

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 : M^{elle} **HIBA Halima**

Thème

**Contribution à l'étude de la détermination de la
qualité physico-chimique des forages de la région de
Zelfana (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

*Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail
pour lequel je dédie :*

*À mes chers parents source inépuisable d'amour et
d'affection, aucune dédicace ne saurait exprimer ma
reconnaissance pour votre grande patience,
vos sacrifices et votre soutien.*

*À mes frères et sœurs ma richesse sur cette terre, qu'ils
trouvent ici l'expression de ma vive gratitude en
témoignage de notre fraternité sans égale.*

À la grande famille HIBA et TARRACHE

À tous mes amis

À tous ceux qui me sont chers.

Je dédie ce modeste travail

HIBA Halima

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé La santé, le courage et, les moyens pour suivre nos études et la volonté, la patience et la chance pour la réalisation de ce 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 sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à mon encadreur **Dr. El-Yamine GUERGUEB** (Maitre de conférences B à l'Université de Ghardaïa), pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa grande patience, ses encouragements, ses orientations et ses conseils précieux.*

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

Mon tenon à remercier :

Mon cher papa A celui qui a été toujours Mon support dans cette vie celui qui me donne le courage éclatant pour continuer à chaque fois que j'ai l'impression de reculer Beaucoup ma chère et tendre mère, source d'affection de courage et d'inspiration qui a autant sacrifié pour me voir atteindre ce jour.

*Mes vifs remerciements à **M.SOUILEM** pour son aide dans ce travail durant toute la durée de pratique .et tous le personnel de l'ADE Ghardaïa.*

*Mes remerciements vont également à tous mes collègues particulièrement ma proche amie **OULAD SIDI OMER Souad**, qui a contribué de près à la réalisation de ce travail, sans oublier ma promotion de l'année 2016 surtout les proches.*

HIBA Halima

N° de tableau	Titre de Tableau	N° de page
01	Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2006- 2015).	08
02	Présentation générale des forages	16
03	Relation entre la conductivité et la minéralisation	35

N° de figure	Titre de figure	N° de page
01	Situation géographique de la Wilaya de Ghardaïa	02
02	Ressources en eau souterraines	05
03	Bassin versant de l'Oued M'zab	06
04	Diagramme Pluviothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliquée à la région de Ghardaïa (2004 -2014)	10
05	Localisation de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'EMBERGER	11
06	Localisation géographique de la zone d'étude (Zelfana)	12
07	Localisation des forages	16
08	Multi-paramètre (CE, salinité, TDS, T°)	17
09	pH-mètre (MP 220)	19
10	Turbidimètre	20
11	Dosage de l'ammonium	27
12	Dosage des phosphates (PO ₄).	29
13	Spectromètre (PO ₄ ⁻) et (NH ₄)	29
14	Déférents étapes d'analyse de résidus secs	31
15	Appareil de MES	32
16	Evolution de la température dans les eaux des forages	33
17	Evolution de la salinité dans les eaux des forages.	34
18	Evolution de la conductivité électrique (CE) dans les eaux des forages	34
19	Evolution du pH de l'eau des forages	36
20	Evolution de la turbidité dans les eaux des forages.	37
21	Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux des forages	38
22	Evolution de la dureté de l'eau dans les forages	38
23	Evolution des TAC dans les eaux des forages.	39
24	Evolution des TDS dans les eaux des forages.	40
25	Evolution du taux de Calcium dans les eaux des forages.	41
26	Evolution du taux de magnésium dans les eaux des forages.	42
27	Evolution des chlorures dans les eaux des forages	42
28	Evolution du taux d'ammonium dans les eaux des forages.	43
29	Evolution du taux d'ortho-phosphate dans les eaux des forages.	44
30	Evolution du taux de fer dans les eaux des forages	44
31	Evolution du taux de résidu sec dans les eaux des forages.	45
32	Evolution du taux d Matières en suspension dans les eaux des forages	46

A.N.R.H	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
ABHS	Agence de Bassin Hydrographique Sahara
ASWG	Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa
ADE	Algérienne Des Eaux
C.E	Conductivité Electrique
Ca	Calcium
CI	Continental Intercalaire
Cl²	Chlore
cmol+/100g	Centimoles
CO₃⁻²	Carbonate
D.P.A.T	Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire.
dS/m	Déci Semence par mètre.
E.S.P	Exchangeable Sodium Percentage (pourcentage de sodium échangeable).
g/l	Gramme par litre
H	Humidité relative
H2	Hydrogène
MES	Matières en suspension
TAC	Titre alcalimétrique complet
HCO₃⁻	Bicarbonate
I	Insolation *cumulés annuelle
TA	Titre alcalimétrique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
AEP	Approvisionnement en eau potable
M	Mètre
IR	Infra-rouge
TDS	Minéralisation globale d'une eau
Mg²	Magnesium
°C	Degré Celsius
°F	Degré Français
µS/cm	Micro Siemens par centimètre
TH	Titre hydrométrique
O.N.M	Office National de Météorologie.
P	Pluviométrie
IRR	Irrigation

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	01
Chapitre I : Description du site d'étude	
I.Description de site	02
I.1. Situation géographique	02
I.2 Caractéristique du milieu physique	03
I.2.1.Géologie	03
I.2.2 Pédologie	03
I.2.3.Hydrologie	04
I.2.3.1. Nappes aquifers	04
I. 2.3.2. Réseau hydrique	06
I.3. Caractéristique Climatologique	07
I.3.1.La température	07
I.3.2.Pluviométrie	08
I.3.3.Les vents	08
I.3.4. L'humidité relative de l'air	09
I.3.5. Insolation	09
I.3.6. L'évaporation	09
I.4.Cadre bioclimatique	09
I.4.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен	09
I.4.2.Le quotient pluviothermique d'Emberger.	10
I.5. Présentation de la région de Zelfana.	11
I.5.1. Situation	12
I.5.2. Géologie de la région	13
I.5.2.1. Quaternaire	13
I.5.2.2. Néogène	13
I.5.2.3. Crétacé supérieur	13
I.5.3. Hydrogéologie	13
I.5.4. Fissures	14
I .5.5.Hydrologie	14
Chapitre. II Matériel et méthodes	
II.1. Etude physico-chimique	15
II .2 .Prélèvement de l'eau	15
II .3.Méthodes d'analyse	16
II .3.1. Paramètres physiques:	16
II .3.1.1. La température (T°C)	17
II .3.1.2 .La salinité	17
II .3.1.3.La conductivité électrique (CE)	18
II .3.1.4.Le potentiel d'hydrogène (pH)	18
II .3.1.5.La turbidité	19
II.3.2.Paramètres chimiques	20

II .3.2.1. Oxygène dissous (O ₂)	20
II .3.2.2.Dureté de l'eau	21
II .3.2.3.Alcalinité	22
II .3.2.4.Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)	23
II .3.2.5. Le Calcium (Ca ²⁺)	24
II .3.2.6. Le Magnésium (Mg ²⁺)	25
II .3.2.7.Les chlorures (Cl ⁻)	25
II .3.2.8.L'ion ammonium (NH ₄ ⁺)	26
II .3.2.9.L'ortho phosphate (PO ₄ ⁻)	27
II .3.2.10. Le Fer	29
II .3.2.11.Résidu sec	30
II .3.2.12.Matières en suspension	31

Chapitre.III Résultats et discussion

III.1.Paramètres physiques	33
III.1.1. La température (T°C)	33
III.1.2 La salinité	33
III.1. 3.La conductivité électrique (CE)	34
III.1.4.Le potentiel d'hydrogène(pH)	35
III .1.5.La turbidité	36
III .2. Les paramètres chimiques	36
III.2.1. Oxygène dissous(O ₂)	36
III.2.3. Dureté total (TH)	37
III.2.4 .Alcalinité	38
III.2.5.Minéralisation globale d'une eau(T.D.S)	38
III.2.6. Le calcium (Ca ²⁺)	39
III.2.7. Le magnésium (Mg ²⁺)	40
III.2.8. Les chlorures (Cl ⁻)	41
III.2.9.Ammonium (NH ₄ ⁺)	42
III.2.10. L'ortho phosphate (PO ₄ ⁻)	42
III.2.11. Le Fer(Fe)	43
III.2.12. Résidus sec	44
III.2.13. Matière en suspension	44

Conclusion

Références Bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

L'eau est parmi les richesses naturelles les plus précieuses, ayant une importance considérable pour le développement sociale et économique d'un pays. La demande en eau s'accroît de jour en jour, et les ressources ainsi que le système d'alimentations en eau potables ou autres usage actuel deviennent insuffisants (Harizi, 2014).

Les ressources en eaux de surface et souterraine sont l'une des richesses capitales du pays. L'eau reste une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. Sa protection et sa bonne gestion sont donc une nécessité.

La qualité physico-chimique des eaux souterraines dépend essentiellement de leur origine, de la nature des alluvions et des roches qui emmagasinent l'eau, ainsi de la concentration en certains éléments chimiques (Sebti, 2014).

Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur (Sebti, 2014).

Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson, qui comprennent un exposé général de valeurs guide bactériologiques et physico-chimiques (Sebti, 2014).

Le but de cette étude est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux et des éléments dissous afin de déterminer leurs origines, de les comparer et de suivre leur évolution dans l'espace. Il sera également étudié la qualité des eaux souterraines vis-à-vis de la potabilité.

Pour cela, nous l'avons structurée sous trois chapitres, en l'occurrence:

- ✓ Chapitre 1: Etude bibliographique.
- ✓ Chapitre 3: Matériel et méthodes.
- ✓ Chapitre 4 : Résultats et discussion.

Et nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre.1

Description du région de étude

I.2. Caractéristique du milieu physique:

I.2.1. Géologie :

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal 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 (A.N.R.H, 2011).

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 Cénomanién. 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, 2011).

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) (A.N.R.H, 2011).

I.2.2. Pédologie

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes.

La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieure à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible (Daoud et Halitim, 1994 *in* Chenini, 2013).

La région du M'zab est caractérisée par des sols peu évolués, meubles, profonds, peu salés et sablo-limoneux. Elle possède une texture assez constante qui permet un drainage naturel suffisant. Par contre la dorsale du M'zab qui entoure la vallée appartient aux regs autochtones (Benzayet, 2010 *in* Chenini, 2013).

En plus de l'existence de 11 exploitations minières (carrières), la wilaya de GHARDAIA est dotée d'un potentiel minier appréciable (ASWG, 2011 *in* Darem, 2013).

Les substances existantes:

- Les calcaires et dolomie (industrie des liants)
- Les argiles (céramique, produits rouges, ciment)
- Le gypse (liants, additifs)

- Sables et graviers (matériaux de construction, routes) (ASWG, 2011 *in*Darem, 2013).

La wilaya de Ghardaïa dispose d'un réseau collectif d'assainissement de 825 km en bon état. Les eaux usées rejetées ne subissent aucun traitement et la totalité est déversée dans les oueds de la région et ce par manque de stations d'épuration. Cette situation néfaste peut engendrer des risques de pollution, des nappes superficielles qui sont souvent utilisées pour l'irrigation des palmeraies limitrophes et qui sont proches de la surface du sol (ASWG, 2011 *in*Darem, 2013).

- Taux de raccordement réseau A.E.P : 89.4%
- Taux de raccordement réseau assainissement : 86.4% (ASWG, 2011 *in*Darem, 2013).

I. 2.3 Hydrologie :

Selon l'ABHS (2005), les ressources hydriques sont caractérisées par plusieurs types de nappes et se résument principalement à travers :(A.N.R.H,2011).

I.2.3.1. Nappes aquifères:

Les nappes aquifères comportent :

A) Nappe du continentalintercalaire

La nappe du Continental Intercalaire draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grès-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,2011).

