



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

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

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Sciences de l'environnement

Par : M^{elle} OULED SIDI OMAR Souad

Thème

**Contribution à l'étude de la détermination de la
qualité physico-chimique des forages de la région de
Metlili (wilaya de Ghardaïa).**

Soutenu publiquement le : .../.../2016

Devant le jury :

M. BENSEMOUNE Youcef	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. GUERGUEB El-Yamine	Maître de conférences B	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. AGGOUN M^{ed} Salah	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
M. BOUNAB Choayb	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2015/2016

Dédicace

Je dédie ce travail à :

*À cœur vaillant rien d'impossible souhaitant que le fruit de nos efforts fournis
jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleur.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout
puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*À ma mère : la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de
m'encourager et de près pour moi tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que
ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie leurs études*

*À mon père : école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années
des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner
l'aide et à me protéger.*

Que dieu les gardes et les protège.

À mes adorables sœurs ;

À mes frères ;

À mes amies ;

À tous ceux qui me sont chères ;

À tous ceux qui m'aiment ;

À tous ceux que j'aime.

SOUAD

REMERCIEMENTS

A La fin de ce modeste travail nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements:

Avant tout, nous remercîment DIEU le tout puissant de m'avoir accordé son infinie bonté, le courage, la force et la patience pour réaliser cet humble travail.

Je souhaite également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail et tout particulièrement **BENSEMOUNE Youcef** (Maitre-assistant A à l'Université de Ghardaïa), pour avoir accepté d'en présider de jury de ce mémoire. Je remercie également les examinateurs de ce travail : **M.BOUNAB Choayb**. (Maitre-assistant A à l'Université de Ghardaïa) et **M.AGGOUN M^{ed} Salah** (Maitre-assistant A à l'Université de Ghardaïa).

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants du Département de Biologie, particulièrement les enseignants de Sciences de l'environnement

Après cela, je tiens à remercier profondément mon encadreur de mémoire monsieur **GUERGUEB El-Yamine** (Maitre de conférences B à la faculté de Sciences de la Nature et de la Vie à l'Université de Ghardaïa) pour la confiance qu'il m'a témoignée tout au long de ce travail, pour son soutien et ses conseil, grâce à qui mes efforts ont pu aboutir

Ainsi, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui ont aidé de près ou de loin par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de notre parcours éducatif

Finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont Toujours soutenues et à tout ce qui participe de réaliser ce mémoire. Ainsi que l'ensemble des Enseignants qui ont contribué à notre formation.

SOUAD

Liste des tableaux

N°	Titre de tableau	Page
01	Superficies des communes de la wilaya de Ghardaïa	02
02	Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2006- 2015)	16
03	Présentation générale des forages	22
04	Caractéristiques des forages	22
05	Les différentes Méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau	25
06	Classifications des eaux d'après leur pH	26
07	Classifications des eaux d'après leur conductivité	27
08	Classes de turbidité usuelles	28
09	Normes physico-chimiques d'une eau potable selon l'OMS et Algérienne	39

Liste des Figures

N°	Titre de Figure	Page
01	Situation géographique de la région d'étude	03
02	Coupe géologique du M'Zab	05
03	Carte géologique du M' Zab	08
04	Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien)	12
05	Répartition spatial des forages captant le CI dans la wilaya de Ghardaïa	13
06	Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région du Ghardaïa (2006-2015)	18
07	Climagramme d'EMBERGER montrant l'étage bioclimatique de la région de Ghardaïa	19
08	Localisation des points de prélèvements	22
09	Thermomètre.	25
10	pH-mètre	26
11	Multi-paramètres de paillasse	27
12	Turbidimètre de paillasse	29
13	Dosage deTH	31
14	Dosage de l'alcalinité	32
15	Dosage de calcium	34
16	Spectromètre	36
17	Matériel utilisé pour l'analyse de résidus secs	37
18	Analyse de la matière en suspension	38
19	Evolution de la température dans les eaux des forages	41
20	Evolution du pH dans les eaux des forages	42
21	Evolution de la conductivité dans les eaux des forages	43
22	Evolution de la salinité dans les eaux des forages	43
23	Evolution de la turbidité dans les eaux des forages	44

Liste des Figures

24	Evolution d'Oxygène dissous dans les eaux des forages	44
25	Evolution de la Dureté totale dans les eaux des forages	45
26	Evolution de l'alcalinité dans les eaux des forages	46
27	Evolution du TDS dans les eaux des forages	47
28	Evolution du calcium dans les eaux des forages	48
29	Evolution du magnésium dans les eaux des forages	49
30	Evolution des chlorures dans les eaux des forages	50
31	Evolution de l'ammonium dans les eaux des forages	50
32	Evolution des ortho-phosphates dans les eaux des forages	51
33	Evolution du résidu sec dans les eaux des forages	52
34	Evolution de la matière en suspension dans les eaux des forages	52

Liste des Abréviation

ADE	Algérienne des eaux
AEI	Alimentation en eau industrielle
AEP	Approvisionnement en eau potable
AGEP	Agence Générale de l'eau potable
A.N.R.H	Agence nationale des Ressources hydriques
BG	Bonnard et Gardel
°C	Degré Celsius
CE	Conductivité électrique
CI	Continental Intercalaire
D.P.A.T	Direction de planification et d'aménagement des territoires
EDTA	Ethylène Diamine Tétra Acétique
EPIC	établissement publié à caractère industriel et commercial
ETP	Establishment de travail public
°F	Degré Français
F1	Forage de LAADJADJA
F2	Forage de TIMEDEKSSINE01
F3	Forage de CHABET GFOUL SOUAREG
IRR	Eau pour l'irrigation
MES	Matière en suspension
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONM	Office National Météorologique
O.R.G.M	Office National de Recherche Géologique et Minière
TAC	Alcalinité totale
TDS	Taux De Salinité
TH	Titre hydrométrique
µS/cm	Micro Siemens par centimètre

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	01
Chapitre. I: Présentation de la zone d'étude	
1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa	02
2. Ressource en eau de surface	03
2.1. Bassin versant du M'Zab	03
2.2. Description de l'oued M'Zab	04
3. Description litho stratigraphique	05
4. Situation géographique de la commune de Metlili	09
4.1. Les principaux constituants du milieu naturel	09
5. L'aperçu géologique de Metlili	10
6. L'aspect hydraulique	10
6.1. Les eaux superficielles	10
6.2. Les eaux souterraines	10
7. Aspect hydrogéologie	10
7.1. La nappe phréatique	10
7.2. La nappe continentale intercalaire (CI)	11
7.2.1. Exploitation de la nappe albienne (CI)	12
8. La géomorphologie	13
8.1. Le bassin versant de l'oued Metlili	14
9. L'aspect pédologique	15
10. Caractéristiques climatiques	15
10.1. La température	16
10.2. Les précipitations	16
10.3. Le vent	17
10.4. L'humidité	17
10.5. Cadre bioclimatique	17
10.6. Diagramme Pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen	17
10.7. Le quotient pluviothermique d'Emberger	18
10.8. Végétation	19
Chapitre II:Matériel et méthodes	
1. Introduction	21
2. Choix de la région d'étude	21
3. Echantillonnage	21
3.1. Zone d'échantillonnage	21
3.2. Prélèvement de l'eau	23
4. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau	23
4.1. Méthodesd'analyses	24
4.1.1. Paramètres physiques	25
4.1.1.1.La température	25
4.1.1.2.Le potentiel hydrogène (pH)	26

4.1.1.3.La conductivité électrique	27
4.1.1.4.La salinité	28
4.1.1.5.La turbidité	28
4.1.2. Paramètres chimiques	29
4.1.2.1.L'oxygène dissous (O ₂)	29
4.1.2.2.La dureté de l'eau	29
4.1.2.3.L'alcalinité	31
4.1.2.4.Laminéralisation globale d'une eau (T.D.S)	32
4.1.2.5.Les éléments de pollution	33
✓ Dosage de calcium	33
✓ Dosage de magnésium	34
✓ Dosage de chlorures	34
✓ L'azoteammoniacal	34
✓ Les phosphates	35
4.1.2.6. Résidus sec	37
4.1.2.7.Matière en suspension	37
Chapitre III: Résultats et discussion	
1. Résultats des analyses physico-chimiques	41
1.1. Paramètres physiques	41
1.1.1. La température (T)	41
1.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	42
1.1.3. La conductivité électrique (CE)	42
1.1.4. La salinité	43
1.1.5. La turbidité	43
1.2. Les paramètres chimiques	44
1.2.1. L'oxygène dissous	45
1.2.2. Dureté total (TH)	45
1.2.3. L'alcalinité	45
1.2.4. T.D.S	46
1.2.5. Les éléments de pollution	47
✓ calcium	48
✓ magnésium	48
✓ chlorures	49
✓ L'azote ammoniacal	50
✓ Les phosphates	51
1.2.6. Résidu sec	51
1.2.7. Matière en suspension(MES)	52

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

L'eau est une source de vie pour toutes sortes d'êtres vivants, grâce à son importance pour: l'irrigation, l'alimentation en eau potable, les utilisations domestiques et même son utilisation pour les différentes activités industrielles. (Bendrissou et Dedjell, 2011)

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 termes de quantité disponible, mais aussi en termes de qualité acceptable. (Benzayet, 2010)

Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité surtout dans une région aride comme Ghardaïa où on assiste à la rareté des pluies et à une évaporation intense. Paradoxalement, il existe des réservoirs aquifères importants tels que le Continental intercalaire, la nappe des calcaires turoniens et l'aquifère alluvial (Bendrissou et Dedjell, 2011).

La qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région de Ghardaïa dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent cette l'eau.

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

Vu cette importance majeure, nous avons essayé d'étudier et de déterminer la qualité physico-chimique de l'eau de certains forages de la commune de Metlili (sud de l'Algérie) et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité.

Nous avons structuré notre démarche en trois chapitres interdépendants

- Le premier est purement théorique rassemble des généralités sur la région : climatologie, géologie et hydrologie
- Le second chapitre est consacré aux méthodes et aux techniques employées pour la réalisation de ce travail
- Le troisième et le dernier chapitre, mentionnent sous forme de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique. Il est esquissé par une conclusion finale.

Chapitre. 1 :
Présentation de la zone
d'étude

Notre travail sur l'analyse de l'eau concerne les forages de Metlili, qui se localise au sein du territoire de la wilaya de Ghardaïa.

1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie nord du Sahara algérien. À environ 600 Km au sud de la capitale du pays, Alger.

Ses coordonnées géographiques sont:

- Altitude 480 m.
- Latitude 32° 30' Nord.
- Longitude 3° 45' Est.

La wilaya couvre environ 86 560 km² (Tab01), avec une population estimée en 2007 à 361 570 habitants. C'est une région où la phœniciculture est la base de l'activité agricole en raison de sa grande capacité d'adaptation aux conditions climatiques du milieu saharien (D.P.A.T., 2009 inBenzayet, 2010).

Tableau 1 : Superficies des communes de la wilaya Ghardaïa (D.P.A.T, 2009 inBenzayet, 2010).

Communes	Superficies (km ²)
Ghardaïa	306,47
El-Minéa	23920,68
Daya	2234,94
Berriane	2609,80
Metlili	5010,12
Gerrara	3382,27
El-atteuf	717,01
Zelfana	1946,23
Sebseb	4366,82
Bounoura	778,92
Hasi-el-F'hal	6875,39
Hasi-el-Gara	27698,92
Mensora	4812,55
TOTALE	86560

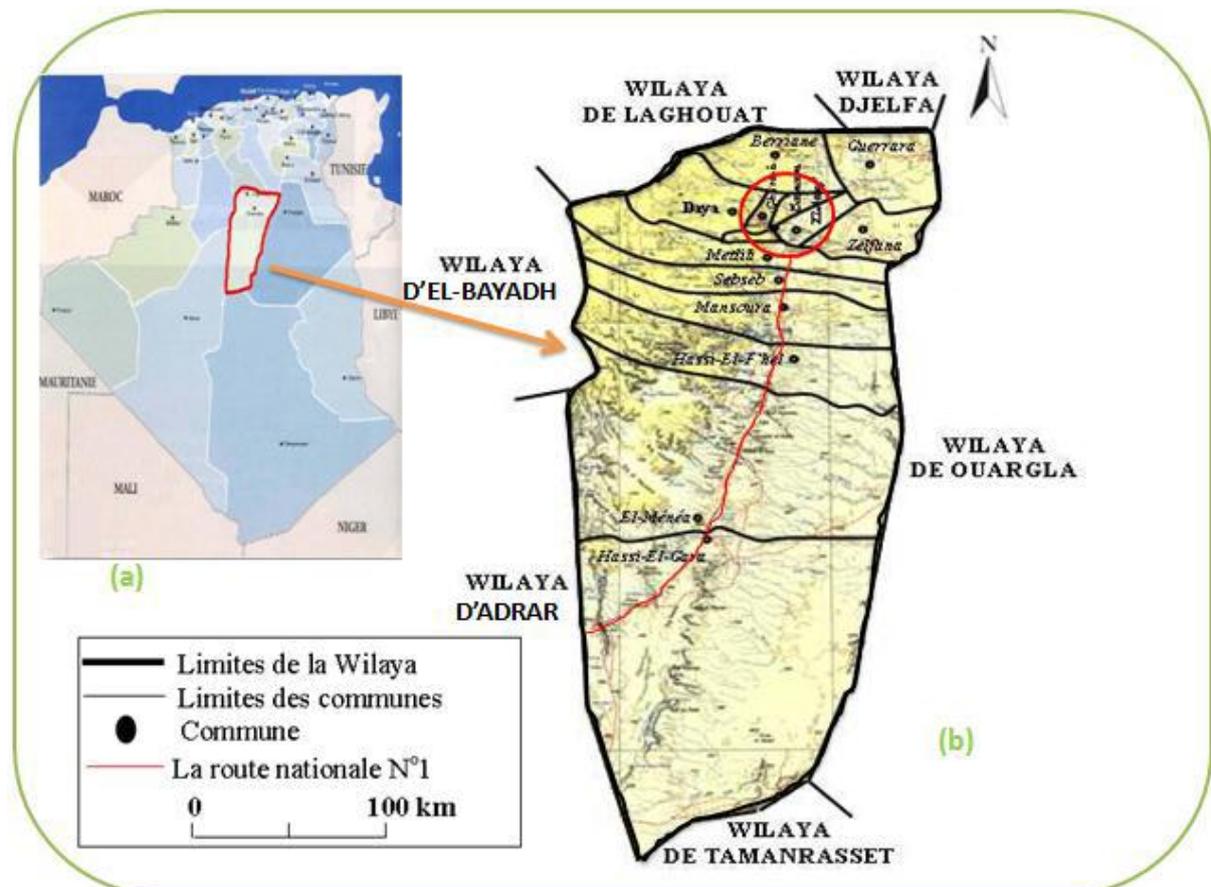


Figure. 01 : Situation géographique de la région d'étude (A.N.R.H, 2010).

