

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE DE GHARDAIA**



N° d'ordre :

N° de série:

**FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

**Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine : Science et Technologie**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Science de L'eau et de L'environnement**

**PAR :**

**M<sup>elle</sup>: SEBTI KHADIDJA**

**THEME:**

**Comparaison entre la qualité des eaux de la nappe phréatique et la nappe albienne de la ville de Zelfana (wilaya de Ghardaïa)**

**Soutenu publiquement le :**

**Jury:**

**M<sup>f</sup>: HADJ Saïd Ade**

Maitre Assistance A Univ. Ghardaia

**Président**

**M<sup>me</sup>: MOULAI Kerroumia**

Maitre Assistance A Univ. Ghardaia

**Examinatrice**

**M<sup>f</sup>: MECHRI Bachir**

Maitre Assistance B Univ. Ghardaia

**Examineur**

**M<sup>f</sup>: BOUAMER Kheira**

Maitre Assistance A Univ. Ghardaia

**Encadreur**

**ANNEE UNIVERSITAIRE: 2014/2015**

## *Dédicace*

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

*Mes parents que Dieu les protège. Ils m'ont toujours poussée à  
aller plus loin ; je leur Suis très reconnaissante.*

*Mes chères sœurs et Mes chers frères*

*Mon grand - père et mes grandes mères.*

*Mes tantes et à mes oncles.*

*Chaque cousins et cousines.*

*Toute La famille de Sebtí, Amieur,*

*Mes chers amis (es).*

*Tout le groupe HYDRAULIQUE ainsi que les étudiants de  
GHARDAIA.*

*A mes meilleurs amis.*

*Khadidja Sebtí*

## **Remerciement**

*Je tiens tout d'abord et toujours à remercier mon **DIUE** qui m'a donné la santé.  
La volonté. Et la force d'atteindre mon but.*

*Mes chers **parents** qui m'ont toujours soutenue pendant le plus mauvais temps au  
cours de la préparation du mémoire et tout le temps...merci d'avoir fait de moi ce  
que je suis.*

*Je remercie :*

- *mon encadreur : **M<sup>me</sup> : BOUAMER Keira** d'avoir accepté de diriger ce travail,  
Pour ses conseils et ses consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon  
projet.*
- ***M<sup>r</sup> :HADJ Said, M<sup>r</sup> : MECHRI Bachir, M<sup>em</sup> MOULAI Kerroumia**, d'avoir  
acceptent d'examiner cette mémoire.*
- *Aussi je tien beaucoup et avec un plaisir particulier à remercier Monsieur **Oueled  
belkheir Chikhe, ALAKHDARI Abedelhakim** pour ses conseils ses  
encouragements, son aide pour réaliser ce travail*

*Un grand merci aux :*

- *Ingénieurs subdivision d'hydraulique de zelfana:  
Mr : oulhadj A, Ben Etala A.*
- *Algérie des eaux de zelfana.*
- *La subdivision d'habitat de la commune de Zelfana : Surtout : Fenich I.*
- *La direction des ressources en eau de la wilaya de Ghardaïa : Achour M.*

*Merci pour votre disponibilité.*

*Un grand merci à toutes les personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin au  
cours de la réalisation de ce modeste travail.*

**Khadija Sebti**

# **TABLE DES MATIERES**

INTRODUCTION.....	02
-------------------	----

## **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

I.1.Reserves d'eau d'hydrosphère.....	05
I.2.Captage et ressources hydrique.....	05
I.2.1.Introduction.....	05
I.2.2.Les eaux de surface.....	06
I.2.3.Les eaux souterraines.....	06
I.3.Ressources en eau du Sahara algérien.....	07
I.3.1.La nappe du complexe terminal (CT) .....	10
I.3.1.1.Alimentation - écoulement .....	11
I.3.2.La nappe du continental intercalaire (CI) .....	12
I.3.2.1.Limites et structure du CI .....	12
I.3.2.2.Piezometrie et alimentation du CI .....	12
I.3.3.Structure du CI dans la region du m'Zab .....	13
I.3.4.Nappe superficielle (phréatique) .....	13
I.4.Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa.....	14
I.4.1.Introduction.....	14
I.4.2.Les systèmes de captage des eaux de surface.....	14
I.4.3.Les systèmes de captage des eaux souterraines.....	14
I.5.Généralite sur l'eau potable.....	15
I.5.1.Introduction.....	15
I.5.2.Qualite de l'eau de consommation.....	15

I.5.3.Potabilites des eaux .....	15
I.5.4.Les limites de qualité.....	15
I.5.4.1.Les paramètres microbiologiques.....	15
I.5.4.2.Les paramètres physiquo-chimique.....	16
I.5.5.Pollution des eaux.....	17
I.5.5.1.Definition.....	17
I.5.5.2.Les conséquences de pollution d'eau.....	17
I.6.La géothermie.....	18
I.6.1.Introduction.....	18
I.6.2.Origine de la chaleur terrestre .....	19

## ***Chapitre II : Etude du milieu physique***

II.1.Presentation générale de la wilaya de Ghardaïa.....	21
II.1.1. Situation géographique.....	21
II.1.2. Astronomique .....	21
II.1.3. Situation administrative .....	21
II.2. Présentation du centre d'étude (Zelfana) .....	24
II.2.1. Introduction.....	24
II.2.2. Situation géographique de la zone d'étude.....	24
II.2.3. Topographie .....	27
II.2.4. Géologie etgéomorphologie .....	27
II.2.5. Sol .....	29
II.2.6. Hydrologie et réseau hydrographique.....	29
II.2.7. Hydrogéologie .....	33

II.2.7.1. la nappe phréatique .....	33
II.2.7.2. la nappe du continental intercalaire (CI) .....	33
II.2.8. Climatologie .....	39
II.2.8.1. Aspects généraux.....	39
II.2.8.2. Synthèse climatiques .....	40
II.2.8.3. Synthèse bioclimatique.....	47
II.2.8.4. Conclusion .....	48

### ***Chapitre III : Matériels et méthodes***

III.1. Introduction .....	50
III.2. Choix de la région d'étude.....	50
III.2.1. Zone d'échantillonnage .....	50
III.2.2. Choix des points de prélèvements .....	54
III.2.3. Exécution des prélèvements .....	54
III.2.4. Stockage des échantillons .....	55
III.2.5. Mesures in situ.....	55
III.3. Mesures et analyses au laboratoire.....	55
III.3.1. Paramètres organoleptiques .....	55
III.3.1.1. Couleur.....	55
III.3.1.2. Saveur.....	55
III.3.1.3. Odeur.....	55
III.3.2. Paramètres physico – chimiques.....	56
III.3.2.1. pH.....	56
III.3.2.2. Turbidité .....	57
III.3.2.3. la conductivité électrique.....	57
III.3.3. paramètres de pollution.....	59
III.3.3.1. Dosage de l'ammonium .....	59

III.3.3.2. Nitrite.....	60
III.3.3.3. Nitrate .....	61
III.3.3.4. Dosage de fer .....	62
III.3.3.5. Dosage de phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) .....	63
III.3.4. Minéralisation globale.....	64
III.3.4. 1. Dosage de calcium .....	64
III.3.4. 2.Dosage du magnésium .....	65
III.3.4. 3. Dosage de potassium .....	65
III.3.4. 4. Dosage de sodium.....	66
III.3.4. 5. Dosage des chlorures .....	66
III.3.4. 6. Dosage des sulfates .....	68
III.3.4. 7.Alcalinite.....	69
III.3.4. 8. Dosage de TH (dureté totale).....	70
III.3.4. 9. Résidu sec .....	71
III.4. Synthèse sur les matériaux et les méthodes utilisées .....	72

## **CHAPITRE VI : RESULTA ET DISCUSSION**

IV.1. Introduction .....	75
IV.2.Resultas et discussion des analyses effectuées.....	75
IV.2.1.Paramètres physico-chimiques .....	75
IV.2.1.1.La Température (T) .....	75
IV.2.1.2.Potentiel hydrogène (pH).....	77
IV.2.1.3.Conductivité électrique (CE) .....	79
IV.2.1.4.Turbidité .....	81
IV.2.2.Paramètres de pollution.....	83
IV.2.2.1.Ammonium.....	83

