des eaux des puits.

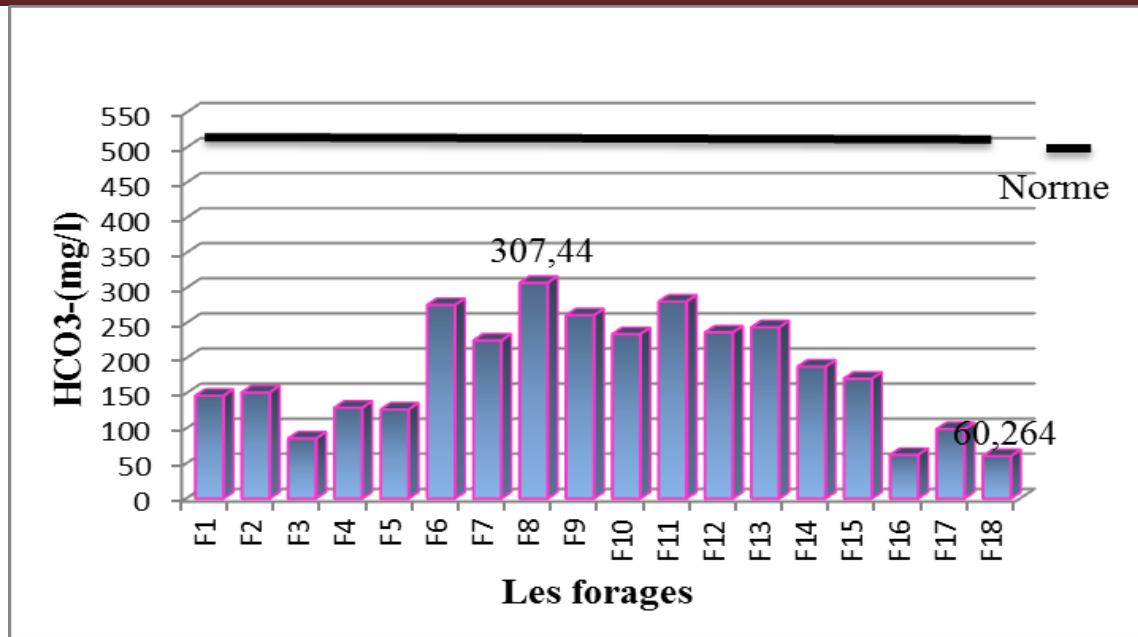


Figure 42. Variation de HCO₃⁻ des eaux des forages.

2. Résultats d'analyses bactériologique

Les résultats des analyses des bactéries indicatrices la contamination fécale effectués sur dix puits et dix-huit forages répartis sur le long de l'Oued Metlili indiquent la présence de coliformes totaux et fécaux, de streptocoque totaux et fécaux, et l'absence des clostridium (Tab.VI).

Tableaux VI. Résultats des analyses bactériologiques.

Puits	C.T. (U.F.C.)	C.F. (U.F.C.)	S.T. (U.F.C.)	S.F. (U.F.C.)	Clostridium sulfito-réducteur
P1	43	0	15	Absence	Absence
P2	1100	1100	1100	Présence	Absence
P4	23	15	23	Absence	Absence
P5	15	0	0	Absence	Absence
P6	23	3	0	Absence	Absence

2.1 .Coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux(C.T) sont des bactéries en forme de bâtonnet à Gram négatif, facultativement anaérobie. Elles sont utilisées depuis très longtemps comme indicateurs de la

qualité microbienne de l'eau. Les coliformes fécaux (C.F), ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux, sa présence témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale (FRANK, 2002 ; RODIER et *al.* 2009).

Les teneurs de coliformes totaux oscillent entre 15 et 1100 germes/100ml, et dépassent la valeur norme de l'eau potable selon l'Algérie et l'O.M.S. (Tab.I ; II). Elles sont très variables d'un puits à un autre, mais généralement très élevées dans le P2.

Les teneurs de coliformes fécaux généralement sont présentes dans la plupart des puits, contaminés par les eaux usées, et dépassent la norme des eaux potables.