2. 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).

2.1. Bassin versant du M'Zab

Le bassin versant du M'Zab jusqu'à El Atteuf, présente une superficie de 1573 Km². Il a été distingué 23 sous-bassins élémentaires (aux alentours de Ghardaïa depuis Dhayet Ben Dhahoua jusqu'à El Atteuf, et l'ensemble de l'Oued M'Zab à El Atteuf) pouvant être combinés en de nombreux ensembles dont les grands bassins suivants : L'Oued Labiod à Dhayet Ben Dhahoua, l'Oued Lhadhira à Dhayet Ben Dhahoua, regroupés à leur confluence en l'Oued M'Zab à Dhayet Ben Dhahoua (Mellak, 2009) (Fig02).

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.

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eau. 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 ou à chaque pluie exceptionnelle causent beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations.

2.2. 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-BotmaRouila 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 quelques 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 Nessaïmou, légèrement en amont de Zelfana ;
- L'Oued Hasseï, en aval de cette nouvelle Oasis de Zlefana(Benzayet, 2010).

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-horizontale de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab". (A.N.R.H, 2007)

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 cénomanien. 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. (A.N.R.H, 2007)

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) (Fig03) (A.N.R.H, 2007).

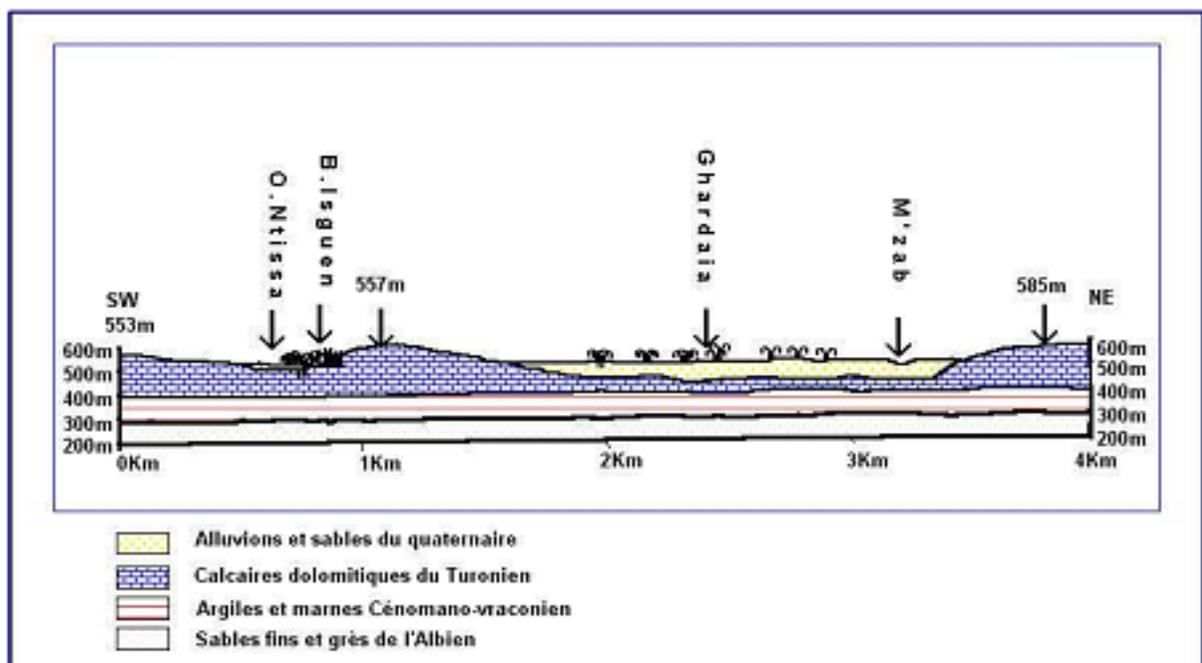


Figure. 02 : Coupe géologique du M'Zab (A.N.R.H, 2007).

3. 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 04).

- Crétacé

Cette formation 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 pétrie 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 El Louha et Berriane). Le Turonien est érodé à l'affleurement, il a plus de 100 m à Ghardaïa (Abdouse et Bouchiba, 1982).

- **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 dolomitiques, 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. Cesont, 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 galetsfluviaux (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 du sables.

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

- **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 àtravers tout le territoire est représenté par des poudingues, des dépôts sablo-graveleux et argileux gypseux(O.R.G.M, 1999).

- **La tectonique:**

Durant le secondaire, la partie centrale du Sahara septentrional a subit 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 traduit par : Unhaussement d'ensemble suivi d'un mouvement de descente qui a débuté au Miocène et quidure encore actuellement correspondant à la sédimentation continentale du Mio-Pliocène et duQuaternaire (Boudjema, 1987).

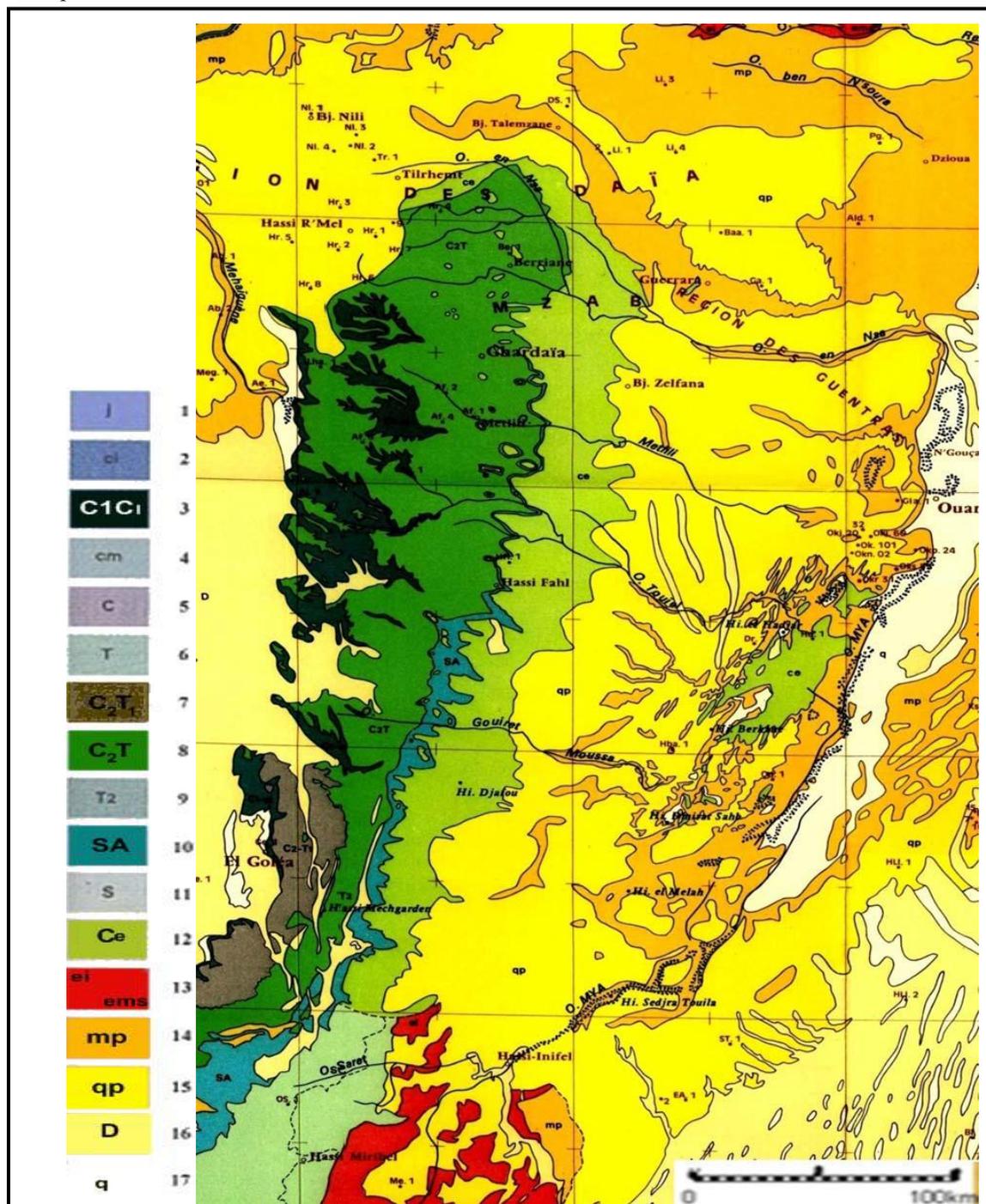


Figure.04 : Carte géologique du M' Zab (Busson, 1967)

(Extrait modifié de la carte géologique au 1/2000000 du bassin mésozoïque du Sahara algéro-tunisien et de ses abords, de G. Busson 1967).

Âgés des terrains : 1- Jurassique (j) ; 2- Crétacé inférieur (ci) ; 3- Crétacé inférieur puis Cénomanién argileux (C1-ci) ; 4- Crétacé moyen (cm) ; 5- Cénomanién (C) ; 6-Turonien (T) ; 7- Cénomanién supérieur et Turonien inférieur (C₂T₁) ; 8- Cénomanién supérieur calcaire et Turonien (C₂T) ; 9- Turonien(T₂) ; 10- Sénonien argilo-gypseux y compris du Maastrichtien (SA) ; 11- Sénonien (S) ; 12- Sénonien et Eocène in distinguables (ce) ; 13-Eocène inférieur (ei) et Eocène moyen-supérieur (ems) ; 14- Miocène ou Pliocène avec localement Nummulitique continental (mp) ; 15- Pliocène ou Quaternaire ancien (qp) ; 16- Dunes (D) ; 17- Quaternaire indifférencie (q).

4. Situation géographique de la commune de Metlili :

Metlili est une commune de la wilaya de Ghardaïa, située à 40 km de chef-lieu de la wilaya. Ses coordonnées géographiques sont :

- Altitude 455 m.
- Latitude 32° 16' Nord.
- Longitude 03° 38' Est.

La commune de Metlili couvre une superficie de 7300km², elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya d'El Bayadh et les communes de Bounoura, El Atteuf et Zelfana ;
- Au Sud par la commune de Sebseb ;
- A l'Est par la wilaya d'Ouargla ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El Bayadh.

La population de la commune de Metlili est estimée à 43.030 habitants, le tissu urbain de la ville est construit par des pôles d'évolution où la ville est en voie de saturation. (D.P.A.T, 2009in Benzayet, 2010)

4.1. Les principaux constituants du milieu naturel

La commune de Metlili fait partie du massif jurassique des Monts de Metlili qui lui-même fait partie intégrante de la Chabka du Mzab. De ce fait, l'espace de la commune est très contrasté. Elle est caractérisée par des plaines dans le continental Terminal et des régions ensablées. La Chabka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km et d'Est en Ouest sur environ 200 km.

L'appartenance au milieu saharien aride contraind fortement l'occupation de l'espace. L'implantation de la ville 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...)

Le couvert végétal est pauvre. La structure et la nature du sol ne sont pas favorables à l'existence d'une flore naturelle riche. La végétation existante est concentrée dans les lits d'oueds (D.P.A.T., 2009 in Benzayet, 2010).

5. L'aperçu géologique de Metlili :

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

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

6. L'aspect hydraulique

6.1. Les eaux superficielles:

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

6.2. Les eaux souterraines :

Les principales ressources en eau de la commune sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'infero-flux et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne. (Achour et Ouassisekouti, 2003)

7. Aspect hydrogéologie

7.1. La nappe phréatique

Elle est constituée par l'accumulation des eaux d'infiltration au-dessous d'une couche étanche située à quelque distance de la surface libre du terrain (Bahaz, 2013)

Dans la région de Metlili, elle est formée d'alluvions et de sable du quaternaire, constituée de galets et de poudingues tapissant les lits des oueds. Les alluvions reposent sur les couches calcaires dures du turonien. L'épaisseur de ces alluvions peut atteindre 25 à 30 mètres. Cette nappe présente un intérêt très important dans le domaine agricole, sa recharge est assurée par l'infiltration des pluies annuelles.

La présence des synclinaux ainsi que la couche marneuse cénomaniens à favoriser l'alimentation de la nappe phréatique. Cette dernière est exploitée dans les palmeraies par des puits ordinaires. Le niveau hydrostatique dans ces puits est caractérisé par l'instabilité, il décline pendant les périodes sèches et remonte pendant la saison humide (Achour et Ouassisekouti, 2003).

7.2. La nappe continentale intercalaire (CI) :

C'est une nappe contenue, d'ouest en est, entre un mur constitué par les horizons imperméables Paléozoïques à Néocomiens et un toit correspondant à la base argileuse du Cénomaniens (Bahaz, 2013).

Souvent appelée « Nappe de l'albien » couvrir les terrains dont l'âge va du Trias à l'albien (B.N.D.R, 2013). C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km². Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m³ environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'«Albien». (Bahaz, 2013)

Dans la région Metlili la nappe albien correspondant à la formation du continental intercalaire avec une profondeur allant de 400 à 500 m, elle est caractérisée par un débit de 22 à 45 l/s et est constituée d'une masse importante de grès et sable fin argileuse, qui est aquifère.

Le cénomaniens représente son toit imperméable.