La nappe du CI, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est:

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'ElMenia).
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (A.N.R.H,2011).

B) Nappephréatique

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappes phréatiques. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie (A.N.R.H,2011).

La qualité chimique des eaux est comme suit:

- ✓ A l'amont, elle est bonne à la consommation.
- ✓ A l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines (A.N.R.H,2011).

C) Complexeterminal

Cette nappe n'a pas l'importance du Continental Intercalaire (CI) ; elle n'en est pas moins présente dans tout le bas-Sahara où elle procure des ressources hydriques non négligeables notamment dans les Oasis de Ouargla, Oued-Righ et Zibans. La région de Ghardaïa à cause de son altitude, ne bénéficie pas des eaux de cette nappe (A.N.R.H,2011).

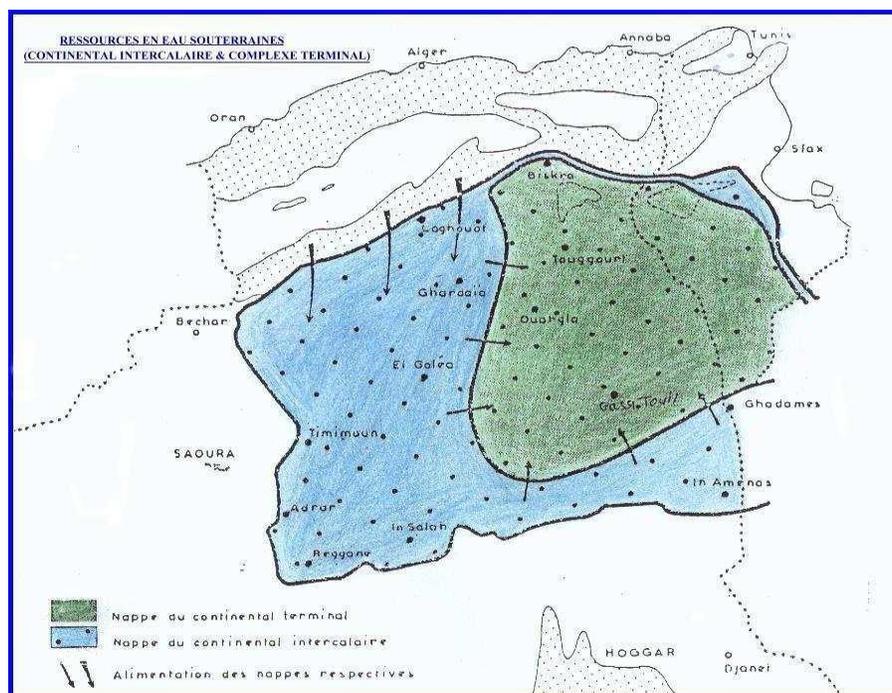


Figure 2. Ressources en eau souterraines (A.N.R.H,2011)

I. 2.3.2 Réseau hydrique :

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : Oued Sebseb, Oued Metlili, Oued M'Zab, Oued N'sa et Oued Zegrir (A.N.R.H, 2011).

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (Fig.02), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région (A.N.R.H, 2011).

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités d'eaux. Une étude des crues de l'oued Mzab (A.N.R.H, 1994) a estimé les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s. (A.N.R.H, 2011).

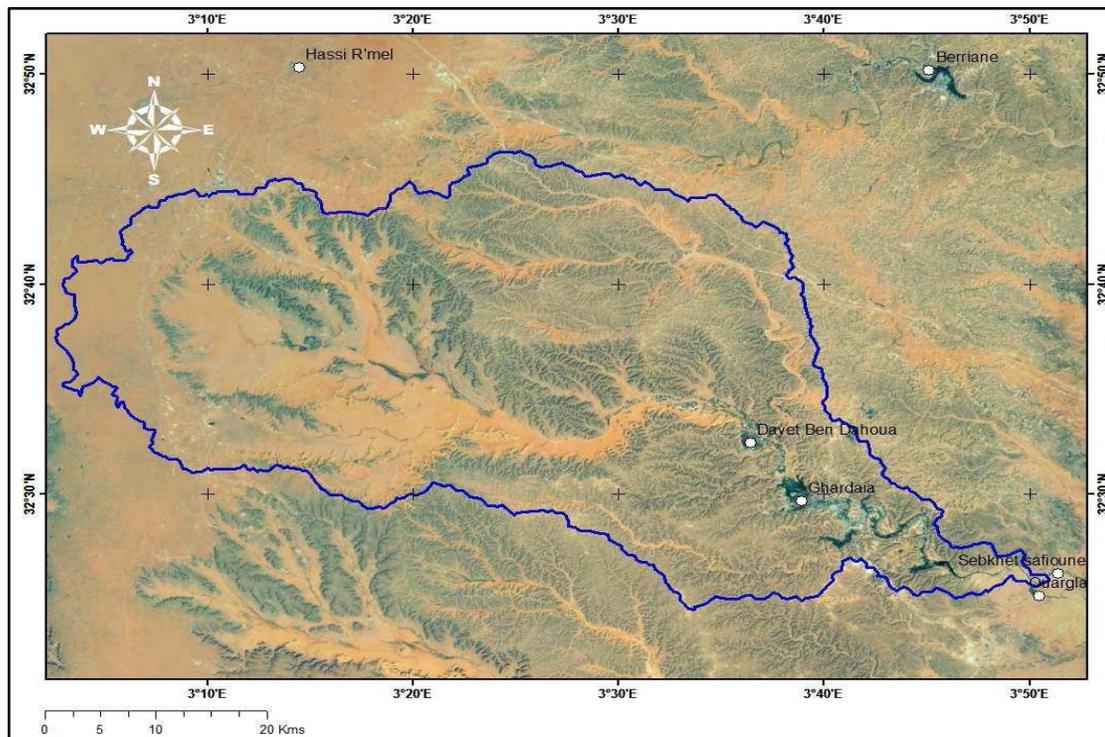


Figure 3. Bassin versant de l'oued M'zab (A.N.R.H,2011)

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 (A.N.R.H, 2011)

Dans le désert non seulement les précipitations sont rares et irrégulières mais l'évaporation est considérable et plus importantes que le niveau de précipitations. (A.N.R.H, 2011). Actuellement on utilise, sans compter les réserves d'eau fossile situées dans la couche géologique du continent intercalaire (nappe albienne 1/41/) (A.N.R.H, 2011).

Les forages vont chercher l'eau à de grandes profondeurs. On parle d'une fabuleuse réserve de 800000 m² située en dessous du grand Erg Oriental mais quelques soient les estimations, il n'y a qu'une certitude : ces réserves ne sont pas réalimentées et donc limitées dans le temps (A.N.R.H, 2011).

L'exploitation de l'eau dans la vallée du M'Zab s'opérait le creusement progressif de certains puits traditionnels atteignant la nappe phréatique. Actuellement, l'alimentation en eau s'effectue par des forages de profondeur variable de 350 à 500 mètres puisant l'eau fossile de la nappe albienne (Continental intercalaire) dont les réserves sont estimées à 15000 milliards de mètres cubes (A.N.R.H, 2011).

I.3. Caractéristique Climatologique :

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.

I.3.1. 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.

Tableau 01: Données climatiques de Ghardaïa durant la période (2006- 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

(ONM, 2015)

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)

I .3.2. Pluviométrie :

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.01).

I 3.3. Les vents :

Le tableau (01), 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

I.3.4. L'humidité relative de l'air :

D'après le tableau (01), 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.

I.3.5. Insolation :

La durée moyenne annuelle de l'insolation est de 282.6 heures/mois, avec un minimum de 234.5 heures/mois en décembre et un maximum de 337.3 heures/mois en juillet

I.3.6. L'évaporation :

Les fortes températures et les vents violents accourent la tension de l'évaporation, dont le maximum mensuel est de 398,4 au mois Juillet et le minimum est de 91,5 au mois Janvier

I.4. Cadre bioclimatique

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

I.4.1 Diagramme pluviothermique 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 pluviothermique de Bagnouls et Gausсен (1957) 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.04).

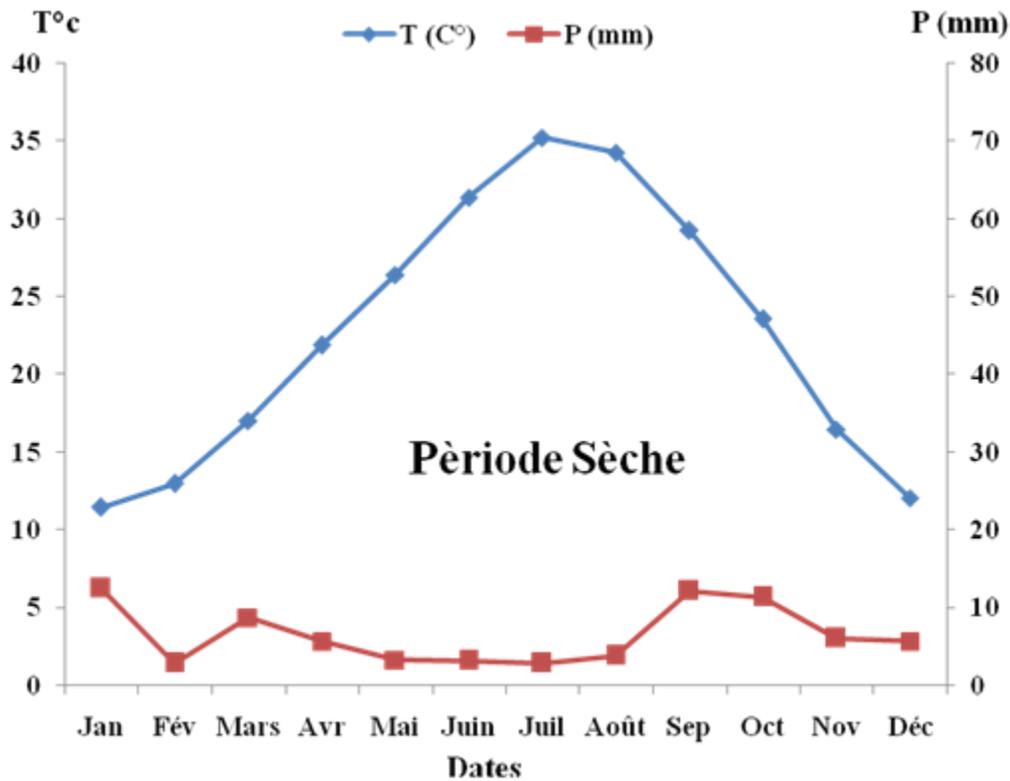


Figure.04:Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gaussien appliquée à la région de Ghardaïa (2006-2015)

I.4.2. 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 (3), 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.