IV.2.2.2.Nitrite.....	83
IV.2.2.3.Nitrate.....	84
IV.2.2.4.Fer.....	85
IV.2.2.5.phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ).....	87
IV.2.3.Mineralisation globale.....	88
IV.2.3.1.Calcium.....	88
IV.2.3.2.Magnesium.....	90
IV.2.3.3.Potassium.....	91
IV.2.3.4.Sodium.....	93
IV.2.3.5. Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ).....	95
IV.2.3.6. Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	97
IV.2.3.7.Alcalinite(TAC).....	99
IV.2.3.8. Dureté (TH).....	100
IV.2.3.9.Résidu sec.....	102
IV.3. Etude de la qualité souterraine de la nappe phréatique pour l'irrigation.....	105
IV.3.1.Resultats.....	106
IV.3.1.1.Sodium.....	106
IV.4.Classification chimiques des eaux souterraines.....	107
IV.4.1. Classification des eaux selon piper.....	107
Conclusion.....	113
Références bibliographiques.....	116
Annexe.....	120



## ***LISTE DES TABLEAUX***

N°	TITRE	PAGE
Tableau 01	Réserves d'eau de l'hydrosphère	05
Tableau02	Les normes OMS de l'eau potable	16
Tableau03	les daïras de la wilaya de Ghardaïa, les communes, et leur superficie	22
Tableau 04	les caractéristiques du L'oued M'Zab	31
Tableau 05	Répartition saisonnière des pluies moyennes annuelles	41
Tableau 06	Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2004-2014)	45
Tableau 07	liste des forages échantillonnés	54
Tableau08	liste des puits échantillonnés	54
Tableau09	Classification des eaux suivant pH	56
Tableau 10	Classe de turbidité usuelles	57
Tableau 11	relation entre la minéralisation et la conductivité à 20 C	58
Tableau 12	classification des eaux selon la conductivité	58
Tableau 13	Analyses bactériologiques pour la nappe albienne	105
Tableau 14	Barèmede qualité pour l'eau d'irrigation	106
Tableau 15	Résultats d'analyse pour les deux nappes	107

## ***LISTE DES FIGURES***

N°	TITRE	PAGE
Figure 01	captage des eaux sous terraines	07
Figure 02	Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale	08
Figure 03	limites du domaine SASS	08
Figure 04	Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT	09
Figure 05	Log synthétique des principales unités géologiques et hydrogéologiques du bassin du SASS	10
Figure 06	Coupe hydrogéologique transversale du "CT"	11
Figure 07	Piézométrie de la nappe du CT	12
Figure 08	Situation nationale de Ghardaïa.	21
Figure 09	les limites administratives de la wilaya de Ghardaïa	23
Figure 10	Situation géographique de la région d'étude	25
Figure 11	Photo satellite de la ville de Zelfana	26
Figure 12	Carte géologique de la région de Zelfana	27
Figure 13	carte hydrographique du bassin de M'Zab	32
Figure 14	Photo satellite d'Oued M' Zab	32
Figure 15	Extension géographique de la nappe albienne en Algérie	34
Figure 16	Coupe hydrogéologie transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI	35
Figure 17	Carte de la profondeur des forages et le toit de l'aquifère Albien	35
Figure 18	Inventaire des forages d'eau de la région de Zelfana	36
Figure 19	Coupe hydrogéologique sommaire de la région d'étude	38
Figure 20	Variations moyennes de températures de l'air (°C)	40
Figure 21	Répartition mensuelle des pluies moyennes annuelles	41
Figure 22	Répartition saisonnière des pluies moyennes annuelles	42
Figure 23	Humidité Relative de l'air	42
Figure 24	Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)	43
Figure 25	Valeur d'évaporation moyenne annuelle	44

Figure 26	Durées d'insolation moyennes annuelles	44
Figure 27	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa	45
Figure 28	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER	47
Figure 29	Variation de la température pour les deux nappes	76
Figure 30	Variation de pH par rapport à la norme OMS	78
Figure 31	Variation de la conductivité électrique par rapport à la norme OMS	80
Figure 32	Variation de la turbidité par rapport à la norme OMS	81
Figure 33	Variation d'ammonium par rapport à la norme OMS	83
Figure 34	Variation de nitrite par rapport à la norme OMS	84
Figure 35	Variation de nitrate par rapport à la norme OMS	84
Figure 36	Variation du fer par rapport à la norme OMS	85
Figure 37	Variation du phosphate par rapport à la norme OMS	87
Figure 38	Variation de calcium par rapport à la norme OMS	88
Figure 39	Variation de magnésium par rapport à la norme OMS	90
Figure 40	Variation de potassium par rapport à la norme OMS	91
Figure 41	Variation du sodium par rapport à la norme OMS	93
Figure 42	Variation de chlorure par rapport à la norme OMS	95
Figure 43	Variation de sulfate par rapport à la norme OMS	97
Figure 44	Variation de TAC par rapport à la norme OMS	99
Figure 45	Variation de la dureté par rapport à la norme OMS	101
Figure 46	Variation du résidu sec par rapport à la norme OMS	103
Figure 47	Représentation du diagramme de Piper	109
Figure 48	Représentation des eaux souterraines sur le diagramme de PIPER	110

## ***LISTE DES CARTES***

N°	TITRE	PAGE
Carte 01	Localisation des points de prélèvement (Google earth)	51
Carte 02	Localisation des forages échantillonnés selon le niveau de la mer (surfer)	52
Carte 03	Localisation des puits échantillonnés selon le niveau de la mer (surfer)	53

Carte 04	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la température de la nappe albienne	76
Carte 05	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la température de la nappe phréatique	77
Carte 06	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du pH de la nappe albienne	78
Carte 07	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du pH de la nappe phréatique	79
Carte 08	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la conductivité électrique de la nappe albienne	80
Carte 09	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la conductivité électrique de la nappe phréatique	81
Carte 10	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la turbidité de la nappe albienne	82
Carte 11	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la turbidité de la nappe phréatique	82
Carte 12	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du nitrate de la nappe albienne	85
Carte 13	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du fer de la nappe albienne	86
Carte 14	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du fer de la nappe phréatique	86
Carte 15	Carte hydro-chimique de la variation spatiale de phosphate de la nappe albienne	87
Carte 16	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du calcium de la nappe albienne	89
Carte 17	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du calcium de la nappe phréatique	89
Carte 18	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du magnésium de la nappe albienne	90
Carte 19	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du magnésium de la nappe phréatique	91
Carte 20	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du potassium de la nappe albienne	92
Carte 21	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du potassium de la nappe phréatique	92
Carte 22	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du sodium de la nappe albienne	94

Carte 23	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du sodium de la nappe phréatique	94
Carte 24	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du chlorure de la nappe albienne	96
Carte 25	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du chlorure de la nappe phréatique	96
Carte 26	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du sulfate de la nappe albienne	98
Carte 27	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du sulfate de la nappe phréatique	98
Carte 28	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du TAC sulfate de la nappe albienne	99
Carte 29	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du TAC de la nappe phréatique	100
Carte 30	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du TH de la nappe albienne	101
Carte 31	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du TH de la nappe phréatique	102
Carte 32	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du résidu sec de la nappe albienne	103
Carte 33	Carte hydro-chimique de la variation spatiale du résidu sec de la nappe phréatique	104

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource renouvelable car elle participe à un cycle. L'évaporation par l'énergie solaire, Les précipitations et l'écoulement en surface et sous terre constituent les étapes de cycle. La problématique de l'eau est due aux quantités et qualité, c'est-à-dire de ressource et de pollution.

Les ressources en eaux de surface et souterraines 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.

En Algérie, et plus particulièrement au Sahara, la principale source de satisfaction de la demande en eau c'est l'eau souterraine, à cause de l'aridité du climat et l'exploitation relativement facile de cette ressource souterraine.

Le captage des nappes aquifères se fait par des puits simple ou avec galeries drainantes, à l'exutoire de sources, ou encore par réalisation de profonds forages dans le sous-sol.