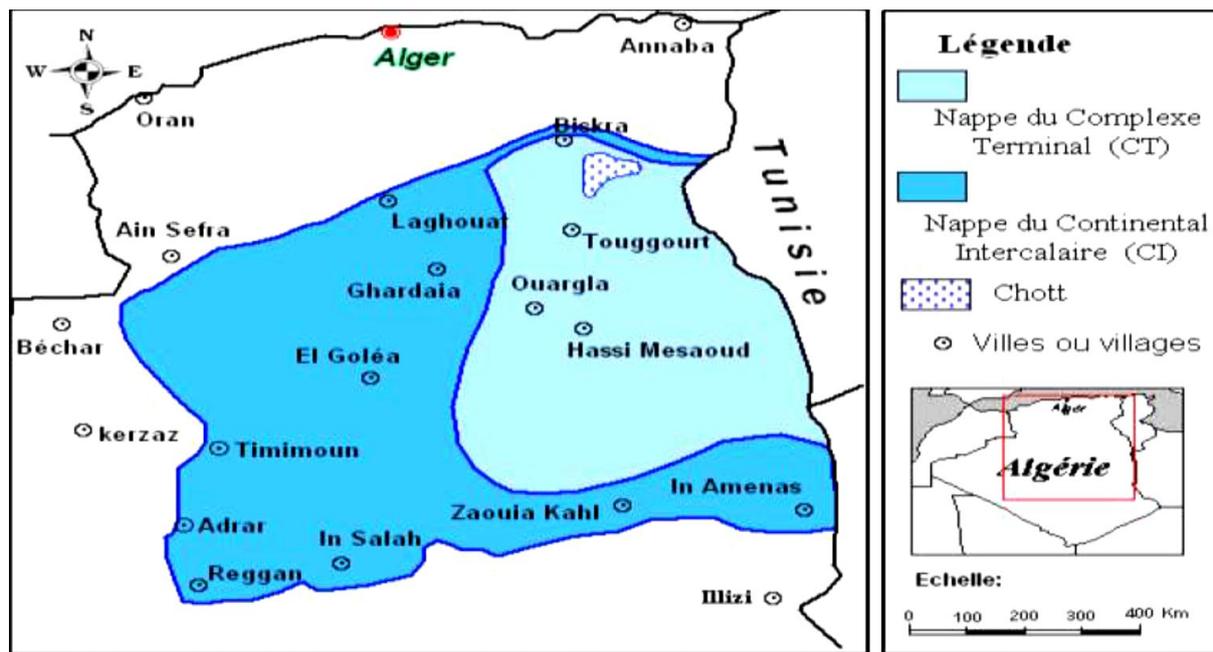


Figure. 05: Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien)(Helal et Ourihane, 2003 inBahaz, 2013)

7.2.1. Exploitation de la nappe albiennne (CI):

L'inventaire des forages de 2005 effectué par l'ANRH, a révélé un état de 345 forages et puits exploités (Fig06), dont 228 sont en service fournissant environs 213.96 Hm³/ans et 52 forages exploitables pouvant produire un volume annuel de 89.72 m³. Cite évaluation quantitative des prélèvements sur la nappe du CI constitue un élément important de la gestion des ressources et également leur protection et leur suivi.

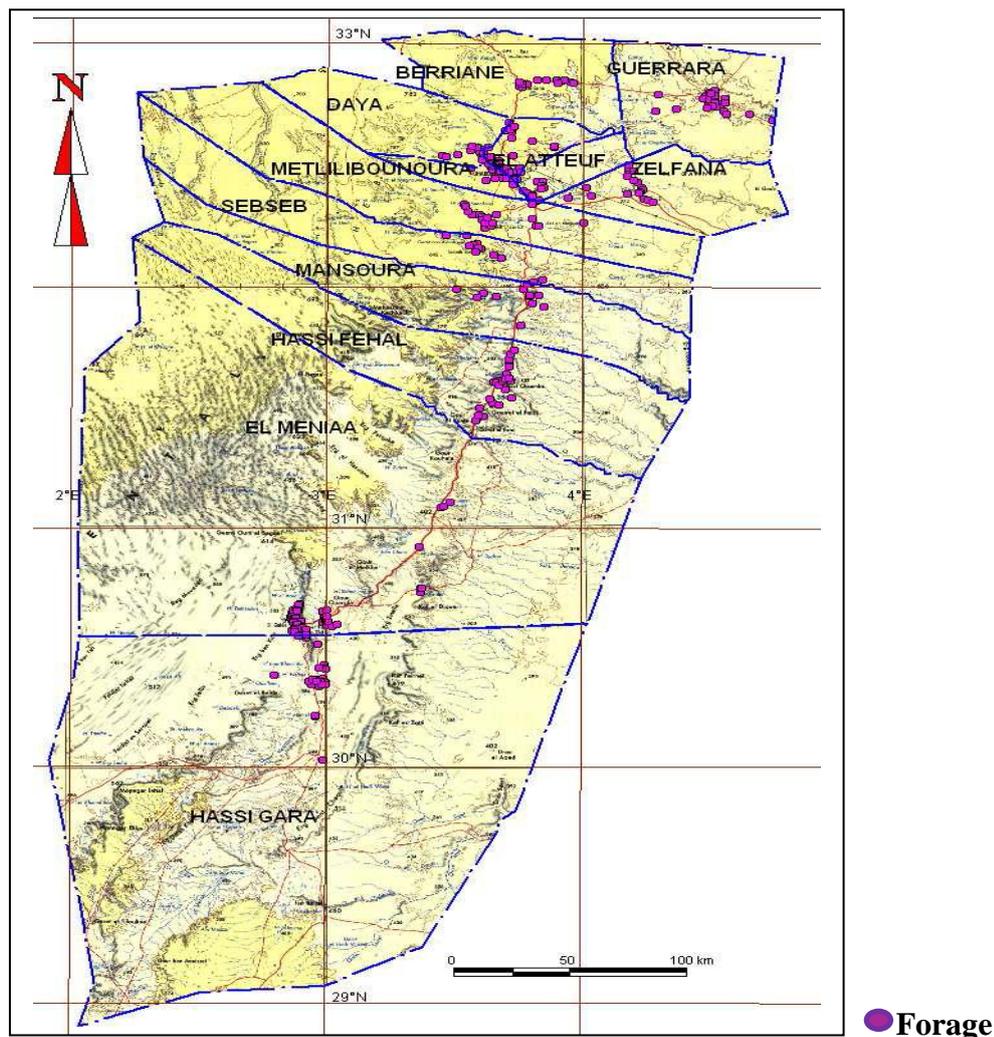


Figure. 06 : Répartition spatiale des forages captant le CI dans la wilaya de Ghardaïa (A.N.R.H,2005)

8. La géomorphologie

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

Les ravins les plus profonds ont donné naissance aux grands oueds comme le cas de la vallée de Metlili, taillée en roche dure, laissant apparaître un escarpement en pente très forte qui domine les fonds plats de l’Oued, qui abrite toute au long de ses berges des palmeraies en plein développement.

La région de la Chebka est caractérisée par un important réseau hydrographique, mais il est à sec pendant presque toute l’année ; cela est dû à la faiblesse et l’irrégularité des

précipitations. Mais cela n'exclut pas des possibilités de crues importantes tous les 3 à 5 ans. (Ouledmir, 2000), la région de Metlili est caractérisée par la présence de différentes formes géomorphologiques qui sont (Bensemaoune, 2007):

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

8.1. Le bassin versant de l'oued Metlili :

- Le bassin versant de Metlili couvre une superficie d'environ 400km². L'oued a pour origine la confluence de deux principaux oueds ; el Botma et Gaa (au méridien 03° 25' Est et le parallèle 32° 23' Nord à une altitude de 650 m), il parcourt environ 270 km de l'Ouest vers l'Est pour atteindre la dépression de SabkhetSafioune à une altitude de 120 m. (Achour et Ouaissisekouti, 2003)
- Comme tous les oueds de la dorsale, l'écoulement est sporadique, se manifestant à la suite des grandes averses orageuses. Pour une fréquence cinquentennale, le débit peut atteindre 500m³/s. Les berges sont bien marquées; de pentes abruptes à semi abruptes, entaillées dans les calcaires du Turonien (Achour et Ouaissisekouti, 2003).

Plusieurs affluents rejoignent l'oued dont les principaux ; de l'amont vers l'aval :

- Au méridien 03° 31' Est et le parallèle 32° 19' Nord à une altitude de 565 m, l'oued est joint par deux affluents Chabat Ezzebar sur la rive droite et Chaabet El Beida sur la rive gauche. ChaabetLadjdaja conflue avec l'oued sur la rive droite au niveau d'El Hadika.
- Plus vers l'Est l'oued reçoit deux grands affluents ; Chaabet El Hadika sur la rive droite, et de Souani sur la rive gauche.
- Il reçoit l'affluent de ChaabetSmail sur la rive gauche.
- Plus en aval l'oued conflue avec deux affluents sur la rive droite, ChaabatTimoukert et Chaabat Sid cheikh. (Achour et Ouaissisekouti, 2003).

9. L'aspect pédologique

Généralement, les sols des lits d'oued sont des sols de regs, hamadas qui sont caractérisés par l'érosion ou d'accumulation d'alluviaux.

Les alluvions quaternaires sont formées de sable, galets et argile qui tapissent le fond de la vallée de l'oued de Metlili, d'une épaisseur de 20 à 35 m. (A.N.R.H, 2007)

Ainsi, le sol est peu évolué d'apport alluvio-colluvial, peu caillouteux avec une texturesablo-limoneuses (D.S.A, 2005).

10. Caractéristiques climatiques

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991).

Les données climatologiques disponibles au niveau de la station de Ghardaïa permettent de donner un aperçu général des conditions climatiques de la région étudiée.

Tableau 02: Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2006- 2015)(ONM, 2015)

Mois	T (C°)	TM (C°)	Tm (C°)	PP (mm)	V (Km/h)	H
Janvier	11,44	17,09	6,45	12,42	11,04	51,08
Février	12,96	18,5	8,67	2,795	14.166	42,08
Mars	17,02	22,98	10,96	8,662	14.244	35,93
Avril	21,88	25,09	15,16	5,613	15,6	31,39
Mai	26,4	32,68	19,44	3,251	15,4	26,9
Juin	31,37	37,83	24,1	3,126	15.222	23,43
Juillet	35,23	41,52	28,18	2,843	12.011	20,61
Août	34,27	40,51	27,63	3,76	11.333	23,43
Septembre	29,24	35,41	23,22	12,167	11,17	34,55
Octobre	23,55	29,42	17,9	11,3	10,32	40,34
Novembre	16,45	22,15	11,28	6,046	10,8	46,69
Décembre	12,05	17,49	7,26	5,663	11,1	53,17
	22.655	28.3892	16.6875	77.647*	12.7006	35.8

T: Température moyenne (°C), **TM :** Température maximale (°C), **Tm :** Température minimale (°C), **PP :** Précipitations (mm), **V :** Vitesse moyenne du vent (Km/h), **H :** Humidité relative moyenne (%), * : Cumul des précipitations moyennes mensuelles (mm)

10.1. La température

Le tableau (02) montre que la température minimale du mois le plus froid (Janvier) est de 6.45°C., et que la température maximale de mois le plus chaud (Juillet) est de 41.52°C. Les températures moyennes maximale de mois (Juillet) est de 35.23°C et moyenne minimale de mois de (Janvier) est 11.44°C.

10.2. Les précipitations

Les pluviosités sont rares et irrégulières tout au long les saisons et les années, le cumul annuel de la région de Ghardaïa durant 10 ans (2006-2015) est de 77.647 mm, il est marqué par un maximum en Janvier avec une valeur de 12.42 mm et un minimum en Février et en Juillet estimé de 2.795 mm et 2.83 mm respectivement (Tab 02).

10.3. Le vent

Le tableau (02), montre que la plus forte vitesse de vent est de 15.6 m/s au mois d'Avril, et la plus faible est de 10.8 m/s au mois de Novembre. Alors que, la moyenne annuelle est de 12.7006 m/s.

10.4. L'humidité

D'après le tableau (02), l'humidité relative de l'air est faible, la moyenne annuelle est de 35.8%, le minimum est de 20.61% en Juillet et le maximum est de 53.17% au mois de Décembre.

10.5. Cadre bioclimatique

Pour caractériser le climat d'une région, il faut procéder à une synthèse des principaux facteurs climatiques (température et précipitation).

10.6. Diagramme Pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен

A l'aide des notations des données de précipitation et de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Pluvio-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique, il est représenté.

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C avec une échelle de $P=2T$.
- L'aire comprise entre les deux courbes représente le période sèche. En effet, dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (Fig 07).

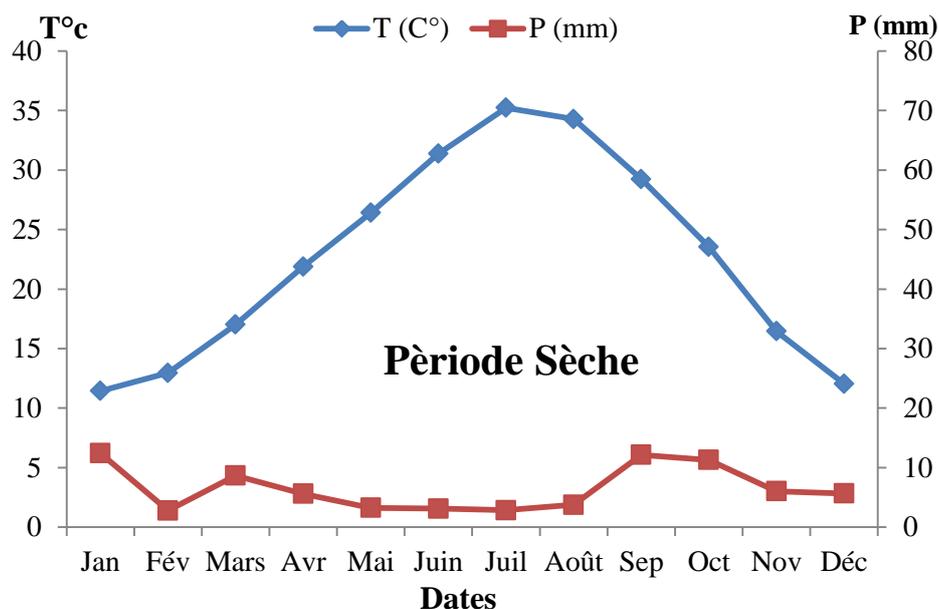


Figure.07 : Diagramme Pluiothermique de BAGNOULS et GAUSSEN caractéristique de la région du Ghardaïa (2006-2015)

10.7. Le quotient pluviothermique d'Emberger (1955)

Le quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2) permet d'identifier l'étage bioclimatique de la région d'étude. Sachant que :

$$Q_2 = 3.43 P / M - m \text{ (Quotient de Stewart)}$$

- P : Pluviosité moyenne annuelle (77.647 mm).
- M : Température maximale du mois le plus chaud (41.52°C., Juillet).
- m : Température minimale du mois le plus froid (6.45°C., Janvier).

