

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 : LAOUAR Fatiha

Thème

**Caractérisation physico-chimique des eaux de la
nappe phréatique de la région de Ghardaïa (Cas de
Sebseb)**

Soutenu publiquement le : 05/06/2013

Devant le jury :

| | | | |
|---------------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| M. MECHRI B. | Maître Assistant B | Univ. Ghardaïa | Président |
| M. HALILAT M.T. | Professeur | Univ. Ghardaïa | Encadreur |
| M. BENBRAHIM F. | Maître Assistant A | Univ. Ghardaïa | Co- Encadreur |
| M. OULEDBELKHIR C. | Maître Assistant A | Univ. Ghardaïa | Examineur |

Année universitaire 2012/2013

DEDICACES



*A cœur vaillant rien d'impossible
A conscience tranquille tout est accessible
Quand il y a la soif d'apprendre
Tout vient à point à qui sait attendre
Quand il y a le souci de réaliser un dessein
Tout devient facile pour arriver à nos fins
Malgré les obstacles qui s'opposent
En dépit des difficultés qui s'interposent
Les études sont avant tout Notre unique et seul atout
Ils représentent la lumière de notre existence
L'étoile brillante de notre réjouissance
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal
Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal
Espérant des lendemains épiques
Un avenir glorieux et magique
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri
Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys,
Nous prions dieu que cette soutenance
Fera signe de persévérance
Et que nous serions enchantés
Par notre travail honoré*

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

A ceux qui m'ont comblé d'amour d'affection encouragé et soutenu dans mes moments les plus difficiles

Et ceux à qui je dois tant

Aux deux grands héros de ma vie : Ma mère et mon père sans lesquels je ne serai pas sur terre..

*Je dédie du plus profond de mon cœur ce travail,
A ma très cher grand mère pour leur prière et leur amour*

*A mes tendres sœurs et frères
Pour tant de confiance, d'amour, de patience et d'abnégation.*

A mon profond respect pour ; mes cousins et cousines, neveux et nièces, oncles et tantes,

*A mes très cher amies
En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de les moments que nous avons passé ensemble*

A toute les membres de la famille LAOUAR, petite et grand

A tout mes collègues de spécialité écologie végétale

A Tous ceux que j'aime et qui se reconnaissent.

A tous ceux qui ont une relation de proche ou de loin avec la réalisation du présent rapport

Qu'Allah



Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu, tout puissant, pour m'avoir donné la santé, la volonté, la patience et les moyens afin que jepuisse accomplir ce travail.

*Je tiens d'exprimer toute ma gratitude, mon profond respect et mes sincères remerciements à mon cher promoteur **M.Hafilat M.T.** Directeur de l'université de Ghardaïa, pour m'avoir dirigé, orienté et conseillé.*

*Je tiens aussi à remercier vivement mon cher co-promoteur **M.Benbrahim F.** Maitre assistant à l'université de Ghardaïa pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.*

*Mes vifs remerciements vont à **M.Mechri B.** Maitre assistant à l'université de Ghardaïa, pour avoir accepté de nous honorer par sa présence en tant que président de la commission du jury.*

*Mes remerciements vont aussi à **M.Ouledbelkhir C.** Maitre assistant à l'université de Ghardaïa, pour sa contribution, sa coopération et pour avoir bien voulu juger ce travail et nous honorer par sa présence en tant qu'examineur.*

*Je remercie aussi **Mme.Bouamer K,** Maitre assistant à l'université de Ghardaïa, pour sa précieuse aide.*

*Je remercie également **Mme.Kharoubi A.** Chef du laboratoire d'A.D.E de Ghardaïa et son équipe qui m'ont facilité le travail.*

*Je désire aussi remercier **M.ACHOUR M.** Ingénieur à l'A.N.R.H. de Ghardaïa pour son aide et ses conseils.*

Je tiens à remercier sincèrement tous mes enseignants pour le savoir qu'ils m'ont inculqué durant mon cursus.

mes remerciements vont, aussi, à l'ensemble du personnel du département biologie de l'université de Ghardaïa.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Table des matières..... | 1 |
| Liste des tableaux..... | |
| Liste des figures..... | |
| Liste des abréviations | |
| INTRODUCTION | 1 |
| <i>PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</i> | |
| <i>Chapitre I : Généralités sur l'eau</i> | |
| 1- Définition..... | 3 |
| 2- Cycle de l'eau..... | 3 |
| 3- Sources en eau..... | 4 |
| 3.1- Eaux de surface..... | 4 |
| 3.1.1- Eaux des rivières..... | 4 |
| 3.1.2- Eaux de lacs..... | 5 |
| 3.1.3- Eaux de mers..... | 5 |
| 3.1.4- Eaux d'Oueds..... | 5 |
| 3.2- Eaux souterraines..... | 5 |
| 4- Réserves en eau dans le monde..... | 6 |
| 5- Ressources en eau en Algérie..... | 7 |
| 5.1- Potentialités en eau..... | 8 |
| 5.1.1- Eaux superficielles..... | 9 |
| 5.1.2- Eaux souterraines..... | 10 |
| 6- Ressources en eau dans le Sahara Algérienne..... | 10 |
| 6.1- Eaux superficielles..... | 11 |
| 6.2- eaux souterraines..... | 11 |
| 7- Pollution des eaux..... | 11 |
| 8- Types de pollution d'eau..... | 12 |
| 8.1- Pollution physique..... | 12 |
| 8.2- Pollution chimique..... | 12 |
| 8.3- Pollution thermique..... | 12 |
| 8.4- Conséquences écologiques de la pollution des eaux..... | 12 |
| 9- Propriétés écologiques de l'eau..... | 12 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 10- Qualité des eaux potables..... | 13 |
|------------------------------------|----|

DEUXIEME PARTIE: MATERIEL ET METHODE

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

| | |
|---|----|
| 1- Localisation géographique..... | 16 |
| 2- Cadre climatique..... | 17 |
| 2.1- précipitation..... | 18 |
| 2.2- Température..... | 18 |
| 2.3- Humidité relative..... | 19 |
| 2.4- Evaporation..... | 19 |
| 2.5- Synthèse climatique..... | 20 |
| 2.5.1- Climagramme d'Emberger..... | 21 |
| 2.5.2- Diagramme ombrothermique de Gaussen..... | 22 |
| 3- Ressource en eau de surface..... | 22 |
| 3.1- Bassin versant du M'Zab..... | 22 |
| 3.2- Description de l'Oued M'Zab..... | 24 |
| 4- Aspect géologique..... | 25 |
| 5- Description litho stratigraphique..... | 25 |
| 5.1- Crétacé..... | 26 |
| 5.2- Tertiaire..... | 26 |
| 5.3- Quaternaire..... | 27 |
| 5.4- La tectonique..... | 27 |
| 5.5- Description lithologiques d'un forage au niveau de l'Oued M'Zab..... | 29 |
| 5.5.1- Localisation du forage..... | 29 |
| 5.5.2- Description lithologique / stratigraphie..... | 29 |
| 6- Identification hydrogéologique..... | 32 |
| 6.1- Nappes Phréatiques..... | 32 |
| 6.2- Nappe du Continental Intercalaire..... | 32 |
| 6.2.1- Exploitation de la nappe du CI..... | 34 |

Chapitre III : Analyse physico-chimique de l'eau

| | |
|--|----|
| 1- Choix de la région d'étude..... | 36 |
| 2- Choix de la région d'étude..... | 36 |
| 3- Présentation de la région de Seseb..... | 36 |
| 4- Echantillonnage..... | 39 |

| | |
|---|----|
| 4.1- Zone d'échantillonnage..... | 39 |
| 4.2- Représentativité des échantillons | 39 |
| 4.3- Stockage des échantillons..... | 41 |
| 5- Mesures de terrain..... | 41 |
| 6- Mesures et analyses au laboratoire..... | 41 |
| 6.1- pH..... | 41 |
| 6.2- Conductivité électrique, température, salinité et TDS..... | 42 |
| 6.3- Turbidité..... | 42 |
| 6.4- Dosages des cations..... | 43 |
| 6.4.1- Calcium et magnésium..... | 43 |
| 6.4.2- TH (titre hydrométrie)..... | 43 |
| 6.4.3- Sodium et potassium..... | 43 |
| 6.4.4- Ammonium..... | 44 |
| 6.4.5- Fer..... | 44 |
| 6.5- Dosages des anions..... | 44 |
| 6.5.1- Nitrates..... | 44 |
| 6.5.2- Nitrites..... | 44 |
| 6.5.3- Orthophosphates..... | 45 |
| 6.5.4- TAC (titre alcalimétrique complet)..... | 45 |
| 6.5.5- Chlorures..... | 45 |
| 6.5.6- Sulfates..... | 45 |
| 6.6- DCO (Demande chimique en oxygène)..... | 46 |
| 7- Traitement de données | 46 |
| 7.1- Analyse statistiques (Statistiques descriptives) | 46 |
| 7.2- Réalisation des cartes thématiques | 46 |

TROISIEME PARTIE : RESULTAT & DISCUSSION

Chapitre IV : Caractérisation physico-chimiques des eaux

| | |
|---|----|
| 1- Évaluation de la potabilité des eaux de la nappe phréatique dans la région d'étude selon les normes de l'O.M.S et les normes Algériennes | 47 |
| CONCLUSION | 74 |
| Référence bibliographique | 76 |

Liste des tableaux

| N° | Titre de tableau | Page |
|-------------|---|-------------|
| I | Types d'eau. | 6 |
| II | Disponibilité en eau potable. | 8 |
| III | Volume totale de l'eau dans la surface. | 9 |
| IV | Propriétés écologiques de l'eau. | 13 |
| V | Normes physico-chimiques d'une eau potable selon l'OMS et Algérienne. | 14 |
| VI | Précipitations mensuelles (Période: 1996-2012). | 18 |
| VII | Température mensuelle (Période: 1996-2012). | 19 |
| VIII | Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune. | 35 |

Liste des figures et des photos

| N° | Titre | Page |
|------------------|---|------|
| Figure 1 | Cycle de l'eau | 4 |
| Figure 2 | Distribution de la ressource en eau dans le monde | 6 |
| Figure 3 | Répartition de l'eau dans le monde | 7 |
| Figure 4 | Courbe de La disponibilité en eau potable | 8 |
| Figure 5 | Situation géographique de la région d'étude | 17 |
| Figure 6 | Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période: 1996-2012) | 18 |
| Figure 7 | Températures moyennes mensuelles, moyenne des maximas et moyenne des minimas (Période:1996-2012) | 19 |
| Figure 8 | Humidités relatives moyennes mensuelles (Période: 1996-2012) | 20 |
| Figure 9 | Evaporation moyennes mensuelles (Période: 1996-2012) | 20 |
| Figure 10 | Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger | 21 |
| Figure 11 | Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ghardaïa (Période : 2000-2009) | 22 |
| Figure 12 | Les sous bassins versants de l'oued M'Zab jusqu'à El Atteuf | 23 |
| Figure 13 | Bassin versant de la vallée du M'Zab | 24 |
| Figure 14 | Esquisse hydrogéologique du M'Zab | 25 |
| Figure 15 | Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (extrait modifié de la carte géologique au 1/500000 de l'Algérie) | 28 |
| Figure 16 | Localisation du forage de Lechbour | 30 |
| Figure 17 | Logs lithologiques du forage Lechbour (Ghardaïa). | 31 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Figure 18 | Aquifères du Sahara Algérien. | 33 |
| Figure 19 | Variation du toit et de la profondeur de l'aquifère de l'Albien | 34 |
| Photo 1 | Répartition spatiale des points de prélèvement des eaux souterraines au niveau de l'oued Sebseb | 40 |
| Figure 20 | Variation de pH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 47 |
| Figure 21 | Carte de variation spatiale de pH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 48 |
| Figure 22 | Variation de CE des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 49 |
| Figure 23 | Carte de variation spatiale de CE des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 49 |
| Figure 24 | Variation de la Turbidité des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 50 |
| Figure 25 | Carte de variation spatiale de la Turbidité des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 51 |
| Figure 26 | Variation de la teneur en TH des eaux de la nappe phréatique de la commune de Sebseb | 52 |
| Figure 27 | Carte de variation spatiale de la teneur en TH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 52 |
| Figure 28 | Variation de la teneur en Magnésium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 53 |
| Figure 29 | Carte de variation spatiale de la teneur en Magnésium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 54 |
| Figure 30 | Variation de la teneur en Calcium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 55 |
| Figure 31 | Carte de variation spatiale de la teneur en Calcium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 55 |
| Figure 32 | Variation de la teneur en Sodium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 56 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Figure 33 | Carte de variation spatiale de la teneur en Sodium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 57 |
| Figure 34 | Variation de la teneur en Potassium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 58 |
| Figure 35 | Carte de variation spatiale de la teneur en Potassium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 58 |
| Figure 36 | Variation de la teneur en Ammonium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 59 |
| Figure 37 | Carte de variation spatiale de la teneur en Amonnium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 60 |
| Figure 38 | Variation de la teneur en Sulfates des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 61 |
| Figure 39 | Carte de variation spatiale de la teneur en Sulfate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 61 |
| Figure 40 | Variation de la teneur en Chlorure des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 62 |
| Figure 41 | Carte de variation spatiale de la teneur en Chlorure des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 63 |
| Figure 42 | Variation de la teneur en Nitrites dans les eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 64 |
| Figure 43 | Carte de variation spatiale de la teneur en Nitrite des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 64 |
| Figure 44 | Variation de la teneur en Nitrates des eaux de la nappe phréatique de la commune de Sebseb | 65 |
| Figure 45 | Carte de variation spatial de la teneur en Nitrates des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 66 |
| Figure 46 | Variation de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 67 |
| Figure 47 | Carte de variation spatiale de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 67 |
| Figure 48 | Variation de la teneur en Fer des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 68 |

| | | |
|------------------|--|----|
| Figure 49 | Carte de variation spatiale de la teneur en Fer des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 69 |
| Figure 50 | Variation de la teneur en TAC des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 69 |
| Figure 51 | Carte de variation spatiale de la teneur en TAC des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 70 |
| Figure 52 | Variation de la teneur de TDS des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 71 |
| Figure 53 | Carte de variation spatiale de la teneur en TDS des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 71 |
| Figure 54 | Variation de la teneur en DCO des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 72 |
| Figure 55 | Carte de variation spatiale de la teneur en DCO des eaux phréatiques de la commune de Sebseb | 73 |

Liste des abréviations

| | |
|---------|---|
| °C | Degré Celsius |
| °F | Degré Français |
| μS/cm | Micro Siemens par centimètre |
| A.N.R.H | Agence nationale des Ressources hydriques |
| ADE | Algérienne des eaux |
| AEP | Approvisionnement en eau potable |
| AGEP | Agence Générale de l'eau potable |
| ANB | Agence national des barrages |
| BG | Bonnard et Gardel. |
| CE | Conductivité électrique |
| D.P.A.T | Direction de planification et d'aménagement des territoires |
| DA | Dinar Algérien |
| dS/m | Di Siemens par meter |
| EPIC | Etablissement publié à caractère industriel et commercial |
| GPS | Global Positioning System |
| ETP | Establishment de travail publique |
| IR | Infra-rouge |
| NTU | Unité de Turbidité Néphélométrique |
| OMS | Organisation Mondiale de la Santé |
| ONM | Office National Météorologique |
| ORGM | Office national de Recherche Géologique et Minière |
| TAC | Titre alcalimétrique complet |
| TH | Titre hydrométrique |
| UV | Ultra-violet |

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants; elle couvre les trois quart de la surface terrestre et environ les deux tiers du corps humain (ARAOUA, 1997). L'homme peut vivre plusieurs semaines sans manger, tandis qu'il meure après quatre jours sans eau.

L'eau est le seul composé qui peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide ou gazeux) aux températures ordinaires (GUERBOUZ, 2006).

Les eaux naturelles tiennent en dissolution des gaz et de sels en suspension, des poussières et quelques fois des microbes pathogènes. La quantité d'eau présente sur la planète est évaluée à 1400millions de Km³, dont 97% est salée (océans et mers). Sur les 3% qui restent qui constituent l'eau douce, les trois quart sont bloqués dans les glaciers et les nappes très profondes et le quart restant donc utilisable, ce qui représente uniquement 0.4% des disponibilités totales en eau sur terre (BOUZIANI, 2000).

L'Algérie, et plus particulièrement le Sahara, est considéré comme un pays relativement aride. Durant les dernières années, le pays est confronté à nombreuse problèmes de ressources en eau mobilisables qui ne se pose pas uniquement en terme de quantité disponible, mais aussi en terme de qualité acceptable (BENZAYET, 2010).

Dans la wilaya de Ghardaïa, la principale source de satisfaction de la demande en eau est d'eau souterraine du fait de l'aridité du climat et de l'exploitation relativement facile de cette ressource. Mais, la croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent des grands problèmes de disponibilité de la ressource tant quantitative que qualitative.

Le recours à l'irrigation est une indispensable pour une production agricole satisfaisante tandis que les différents risques tel que la salinisation du sol deviennent difficilement évitable dans ces conditions.

La qualité physico-chimique des eaux souterraines dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent cette eau (BENZAYET, 2010).

La connaissance de la qualité des eaux est indispensable quel que soit leurs destination (agriculture, alimentation en eau potable...).

Dans la région de Sebseb, la source principale des eaux est la nappe phréatique. Ces eaux sont utilisées en agriculture, en élevage et même pour la consommation humaine.

L'utilisation des engrais, fumier organique et la présence des fosses septiques à proximité des puits relèvent l'hypothèse de la contamination de ces eaux.

Le présent travail s'intéresse à la caractérisation physico-chimique des eaux phréatiques de la région de Sebseb afin de détecter d'éventuelles pollutions de ces eaux.

Afin d'atteindre cet objectif, le plan de travail adopté est structuré comme suit:

-la première partie: Synthèse bibliographique

-la deuxième partie : Matériels et méthodes

- la troisième partie: Résultats et discussions

Et nous terminons par une conclusion générale suivie de quelques recommandations.

PREMIERE PARTIE



***SYNTHESES
BIBLIOGRAPHIQUES***

Chapitre I: Généralité sur l'eau

1- Définition

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 °C sous la pression d'une atmosphère et se solidifie à 0 °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

La vapeur d'eau constitue la forme à partir de laquelle s'effectue le cycle de ce composé (Fig.1). Pourtant la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère est dérisoire, si elle était condensée, elle occuperait une hauteur moyenne à peine 3cm à la surface de la terre. Le déplacement des masses d'air chargées de vapeur d'eau assure la distribution des précipitations. Leur refroidissement ramène l'eau à la surface sous la forme de pluie, neige ou grêle. Cependant la majorité des précipitations retombent sur l'océan, et seulement 22,8 % atteignent la surface des continents qui occupent pourtant 29% de la surface totale de la planète. A la surface des continents, l'eau subit trois phénomènes différents: L'évaporation et l'évapotranspiration par les plantes, ce dernier phénomène est très important : une forêt pouvant dégager dans l'air de 20 à 50 t d'eau par hectare et par jour selon les conditions météorologiques locales et la nature du sol. L'infiltration est un autre phénomène très important car c'est d'elle que dépend la réhydratation des sols et l'approvisionnement des nappes phréatiques, des rivières souterraines et des résurgences. Enfin, le ruissellement assure l'alimentation des cours d'eau et donc boucle le cycle par retour des fleuves à l'océan (RAMADE, 2002).

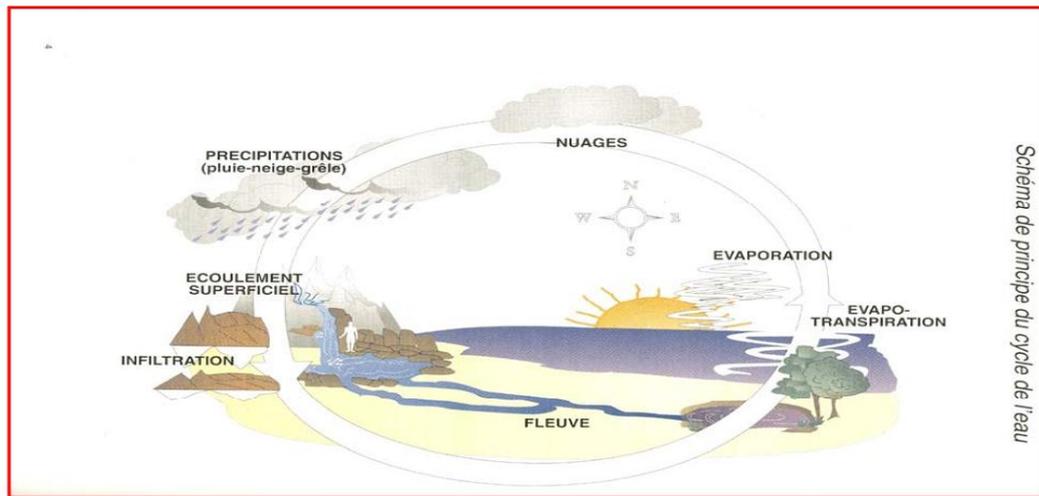


Figure 1: Cycle de l'eau (GUERBOUZ, 2006).

3- Sources en eau

3.1- Eaux de surface

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).

Les eaux de surface sont globalement les eaux des rivières, des lacs, des oueds et des mers.

3.1.1- Eaux des rivières

La qualité de l'eau est soumise aux influences des pluies, à la nature géologique du bassin hydraulique, aux conditions d'évaporation et aux changements saisonniers de débit (KEMASSI et OUANOUGHY, 1997).

Les analyses montrent que l'eau des rivières ne peut être consommée sans risque. Elle est surtout contaminée par les égouts, mais parfois aussi par les eaux de ruissellement qui entraînent des souillures (GOMELA et GUERREE, 1974).

3.1.2- Eaux des lacs

La constitution de l'eau des lacs change selon les saisons même quelques fois selon les jours, en fonction des conditions climatiques et de l'activité biologique. Les eaux des lacs sont plus pures vers le centre grâce à la décantation qui s'y produit ; elles se trouvent moins chargées que dans les rivières (KEMASSI et OUANOUGH, 1997).

3.1.3- Eaux des mers

L'eau de la mer est une solution complexe fortement minéralisée soit 33 à 37g/l de sels; elle est caractérisée par sa température très variable en surface en fonction d'éclairement solaire et des échanges de chaleur entre l'océan et l'atmosphère. Elle varie entre 1-9°C dans la région polaire et plus de 30°C environ dans les régions tropicales en profondeur. En revanche les températures varient très peu entre 0°C et 4°C (KOULE et BASSOU, 2003).

3.1.4- Eaux d'Oueds

Un Oued est un cours d'eau qui s'assèche à certaines périodes de l'année dans les régions arides et semi arides; ses eaux sont chargées pendant les crues (KEMASSI et OUANOUGH, 1997)

3.2- Eaux souterraines

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides. L'eau d'une nappe souterraine a 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. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre, elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement.

Une nappe peut être captive, elle est alors séparée de la surface de sol par une couche imperméable et maintenue en pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient.

Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales: ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau (DEGREMOT, 1989).

4- Réserves en eau dans le monde

On estime qu'il y a sur la planète environ 1.4 milliards de Km^3 d'eau (REMINE, 2005). Cependant, la majeure partie (97%) de cette eau se présente sous forme d'eau salée dans les mers et les océans, elle est difficilement valorisable pour les activités humaines. Des 3% restants (36 millions de km^3), plus des 3/4 constituent les glaciers très peu accessibles. Le 1/4 restant comprend essentiellement des eaux souterraines (inférieurs à 1% de l'eau totale du globe) et une faible partie sous forme d'eaux de surface contenues dans les lacs et les rivières (soit 0.01% de l'eau de la planète) (Fig.2 et tableau I) (REMINE, 2005).

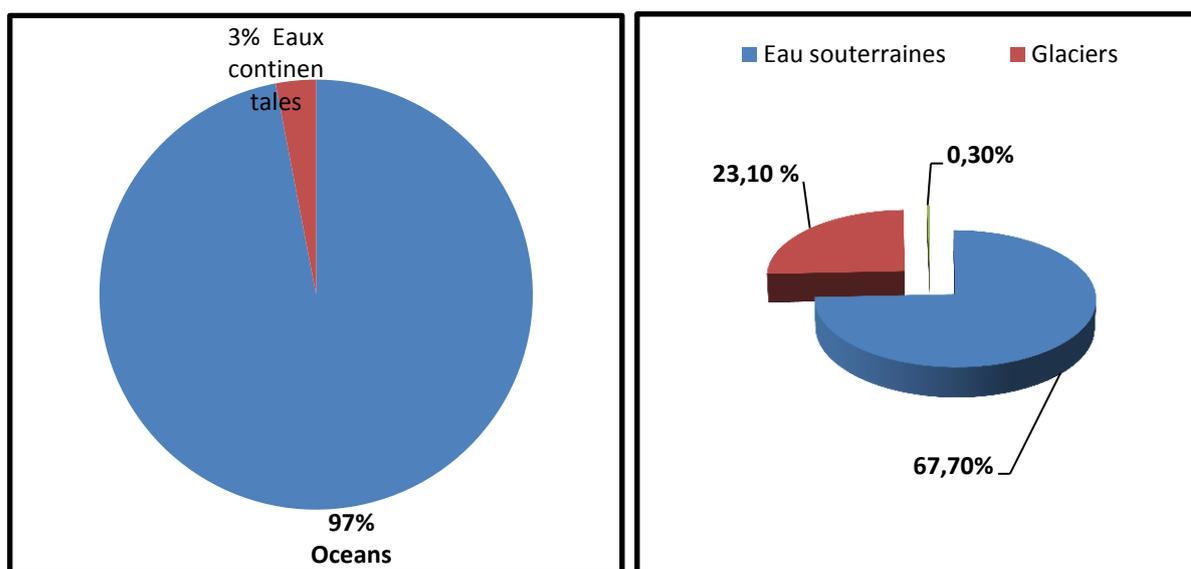


Figure 2: Distribution de la ressource en eau dans le monde (REMINE, 2005).

Tableau I: Types d'eau (REMINE, 2005).

| Types d'eau | Volume (millions de km^3) |
|-------------------|-------------------------------------|
| Glaciers | 27.5 |
| Eaux souterraines | 8.2 |
| Humidité des sols | 0.007 |
| Lacs d'eau douce | 0.1 |
| Rivières | 0.017 |
| Mers intérieures | 0.105 |
| Atmosphère | 0.013 |
| Biosphère | 0.0013 |

A l'échelle de la planète, l'eau est suffisamment importante, il n'y a pas de risque de pénurie globale. Les ressources en eau sont largement suffisantes. Approximativement ; l'humanité a sa disposition entre 30 000 et 35 000 km³ et nous consommons à l'heure actuelle un peu moins du dixième de se total (Fig. 3) (REMINI, 2005).

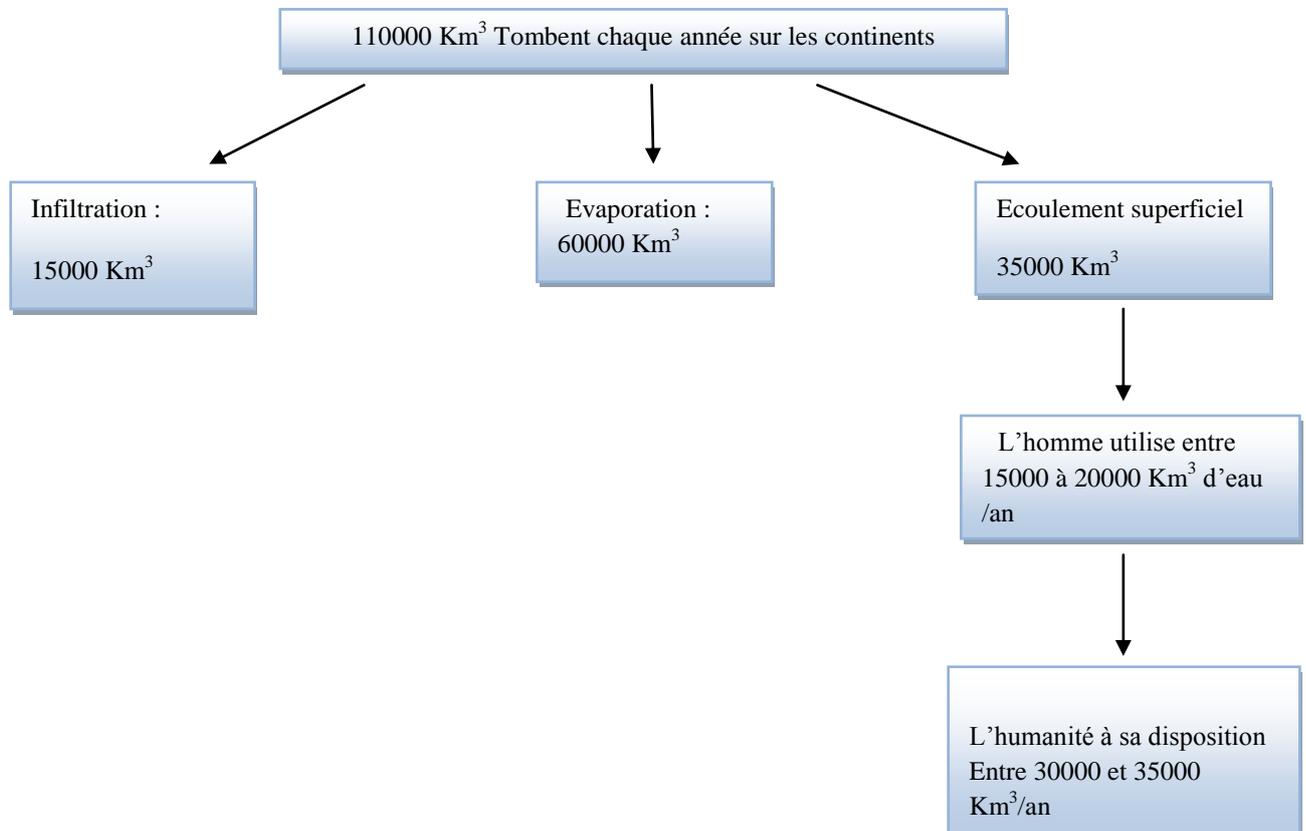


Figure 3: Répartition de l'eau dans le monde (REMINI, 2005).