(Tab .IV), excepté les puits P1et P5 qui ne sont pas contaminés par ces bactéries. Les teneurs varient dans un intervalle de 0 et 1100 germes/100ml (Tab.VI.).

Les concentrations très élevées de ces coliformes sont observées dans les endroits non raccordés au réseau d'assainissement. Leur présence indique une contamination de la nappe par des

matières fécales, provenant des fosses septiques et des rejets des eaux usées non traitées. De même, dans les zones agricoles par l'utilisation des fumiers organiques des animaux, ce qui montre un risque sanitaires d'origine microbienne.

2.2. Streptocoques totaux et fécaux

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

Le nombre de streptocoques totaux oscille entre 0 et 460 germes /100ml, sa présence est observé dans tous les puits analysées, excepté les puits P5 et P6 qui ne sont pas contaminés. En ce qui concerne les streptocoques fécaux, leur Absence est dans tous les puits sauf P2 (Tab.VI.). Cela indique que ces eaux sont impropres pour la consommation en eau potable vis-à-vis de ces germes et peuvent créés des risques sanitaires.

2.3. Clostridium Sulfito-réducteurs

Les clostridium sulfite-réducteurs sont suivent considérés comme des témoins de la pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, per

mettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (RODIER *et al.* 2009).

Les résultats des analyses obtenus, montrent l'absence de Clostridiiums sulfito-réducteurs dans tous les puits analysés.

Les Clostridiiums sulfito-réducteurs étant pratiquement toujours présents dans les rivières et les sols, leur absence dans une nappe sous-jacente, et surtout l'absence de leurs spores, de moindre taille, plus difficiles à retenir, constituent un bon signe de l'efficacité de la filtration naturelle (RODIER *et al.* 2009).

L'absence de Clostridiiums sulfito-réducteurs (Tab.VI), signifie une efficacité de la filtration naturelle. La présence des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale, et en l'absence de bactéries Coliformes, à une contamination déjà ancienne (O.M.S., 1994). L'absence de Clostridiiums dans les eaux des puits échantillonnés prouve que la pollution n'est pas ancienne (BENHEDID, 2014).

3. Aptitude des eaux à l'irrigation

Pour évaluer la qualité de ces eaux pour l'irrigation et les influences de ces eaux sur les sols et les cultures dans cette région, nous avons étudié : la salinité, la sodicité.

3.1. Salinité de l'eau

Selon MERMOUD (2006), la salinisation est le processus d'accumulation des sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol .Ils s'en suit une diminution des rendements et, à terme, une stérilisation du sol.

La classification de la salinité des eaux donnée par le laboratoire de RIVERSIDE et modifiée par DURAND (1983) (Annexe.2, Tab.IX), montre la présence de trois classes suivantes :

1. Classe C3 ($750 < C.E. < 2250 \mu S/cm$): Elle représente deux puits, P1 et P5 (Fig.43) et représente tous les forages qui analysées F1, F2, F4, F5, F6, F9, F11, F12, F13, et F18(Fig.44). Ce sont des eaux inutilisables pour les sols à drainage restreint. Même avec un bon drainage, des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires, et les plantes ayant une bonne tolérance aux sels peuvent seules être cultivées.

2. Classe C4 ($2250 < C.E. < 5000 \mu S/cm$): Elle la majorité des puits P4, P8, P9, P10 (Fig.43) et aucun représentation pour les forages(Fig.44). Ce qui montre la plupart des eaux de cette nappe phréatique ont une très forte salinité. Ces eaux inutilisables normalement, à l'exception des sols très perméables avec un bon drainage, et l'eau d'irrigation appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

3. Classe C5 ($5000 < C.E. < 20000 \mu S/cm$): Elle représente que un seul puits P6(Fig.43) et aucun présentation pour les forages(Fig.44).L'addition de cette classe par DURAND, 1983, pour tenir compte des eaux saharienne très salines qui sont supérieures à $5000 \mu S/cm$, la limite des 20000 a été choisie en tenant compte de la tolérance du palmier dattier.