A travers les résultats illustrés dans la figure (08), on peut constater que la région de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux et dont le quotient pluviométrique (Q_2) égale à 7.59

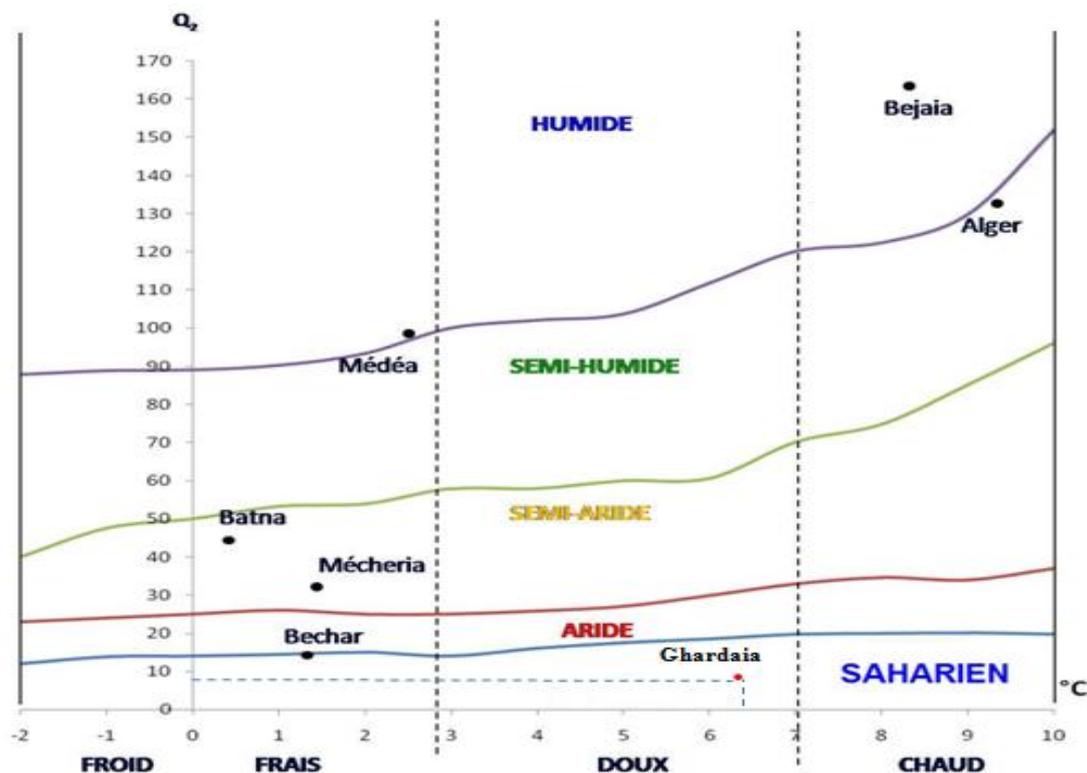


Figure 08 : Climagramme d'EMBERGER montrant l'étage bioclimatique de la région de Ghardaïa.

10.8. Végétation :

La végétation désertique est rare, elle comprend des plantes annuelles à croissance rapide qui fleurissent et fructifient après les rares périodes humides. (Dajoz, 1971)

Ces plantes constituent souvent un tapis continu recouvrant le sol, désigné en langage local "Achab" (Ozenda, 1983).

L'adaptation morphologique est dirigée vers la recherche de l'eau par l'enracinement très profond (permettant d'atteindre la nappe souterraine) ou au contraire largement étalé en surface pour capter au maximum les eaux de pluie ou de condensation.

La diversité floristique est diminuée au cours de temps dans l'oued Metlili, en 2006 le nombre des espèces spontanées est 83, à cause des facteurs naturels (précipitation) et des facteurs anthropiques (l'urbanisation) la majorité des espèces qui ont disparu sont des plantes éphémères, cette variation est liée avec des conditions non favorables pour le développement de ces plantes. (Atla, 2013)

Chapitre. II:
Matériel et Méthodes

1. Introduction

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne représente que 3% du volume total de l'hydrosphère (Merzoug, 2009). Les réserves les plus importantes de ces eaux se trouvent à l'état solide sont techniquement inexploitable. que 20% des réserves et elle a deux origines: eaux souterraines et eaux de surface (superficielle) (Rejsek, 2002). Quelle que soit leurs natures, elles contiennent une multitude de micro-organismes et de produits chimiques, dont l'estimation globale fournit une information utile pour l'évaluation et la surveillance de la qualité de l'eau. (Lacoste, 2008)

Dans cette partie, nous allons présenter l'ensemble des méthodes utilisé pour l'analyse physico-chimique de l'eau des forages et la description géologique des nappes correspondant à cette étude.

2. Choix de la région d'étude

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 ;
 - L'existence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable ;
 - L'intérêt économique de cette région et leur effet sur le marché agricole local.
- (GuessometLaouar, 2011)

3. 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 (Guessom et Laouar, 2011).

3.1. Zone d'échantillonnage

Il s'agit de trois forages d'utilisation urbaine et agricole :

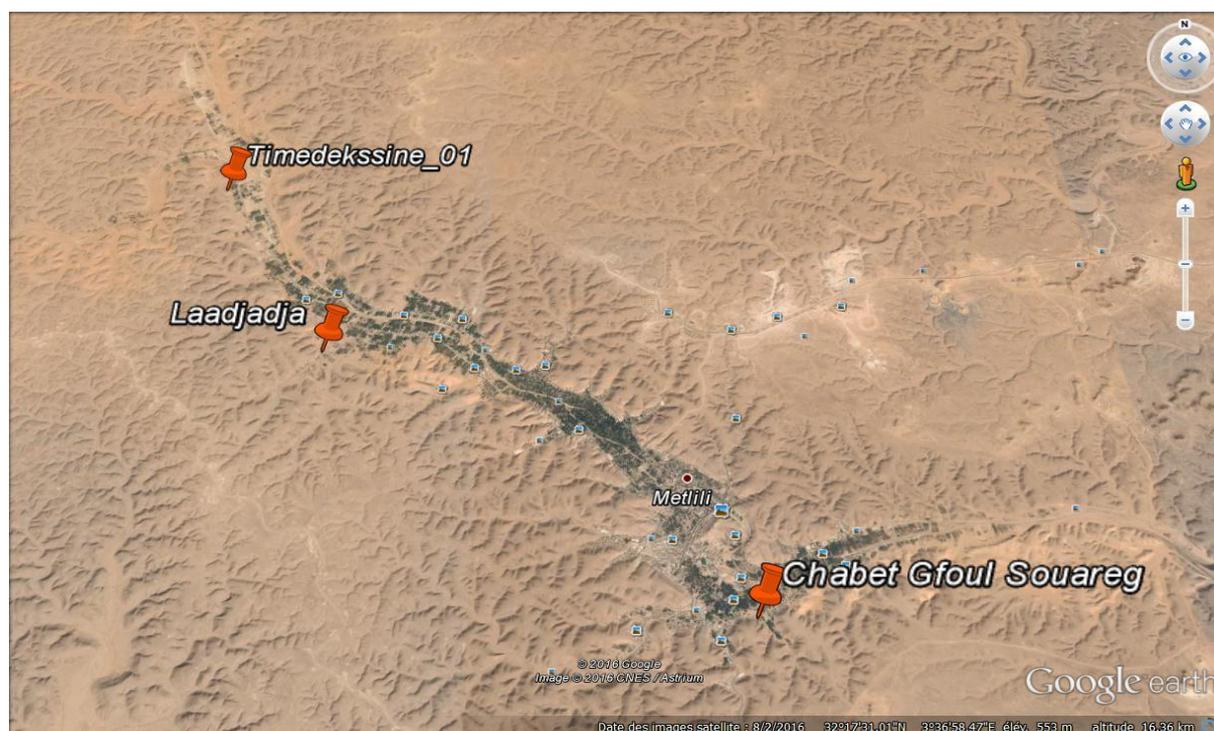
Les tableaux ci-dessus présentent quelques informations sur ces forages :

Tableau.03:Présentation générale des forages(ANRH 2010)

Commune	Exploitantgestionnaire	Nom de forage	Nappe	coordonnées			profondeur	
				X	Y	Z	Toit(m)	Mur(m)
Metlili	E P E	Laadjadja(F1)	Albienne	03° 33' 43"	32° 17' 50"	529	300	500
Metlili	E P E	Timedekssine_01(F2)	Albienne	03° 32' 18"	32° 19' 54"	541	300	500
Metlili	E P E	ChabetGfoulSouareg(F3)	Albienne	03° 38' 15"	32° 15' 05"	489	300	500

Tableau 04: Caractéristiques des forages(ANRH 2010)

Caractéristiques des forages					
Nom de forage	Date de mise en service	Débit exploitation L/s	Durée annuel du pompage	Qualité des eaux	Etat actuel du forage
Laadjadja (F1)	1987	21	7300h	Bonne	Exploité
Timedekssine_01(F2)	1993	25	2190h	Bonne	Exploité
ChebetGfoulSouareg (F3)	1983	26	7300h	Bonne	Exploité

**Figure. 09 : Localisation des points de prélèvements (Google earth)**

3.2. Prélèvement de l'eau :

L'échantillonnage destiné à l'analyse physico-chimie ne pose pas de problème particulier, des flacons plastiques sont suffisants et le volume de prélèvement est d'un litre pour une analyse complète. L'échantillon peut être gardé quelques jours mais il est préférable d'effectuer le dosage des éléments chimiques le plus tôt possible (Coulibaly, 2005). L'eau a été recueillie directement dans le flacon.

Trois campagnes de prélèvements sont réalisées durant toute la période d'étude soient les mois Janvier, Février et Mars, les flacons que nous avons utilisés sont rincés d'abord avec l'eau à analyser puis ils sont remplis jusqu'au bord, ré-bouchonnés, étiquetés et conservés jusqu'à l'arrivée au laboratoire. Les différentes analyses effectuées sur le prélèvement visent à évaluer la variabilité spatio-temporelle de la qualité des eaux.

Les analyses physicochimiques ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'ADE de Ghardaïa.

4. Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents:

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérale ;
- Suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdales ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et, d'autre part, l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologiques qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales (Rejsek, 2002).

- **Les matières minérales :**

Ce sont essentiellement des composées ioniques, anions et cations qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact. Ces eaux contiennent également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique (Guergueb, 2012).

- **Les matières organiques :**

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se retrouvent dans l'eau. Elles se décomposent du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples (Rejsek, 2002).

- **Les matières dissoutes :**

Ce sont des matières dispersées de façon homogènes dans l'eau, facilement polarisées ou ionisées. Elles obéissent à des équilibres de la dissolution qui sont fonction de la température et de la pression. Ce dernier facteur était important pour les gaz (Rejsek, 2002).

- **Les matières colloïdales:**

Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petite taille chargée négativement, ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide (Rejsek, 2002).

- **Les matières en suspension :**

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μm , dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle (Rejsek, 2002).

4.1. Méthodes d'analyses:

Le tableau ci-dessous montre les différentes méthodes d'analyse physico-chimiques de l'eau (Tab.05).

Tableaux 05 : Les différentes Méthodes d'analyses physico-chimiques de l'eau (Rezzag et Ben-Yahkoum, 2005)

Méthode électrochimique	Méthode gravimétrique	Méthode volumétrique	Méthode Spectrophotométrique
-La température -Le pH -La conductivité -La salinité -La turbidité -L'oxygène dissous -T.D.S	-Résidus secs -Matières en suspension	-Dureté de l'eau -Alcalinité -Les chlorures - calcium - magnésium	-L'azote ammoniacal -Les phosphates

4.1.1. Paramètres physiques:

4.1.1.1. La température:

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz dans l'eau, et donc celle-ci a un effet sur la conductivité électrique et la détermination de pH (Rodier. 1996 ;Boukrouma, 2008).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain, on utilise souvent dans ce but un thermomètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes.



Figure.10: Thermomètre.

4.1.1.2. Le potentiel hydrogène (pH) :

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de "pH" est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions hydrogène présents. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre. Un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, et un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique. Une solution est neutre lorsqu'il y a autant de H^+ que d' OH^- . (Rodier. 1996).

Bien que le pH n'ait habituellement aucun impact direct sur les consommateurs de ces eaux, il est l'un des paramètres opérationnels les plus importants de la qualité de l'eau. Il est peut être déterminé par diverses méthodes d'analyse, telles que les indicateurs colorés, le papier-pH ou l'utilisation d'un pH-mètre (Rodier, 1996).

Tableaux 06 : Classifications des eaux d'après leur pH(Agrigon, 2000 ;Hakmi, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	eau neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense



Figure. 11: pH-mètre

4.1.1.3. La conductivité électrique:

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau (Tab 07). Elle est liée à la présence d'ions en solution, augmente avec la température et la concentration en sels dissous dans l'eau (Rodier, 1996). L'unité de conductivité est le micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Pour la mesure de la conductivité, nous plongeons la sonde multi-paramètre du dans le milieu à analyser, remueraavec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Après utilisation, nous rincerons les sondes à l'eau déminéralisée.

Tableau. 07 :Classifications des eaux 'après leur conductivité (Agrigon, 2000 ; Hakmi, 2002).

X ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Types d'eaux
0.005	Eau déminéralisée
10<X<80	Eau de pluie
30<X<100	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300<X<500	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées (karst)
500<X<1000	Eau très minéralisée
1000<X<3000	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline
X>3000	Eau de mer



Figure12: Multi-paramètres de paillasse.

4.1.1.4. La salinité:

La présence de sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique)[1].

Le chlorure de sodium (Na Cl) n'est qu'un des très nombreux sels composant l'eau, pour la mesure de la salinité en utilise un multi-paramètre[1].

4.1.1.5. La turbidité:

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, c'est le phénomène dit de Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux (Hakmi, 2002) (Tab 06).

Pour mesurer la turbidité nous avons utilisé un turbidimètre et une cuve stérile.

- **Mode opératoire :**

- Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser.
- Appuyer sur le bouton mesure.
- Faire la lecture après la stabilisation de turbidimètre (Rodier, 1996 ;Amino, 1983).

Tableau. 08 : Classes de turbidité usuelles (NTU, Nephelometric Turbidity Unit).(Hakmi, 2002).

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



Figure. 13: Turbidimètre de paillasse.

4.1.2. Paramètres chimiques

4.1.2.1. L'oxygène dissous (O₂):

L'oxygène dissous est un paramètre très important pour les analyses des eaux, il est depuis très longtemps mesuré par des méthodes chimiques, actuellement les sondes sont équipées d'électrode à oxygène. Il est exprimé en mg l⁻¹. (Amino, 1983 ; Loup, 1974).

- Comme c'est le cas pour tous les gaz atmosphériques, la solubilité, ou la saturation, de l'oxygène varie avec la température, la pression et la salinité. (Amino, 1983; Loup, 1974).

- La détermination de l'oxygène dissous (O₂) est réalisée au terrain à l'aide d'un Oxymètre portable. La méthode de mesure se base sur l'électrolyse se produisant entre une anode en argent et une cathode en or. L'appareil permet la mesure des paramètres suivants (Aouissi, 2009) :

- Concentration en O₂ dissous (mg/l).
- Saturation en O₂ dissous (%), qui est fonction de la pression et de la température.
- La température (C°).

Plonger l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser et procéder à la mesure sans délai. Le temps de stabilisation de mesure est d'environ 1 minute.