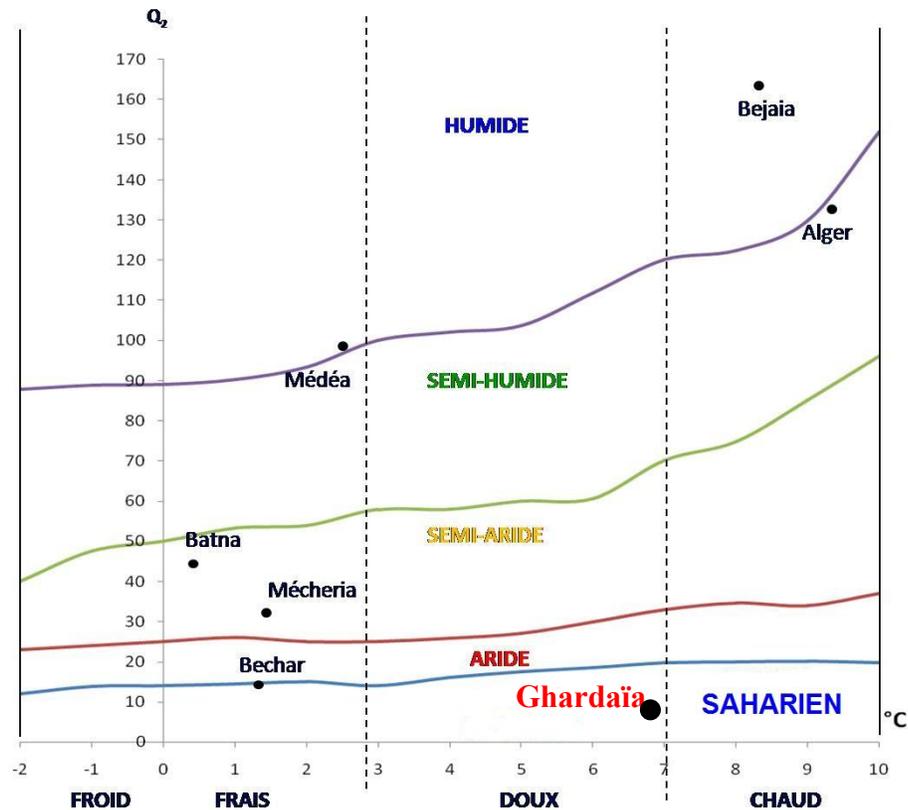


Figure.05 : Localisation de la région de Ghardaïa dans le climagramme d'EMBERGER

I.5. Présentation de la région de Zelfana

Avant son urbanisation, la région de Zelfana était pratiquement le seul point de rencontre reliant le sud-est, au sud-ouest et le centre. Elle était le carrefour de toutes les caravanes se dirigeant vers n'importe quelle direction. Après le forage du premier puits en 1947, Zelfana a connu une grande activité urbaine, où se sont fixés les habitants venus des villes avoisinantes : Metlili, Ghardaïa et Ouargla, composés surtout de fellahs et d'éleveurs pour s'adonner à leurs fonctions dont la principale est la culture des palmiers (A.P.S, 2011). La réputation de Zelfana s'est faite en grande partie autour de ses sources thermales et de leurs eaux hautement curatives. La ville de Zelfana a été promue au rang de commune en 1985, et au rang de daïra en 1991 (A.P.S, 2011).

I.5.1. Situation

La ville de Zelfana se situe à 56 Km du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa, et à 40 Km à l'est de la route l'union africaine. Elle se situe à 60 Km au sud de Guerrara et à 665 Km au sud-est de la capitale Alger (A.P.S, 2011).

Les villes limitrophes de la commune de Zelfana sont :

- Au Nord : commune de Guerrara
- Au Sud : commune de MétliliChaamba
- A L'est : wilaya de Ouargla.
- A l'ouest : commune d'El Atteuf.

La ville de Zelfana est à 43 Km seulement de l'aéroport international Moufdi Zakaria. La ville est composée quatre grands quartiers : Zefana centre, Gouifla, Zelfana Oued, HassiNour (A.P.S, 2011).

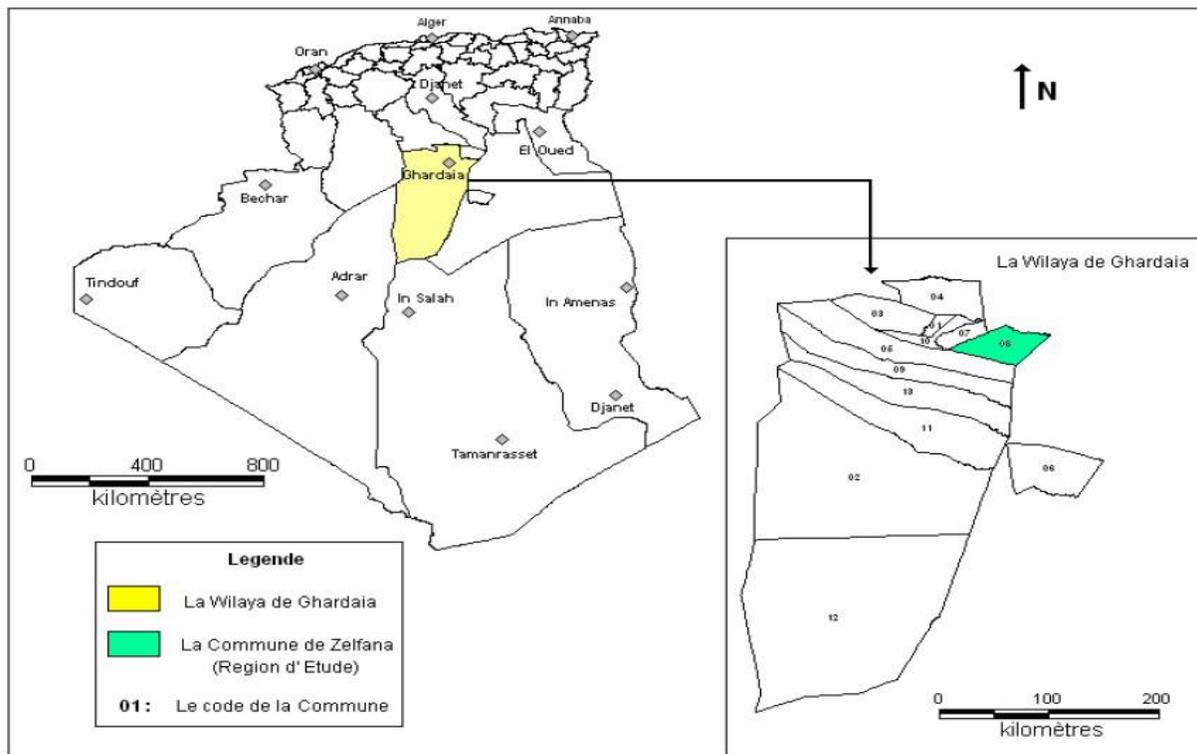


Figure.06 : Localisation géographique de la zone d'étude (Zelfana) (Kouzmine, 2003 *in* Darem, 2013)

I.5.2. Géologie de la région :

La région de Zelfana appartient structurellement au domaine de la plate-forme saharienne, elle est recouverte en majeure partie par des formations récentes d'âges Néogène (Moi-Pliocène) et Quaternaire, qui reposent en discordance sur les formations carbonatées du Crétacé supérieur. (D.P.A.T., 2005 *in*Darem, 2013)

I.5.2.1. Quaternaire

Le Quaternaire est largement répandu à travers toute la région, il est représenté par des encroûtements gypseux calcaires et des dépôts alluvionnaires (sable graveleux-caillouteux, limoneux et argileux) (D.P.A.T., 2005 *in*Darem, 2013).

I .5.2.2 . Néogène

Le Néogène est très développé dans la région, il est représenté par des formations continentales à faciès variables (complexe argilo-gypseux, argiles, conglomérats et microconglomérat) (D.P.A.T, 2005 *in*Darem, 2013).

I .5.2.3. Crétacé supérieur

Il est caractérisé par des formations sub-affleurantes marines et lagunaires tabulaires, représentés par :

- Un Cénomaniens calcaire, dolomies marnes et roches argileuses gypsifères.
- Un Turonien calcaro-dolomitique à bancs de marnes et de grès.

Un Sénonien constitué par des alternances de calcaires et marnes dolomitisées et argiles gypsifères. Du point de vue sédimentologique, la région de Zelfana présente une lithologie étagée (D.P.A.T., 2005 *in*Darem, 2013)

I .5.3. Hydrogéologie

La région de Zelfana est caractérisée par le développement d'une nappe phréatique essentiellement alimentée par des rejets des eaux domestiques, l'irrigation intensive des périmètres agricoles et les pertes dans les forages. Durant l'opération des sondages aucune nappe n'a été détectée du moins jusqu'à 6.00 mètres de profondeur (D.P.A.T., 2005 *in*Darem, 2013).

I.5.4. Fissures

Le phénomène de fissuration du sol est observé dans la ville de Zelfana, il affecte la proximité des endroits humides. L'origine de ce phénomène est liée à la présence d'un complexe argilo gypseux sensible aux départs et arrivées des eaux. (D.P.A.T., 2005 *in*Darem, 2013).

I.5.5. Hydrologie

La seule ressource de l'eau dans la commune de Zelfana est la nappe albienne, cette nappe est caractérisée par une salinité moyenne qui varie de 1,65 à 2,35 dS/m à 25°C avec une moyenne de $1,96 \pm 0,25$ dS/m à 25°C (Ouali et *al.* 2007 *in*Darem, 2013). Selon le diagramme de REVERSIDE modifié par DURAND (1958), les eaux albienne de Zelfana appartiennent aux classes C3 et C4 caractérisés par :

- Classe C3

C.E. à 25°C comprise entre 0,75 et 2,25 dS/m : eaux à forte salinité, inutilisables même avec un bon drainage ; il faut des pratiques spéciales de contrôle de salinité, et seules les plantes tolérantes peuvent être cultivées.

- Classe C4

C.E. à 25°C comprise entre 2,25 et 5 dS/m : eaux à très forte salinité, inutilisables normalement pour l'irrigation ; exceptionnellement, elles peuvent être utilisées sur des sols très perméables avec un bon drainage et avec une dose d'irrigation en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels. Les eaux thermales de cette nappe se caractérisent par une température moyenne de plus de 46 °C et une salinité moyenne de 1 g/l (Ouali et *al.* 2007 *in*Darem, 2013).

Chapitre.11

Matériel et méthodes

II.1 Etude physico-chimique:

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement et les conditions physico-chimiques locales. D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau (Aouissi, 2009)

Pour contribuer à l'étude de l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région de Zelfana (Ghardaïa), nous avons choisis les forages d'eau, qui sont localisés dans les communes de Zelfana : le forage de FahjNaam, le forage de Cimitrier et le forage de KarfoHassGuerar.

Notre étude est pour but de valorisé le risque d'exposition de ces forage d'eau aux pollutions liées à l'activité humaine, ainsi que l'influence de la nature lithologique sur la composition chimique de ces eaux. Ils sont à usage quotidien d'où la nécessité d'un suivi rigoureux de leur qualité chimique, et leur degré de potabilité ou de pollution.

Pour cette étude, trois prélèvements sont effectués dans une période allant du mois de janvier jusqu'au mois de mars 2016.

II.2. Prélèvement de l'eau:

L'échantillonnage destiné à la physico-chimie est affectée par l'usage de flacons en plastiques (polyéthylène) avec un volume d'un litre par prélèvement 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. Les éléments tels les nitrates peuvent subir des modifications lors de la conservation. (Coulibaly, 2005).

Tableau 02: Présentation générale des forages

N°					Coordonnées			Profondeur (m)
					X	Y	Z	
F1	ZELFANA	IRR /EPE	Cimitière(F17)	Albienne	04° 13' 09''	32° 23' 19''	352	1000
F2	ZELFANA	E P E	KarfoHassaiGuerara	Albienne	32° 24' 22.30''	4 °13' 35.24''	354	1000
F3	ZELFANA	E P E	FedjNaam (F27)	Albienne	32° 23' 7.4''	4° 11' 9.99''	358	1000



Figure 07 : Localisationdes forages (GogleEarth)

II .3. Méthodes d’analyse:

II .3.1. Paramètres physiques:

Les paramètres physiques sont en relation avec la structure naturelle des eaux au contact du sol, les eaux se chargent de certains éléments minéraux qui influent sur la conductivité et le pH

(acidité). La température de l'eau est également prise en compte. Les références de qualité fixées pour ces paramètres correspondent à des considérations de l'ordre du goût et de l'agrément plutôt qu'à des préoccupations sanitaires. Les eaux de distribution doivent respecter les valeurs suivantes:

II .3.1 .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 (Roux, 1987). Il est 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 la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. (Rodier,2005).