Les eaux de la nappe phréatique de Metlili représentent, en générale, des eaux à salinité très forte et des eaux à salinité excessive et des eaux à forte salinité. Cette situation traduit l'effet de la lithologie, d'une part, et l'effet anthropique d'autre part (BENHEDID, 2014).

3.2. Classification des eaux d'irrigation

Nous avons utilisé la classification de REVERSIDE modifiée par DURAND(1983) pour s'adapter aux régions de Maghreb, en ajoutant une cinquième classe de salinité C5. Le diagramme de ce dernier utilise les valeurs du S.A.R. en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau. Il est constitué par des classes qui permettent la détermination de la qualité des eaux pour l'irrigation (BENHEDID, 2014).

Selon COUAIDIA(2008), elle est très utile et faible pour caractériser une eau d'irrigation. Cependant, elle ne peut pas servir pour estimer un risque de salinisation ou de sodisation. Elle donne une vision sur l'état actuel de ces caractéristiques mais ne permet pas d'anticiper sur le devenir de cette eau.

Les diagrammes REVERSIDE (Fig.43, 44) parallèlement à la détermination du risque d'alcalinisation permet de donner la classification des eaux d'irrigation en fonction des paramètres mesurés la C.E. et du S.A.R. Ils nous ont permis de détecter quatre classes d'eau dans la vallée de Metlili, comme suit:

1-Classe C3-S1 : cette classe renferme des eaux de forte salinité avec un danger d'alcalinisation faible. Elle représente pour les puits P1 et P5, et représente tous les forages analysés.

2-Classe C4-S1 : Elle représente les eaux de très forte salinité avec un danger d'alcalinisation faible. Elle représente pour les puits P4, P8, P9, P10, et aucune représentation pour les forages.

3-Classe C5-S1 : Elle renferme des eaux d'une salinité excessive avec un faible danger d'alcalinisation des sols, elle ne représente que un seul puits P6 et aucun représentation pour les forages.

Les eaux en générale présentent un risque de salinisation pour les sols, ce qui une bonne conduite de l'irrigation qui permet le lessivage des sels, afin d'éviter le stress pour les cultures. Le danger d'alcalinisation est moyen avec un risque de toxicité sodique possible pour les cultures sensibles (BENHEDID, 2014).