4.1.2.2. Dureté de l'eau:

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures. C'est donc la

concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH (Detay, 1993).

La dureté est le plus généralement exprimée en milligrammes de carbonate de calcium équivalents par litre, à plus ou moins 60 mg par litre de carbonate de calcium, une eau est généralement considérée comme douce. Bien que la dureté soit provoquée par des cations, elle peut également être discutée en matière de carbonate (provisoire) et dureté (permanente) non carbonatée. (Mellak, 2009)

La dureté s'exprime souvent en degrés français (F°) selon le classement suivant:

- **0 à 7°:** eau très douce ;
- **0 à 14°:** eau douce ;
- **14 à 20°:** eau moyennement dure ;
- **20 à 30°:** eau assez dure ;
- **30 à 50°:** eau dure ;
- **50° et plus :** eau très dure.

Détermination de la dureté totale :

En pratique la dureté totale est défini par : $[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$

- Méthode titrimétrie à l'EDTA :

• Principe :

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du Mg^{2+} , la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium. (Rodier, 1996 ; 2005).

• Mode opératoire :

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 et 3 gouttes d'indicateur au noir ériochrome T. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le pH doit être de 10 en maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte jusqu'au virage du violet au bleu. Noter le volume versé VEDTA.

- **Expression des résultats :**

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante : $VEDTA \times F \times 20$

F:facteur de dilution



Figure. 14: Dosage de TH

4.1.2.3. Alcalinité:

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H^+) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques, ...) ou industriels (apports basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques, et elle permet de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinité:

- **Alcalinité au virage du rouge de méthyle (ou de l'orange de méthyle) :** Elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (TAC). (Rejesk, 2002).

- **Alcalinité au point de virage du phénol phtaléine (alcalinité composite) :** Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (TA). (Rejesk, 2002).

-Détermination de l'alcalinité totale et composite :

- **-Méthode titrimétrie :**

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

- **Mode opératoire :**

Alcalinité composite (TA) :

Introduire à l'aide d'une pipette 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer et ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénophtaléine. Si aucune coloration rose n'est obtenue, considérer l'alcalinité composite comme nulle. - Si une coloration rose est obtenue, titrer avec l'acide sulfurique. Jusqu'à une disparition de la coloration (pH. 8,3). Noter le volume V ml d'acide versé (Rodier, 2005).

Alcalinité totale (TAC) :

Utiliser l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé (pH 4,3). Noter le volume V ml d'acide versé.

- **Expression des résultats :**

- **TAC : $(V - 0,5) \times F \times 12.2$**



Figure15: Dosage de l'alcalinité

4.1.2.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)

La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sodium, en calcium, en magnésium, en chlorures, en sulfates et en hydrogénocarbonates, semblent mieux contribuer à l'homéostasie

de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elle peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe. (Aouissi, 2009)

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne; au-delà de 1200 mg/l et elle devient sauf accoutumance assez désagréable (Rodier, 1996). Il a été déterminé à l'aide d'un conductimètre électrique, qui permet de mesurer également la salinité.

4.1.2.5. Les éléments de pollution

✓ Dosage de calcium (Ca^{+2}) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeur de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc... (Rodier, 1996).

La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO_4 et la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 (Saadali, 2007).

L'influence de calcium sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les chercheurs et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en CaCO_3 . (Rodier, 1996)

✓ Détermination de Ca^{+2} :

• Méthode titrimétrie à l'EDTA :

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

• Expression des résultats :

La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = V_{\text{EDTA}} \times F \times 8.016$$



Figure16:Dosage de calcium

✓ **Dosage de magnésium (Mg^{+2}) :**

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites). (Debieche, 2002). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Aouissi, 2009)

Détermination de Mg^{2+} :

Méthode par calcul : Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en $CaCO_3$ mg /l. (Rodier, 2005).

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

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

✓ **Dosage de chlorures:**

Les chlorures sont répandues dans la nature, on les trouve sous forme de $NaCl$, KCl ou $CaCl_2$. (Sayad, 2008).

• **Principe de dosage:**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence du chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

• **Réactifs :**

- Solution de chromate de potassium à 10%

- Solution de nitrate d'argent N/10.

- **Mode opératoire :**

Introduire 25ml d'eau à analyser dans un erlemmeyer au col large, ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium a 10%, verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'a l'apparition d'une teinte rougeâtre qui doit persister 1 à 3minutes(Rodier, 1996).

- **Expression des résultats :**

La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$\text{Ccl}^- = V \text{ AgNO}_3 \times N \times 35,5 \times 1000/E.$$

$$N = 1/50.$$

E = volume en ml de la prise d'essai.

- ✓ **L'azote ammoniacal:**

Le choix de la méthode est déterminé par la concentration en ions ammonium qui est très variable et la plus part d'ions interférents tels que chlorures, fer, amine, matière organiques... etc.

- **Principe**

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

- **Réactifs**

-Réactif 1: Solution chlorée.

-Réactif 2. Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml du réactif I.
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h 30.

Effectuer la lecture à 655 nm(Rodier, 1996 ;Aminot, 1983).



Figure17: Spectromètre

✓ **Les phosphates (PO_4^-) :**

• **Principe**

La méthode de Murphy et Riley (1962) reste encore aujourd'hui une des plus rapides et des plus simples pour le dosage des ions ortho phosphate en eau.

• **Réactifs**

- Solution de molybdate d'ammonium.
- -Acide sulfurique 2.5mol/l
- -Solution d'acide ascorbique.
- -Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

• **Mélange-réactif.**

- Mélanger les réactifs ci-dessus dans la proportion suivante :
- 100 ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250 ml d'acide sulfurique 2,5mol/l.
- 100 ml de solution d'acide ascorbique.
- 50 ml de solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

Ce mélange –réactif qui ne conserve pas plus de 6 h doit être préparé immédiatement avant chaque série d'analyses.

• **Mode opératoire**

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30 °C.

On procède comme suit :

- Préparer le mélange –réactif.

- Mesurer 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 10 ± 0.5 ml du mélange –réactif et homogénéiser aussitôt.
- Attendre 5 min et mesurer à l'eau l'absorbance à 885 nm. (Amino, 1983).

4.1.2.6. Résidus secs :

- **Principe :**

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières dissoutes par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporisée dans une capsule tarée de résidu desséché et ensuite pesé.

- **Mode opératoire :**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée et dessécher.
- Prélever 200ml d'eau à analyser.
- Porter à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ heures au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement (Rodier, 1996 ;Amino, 1983).

- **Expression des résultats:**

$$\text{Résidus secs (mg/l)} = (P1 - P0) \times 20000$$

P0: poids de capsule avant l'évaporation

P1: poids de capsule après l'évaporation



Figure18: Matériel utilisé pour l'analyse de résidus secs

4.1.2.7. Matières en suspension (MES) :

- **Principe :**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

- **Matériel spécial :**
 - Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe).
 - Membranes de filtration.
- **Mode opératoire :**
 - Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20minutes.
 - Laisser refroidir dans le dessiccateur.
 - Ensuite les pesée : soit p1=poids des membranes avant filtration.
 - Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200ml d'eau à analyser a travers.
 - Rendre les membranes à l'étuve (à105°C) a fin de sécher pendant 20minutes.
 - Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit p2= poids des membranes après filtration (Rodier, 1996; Hakmi, 2002).
- **Expression des résultats:**

$$(P2-P1) \times 10000/100$$



Figure19:Analyse de la matière en suspension

Tableau09: Normes physico-chimiques d'une eau potable selon l'OMS et Algérienne (ADE, 2010).

Paramètres physico-chimiques	Unités	OMS	Algériennes
pH	-	à6.5 8.5	8.56.5 à
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
Cl⁻	mg/l	250	600
TAC	mg/l	-	2000
T.D.S	g/l	2	2
Ammonium	mg/l	0.5	0.5
Ortho phosphate	mg/l	5	5
Résidu de sec	mg/l	2000	2000

Chapitre. III :
Résultats et Discussion

Les résultats des analyses physicochimique des échantillons d'eau prélevés et que nous avons obtenus sont présentés sous forme des diagrammes exprimant les différentes variations spatiotemporelles de tous les paramètres étudiés.

Les analyses physico-chimiques des eaux des forages de notre étude ont montrés une grande variation des concentrations des éléments chimiques et physique dont certaines dépassent les normes décrites par l'OMS(Annexe.I) pour les eaux destinées à la consommation humaine

1. Résultats des analyses physico-chimiques

1. 1.Paramètres physiques:

1. 1.1.La température (T) :

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine. Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. (Aouissi, 2009)

Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

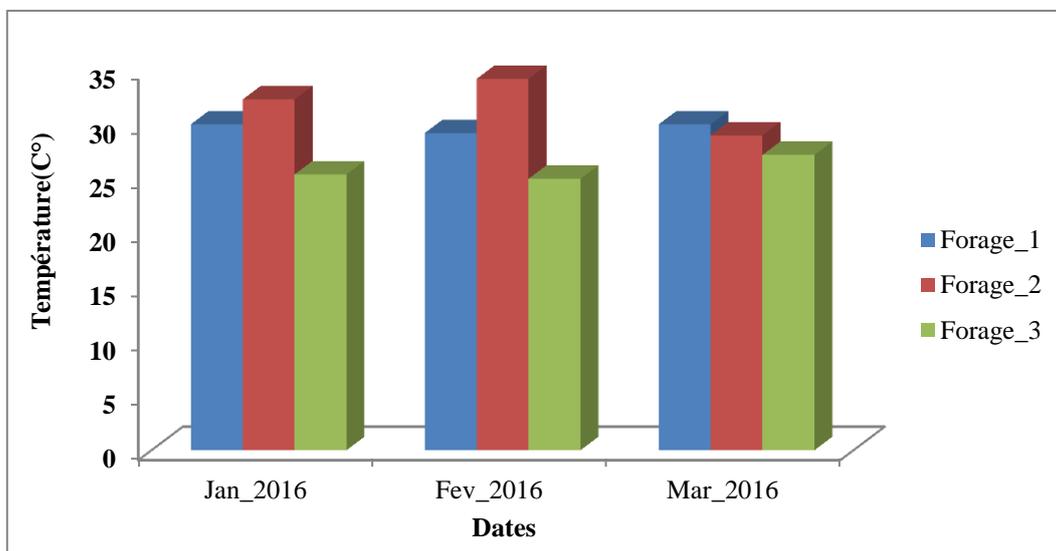


Figure.20 : Evolution de la température dans les eaux des trois forages.

Au niveau de tous les points de prélèvement dans les trois forages, les valeurs de la température oscillent entre 25°C enregistré dans le forage (F_03) et 34°C dans le forage (F_02).

1. 1.2.Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau (Nisbet et Verneaux, 1970).

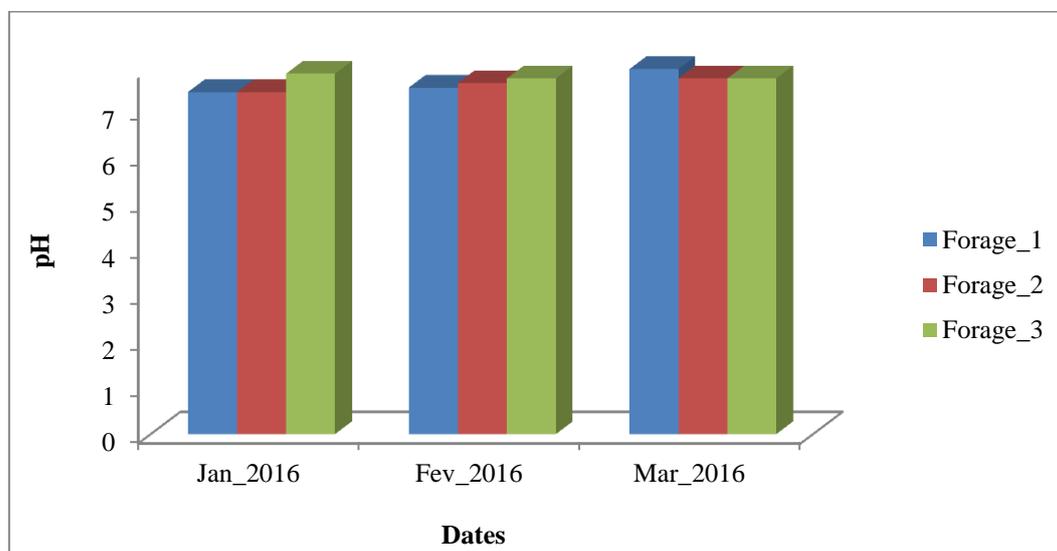


Figure.21 : Evolution du pH de l'eau des trois forages.

L'eau de ces forages a présentée pendant toute la période de l'étude des valeurs de pH fluctuant entre 7.4 et 7.9 Le maximum est enregistré dans le forage (F_01) pendant le mois de Mars (7.9) tandis que le minimum est enregistré au niveau de forage (F_01)et(F_02) pendant le prélèvement du mois de Janvier (7.4) (Fig 21).

1. 1.3.La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. (Rodier,2005). C'est la mesure de l'aptitude des eaux à conduire l'électricité et donne une bonne indication des concentrations en substances minérales dissoutes. Bien souvent, il existe une corrélation entre la conductivité et la dureté de l'eau due principalement à la présence de calcium et de magnésium (Rodier, 2005).

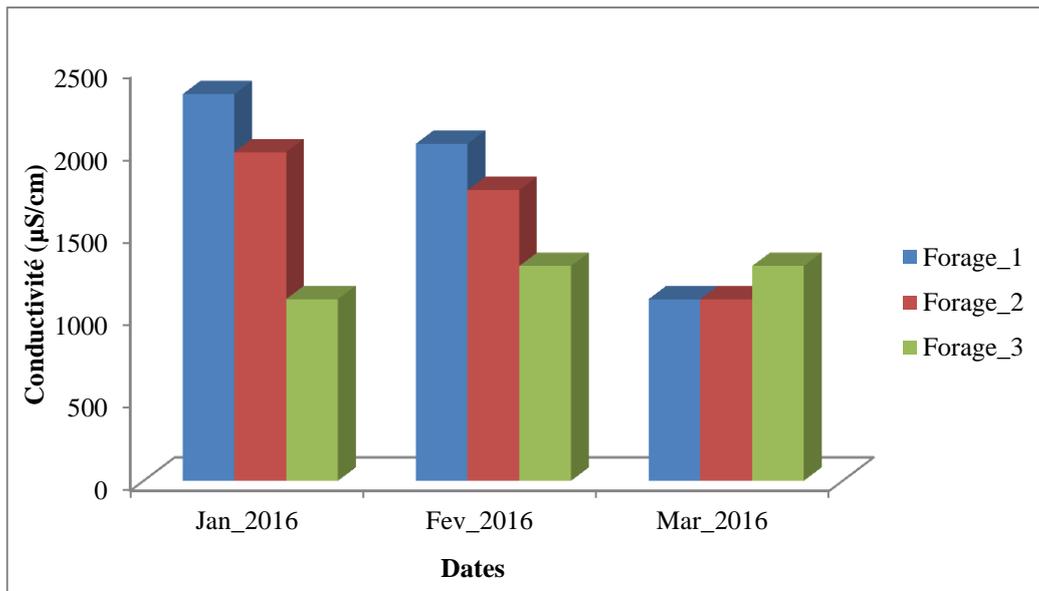


Figure.22 : Evolution la conductivité électrique (CE) de l'eau des trois forages.