5- Ressources en eau en Algérie

L'Algérie avec sa superficie de 2, 381,741 km² est divisée en 48 wilayas, dont près de 80% du territoire représente une zone désertique (KETTAB, 2000).

Le ministère des ressources en eau coordonne l'ensemble des activités liées à l'eau au niveau national, chaque wilaya à une direction de l'hydraulique. Il existe aussi des sociétés nationales telles ANB (Agence nationale des barrages), AGEP (Agence Générale de l'eau potable), des entreprises de wilaya et depuis 1996, existe un nouveau découpage par bassin hydrographique. Ainsi cinq régions de bassins hydrographiques et cinq comités de bassins ont été définis (1-Oranie-Chott Chergui; 2- Cheliff Zahrez; 3- Algérois-Hodna-Soummam; 4- Constantinois-Seybousse-Mellegue; 5- Sahara) afin d'assurer une gestion intégrée des ressources en eau. Des agences de bassin sont donc créées avec mise en place progressive de dispositifs et d'outil réglementaires pour

la gestion quantitative et qualitative de l'eau. Le statut de ces agences de bassins hydrographiques est: établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) (KETTAB, 2000).

La concertation est assurée par un comité de bassin composé à parts égales, de représentants de l'administration, des élus locaux, et des usagers. Il peut discuter de toutes les questions d'eau au sein du bassin hydrographique (KETTAB, 2000).

Il est à noter qu'un fond national de gestion intégrée des ressources en eau a été créé et ses recettes proviennent entre autres des taxes prélevées à savoir la taxe d'économie d'eau et la taxe de qualité d'eau (8% pour le nord et 4% pour le Sud pour les usagers raccordés à un réseau d'eau potable). Cette organisation répond à des normes internationales afin de promouvoir la gestion des ressources en eau, la collecte de l'information, et l'information des usagers (KETTAB, 2000).

5.1- Potentialités en eau

Le taux de raccordement à l'alimentation en eau potable est de 94%. Le prix de revient d'un mètre cube d'eau est de 20DA, alors qu'il est cédé à 3,80 DA pour la 1^{ère} tranche (<25 m³) et 24,70 DA la 4^{ème} tranche (>82 m³). Les pertes en eau sont estimées à 50% (KETTAB, 2000).

Tableau II: Disponibilité en eau potable (KETTAB, 2000).

| Année | 1962 | 1990 | 1995 | 1998 | 2000 | 2020 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| m ³ /hab | 1500 | 720 | 680 | 630 | 500 | 430 |

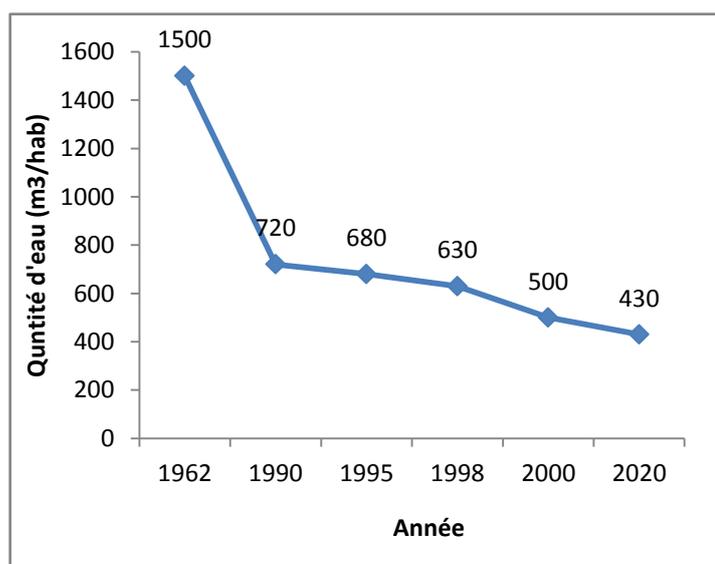


Figure 4 : Courbe de la disponibilité en eau potable (KETTAB, 2000).

Selon la figure 4, la disponibilité en eau potable actuellement est diminuer par rapport les années précédent, lorsque La consommation d'eau distribuée est de 161 l/hab./j; si l'on tient compte des fuites (50%), l'industrie et du tourisme, cette quantité devient 60 l/hab./j (KETTAB, 2000).

Pour les 20 années à venir, pour résoudre le problème de la pénurie d'eau, l'investissement est estimé à 17 milliards de dollars, sans parler de la réhabilitation et du renouvellement des différentes infrastructures (300 millions de dollars), soit au total 1.2 milliards de dollars/an (KETTAB, 2000).

5.1.1- Eaux superficielles

Le volume d'eau terrestre sous forme solide, liquide et gazeuse est estimé à 1, 384, 120,000 km³ dont seul 0.26% sont de l'eau douce directement exploitable. On estime qu'il y a théoriquement, l'eau douce suffisamment pour alimenter quelques 20 milliards d'habitants. Malheureusement elle n'est pas répartie de façon égale, comme en témoignent les vastes régions arides et semi-arides (KETTAB, 2000).

Dans le monde Arabe, le volume total des eaux de surface est estimé à 204 milliards de m³. Au Maghreb, l'Algérie avec sa centaine de barrages ne mobilise que 4.5 10⁹ m³ alors que le Maroc avec 33 barrages mobilise 10 10⁹ m³, tandis que la Tunisie avec ses 28 barrages totalise 2.4 10⁹. Pour l'ensemble des barrages Algériens les sédiments déposés sont évalués à 100 10⁶ m³ en 5 ans soit 20 10⁶ m³/an de volume perdu (KETTAB, 2000).

Tableau III: Volume totale de l'eau dans la surface (KETTAB, 2000).

| Barrages | Nombre | Cap. total 106 m³ | Vol. régularisé 106 m³/an |
|-----------------|---------------|---|---|
| En exploitation | 107 | 4400 | 1901 |
| En construction | 27 | 2726 | 1375 |
| En étude | 50 | 3000 | — |
| Total | 184 | 10126 | 3276 |

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière, l'apport total des précipitations serait de l'ordre 100 milliards de m³ d'eau par an dont 12.4 milliards de m³ en écoulements superficiels, et seuls 6 milliards de m³ sont mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (Hydrologie, topographie, géologie) (KETTAB, 2000).

En Algérie la population était estimée à 23 millions en 87; 28 en 95; 32 en 2000; 39 en 2010; et 46 en 2020, soit une consommation potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³ alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³. Il faudrait mobiliser dans les 20 ans à venir 3 milliards de m³, en excluant les eaux d'irrigations et les fuites dans les conduites. Les superficies irriguées sont estimées à 450000 Ha, l'objectif à atteindre à court terme étant de 770000 Ha, et si l'on suppose qu'en moyenne, il faut 8000 m³/ha, il nous faudrait mobiliser 6.2 milliards de m³ (KETTAB, 2000).

En conclusion il faudrait mobiliser en 2020, plus de 11 milliards de m³ d'eau, alors que nos capacités théoriques sont de 6 milliards, un réel défi à relever?, mais surtout une stratégie et une politique à définir (KETTAB, 2000).

Le problème de la ressource en eau est lié principalement à l'érosion des sols; au stockage; dépôt de sédiments et à la qualité des eaux; les moyens de lutte: reboisement de bassins versants; surélévation des digues; construction de barrages de décantation; et dragages des barrages sont actuellement insuffisants (KETTAB, 2000).

5.1.2- Eaux souterraines

Ces ressources sont évaluées à 1.8 milliards de m³ dans le Nord de l'Algérie. Les potentialités du Sud sont estimées à 60000 milliards de m³. Ces dernières sont difficilement exploitables et renouvelables; et 4 à 5 milliards de m³ sont exploitables annuellement (KETTAB, 2000).

6- Ressources en eau dans le Sahara Algérien

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Au Sahara les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux souterraines et ce, en dehors des régions situées dans l'atlas saharien, le Hoggar et le tassili. Dans ces régions les précipitations à l'amont (bassin versant) sont relativement importantes, dont une partie de ces eaux coulent dans des Oueds et

recueillie par des retenues (Zibans et Saoura) et l'autre partie aliment directement les nappes phréatiques et parfois par l'intermédiaire de barrages de l'inféro-flux (Laghouat et Tamanrasset) (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

6.1- Eaux superficielles

Les eaux superficielles sont localisées dans les piedmonts de l'Atlas saharien et dans les régions du Hoggar et du Tassili. Les crues sont généralement rares et proviennent du grand Atlas marocain (Oued Guir) et du versant des Aurès (Nememchas). Les barrages sont d'une importance stratégique pour la région, car ils constituent des réserves d'eau, dont la maîtrise de la gestion constitue un enjeu capital pour assurer une distribution régulière et planifiée de la ressource. Le Sahara se distingue par cinq (5) principaux réservoirs : Biskra (Foum-el-Gherza – 47 hm³, la Fontaine des Gazelles – 55 hms³) Bechar (Djorf- Torba – 350 hm³ Brézina : 122 hm³) et kenchela (Béchar 41 hm³) (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

6.2- Eaux souterraines

Les ressources en eau souterraines au Sahara essentiellement constituée par : les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant sud des Aurès (région nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'Est et la région de Bechar – Tindouf à l'Ouest. Alors que les eaux non renouvelables sont représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : Le Complexe Terminale et le Continental Intercalaire. Il est à remarquer que d'autres ressources en eau situées dans la périphérie du bassin du Sahara septentrional (Biskra, Laghouat, Bechar, Hoggar et Tassili) sont également importantes et se caractérisent surtout par des nappes renouvelables (nappes phréatiques) et ce, contrairement aux eaux fossiles au faiblement renouvelables du bas Sahara. Le continental Intercalaire est présent dans tout le Sahara Septentrional. Il est formé par une succession des couches de grés, de sables, de grés argile, dont l'âge va du Trias à l'Albien. Le Complexe Terminal est constituée par des formations d'âge et de lithologie différentes (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

7- 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).

8- Types de pollution d'eau

8.1- 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.

8.2- Pollution chimique

Elle est due à des substances en solution ; elle se traduit par un changement de saveur (eaux salées ou saumâtres), parfois par l'apparition d'un caractère toxique lorsque le corps dissous est un poison.

8.3- 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).

8.4- Conséquences écologiques de la pollution des eaux

Le rejet d'un affluent urbain 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).

9- Propriétés écologiques de l'eau

Les propriétés écologiques de l'eau renseignent sur la signification pour la biosphère (Tab. IV).

Tableau IV: Propriétés écologiques de l'eau (RAMADE, 2002).

| Propriétés écologiques | Comparaison avec les autres liquides | Signification physique pour la Biosphère |
|----------------------------------|--|--|
| Capacité calorifique | La plus élevée de tous les liquides | Volant thermique face aux températures extrêmes |
| Points de fusion et d'ébullition | Elevés | Possibilité d'être à l'état liquide à la surface de la Terre |
| Tension superficielle | Elevée | Favorise la formation d'aérosols dans les nuages, de condensation et de précipitations |
| Densité | Maximale à 4°C | Stratification dans les lacs et les océans |
| Absorption lumineuse | Forte, en particulier dans l'UV et l'IR | Effet de serre et rôle important au plan biologique |
| Propriétés de solvant | Structure dipolaire favorisant la dissolution des sels et des molécules polaires | Transport aisé de substances dissoutes dans la biomasse et les cycles biochimiques |

10- Qualité des eaux potable

Une eau potable présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologique et répondre, à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore....) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

La potabilité et la qualité chimique des eaux sont en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. On considère une eau potable quand elle ne présente pas de risques pour la santé humaine, une eau dite « potable » quand elle respecte les normes de qualité. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a fixé des normes de concentration en éléments chimiques, la potabilité des eaux et leur qualité en vue de l'utilisation domestique. Le tableau VI suivant montre les normes fixées par l'O.M.S. Confrontation des normes Algérienne des eaux

potable aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS) (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

Tableau V: Normes physico-chimiques d'une eau potable selon l'OMS et Algérienne (ADE, 2010).

| Paramètres physico-chimiques | Unités | OMS | Algériennes |
|-------------------------------------|------------|-----------|-------------|
| pH | - | 6.5 à 8.5 | 6.5 à 8.5 |
| T° | °C | 25 | 25 |
| CE | µS/cm | 2800 | 2800 |
| Turbidité | NTU | 5 | 5 |
| TH | °F ou mg/l | 50 | 500 |
| Mg⁺⁺ | mg/l | 150 | 150 |
| Ca⁺⁺ | mg/l | 200 | 200 |
| Na⁺ | mg/l | 200 | 250 |
| K⁺ | mg/l | 12 | 15 |
| So₄⁻ | mg/l | 500 | 400 |
| Cl⁻ | mg/l | 250 | 600 |
| No₃⁻ | mg/l | 50 | 50 |
| No₂⁻ | mg/l | 0.1 | 0.1 |
| O-Po₄⁻ | mg/l | 0.5 | |
| Fe⁺ | mg/l | 0.3 | 0.3 |
| TAC | mg/l | 350 | 400 |
| TDS | mg/l | 1500 | |
| DCO | mg/l | 125 | |

Selon le tableau V, la norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieur à ne dépasser pour une substance donnée, ou une limite inférieur à respecter, exemple : $[\text{No}_3]= 50\text{mg/l}$ ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (OMS, 2000).

L'organisation mondiale de la santé (OMS) publie, régulièrement, des directives de qualité pour l'eau de boisson dont de nombreux pays s'inspirent pour élaborer leurs propres normes nationales (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

Il recommande aux autorités nationales de prendre en considération les aspects sociaux, économiques et environnementaux en procédant à une évaluation comparative des risques et des avantages lorsqu'ils adaptent ces directives aux normes nationales (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

L'objectif de cette étude est de réaliser une revue critique des normes Algériennes de potabilité des eaux de consommation qu'elles proviennent d'adduction publique, de source ou embouteillées par rapport aux directives (KHADRAOUI et TALEB, 2008).

DEUXIEME PARTIE



***MATERIELS &
METHODES***

Chapitre II: Présentation de la région d'étude

1- Localisation géographique

La Wilaya de Ghardaïa se situe au centre du Sahara septentrionale. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat. Elle est composée des anciennes dairates de Ghardaïa, Metlili et El-Meniaa (D.P.A.T., 2010).

La wilaya s'étend sur une superficie de 84.660,12 km², répartie sur 13 communes regroupant une population de 405015 habitants majoritairement jeune (D.P.A.T, 2010).

La Wilaya de Ghardaïa est limitée administrativement (D.P.A.T., 2010). (Fig.5) :

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

De point de vue morphologique on distingue trois grandes ensembles: des plaines du "Hmadas" à l'Est, au centre des roches calcaires formant la chebka du M'Zab, et à l'Ouest des régions ensablées par les dunes de l'Erg occidentale.

La wilaya s'étend du Nord au Sud sur environ de 450 km et de l'Est en Ouest sur environ 200 km (D.P.A.T, 2010).

Les escarpements rocheux et les oasis déterminent le paysage dans lequel sont localisées les villes de la pentapole du M'Zab et autour duquel gravitent d'autres oasis (Berriane, Guerrara, Zelfana, Metlili et beaucoup plus éloignée au Sud l'oasis d'El Méniaa) (D.P.A.T., 2010).

L'appartenance au milieu saharien et aride contraint fortement l'occupation de l'espace. L'implantation des villes s'est faite par rapport aux grands axes de circulation et aux oasis, et leur développement a été étroitement lié aux conditions naturelles (eau, climat, relief ...) (D.P.A.T., 2010).

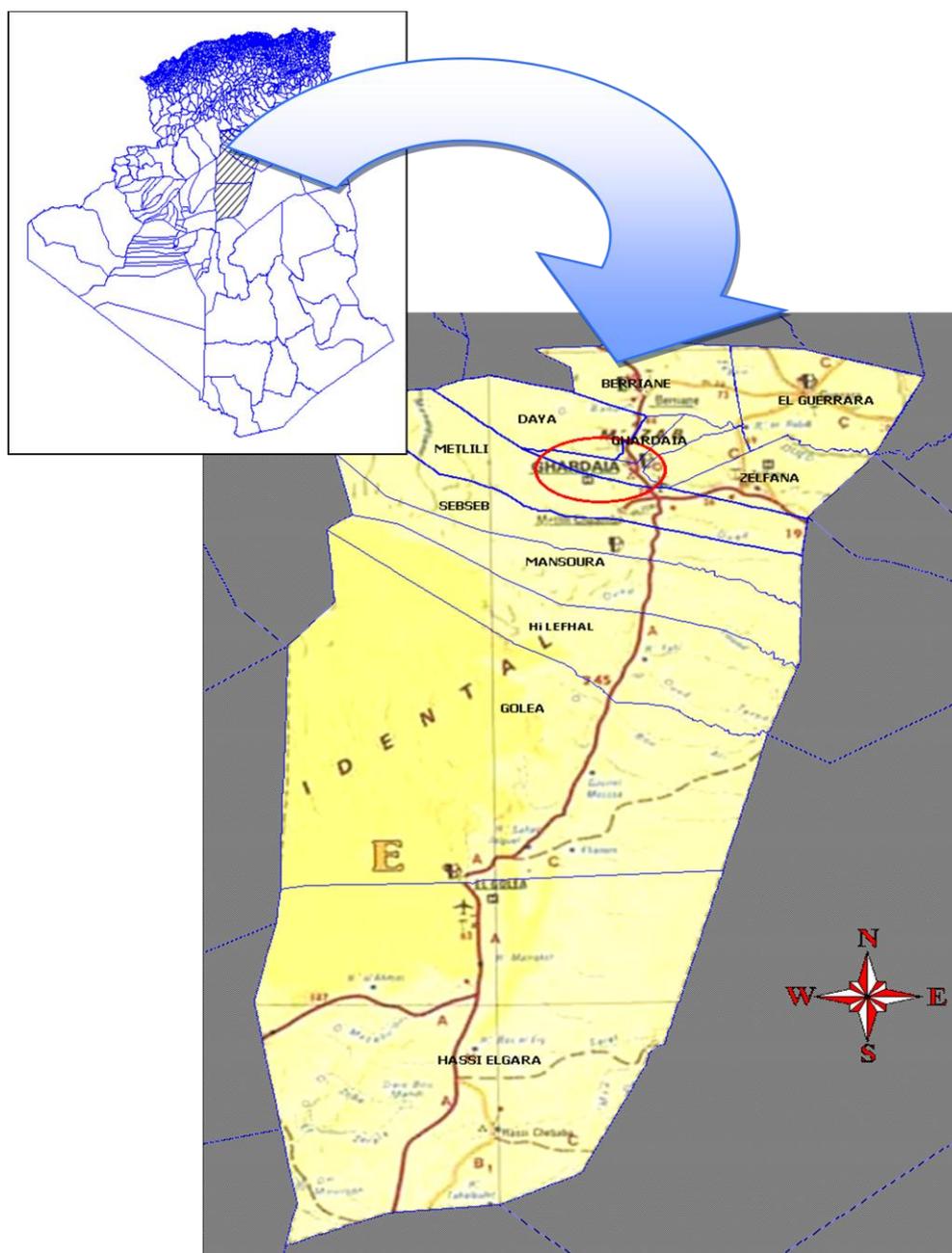


Figure 5: Situation géographique de la région d'étude (A.N.R.H, 2010).

2- Cadre climatique

Le caractère fondamental du climat Saharien est caractérisé généralement par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée (ONM, 2013), mais l'existence des reliefs ainsi que la présence d'une végétation abondante (oasis); peuvent modifier localement les conditions climatiques créant ainsi un microclimat.

Nous étudions ci-dessous le climat de notre secteur d'étude à partir de certaines données climatiques collectées au niveau de la station météorologique de l'ONM de Ghardaïa.

2.1- Précipitation

Pour l'étude de la précipitation on a obtenu une série pluviométrique de l'ONM de Ghardaïa pour une période de Seize ans (1996-2012). Selon le tableau VI et la figure 6 on observe que le mois de Septembre est le plus pluvieux avec une moyenne de 15,85 mm, par contre le mois de Juillet est le plus sec avec une moyenne de 1,17mm.

Tableau VI: Précipitations mensuelles (Période: 1996-2012) (ONM Ghardaïa, 2013).

| Période (1996- 2012) | Mois | Jan | Fév | Mars | Avril | Mai | Juin | Juill | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc | Année 22,60 |
|----------------------------|-------------------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|-------|-----|------|------|----------------|
| | P_{Moy} (mm) | 5,05 | 3,06 | 8,23 | 11,23 | 2,62 | 2,12 | 1,17 | 9,96 | 15,85 | 8,2 | 3,46 | 6,04 | |

D'une manière générale, les précipitations sont faibles et d'origine orageuse, caractérisées par des écarts annuels et interannuels très importants. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 77,01mm.

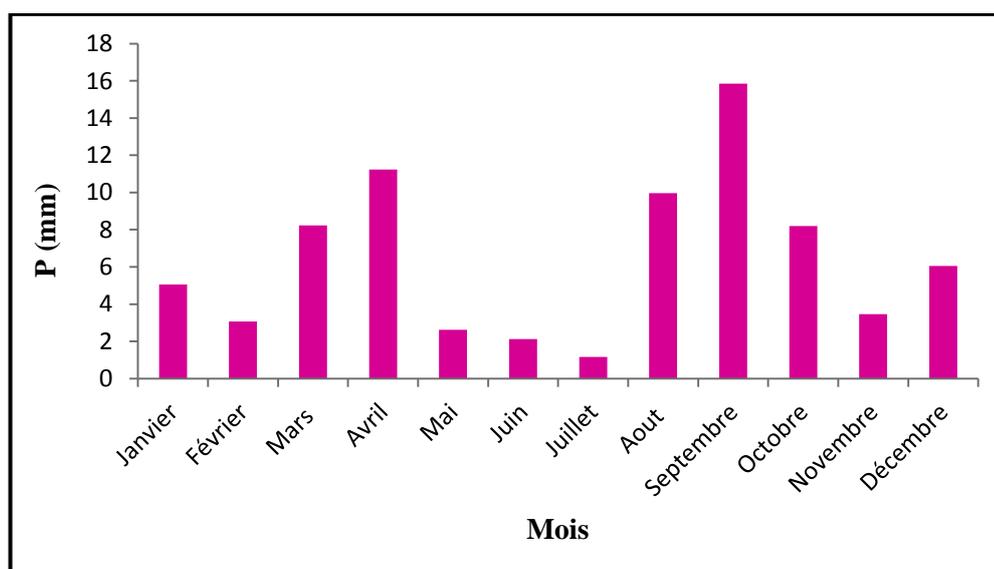


Figure 6: Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (Période: 1996-2012)

(ONM Ghardaïa, 2013).

2.2- Température

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures du jour et de la nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre. Les

températures moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de Janvier de 12,34°C et les plus élevées au mois d'Aout de 33,63°C (Tab.VII, Fig.7).

Tableau VII: Température mensuelle (Période: 1996-2012) (ONM Ghardaïa, 2013).

| Période | Mois | Jan | Fév. | Mars | Avril | Mai | Juin | Juil | Aout | Sept | Oct | Nov | Déc | Année |
|-------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| (1996-2012) | T _{Moy} (°C) | 12,34 | 14,38 | 16,66 | 21,3 | 26,11 | 30,99 | 33,41 | 33,63 | 29,16 | 23,88 | 16,6 | 12,51 | |

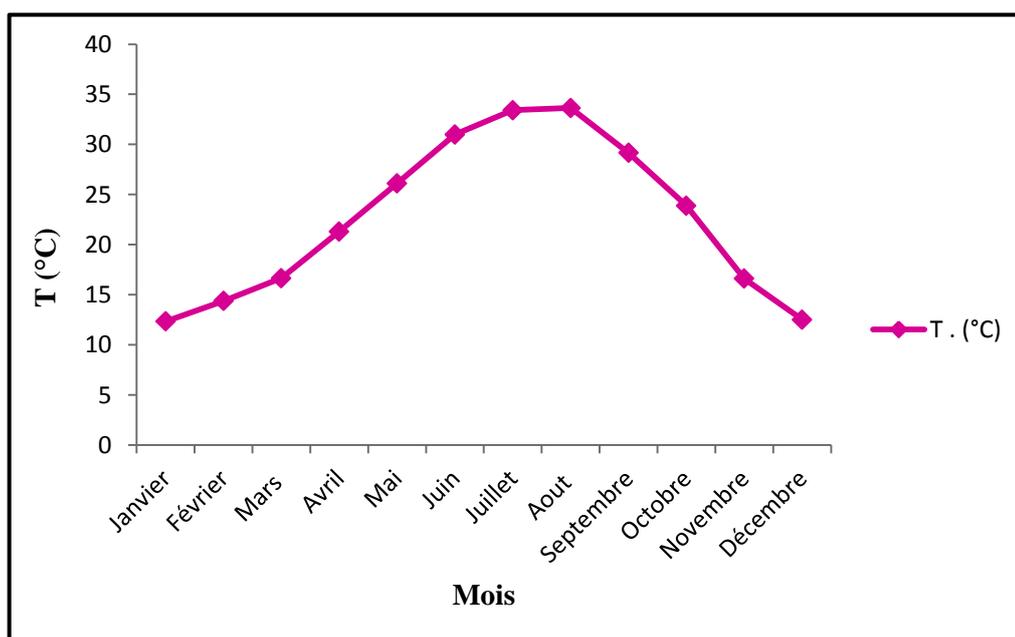


Figure 7: Températures moyennes mensuelles, moyenne des maximas et moyenne des minimas (Période: 1996-2012) (ONM Ghardaïa, 2013).

2.3- Humidité relative

D'après la figure 8, on constate que l'humidité relative de l'air est très faible, elle est de l'ordre de 21,98% en juillet et atteignant un maximum de 53,81% en janvier et une moyenne annuelle de 37,77%.

2.4- Evaporation

L'évaporation mesurée sous abri par l'évaporomètre de Piche. L'évaporation est très intense; elle est de l'ordre 527.62 mm /an, avec un maximum 76.97 mm au Juillet et un minimum de 17.62 mm au mois de Janvier (Fig.9).

Ces valeurs élevées sont reliées à la forte température et aux vents violents.

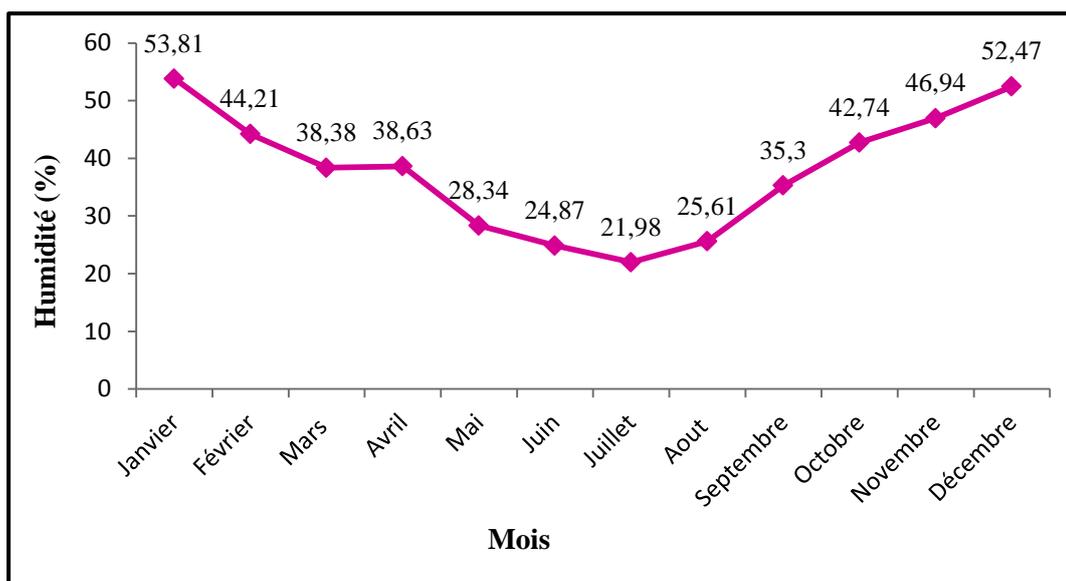


Figure 8: Humidités relatives moyennes mensuelles (Période: 1996-2012)
(ONM Ghardaïa, 2013).

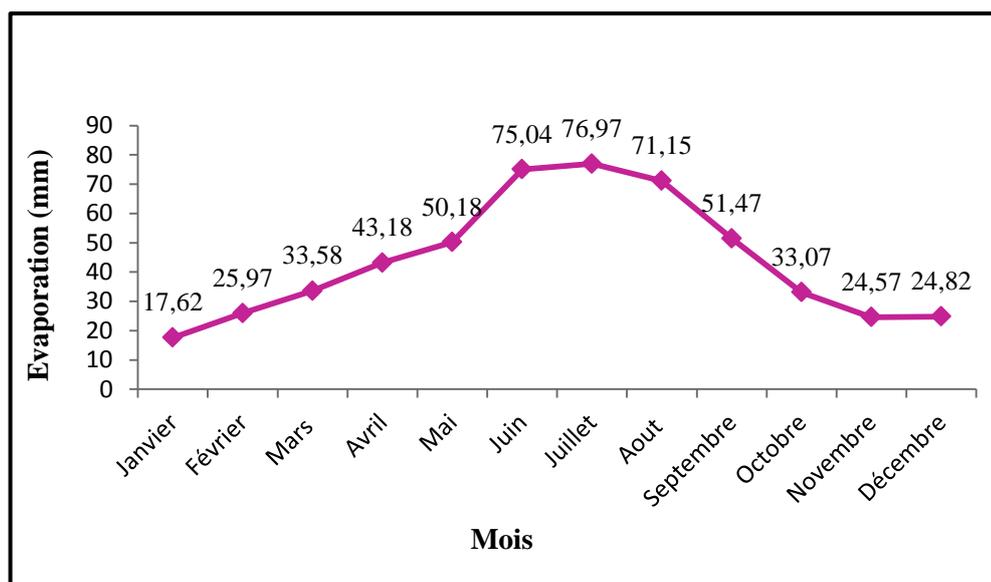


Figure 9: Evaporation moyennes mensuelles (Période: 1996-2013)
(ONM Ghardaïa, 2013).