La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un thermomètre portable. Nous lisons directement la température exprimée en degré Celsius(C°).

II.3.1.2. La salinité :

La présence de sel 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). (Merzoug, 2009)

Le chlorure de sodium (Na Cl) n'est qu'un des très nombreux sels composant l'eau, pour la mesure de la salinité on utilise un multi-paramètre [01] (Fig. 08).



Figure.08 : Multi-paramètre (CE. salinité .TDS.T°)

II.3.1.3. La conductivité électrique (CE):

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électrons. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Saadali,2007).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau: elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre (Detay,1993).

La qualité de l'eau en fonction de la conductivité est définie de la manière suivante:

- Conductivité de 50 à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Qualitéexcellente
- Conductivité de 400 à 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Bonnequalité
- Conductivité de 750 à 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Qualité médiocre mais eauutilisable
- Conductivité >de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisationexcessive

A) Mode opératoire:

La mesure est effectuée sur le terrain par un conductimètre, que nous plongeons l'électrode de l'appareil dans l'eau à analyser.

B) Lecture :

La valeur de conductivité s'affiche directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II .3.1 .4 Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH mesure la concentration en ions H^+ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. (Castany et Margot, 1977). Il joue aussi un rôle primordial dans les processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003). La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (Detay, 1993). D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature de terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6. (Rodier,1996).

Nous avons mesuré le pH par un pH-mètre, du type : MP 220 (Fig.09) qui donne directement la valeur du pH de l'échantillon.



Figure. 09 : pH-mètre (MP 220)

II .3.1 .5 La turbidité:

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées: argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (Rodier, 1984 ; OMS, 1986). La mesure en continu de ce paramètre dans les eaux souterraines peut révéler une détérioration temporaire de la qualité de l'eau en fonctions de phénomènes liés à l'érosion, de l'intensité des crues, ou de l'importance des pompages. (Thierrinetal.,2001).

La mesure est effectuée avec un turbidimètre appelé aussi néphélomètre, du type : HACH 2100N (Fig. 10). Il s'agit d'un photomètre particulier qui mesure l'intensité de la lumière diffuse par l'échantillon, cette lumière étant mesurée selon un axe orienté en principe à 90° par rapport à la direction de la lumière incidente. Avant d'effectuer une série de mesure, il faut procéder à l'étalonnage deturbidimètre.

A) Mode opératoire:

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique et avec l'eau à analyser bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

B) Expression des résultats:

La mesure est obtenue directement enNTU.



Figure 10: Turbidimètre

II .3.2 .Paramètres chimiques:

Parmi les paramètres chimiques, certaines substances sont considérées comme indésirables, c'est à dire que leur présence est tolérée, tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (fluor, nitrates, etc.). Par contre, les substances toxiques comme l'arsenic, le mercure, le plomb, le chrome, le nickel, l'antimoine, le cyanure et le sélénium, ainsi que certains hydrocarbures ont des limites de qualité très basses de l'ordre du millionième de gramme par litre, ce qui exige des analyses extrêmement fines. (Ali-Abbou et Benmlouka, 2013).

II .3.2 .1.Oxygène dissous (O₂):

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité (Rodier, 1994). La mesure de l'oxygène dissous (mg/l ou en % saturation) est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc. (Thierrin *et al.*, 2001). La détermination de l'oxygène dissous (O₂) est réalisée au terrain à l'aide d'un oxymètre portatif. 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:

- Concentration en O₂dissous(mg/l).
- Saturation en O₂dissous (%), 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.

II .3.2.2. 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 s'exprime souvent en degré 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 : $[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$

A) Méthode titrimétrie à l'EDTA :

✓ Principe:

Les alcalinoterreux 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 Mg²⁺, 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 V_{EDTA}.

✓ **Expression des résultats:**

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en mmole/L est donnée par l'expression suivante:

$$100 \times C_{EDTA} \times V_{EDTA} / E = TH$$

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

II.3.2.3. Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H⁺) qui est due à la présence de ions hydrogénocarbonate (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻) et hydroxide (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 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 HCO₃⁻, CO₃²⁻, 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 égale 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 Erlenmeyer et ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénolphthaléine.

- 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 la disparition de la coloration (pH. 8,3). Noter le volume V ml d'acide versé.

- Alcalinité totale (TAC):

Utiliser l'échantillon traité précédemment s'il n'y a pas 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:

- TA:

$V \times 10$ Exprime le titre alcalimétrique en milligramme par litre.

- TAC:

$(V' - 0,5) \times 10$ Exprime le titre alcalimétrique complet en milligramme par litre.

II.3.2.4. 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.

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.

Les éléments de la pollution:

A) Les éléments majeurs:

II.3.2.5. Le 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 majeurs 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 200 mg/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 50ml. 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:

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

f= Facture de dilution

II .3.2.6. Le 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 plus part de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celle 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.

- 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).

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

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

II.3.2.7. Les chlorures (Cl^-):

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium ($CaCl_2$). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature du terrain traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles. (Chaoui, 2007).

Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani,2000).

Dosage des ions chlorures:**Méthode argentrimétrique (Norme NF T 90- 014) :**

Les ions chlorure sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions d'argent, forme un précipité rouge. A l'aide d'une pipette jaugée, introduire 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer de 250 ml. Vérifier à la phénolphthaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après ajout de 2 à 3 gouttes de cet indicateur. Ajouter 1 ml de chromate de potassium et doser par l' AgNO_3 jusqu'au virage à l'absence de coloration rose. Noter le volume versé V_{AgNO_3} ml. (Rejsek,2002).

- Expression des résultats:

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

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

$N = 1/50$.

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

II.3.2.8. L'ion ammonium (NH_4^+):

L'ion ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées. On les trouve souvent à des teneurs variant entre 0,1 à 0,2 mg/l. (Detay,1993).

- Dosage de l'ammonium:**- 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

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH₄⁺

Effectuer la lecture à 655 nm. (Rodier, 1996 ; Amino, 1983) (Fig.11)



Figure.11 : Dosage de l'ammonium.

Eléments mineurs naturels:**II .3.2.9.L'orthophosphate (PO₄⁻):**

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités. Il est assimilable par les êtres vivants sous forme oxydée (phosphates, hydrogénophosphates...) ou sous forme organique dans la nature, il provient essentiellement de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les microorganismes pour donner des phosphates rapidement assimilées. Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquences sanitaires, En revanche elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière: phénomène d'eutrophisation. Les organismes tels les

cyanobactéries se développent de façon très rapide, participant à l'eutrophisation et provoquant parfois un phénomène appelé " bloom algal ou fleur d'eau" extrêmement néfaste à l'équilibre du milieu. La concentration maximale admissible en phosphore dans les eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 5mg/l. (Aouissi, 2009).

✓ **Origine de l'ortho phosphates:**

- Erosion des sols agricoles enrichis en phosphore (sous forme particulaire).
- Rejets d'assainissement, d'usines, de piscicultures (P dissous ou phosphate). (OMS, 2000).

Dosage de l'ortho phosphate (PO₄) :

- **Méthode colorimétrique:**

Les ions orthophosphates en solution acide (H₂SO₄) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium. (Rodier, 1996).

- **Mode opératoire :**

Introduire à l'aide d'une pipette, 20 ml d'eau à analyser préalablement filtrée dans une fiole jaugée de 25 ml. Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1cm. (Fig.12)



Figure 12 : Dosage des phosphates (PO₄).

- Expression des résultats :

La courbe donne la teneur en phosphate, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai.
(Fig.13)



Figure 13 : Spectromètre (PO_4^-) et (NH_4)

II .3.2.10. Le Fer (Fe):

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine tellurique, mais, le plus souvent, il provient de lessivage de terrains et de pollutions minières ou métallurgiques. Il se trouve de manière plus importante dans les eaux souterraines car le fer est un des éléments de la croûte terrestre, à raison de 4.5 à 5%, ce qui le classe au quatrième rang de ces éléments. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrogéologiques. Dans les terrains à faible perméabilité ou ceux situés dans les couches imperméables, les eaux contenant moins d'oxygène se chargent en fer. La mise en solution du fer est due à l'activité microbienne du sol qui nécessite des conditions de pH et de potentiel d'oxydoréduction particulières. (Franck, 2002).

Dans les eaux superficielles, plus aérées, le fer se trouve sous forme ferrique et précipite sous forme d'hydroxyde ferrique $\text{Fe}(\text{OH})_3$; il sera donc associé aux matières en suspension.

Dans les eaux souterraines, plus réductrices, le fer va se retrouver sous forme ferreuse Fe^{2+} qui est soluble. Il existe une autre forme de fer soluble qui est le fer complexé. Les complexes formés peuvent être d'origine minérale avec de la silice (3/4 des complexes formés), ou d'origine organique avec des acides humiques ou fulviques (1/4 des complexes formés).

Par conséquent, le fer total présent dans une eau se différencie en fonction de la forme des ions (Fe^{2+} ou Fe^{3+}) et aussi en fonction de l'état physique du fer (dissous ou précipité) ; plusieurs formes peuvent se retrouver dans un type d'eau donné. (Franck, 2002).

Méthodes de dosage

Il existe deux types de méthodes de dosage:

- Méthode par absorption atomique : le fer complexé par l'ammonium pyrrolidiumdithiocarbamate est extrait à pH 3,5 par la méthylisobutylcétone, puis dosé spectrométrie d'absorption atomique directement sur la solution obtenue.
- Méthodes spectrophotométriques : le fer va réagir avec des réactifs en développant une coloration mesurable par spectrophotométrie. (Franck, 2002).

II .3.2.11. 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.

D'après le résidu sec, Les eaux peuvent être classées en tant que douces, contenant jusqu'à 1g/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).

- Principe:

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. (Sebti, 2014)

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

- Matériel :

- Capsule en porcelaine.
- Balance analytique.
- Etuve réglable.
- Disicature

- **Mode opératoire :**

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.



Figure 14 : Différents étapes d'analyse de résidu sec

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l.

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

D'où P1 : est le poids plein de la capsule.
P0 : est le poids vide de la capsule.

- **Remarque :**

Les eaux contenant des matières en suspension (turbides) doivent être filtrées.

II.3.2.12. Matières en suspension:

- **La méthode par filtration**

- **Principe :**

Vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle.

- * Des eaux non chargées en MES : on utilise des filtres pour la filtration.
- * Les eaux chargées en matière en suspension, on utilise directement les échantillons dans des capsules.

- Matériel :

- Appareil : Etuve.
- Température : 105 °C.
- Matériels : Fioles, capsules, filtres, rampe de filtration, balance, dessiccateur.



Figure.15 : Appareil de MES

- Mode opératoire :

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 150°C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.

- Peser le filtre.

$$\text{mg/lM.E.S} = \frac{P_P - P_V}{100} * 100000 = (P_P - P_V) * 10000$$

Chapitre. III

Résultats et Discussion

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques d'échantillons d'eau que nous avons prélevée au niveau des forages de la ville de Zelfana.

III.1 Paramètres physiques:

III.1.1. La température (T°C):

La température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique des bactéries et dans l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons et de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Aouissi, 2009).