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.

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. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolue, 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.

La ville de Zelfanase située à la zone septentrionale du Sahara Algérien, exactement dans l'Est de la Wilaya de Ghardaïa. Sa situation géographique et sa richesse en terme eau thermale lui confèrent une zone touristique par excellence et considérée comme l'une des plus importantes régions touristiques thermales en Algérie.

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

Ces points d'eau ont des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques divers et différents des unes aux autres.

Ces eaux sont de qualité peu connue, pour cela notre rôle est de spécifier la qualité physico-chimique par rapport aux normes ; afin de donner l'indice de potabilité pour les servitudes de ces points d'eau souterraines dans les domaines suscités.

Pour cela nous avons mis en place un protocole expérimental pour donner :

- ❖ Une appréciation des eaux souterraines en générale.
- ❖ Probable infection par des polluantes de surface.
- ❖ Comparaison entre les caractéristiques des eaux de la nappe phréatique (celle des puits) et la nappe albienne (celle des forages).

L'objectif de cette problématique est d'atteindre une synthèse sur la qualité des eaux souterraines destinée à diverses consommations.

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

- Chapitre 1: Etude bibliographique.
- Chapitre 2: Etude du milieu physique.
- Chapitre 3: Matériels et méthodes.
- Chapitre 4 : Résultats et discussion.

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



# ***CHAPITRE I***

## ***SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE***

## I.1. RESERVES D'EAU DE L'HYDROSPHERE

L'eau douce est un élément plutôt rare à la surface terrestre puisqu'elle ne représente que 3% du volume total de l'hydrosphère.

Les réserves d'eau douce les plus importantes se trouvent donc à l'état solide (environ 80%) et sont techniquement inexploitable. L'eau douce exploitable représente seulement 20% des réserves d'eau douce et 0.6 % du volume total de l'hydrosphère.

Les eaux destinées à la consommation humaine ont une double origine :

- Eaux souterraines pour 60% du volume produit. Elles proviennent de nappes souterraines plus ou moins profondes et sont captées par forage ou par des puits.
- Eaux de surface ou superficielles pour 40% du volume produit. Ces eaux qui se trouvent à la surface terrestre peuvent être des eaux courantes (rivières ou fleuves) ou des eaux stagnantes (lacs et retenues naturels ou artificiels). (Franck R, 2002).

**Tableau 01 : Réserves d'eau de l'hydrosphère**

Réservoirs	Volume ( $10^{15} \text{ m}^3$ )	% Total
Océans	1350	97
Glaciers	33	2.4
Eaux souterraines	8	0.6
Lacs	0.1	<0.01
Eau dans le sol	0.070	< 0.01
Eau dans l'atmosphère	0.013	< 0.001
Eau superficielles	0.0017	0.0001
Eau de la matière vivante	0.0011	0.0001
<b>Total</b>	<b>1391</b>	<b>100</b>

**Source : (Franck R, 2002)**

## I.2. CAPTAGE ET RESSOURCES

### HYDRIQUE

#### I.2.1. INTRODUCTION

L'eau destinée à être traitée puis distribuée dans les réseaux peut être prélevée, soit par captage de sources, soit par des puits ou des forages dans des nappes d'eaux souterraines (que sont

alimentée par l'infiltration directe des eaux de pluie ou par celle de l'eau de ruissellements ou d'accompagnement de rivières), soit par prise d'eau dans les rivières, dans les retenues, ou dans les lacs. (AHONON A, 2011).

Soit par exploitation des ressources souterraines non renouvelables comme le continentale intercalaire.

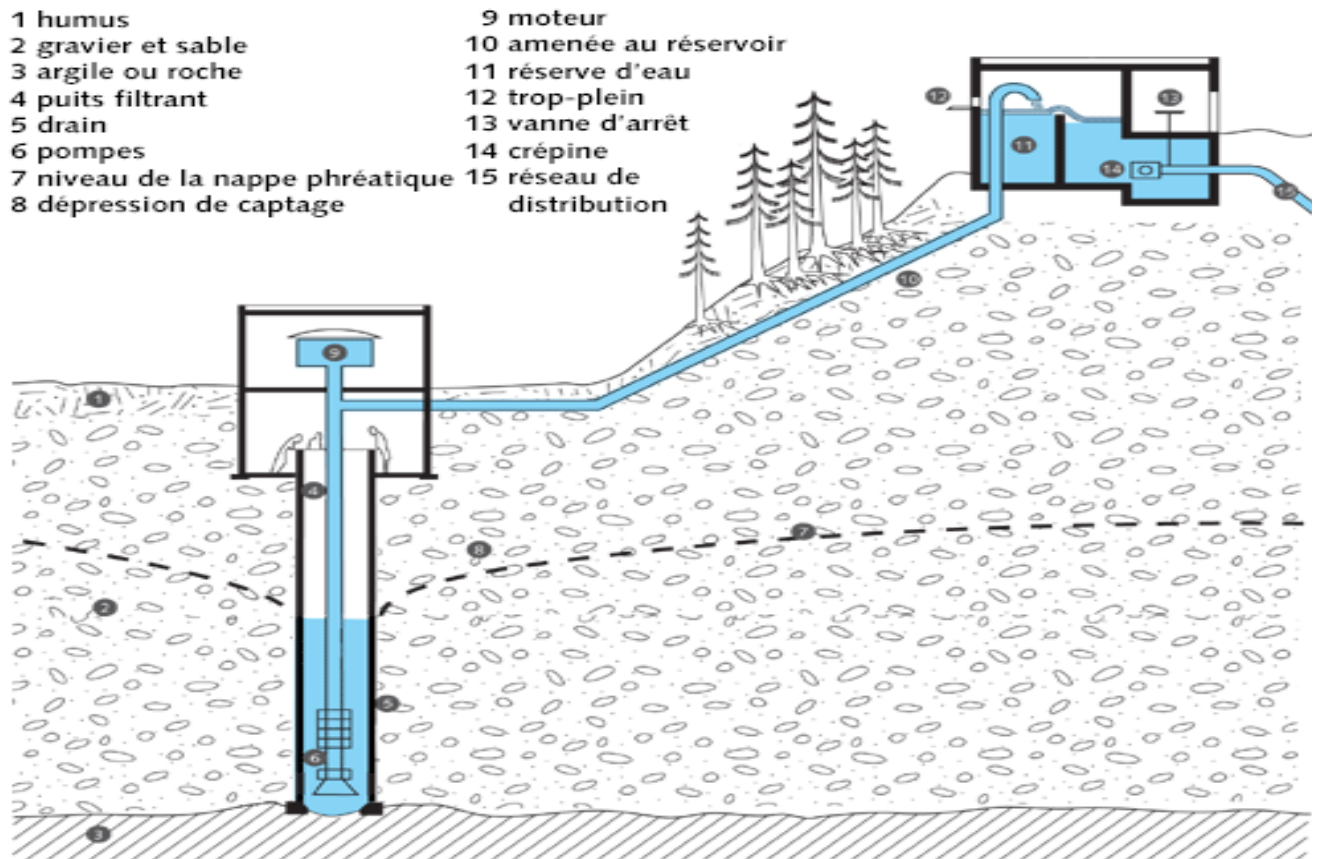
### **I.2.2.LES EAUX DE SURFACE**

Elles regroupent toutes les eaux provenant d'un mélange d'écoulements souterrains et des eaux de pluie qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol. Elles comprennent les eaux des grands cours d'eau, des étangs et des lacs, ainsi que des petits ruisseaux alimentés par des sources et qui recueillent les eaux de ruissellement des bassins versants. Les écoulements de surface constituent la cause essentielle de la turbidité et de la teneur en matières organiques, des débris d'origine végétale ou animale, ainsi que des micro-organismes pathogènes des eaux de surface. C'est ainsi que les eaux de surface font plus objets des pollutions physico-chimiques et microbiennes. (AHONON A, 2011).