Les valeurs de la conductivité varient pendant toute la période de l'étude entre 1100µS et 2300 µS. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant le mois de Janvier (2300 µS) au niveau du forage (F_01) tandis que le minimum est enregistré pendant le mois Mars (1100 µS) au niveau forage (F_01) et (F_02) et (Fig 22).

1.1.4. La salinité:

La présence de sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). La viscosité et l'absorption de la lumière ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique). (Guergueb, 2012).

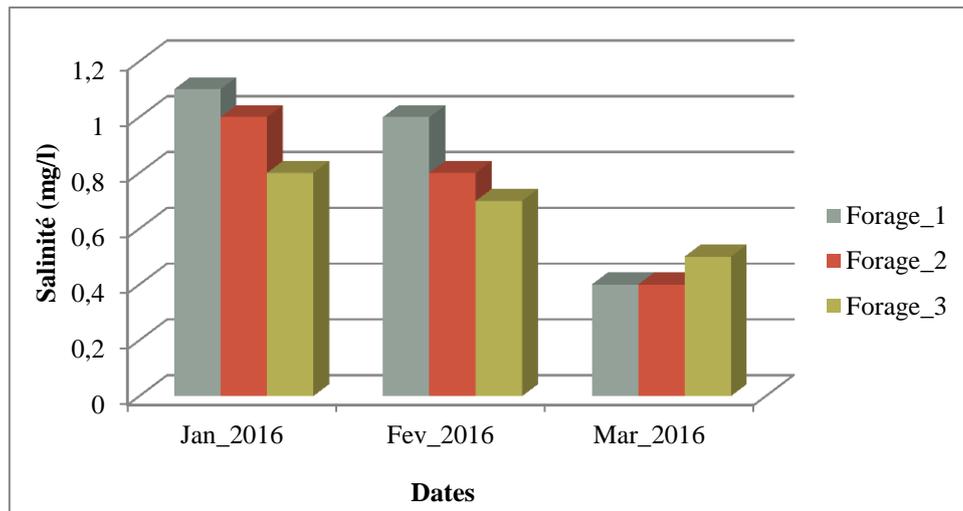


Figure.23: Evolution de la salinité de l'eau des trois forages.

La salinité est proportionnelle à la conductivité. Sa variation suit la même allure au la valeur la plus enlevé est de 1.2 mg/l enregistré dans le forage (F_02) pendant le mois de Janvier et les valeurs les moins enlevées sont enregistrées dans les Forages (F_01) et (F_03) pendant le mois de mars.

1.1.5. La turbidité

Son taux normal est fixé à 5 NTU selon l'OMS. La turbidité affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre. Elle est le plus souvent due à la présence des matières en suspensions finement divisées tel les argiles, les limons, les grains de silice, les matières organiques... (Aouissi,2009).

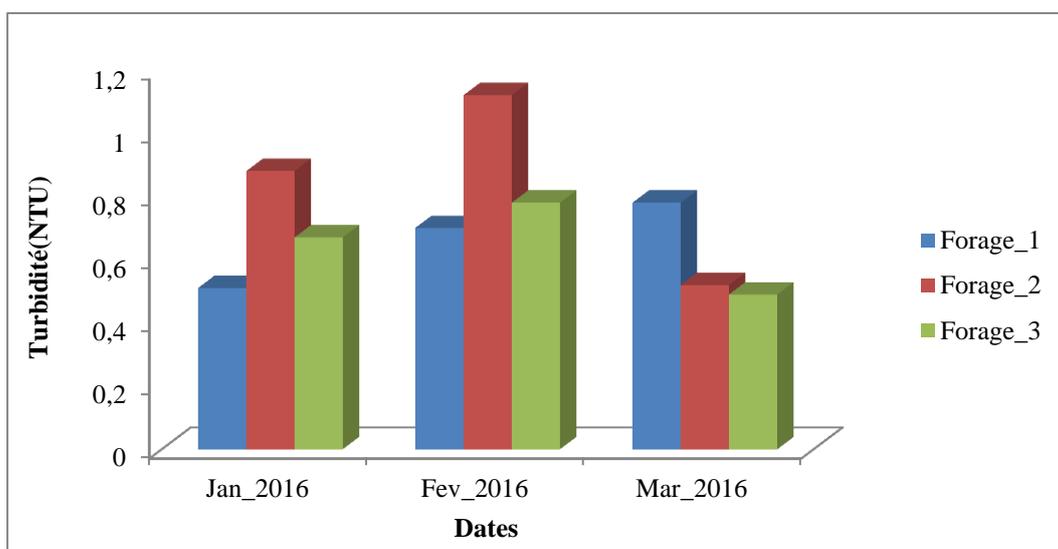


Figure.24: Evolution la turbidité de l'eau des trois forages.

Les valeurs moyennes calculées dans tous les forages étudiés ne dépassent pas la norme, Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant le mois de Janvier(0.88) au niveau du forage (F_02), tandis que le minimum est enregistré pendant le mois de mars au niveau du forage(F_03).

1.2 Les paramètres chimiques:

1.2.1. L'oxygène dissous (O₂):

La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau: eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation, par contre les eaux profondes n'en contiennent que quelques milligrammes par litre. (Rezzag et BenYahkoum, 2005). L'eau saturée d'air à 20C° et sous la pression normale contient 9.1mg/l d'oxygène (Rezzag et Ben-Yahkoum, 2005)

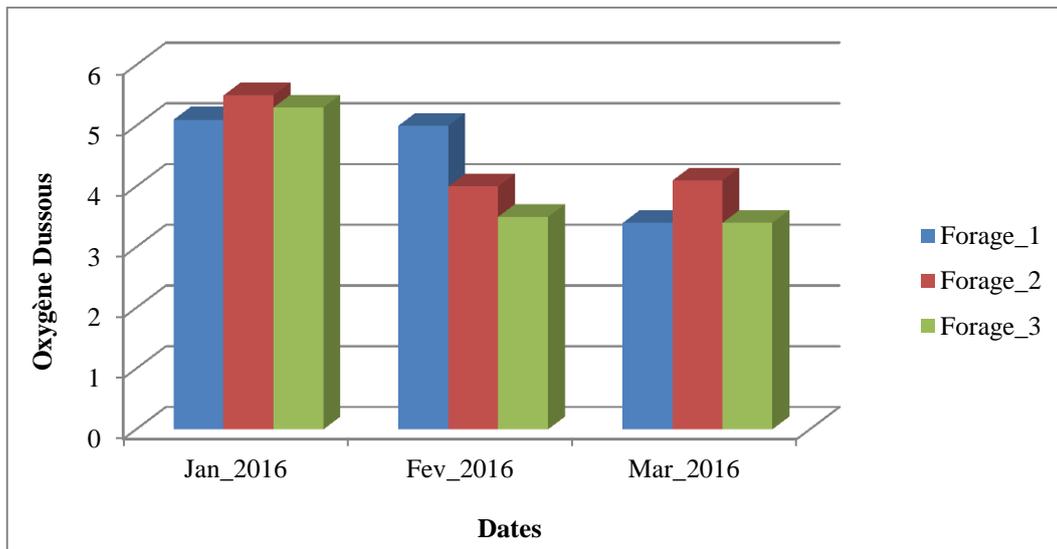


Figure.25: Evolution l'oxygène dissous (O₂) de l'eau des trois forages.

Les valeurs moyennes calculées dans tous les forages étudiés ne dépassent pas la norme, Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant le mois de Janvier (5.5mg/l) au niveau du forage (F_02), tandis que le minimum est enregistré pendant le mois de Mars (3.4mg/l) au niveau du forage (F_01) et (F_03). Ces teneurs n'expriment pas une forte pollution organique.

1.2 .2.Dureté total (TH) :

Le degré hydrotimétrique (TH) exprime la dureté d'une eau. Cette dernière est due particulièrement à la présence des sels de calcium et de magnésium. (Rejsek, 2002)

L'origine de la dureté d'une eau peut être liée simplement à la lithologie du terrain encaissant ou bien à des facteurs externes telle que la pollution industrielle. (Zeddouri, 2003).

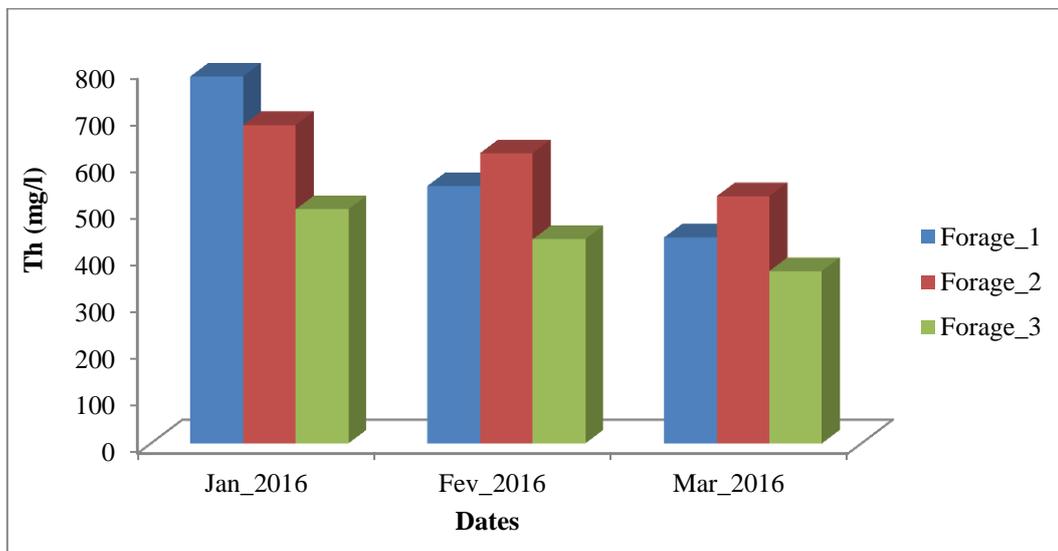


Figure.26: Evolution la dureté total (TH) de l'eau des trois forages.

Les résultats obtenus (Fig 26) nous montrent que les eaux étudiées ont des duretés importantes qui varient entre 784mg/l (maximum au forage (F_01) pendant le mois de Janvier) et 368mg/l (minimum au forage (F_03) pendant le mois de Mars).

1.2.3. L'alcalinité:

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H⁺) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻) et hydroxydes (OH⁻). Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques,...) ou industriels (apport basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques et elle permet de déterminer les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. (Rodier, 2005)

Si le pH est compris entre 4.5 et 8.3, ce qui est le cas des eaux naturelles, les seuls éléments alcalins présents en quantité mesurable par titrage sont les bicarbonates HCO₃⁻.

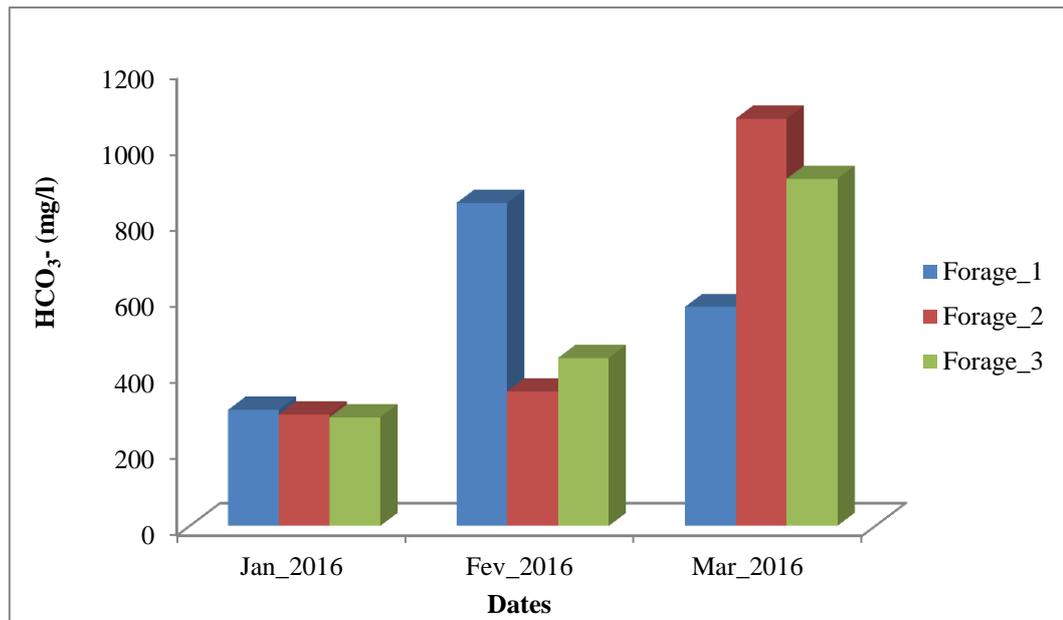


Figure.27: Evolution de l'Alcalinité de l'eau des trois forages.

Les concentrations du TAC au niveau des trois forages étudiés sont inférieures par rapport à la norme 2000 de l'OMS (Annexe. I) des eaux destinées à la consommation humaine. Nous observons que les valeurs moyennes sont généralement comprises entre (285 et 1071mg/l).

1.2.4. Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)

La minéralisation globale peut nous renseigner sur la potabilité de l'eau (Rodier, 2005). Les concentrations du TDS au niveau de tous les forages sont presque similaires durant toute la période de l'étude.