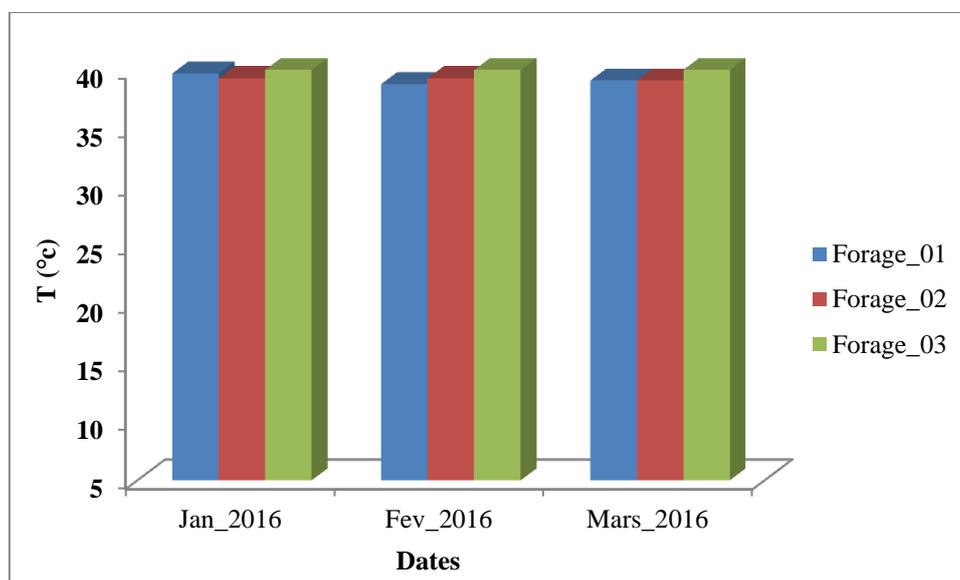


Figure.16: Evolution de la température dans les eaux des forages.

Les résultats montrent que les valeurs de la température de l'eau des trois forages sont plus ou moins stable durant toute la période d'étude soit du mois de Janvier jusqu'au mois de Mars avec un maximum de 40°C enregistré dans le forage (F_03) (Fig.16).

III.1.2. La salinité :

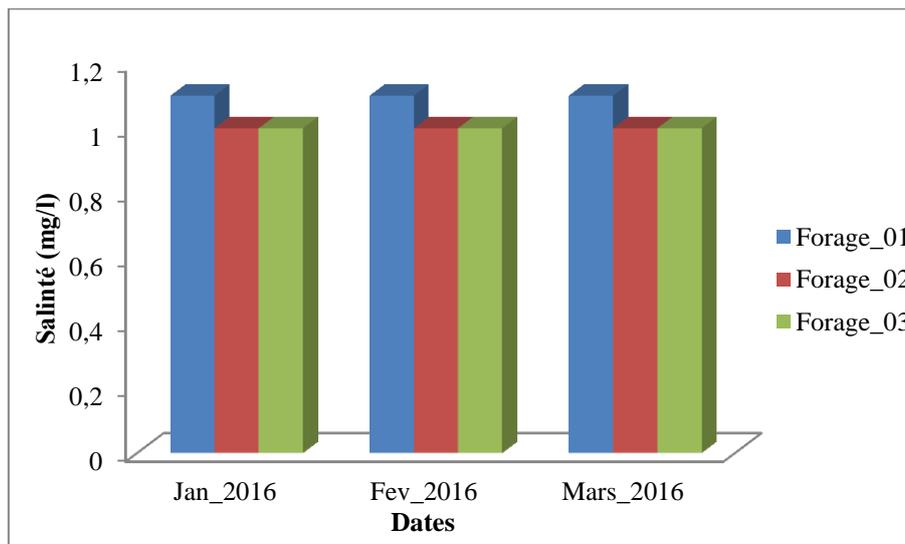


Figure. 17: Evolution de la salinité dans les eaux des forages.

Durant toute période d'étude qui s'étale du mois de Janvier jusqu'au mois de Mars, nous avons remarqué que toutes les forages ayant les mêmes valeurs de salinité (presque 1mg/l) et cela signifie la similitude des terrains géologiques traversés par ces eaux.

III.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).

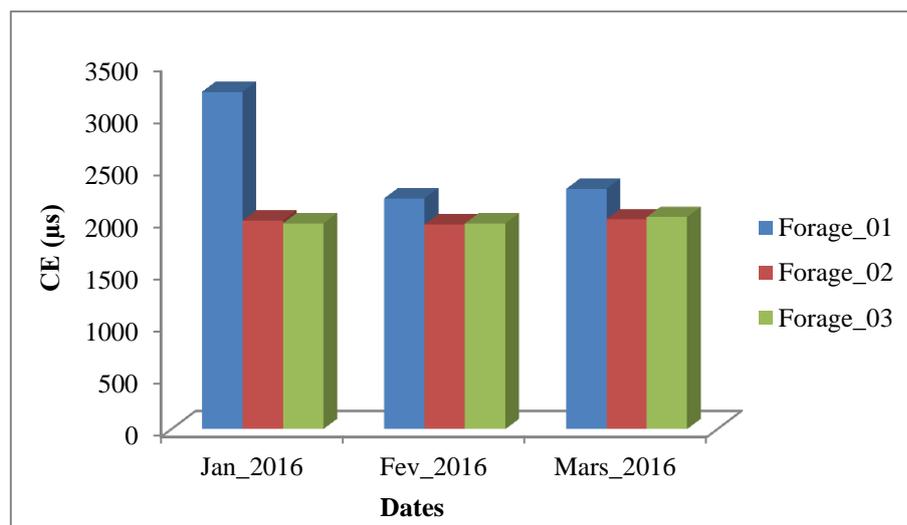


Figure.18: Evolution de la conductivité électrique (CE) dans les eaux des forages.

Les valeurs de la conductivité mesurée dans tous les forages d'eau dépassent la norme recommandée pour les eaux potables (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Pour les eaux d'irrigation, les trois forages montrent des valeurs inférieures à la norme (20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Annexe.I). La valeur la plus faible est observée au niveau du forage (F_02) avec (1960 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et la valeur maximale est enregistrée au niveau du forage (F_01) avec (3230 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Fig.18). Ces fortes valeurs sont dues probablement à la dissolution des lentilles gypseuses qui existent au niveau de la nappe (Kherici, 1993).

Tableaux. 03:Relation entre la conductivité et la minéralisation (Detay, 1993).

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$, à 20°C	Minéralisation
Inférieure à 100	Eau de minéralisation très faible (terrain granitiques)
Comprise entre 100 et 200	Eau de minéralisation faible
Comprise entre 200 et 400	Eau de minéralisation peu accentuée
Comprise entre 400 et 600	Eau de minéralisation moyenne (terrains calcaires)
Comprise entre 600 et 1000	Eau de minéralisation importante
Supérieure à 1000	Eau de minéralisation excessive

III.1.4. 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. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau.

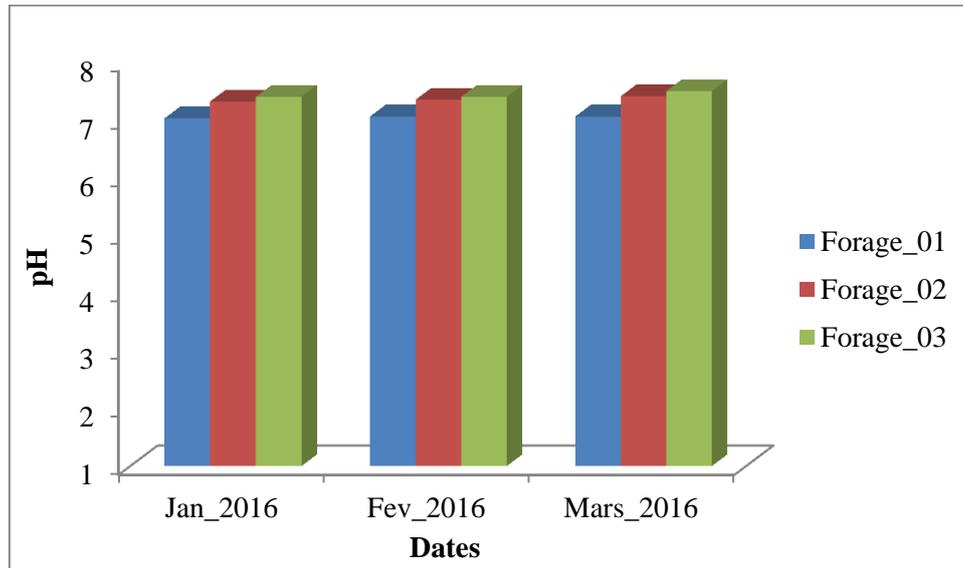


Figure.19: Evolution du pH de l'eau des forages.

La figure 19 nous montre que le pH des eaux des forages étudiés est situé dans la fourchette des normes de potabilité ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) et ce durant toute la période de l'étude mais avec des valeurs beaucoup plus intercalées entre 6,6 et 7,8.

III.1.5. La turbidité:

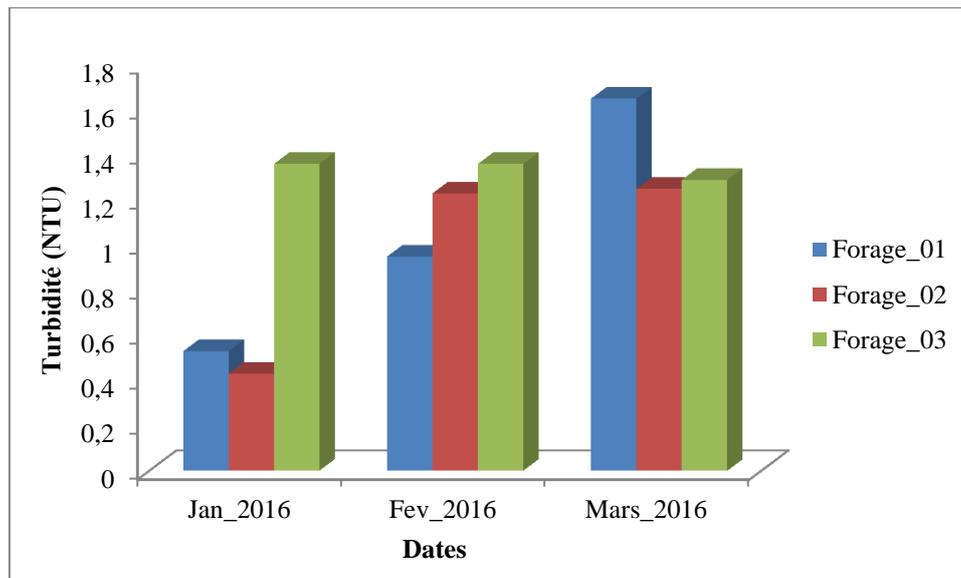


Figure. 20: Evolution de la turbidité dans les eaux des forages.

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 telles les argiles, les limons, les grains de silice, les matières organiques... Les valeurs moyennes calculées dans tous les forages étudiés ne dépassent pas la norme (5 NTU selon l'OMS) (Annexe. I). Une valeur minimale (0.43mg/l) pour le forage (F_02) et une valeur maximale (1.65 mg/l) pour le forage (F_01) (Fig.20).

III.2. Les paramètres chimiques:

III.2.1. Oxygène dissous(O₂):

L'oxygène dissous est un paramètre très important pour les analyses des eaux, il est depuis très longtemps mesurer par des méthodes chimique, actuellement les sondes sont équipées d'électrode a oxygène. Il est exprimé en mg l⁻¹.

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).