### **I.2.3.LES EAUX SOUTERRAINES**

L'eau souterraine provient essentiellement de l'infiltration de l'eau de pluie, qui atteint les nappes aquifères en traversant les couches souterraines. La porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre. Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue. Elle peut être captive. Elle est alors séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle est généralement plus profonde. Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales: ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. La qualité de ses eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière. La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau souterraine. Ces eaux présentent une faible turbidité, une température et une composition chimique constante.

Parfois, on a captée les eaux circulent des grandes profondeurs. Les procédés de captage varient selon la configuration du site. On évalue les quantités d'eau on présence à l'aide de forage permettant d'attribuer les débits équivalents à ce recuisent par le projet d'alimentation en eau potable. (AHONON A, 2011).



**Figure 01** : captage des eaux sous terraine. (Igor B, 2004).

### **I.3.RESSOURCES EN EAU DU SAHARA ALGERIEN**

Le bassin du Sahara septentrional est réputé par son immense aquifère considéré parmi les plus grands réservoirs aquifères du monde.

L'état de l'art actuel montre que le système aquifère du Sahara septentrional, nommé SASS, est un énorme réservoir à structure multicouches. Spatialement, ces limites hydrogéologiques s'étendent sur une très vaste surface de 1100.000 de km<sup>2</sup> (SASS, 2003) située simultanément, en l'Algérie de 60%, en Lybie de 30%, et un peu moins en Tunisie de 10%. Ces limites forment une ceinture continue de la frontière marocaine au Nord-Ouest du bassin, jusqu'à la ville de Hun en extrême Sud-Est de la Lybie.

Hydrographiquement, la dorsale du M'Zab divise le domaine du SASS en deux bassins ; le bassin occidental de 280.000 km<sup>2</sup> drainé vers le Sud, et le bassin oriental de 500.000 km<sup>2</sup> drainé vers le Nord-Est.(ACHOUR M, 2014).

Le domaine du système aquifère du Sahara septentrional SASS s'étale, du Nord au Sud ; de l'Atlas saharien jusqu'aux plateaux de Tidikelt et Tinrhert, et d'Ouest en Est ; depuis la vallée Guir-Saoura en Algérie jusqu'au Graben de Hun en Lybie. Les études démontrent que ce système aquifère est composé de deux principaux réservoirs aquifères ; le complexe terminal au-dessus à

nappe de sub-surface, et au-dessous, le continental intercalaire le plus étendu à nappe profonde captive. (ACHOUR M, 2014).

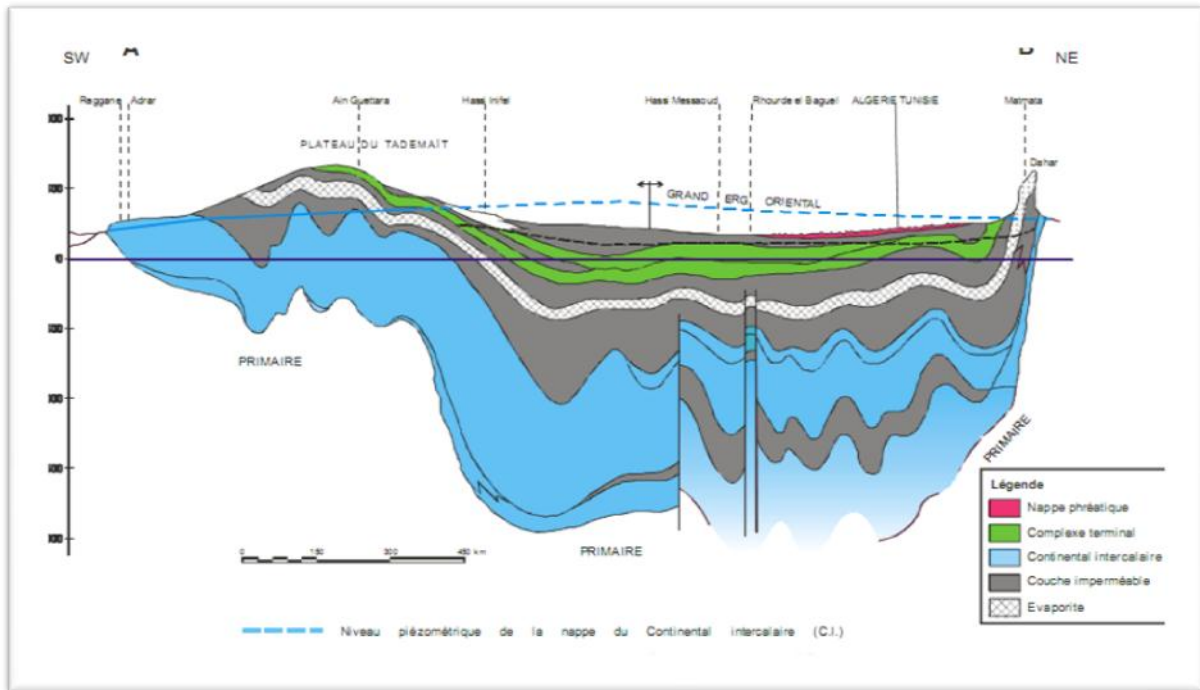
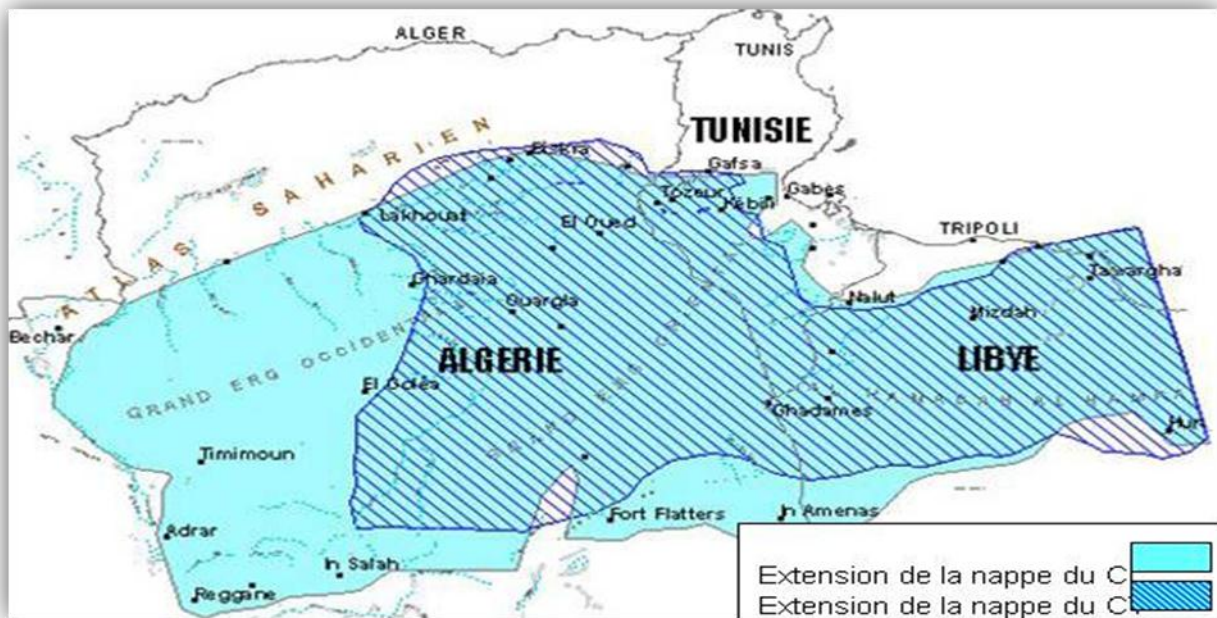


Figure 02 : Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale



(MILOUDI A, 2008).

Figure 03: limites du domaine SASS (ACHOUR M, 2014).