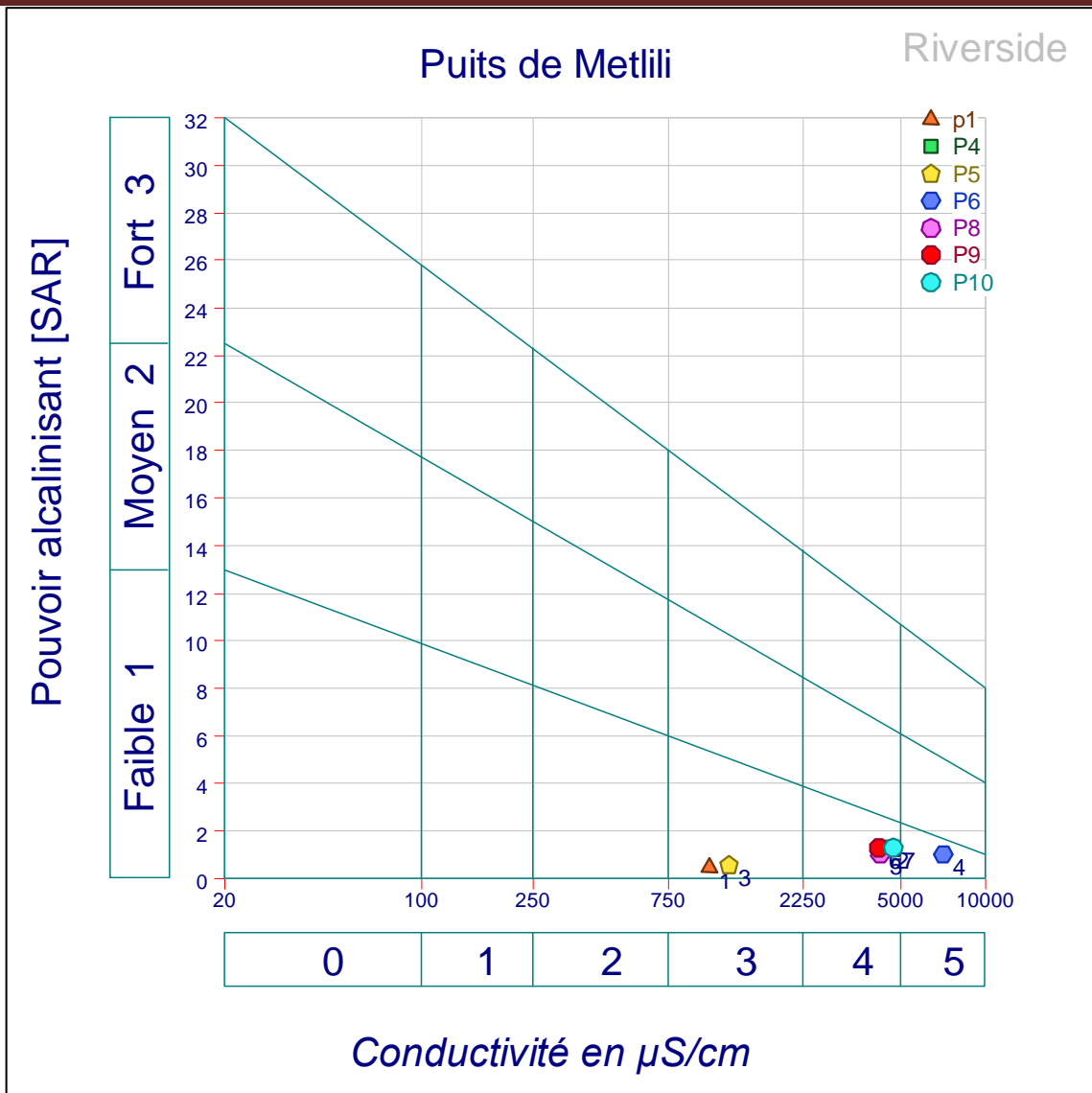


Figure 43. Classification des eaux d’irrigation des puits selon C.E. et SAR.