2.5- Synthèse climatique

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants pour caractériser le climat d'une région donnée (FAURIE et al., 1980). Le diagramme ombrothermique de Gausson donne les périodes humides et les périodes sèches alors que le climagramme pluviométrique d'Emberger détermine l'étage bioclimatique.

2.5.1- Climagramme d'Emberger

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (DAJOZ, 1982).

Le quotient pluviothermique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{3.43 \times P}{M - m}$$

Où :

Q_2 : Quotient pluviothermique d'Emberger;

P : Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm;

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud;

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Le quotient Q_2 de la région d'étude est égal à 8,7, calculé à partir des données climatiques obtenues durant une période de 16 ans (1996-2012). La valeur du quotient est portée ainsi sur le climagramme d'Emberger.

Le climagramme montre que notre région d'étude est située dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux (Fig. 10).

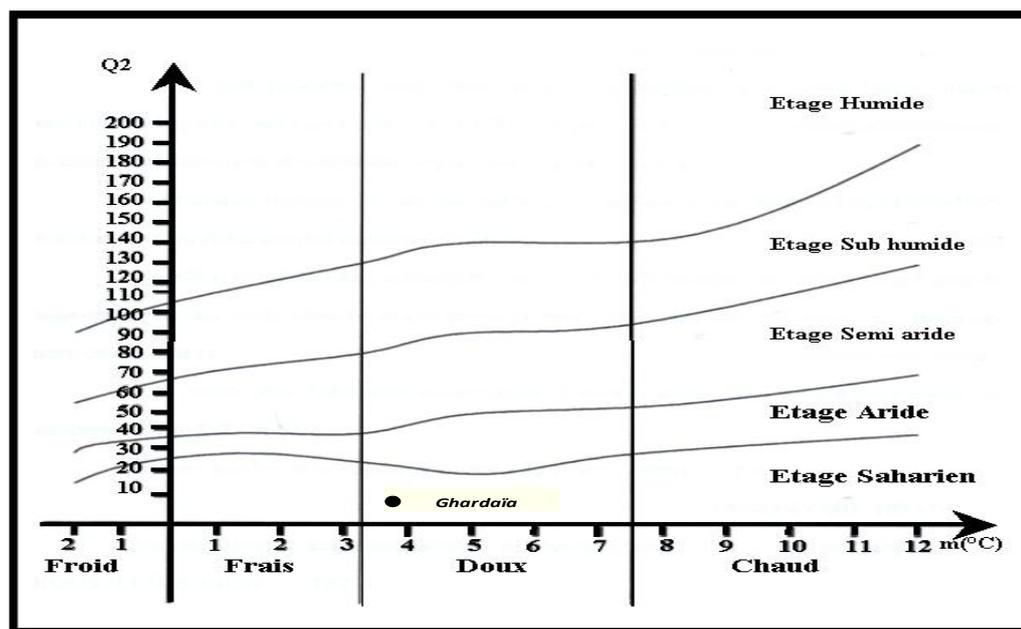


Figure 10: Etage bioclimatique de la région de Ghardaïa selon le climagramme d'Emberger.

2.5.2- Diagramme ombrothermique de Gausсен

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

La représentation selon le diagramme ombrothermique de Gausсен de la région d'étude montre qu'il y a une période sèche qui s'étale sur toute l'année (12 mois) (Fig.11).

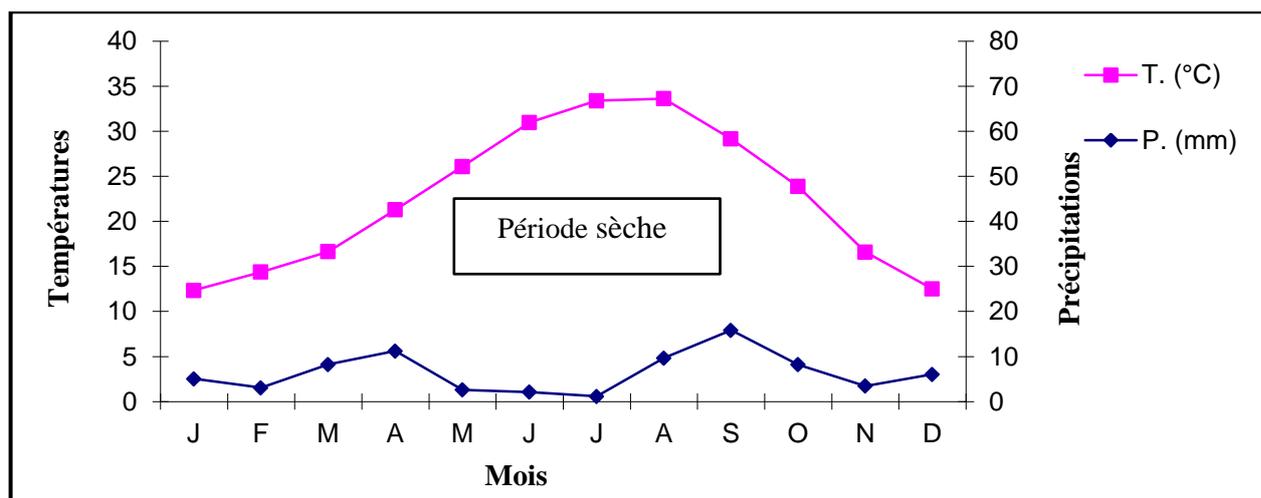


Figure 11: Diagramme ombrothermique de Gausсен de la région de Ghardaïa
(Période: 1996-2012).

3- Ressource en eau de surface

La première étude un peu étendue sur les crues sahariennes fût par l'hydrologue français Ville (1872) qui étudia avec détail les Oueds du sud-Constantinois et du Sud-Algérois et particulièrement ceux du M'Zab (DADDI BOUHOUN, 1997).

Les eaux de surface dans la Wilaya de Ghardaïa sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes. Les écoulements sont sporadiques, ils se manifestent à la suite d'averses orageuses qui connaît la région (DUBIEF, 1963).

3.1- Bassin versant du M'Zab

De la région du Botma Rouila en amont jusqu'à El Atteuf en aval, le bassin versant du M'Zab, présente une superficie de 1573 Km². Dans le quel il a été distingué 23 sous-bassins élémentaires pouvant être combinés en de nombreux ensembles à savoir l'Oued El Abiod et l'Oued Lhadhira à Dhayet Ben Dhahoua.

Le point de leur confluence à Bouchen donne naissance de l'Oued M'Zab qui se prolonge jusqu'à le point le plus bas de la vallée situé à El Atteuf. Les bassins aux alentours de Ghardaïa forme deux ensembles; le premier de Dhayet Ben Dhahoua jusqu'à Bouchen (point de confluence), et le deuxième ensemble de l'Oued M'Zab à El Atteuf (Fig.12).

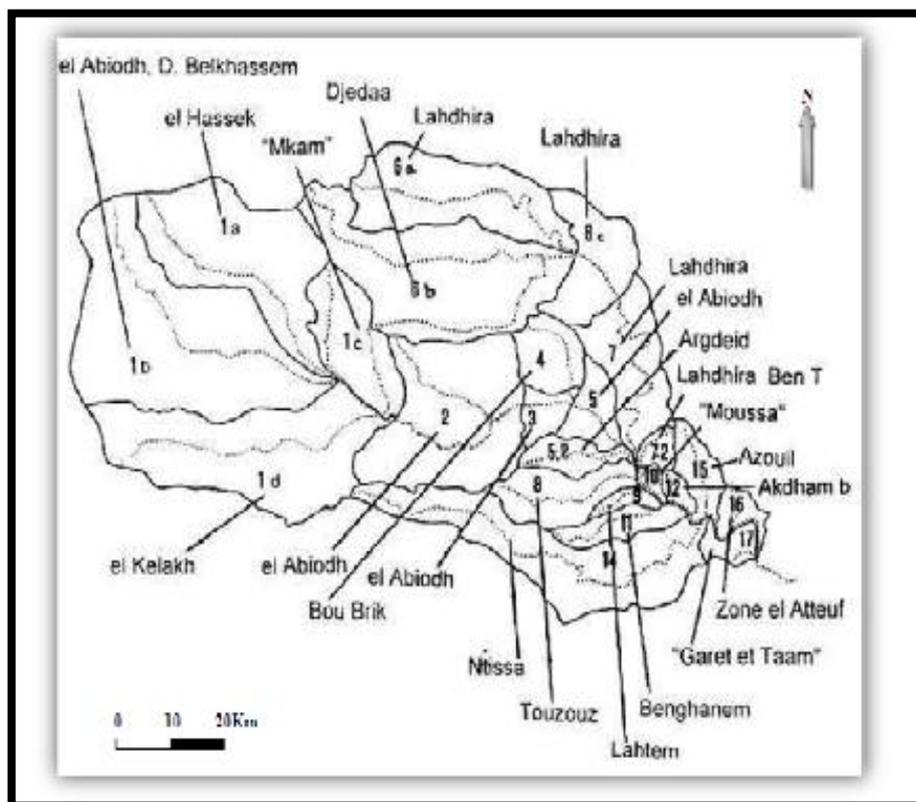


Figure 12: Les sous bassins versants de l'Oued M'Zab jusqu'à El Atteuf (BG., 2002).

La vallée du M'Zab fait partie d'un bassin versant relativement important. Celui-ci est traversé par quatre oueds à savoir Oued Zeghrir, Oued N'sa, Oued Metlili et Oued M'Zab (Fig.13).

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. L'étude des crues de l'oued M'Zab effectuée par BRL (1998), estime les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s (A.N.R.H., 2007). Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'Oued M'Zab et Metlili où à chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

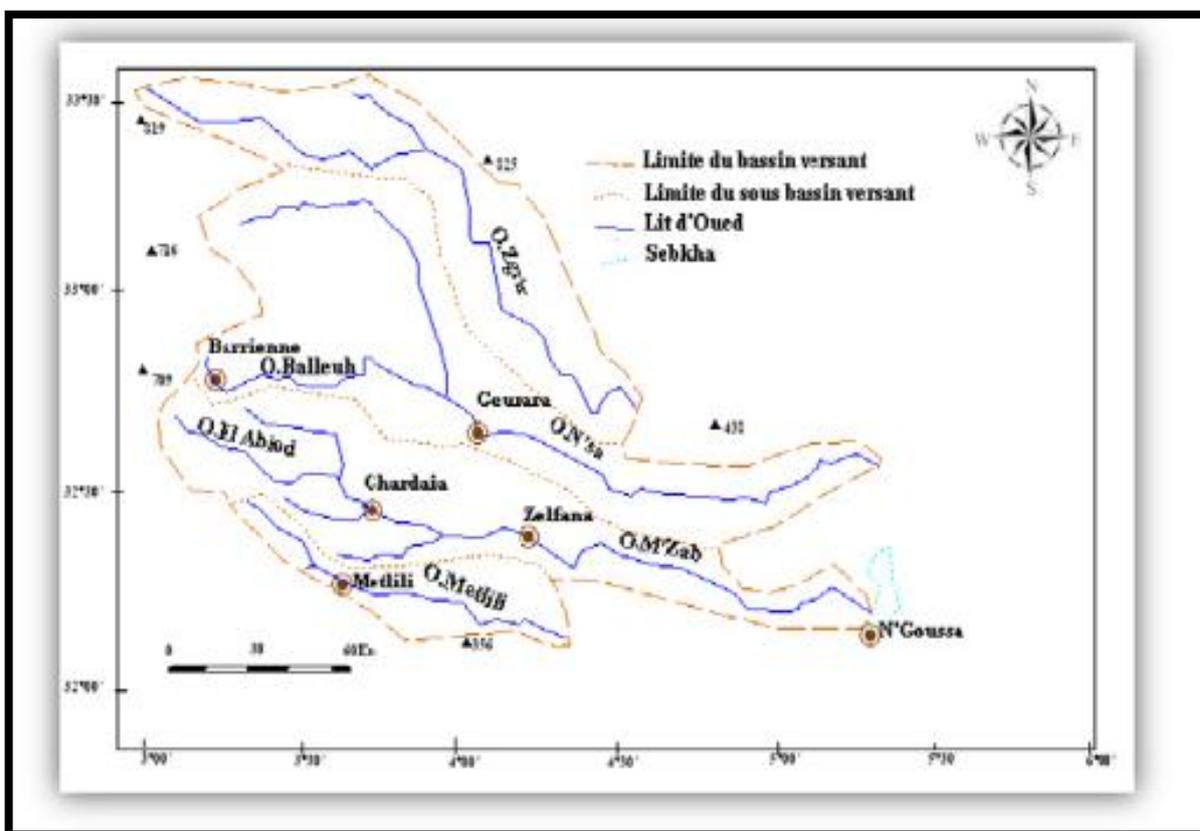


Figure 13: Bassin versant de la vallée du M'Zab (DUBIE, 1963).

3.2- Description de l'oued M'Zab

L'Oued M'Zab s'étend sur une longueur de 320 km et coule de l'Ouest à l'Est; de la région d'El-Botma Rouila située à 750 mètres d'altitude où il est appelé Oued Labiodh; et il se déverse dans son exutoire naturel qui est la sebkha Safioune au Nord de la ville de Ouargla à une altitude de 107 mètres.

Les principaux affluents du M'Zab sont:

- L'Oued El Haïmeur, sur la rive gauche qui conflue à la Daïa ben Dahoua;
- L'Oued Touzouz, sur la rive droite qui rejoint le M'Zab en amont de la palmeraie de Ghardaïa ;
- L'Oued N'tissa, en aval de ce centre, on le rencontre à droite au niveau de Ben Isguen, et il traverse la palmeraie de cette ville;
- L'Oued Zouil, à gauche et à quelque centaines de mètres en aval du précédent. Dans le lit duquel sont situés les jardins de Bounoura;
- L'Oued Noumirate à l'aval de la pentapole mozabite, sur la rive droite;

- L'Oued Nessaimou, légèrement en amont de Zelfana;
- L'Oued Hasseï, en aval de cette nouvelle Oasis de Zelfana (BENZAYET, 2010).

4- Aspect géologique

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau sub-horizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab".

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres.

Les alluvions Quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféro-flux (nappes phréatiques) (Fig.14) (A.N.R.H.2007).

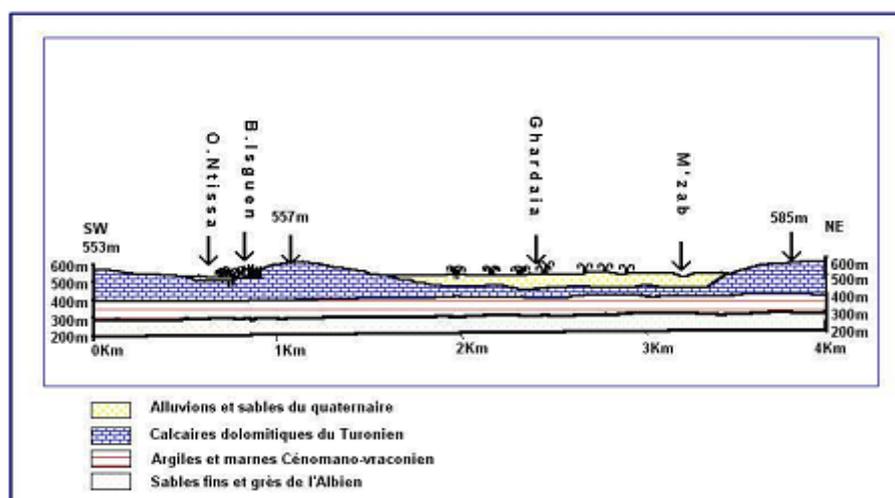


Figure 14: Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H., 2007).

5- Description litho stratigraphique

Le territoire de la wilaya de Ghardaïa est localisé dans le domaine du craton Nord Africain composé essentiellement de dépôt du Crétacé, du Néogène et du Quaternaire (Fig.15).

5.1- Crétacé

Cette formation qui caractérise une grande partie de la région de la chebka du M'Zab, est constituée d'une double dalle calcaire : calcaire dure et calcaire plus ou moins dolomitique parfois pétries de coquilles (Fabre, 1976 cité par GUERRADI et FARADJI, 2007). Il est représenté par:

- Albien

L'Albien est recoupé uniquement par des sondages et représenté par des sables fins à grès et d'argiles vertes.

- Cénomaniens

Le Cénomaniens est formé par une alternance de bancs d'argiles, de dolomies, de calcaires dolomitiques et d'évaporites (gypse et Anhydrite) (MELLAK, 2009).

Les argiles cénomaniennes constituent l'imperméable de la nappe du Turonien tandis que les calcaires sommitaux du Cénomaniens sont en continuité hydraulique avec cette même nappe (ABDOUSE et BOUCHIBA, 1982).

- Turonien

La série turonienne entièrement carbonatée, forme l'ossature de la chebka du M'Zab et constitue le réservoir aquifère principal. C'est dans sa masse que les oueds ont creusé leurs lits.

La base du Turonien n'est connue que dans la région Ouest de la chebka du fait du plongement général des couches vers le Sud-Est (0.5°). Dans cette région, il est nettement constitué de formations carbonatées : des calcaires dolomitiques massifs à la base, et des calcaires crayeux blancs au sommet, le tout formant d'importantes falaises (Oued El Abiod), bordure de l'Oued ElLouha et Berriane). Le Turonien est érodé à l'affleurement, il a plus de 100 m à Ghardaïa (ABDOUSE et BOUCHIBA, 1982).

5.2-Tertiaire

- Sénonien

Le Sénonien affleure partout sur les bordures Est et Nord de la Chebka. Il est représenté par un Sénonien à assises marines ou lagunaire avec une alternance de calcaire et marnes dolomitisées, argiles gypsifères et gypse (O.R.G.M., 1999).

- Néogène

Le Néogène est développé à l'Est de la région et repose en discordance sur les formations sous-jacentes du crétacé (O.R.G.M., 1999). Ce sont des formations détritiques récentes qui occupent les dépressions et qui s'étendent largement au Sud, ces formations sont rattachées au miocène supérieur et au pliocène, sans que l'on puisse établir une détermination exacte. Ce sont, en majeure partie, des produits d'altérations superficielles, rubéfiés (argiles et terre argilo-sableuse plus ou moins mêlées de fragments anguleux) que l'on ne saurait assimiler à des galets fluviaux (GUERRADI ET FARADJI, 2007).

Le miocène est constitué de conglomérats, brèches siliceux et calcaires avec une alternance de limons carbonatés et sableux, d'argiles et de sables.

Le pliocène est constitué de conglomérat peu consolidés, de poudingues et de sables graveleux et argileux (O.R.G.M., 1999).

5.3- Quaternaire

Le Quaternaire apparaît surtout sous forme de dépôts alluvionnaires au niveau des lits Des oueds et dépressions fermées (Daïas) (MELLAK, 2009). Le Quaternaire largement répandu à travers tout le territoire est représenté par des poudingues, des dépôts sablo-graveleux et argileux gypseux (O.R.G.M., 1999).

5.4- La tectonique

Durant le secondaire, la partie centrale du Sahara septentrional a subi des mouvements verticaux d'ensemble qui se sont traduits par un effondrement progressif. Au début du Crétacé, cet affaissement est comblé par un dépôt lagunaire, accusant au centre de la cuvette des épaisseurs considérables. Le mouvement de descente se poursuit très lentement pendant le Turonien et une partie du Sénonien. Les deux étages présentent des épaisseurs et des faciès peu variables sur toute l'étendue de la cuvette saharienne (BOUDJEMA, 1987).

A l'Eocène moyen réapparaît un dépôt lagunaire qui correspond au comblement définitif de la cuvette saharienne, par la suite, les mouvements dans cette dernière se sont traduits par: Un exhaussement d'ensemble suivi d'un mouvement de descente qui a débuté au Miocène et qui dure encore actuellement correspondant à la sédimentation continentale du Mio-Pliocène et du Quaternaire (BOUDJEMA, 1987).

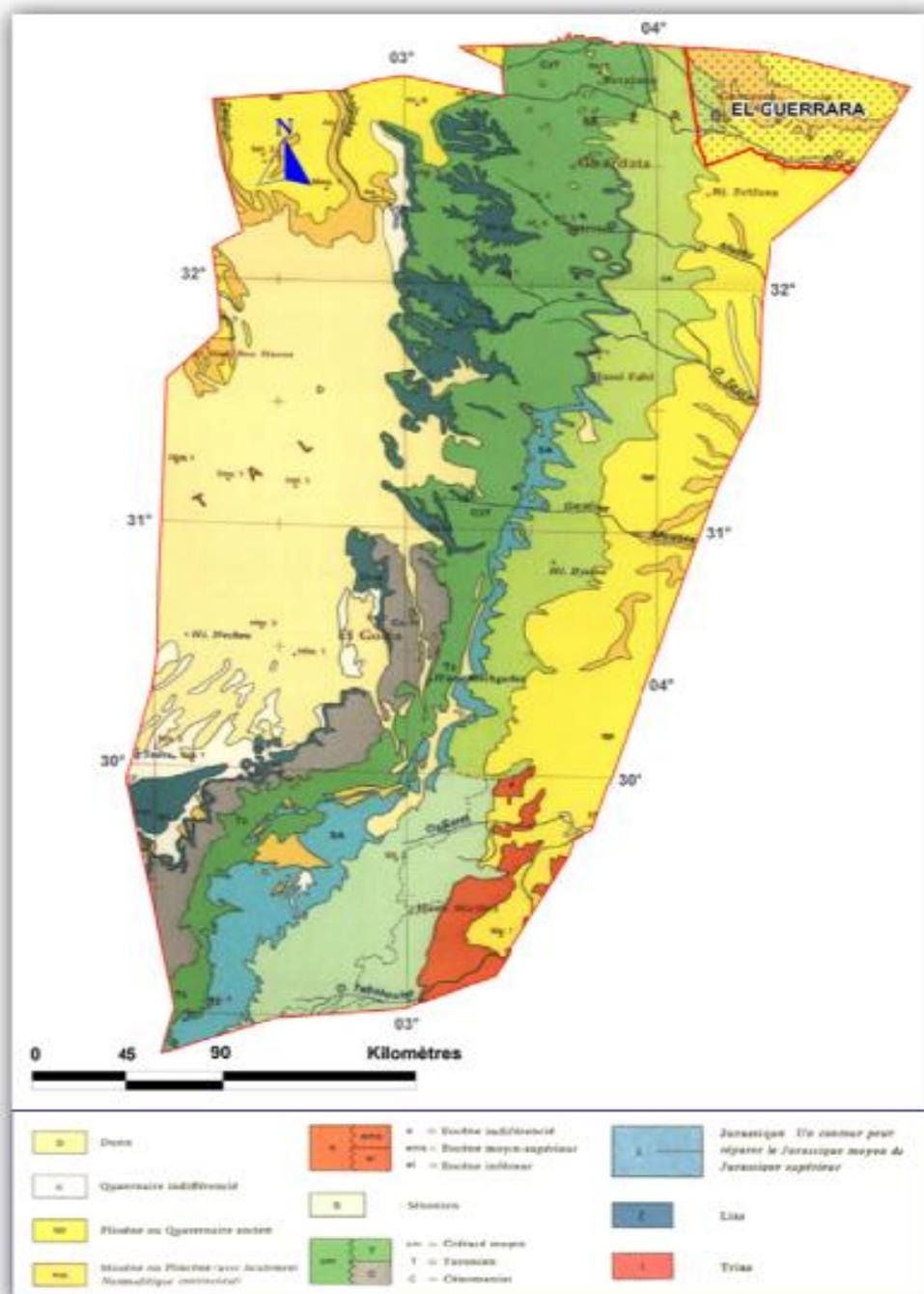


Figure 15: Carte géologique de la wilaya de Ghardaïa (extrait modifié de la carte géologique au 1/500000 de l'Algérie) (A.N.R.H., 2010).

Selon O.R.G.M. (1999) la structure géologique de la région présente une tectonique étagée qui se traduit par:

- L'étage de plissement modéré des différentes roches du Trias à l'Eocène ;
- L'étage sub-tabulaire des roches principalement meubles de l'Oligocène au Quaternaire.

5.5- Description lithologiques d'un forage au niveau de l'Oued M'Zab

5.5.1- Localisation du forage

Le forage de Lechbour a été implanté en amont de la vallée de M'Zab (Fig.16), à 5 km du chef lieu de la commune de Ghardaïa. Daïra de Ghardaïa wilaya de Ghardaïa.

5.5.2- Description lithologique / stratigraphie

L'analyse des échantillons prélevés tous les mètres des trous nous a donné la lithologie suivante:

- Le Turonien: de 1 à 50 mètres. Calcaire grisâtre à blanc massif, Marne jaune à calcaire à la base;

-Le Cénomaniens: de 50 à 293 mètres. Il s'agit d'argiles verdâtres grises, brunes, parfois noirâtres. Compactes et bariolée à gypses vitreux, argiles grisâtres claires sableuses à la base;

-L'Albien: A partir de 293 mètres jusqu'à 505 m (fin de forage). De haut en bas on trouve :

Sables argileux bruns à grains fins à moyens, sables jaunes à grès, argiles sableuses grises à vertes, sables fins bruns et roses, argiles sableuses grises, sables argileux fins bruns, grès rose et brun à ciment argileux, sables à argiles rouges, sables fins roses gréseux, grès rouge, argile rouge plastique à la base (Fig.17) (A.N.R.H.,2009).

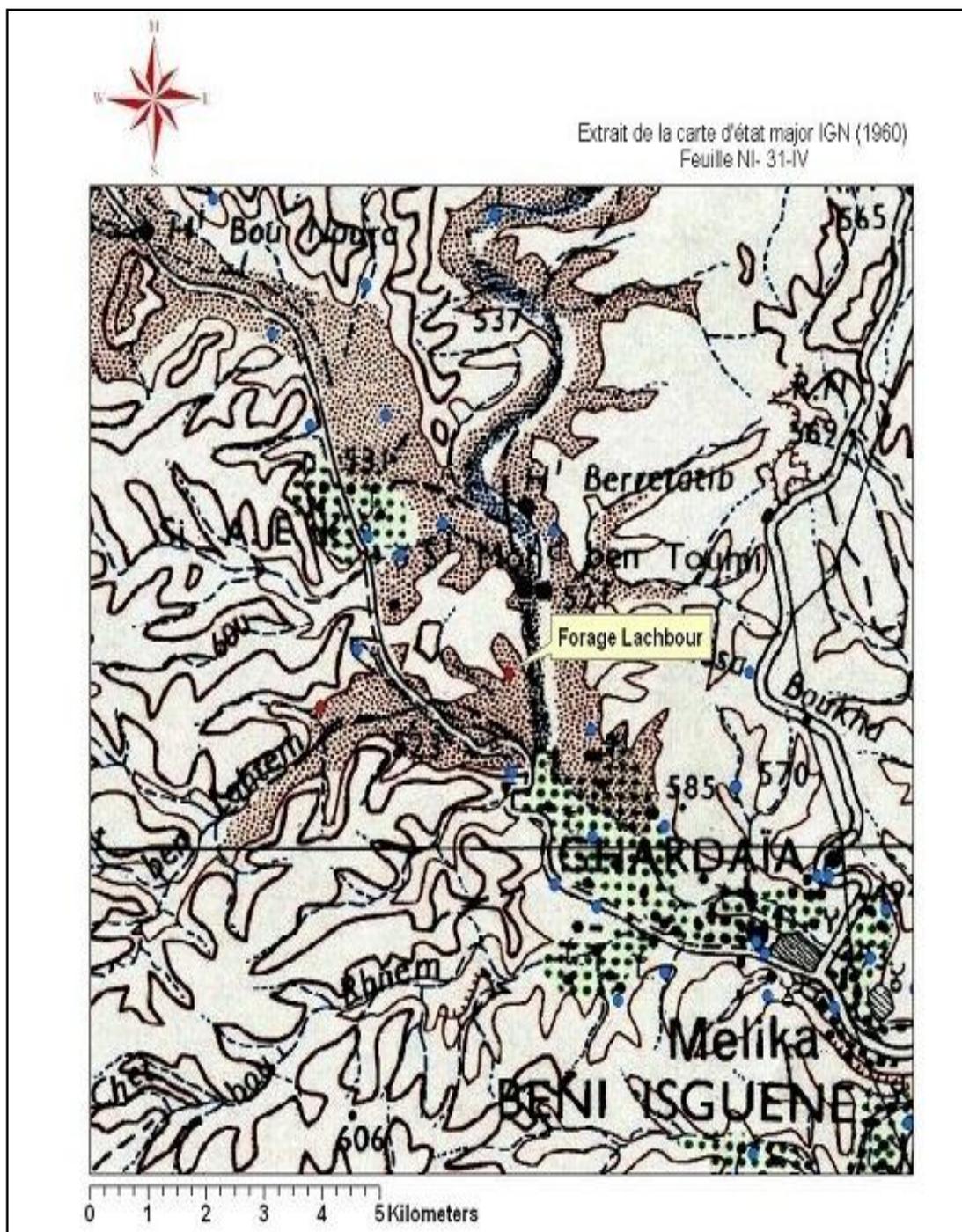


Figure 16: Localisation du forage de Lechbour (extrait de la carte d'état-major IGN, 1960).