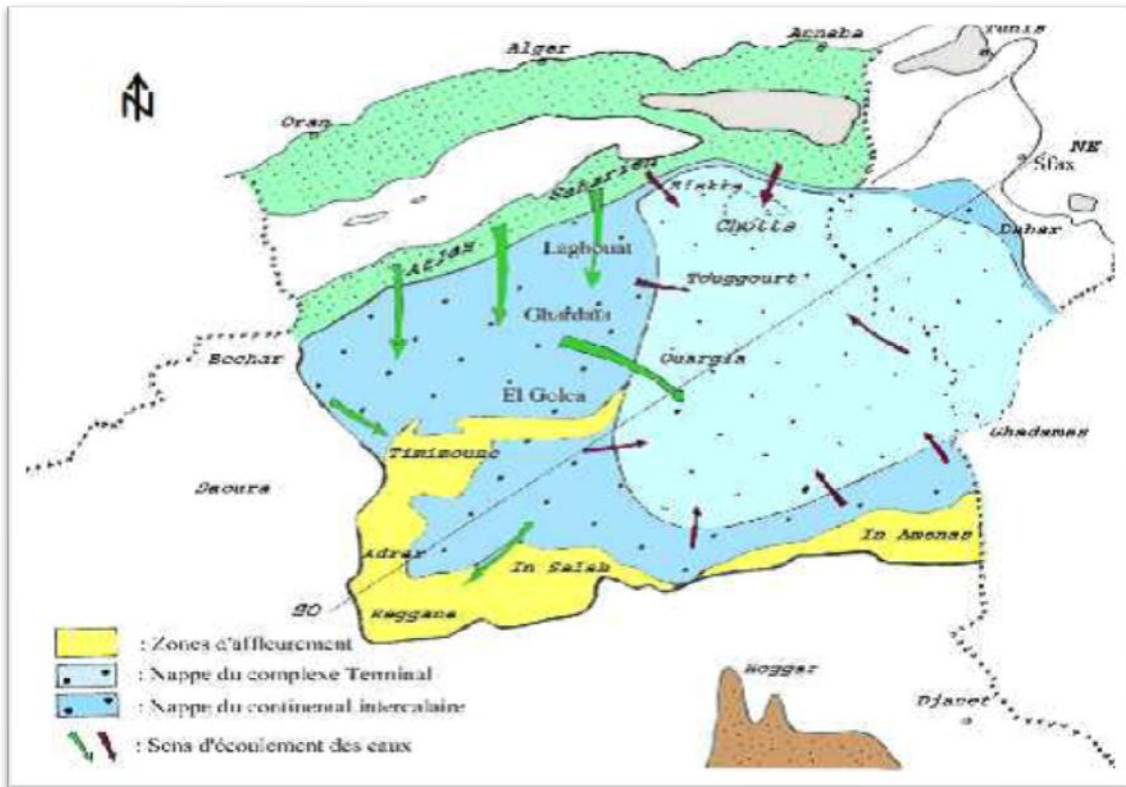


Figure 04 : Carte hydrogéologique du système aquifère CI et CT (Unesco, 1972).



UNITE stratigraphique	LOG Stratigr	Description Stratigraphique	Unite Litho Stratigraphique	Unite Hydrogeologique	
Quaternaire		Alluvions	Continental	Nappe Phreatique	Complexe terminal <i>lato sensu</i>
Mio-Pliocene		poudingues calc. gypseux sable, argile	Terminal	Nappe De Sable	
Eocene Moy.		argile, gypse calc. dolomitique	Eocene Argilo- Evaporitique	Nappe de l'Eocene moyen Semi-impermeable	
Eocene Inf.		Calc. blancs à silex.	Eocene Carbonaté	Nappe Calcaire	
Senonien Sup.		Calc. dolomitique	Senonien Carbonaté		
Senonien Inf.		Alternance de calcaires et de marnes	Senonien Lagunaire	Impermeable	
TURONIEN		calc. dolomitique calc.	Turonien Carbonaté	Nappe Calcaire Du Turonien	
CENOMANIEN		Marno - Calc. Marnes Gypse	Cenomanien Argilo - Evaporitique	Impermeable	
ALBIEN		Argiles Gres	Albien Argilo Gresoux	NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE	
APTIEN		calc. marnes argiles, gres.	Aptien lagunaire gresoux		
BARREMIEN		Gres	Barremien Gresoux		

Figure 05 : Log synthétique des principales unités géologiques et hydrogéologiques du bassin du SASS. (ACHOUR M, 2014).

### I.3.1. LA NAPPE DU COMPLEXE TERMINAL (CT)

Le complexe terminal couvre une superficie de 665.000 km<sup>2</sup>, il regroupe plusieurs aquifères à formation géologiques différentes, d'âge Turonien, Sénonien, Eocène et Mio-pliocène. Interconnectés entre eux, l'ensemble forme un même système hydraulique. Ces limites d'affleurement sont ;

- au Nord, dans le sillon des chotts algéro-tunisiens.
- à l'Est, le long du flanc oriental du Dahar et du J. Nafusa en Tunisie,
- au Sud, sur les plateaux de Tinrhert et de Tademaït,
- à l'Ouest, sur la dorsale du M'zab (calcaires du Turonien), considérée comme une zone d'alimentation du CT.

Etant la limite de la nappe du CT est située plus à l'Est de la région du M'zab, cette dernière n'est pas captée avec succès dans la région de Ghardaïa. De ce fait, nous n'abordons en détail que la nappe du CI. (ACHOUR M, 2014).

### I.3.1.1. ALIMENTATION - ECOULEMENT

Pour la nappe du Complexe Terminal, le remplissage le plus important du réservoir s'est fait essentiellement pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire. Actuellement la recharge de la nappe se continue à travers des quantités d'eaux non négligeables :

-Soit par infiltration du ruissellement des Oueds descendant des massifs montagneux. Ces derniers traversent les formations perméables affleurantes, notamment au pied de l'atlas saharien, du M'zab et du Dahar.

-Soit par infiltrations des pluies exceptionnelles dans les sables du grand Erg oriental reposant en partie sur des horizons perméables du Complexe Terminal. (OUALI S, 2005).

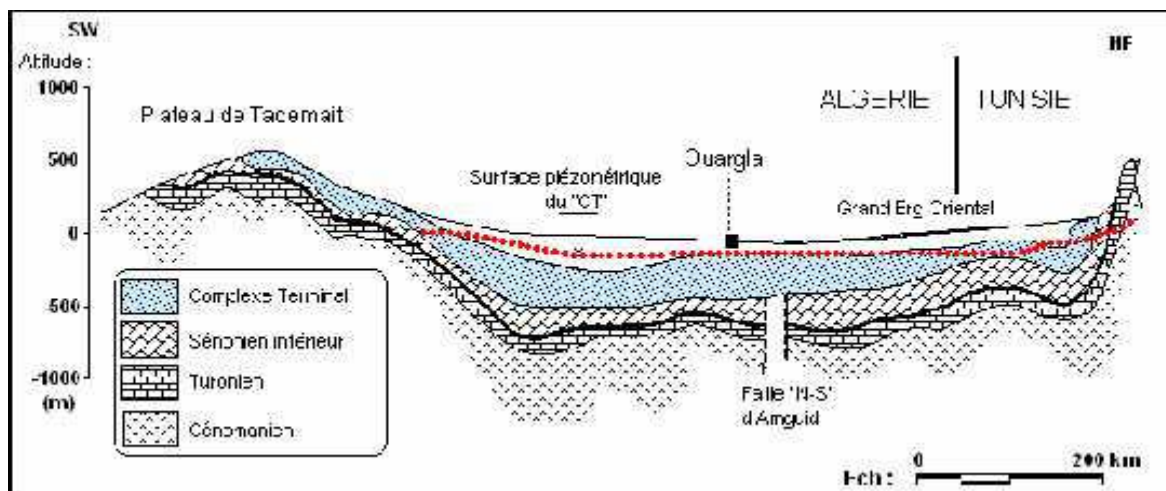
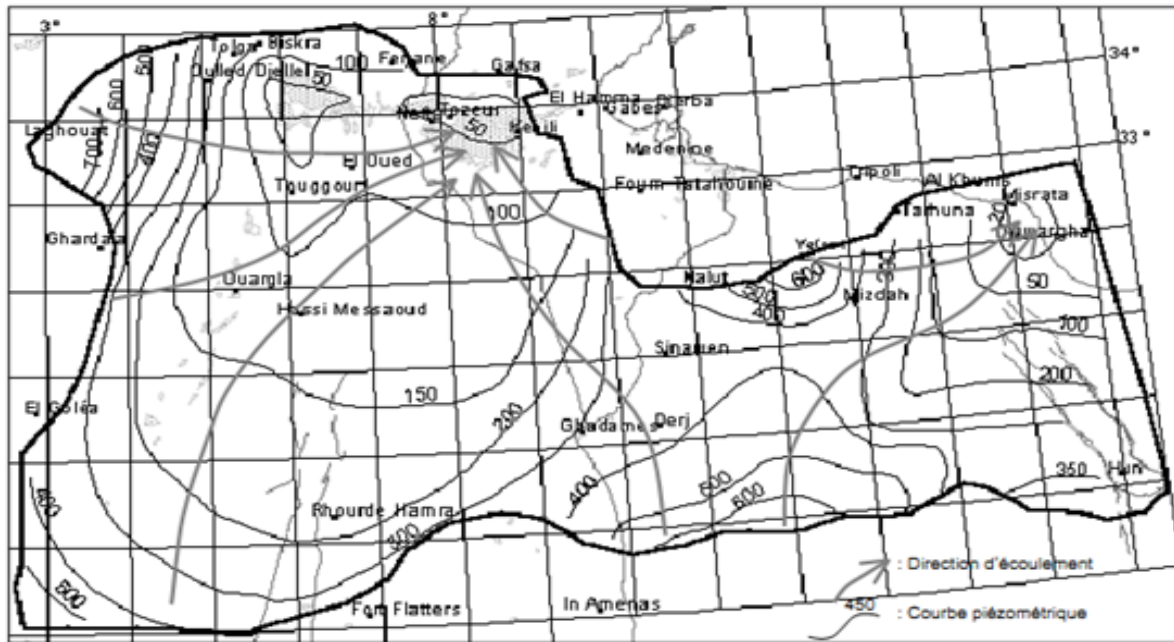