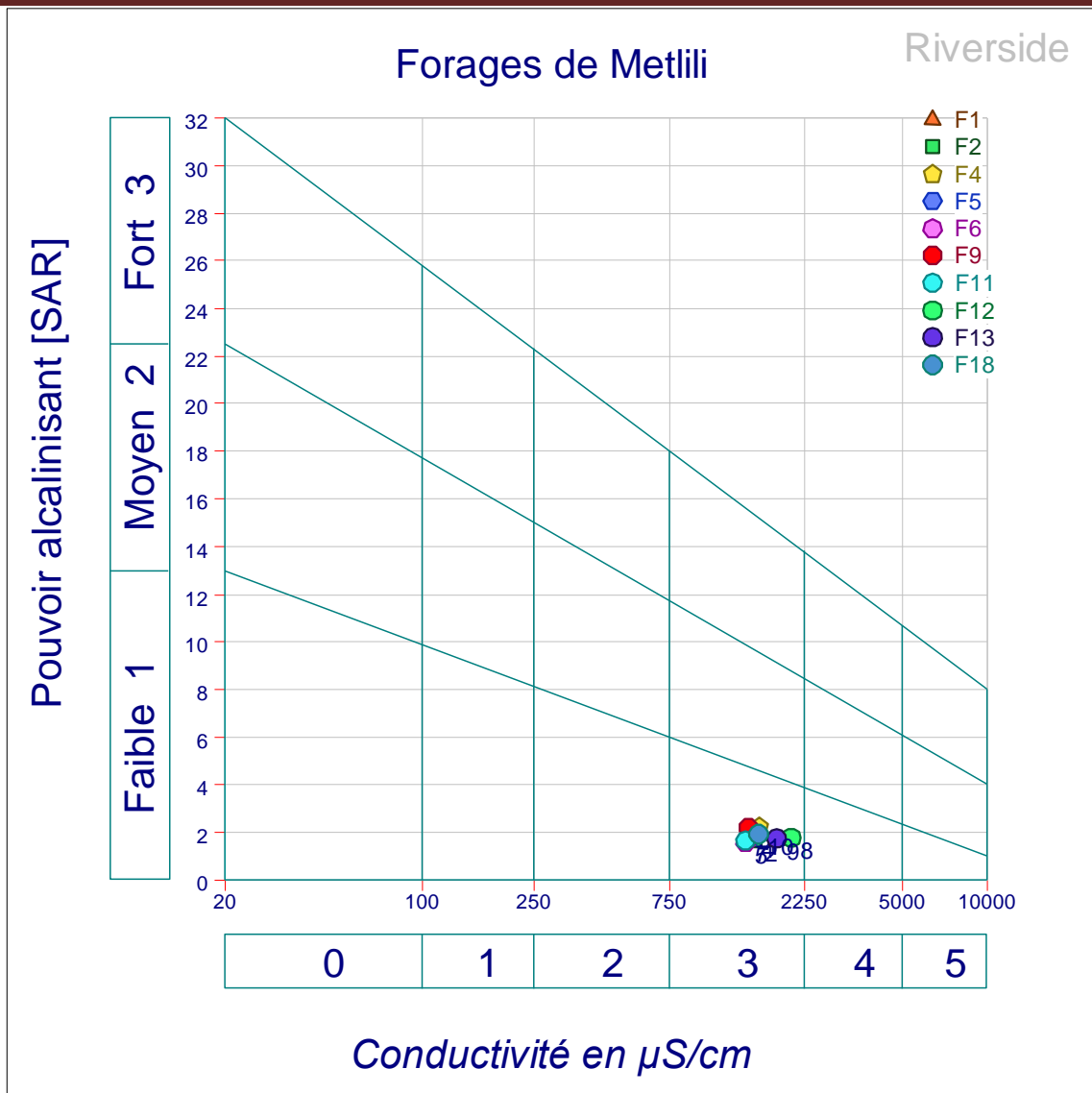


Figure 44. Classification des eaux d’irrigation des forages selon C.E. et SAR.

CONCLUSION

Notre travail de recherche sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines dans la vallée du Metlili nous ramène à faire plusieurs constatations et recommandations.

Les analyses physico-chimiques des eaux montrent une pollution azotée variable dans la nappe phréatique de Metlili, or les eaux de la nappe albienne ne présentent aucune pollution.

Les résultats de l'analyse physico-chimique Au niveau des puits montrent que les eaux de la nappe phréatique ont un pH neutre, une C.E. salin, classées polluées et non potables. La pollution azotée est un indicateur majeur de la qualité de l'eau des puits étudiés. Cette pollution se traduit par des taux élevés en nitrates dans plus de 50 % des puits. Par contre les eaux de la nappe albienne présente un pH neutre et une C.E. compatible à la norme de l'O.M.S. et aucune pollution azotée, sont classées non polluées et potables.

De point de vue bactériologique, les eaux de la nappe phréatique présentent une forte pollution bactériologique dans tous les puits étudiés sans exception pouvant engendrer des problèmes de santé publique, or les eaux de la nappe albienne ne représentent aucune contamination bactériologique.

La nappe superficielle est soumise à une contamination agro-urbaine favorisant la pollution des eaux des puits par l'agriculture, les fosses septiques. Ces dernières sont utilisées pour l'irrigation et comme eau potable sans contrôle de qualité par les services concernés.

La classification des eaux de cette nappe indique qu'ils sont de qualité médiocre pour l'irrigation, présentant un risque pour la salinisation et l'alcalinisation des sols. Les eaux de la nappe sont classées polluées dans la vallée et non potables par rapport aux normes de l'O.M.S., par contre par contre les eaux de la nappe albienne sont classées potables et non polluée, compatible aux normes de l'O.M.S. et de qualité acceptable pour l'irrigation, renferme des eaux de forte salinité avec un danger d'alcalinisation faible.