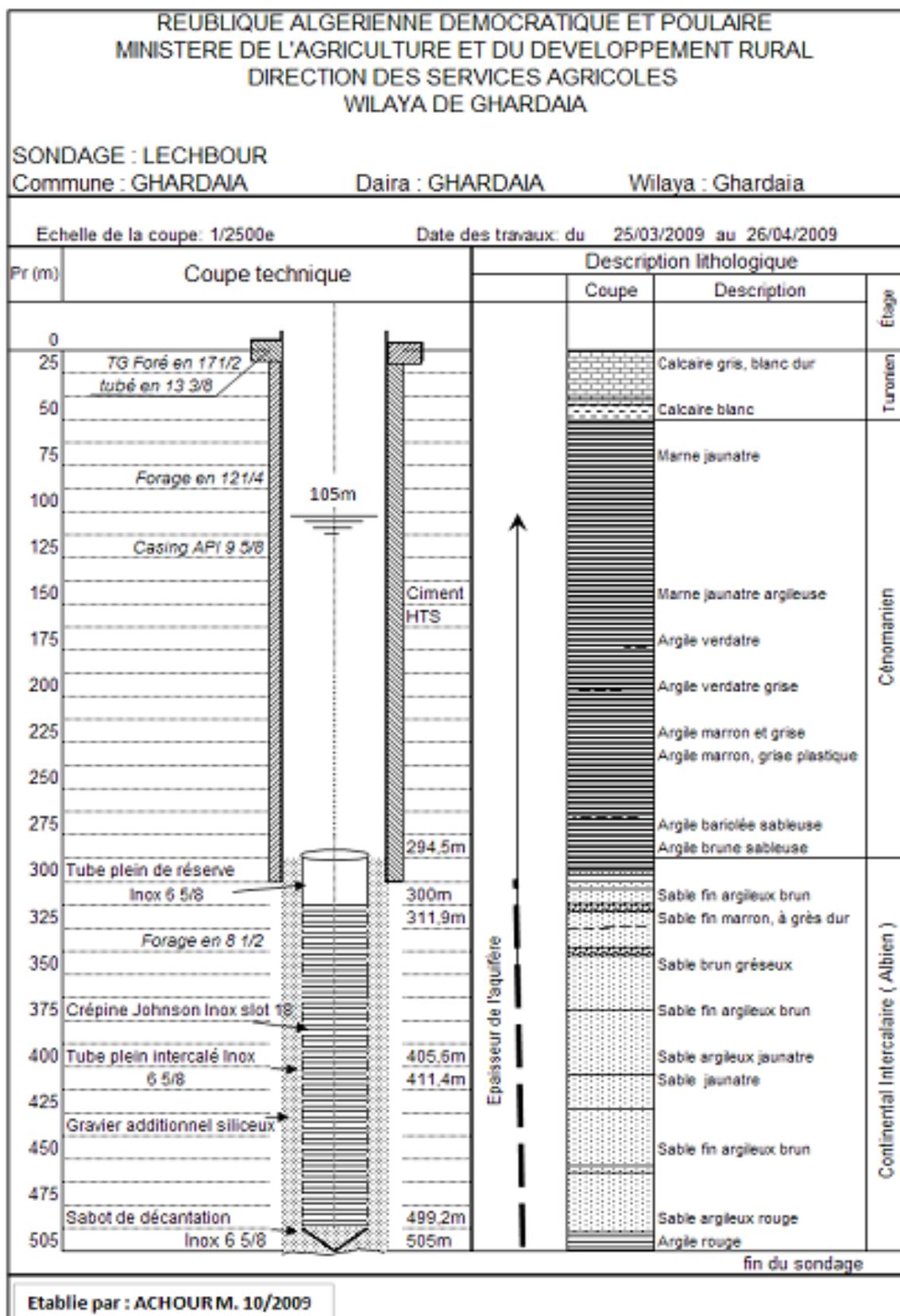


Figure 17: Logs lithologiques du forage Lechbour (Ghardaia) (A.N.R.H., 2009).

6- Identification hydrogéologique

Les principales ressources en eau de la Wilaya sont d'origines souterraines. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères classées par leurs profondeurs comme suit:

- Les eaux de la nappe phréatique contenues dans les alluvions des oueds;
- Les eaux de la nappe profonde contenues dans les couches perméables des sables et des grés de l'Albien à 300 mètres.

6.1- Nappes phréatiques

L'aquifère de la nappe phréatique est formé d'alluvions et de sables du Quaternaire. Les alluvions reposent sur les couches calcaires du Turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres. Cette nappe d'inféro-flux, exploitée par des puits traditionnels, présente un intérêt très important dans le domaine agricole, elle sert comme une source pour l'irrigation de la palmeraie de la vallée et elle sert également pour l'alimentation en eau potable à l'amont où les eaux sont moins chargées.

L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluies torrentielles et par les eaux de la nappe profonde (Albien) de certains forages destinés pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

6.2- Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et gréso-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000m.

Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique (A.N.R.H., 2007).

La nappe du Continental Intercalaire (A.N.R.H., 2007), selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, est:

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara et certaines régions d'El Meniaa);
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Meniaa) (Fig.19).

La profondeur de la couche exploitée est d'environ 200 m à El Meniaa, 300 m à Mansoura, 400 à 450 m dans la vallée du M'Zab et autour de 800 m et plus à Guerrara et Zelfana (Fig.19).

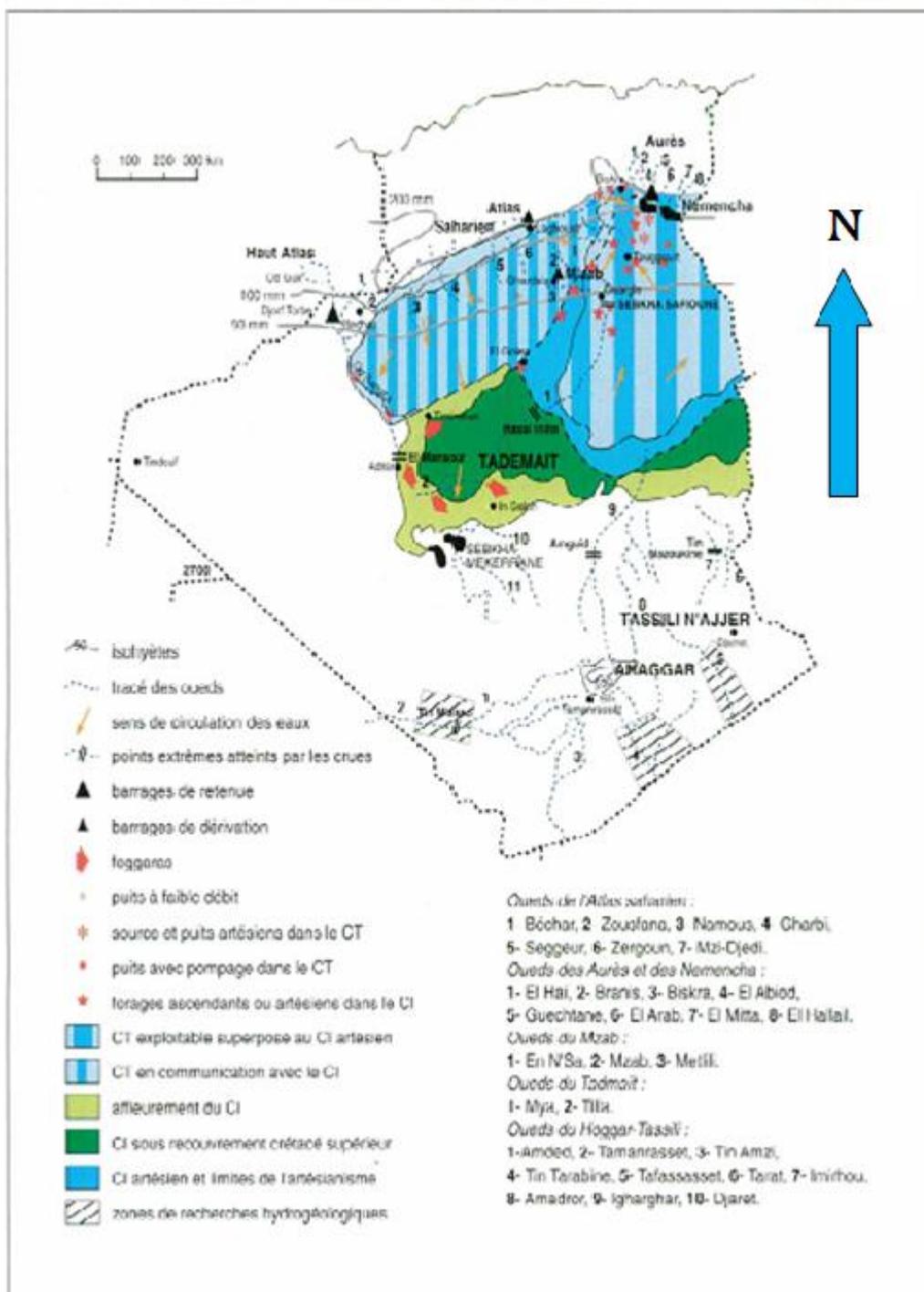


Figure 18: Aquifères du Sahara Algérien (MELLAK, 2009).

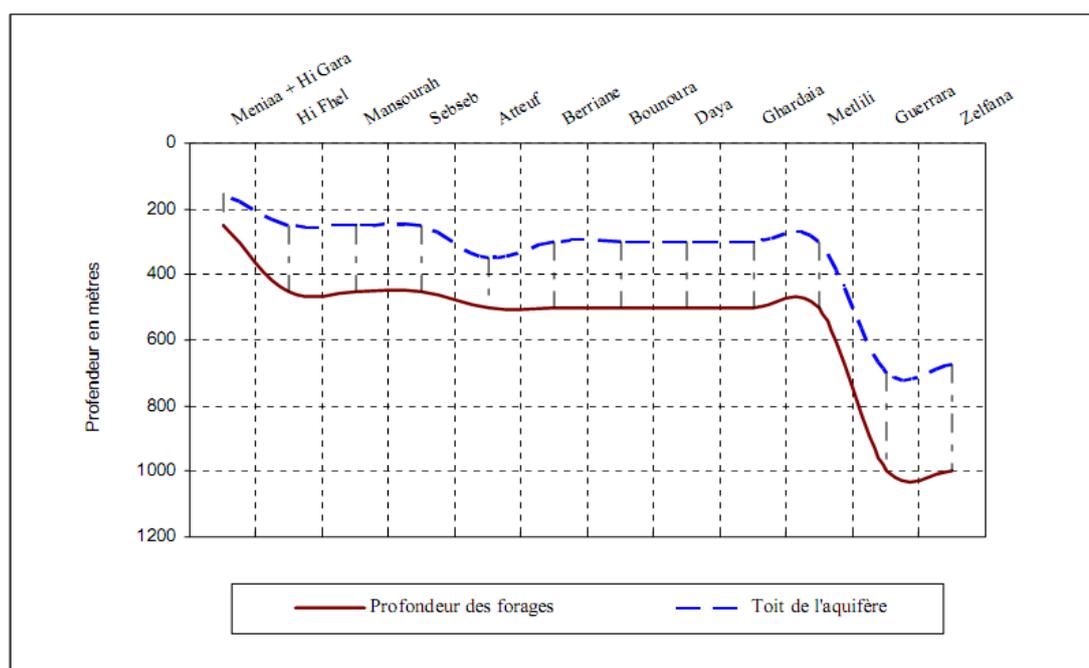


Figure 19: Variation du toit et de la profondeur de l'aquifère de l'albien (A.N.R.H., 2005).

6.2.1-Exploitation de la nappe du CI

Le premier ouvrage exploitant la nappe albienne dans la région de Ghardaïa, date du 01/05/1891, situé dans la vallée de Goléa avec une profondeur de 55,15 m (A.N.R.H., 2005), et les premiers forages albiens exécutés au M'Zab sont en 1948 et 1950. A partir de cette période, le nombre de forage n'a cessé d'augmenter. La wilaya compte actuellement plus de 345 forages avec 288 sont exploités et 116 forages illicites (A.N.R.H., 2007).

Les forages exploités se présentent comme suit (A.N.R.H., 2005) (Tab.VIII):

- 86 forages d'alimentation en eau potable avec un volume annuel soutiré de 67,43 hm³;
- 134 forages d'irrigation avec un volume annuel soutiré de 137,04 hm³;
- 8 forages d'alimentation en eau industrielle avec un volume annuel soutiré de 5,99 hm³.

Tableau VIII: Nombre des forages et volumes d'exploitation par commune (A.N.R.H., 2007).

| Communes | Nombre de forages | | Débit moyen (l/s) | Volume soutiré (hm ³ /an) | Profondeur moyen (m) | Destination |
|------------------------|-------------------|-----------|-------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|
| | Total | exploités | | | | |
| Atteuf | 19 | 16 | 30p | 8.26 | 500 | AEP+IRR+AEI |
| Berriane | 17 | 12 | 25p | 6.71 | 500 | AEP+IRR |
| Bounoura | 15 | 10 | 30p | 7.61 | 500 | AEP+IRR+AEI |
| Daya | 13 | 4 | 20p | 3.02 | 500 | AEP+IRR |
| Ghardaïa | 36 | 26 | 30p | 15.46 | 500 | AEP+IRR+AEI |
| Guerrara | 29 | 20 | 80a | 32.82 | 1000 | AEP+IRR |
| Hassifhel | 27 | 20 | 60a | 34.77 | 450 | AEP+IRR |
| Mansoura | 14 | 7 | 45p | 5.71 | 450 | AEP+IRR |
| Goléa + H. gara | 120 | 73 | 20-70 a+p | 51 | 250 | AEP+IRR+AEI |
| Metlili | 24 | 20 | 30p | 13.92 | 500 | AEP+IRR+AEI |
| Sebseb | 11 | 4 | 35p | 3.93 | 450 | AEP+IRR |
| Zelfana | 20 | 16 | 80a | 30.75 | 1000 | AEP+IRR+AEI |
| Totaux | 345 | 228 | - | 213.96 | - | - |

p: pompage

a: artésien

H:Hassi

Chapitre III: Analyse physico-chimique de l'eau

1- Approche méthodologique

L'approche méthodologique choisie dans notre étude permet de caractériser la qualité physico-chimique des eaux phréatiques dans la région de Sebseb et d'étudier leurs aptitudes à la consommation humaine.

2- Choix de la région d'étude

Notre étude est concentrée sur la commune de Sebseb. Plusieurs critères déterminent le choix de la région d'étude, les plus importants sont :

- La présence de l'eau qui est un facteur limitant de toute activité agricole dans la région.
- La présence de puits à la nappe phréatique à proximité des rejets urbains (fosses septiques traditionnelles).
- L'existence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable.

3- Présentation de la région de Sebseb

Sebseb est située dans la wilaya de Ghardaïa à 60 km du chef-lieu de la wilaya et à 663 km au sud d'Alger. Elle est limitée au nord par la commune de Metlili Chaanba, au sud par la commune d'Ain Beida relevant d'Ouargla, à l'ouest par la commune de Brisina relevant de la wilaya d'El Baydh et enfin à l'est par la commune de Mansourah.

Sebseb a été implantée sur une vallée riche en eaux souterraines peu profondes, il s'agit du lit d'oued qui porte le même nom (Oued Sebseb) (HOUICHITI, 2009).

La vallée de Sebseb est la plus large entre les oueds de la Chebka, ainsi qu'elle est reconnue par ses potentialités en eaux phréatiques, l'endroit a été nommé "les cent puits" (REGNIER, 1939).

Etant donné que Sebseb se situe dans le sud Algérien, à 663 km du littoral et du fait que l'altitude s'élève à 429 m au-dessus du niveau de la mer, la région se caractérise par un climat saharien sec, chaud et sec en été et froid en hiver.

Les indices climatiques déterminés par YUCEF (2003), montrent que la zone est caractérisée par un climat hyper aride et présente un caractère xérique, une continentalité pluviale et thermique, ce qui accentue l'aridité, et une durée d'évaporation de la tranche annuelle de pluie très

courte. Ainsi, la classification bioclimatique de la station étudiée, suivent le climagramme d'EMBERGER, qui inclut le degré de fraîcheur hivernale, montre qu'il s'agit d'un climat saharien à hiver tempéré.

Le climat et la géologie sont des facteurs déterminants pour les ressources hydriques, sur leur importance, leurs formes et leur mobilisation (HOUICHITI, 2009).

L'eau mobilisée pour l'irrigation provient principalement de la nappe phréatique, exploitée par des puits traditionnels. Selon la surface de la parcelle, on réalise un ou deux puits. Ceci est aussi valable pour les exploitations dotées de forage albiens, réalisés par les services agricoles (HOUICHITI, 2009).

La vallée de Sebseb est une formation qui appartient au quaternaire continental. Cette structure se présente sous forme de lits d'oueds, de dépressions et de dunes. Le plateau rocheux de la Chebka est la formation la plus ancienne, elle appartient au secondaire, représentée par le crétacé moyen (le turonien) et le crétacé supérieur marin (le sénonien) (URBATIA, 1996).

La hamada de l'Est et la plaine de l'Ouest sont formées de poudingues calcaires lacustres du pliocène continental (URBATIA, 1996).

Au niveau de la chebka, on ne trouve que des roches calcaires ou dolomitiques, dont le sous-sol est riche en marnes. Les hamadas ne sont que de vastes étendues pierreuses. On ne rencontre du sol qu'au niveau des bas-fonds, daya ou lit d'oued suffisamment large, comme celui de Sebseb (HOUICHITI, 2009).

Dans cette vallée on retrouve 3 types d'horizons superficiels: sur l'axe de l'oued, la texture du sol se compose de sable grossier, les éléments fins sont périodiquement lessivés par le ruissellement des crues. Le côté sud est couvert d'une nappe de sable éolien, l'arène présente une profondeur qui varie de 10cm à 1m. C'est un sable plus ou moins vif selon son état d'humidité, sa couleur jaunâtre indique la dominance d'un faciès gypseux. Dans la rive nord, on rencontre un mélange compact de terre fine et de cailloux (reg) (HOUICHITI, 2009).

Le terrain présente une surface globalement plane, sauf dans les zones de ruissellement et auprès des obstacles et lieux favorables à l'accumulation du sable, comme les clôtures, les touffes de végétation spontanée, les pistes et les constructions (HOUICHITI, 2009).

L'horizon inférieur, à le plus souvent une texture fine et plus ou moins équilibrée, dite localement Tkouri (mélange de sable et d'éléments fins). Ce profil n'est pas totalement homogène,

car il contient une succession de minces couches argilo-limoneuses. Dans les dépressions et lieux d'épandages des eaux de crue, l'horizon argileux est plus important; il mesure entre 30cm et 1m et prend une structure massive assez dure.

La profondeur totale du sol augmente des marges vers l'axe de la vallée, ou elle est d'environ 7m, après quoi la roche mère (El safia) apparaît, très peu altérée à sa surface (HOUICHITI, 2009).

Deux nappes différentes sont exploitées par la population de Sebseb, l'une depuis des siècles, la nappe phréatique, l'autre depuis des années, la nappe du continental intercalaire, le grand réservoir du Sahara.

La nappe phréatique

L'existence d'eaux souterraines dans la région du M'Zab, s'explique par la présence d'assises marneuses imperméables de l'étage cénomanien, sous les calcaires turoniens de la Chebka (MOULIAS, 1927).

La nappe phréatique est la principale source pour l'irrigation où chaque exploitation dispose de son propre puits. D'ailleurs, vers cette règle tendent les périmètres munis de réseaux collectifs, alimentés par des forages albiens, établis par les autorités (HOUICHITI, 2009).

La profondeur de pompages des eaux de la nappe phréatique varie entre 15 et 25 mètres à partir de la surface du sol. Cette profondeur augmente chaque fois que l'on s'éloigne de l'ancienne oasis. Les puits de la nappe phréatique se trouvent également à l'extérieur de l'oasis. Ils sont nécessaires pour les nomades, et constituent des sources d'eau et des repères pour les terrains et les parcours (HOUICHITI, 2009).

La nappe du continental intercalaire

En vue d'augmenter les disponibilités en eau pour les besoins agricoles et domestiques des habitants, 11 forages ont été réalisés dans la nappe albienne (DJEKAOUA, 2006).

La profondeur de ces forages est la même (500 m), mais le débit varie de 22 à 60 litres par seconde. Pour amener l'eau à la surface, le pompage est nécessaire (HOUICHITI, 2009).

Les eaux phréatiques dans la commune de Sebseb n'ont pas la même qualité. Certains puits ont une eau relativement douce, d'autres par contre sont plus ou moins chargées en sels. Quelques puits sont même abandonnés, en raison de leur forte salinité. En revanche, les différents forages de la nappe albienne ont la même qualité d'eau (HOUICHITI, 2009).

L'eau d'irrigation exploitée à cette nappe est fortement saline (0,78 dS/m à 25°C) à excessivement saline (5,86 dS/m à 25°C) avec une moyenne de $2,33 \pm 1,33$ dS/m à 25°C. Ces eaux appartiennent aux classes C3, C4 et C5 (DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011).

Dans la commune de Sebseb, les eaux de la nappe albienne sont caractérisées par une forte salinité (1,62 à 2,19 dS/m à 25°C) avec une moyenne de $1,9 \pm 0,21$ dS/m à 25°C. Tous les forages analysés appartiennent à la classe C3 (DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011).

4- Echantillonnage

L'échantillon doit être représentatif de la masse d'eau considérée sans aucune altération entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.

4.1- Zone d'échantillonnage

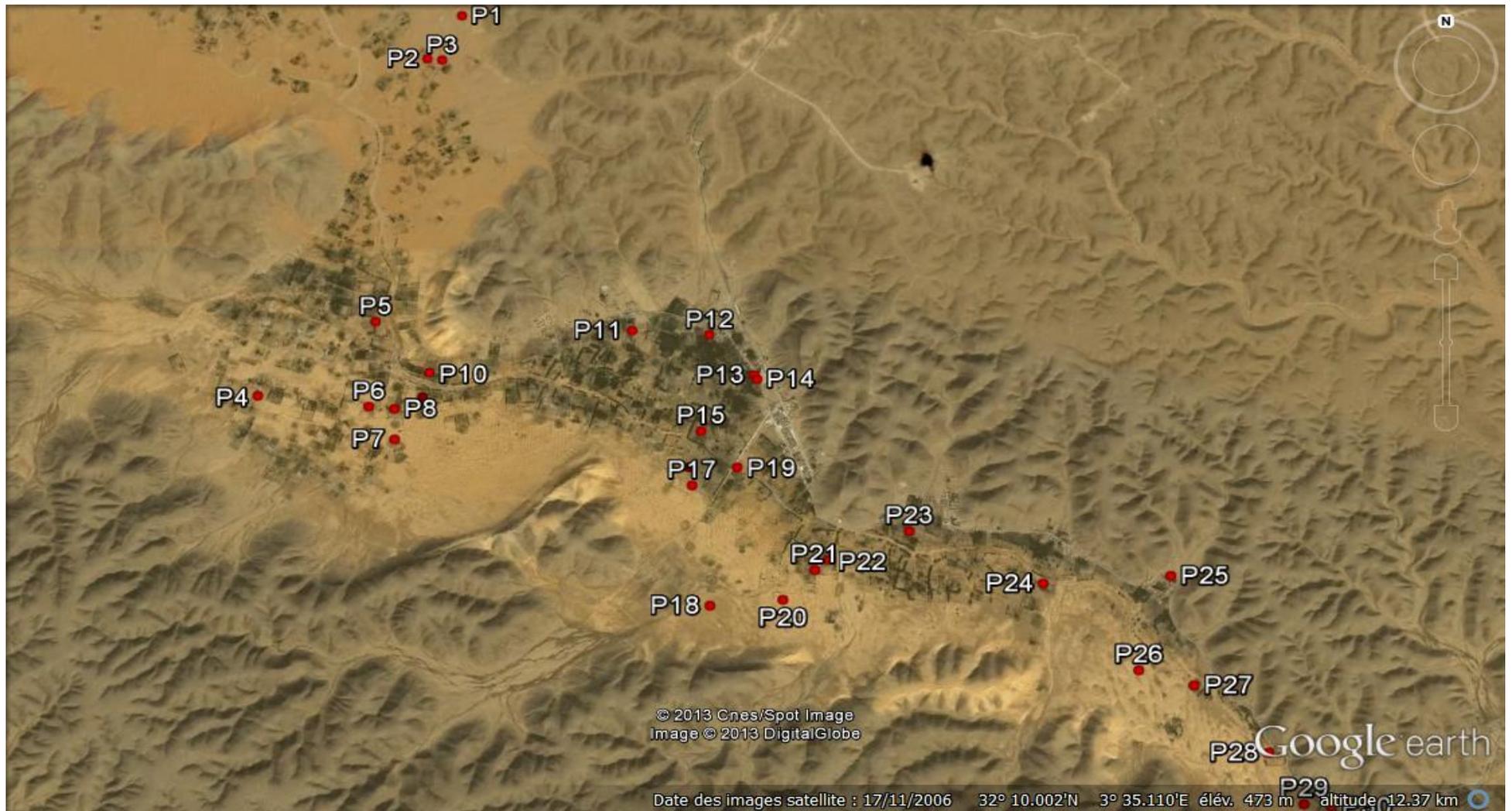
Nous avons sélectionnés 30 points d'eau pour la réalisation de ce travail. Ils sont répartis uniformément à travers le lit de l'oued Sebseb. Nous avons prélevés les échantillons: de l'amont jusqu'à l'aval de l'oued. A l'aide d'un GPS, nous avons localisés les points d'eau retenus.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'A.D.E, unité de Ghardaïa.

4.2- Représentativité des échantillons

Avant de prélever un échantillon d'eau, il faut s'assurer de la représentativité de l'échantillon. Une bonne représentativité des échantillons repose sur :

- Une bonne répartition spatiale des puits.
- L'utilisation de l'eau : Consommation et/ou besoins agricoles.
- L'accessibilité pour les prélèvements des points d'eau.
- Renouvellement de l'eau par pompage ou soutirage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que l'on veut échantillonner (RODIER, 2005).



- Point d'eau analysée

Photo 1: Répartition spatiale des points de prélèvement des eaux phréatiques au niveau d'Oued Sebseb.

4.3- Stockage des échantillons

Les principes suivants ont été suivis :

- Les prélèvements, au nombre de 06 ont été effectués manuellement dans des flacons en matière plastique de 1/2 litre de capacité. Les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'à bord, le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air.
- Les échantillons ont été parfaitement identifiés portant le code de puits et la date de prélèvement.
- Après la mise en flacon et l'étiquetage, l'échantillon est placé dans une mallette de transport qui permet de le maintenir au frais et qui le préserve de la lumière, des poussières et des salissures.
- Le transport de l'échantillon au laboratoire se fera dans les plus brefs délais. Les échantillons ont été transportés dans un délai dépassant pas les 24 heures.
- Au laboratoire, les échantillons ont été conservés au réfrigérateur entre 3 et 5 °C (RODIER, 2005).

5- Mesures de terrain

Sur le terrain, les mesures concernent uniquement la prise des coordonnées géographiques des différents points d'eau par le GPS.

6- Mesures et analyses au laboratoire

Les mesures physico-chimiques et les analyses chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire d'ADE de Ghardaïa.

6.1- pH

La mesure du pH a été faite à l'aide d'un pH mètre.

Principe

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[H^+]$ présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (ISO, 1984).

6.2- Conductivité électrique, température, salinité et TDS

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre et ramené à la température de 25°C.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Principe

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si R est la résistance de la colonne d'eau en ohms.

S sa section en cm^2 et l sa longueur en cm.

La résistivité électrique en ohms-cm est

$$P = R \frac{S}{l}$$

La conductivité électrique en S/cm est :

$$V = \frac{1}{P} = \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{S}$$

$\frac{1}{S}$ Est appelé constante de l'élément de mesure (ISO, 1984).

6.3- Turbidité

La mesure de la turbidité a été faite à l'aide d'un turbidimètre.

Principe

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

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 (ISO, 1984).

6.4- Dosages des cations

6.4.1- Calcium et magnésium

Titrimétrie à l'EDTA.

Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. Le HSN, qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur.

Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage. Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair (ISO, 1984).

6.4.2- TH (titre hydrométrie)

Titrimétrie à l'EDTA.

Principe

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) 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 (ISO, 1984).

6.4.3- Sodium et potassium

Le dosage se fait à l'aide d'un spectrophotomètre d'émission de flamme.

Principe

Aspiration de l'échantillon dans une flamme de gaz présentant une énergie thermique suffisante pour provoquer l'émission de radiations caractéristiques du sodium et du potassium présents dans la solution. Mesure de l'intensité à une longueur d'onde de 589.0 nm pour le sodium et de 766.5 nm pour le potassium (ISO, 1993).

6.4.4- Ammonium

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

Principe

Mesure spectrométrique, du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium) (ISO, 1986).

6.4.5- Fer

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

Principe

Addition d'une solution de phénanthroline-1.10 à une prise d'essai et mesure photométrique du complexe-rouge-orange à une longueur d'onde d'environ 510 nm (ISO, 1989).

6.5- Dosages des anions

6.5.1- Nitrates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

Principe

Le dosage des nitrates se fait par colorimétrie dans un photomètre UV 440 µm avec le réactif sulfophérique (ISO, 1986).

6.5.2- Nitrites

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

Principe

Réaction des nitrites avec, le diméthyle-2.6 phénol en présence des acides sulfuriques et phosphoriques avec production du nitra-4diméthyle-2.6 phénol.