Figure 06 : Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (Unesco, 1972).





**Figure 07 : Piézométrie de la nappe du CT. (ACHOUR M, 2014).**

### **I.3.2.LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE (CI)**

Le continental intercalaire est définie comme l'aquifère le plus étendu du bassin, ses extensions déterminent également les limites qui ont été attribuées au domaine du SASS. Majoritairement, il comprend toutes les formations sablo-gréseuses et argilo-sableuses du Crétacé inférieur. Les épaisses séries argilo-évaporitiques du Cénomaniens constituent un toit imperméable de l'aquifère.(ACHOUR M, 2014).

#### **I.3.2.1.LIMITES ET STRUCTURE DU CI**

La dorsale du M'zab, orientée approximativement Nord-Sud, divise le domaine du CI en deux sous-bassins hydrogéologiques: le bassin oriental et le bassin occidental. L'ensemble couvre une surface de 1100.000 de km<sup>2</sup>, et une épaisseur moyenne de 358mètres (Ould Baba Sy, 2005). La partie Sud du réservoir du CI est largement affectée par les accidents Nord-Sud d'Amguid El Biod qui se prolonge du socle primaire d'El Hoggar.

#### **I.3.2.2.PIEZOMETRIE ET ALIMENTATION DU CI**

L'examen de la carte piézométrique de la nappe du CI, établie par l'OSS (2003), révèle que les écoulements des eaux de la nappe en prévenance de l'Atlas saharien, se trouvaient scinder au niveau l'axe de la dorsale du M'Zab, en deux directions privilégiées ; un écoulement vers le Sud et le Sud-Ouest, régions de Tidikelt, Touat et Adrar. L'autre direction vers le Nord-Est, vers la zone des chotts et vers la nappe de la zone côtière de la Tunisie.

Malgré sa situation en zone aride, on admet que le CI est directement alimenté par l'infiltration des eaux de ruissellement sur les zones périphériques d'affleurement, dans les piedmonts de l'Atlas saharien et les rebords Sud des plateaux de Tidikelt et Tinihert. L'alimentation du CI s'effectue aussi indirectement dans le grand erg occidental, à travers les dunes de sables.

### **I.3.3.STRUCTURE DU CI DANS LA REGION DU M'ZAB**

Le Continental intercalaire dans la région du M'zab est composé de sables fins et de grès jaunâtres à gris à intercalations d'argiles. Cette masse grés-sableuse est aquifère, dont l'Albien est l'étage qui est capté et exploité avec succès par plusieurs forages dans tout le territoire de la wilaya de Ghardaïa. La profondeur du toit de l'aquifère varie selon la région, il est entre 80 et 150 mètres au sud de la wilaya dans la région d'El Meniaa, par contre à l'Est le toit n'est atteint qu'à partir de la profondeur de 650 à 700 mètres (région de Zelfana et Guerrara).

Dans la vallée du M'zab le toit de l'aquifère albien est atteint à la cote de 290 à 300 mètres. L'ensemble des forages exploitants l'aquifère dans la vallée ont une profondeur moyenne de 500 mètres.

L'hydrodynamisme de la nappe varie selon l'altitude de la zone d'une part et l'épaisseur des formations sus-jacentes formant le toit de cette dernière d'autre part. La nappe est artésienne jaillissante admettant des pressions en tête des ouvrages de captage variant entre 0,5 à 4 bars dans les régions Sud et Est du territoire de la wilaya. Par contre à l'Ouest et au nord la nappe est exploitée par pompage.

### **I.3.4.NAPPE SUPERFICIELLE (PHREATIQUE)**

Les nappes phréatiques sont partout présentes au Sahara et se situent généralement dans les zones de dépressions ou les vallées. Elles sont alimentées par les pluies, les crues, les eaux de drainage et aussi très souvent par les remontées naturelles (sources) en provenance des aquifères plus profonds ou encore par les fuites dans les ouvrages exploitants ces derniers.

Ces ressources superficielles sont importantes dans tout le Sahara, elles permettent d'irriguer les petites palmeraies, les jardins légumiers et d'abreuver les troupeaux et leurs propriétaires.

Le recours aux eaux souterraines plus profondes par la multiplication des forages d'exploitation captant les aquifères du CI et du CT destinés aux besoins d'irrigation et d'alimentation en eau potable a accéléré la remontée des niveaux hydrostatiques des nappes phréatiques. (HAMMOU A, 2014).

L'accroissement démographique et le développement agricole et industriel ont engendré une très forte demande en eau, nécessitant une grande mobilisation de cette ressource. A cet effet, les eaux souterraines dans les zones arides représentent les principales ressources en eau exploitables.

En raison de leur rareté ainsi que la multiplication des sources de pollution (eaux usées et industrielles, décharges brutes, engrais chimiques ...etc.), ces ressources nécessitent un certain degré de protection.

Au préalable, la protection de ces eaux souterraines peut être caractérisée par un certain degré de leur vulnérabilité à la pollution. Une nappe phréatique proche du sol est très vulnérable à la pollution provenant du sol, par contre une nappe captive, naturellement protégée par une formation imperméable n'est donc pas vulnérable à la pollution de surface.(ACHOUR M, 2014).

## **I.4.LES SYSTEMES DE CAPTAGE DES EAUX DANS LA WILAYA DE GHARDAÏA**

### **I.4.1.INTRODUCTION**

L'eau souterraine est préférée parce qu'elle permet l'extension spatiale des exploitations agricoles et parce que les ouvrages de captage occupent des espaces réduits.

L'exploitation des eaux souterraines n'a lieu que pour combler le déficit en eau de surface et pour garantir la stabilité d'approvisionnement ; ainsi la notion de l'utilisation de l'eau peut être plus significative si on intègre les eaux de surface puisqu'elles sont intimement liées, et on parle de l'utilisation conjuguée qui est définie comme étant la coordination de l'utilisation des deux ressources, dans le temps et dans l'espace, pour suppléer les précipitations qui sont aléatoires et irrégulières.

### **I.4.2.LES SYSTEMES DE CAPTAGE DES EAUX DE SURFACE**

Par la réalisation d'une toile d'ouvrages de grandes, moyennes et petites dimensions ; tels les ouvrages de détournement des cours des Oueds, les canaux de collecte d'eau ou les simples murets de chaux construits le long des flancs de collines afin de récupérer la moindre goutte d'eau.