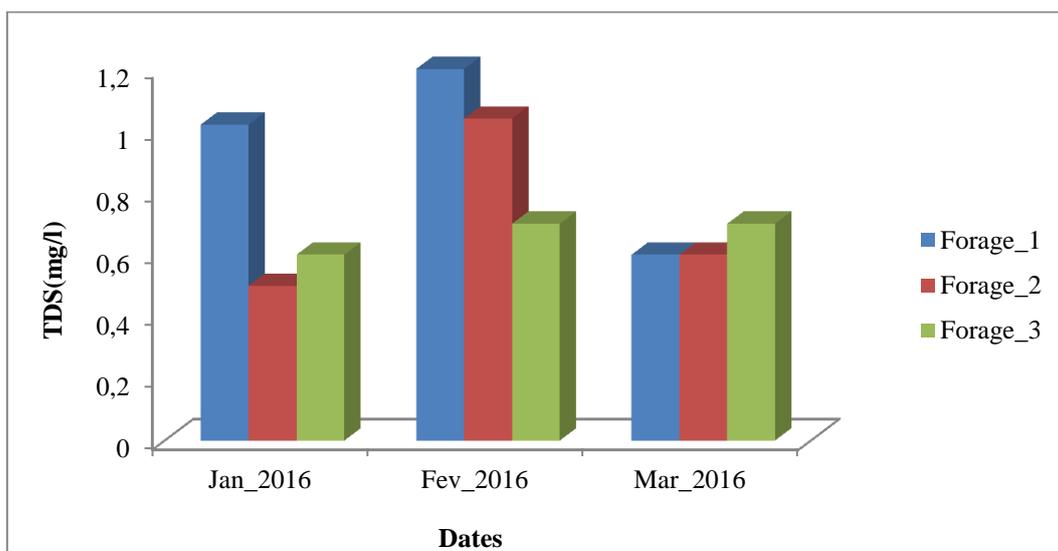


Figure.28: Evolution de la minéralisation globale de l'eau des trois forages.

Toutes nos analyses présentent une minéralisation inférieure à 2 g/l (norme de l'OMS) (Annexe. I) avec l'eau du forage (F_01) (1.2g/l) pendant le mois de février qui semble être la plus minéralisée (Fig 28). Nous constatons aussi que la variation de la minéralisation globale est identique à celle de la conductivité.

1.2.5. Les éléments de pollution

✓ Le Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un constituant cationique le plus dominant dans les eaux superficielles, il se présente généralement sous forme de bicarbonates $\text{Ca}(\text{HCO}_3)$ solubles. (Bremond et Vuichard, 1973). Il est un autre élément qui constitue la dureté de l'eau et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. La présence de cet élément dans les eaux a pour origine la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.

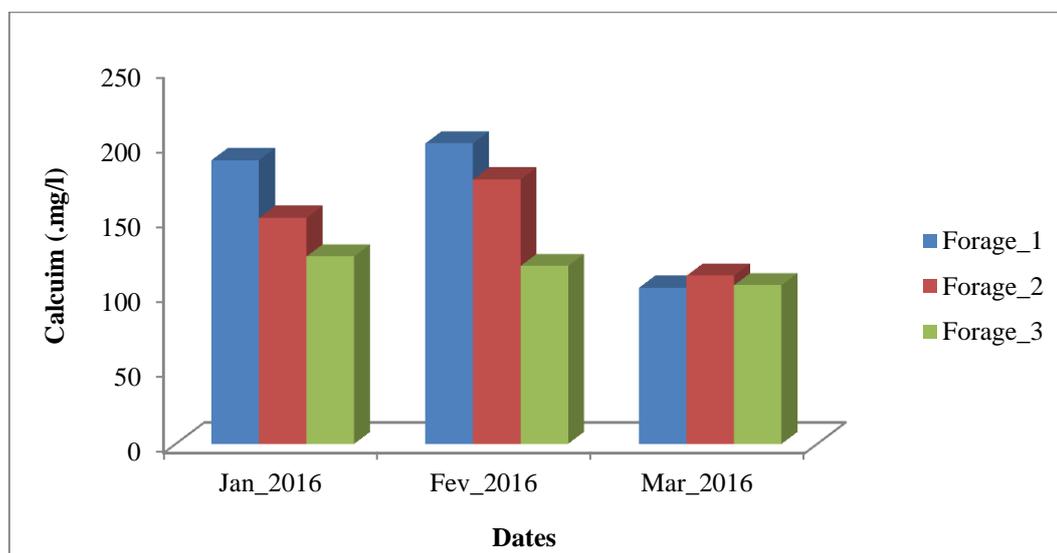


Figure.29: Evolution des taux du Calcium de l'eau des trois forages.

La figure (29) nous montre que les concentrations de Ca^{2+} dans les eaux des forages ne dépassent pas la valeur guide (200 mg/l) sauf pour le forage (F_01) pendant le mois février (maximum de 200.4 mg/l).

✓ Le Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est un constituant de nombreux minéraux et roches, en particulier la dolomite (carbonate double de calcium et de magnésium). Il provient également de la

dissolution d'autres roches (basalte, magnésites, argiles, etc.). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. (Ramade, 2002).



Figure.30: Evolution des taux du Magnésium de l'eau des trois forages.

D'après les résultats des analyses de Mg^{2+} (Fig.30) nous remarquons que tous les échantillons ont des teneurs inférieures à (150 mg/l) ; qui est la teneur maximale admissible par l'OMS (Annexe.I). La teneur la plus faible est de 25 mg/l est observé au niveau de forage (F_03) pendant le mois de Mars et la valeur maximale est de 75mg/l notée au niveau du forage (F_01) pendant le mois de Janvier. Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traverses

✓ Les chlorures (Cl⁻):

Les Chlorures sont répandus dans la nature, on les trouve sous forme de Na Cl, KCl ou $CaCl^2$. L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables (Rejsek, 2002). Dont l'origine peut-être due à la percolation à travers des terrains sales; les rejets humains (les eaux usées) ou à les industries extractives. (Guergueb, 2012)

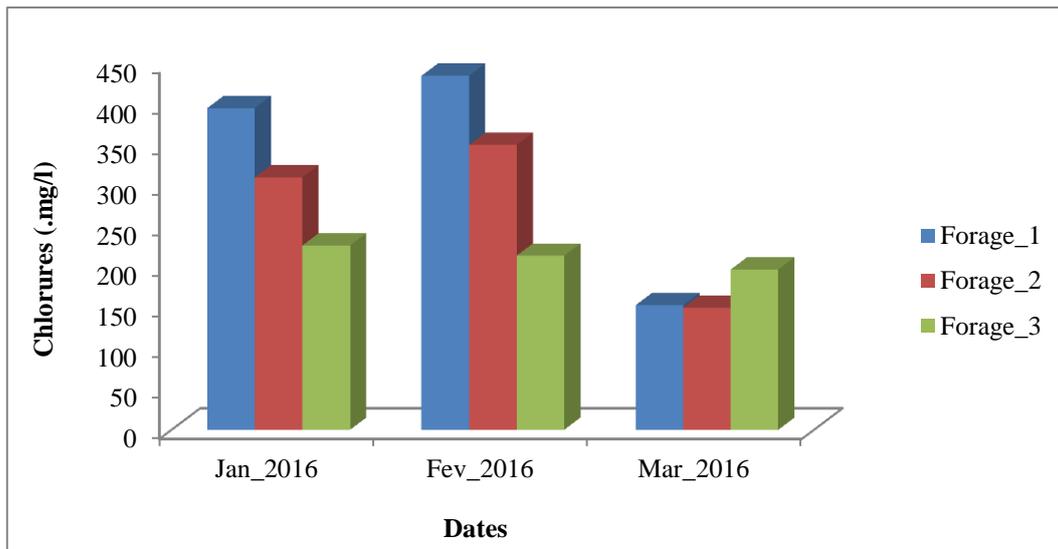


Figure.31: Evolution des taux de Chlorures dans l'eau des trois forages.

D'après les résultats de dosage de Chlorure nous avons observé que leur concentration est élevée, dépasse la norme OMS (200mg/l)(Annexe.I); La teneur maximale a été enregistrée (435,3 mg/l) au niveau du forage(F_01) durant le mois de Février, et la valeur minimale est de 150.3mg/l enregistrée dans le forage (F_02) pendant le mois de Mars.

✓ **L'azote ammoniacal**

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. Pourriot et Meybek (1995) ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en NH_4^+ mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque.

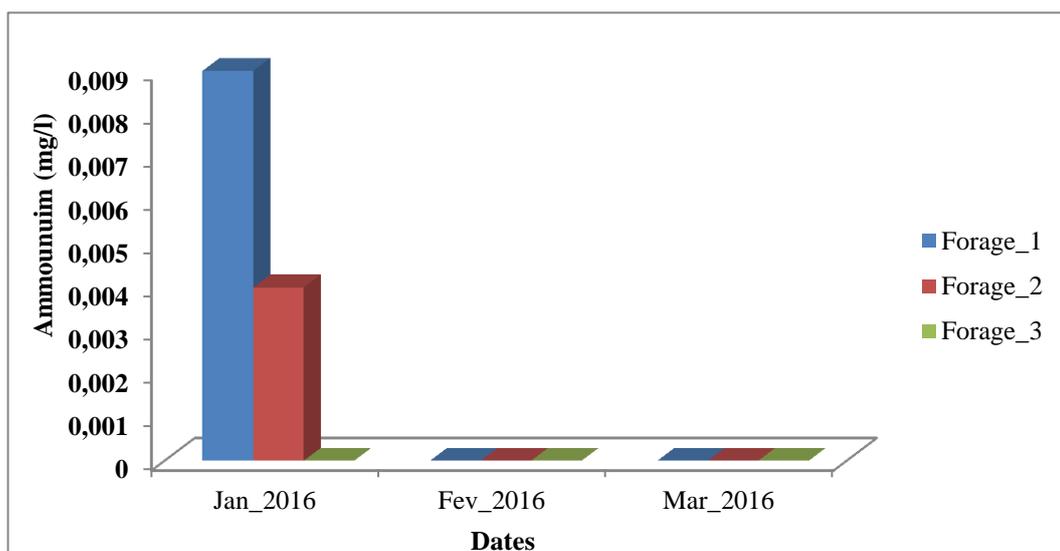
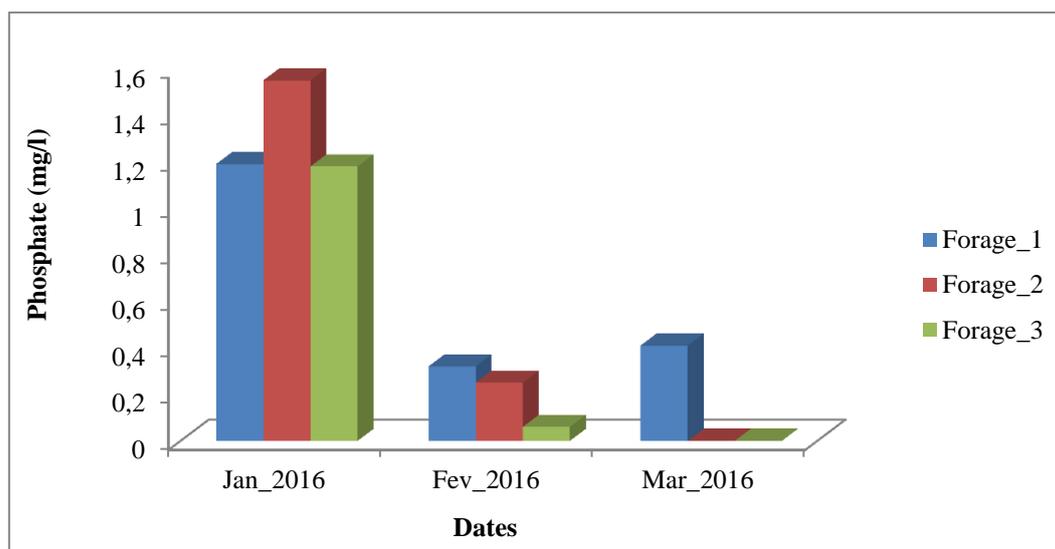


Figure.32: Evolution des taux d'ammonium dans l'eau des trois forages.

Les valeurs moyennes des teneurs en NH_4^+ calculés durant toute notre étude sont inférieures aux normes décrites par l'OMS (0,5 mg/l)(Annexe. I). Il est observé que pendant le premier prélèvement avec un maximum de 0,009 mg/l au niveau de forage (F_01) et au niveau de (F_02) avec 0,004 mg/l pendant le mois de Janvier (Fig 32).

✓ Les phosphates (PO_4)

Les ortho-phosphates ou plutôt les phosphates 'réactifs' constituent la forme prédominante du phosphore disponible dans le sol et dans l'eau. En combinaison avec l'azote, le phosphore est utilisé dans les engrais chimiques et naturels pour enrichir les sols agricoles. Au cours des dernières années, une attention particulière a été apportée à cet élément afin de mieux contrôler la fertilisation agricole. (Patrick *et al.* 1998)

**Figure.33:** Evolution des taux d'ortho-phosphate dans l'eau des trois forages.

Les résultats des ortho-phosphates (Fig 33) nous montrent que leurs concentrations dans les eaux des forages sont inférieures à la norme (5 mg/l) décrite par l'OMS (Annexe. I) pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le maximum de concentration est observé au niveau du forage (F_02) pendant le mois de Janvier (1,55 mg/l).

1.2.6. Résidu sec

Le résidu sec d'une eau filtrée au préalable correspond aux matières dissoutes qui englobent les substances minérales (mg/L) ainsi que les substances organiques. (Mellak, 2009)

D'après les teneurs du résidu sec, les eaux peuvent être classées en tant que douces, contenant jusqu'à 1 g/l de sels, faiblement salées (1 à 5 g/l), saumâtres (5 à 10 g/l), salées (10 à 50 g/l) et saumurés à partir de 50 g/l et au-dessus. (Mellak, 2009)

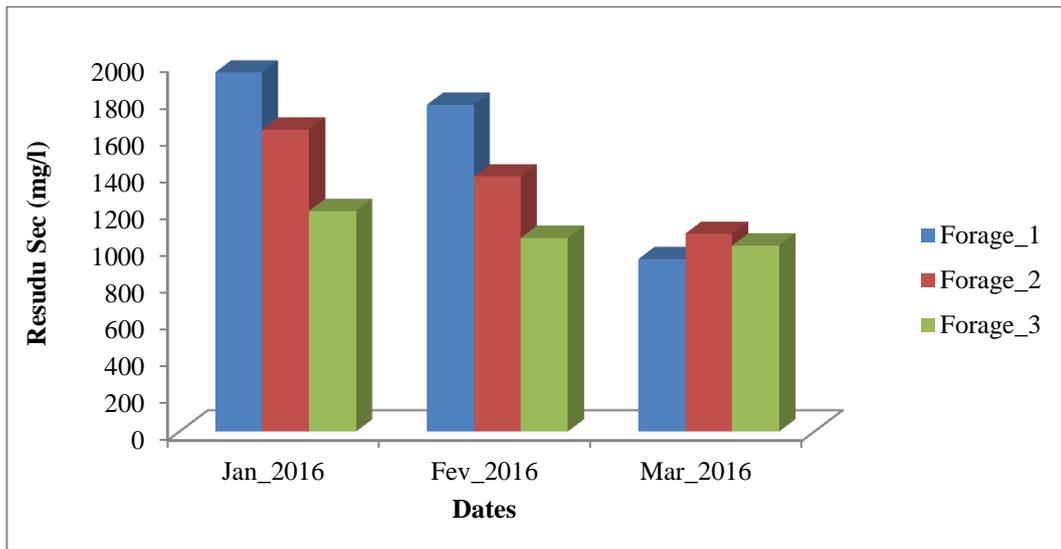


Figure.34: Evolution des taux du résidu sec dans l'eau des trois forages.