Notre étude montre une pollution des eaux de la nappe phréatique par les fosses septiques et aucune pollution pour la nappe albienne dans la vallée du Metlili, qu'il faut prendre en charge rapidement. Il ressort qu'une réglementation d'utilisation des eaux est primordiale, et d'autres aménagements sont nécessaires dans la vallée du Metlili. Pour une meilleure maîtrise de cette situation, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes :

- ✓ Evitez l'utilisation des eaux de nappe phréatique pour l'être humaine.
- ✓ Contrôler la qualité des eaux souterraines, dans une autre perspective, la nécessité de sauvegarde des ressources hydriques souterraines au service d'un développement durable dans la vallée du Metlili.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

1. **A.E.M.E., 1994.** Décontamination des nappes état de l'art .Tome1 .Document réalisé sous la direction des Agences de l'Eau et du Ministère de l'Environnement.105p.
2. **ACHOUR M., OUAISSI SEKOUT B., 2003.** Étude hydrogéologique de la nappe phréatique de la valle Metlili (Ghardaïa). Rapport, ANRH. P3.
3. **ACHOUR S., YUCEF L., GUERGAZI S., 2008.** Qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles du Sahara septentrional oriental Algérien, Rev. EIN, n°311, 79-84.
4. **AMIN N.C., LEKADOU K.S., ATTIA A.R., CLAON J.S., AGBESSI K. ET KOUADIO K.L., 2008.** Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'adduction publique de huit communes en Côte d'Ivoire. J.sci.pharm.biol., vol.9, n°1
5. **ANONYME., 2001.** Monographie de la wilaya de GHARDAIA.
6. **AROUA A., 1977.** L'homme et son milieu, Ed 531 /77 /75p.
7. **ASANO T., 1998.**Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library, 1475p.
8. **ATOUSSE, Z. et ATTAB, S., 2007.** Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des rejets domestiques bruts de la direction régionale de Haoud-Berkaoui. Mém. D.E.S. Microbiologie.46p.
9. **BASSOU E., KOULL N., 2003.** Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération d'Ouargla. Mémoire.
10. **BAUMONT S., 2005.**Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité enIle-de-France .Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.176p.
11. **BELAID N., 2010.**Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métallique. Thèse doct .Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax. Tunis.188p.
12. **BENHEDID,H.,2014.** Étude de l'impact des eaux usées sur la variabilité de la pollution des aquifères superficiels à Oued M'Zab, Mem Magistère.
13. **BERNARDLEROY J., 1999.** Que sais-je la pollution des eaux .Ed.46671,
14. **BIRECH S, MESSAOUDI I., 2006.** La contamination des eaux par les métaux cas de chott Ain Baida de la région d'Ouargla, mémoire d'ingénieur, université d'Ouargla.
15. **BITTON G., 2005.** Encyclopedia of environmental microbiology .University of Florida Gainesville, Florida .3527p.
16. **BLIEFERT C. et PERRAUD R., 2003.**Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets .Edition de boeck.324p.