### **I.4.3.LES SYSTEMES DE CAPTAGE DES EAUX SOUTERRAINES**

Par le forage de puits allant au-delà des 50 m de profondeur et la réalisation à ce niveau de galeries de captage de source et de stockage.

Selon la monographie de la wilaya, les systèmes hydrauliques sont les suivants :

- ✓ Les systèmes de captage des eaux souterraines par le forage de puits dépassant 50 m de profondeurs, et la réalisation de galeries de captage de source et de stockage.
- ✓ Les systèmes stockages des eaux des crues par la réalisation des digues de retenues au niveau des palmeraies, et de petits réservoirs dans chaque jardin.

Le système de distribution qui obéit à une application très stricte des normes de distribution des eaux d'une manière équilibrée. (CHEBIHI L, 2011).

## **I.5.GENERALITE SUR L'EAU POTABLE**

### **I.5.1.INTRODUCTION**

Une eau potable est une eau qui ne doit pas porter atteinte à la santé, et être agréable à boire. On utilise le terme "eau destinée à la consommation humaine".

Il s'agit des eaux :

- destinées aux usages domestiques :

Boisson, cuisson, préparation d'aliments, ou à d'autres usages,

- utilisées pour la fabrication d'aliments,
- utilisées pour la glace alimentaire

### **I.5.2.QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION**

Pour être potable, une eau ne doit pas contenir des germes de maladies à transport hydrique, de substances toxiques, ni des quantités excessives de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs être limpide, incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréable. Les qualités requises sont d'ordre bactériologique et physico-chimique. (AHONON A, 2011).

### **I.5.3.POTABILITES DES EAUX**

Une eau potable doit présenter un certain nombre de rependre, à certains critères essentiels (incolair, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle

La potabilité et de la qualité chimique des eaux en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a fixé des normes de concentration en éléments chimiques. (KHADRAOUI et TALEB 2008).

### **I.5.4.LES LIMITES DE QUALITE**

Ce sont des paramètres dont la présence dans l'eau induit des risques immédiats à plus ou moins long terme pour la santé.

#### **I.5.4.1.LES PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES**

L'eau est un milieu vivant dans lequel on peut rencontrer de tout petits organismes vivants, invisibles à l'œil nu (inférieur à 1micron): bactéries, virus,...

Parmi ces organismes, certaines espèces sont totalement inoffensives et d'autres peuvent être responsables de maladies graves : choléra, typhoïde...

Pour garantir la qualité bactériologique, on recherche dans l'eau des germes indicateurs dont la présence peut être le signe d'une contamination d'origine fécale, et donc de l'existence possible d'éléments susceptibles de provoquer une maladie.

Ces paramètres indicateurs sont au nombre de 2 (*Escherichia coli* et entérocoques).

#### I.5.4.2.LES PARAMETRES PHYSIQUO-CHIMIQUE

On y trouve, des substances indésirables (nitrates, nitrites,..), des sous-produits du traitement de l'eau des substances toxiques (arsenic, plomb, cuivre, cyanure, mercure,...) et les pesticides. L'organisation mondiale de la santé (l'OMS) donne des valeurs guides pour les paramètres trouvés dans l'eau, elles sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 02** :Les normes OMS de l'eau potable

<b>Paramètresphysicochimiques</b>	<b>Unité</b>	<b>Normes OMS</b>
<b>Température</b>	°C	/
<b>pH</b>	-	6,5-8,5
<b>Turbidité(NTU)</b>	NTU	5
<b>Oxygène dissous</b>	mg/L	5
<b>Conductivité</b>	µS/cm	2500
<b>TAC</b>	mg/L	250
<b>TH</b>	mg/L	500
<b>Résidus secs</b>	mg/laprès séchage	1500
<b>Sodium</b>	mg/L	200
<b>Magnésium</b>	mg/L	150
<b>Calcium</b>	mg/L	200
<b>Potassium</b>	mg/L	20
<b>Sulfates</b>	mg/L	400
<b>Chlorures</b>	mg/L	250
<b>Fer</b>	mg/L	0.3
<b>Nitrates</b>	mg/L	44

<b>Nitrites</b>	mg/L	3
<b>Ammonium</b>	mg/L	0,5
<b>Phosphate</b>	mg/L	0.5
<b>coliforme/100ml</b>	0	0
<b>Streptocoques fécaux/100ml</b>	0	0
<b>E,coli/100ml</b>	0	0

**Source : (Rodier, 1984)**

## **I.5.5.POLLUTION DES EAUX**

### **I.5.5.1.DEFINITION**

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines.

L'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, de gêner toute autre utilisation normale des eaux.

Les eaux superficielles ou souterraines, les cours d'eau, lacs, étangs, les eaux littorales ainsi que l'ensemble des milieux aquatiques font l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution.

Tout pollution est une altération d'une ou plusieurs caractéristiques physico chimique ou biologique d'une eau, en peut aussi dit que la pollution des eaux est un problème mondial dont les aspects et la portée sont évidemment différents selon le niveau de développement des nations. **(BELKHOUDJA et LAHCENE, 2006).**

### **I.5.5.2.LES CONSEQUENCES DE POLLUTION D'EAU**

Les eaux de la nappe phréatique sont plus affectées par diverses causes de pollution celles-ci sont soit d'origine domestique et/ou urbaine ou encore industrielle (microorganismes pathogènes,

hydrocarbures, solvants organochlorés, etc.), soit d'origine agricole le rôle des engrais chimiques est aujourd'hui bien identifié dans le cas de la contamination des nappes aquifères par les nitrates. Par ailleurs, une augmentation générale de la teneur en sulfates et en chlorure des eaux souterraines s'observe également depuis quelques années dans les pays industrialisés. (DAJOZR, 2008).

## I.6.LA GEOTHERMIE

### I.6.1.INTRODUCTION

La géothermie s'intéresse à l'exploitation des sources d'eau chaude en profondeur. Elle constitue l'une des principales ressources d'énergie renouvelable dans le monde. Il existe à travers le monde deux types principaux de géothermie.

- la géothermie haute énergie : elle concerne les gisements des zones continentales actives qui se caractérisent par des températures supérieures à 150 °C. Elle est destinée principalement à la production d'électricité.

- la géothermie basse énergie : elle concerne les gisements des zones des plates-formes continentales stables, recouvertes de terrains sédimentaires caractérisées par une température comprise entre 30 °C et 150 °C. Elle est destinée principalement au chauffage urbain et au chauffage de serres. Le Sud algérien est un vaste territoire dont le potentiel géothermique est contenu dans les bassins sédimentaires des zones continentales stables. Les ressources géothermiques sont principalement de basse énergie. (OUALI, S et all, 2006).

La géothermie s'intéresse à l'étude des phénomènes thermiques de la terre qui sont liés à la formation et à la composition du globe.

La terre est chaude. La chaleur terrestre qui se propage à travers la croûte continentale (appelé flux de chaleur) n'est pas homogène ; le flux de la chaleur varie donc d'un endroit à un autre.

En présence d'un flux de chaleur élevé les eaux souterraines se réchauffent et se transforment en eau thermale. Les eaux deviennent chaudes et remontent en surface sous différentes formes. Ces formes peuvent être :

- ✓ **Geysers** : dans les pays volcaniques, L'eau bouillante jaillit à la surface sous forme de jets atteignant jusqu'à 50 m de haut.(exemple : les geysers d'Islande.)
- ✓ **Fumerolles** : Ce sont des fentes à partir desquelles des gaz volcaniques, la plupart du temps vapeur d'eau, s'échappent vers l'atmosphère (exemple : Fumerolles en Italie à Larderello).
- ✓ **Sources thermales** : Ce sont des émanations d'eau, de vapeur d'eau et d'anhydride carbonique à température élevée. Elles doivent leur origine à des émanations de vapeur d'eau provenant de zones profondes qui lorsqu'elles atteignent les couches superficielles, se refroidissent

et se condensent, donnant naissance à des eaux de températures très élevées. (exemple : Les sources thermales du Nord l'Algérie).