Les résultats des résidus secs (Fig 34) nous montrent que leurs concentrations dans les eaux des 3 forages ne dépassent pas la norme OMS (2000 mg/l) (Annexe.I) le maximum (1950 mg/l) enregistré dans le forage (F_01) pendant le mois de Janvier et le minimum (936 mg/l) dans le même forage pendant le mois de Mars.

1.2.7. Matière en suspension(MES):

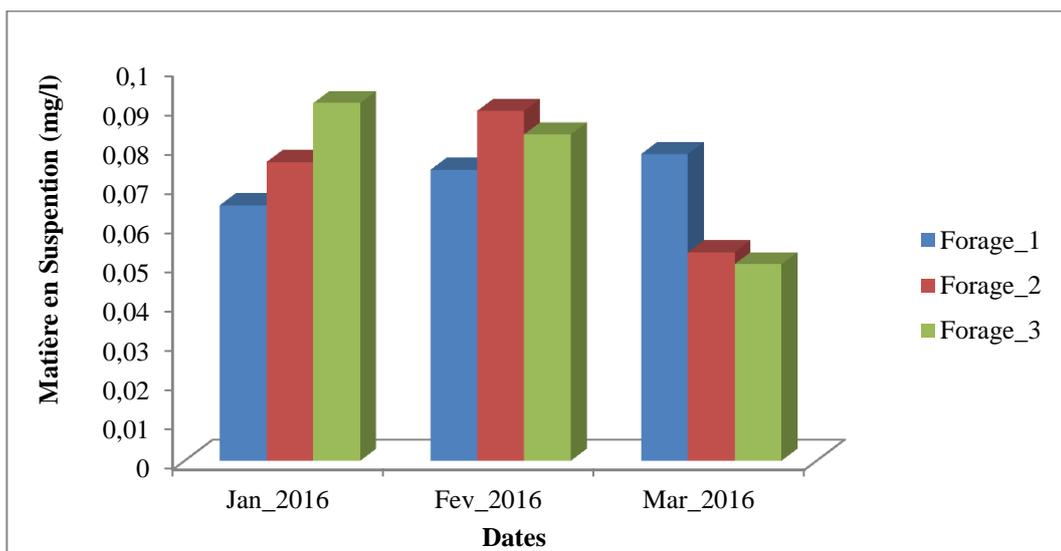


Figure.35: Evolution des teneurs de la matière en suspension dans l'eau des trois forages.

Les valeurs moyennes des teneurs en MES calculés durant toute notre étude varient entre le maximum (0.091mg/l) enregistré dans le forage(F_03) pendant le mois de Janvier et le minimum (0.05mg/l) dans le même forage pendant le mois de Mars.

Conclusion

Conclusion

L'altération de l'environnement naturel, notamment le milieu aquifère est devenu progressivement une préoccupation mondiale. En Algérie, et plus particulièrement au Sahara, la principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de l'aridité du climat et l'exploitation relativement facile de cette ressource souterraine.

La croissance démographique, les forages albiens, et la modernisation de l'agriculture entraînent un grand problème de détérioration de la qualité de cette source souterraine en provoquant un processus de pollution de ces eaux souterraines évolutif dans l'espace et dans le temps, qui au demeurant est difficilement maîtrisable.

Notre zone d'étude, à savoir la commune de Metlili, se trouvant être localisée dans une région Saharienne (Wilaya de Ghardaïa), est donc confrontée, pour les raisons susnommées, à un risque de pollution grandissant qu'il faut caractériser et identifier au plus vite si l'on veut sauvegarder ce patrimoine souterrain.

Cette étude a été menée dans le but de contribution à l'étude de la qualité et physico-chimique de l'eau de certains forage de la commune de Metlili.

Les analyses physico-chimiques sont souvent utilisées pour étudier la qualité de ces eaux et les comparées avec l'OMS. Au cours de notre étude réalisée depuis le mois de Janvier 2016 jusqu'au mois de Mars 2016, nos résultats ont montrés que les concentrations en éléments chimique dans la plupart de ces forages respectent les normes sauf pour quelque paramètres tel : (la dureté total (TH) et le chlorure) leur origine peut être liée simplement à la lithologie du terrain encaissant ou bien à des facteurs externes telle que les apports en eaux usées domestiques ou la pratique agricole.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **A.N.R.H** (2007). "Rapport sur l'hydrologie de Ghardaïa ": 22.
- **A.N.R.H** (2010). "Rapport de fin du sondage, forage d'eau potable MOUDJAHIDINE - CNAS Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa."
- **A.N.R.H** (2011). "Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Guelma." *Agen. Nati. Alg. Ress. Hydr* 15p.
- **Abbou S et Benmlouka M** (2013). Caractéristique physico-chimiques des eaux embouteillées algérienne et vérification d'étiquetage. Université d'Oran: p.
- **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: 67p.
- **Achour M** (2011). "Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ghardaïa."
- **Achour M et Ouassiskouti** (2003). "Étude hydrogéologique de La nappe phréatique."
- **Agrigon** (2000). *Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments.*, DUNOD. 206p.
- **Amino** (1983). "Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin." 993 p.
- **Anonyme** (2005). "Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface."
- **Aouissi A** (2009). Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie) Mémoire de Magister, Université de Guelma 120p.
- **Atla K** (2013). Etude sur les indices phytoécologiques d'évolution de la végétation d'oued Metlili . Mémoire de Master, Université Ghardaïa: p.
- **Attialah M** (2012). "Contribution à l' étude des caractéristiques physico – chimiques et hygiéniques des eaux de la nappe phréatique (Cas de la vallée du M' Zab).".
- **B A et E.N.H.P** (2010). Caractéristique physico-chimique des eaux des lacs Témancine, Méggarine et Ayatta et inventaire des espèces piscicoles de ces lacs. Mémoire d'Ingénieur, Aquaculture.universite Kasidi Merbah-Ouargla, : 48p.
- **Bagnoules et Gausse H** (1957). "Les climats biologiques et leurs classifications." *Ann. Géogr. Fr.*
- **Bahaz H** (2013). La cartographie piézométrique et hydrochimique de la nappe phréatique de la vallée de Metlili. Mémoire de Master, Université de Ghardaïa: 60p.
- **Bendrisou R et Dedjell Y** (2011). Approche la nappe phréatique de la région de Ghardaïa. Mémoire de Mester, Université des Sciences de Technologie Houari Boumedienne: 60p.
- **Bensemaoune Y** (2007). Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatial : contribution à l'étude à la mise en place d'un schéma d'aménagement de gestion de l'espace (S.A.G.E) cas de la région de Ghardaïa Mémoire de Magister Université de Ouargla: 100p.
- **Benzayet b** (2010). Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod. Ingénieur d'Etat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique: p.
- **Boudjema A** (1987). Evolution structurale du bassin pétrolier triasique du Sahara Nord oriental (Algérie). Thèse Universitaire, Paris XI Orsay, : 290p.
- **Boukrouma H** (2008). Contribution à l'étude biologique du pouvoir auto-épurateur de l'eau : cas du marais d'El-Kennar. . Mémoire due Magister., Université de Jijel. : 119p.
- **Busson G** (1970). Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse Paris: 464p.

Références bibliographiques

- **Coulibaly K** (2005). Etude De La Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako. Thèse de Doctorat, Université de Bamako: p.
- **D.S.A** (2005). "Rapport sur oued Metlili wilaya de Ghardaïa."
- **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. Mémoire de Magister, El-Harrach, I.N.A.
- **Dajoz R** (1971). *Précis d'écologie*, Ed .Dunod, Paris.
- **Detay M** (1993). *Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation.* , Masson.
- **Dubief J** (1964). *Evaporation et coefficient climatiques au Sahara.* .
- **Emberger L** (1955). *Une classification biogéographique des climats.* : 343p.
- **Guergueb E-Y** (2012). "Diversité microbiologique et étude physico-chimique de l'eau de la zone humide Garaet Timerganine (Wilaya d'Oum El Bouaghi, Hauts plateaux du constantinois)." 152p.
- **Guerradi H et Faradji O** (2007). Géochimie et sédimentologie des alluvions de la daya d'El'Amied (Guerrara). Mémoire d'ingénieur, Université Kasdi Merbah, Ouargla: 66p.
- **Guessom H et Laouar F** (2011). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la commune de Ghardaïa. Mémoire de Licence, Ghardaïa: p.
- **Hakmi** (2002). Traitement des eaux " analyse de l'eau de source bousfer ORAN. Mémoire de magister, Université des sciences et de la technologie Oran: 71p.
- **Lacoste** (2008). *L'eau dans le monde* . Larousse, 2ème édition.128 pages.
- **Loup J.P** (1974). "Les eaux terrestres. Collection dirigée par Jean Pelletier." *Masson et Cie. Paris Ive.*: 14p.
- **Mellak D** (2009). Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. ingénieur, El Harrach, E.N.S.P: p.
- **Meybeck M** (1998). "Surface water quality: Global assessment and perspectives. In: international conference on world water resources at the beginning of the 21st century (UNESCO, Paris, 3-6 June 1998). , ." *UNESCO. Paris*: 173-185.
- **Nisbet M et Verneaux J** *Composantes chimiques des eaux courantes; discussion et proposition de classe en tant que base d'interprétation des analyses chimique.*, Ann de limnologie. Tome 6, 161-190.
- **O.N.M** (2015). "Bulletin climatique et agronomique." 2p.
- **O.R.G.M** (1999). Livret des substances utiles non métallique de l'Algérie; wilaya de Ghardaïa, . Rapport de l'Offi. Rég. Géol. Min., Boumerdès: 34p.
- **OMS** (1986). *Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations).* , Organisation Mondiale De La Santé. 2ième édition.
- **Ouledmir D** (2000). "Etude physico-chimique de l'eau de bassin versant de Metlili ": 3-4 p.
- **Ozenda P** (1983). *Flore du Sahara*, Ed. C.N.R.S, Paris.
- **Ozenda P** (1991). *Flore du Sahara.* , 5ème Ed. Paris.
- **Patrick P, Env M et Monique H** (1998). Qualité de l'eau souterraine dans la MRC de Coaticook. Régie régionale de la santé et des services sociaux de l'Estrie. 70, Québec Canada.
- **Ramade F** (1982). *Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère.* 2ème édition. Masson. Paris. 422 p.
- **Rejsek F** (2002). *Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques*, Sceren. Paris.

Références bibliographiques

- **Rezzag k et Ben-Yahkoum R** (2005). Influence des eaux usées sur la nappe phréatique (cas de la vallée du M'zab). Mémoire d'Ingénieur, Université de Ouargla: p.
- **Rodier J** (1996). *L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer*, 8ème édition. Dunod.
- **Rodier J** (2005). *L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer*, 8ème édition. Dunod. .
- **Rodier J, Ligebe B, Merlet N et coll** (2009). *L'analyse de l'eau*, 9ème Edition, Dunod, 1525p.
- **Roux M** (1987). *Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau*, TEC & DOC. Paris.
- **Saadali B** (2007). Etude de la qualité des eaux des sources issues du Massif dunaire de Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale). . Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba.: 83p.
- **Sayad L** (2008). Qualité Physico-chimique Et Bactériologique Des Eaux De L'écosystème Lacustre Lac des Oiseaux (Wilaya EL Tarf). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba.: 110p.
- **Zeddouri A** (2003). Contribution à L'étude Hydrogéologique Et Hydro-chimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation), Guelma, NE Algérien. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.

Sites Web :

[1]. Cours de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var (2004). Propriétés physiques du milieu marin. <http://isitiv.univ-tln.fr/~lecalve/oceano/plan.htm> (date de consultation 20/04/2009).

Annexes

Annexe. I :

Tableau : Nombre des forages et leur destination par commune(Achour,2011).

Communes	Nombre totale des forages	Nombre de forages exploités	Destination
Bounoura	18	13	AEP+IRR+ AEI
El Atteuf	21	16	AEP + IRR
Ghardaïa	41	27	AEP+IRR+ AEI
Daya Bendahoua	20	9	AEP + IRR
Berriane	22	12	AEP+IRR+ AEI
Metlili	39	25	AEP + IRR
Sebseb	14	10	AEP + IRR

Résumé

Résumé

La Wilaya de Ghardaïa fait partie d'une zone aride qui renferme des ressources d'eaux souterraines très importantes qui doivent être identifiées et étudiées à fin de les conserver. Pour cela, nous avons étudié la variation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de l'eau des trois forages dans la commune de Metlili pendant trois mois, soit du mois de Janvier jusqu'au mois de Mars 2016.

Les résultats ont montré que la plupart des paramètres mesurés respectent les normes de potabilité de l'eau selon l'OMS; la variation des concentrations de ces paramètres est étroitement liée à la nature de substrat géologique.

Mots-clés : Metlili, Ghardaïa, qualité Physico-chimie, OMS.

Summary

Ghardaia town is part of a dry zone that contains very important underground waters resources which have to be identified and studied to be preserved. For that purpose, we studied the spatiotemporal variation of the physico-chemical quality of the water of three drillings in the town of Metlili during three months, or of January until the month of Mars 2016.

The results showed that most of the moderate parameters respect the standards of drinkability of the water according to the WHO; the variation of the concentrations of these parameters is closely related to the nature of geologic substratum.

المخلص

تعتبر ولاية غرداية جزء من منطقة جافة، تحتوي على خزان مياه جوفية معتبرة يستوجب استكشافها ودراستها للحفاظ عليها لهذا قمنا بدراسة التغيرات الزمكانية لخصائصها الفيزيائية والكيميائية على مستوى ثلاثة ابار في منطقة متليلي لمدة ثلاثة اشهر من شهر جانفي الى شهر مارس 2016.

النتائج التي حصلنا عليها بينت ان اغلب المعايير التي قمنا بدراستها طابقت مقاييس منظمة الصحة العالمية، الاختلاف في تركيز العناصر يرتبط ارتباطا وثيقا بطبيعة التركيبة الجيولوجية.

الكلمات المفتاحية: متليلي، غرداية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية، OMS