La durée de la réaction est d'environ 05 minutes (ISO, 1986).

6.5.3- Orthophosphates

Le dosage est fait par un spectrophotomètre UV 440 µm.

Principe

Réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonylphosphomolybdate. Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en orthophosphates présents. Les polyphosphates et certains composés organophosphorés sont dosés après transformation, par hydrolyse par l'acide sulfurique, en orthophosphates réagissant au molybdate (ISO, 1986).

6.5.4-TAC (titre alcalimétrique complet)

Le dosage de TAC est effectué par titrimétrie.

Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (Rodier, 2005).

6.5.5- Chlorures

Le dosage des chlorures est effectué par titrimétrie.

Principe

Le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge de chromate d'argent (ISO, 1989).

6.5.6- Sulfates

Le dosage des sulfates est effectué par la méthode turbidimétrique.

Principe

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravi-métriquement (Rodier, 2005).

6.6- DCO (Demande chimique en oxygène)

Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenus dans l'eau par excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$) (ISO, 1989).

7- Traitement de données

7.1- Analyse statistiques (Statistiques descriptives)

Cet outil d'analyse génère un rapport de statistiques à une seule variable pour les données contenues dans la plage d'entrée, fournissant ainsi des informations sur la tendance centrale et la dispersion des données.

Les statistiques descriptives dans notre cas concernent la moyenne, l'écart type, le minimum, et le maximum.

7.2- Réalisation des cartes thématiques

Afin de caractériser la répartition spatiale de la qualité des eaux phréatiques de la région de Sebseb par rapport aux normes de la qualité d'eau, nous avons réalisé des cartes thématiques avec le logiciel SURFER version 8.

TROISIEME PARTIE



***RESULTATS &
DISCUSSIONS***

Chapitre IV: Résultats et discussions

1- Évaluation de la potabilité des eaux de la nappe phréatique dans la région d'étude selon les normes de l'O.M.S et les normes Algériennes

La qualité de l'eau se mesure aux caractéristiques qui la rendent plus ou moins apte à une utilisation donnée, c'est-à-dire à satisfaire les besoins de l'utilisateur. Elle est définie par certaines caractéristiques physiques, chimiques et biologiques et même une référence personnelle comme le goût. Plusieurs normes ont été proposées selon les différents domaines tels que l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Selon les normes internationales de l'O.M.S et Algérienne à titre comparative, on peut tirer les conclusions suivantes :

- pH

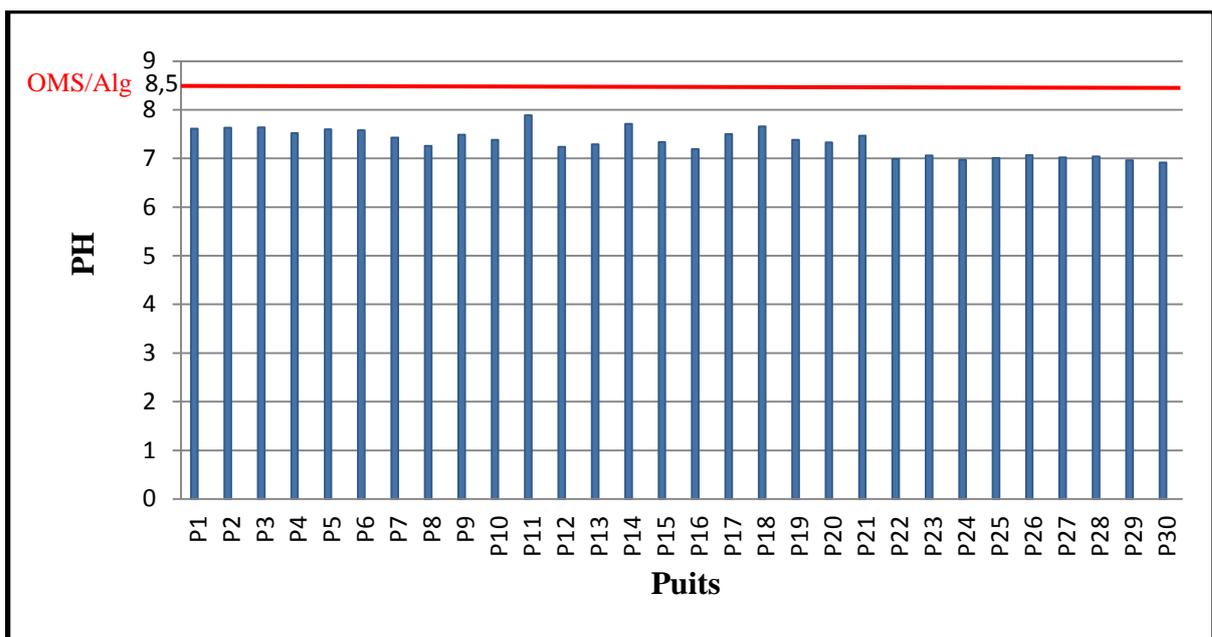


Figure 20: Variation de pH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après la figure 20, le pH varie de 6.92 au niveau de puits P30 à 7.89 dans le puits P11 avec une moyenne de 7.34 ± 0.27 .

Les valeurs de pH des eaux de la nappe phréatique de la commune de Sebseb sont inférieures aux valeurs citées dans l'index de l'O.M.S, et de la norme Algérienne (Fig.20). Cette eau ne présente aucun inconvénient vis-à-vis du pH des eaux potables.

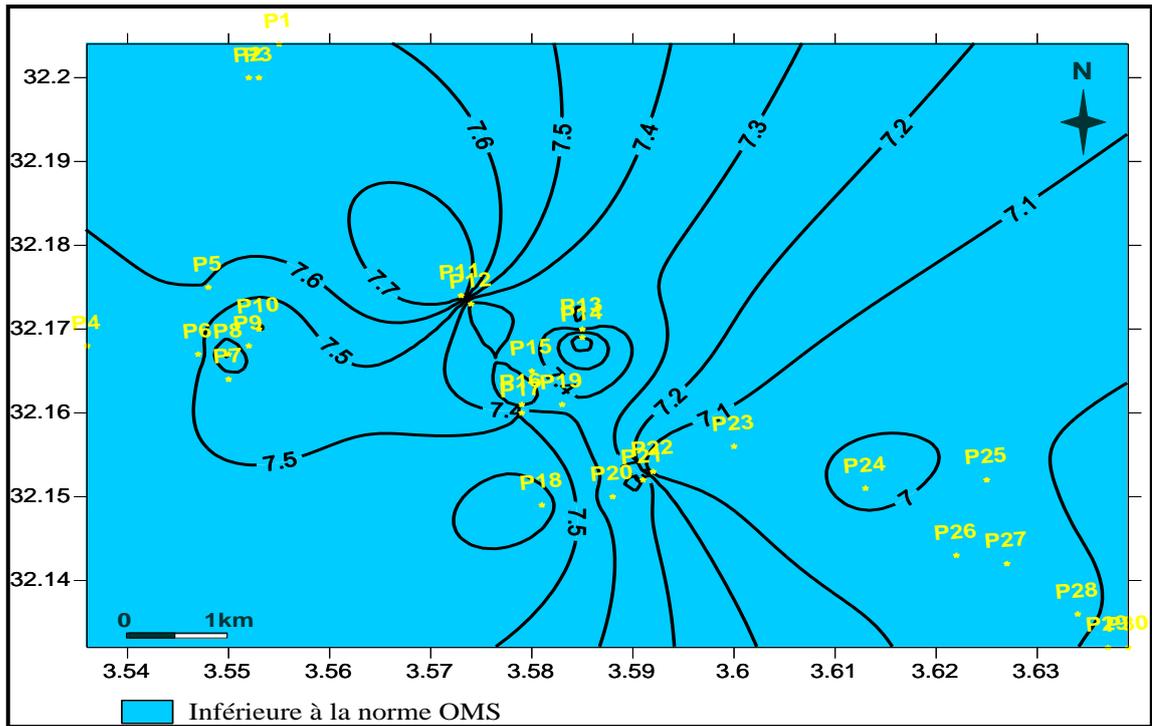


Figure 21: Carte de variation spatiale de pH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Selon les figures (20,21), Les valeurs qui présentent une certaine alcalinité sont situées en amont, avec une valeur maximale au puits P11 ensuite P14, les valeurs à faible alcalinité sont situées en aval notamment au puits P29 ensuite P30, les valeurs neutres sont situées au centre de la vallée, notamment au puits P25 et P24. Les eaux explorées de la vallée sont conforme à la norme. La diminution du pH des puits en aval peut être expliquée par l'effet de l'agriculture (lixiviation des éléments chimiques).

- Conductivité électrique

D'après la figure 22, la conductivité électrique mesurée à 25° varie entre 0.39 dS/m et 6.63 dS/m avec une moyenne de 3.24 ± 1.63 dS/m dans les puits P18 et P16 successivement.

Onze puits d'eau analysés (P1, P2, P3, P4, P5, P9, P10, P14, P17, P18, P20) ont une valeur de conductivité électrique inférieure à la norme de l'OMS et Algérienne (Fig.22), Ce qui indique que cette eau peut être utilisée pour la consommation et ne présente aucun effet sur la santé de consommateur. Tandis que les eaux des autres puits dépassent la norme et ne peuvent être consommés.

solution et la température (DIB, 2009). L'augmentation de la conductivité dans les puits (P6, P7, P8, P11, P12, P13, P15, P16, P19, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30) est probablement due à la lixiviation des sels provenant de l'irrigation, ainsi qu'au drainage souterrains permettant une augmentation de la concentration des eaux de l'amont vers l'aval.

- Turbidité

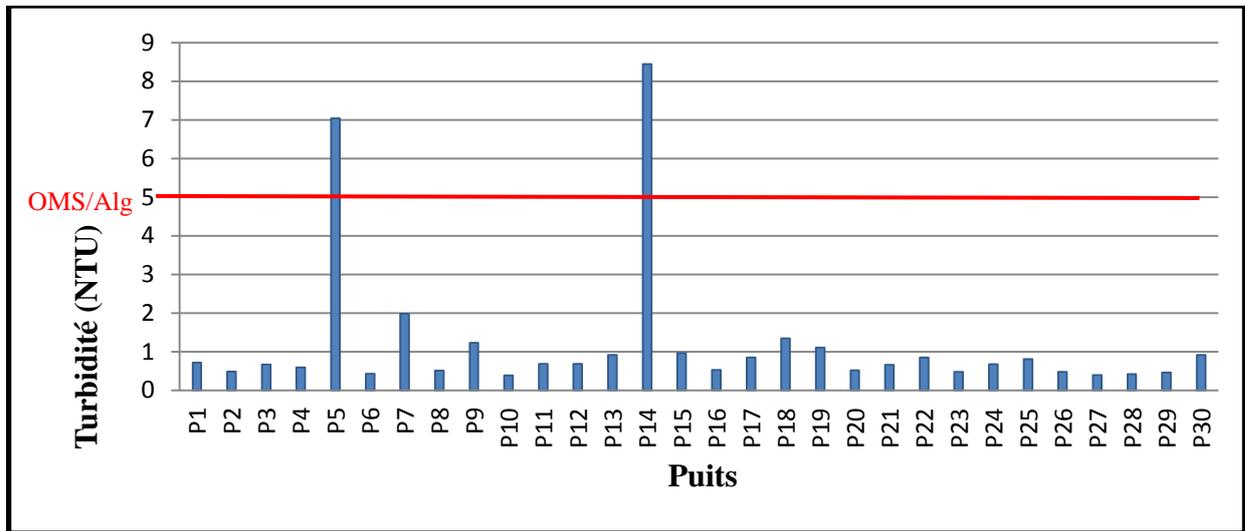


Figure 24: Variation de la Turbidité des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Les valeurs de la turbidité varient entre 0,39 NTU au niveau de puits P10 à 8,44 NTU dans le puits P14 avec une moyenne de 1.21 ± 1.81 NTU (Fig.24).

Tous les puits d'eaux analysées contiennent des eaux claires, ce qui explique une faible turbidité acceptable pour la teneur maximale admissible à la norme OMS et Algérienne, ce qui traduit la potabilité de ces eaux vis-à-vis ce paramètre, à l'exception des deux puits (P5 et P14) qui ont une valeur de turbidité supérieure à la norme (Fig24), ayant des impacts sur la santé par la diminution de l'efficacité des traitements de désinfection et génère des risques microbiologiques.

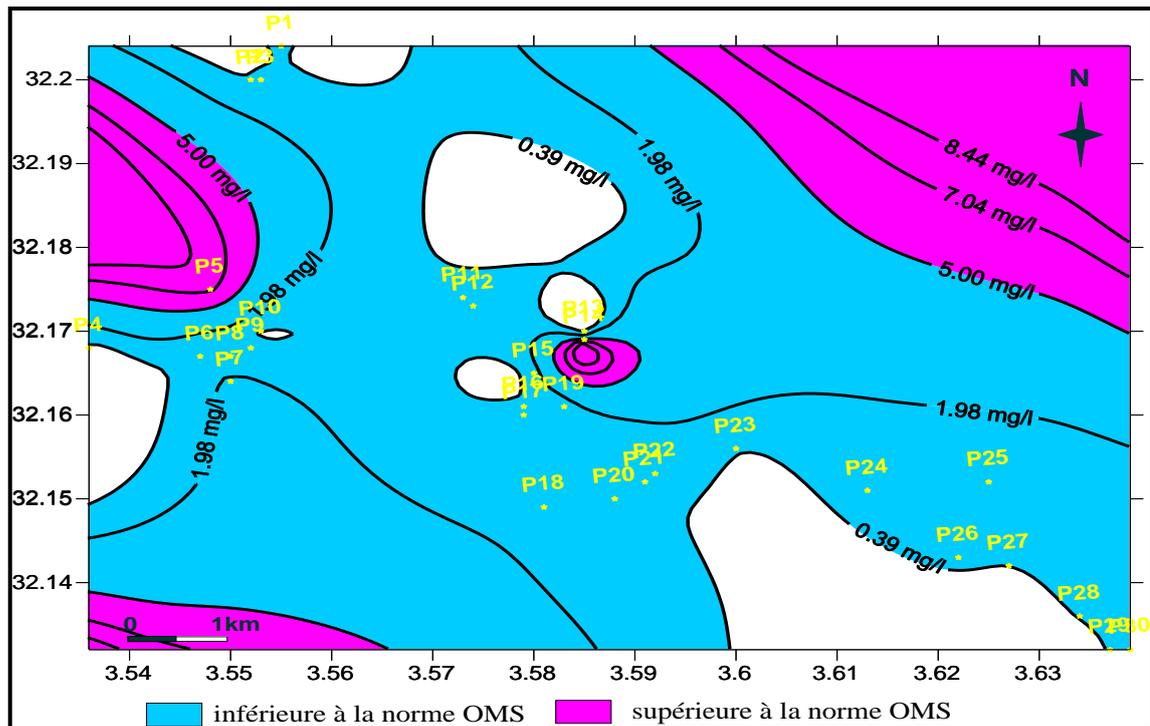


Figure 25: Carte de variation spatiale de la Turbidité des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après les figures (24,25), les teneurs en turbidité montre une homogénéité de la variation spatiale, à l'exception de deux puits (P5 et P14). Les sources de matières particulaires peuvent être d'origine naturelle (acides humiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets agricoles et urbains) (US EPA, 1999). Parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité. Afin de pouvoir gérer en continu la qualité d'une eau traitée, il a été introduit la notion de concentration en résiduel de désinfectant chimique après un temps de contact donné, pour s'assurer d'une garantie de désinfection à condition que la turbidité de l'eau ne protège pas ces germes (≥ 0.3 NTU) (MONTIEL, 1999).

- Titre hydrométrique

Selon la figure 26, les valeurs obtenues de la dureté totale, vont de 300 mg/l dans le puits P20 à 3500 mg/l au niveau de puits P30 avec une moyenne de 1528 ± 803.09 mg/l.

Trois puits d'eau analysés (P4, P18, P20) ont une valeur de TH ne dépassant pas la teneur maximale admissible de l'OMS, par contre les eaux des autres puits sont très dures, ce qui explique leurs valeurs supérieures à la norme maximale admissible par l'OMS et les normes Algériennes (Fig.26). On remarque que les trois puits possèdent des eaux valides pour la consommation, alors

que la consommation des autres eaux pourrait se traduire une augmentation des cas de lithiase urinaire et diverses autres maladies liées à la dureté.

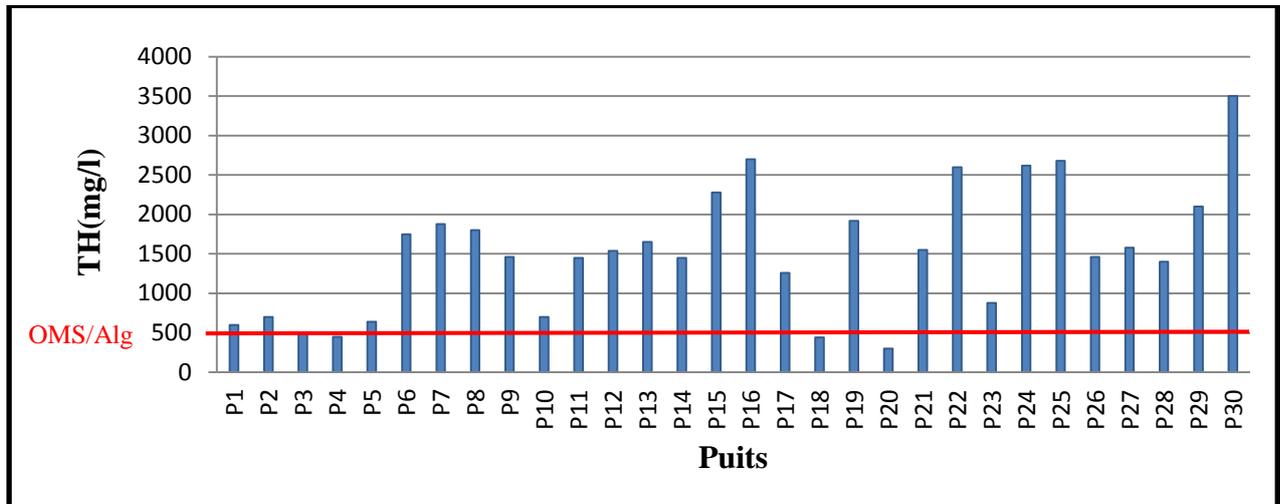


Figure 26: Variation de teneur en TH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

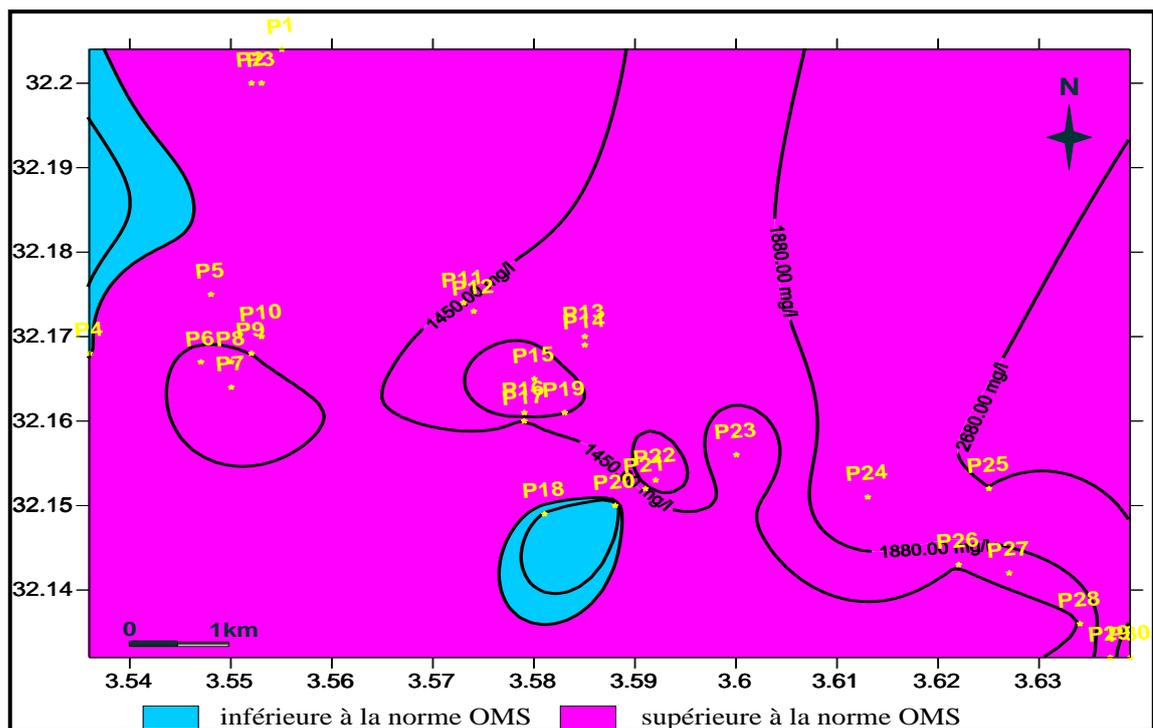


Figure 27: Carte de variation spatiale de la teneur en TH des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Au vu des figures (26,27), la dureté est plus élevée de l'aval que de l'amont, L'évolution de la dureté semble être liée à une augmentation en Ca^{++} et/ou Mg^{++} . La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (HAKMI, 2006). Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrain gypseux, peuvent

avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g/l (RODIER et al., 2005; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. Dans les échantillons analysés, ce paramètre présente une grande variation d'un puits à l'autre qui serait liée à la nature lithologique de la formation géologique de la nappe phréatique et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

- Magnésium

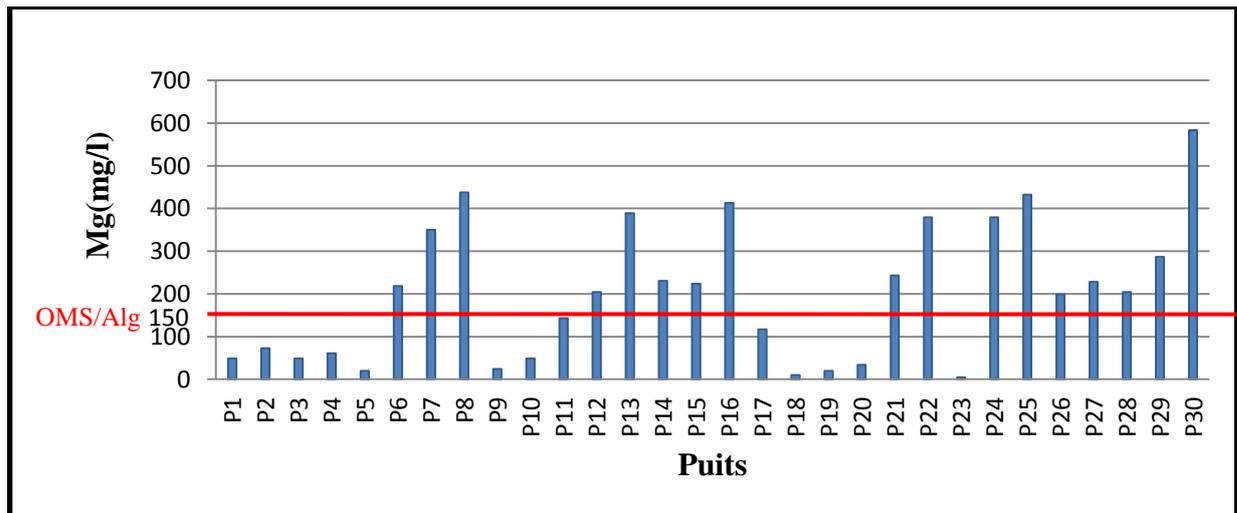


Figure 28: Variation de la teneur en Magnésium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Les teneurs en magnésium comprises entre 9,78 mg/l dans le puits P18 à 583 mg/l au niveau de P30 avec une moyenne de 201.78 ± 160.74 mg/l (fig.28).

Douze échantillons analysés (P1, P2, P3, P4, P5, P9, P10, P11, P18, P19, P20, P23) ont une teneur de magnésium inférieure à la norme admissible de l'OMS, par contre les autres puits dépassent la norme et c'est le même cas pour les normes Algérienne (Fig.28). On note que les eaux des douze puits sont valables pour la consommation, par contre les eaux des autres puits ne peuvent pas être consommées et peuvent provoquer une dépression du système nerveux centrale à cause du magnésium.

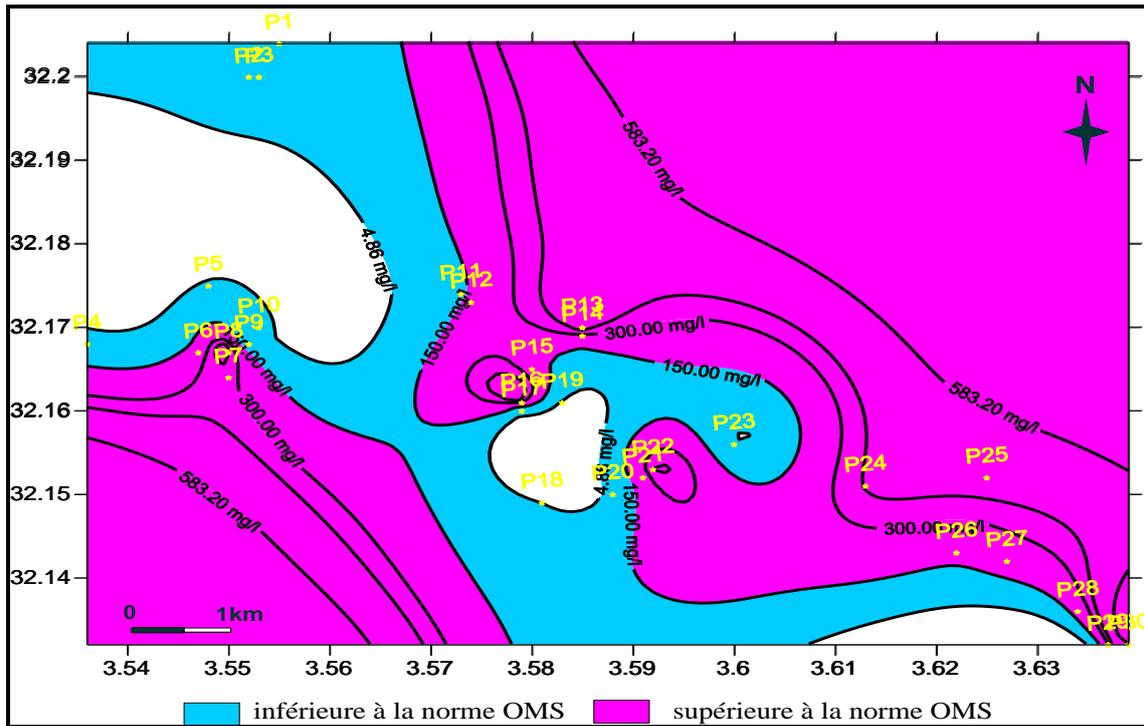


Figure 29: Carte de variation spatiale de la teneur en Magnésium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Au vu de des figures (28,29), La variation du magnésium sont globalement concentré dans la vallée, est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{++} (DIB, 2009). La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/l à 20°C. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogencarbonates.

- Calcium

Le calcium varie comme le Magnésium et leur concentration dans l'eau dépend aussi du substrat géologique traversé. Les teneurs en calcium sont compris entre 20.04 mg/l au puits P13 à 737.47 mg/l au puits P19 avec une moyenne de 285.64 ± 155.38 mg/l (Fig.30).

Treize puits d'eau analysés (P6, P8, P9, P11, P15, P16, P17, P19, P22, P23, P25, P29, P30) ont une concentration en calcium supérieur à la norme OMS, tandis que les autres puits ne dépassent pas la norme, et c'est le même cas pour les normes Algériennes (Fig.30). On remarque que les treize puits sont potable, alors que les autres sont imbuvable et peuvent compromettre le fonctionnement normal des muscles et des nerfs vis-à-vis les teneurs en calcium.

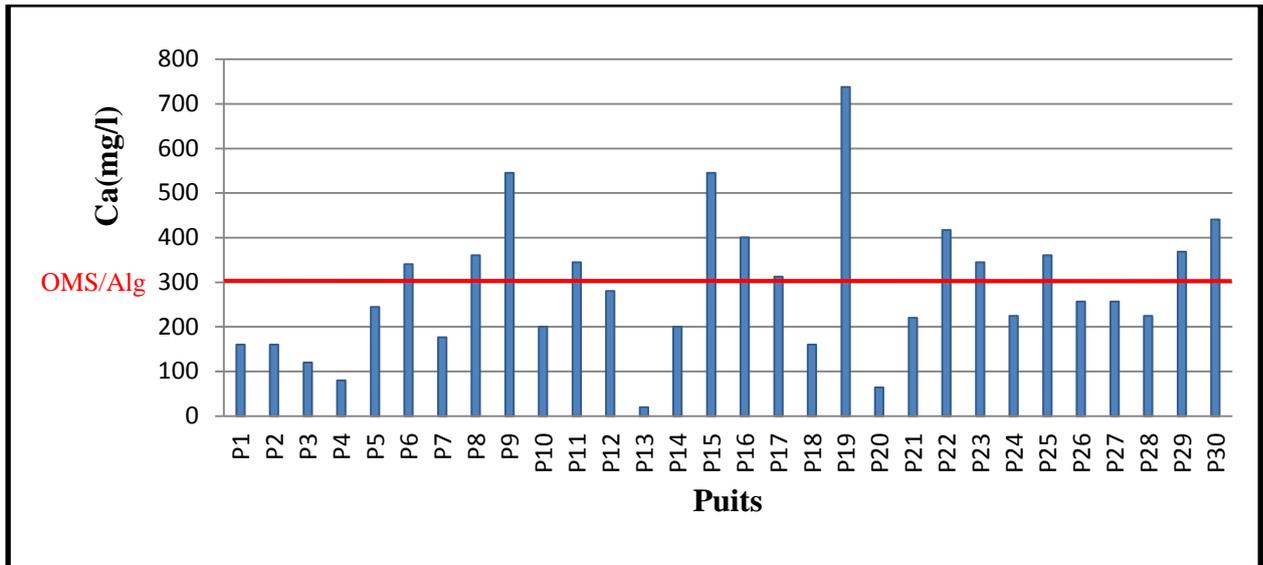


Figure 30: Variation de la teneur en Calcium des eaux phréatique de la commune de Sebseb.