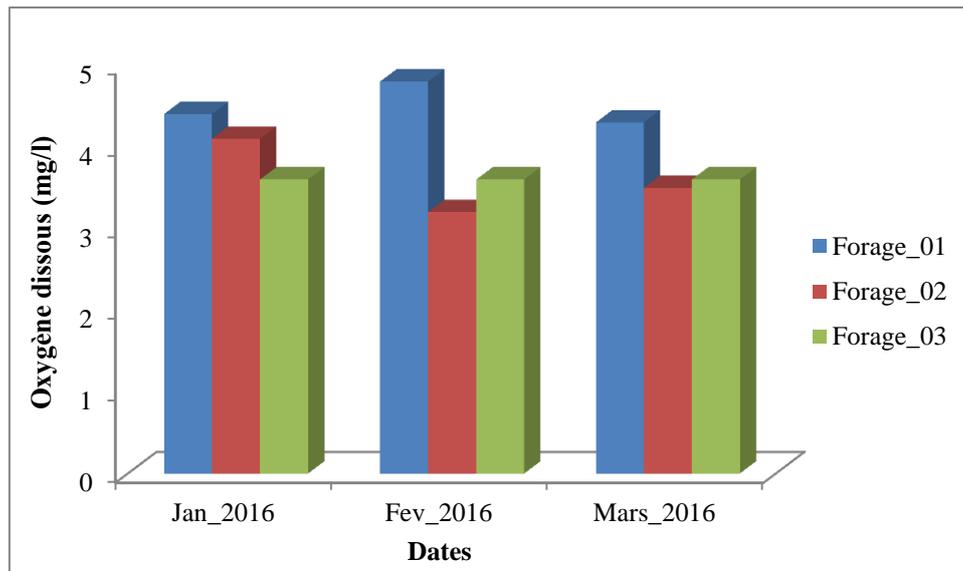


Figure. 21: Evolution de l’oxygène dissous dans les eaux des forages.

Nous avons remarqué une valeur minimale 3.2mg/l pour le forage (F_02) pendant le mois de Février et une valeur maximale 4.8 mg/l pour le forage (F_01) pendant la même période (Fig.21)

III.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. Elle se manifeste pratiquement par une difficulté dans la cuisson des légumes et dans la production de la mousse de savon.

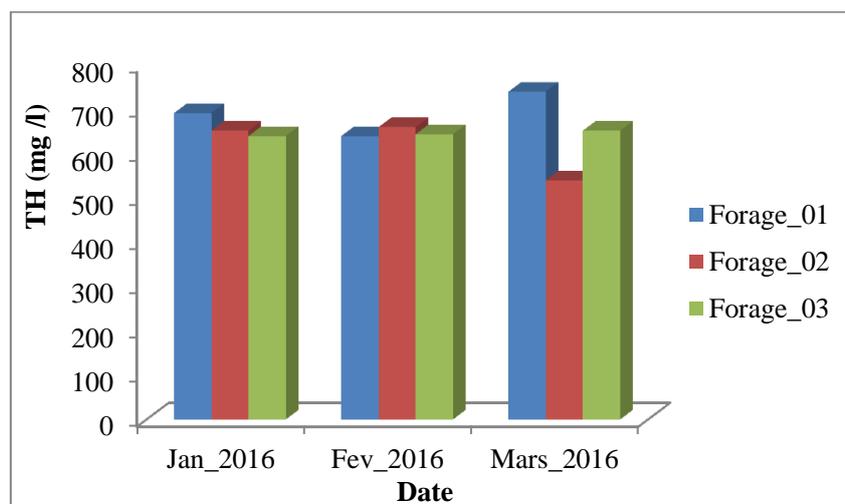


Figure.22: Evolution de la dureté de l’eau dans les forages.

Les résultats obtenus (Fig.22) montrent que les eaux étudiées ont des duretés importantes qui varient entre 540 mg/l (forage F_02) et 740 mg/l (forage F_01) ce qui dépasse la norme d'OMS(Annexe.I) qui exige que la dureté totale de l'eau destinée à la consommation humaine soit inférieure 500 mg/l. 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.

III.2.3. Alcalinité:

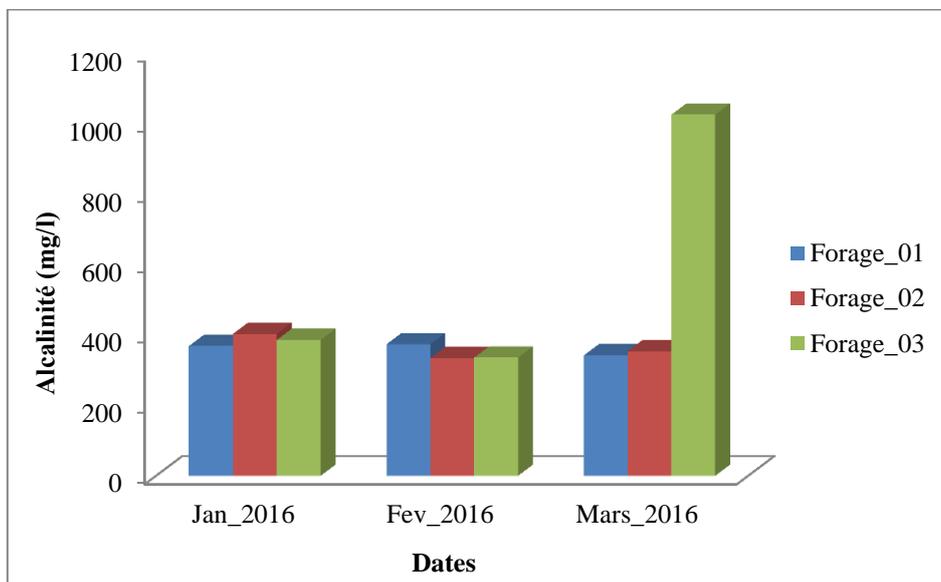


Figure. 23 : Evolution des TAC dans les eaux des forages.

Les eaux des forages (F_01) et (F_02) étudiés respectent les normes de l'OMS (500 mg/l), ou les valeurs enregistrer est plus au moins stable durant la période (Janvier-Fevrier) la valeur enregistrer dans le forage (F_03)est dépassé la norme pendant le mois de mars avec un maximum de (1024 mg/l) (Fig.23).

III.2.4. Minéralisation globale d'une eau(T.D.S):

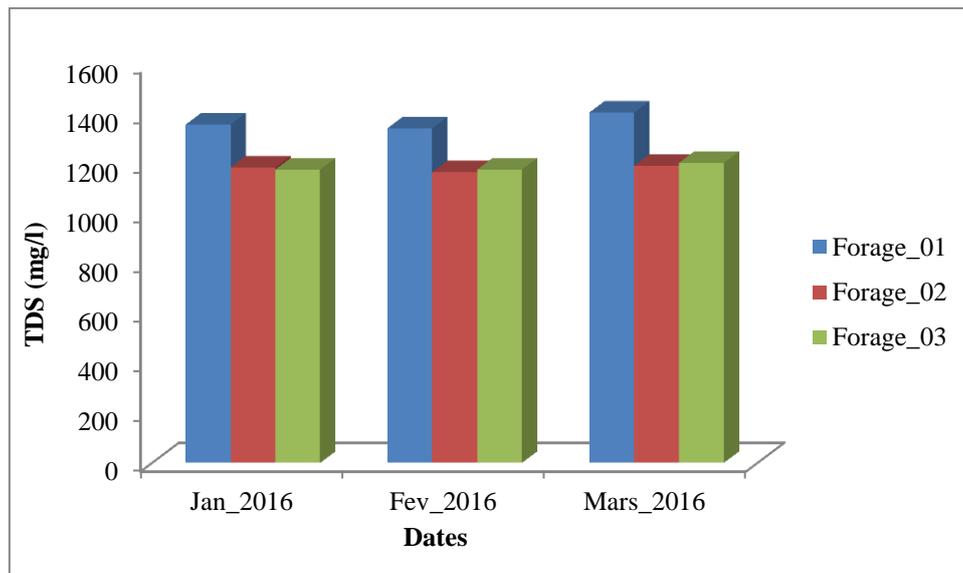


Figure. 24 : Evolution des TDS dans les eaux des forages.

La minéralisation des eaux est due généralement à la géologie des terrains traversés. Elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles ; mais leurs valeurs est toujours dans les normes de OMS(Annexe. I) dans tous les forages, dont la valeur minimale enregistrer est de (1168 mg /l) dans le forage (F_02) pendant le mois de Février et une valeur maximal est de (1407 mg /l) dans les eaux de forage (F_01) pendant la première sortie soit le mois de Janvier (Fig.24).

Les éléments de la pollution:

Les éléments majeurs:

La qualité des eaux souterraines peut se produire soit simultanément, soit avec un léger temps de retard due à l'infiltration des eaux. Les résultats obtenus nous montrent une grande variation des concentrations des éléments majeurs talque le Na^+ , les Cl^- , les SO_4^{2-} , le Ca^{2+} , le Mg^{2+} , les HCO_3^- , et le K^+ .

III.2.5. Le calcium (Ca^{2+}):

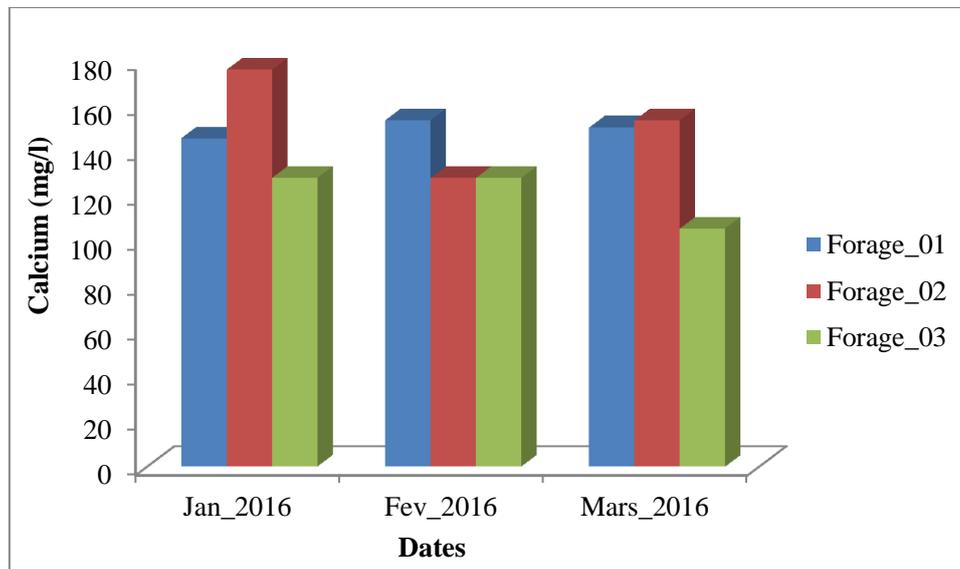


Figure. 25: Evolution du taux de Calcium dans les eaux des forages.

Le calcium est un autre élément qui constituait la dureté de l'eau et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. La figure (25) nous montre que les concentrations de Ca^{2+} dans les eaux des forages respectent la norme d'OMS (200 mg/l) (annexe) la valeur maximale enregistrée est dans le forage (F_02) (167,3 mg/l) pendant le mois de Mars et la valeur minimale est enregistrée dans le forage (F_03) (105,80 mg/l) pendant le mois Janvier. La présence de cet élément dans les eaux a pour origine de la dissolution des formations carbonatées et gypseuses présente dans le milieu souterrain traversé par ces eaux.

III .2.6. 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).