17. **BONNARD et GARDEL., 2000.** Étude d'assainissement et de protection contre les crues de la vallée de l'Oued M'Zab. Etude d'impact. Association BG-ENHPC, 80p.
18. **BOUZIANI M., 2000.** L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN-KHOLDON,
19. **BRAHY V., 2013.** L'eutrophisation et l'enrichissement en nutriments .Extrait du rapport état. Environnement.wallonie.pp380-395.
20. **BREMAUDE, C. CLAISSE, J-R. LEULIER, F. THIBAUT, J ET ULRICH, E., 2006.** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Edition Educagri. Dijon. France. Pp 220-221
21. **BREMOND R., PERRODON C., 1976.** Paramètre de la qualité des eaux
22. **CASTANY G., 1982.** Principes et méthodes de l'Hydrogéologie. Ed. Dunod. Paris, 236p.
23. **CLAUDE A., 1980.** La petite Larousse ed laibrairie. D'ing uni .Ouargla pp8.10.11
24. **D.P.S.B., 2017.** Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, Direction de la programmation et du budgétaires, volume I et II, 140p.
25. **DADDI BOUHOUN M., 1997.** Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne .Thèse Magister, El-Harrach, I.N.A., 180p.
26. **DAJOZ.,2006.** Précis d'écologie .Ed. Dunod.Paris. 621p. De l'environnement. Ed DUNOD. France.
27. **DE VILLERS J ., 2005.** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement .16p.
28. **DEATY M., 1997.** La gestion active des aquifères .Ed. MASSON. Paris.416p.
29. **DEGERMENT ., 2005.** Mémento technique d'eau. Tome2 Ed 788p.
30. **DEGREMOT., 1989.** Mémento technique d'eau. Tome 1 Ed.595p.
31. **DERWICH E., 2010.** Caractérisation alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fes. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680,n° 08.pp101-112.
32. **DJEDDI H., 2007.** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestière urbaines. Mém magister. Université Constantine.144p.
33. **DUBIFE J., 1959.** Le climat du Sahara. Institut des recherches sahariennes. Mém.Institut des recherches sahariennes, tom I. Alger, 298p.
34. **DUBIFE J.H.,1963.** Les sols irrigables : Etude pédologique. Presse Universitaire de France. Collection.Ed.ACCT et CLIF.Paris.339p.
35. **DURAND J.H. ,1983.** Les sols irrigables : Etude pédologique, Presse Universitaire de France .collection .Ed. ACCT et CILF, Paris ,339p.
36. **DUSSART B ., 1992.** Limnologie, L'étude des eaux continentales, 2éme édition, Boubée 1992, p736.

37. **E.M.S. , 1997.** École des Mines de Saint-Etienne.5p.
38. **F.A.O., 2003.**Irrigation avec les eaux usées traitées, Manuel d'utilisation .Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique de Nord.68p.
39. **FABY J.A. et BRISSAUD, F., 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation .Office International de l'Eau. Etude financée par le Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau. FNDAE. Pp 8,77. france.p7.
40. **FRANK R., 2002 .**Analyse des eaux, Aspects régimentaire et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 171p. Genève.110p.
41. **GONTHIEZ B., 2008.** Réaliser et entretenir son puits .Ed. Eyrolles. Paris.109p.
42. **GOUDIA L., 2008.** Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimique des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algérien. Thèse doct.Université de Badji moukhtar Annaba .130p.
43. **HADE A., 2002.** Nos Lacs – Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, 360 p.
44. **HADE, A., 2007.** Nos lacs : Les connaitre pour mieux les protéger. Edition Fides. Bibliothèque national du Québec. Canada.
45. **HELLA F., OURIHAN D., 2004.** Étude hydrogéologie du continental intercalaire et du complexe terminal de la région de Touggourt .aspect hydro chimique et problèmes technique posés. Mémoire .d'ing. Uni houari Boumediene Alger pp7.8.
46. **I.S.O., 1984.** Qualité de l'eau. NA1653, ISO 6058, Ed, INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3p.
47. **I.S.O., 1986.** Qualité de l'eau. NA 1848, ISO 6332. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3p.
48. **I.S.O., 1989.** Qualité de l'eau. NA 752, ISO5813. Ed . INAPI et diffusion, Alger, p5.
49. **I.S.O., 1993.** Qualité de l'eau. NA 2364, ISO 9964/3. Ed INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20p.
50. **J.O.R.A.,2011.** Décrit exécutif n°11-125 du 18Rabie Ethani 1432 correspondant au 23 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine .Journal officiel de la république algérienne N°18.34p.
51. **LADJEL F., TOUDEF T., 2002.** Control de paramètre physico –chimique et bactériologue d'une eau de consommation .rapport d'Epteo.pp5.6.12.
52. **LANGEVIN, J., LEFEBVRE, R., TOUTANT, C., 2000.**Histoire d'eaux : tout ce qu'il faut savoir sur l'eau et l'hygiène publique, 2e édition, Berger, Canada Pp 9-13.