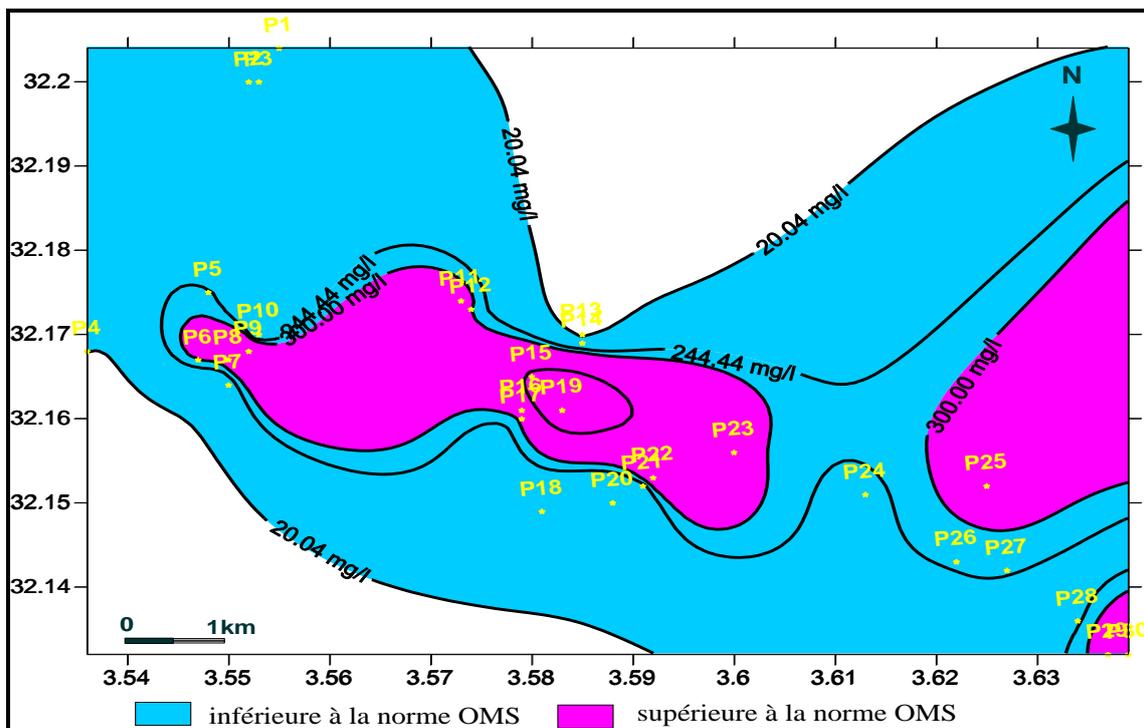


Figure 31: Carte de variation spatiale de la teneur en Calcium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Selon les figures (30,31), la concentration en calcium augmente de P6 jusqu'à l'aval de l'oued. Leur variation suit la nature de terrain traversé, Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre sous forme de sulfate, chlorure... etc (RODIER et al., 2005). L'augmentation de calcium dans certains puits est expliquée par la présence d'une roche sédimentaire, il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence

du gaz carbonique. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) qui sont facilement solubles (DIB, 2009).

- Sodium

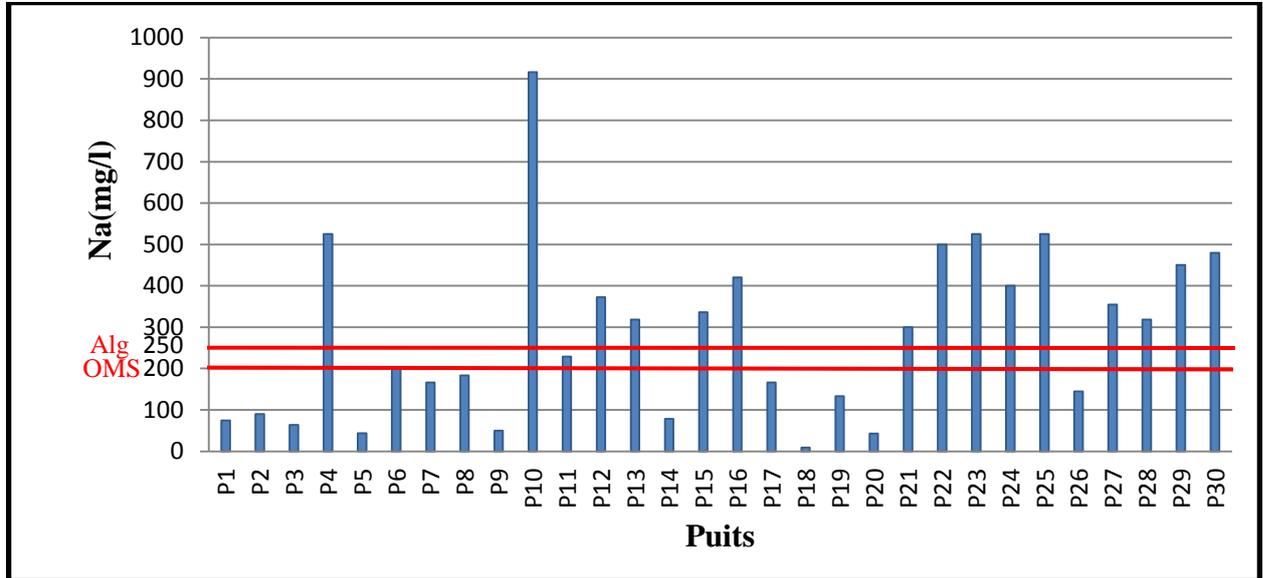


Figure 32: Variation de la teneur en Sodium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après la figure 32, les valeurs de sodium présentent une variation spatiale élevée, la valeur minimale (9.28 mg/l) est enregistrée dans le puits P18, alors que la valeur maximale (916.66 mg/l) est mesurée dans le puits P10 avec une moyenne de 280.58 ± 207.21 mg/l.

Au vue de la figure 32, Quatorze échantillons analysés (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9, P14, P17, P18, P19, P20, P26) ont une teneur en sodium ne dépassant pas la norme maximale admissible de l'OMS, par contre les seize autres puits ont des valeurs qui dépassent la norme. On note que les quatorze puits sont potables tandis que les seize puits sont imbuables. Alors que pour les normes Algérienne la moitié des puits (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9, P11, P14, P17, P18, P19, P20, P26) sont inférieure à la norme et sont valable pour la consommation. Les autres puits ne sont pas potables et leur consommation peut provoquer la maladie de l'hyponatrémie.

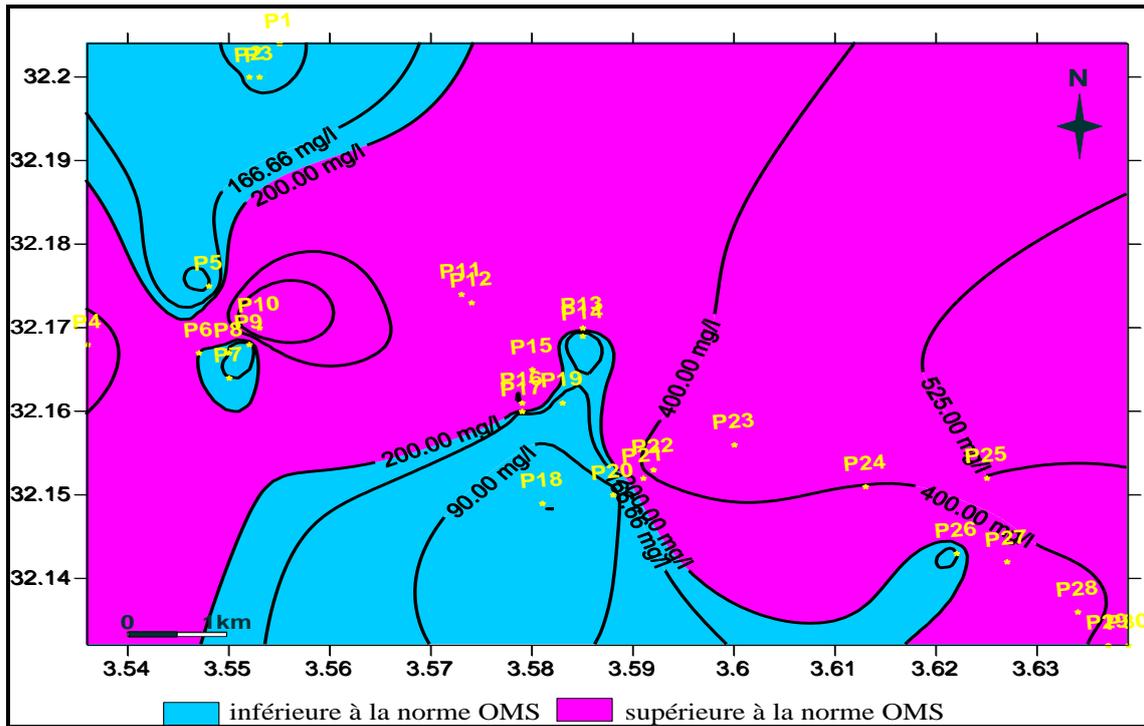


Figure 33: Carte de variation spatiale du teneur en Sodium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Selon les figure (32,33), les teneurs en sodium sont majoritairement concentrées sauf dans les puits (P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P14, P17, P18, P19, P20, P26), toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables, Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium. Un régime normale apporte 3 à 5 g /j de sodium (8 à 12 g /j en chlorure de sodium, La quantité nécessaire est inférieure à 200 mg/j pour l'enfant et à 2000 mg/j pour l'adulte (RODIER, 1978).

- Potassium

Selon la figure 34, les valeurs de potassium présentent une variation d'un puits à un autre, et varié de 3.33 mg/l au niveau du puits P18 à 87.5 mg/l dans le puits P30 avec une moyenne de 31.54 ± 20.16 mg/l.

Six puits d'eau analysés (P1, P2, P3, P4, P18, P20) ne dépassent pas la teneur maximale admissible de l'OMS et Algérienne en potassium, alors que les autres puits ont des valeurs supérieure (Fig.34), ce qui indique que les eaux de six puits sont potables, par contre les eaux des autres puits sont de mauvaises qualité et leurs consommation peut provoquer des effets négatifs pouvant se manifestés par une sécrétion accrue de l'aldostérone.

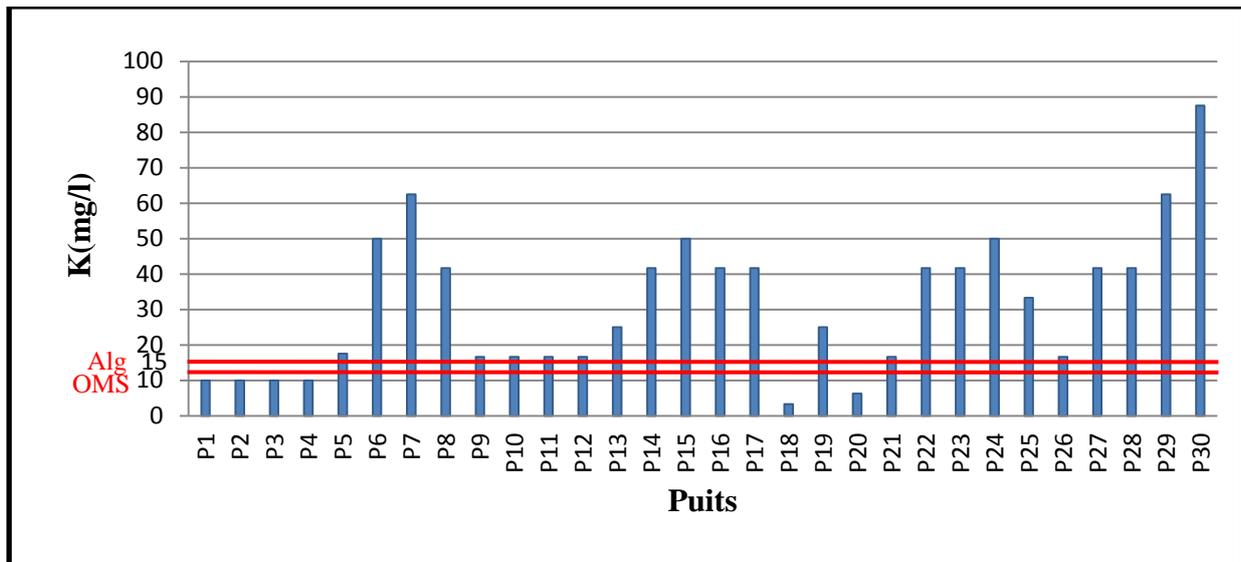


Figure 34: Variation de la teneur en Potassium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Selon les figures (34,35), le potassium varie de l'amont à l'aval les valeurs les plus faibles sont enregistré à l'amont de la vallée, or que ceux élevés sont enregistrés en aval cette différence des concentrations peut être causée par l'effet anthropique, aussi à la richesse des sols de la région en formation évaporitique. Bien que dans les roches ignées, la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium (RODIER et al., 2005), avec la nature du terrain, c'est tout à fait le contraire, où le potassium est mineur par rapport au sodium. Le potassium à faible dose ne représente pas de risques significatifs.

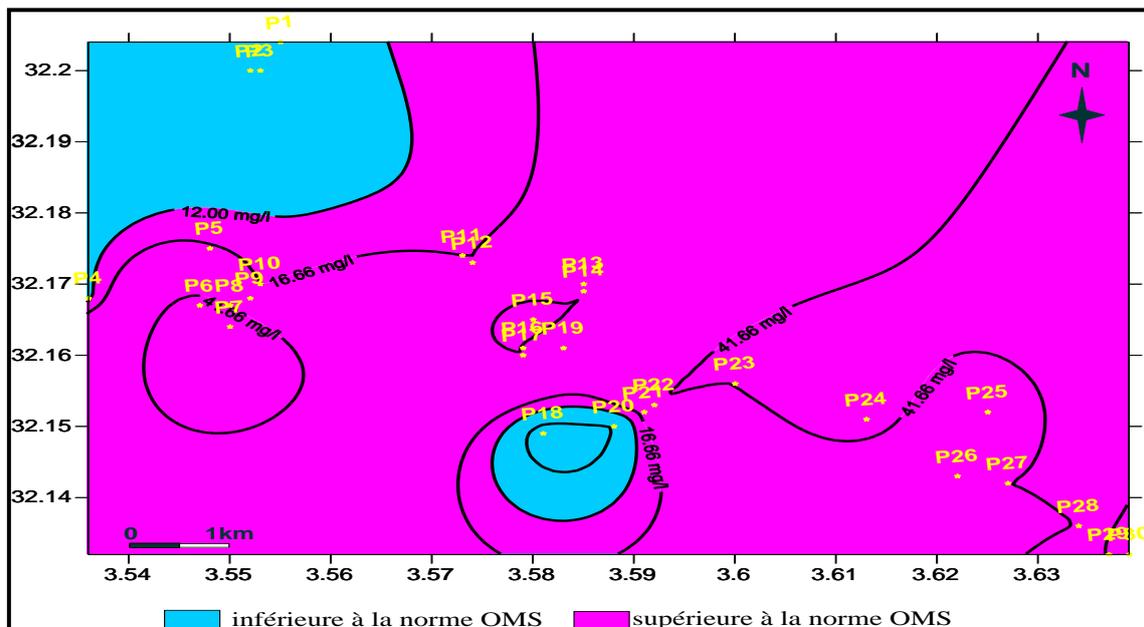


Figure 35: Carte de variation spatiale de la teneur en Potassium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

- Ammonium

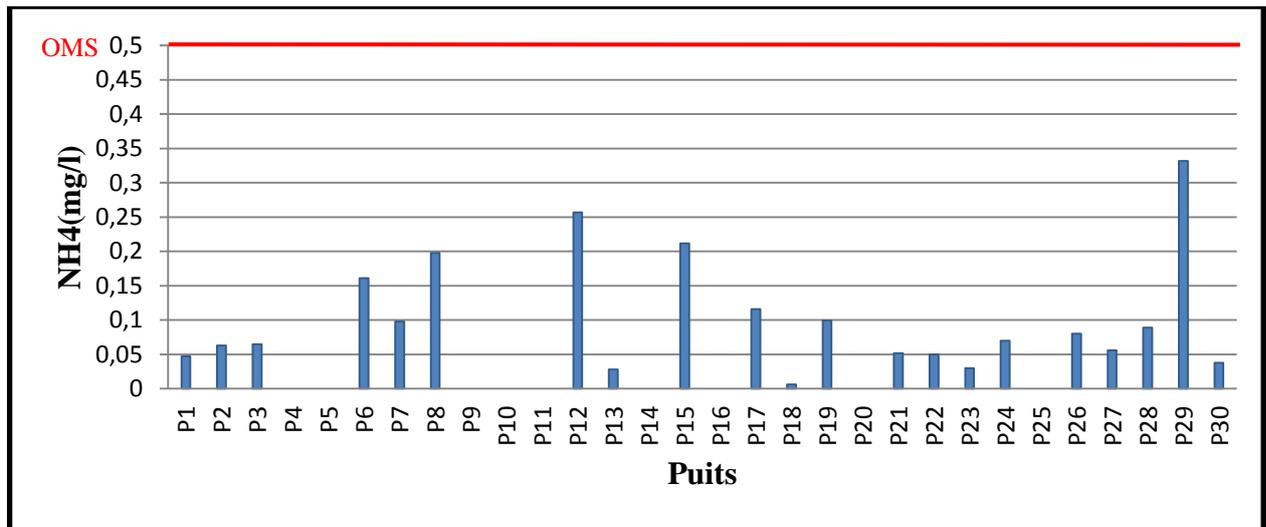


Figure 36: Variation de la teneur en Ammonium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Selon la figure 26, Le taux d'ammonium oscille entre une concentration minimale de 0 mg/l enregistré au puits (P4, P6, P9, P10, P11, P14, P16, P20 et P25) et une maximale de 0,332 mg/l enregistré au puits P29 avec une moyenne de 0.07 ± 0.08 mg/l.

Aucun puits d'eau échantillonnés ne dépasse la norme maximale admissible de l'OMS, ce qui indique que les eaux de cette région sont valables pour la consommation de point de vue teneur en ammonium (Fig.36).

Les figures (36,37), montrent une homogénéité de la variation spatiale de la teneur en ammonium; la concentration d'ammonium est faible dans toute la région. Dans les puits d'eau analysés (P4, P5, P9, P10, P11, P14, P16, P20, P25) le taux d'ammonium est nul, ce qui met l'hypothèse d'absence de pollution biologique.

En général l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. La mise en évidence, dans l'eau, de teneurs importantes en ammonium implique une contamination récente par les matières organiques en décomposition. En profondeur, les eaux peuvent se charger en ion ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux (RODIER et al., 2005; DIB, 2009).

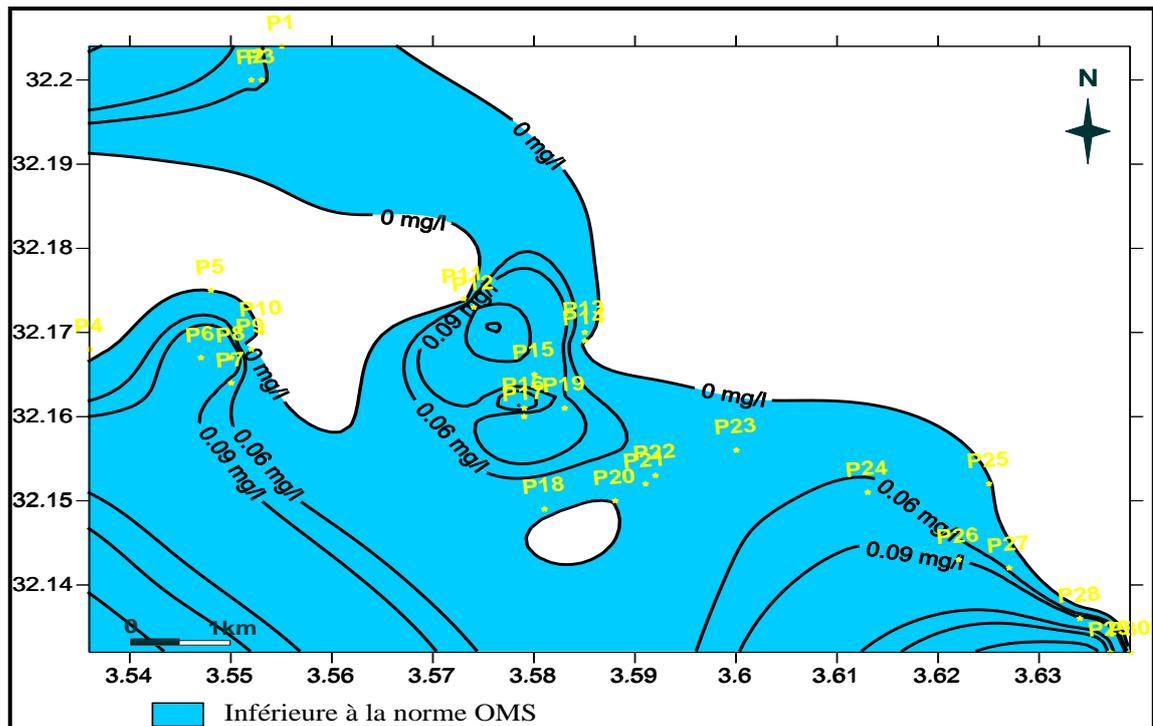


Figure 37: Carte de variation spatiale du teneur en Ammonium des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

- Sulfates

Les sulfates présentent des concentrations allant de 75.65 mg/l au niveau de puits P10 à 3982.81 mg/l dans le puits P7 avec une moyenne de 1353.59 ± 1019.86 mg/l (Fig.38).

D'après la figure, huit échantillons analysés (P1, P2, P3, P4, P9, P10, P18, P20) ont une valeur de sulfate inférieur à la norme OMS et les normes Algériennes, alors que les autres puits dépassent la norme, ce qui indique que les eaux de huit puits sont potable pour la consommation vis-à-vis de la teneur de sulfate, par contre les eaux d'autre puits ne le sont pas et peuvent créer des diarrhées sévères et dans certains cas la mort.

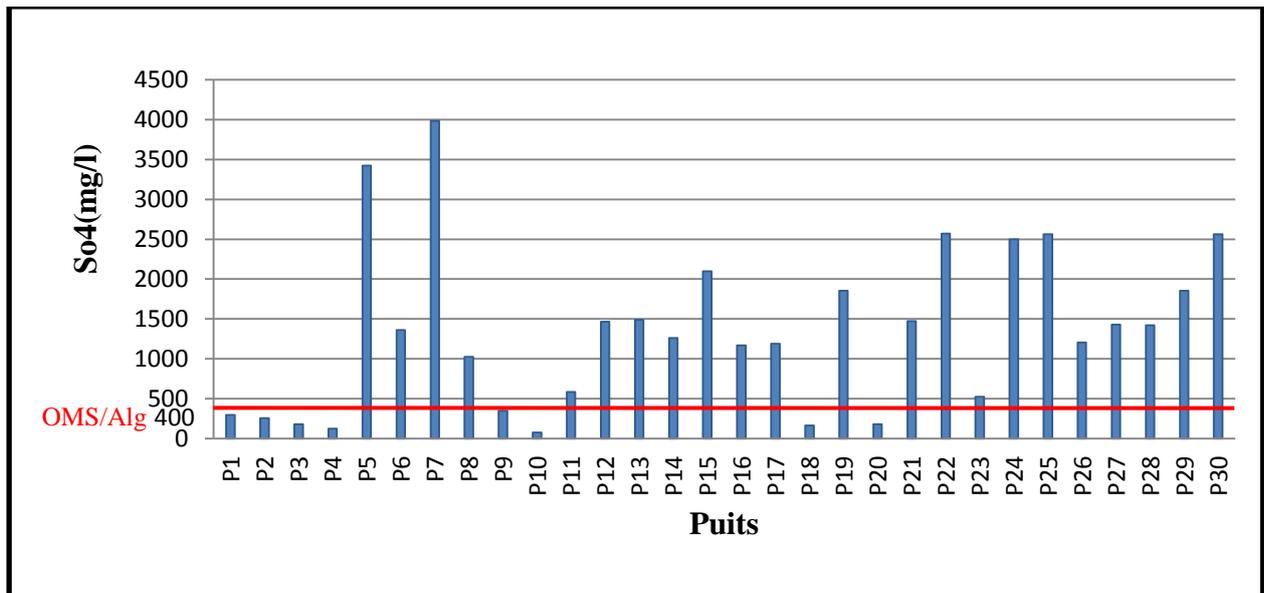


Figure 38: Variation de la teneur en Sulfate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

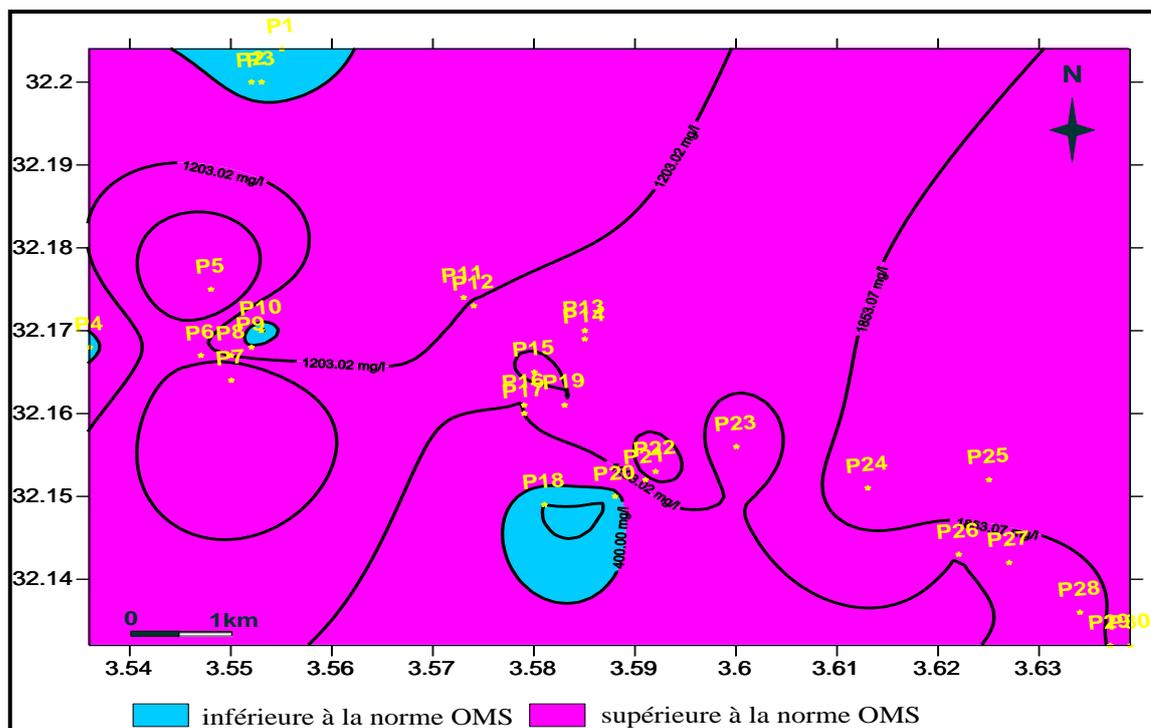


Figure 39: Carte de variation spatiale de la teneur en Sulfate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après les figures (38,39), la majorité de concentration en sulfate est élevée dans toute la vallée, ce la est probablement due à la nature de la roche mère, et la dissolution du gypse (RODIER et al., 2005; DIB, 2009). La présence de sulfate en quantité supérieure à 300 mg/l peut entraîner dans certaines conditions l'altération des matériaux de construction (corrosion des réservoirs de stockage) et accélère la corrosion du fer (RODIER et al., 2005).