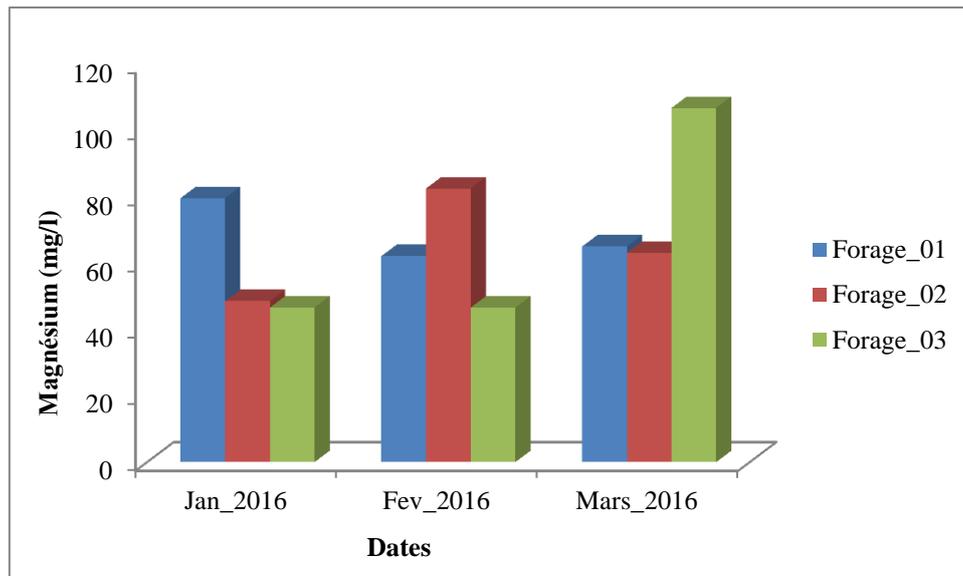


Figure. 26: Evolution du taux de magnésium dans les eaux des forages.

Le taux de magnésium de l'eau des forages de Zelfana est très variable. La teneur maximale a été enregistrée (106.92 mg/l) dans le forage (F_03) pendant le mois de mars, et la teneur minimale est de (46.65mg/l) dans les deux forages(F_01) et (F_02) durant les mois de Janvier et Février (Fig.26).

III .2.7. Les chlorures (Cl^-):

L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables. Leur teneur augmente généralement avec le degré de minéralisation de l'eau (Ramade, 2002).

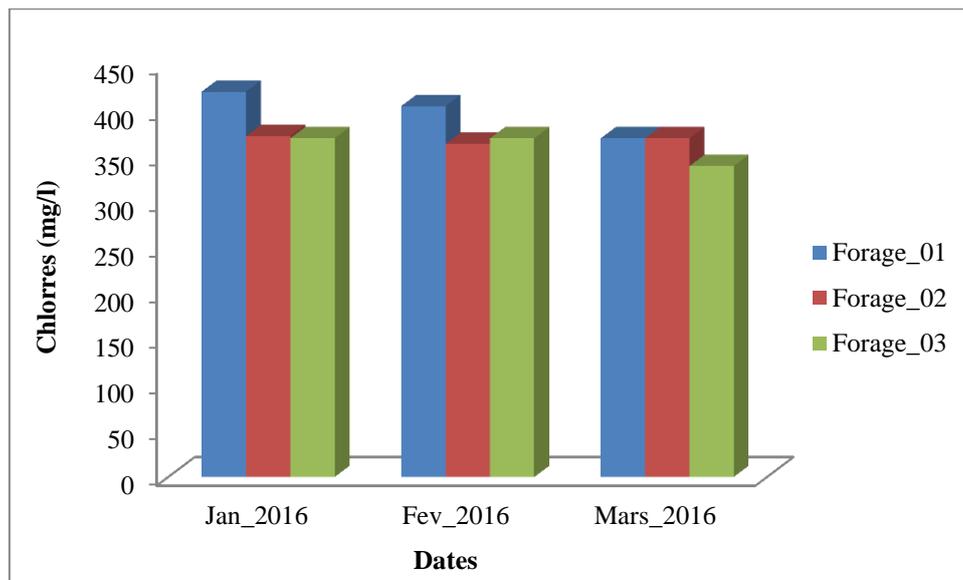


Figure. 27 : Evolution des chlorures dans les eaux des forages.

La teneur maximale a été enregistrée (421.18 mg/l) au niveau du forage(F_01) durant le mois de Janvier et la valeur minimale est de (339.85mg/l) enregistré dans le forage (F_03) pendant le mois de Mars (Fig.27) ce qui respecte la norme d’OMS (500mg/l)(Annexe. I) .

III.2.8. Ammonium (NH_4^+):

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)*in* (Aouissi, 2009) 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.

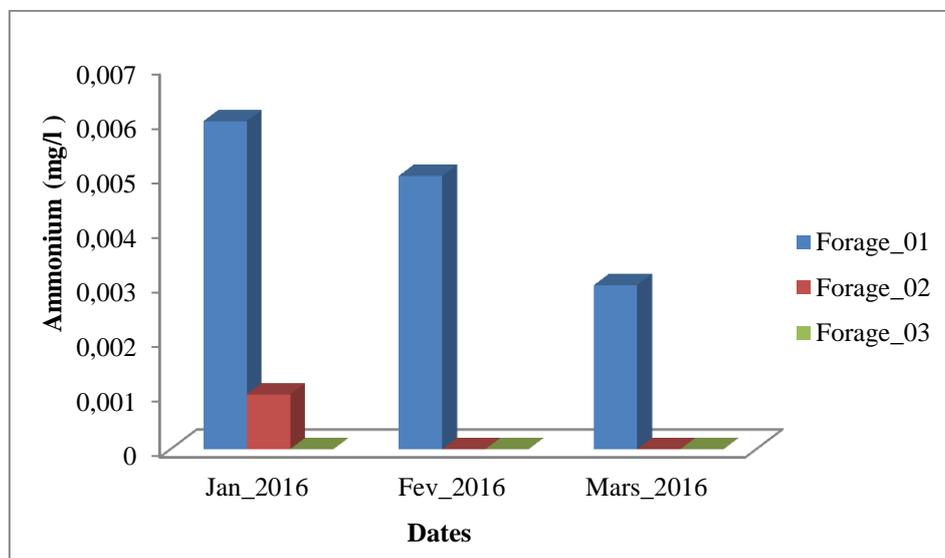


Figure.28: Evolution du taux d’ammonium dans les eaux des forages.

Une présence de l’ammoniaque dans les deux forages (F_01) et (F_02) ou la teneur maximale enregistrée est de 0.006 mg/la dans le forage (F_01)pendant le mois de Janvier, cette valeur diminue progressivement pendant les mois qui suivent, puis une valeur dedans le forage (F_02) aussi pendant le mois de janvier puis une absence totale durant la période de février-mars tandis qu’il n y a aucune trace dans le forage (F_03)pendant toute la période d’étude soit du mois de janvier jusqu’au mois de mars. (Fig.28)

Eléments mineurs naturels:**III .2.9. L'ortho phosphate (PO_4^-):**

L'origine des phosphates dans les eaux est le plus souvent liée aux rejets urbains et à la dissolution des engrais chimiques(NPK). (Aouissi, 2009).

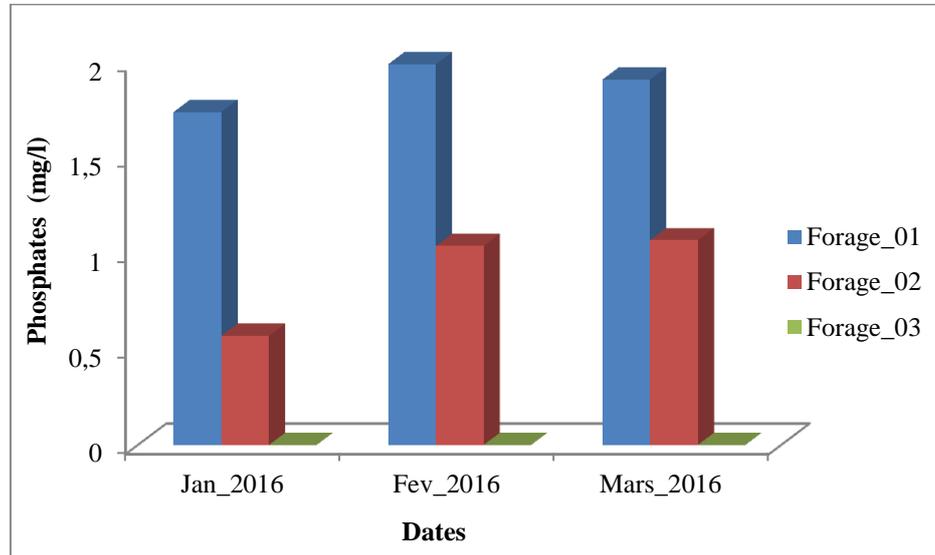


Figure.29: Evolution du taux d'ortho-phosphate dans les eaux des forages.

La figure (29) nous montre une variation des teneurs d'ortho-phosphate dans les eaux des forages (F_01) et (F_02) pendant la période d'étude ou la valeur maximale est enregistré dans le forage (F_01) avec (1.99 mg/l) pendant le mois de Février, et une absence totale de (PO_4^-) dans le forage (F_03).

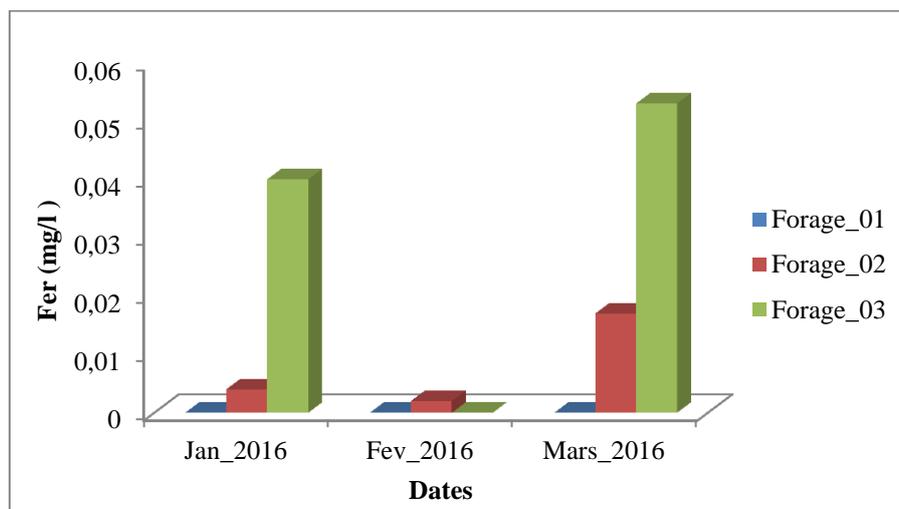
III .2.10. Le Fer(Fe):

Figure.30: Evolution du taux de fer dans les eaux des forages.

Les valeurs des concentrations en fer ferreux pour tous les forages étant très faibles, il est présent dans le forage (F_03) avec une valeur maximale de (0.053 mg/l) pendant le mois de Mars, suivie par le forage (F_02) avec une valeur de (0,038mg/l) pendant le mois de Janvier, et une absence totale de cet élément dans le forage (F_01) durant toute la période d'étude. Toutes ces valeurs restent sous forme de Trace et respectent les normes d'OMS (Annexe. I). (Fig.30).