53. **MAKHOUKH M., 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielle de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss Journal, ISSN1112-3680, n°09.pp .149-169.
54. **MAMADOU L.M., 2010.** Impact des eaux usées sue la chimie et la microbiologie des sols : étude des cas à Pikine (Dakar, Sénégal). Ed universitaires européennes.pp 5-6-.
55. **MARGAT,J.,1990 .** Les eaux souterraines dans le monde, Département en eau,P1.
56. **MARQUIS A., 1994.** « L'eau potable est un ressource à économiser ». Horizon environnement. Vol 1. p1.
57. **MATEE A., 2001.** Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc, Département de l'Environnement, Observation National de l'Environnement du Maroc, 296p.
58. **MAYER A., 1954.** Les terrains perméables .Ed DUNOD PARIS p5.
59. **MEBARKI A ., 1982.** Le bassin du kebir, ressources en eaux et aménagement en Algérie, thèse doctorat 3ème cycle, université de Nancey II, p303.mer.8eme .ed .Du Rod. Paris pp 748 45
60. **MUSY .A. et HIGY C., 2004.** Hydrologie, une science de la nature. Collection gérer l'environnement .Presses polytechniques et universitaires Romandes.309p.
61. **O.M.S., 2004.** Directive de qualité pour l'eau de boisson. 3^{ème} édition .Volume 1. ORON 156.158p.
62. **OULED BelkhirC., 2005.** Étude de plan d'occupation du sol quartier chaabet Sidi Cheikh et saguiat Moussa rapport interne bureau d'étude BETAU. Ghardaïa 18p.
63. **QUENEAU, P ET HUBERT, J., 2009.** Place des eaux minérales dans l'alimentation. Rapport del'académie national de médecine. Société française de l'hydrologie et climatologie médicale. France. Pp 175-220.
64. **QUEVAUVILLER P.,2010.** Protection des eaux souterraines, législation européenne et avancées scientifiques .Ed TEC&DOC. Paris.427p.
65. **RAISSI, O., 2009.** Réutilisation des eaux usées et des boues résiduelles des stations d'épuration dans un cadre de développement durable. Centre de Formation aux Métiers de l'Assainissement. CFMA-Boumerdes.22p.
66. **RAMADE F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences
67. **REFEA., 2003.** Les indicateurs de la qualité, analyses physico-chimiques pp1-4.
68. **REMINI, B., 2010.** La problématique de l'eau en Algérie. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010, pp. 27-46
69. **RICHARD J., 2004.** Gestion des eaux souterraines aux Iles-de-la-Madeleine, un défi de développement durable .Rapport final. Groupe Madelin 'Eau –Brossard-Québec.60p.
70. **RODIER J ,2005.** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduelles, eaux de mer .Paris,Ed Dunod,1383p.

71. **RODIER J ., 2009.** Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. Dunod, Paris. 1526p.
72. **RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles eaux résiduaires. eaux de mer, 8ème édition .Ed Dunod, paris, 1384p.
73. **ROUVILLOIS-BRIGOL N., 1975.** Le pays de Ouargla (Sahara algérien) variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Département de Géographie, Univ . de Sorbonne, Paris. 316p.
74. **SLIMANI R ., 2006.** Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région d'Ouargla : cas des eaux de rejets (agricoles et urbaines). Mém Magistère. Université Kasdi Merbah Ouargla. 95p.
75. **TARDAT HENRY M., 1992,** Chimie Des Eaux, 2ème Edition. Les éditions du griffon D'Argile, pp 213-215.
76. **VANDERMEERSCH S., 2006.** Étude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des micro-organismes pathogène. Mém grade académique de diplômé d'Etude Spécialisées en Gestion de l'Environnement. Université Libre de Bruxelles. 57p.
77. **ZEZZAG.K et BEN YAHKOUM R., 2005.** Influence des eaux usées sur la nappe phréatique (cas de la vallée d'Oued M'Zab). Mémoire Ing, Ourgla, Université d'Ouargla, 61p.

المراجع بالعربية

-اولاد المير ج جوان ج، 2000. دراسة فيزيوكيميائية لمياه الطبقة الحرة لحوض متليلي دراسة لنيل شهادة الدراسات العليا ورقة ص 03-04.