- Chlorures

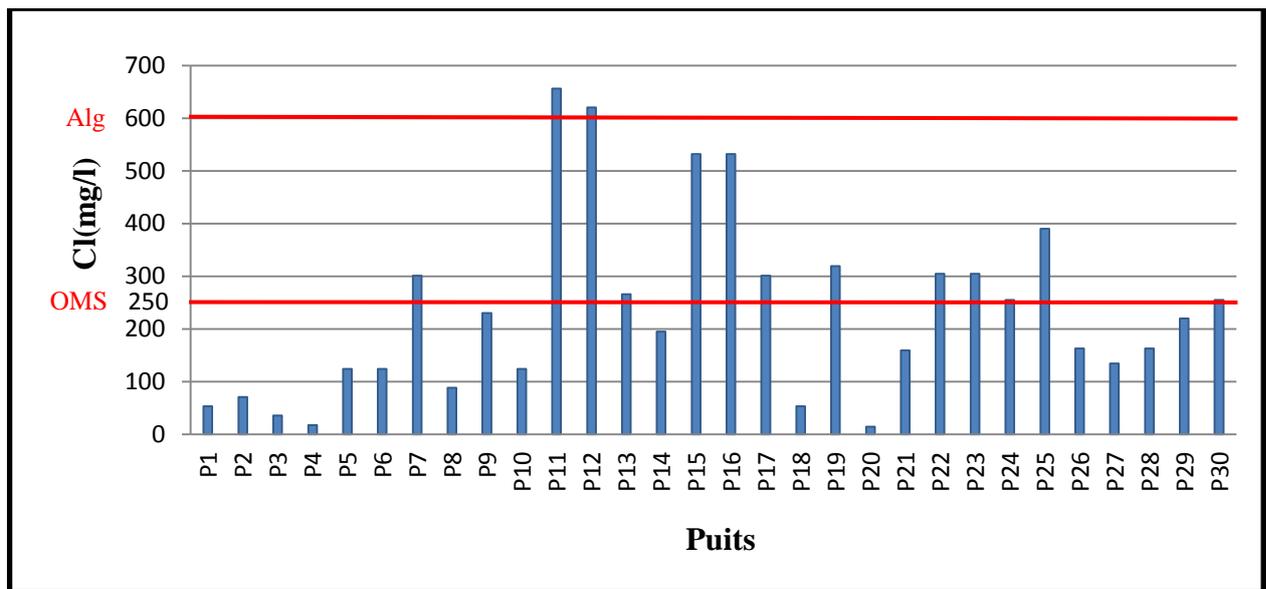


Figure 40: Variation de la teneur en Chlorure des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Parmi les anions dominants, il apparaît les chlorures, variant entre 14.18 mg/l dans le puits P20 à 655.88 mg/l dans le puits P11 avec une moyenne de 233.63 ± 173.04 mg/l (Fig.40).

Treize puits d'eau analysés (P7, P11, P12, P13, P15, P16, P17, P19, P22, P23, P24, P25, P30) ont une concentration en chlorure supérieure à la valeur maximale admissible de l'OMS, par contre les autres puits ne dépassent pas la norme (Fig.40), on note que les eaux de treize puits sont imbuvable pour la consommation alors que les autres puits peuvent être utilisés pour la consommation de point de vue chlorure. Pour les normes Algériennes, deux échantillons analysés dépassent la norme, tandis que les autres puits ne le dépassent pas, ce qui indique que les eaux des deux puits sont de mauvaise qualité pour la consommation et peuvent provoquer la corrosion du système de distribution, alors que les autres échantillons sont potable de point de vue chlorure.

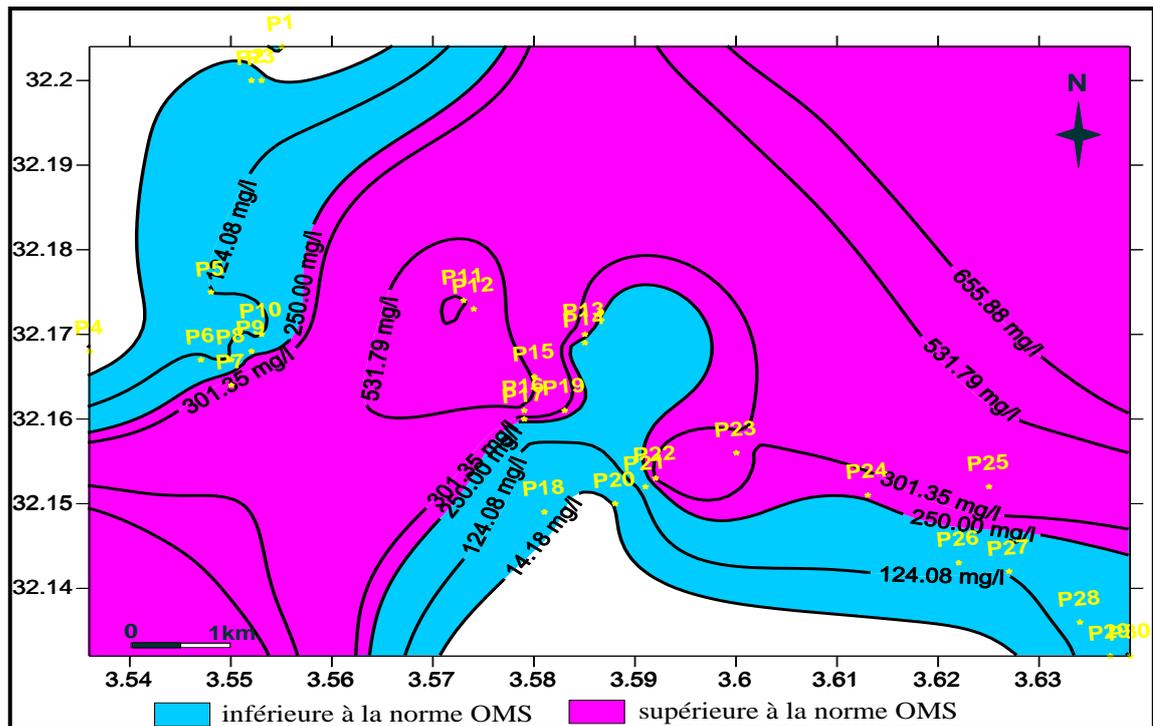


Figure 41: Carte de variation spatiale de la teneur en Chlorure des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après les figures (40,41), les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et concentrée dans le centre de la vallée, peut-être à cause des actions anthropiques, ils sont liés principalement à la nature des terrains traversés. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (HUMBERT et POMMIER, 1988 in TARIK, 2005). Leurs teneurs dans les eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations en zones arides suite au lessivage superficiel en cas de fortes pluies. Elles peuvent avoir comme origine, selon DIB (2009), une contamination par les eaux usées.

- Nitrites

Au vu de la figure 42, la majorité des eaux analysées de l'oued Sebseb renferment des quantités très faibles en nitrite, ne dépassant pas 0.96 mg/l enregistré dans le puits P11. Ces teneurs varient de 0 à 0.96 mg/l avec une moyenne de 0.12 ± 0.24 mg/l.

Quatre échantillons analysés (P9, P11, P14, P30) ont une valeur supérieure à la norme Algérienne ce qui indique que ces puits ne sont pas valables pour la consommation et peuvent constituer un danger sur la santé par des problèmes respiratoires. Selon les normes OMS, tous les échantillons sont valables pour la consommation vis-à-vis de la concentration en nitrites (Fig.42).

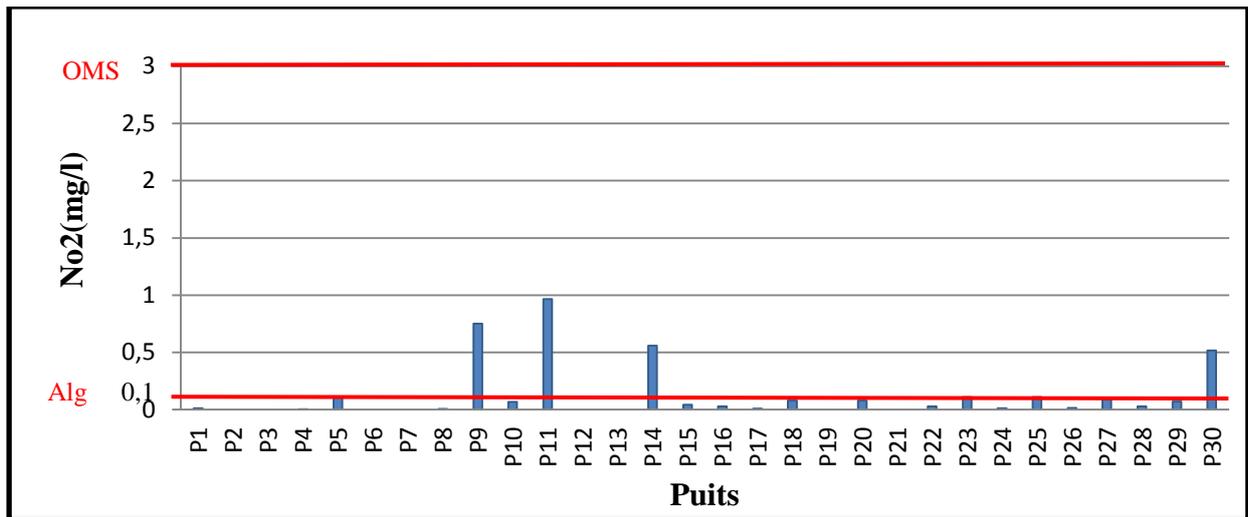


Figure 42: Variation de la teneur en Nitrite des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

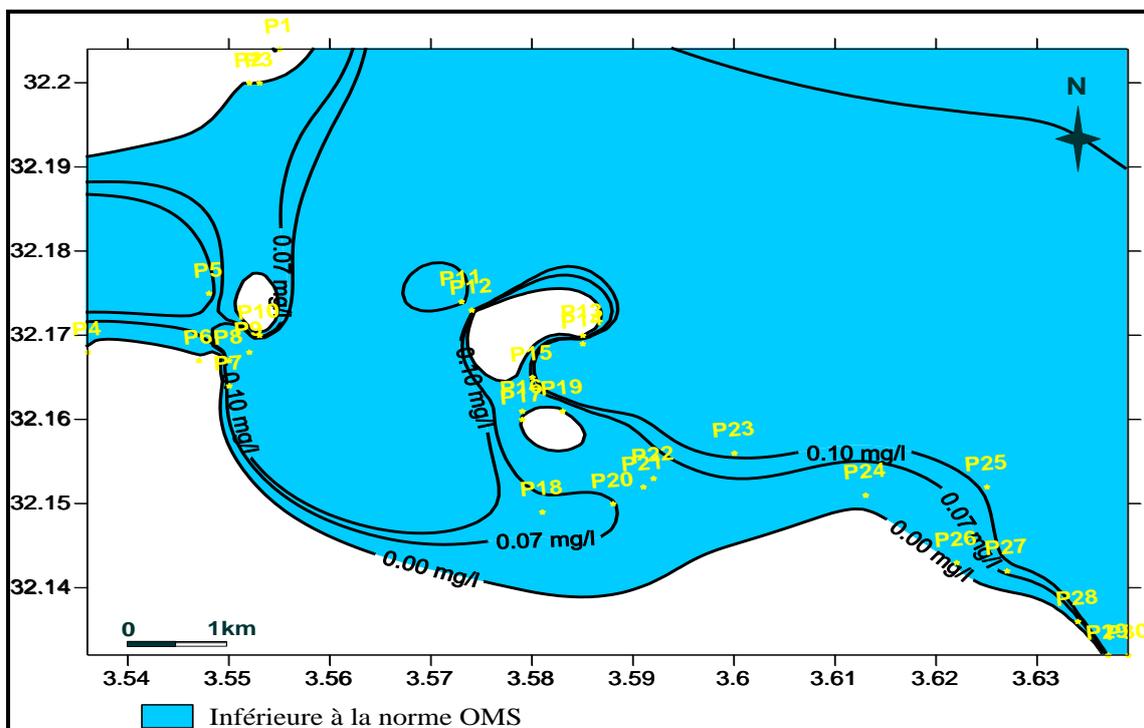


Figure 43: Carte de variation spatiale de la teneur en Nitrite des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Selon les figures (42,43), les teneurs en nitrites enregistrés sont faibles dans toute la vallée. Par rapport à la norme OMS, les nitrites ne présentent aucune variation significative.

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 des bactéries (phénomène de la dénitrification) (RODIER et al., 2005; DIB, 2009). Une

eau qui renferme des nitrites, est considéré comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (RODIER et al., 2005). Cependant, les eaux en contact avec certains terrains ou conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure (HAKMI, 2006).

- Nitrates

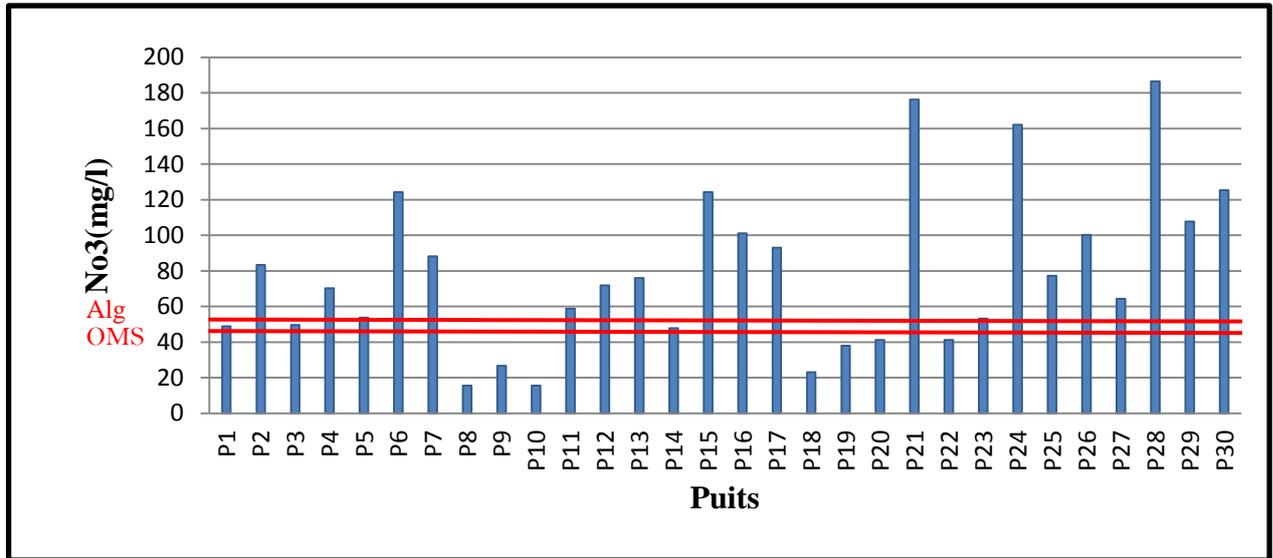


Figure 44: Variation de la teneur en Nitrate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Les valeurs de concentration d'élément nitrate oscillent entre une valeur minimale de 15,5 mg/l au niveau de puits P8 et P10 et une valeur maximale de 186,5 mg/l au niveau de puits P28 avec une moyenne de 78.15 ± 45.30 mg/l (Fig.44).

Sept puits d'eau analysés (P8, P9, P10, P18, P19, P20, P22) ont des concentrations en nitrate inférieures à la norme maximale admissible de l'OMS (Fig.44), ce qui montre que ces puits sont potables, alors que les autres puits ne le sont pas. D'après les normes Algériennes, dix échantillons analysés (P1, P3, P8, P9, P10, P14, P18, P19, P20, P22) ont des concentrations en nitrate inférieure à la norme, tandis que les autres puits dépassent la norme, ce qui indique que les eaux de dix puits sont valables pour la consommation, alors que les autres puits sont imbuables et peuvent provoquer une méthémoglobinémie chez les nourrissons en cas de consommation continue.

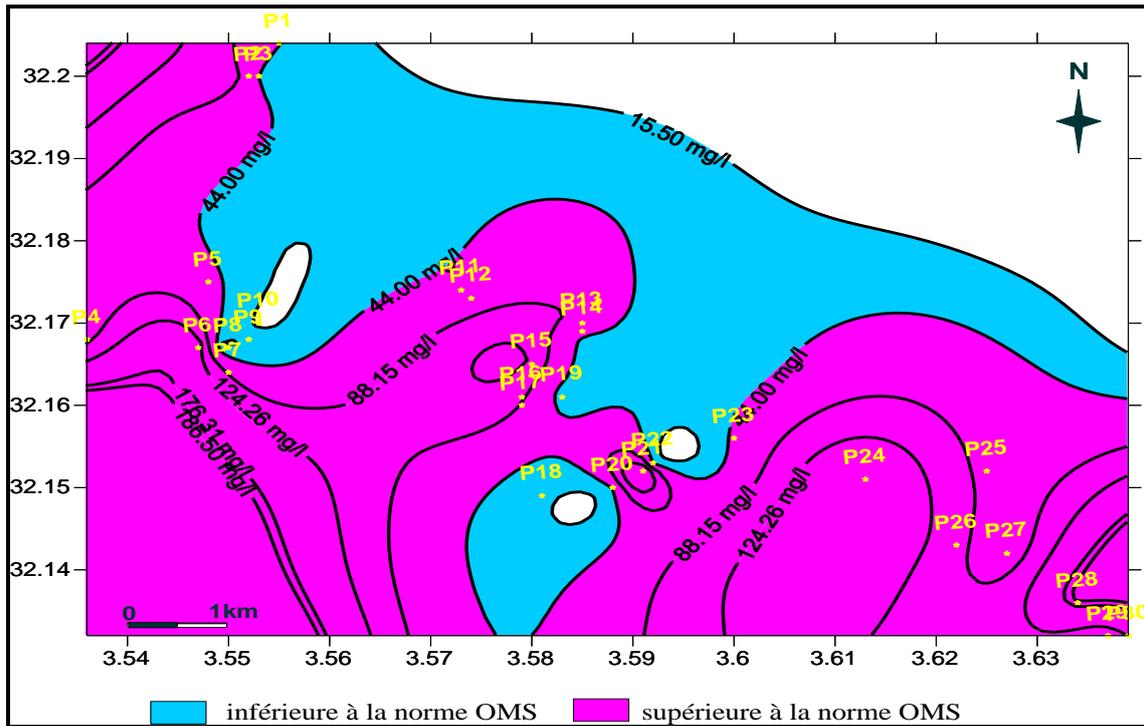


Figure 45: Carte de variation spatiale de la teneur en Nitrate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après les figures (44,45), les nitrates présentent une variation spatiale de l'amont vers l'aval avec une dégradation continue de la qualité des eaux vis-à-vis des nitrates par rapport aux normes de l'OMS. Cette augmentation des concentrations des eaux en nitrates en aval est probablement due aux activités agricoles (fumure minérale et organique), ainsi qu'aux systèmes septiques. Les engrais à l'azote ne sont pas absorbés par les plantes, volatilisés, ou entraînés en profondeur sous forme de nitrate. Ceci rend l'azote non disponible pour les plantes, et peut également augmenter la concentration dans les eaux souterraines au-dessus des niveaux admissibles pour la qualité de l'eau potable. Les systèmes septiques éliminent seulement la moitié de l'azote des eaux usées, laissant l'autre moitié dans les eaux souterraines, ceci conduit à une augmentation des concentrations en nitrate.

-Orthophosphates

Les concentrations obtenues montrent une fluctuation allant d'un minimum de 0 mg/l enregistrée dans la majorité des puits et un maximum de 0,028 mg/l enregistrée au niveau de puits P23 avec une moyenne de 0.002 ± 0.005 mg/l (Fig.46).

Au vue de la figure 46, les valeurs de l'orthophosphate des échantillons d'eau analysées sont inférieures par rapport à la norme de l'OMS. Ce qui indique que cette eau peut être utilisée pour la

consommation et elle ne présente aucun effet sur la santé de consommateur de point de vue orthophosphate.

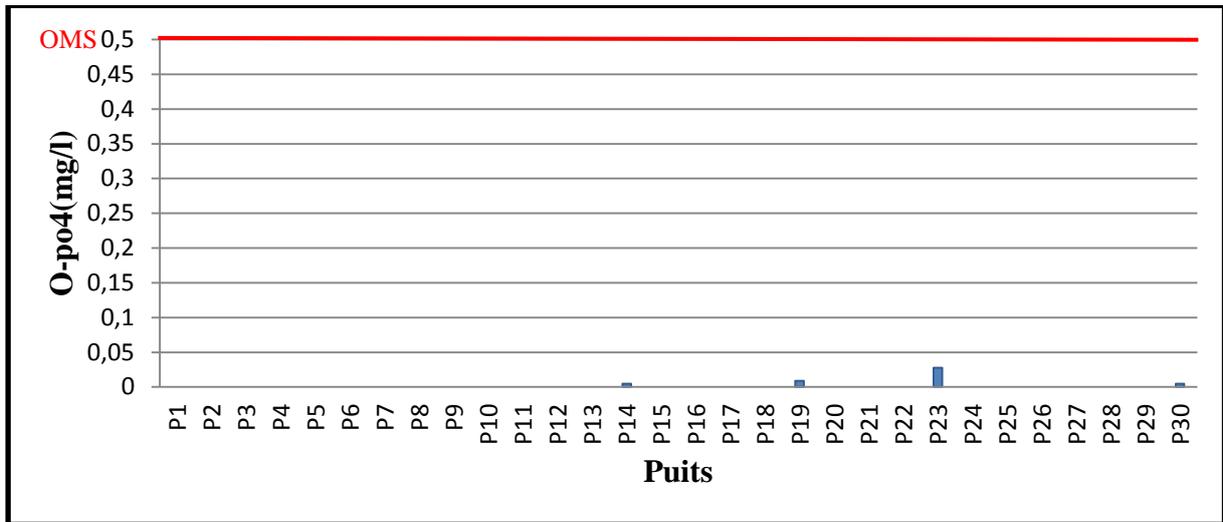


Figure 46: Variation de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Les figures (46,47), montre une homogénéité de la variation des Orthophosphates, leur concentration est souvent nul dans toute la vallée, leur présence dans les eaux de puits (P14, P19, P23, P30) est probablement liée à la décomposition de la matière organique (HAKMI, 2006; LADJEL, 2009).

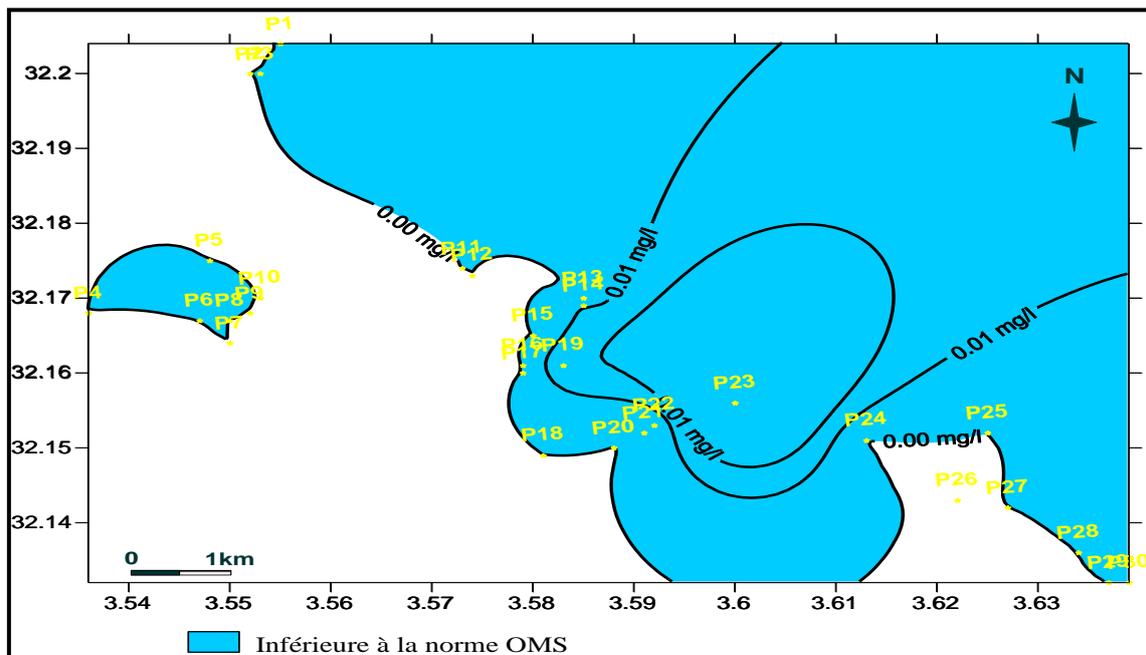


Figure 47: Carte de variation spatiale de la teneur en Orthophosphate des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

- Fer

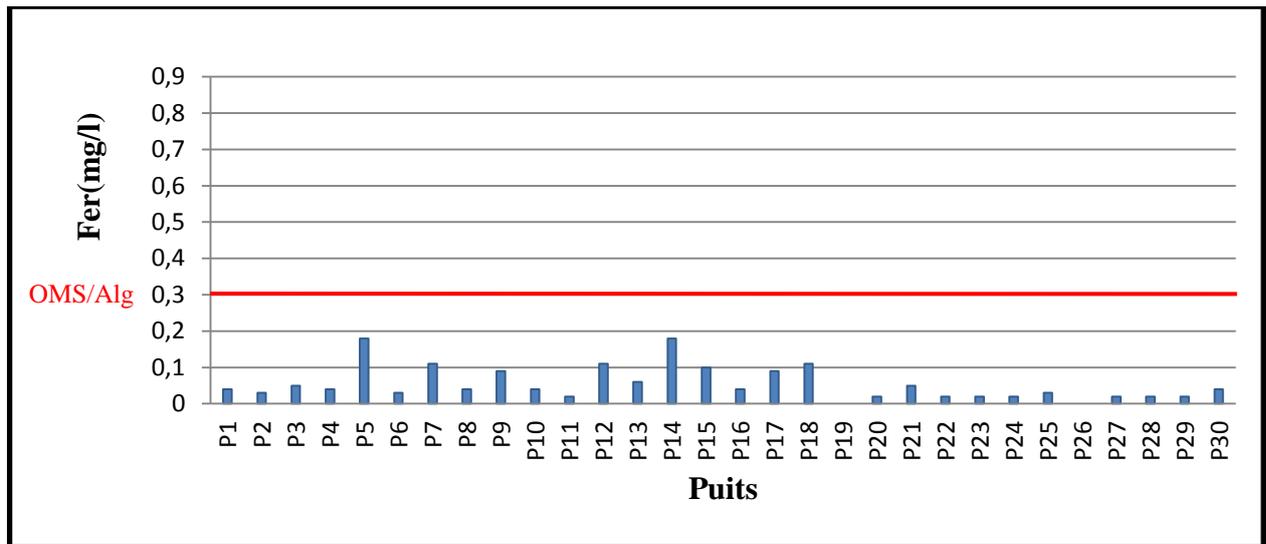


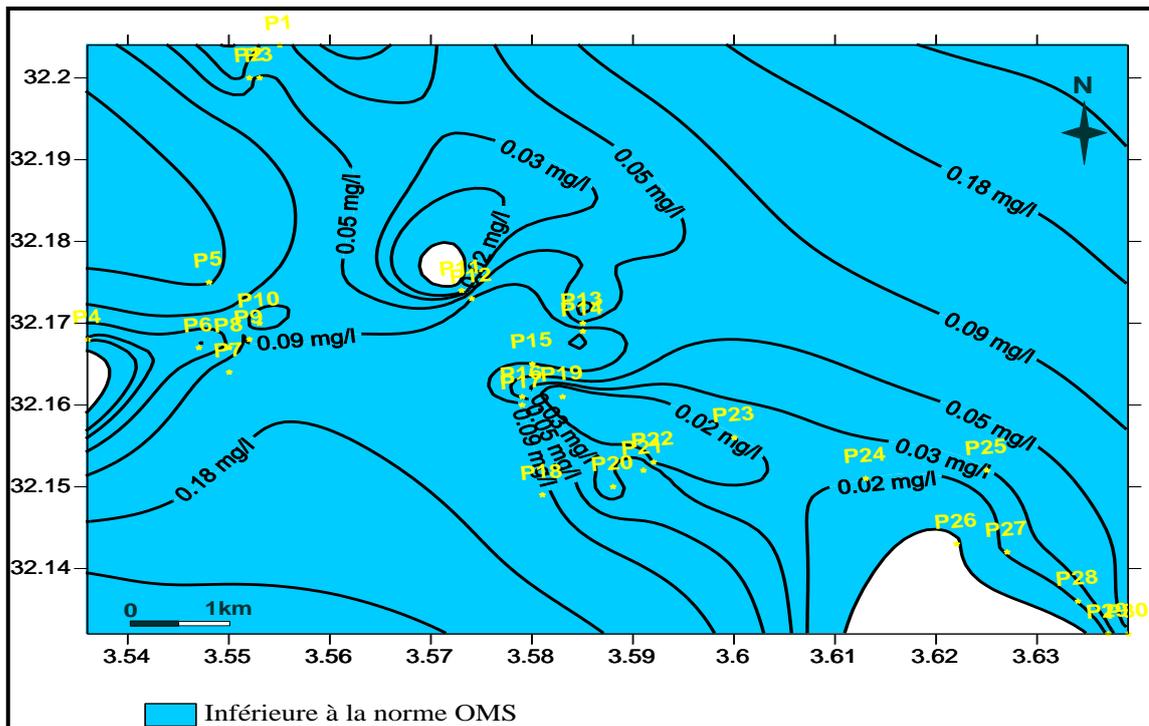
Figure 48: Variation de la teneur en Fer des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après la figure 48, Les teneurs en fer total dans la région d'étude varient de 0 mg/l au niveau du puits P19 à P26 à 0.18 mg/l dans les puits P5 et P14 avec une moyenne de 0.05 ± 0.04 mg/l.

Le fer des puits d'eaux analysées sont inférieurs par rapport à la teneur maximale admissible par l'OMS et la norme Algérienne (Fig.48). Ces eaux ne présentent aucun inconvénient par rapport la concentration en fer en alimentation en eau potable.

Selon les figures (48,49), le taux de fer augmente en amont dans le puits P5 et au centre de l'oued dans le puits P14 et il est nul dans les puits P19 et P26.

Le fer est un élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{++} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{+++} (ion ferrique). La valeur du potentiel d'oxydo-réduction (Eh) du milieu conditionne donc sa solubilité et la teneur de l'eau en fer.



Carte 49: Variation spatiale du teneur en fer des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

- Titre alcalimétrique complet

Les titres alcalimétriques complets des échantillons d'eau vont de 100 mg/l dans le puits P20 à 330 mg/l dans le puits P12 avec une moyenne de 189 ± 153.65 mg/l (Fig.50).