III.2.11. Résidus sec:

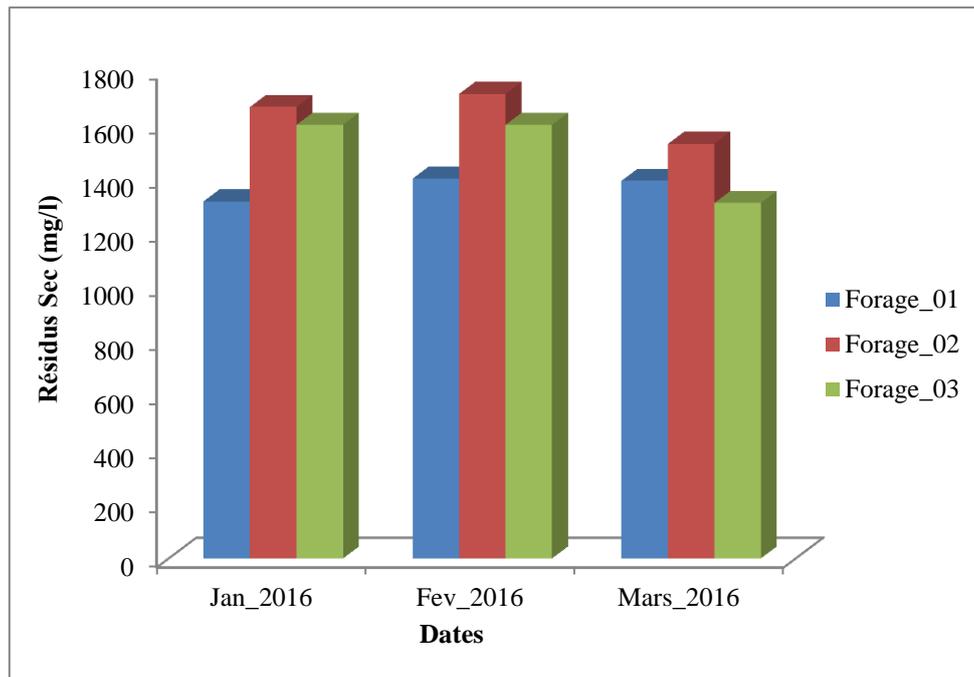


Figure. 31: Evolution du taux des résidus secs dans les eaux des forages.

Durant toute notre période d'étude nous avons observé que toutes les teneurs en résidu sec mesurées dans les eaux des forages respectent les normes de l'OMS (annexe), elles atteignent un maximum de 1714mg/l pour le forage (F_02) pendant la seconde sortie et une valeur minimale de 1312 mg /l enregistrer dans le forage (F_03) pendant le mois de Mars (Fig.31).

III.2.12.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).

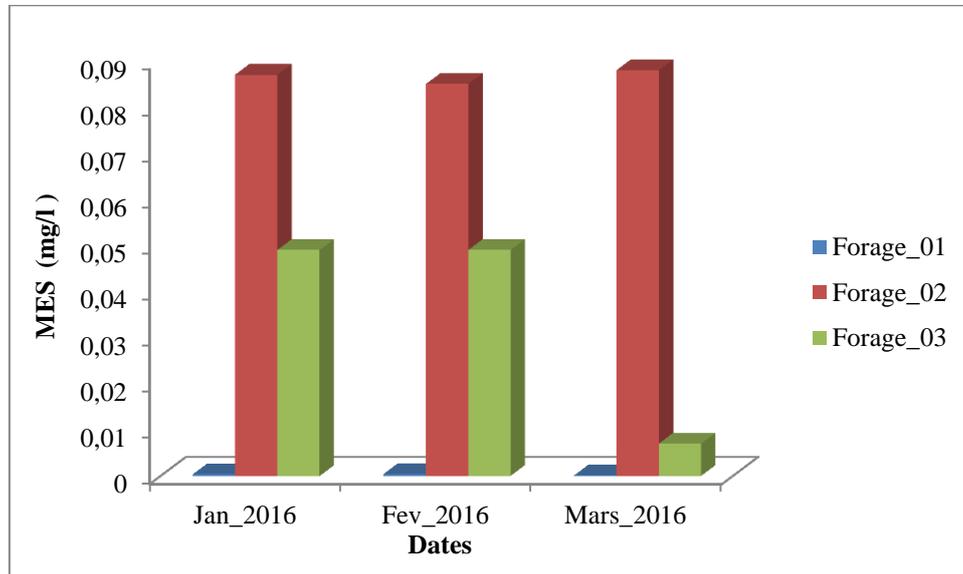


Figure. 32 : Evolution du taux d Matières en suspension dans les eaux des forages.

On la trouve dans les eaux des forages avec des valeurs plus ou moins faible, au la valeur minimale enregistrée est de (0.0001mg/l) dans le forage (F_01) durant toute la période d'étude, les taux les plus élevés sont enregistré dans le forage (F_02) toute au long de la période d'étude avec un maximum de (0.087mg/l) durant la dernière sorite ; une diminution au voisinage de (0,03mg/l) pour le forage (F_03) (Fig.32).

Conclusion

Dans plusieurs régions algériennes, les ressources d'eau sont confrontées aujourd'hui à des problèmes liés à des aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eau surtout au Sahara.

La région de La région de Zelfana est l'une des communes de Ghardaïa, Elle appartient au bassin versant du Sahara Septentrional. Le climat dominant est ce de Sahara qui est caractérisé par des hivers courts et rigoureux et des étés longs et chauds. Les températures sont extrêmement élevées peuvent dépassées 40° en été La pluviométrie est généralement irrégulière, avec une moyenne annuelle de l'ordre de 7.44mm.

L'objectif de cette étude est de juger la qualité des eaux à la ville de Zelfana à partir du continental intercalaire (albien).

Pour ce cela, nous avons mis en place des analyses physico-chimiques des eaux de trois forages dans la ville de Zelfana, utilisées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Cette procédure d'étude physico-chimique nous l'avons effectué selon les normes de prélèvement et d'analyse au laboratoire pour prévoir leur destination et utilisation.

Du point de vue physico-chimique, une différence notable des taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié.

Dans la majorité des cas elles répondent aux normes de potabilité alors que des fois elles dépassent les normes, tel: la conductivité, la dureté, qui sont souvent liés à la formation géologique et aux caractéristiques climatiques de la région.

Les fluctuations de ces paramètres peuvent être aussi expliquées par l'effet de nombreux facteurs, à savoir les apports en eaux usées domestiques, la pratique agricole et par les effluents industriels.

L'évaluation hydro-chimique de la potabilité la nappe albien, a indiqué que les eaux de la nappe albienne sont de point de vu physico-chimique pratiquement potable, acceptable à la consommation et bonne pour l'irrigation.

Références Bibliographiques

- - **A.N.R.H** (2011). "Inventaire des forages d'eau et enquête sur les débit extrait 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.
 - **Aminot** (1983). "Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin." 993 p.
 - **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.
 - **APS** (2011). "Ville des satition thermales commune de zelfana."
 - **Bagnoules et Gausse H** (1957). "Les climats biologiques et leurs classifications." *Ann. Géogr. Fr.*
 - **Bouziani M** (2000). *L'eau De La Pénurie Aux Maladies*, Ibn-Khaldoun Alger.
 - **Castany G et Margot T** (1977). "Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière." 249p.
 - **Chaoui W** (2007). Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De l'Oued Seybouse Et De l'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma). . Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba: 120p.
 - **Chenini M** (2013). Impact de l'intensification agricole(céréaliculture sous pivot) sur la variation de la salinité du sol dans la région de GHARDAIA (cas de HASSI EL F'HEL). Mémoire de Master, Université de Ghardaïa: 70p.
 - **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.
 - **Darem S** (2013). Impact de l'intensification agricole (phoeniciculture) sur la variation du pH et du taux de calcaire total dans la région de Ghardaia (cas de Zelfana) Mémoire de Master, Université de Ghardaïa p.
 - **Debieche T-H** (2002). Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle. Application à la Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Constantine: p.
 - **Detay M** (1993). *Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation.* , Masson.
 - **Doumandji S et Doumandji-Mitche B** (1994). *Ornithologie appliquée à l'agronomie et à la sylviculture*, Ed. Office des Pub.
- microbiologique en conditions salines. . Thèse d'Etat, , Ed. Imprimerie Boudin, Paris.: p.
- **Emberger L** (1955). *Une classification biogéographique des climats.* : 343p.

- **Harizi M** (2015). "Diagnostic Des Réseaux D'irrigation Des Périmètres Gouifla - Zelfana thes mastre univ Ghardaïa."
- **Kherici N** (1993). Vulnérabilité à La Pollution Chimique Des Eaux Souterraines D'un Système De Nappe Superposée En Milieu Industriel Et Agricole (Annaba-la Mafragh) Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar. Annaba: 170p.p.
- **Loup J.P** (1974). "Les eaux terrestres. Collection dirigée par Jean Pelletier." *Masson et Cie. Paris Ive.*: 14.
- **Mahma S** (2012). Effet de quelques bio-agresseurs du dattier et impact des méthodes de lutte sur la qualité du produit datte. (Cas de la région de Ghardaïa). Mémoire de Master, Université de Ouargla: 123p.
- **Mellak D** (2009). Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. ingénieur, El Harrach, E.N.S.
- **Merzoug S.E** (2009). Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda) Mémoire de Magister, Université de Guelma: 120p.
- **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.
- **O.N.M** (2012). "Bulletin climatique et agronomique." 2p.
- **OMS** (1986). *Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations)*. , Organisation Mondiale De La Santé. 2ième édition.
- **Ozenda P** (1991). *Flore du Sahara*. , 5ème Ed. Paris.
- **Ramade F** (2002). *Elément d'écologie. Ecologie fondamentale*, Ed. Dunod, Paris.
- **Rejsek F** (2002). *Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques*, Sceren. Paris.
- **Rodier J** (1984). *Analyse de l'eau* ed. Dunond, Paris
- **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. .
- **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.
- **Sebti K** (2014). Comparaison entre la qualité des eaux de la nappe phréatique et la nappe albiennaise de la ville de Zelfana(wilaya de Ghardaïa). Université de Ghardaia: 60p.
- **Thierrin J, Steffen P, Cornaz S, Vualaz F-D, Balderer W, Looser M, Zpbrit J et Zumstein J** (2001). *Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines*.
- **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 04: Normes physico-chimiques d'une eau potable selon l'OMS et Algérienne (ADE, 2010).

Paramètres physico-chimiques	Unités	OMS	Algériennes
pH	-	8.56.5 à	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
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
Po₄⁻⁻⁻	mg/l	0.5	
Fe⁺	mg/l	0.3	0.3
Résidu de sec	mg/l	2000	2000

Résumé

Le présent travail a été réalisé pour définir les caractères physico-chimiques des eaux de la nappe albienne située sous la ville de Zelfana. Trois (03) forages d'eau souterraines ont été analysés durant une période de trois mois du mois de janvier jusqu'au mois de mars 2016, à raison d'un prélèvement par mois. Ceci nous a permis de caractériser la qualité de ces eaux souterraines en vue de leur utilisation dans l'alimentation en eau potable et dans l'irrigation.

Le résultat obtenu montre qu'à l'exception des valeurs de conductivité et la dureté qui dépassent la norme, le reste des paramètres respectent la norme de l'OMS de la potabilité de l'eau.

Mots-clés : Forages,Zelfana,Physico-chimique, Ghardaïa

This work was realized to define the physico-chemical characters of waters of the tablecloth albienne situated under the city of Zelfana. Three (03) drillings of groundwater were analyzed during a period of three months from January till March 2016, at the rate of a taking a month. This allowed us to characterize the quality of these underground waters with the aim of their use in the drinkable water supply and in the irrigation.

The obtained result shows that with the exception of the values of conductivity and the hardness which exceeds the standard, the rest of the parameters respects the standard of the WHO of the drinkability of the water.

Word-Keys: Drillings, Zelfana, physico-chemical. Ghardaia

الهدف من هذا العمل هو تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الطبقة العميقة (albain) لمدينة زلفانة. ولهذه الغاية، تم تنفيذ مجموعة قياسات وتحليلات على ثلاثة (03) آبار للمياه الجوفية لمدة ثلاثة أشهر من جانفي إلى مارس عام 2016، بمعدل عينة واحدة كل الشهر و هذا ما سمح لنا بمعاينة نوعية هذه المياه الجوفية بغرض استعمالها في الشرب و الري

تائج جميع المعايير المدروسة تطابق مقاييس المنظمة العالمية للصحة الا معياري الصلابة والناقلية الكهربائية اللذان تجاوزا المقاييس العالمية الخاصة بالمياه الصالحة للشرب..

الكلمات المفتاحية : ابار مياه جوفية، زلفانة، المعايير الفيزيائية والكيميائية ، غرداية .