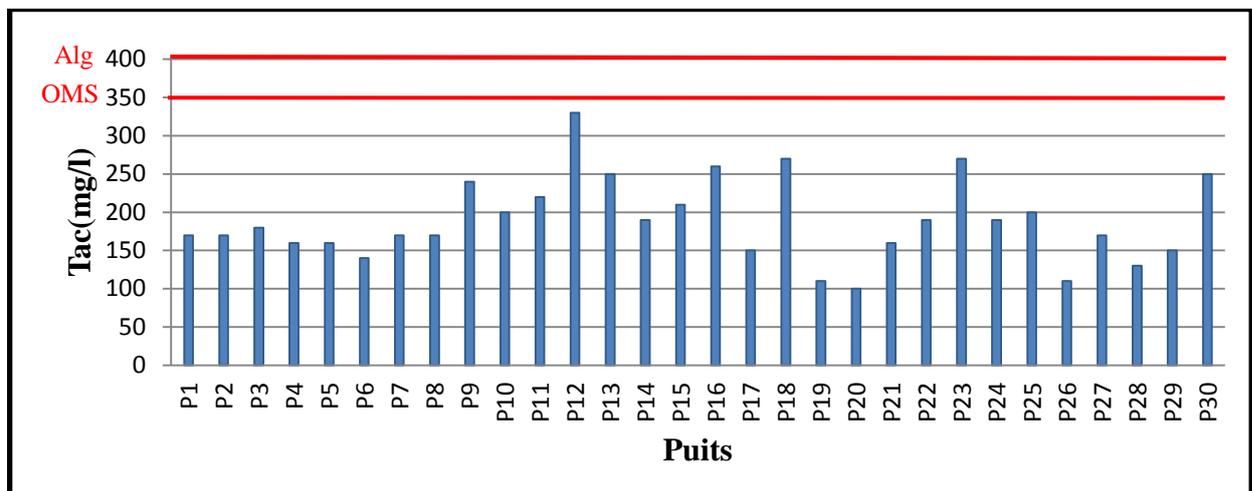


Figure 50: Variation de la teneur en TAC des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Tous les échantillons analysés ont des valeurs de titre alcalimétrique complet inférieur à la norme admissible par l'OMS et Algériennes (Fig.50), ce qui indique que ces eaux sont potables par rapport à ces normes.

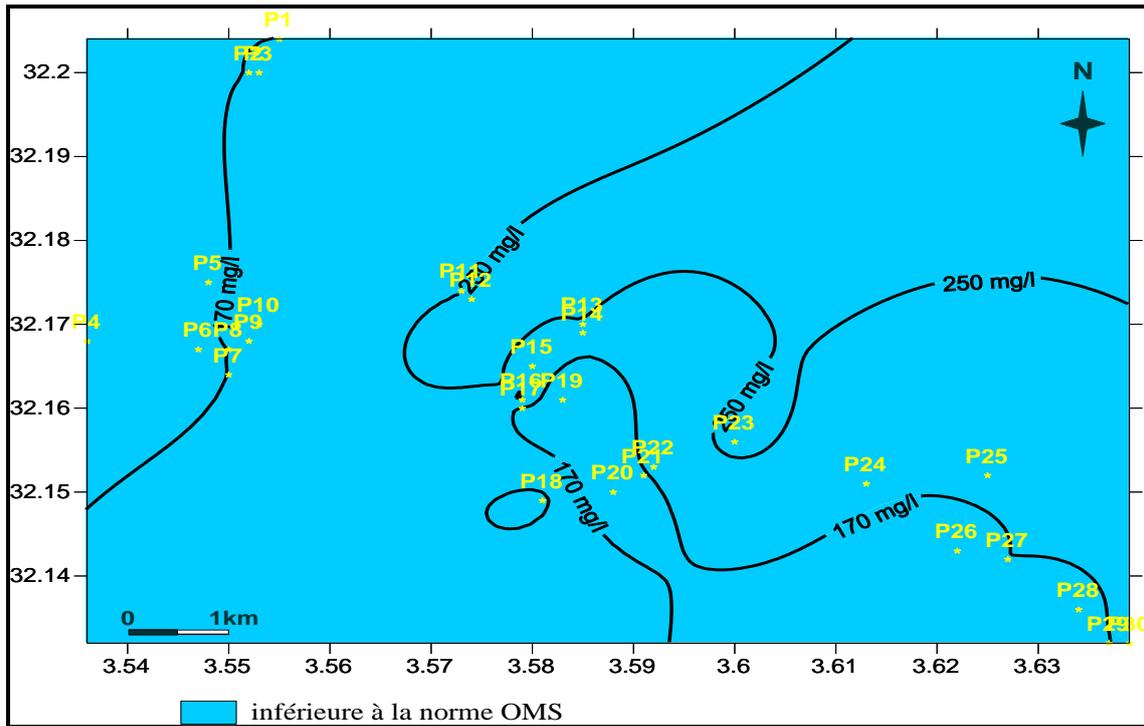


Figure 51: Carte de variation spatiale de la teneur en TAC des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Le titre alcalin complet présente des faibles valeurs selon les normes OMS (Fig.51), il correspond à la teneur en alcalin libre carbonates, hydroxyle, et hydrogénocarbonates; pour un pH inférieur à 8.3, l'alcalinité entraînée par l'ion CO_3^- et OH^- est nulle (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Le titre alcalimétrique complet des eaux phréatiques de la région d'étude est bicarbonaté avec un pH souvent inférieur à 8.3 (ACHOUR, 1990; TABOUCHE et ACHOUR, 2004).

- Taux des sels dissous

La concentration en sel dissous dans les échantillons d'eau sont variable de 0 à 1998 mg/l avec une moyenne de 505.36 ± 677.28 mg/l (Fig.52).

La majorité des échantillons analysés ont des taux des sels dissous inférieurs à la norme maximale admissible par l'OMS sauf les puits (P8, P17, P19, P26) (Fig.52), ce qui indique que la majorité des puits sont valables pour la consommation par contre les quatre puits qui sont supérieurs à la norme ne sont pas potables de point de vue TDS.

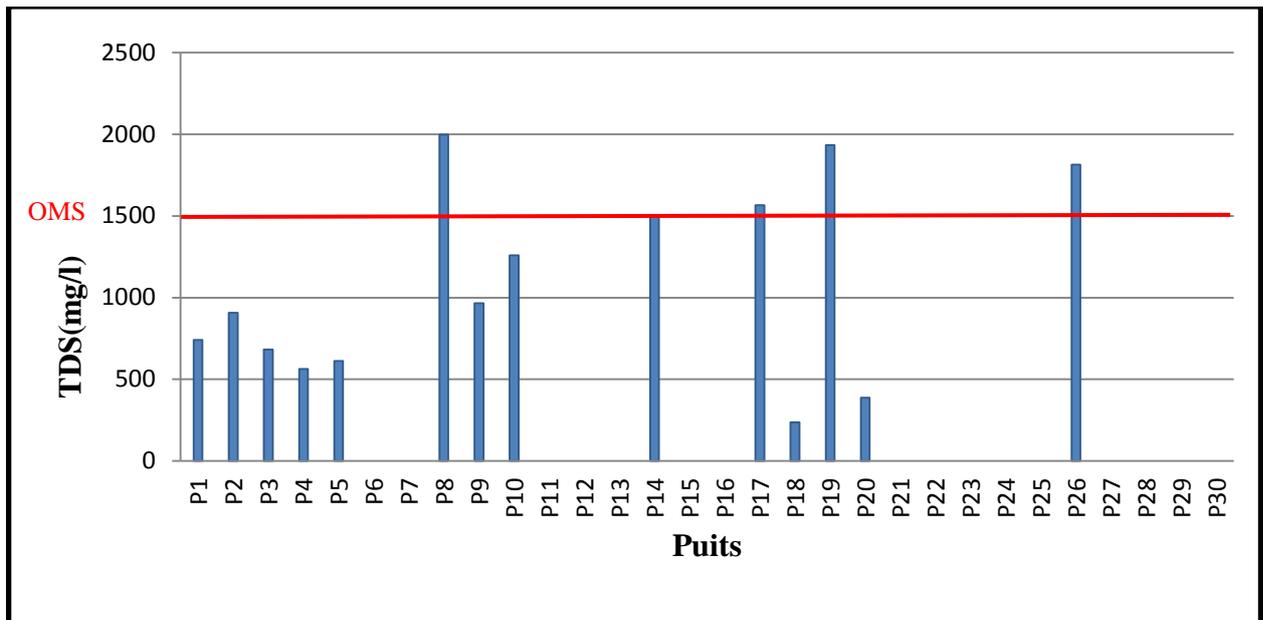


Figure 52: Variation de la teneur de TDS des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

D'après les figures (52,53), le taux de sels dissous augmente dans les puits (P8, P17, P19, P26) indiquant une minéralisation élevée au vu des conductivités obtenues, la minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés (RODIER et al., 2005). Le TDS est nul dans certains puits indiquant une salinité faible.

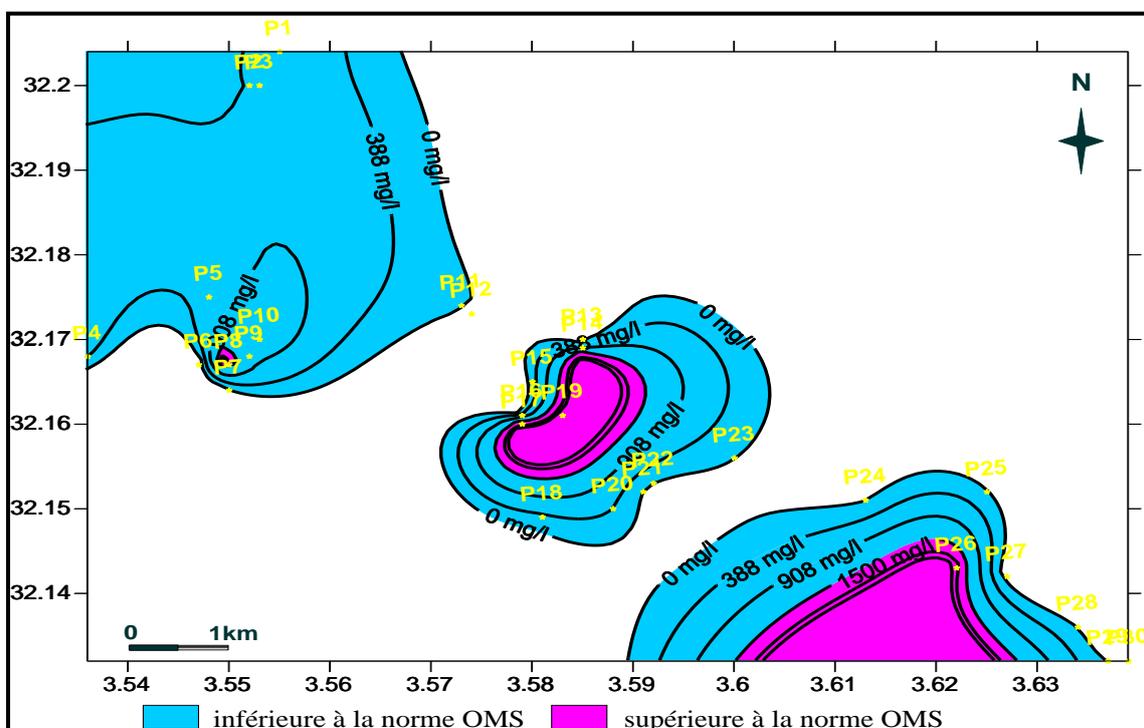


Figure 53: Carte de variation spatiale de la teneur en TDS des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

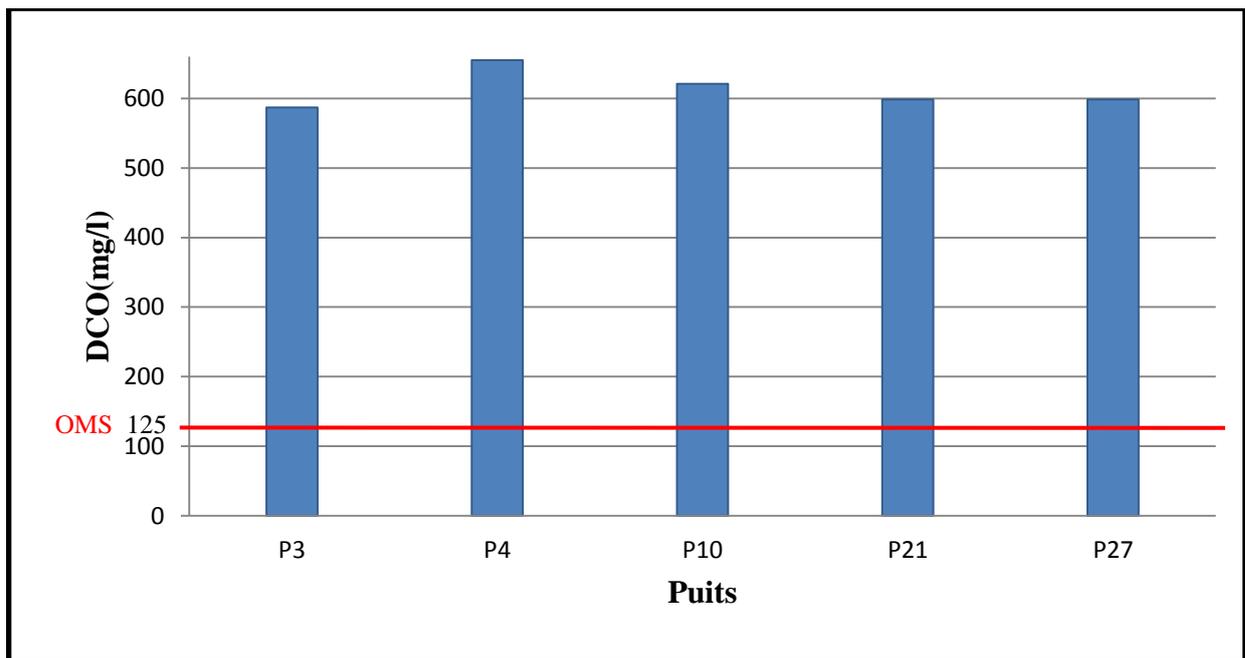
- Demande chimique en oxygène

Figure 54: Variation de la teneur en DCO des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

Au vue de la figure 54, la concentration en DCO dans les cinq puits d'eau analysés varie de 0 à 654.70 mg/l avec une moyenne de 101.96 ± 232.12 mg/l.

Les cinq puits d'eau analysés ont des concentrations de DCO dépassant la valeur acceptable à la norme OMS (Fig.54), ce qui indique que ces eaux ne sont pas potables vis-à-vis la concentration en DCO.

D'après les figures (53,54), on observe une homogénéité de la variation spatiale de la DCO, leur teneur est concentrée dans les cinq puits analysés, Cela explique le degré de pollution chimique des eaux. La DCO est une indication aussi de les quantités de substances organiques chimiquement oxydables, présentes dans l'eau.

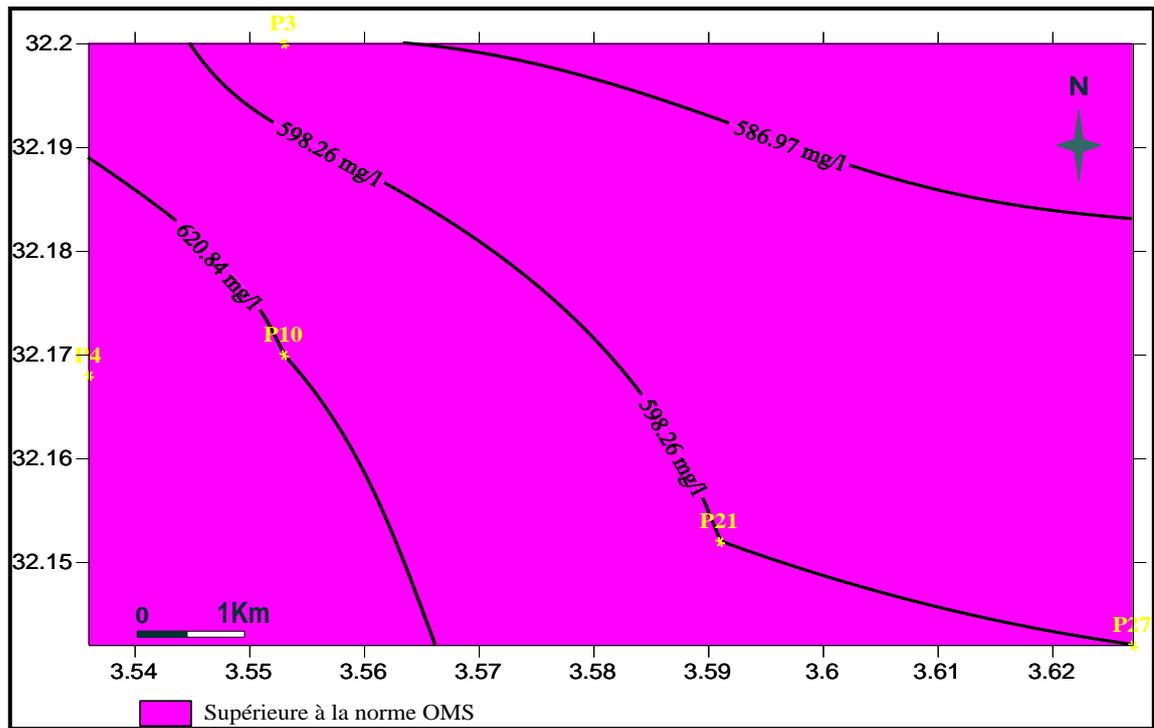


Figure 55: Carte de variation spatiale de la teneur en DCO des eaux phréatiques de la commune de Sebseb.

CONCLUSION

Conclusion

La caractérisation physico-chimique des eaux phréatiques de la région du Sebseb, basée sur un échantillonnage de trente (30) puits réparti le long de la vallée et comparé aux normes internationale et Algériennes de potabilité à révéler que certains éléments : pH, Turbidité, NH_4^+ , NO_2^- , O-Po_4^- , Fe^{++} , TAC, et TDS, n'ont pas dépassé les normes dans la majorité des puits ce qui indique la bonne qualité de ces eaux par rapport à ces paramètres.

Le reste des éléments à savoir: CE, Ca^{++} , Na^+ , K^+ , SO_4^- , Cl^- , NO_3^- , Mg^{++} , TH et DCO, ont dépassé les normes dans la majorité des puits échantillonnées ce qui montre la mauvaise qualité de ces eaux par rapport à ces paramètres.

La qualité des eaux phréatiques dans la région de Sebseb présente une variation spatiale très importante des paramètres étudiés et largement variée entre les puits analysés. Un gradient de concentration des eaux a été identifié de l'amont vers l'aval de l'oued montrant ainsi la dégradation de la qualité de ces eaux, ce qui est probablement dû au drainage naturel, la présence des fosses septiques avoisinantes des puits, l'accumulation des déchets en aval et l'activité agricole.

Les teneurs élevés en certains éléments peuvent constituer des risques sur la santé humaine; la teneur élevée en sodium peut provoquer une hyponatrémie. Les nitrates par leur transformation dans l'organisme en nitrites peuvent être à l'origine d'une méthémoglobinie, le potassium peut atteindre le cœur et le système nerveux centrale, le sulfate peut créer des diarrhées sévères et dans certains cas la mort, la turbidité provoque la diminution de l'efficacité des traitements de désinfection des eaux ce qui peut générer des risques microbiologiques, le magnésium peut provoquer une dépression du système nerveux centrale, le calcium peut compromettre le fonctionnement normal des muscles et des nerfs, le potassium peut provoquées des effets négatifs pouvant se manifestés par une sécrétion accrue de l'aldostérone. La dureté des eaux peut être à l'origine des lithiases urinaires et diverses maladies.

En plus des risques sur la santé humaine, certains éléments ont un impact sur les canalisations, les chlorures provoquent la corrosion du système de distribution, la dureté des eaux provoque l'entartrage.

A la lumière des résultats de ce travail, nous constatons que les eaux phréatiques de la région de Sebseb sont non potables et que leur consommation peut provoquer des risques majeurs sur la santé humaine.

La turbidité et la DCO élevés dans certains puits révèle l'hypothèse d'une contamination biologique des eaux phréatique de la vallée. Une caractérisation microbiologique de ces eaux s'avère indispensable afin de confirmer ou nier cette hypothèse.

Il serait capital pour une caractérisation de l'origine de la contamination des eaux de la vallée du Sebseb de confronter les résultats obtenus avec une étude localisée pédologique, géologique, hydrologique, hydrogéologique et géomorphologique.

Nous recommandons l'installation des réseaux d'assainissements afin de conduire les rejets humains loin des zones vulnérables.

Il est indispensable de sensibiliser les citoyens et les agriculteurs des risques sanitaires provenant de la consommation des eaux phréatiques de la région. Une étude épidémiologique sur les maladies liées à l'eau serait d'une grande importance.

Le contrôle continu de la qualité des eaux est obligatoire pour une bonne prévention contre les maladies à transmission hydrique surtout au niveau des pays chauds.

Le présent travail met en évidence l'ampleur de la pollution des eaux phréatiques de la région de sebseb de point de vue physico-chimique et révèle des hypothèses sur les origines de cette pollution. Il serait nécessaire de compléter ce travail en augmentant la taille de l'échantillon afin de bien cerner la répartition spatiale de cette pollution et mieux comprendre son origine.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographique

- A.N.R.H., 2005.** Note relative aux ressources en eaux souterraines de la Wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nationale des ressources Hydriques. Ouargla, 19 p.
- A.N.R.H., 2007.** Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya d'Ouargla, Rapport de l'Agence nationale des ressources Hydriques. Ouargla, p 12.
- A.N.R.H., 2009.** Rapport de fin du sondage, Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa, p 63.
- A.N.R.H., 2010.** Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du Continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nationale des ressources hydriques, Ouargla, p 10.
- ABDOUSE L et BOUCHIBA D, 1982.** Contribution à l'étude hydrogéologique de la Chebka du M'Zab, Mémoire d'ingénieur. Alger, U.S.T.H.B., p 67.
- ADE, 2010.** Algérienne des eaux .p 2.
- AROUA A, 1977.** L'homme et son milieu. Ed 531, pp 77-75.
- BENZAYET B, 2010.** Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod Mémoire Ingénieur. Ecole Nationale Supérieure Agronomique. Alger, p 78.
- BERNARD, 1999.** Que sais-je la pollution des eaux .Ed.46671, France, p 7.
- BOEGLIN J.C, 2000.** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed. Techniques de l'ingénieur, 24 p.
- BONNARD et GARDAL (BG), 2002.** Etude d'assainissement et de protection contre les crues de la vallée de l'Oued M'Zab. Bonard et Gardal, Ingénieur- conseiller S A 2002.
- BOUDJEMA A, 1987.** Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Universitaire Paris XI Orsay, p 290.
- BOUZIANI M, 2000.** L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN-KHOLDON, ORAN, pp 156-158.

BRL ingénie, 1998. Etude de plan directeur général de développement des régions sahariennes- connaissance d'Ensemble. Rapport, ANRH, Alger, Algérie.

CLAUDE A, BALLE F, BENOIT M, BONIFICAL A, BOURNEUF J, CASALIS D, CHABRIER E, DALBANNE J ET DEMAY F, 1980. Le petit Larousse. Ed librairie.

D.P.A.T., 2010. Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 15^{ème} édition, volume I, 84p.

DADDI BOUHOUN M, 1997. Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse Magister, El-Harrach, I.N.A, 180p.

DAJOZ R, 1982. Précis d'écologie. Paris, Bordas, 503 p.

DAOUADI et OULAD SIDI OMAR, 2011. Qualité des eaux d'irrigation dans la wilaya de Ghardaïa, Mémoire licence, université de Ghardaïa, 82 p.

DEGREMOT, 1989. Mémento technique d'eau. Ed. DEREMOT, PARIS. 233-339-358pp.

DIB I, 2009. L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique, construction hydrotechnique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, 127 p.

DJEKAOUA, 2006. Monographie de la commune de Sebseb. 37p.

DUBIEF J, 1963. Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques, 457p.

FAURIE C., FERRA C. ET MEDORI P, 1984. Ecologie. Ed. Baillièrre J. B., Paris, 168 p.

FIGARELLA J et LEYRAL G, 2002. Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

GOMELA C ET GUERREE H, 1974. La distribution dans les agglomérations urbaines et rurales .Ed. eyrolles, PARIS.

GUERBOUZ F, 2006. Contribution à l'étude cinétique de la qualité de l'eau potable au niveau de la ville de Metlili (GHARDAIA).mémoire d'ingénieur. 1-6 pp.

GUERRADI H et FARADJI O, 2007. Géochimie et sédimentologie des alluvions de la daya d'El'Amied (Guerrara). Mémoire d'ingénieur, Ouargla, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 66p.

HAKMI A, 2006. Traitement de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie Oran, 48 p.

HOUICHITI, 2009. Caractérisation d'un agro système saharien dans une perspective de développement durable: Cas d'oasis de Sebseb (Wilaya de Ghardaïa), Mémoire de magister, OUARGLA. 18p.

ISO, 1984. Qualité de l'eau. NA 1653, ISO 6058. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4p.

ISO, 1986. Qualité de l'eau. NA 1848, ISO 6332. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3p.

ISO, 1989. Qualité de l'eau. NA752, ISO 5813. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.

ISO, 1993. Qualité de l'eau. NA 2364, ISO 9964/3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.

KEMASSI A et OUANOUGHY S, 1997. Chloration organique et effet de la minéralisation. Mémoire. d'ING uni .Mohammed Khaider Biskra, 13-14-26.43pp.

KETTAB A, 2000. Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Ed, 2000, pp 25-33.

KHADRAOUI A et TALEB S, 2008. Qualité des eaux dans le sud algérien .Ed ,2008 khayam. Constantine, 367p.

KOULE N ET BASSOU E, 2003. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de l'agglomération d'Ouargla. Mémoire. d'ing uni .Ouargla, p 8-10-11.

LADJEL S, 2009. Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau. Tizi Ouzou. 101 p.

MELLAK D, 2009. Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P, 89 p.

- MONTIEL A, 1999.** Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, 12 p.
- MOULIAS, 1927.** L'organisation hydraulique des oasis saharienne. Edition Jules carbonel, Ancienne maison Bastide-Jourdan.305p.
- MUTIN G, 1977.** La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed Office Publ. Université., Alger, 606 p.
- O.R.G.M., 1999.** Livre et des substances utiles non métallique de l'Algérie; wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Offi. Rég. Géol. Min., Boumerdès, 34 p.
- ONM Ghardaïa, 2013.** Office national de Météo.
- RAMADE F, 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed DUNOD. France.
- REMINI B, 2005.** Problématique de l'eau dans l'Algérie, Ed 2000.pp 12-15.
- RODIER J, 1978.**L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 6ème édition, 1196 p.
- RODIER J, 2005.**Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, 1383p.
- RODIER J, BAZIN C, BROUTIN J. P, CHAMBON P, CHAMPSAUR H et RODI L, 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- TARIK A, 2005.** Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Thèse pour l'obtention du doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc. 5-183pp.
- URBATIA, 1996.** Plan Directeur de l'aménagement Urbain (PDAU) de la commune de Sebseb, Rapport d'orientation, Phase finale. Bureau d'Etudes pour L'Urbanisme et le Bâtiment URBATIA. Agence de Ghardaïa. 75p.
- US EPA, 1999.** Guidance manual for compliance with the interim enhanced surface water treatment rule: turbidity provisions. United States Environmental Protection Agency (EPA 815-R-99-010), pagination multiple.

VILLE, (1872). Exploration géologique du Béni-M'Zab, du Sahara et de la région des steppes de la province d'Alger. Paris, Imprimerie Nationale, 540 p.

YOUCEF, 2003. Mise au point d'une étude climatique du Sahara Septentrionale Algérien (Ouargla, Touggourt, Ghardaïa). Mémoire d'ingénieur, d'Etat en Ecologie Végétal et Environnement, Option Ecosystèmes Steppique et sahariens, Université de Ouargla, Département de Biologie. 88p.

Résumé : Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe phréatique de la région de Ghardaïa (Cas de Sebseb).

La présente étude porte sur l'analyse des eaux phréatique de la région de Sebseb (wilaya de Ghardaïa). L'analyse physico-chimique des différents échantillons d'eau révèle l'existence d'une variation notable des teneurs en différents éléments par rapport aux normes internationales et Algérienne de potabilité. Les eaux phréatiques de la vallée sont caractérisées par une forte minéralisation ce qui les rend impropre à la consommation humaine.

L'étude de la variation spatiale de chaque élément met en évidence un gradient de concentration des eaux de l'amont vers l'aval.

Mots clés: eaux phréatique, variation spatiale, physico-chimique, normes, sebseb.

ملخص: الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الطبقة السطحية في منطقة غرداية (حالة سبسب)

تتمحور هذه الدراسة حول تحاليل مياه الطبقة السطحية في منطقة سبسب. (ولاية غرداية) أوضحت التحاليل الفيزيوكيميائية لمختلف العينات وجود تغير كبير في مستويات مختلف العناصر مقارنة بالمعايير الدولية و الجزائرية للمياه الصالحة للشرب. تتميز تحاليل مياه الطبقة السطحية في وادي سبسب بتمعدن عالي مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك البشري.

أظهرت دراسة التباين المكاني لكل عنصر وجود تدرج في تراكيز المياه من المرتفع إلى المنخفض.

الكلمات الدلالية: طبقة المياه السطحية، تباين المكاني، فيزيوكيميائية، معايير، سبسب.

Summary: Physico-chemical characterization of water table in Ghardaïa region (Case of sebseb).

This study focuses on water table analysis at sebseb area (wilaya of Ghardaia). Physico-chemical analysis of different water samples reveals a significant change of various elements levels relative to international and Algerian standards of water potability.

Valley's water table are characterized by high mineralization making them unfit for human consumption.

The study spatial variation of each element shows a concentration gradient of water from upstream to downstream.

Key words: water table, spatial variation, physico-chemical, standard, Sebseb