### **I.6.2.ORIGINE DE LA CHALEUR TERRESTRE**

Une partie de la chaleur au niveau de la croûte terrestre provient de l'intérieur de la terre. Une forte quantité de chaleur est stockée dans le noyau et le manteau du globe. Une infime partie uniquement de cette chaleur est dissipée vers la surface, surtout dans les régions volcaniques et sismiques. Par contre, la plus grande partie de la chaleur dans la croûte provient de la radioactivité de certaines roches qui la compose.

La désintégration des éléments radioactifs représente à elle seule plus de 90 % du flux de chaleur terrestre, les 10 % du flux de chaleur restant semble être dû à:

- ✓ la chaleur dégagée par réaction chimique exothermique à l'intérieur de la croûte.
- ✓ la friction au niveau des failles qui sont causées par les tensions tectoniques.
- ✓ la chaleur dégagée par cristallisation ou solidification des roches en fusion au cours du refroidissement. **(OUALI, S et all, 2006).**



# ***CHAPITRE II***

## ***ETUDE DU MILIEU PHYSIQUE***

## II.1.PRESENTATION GENERALE DE LA WILAYA DE GHARDAIA

### II.1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La Wilaya deGHARDAIA, se situe au centre de la frange nord du Sahara, à 600 Kms au sud d'Alger ; s'étend sur une superficie de 84,660 km<sup>2</sup>, issue du découpage administratif du territoire de 1984, la Wilaya Ghardaïa dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat, et composée des anciennes daïras de Ghardaïa, Metlili et El-Menia.



**Figure 08** : Situation nationale de Ghardaïa. Source (Google earth)

### II.1.2. ASTRONOMIQUE

GHARDAIA se situe entre 32° 30 ' et 33°2' de latitude nord et à 2°3' à 3°45' de longitude.

### II.1.3. SITUATION ADMINISTRATIVE

La Wilaya de Ghardaïa, située au centre de la partie Nord du Sahara, est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200km).
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300km).
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 km).
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1470 km).
- Au sud-ouest par la Wilaya d'Adrar (600km).
- A l'Ouest par la Wilaya d'El Bayadh (550km).

**Tableau03** : les daïras de la wilaya de Ghardaïa, les communes, et leur superficie

Daïras	Communes	Superficies (Km <sup>2</sup> )
GHARDAIA	Ghardaïa	306
El-Menia	El-Menia	23.921
	Hassi-El-Gara	27.699
DAYA	Daya	2.235
BERRIANE	Berriane	2.610
METLILI	Metlili	5.010
	Sebseb	4.367
GUERRARA	Guerrara	3.382
ZELFANA	Zelfana	1.946
BOUNOURA	Bounoura	779
	El-Atteuf	717
MANSOURA	Mansoura	4.813
	HassiElfhal	6.875
Total		84660,12

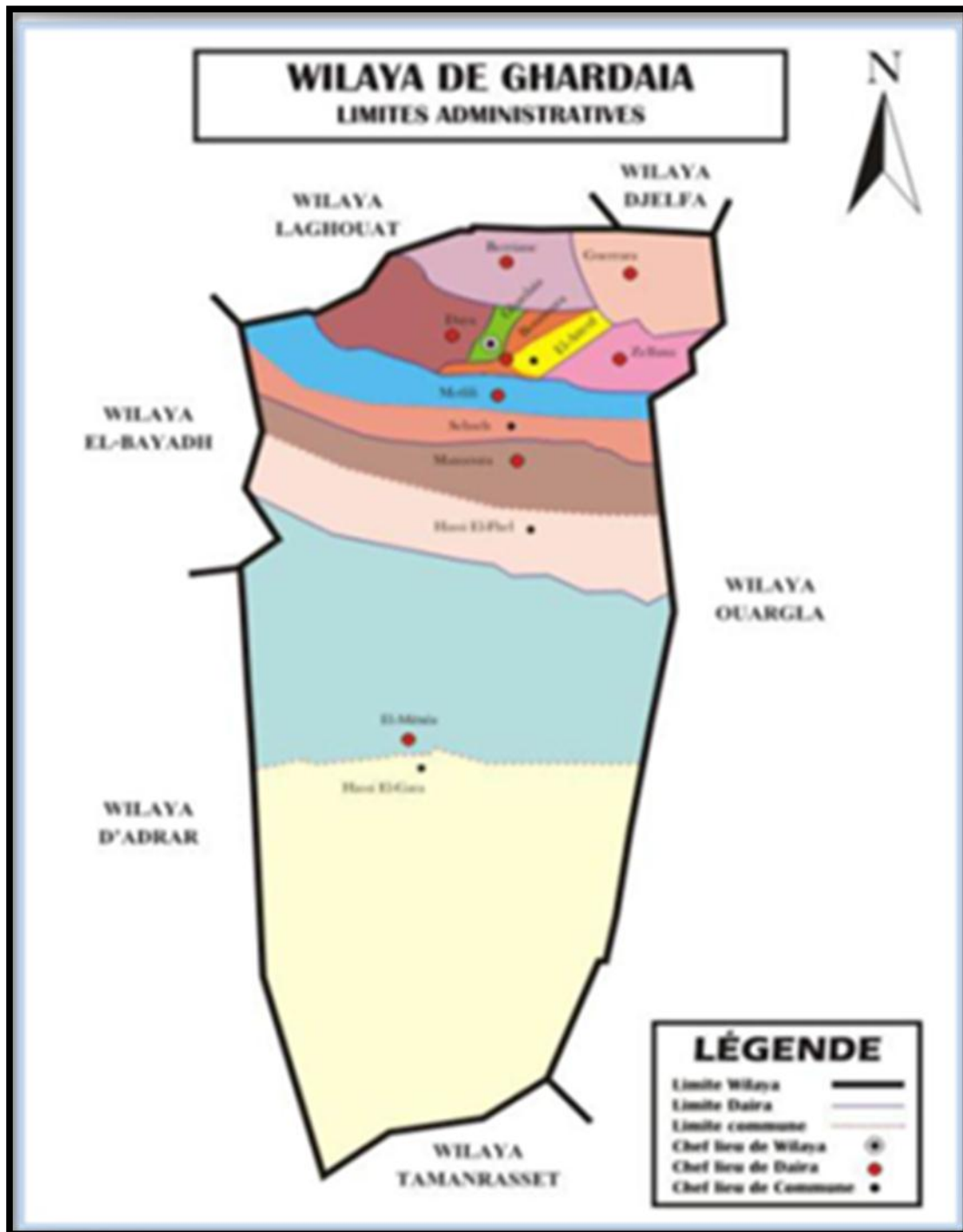


Figure 09 : les limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (DPSB, 2014)

## II.2. PRESENTATION DU CENTRE D'ETUDE (ZELFANA)

### II.2.1. INTRODUCTION

La région de Zelfana c'est une région touristique grâce à ces stations thermales existantes, cette région peut s'enorgueillir d'être considérée comme un espace de convivialité pour les populations de la wilaya de Ghardaïa et les régions avoisinantes. Chaque week-end et jours fériés, des milliers de personnes, pour la plupart de personnes âgées, convoitent les bassins thermaux de Zelfana pour se détendre et se ressourcer au contact d'une eau limpide aux propriétés spécifiques susceptibles d'assurer une mise en forme de l'individu.

### II.2.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

La ville de Zelfana est située au Sud-est de la ville de Ghardaïa à 65 km du chef-lieu de la Wilaya.

Elle s'étend sur une superficie de 2220 km<sup>2</sup>, mais d'après le cadastre des communes il faut noter que la surface de la commune dans l'ancien PDAU est de 2400km<sup>2</sup>.

La ville de Zelfana est à 43 Km seulement de l'Aéroport International **Moufdi Zakaria**. Cette petite localité est composée de quatre grands quartiers : Zelfana centre, Gouifla, Zelfana Oued et HassiNour.

Elle est limitée :

- Au nord par la commune de Guerrara.
- Au sud par la commune de MétliliChaanba.
- A l'est par la wilaya d'Ouargla.
- A l'ouest par la commune d'El Atteuf.

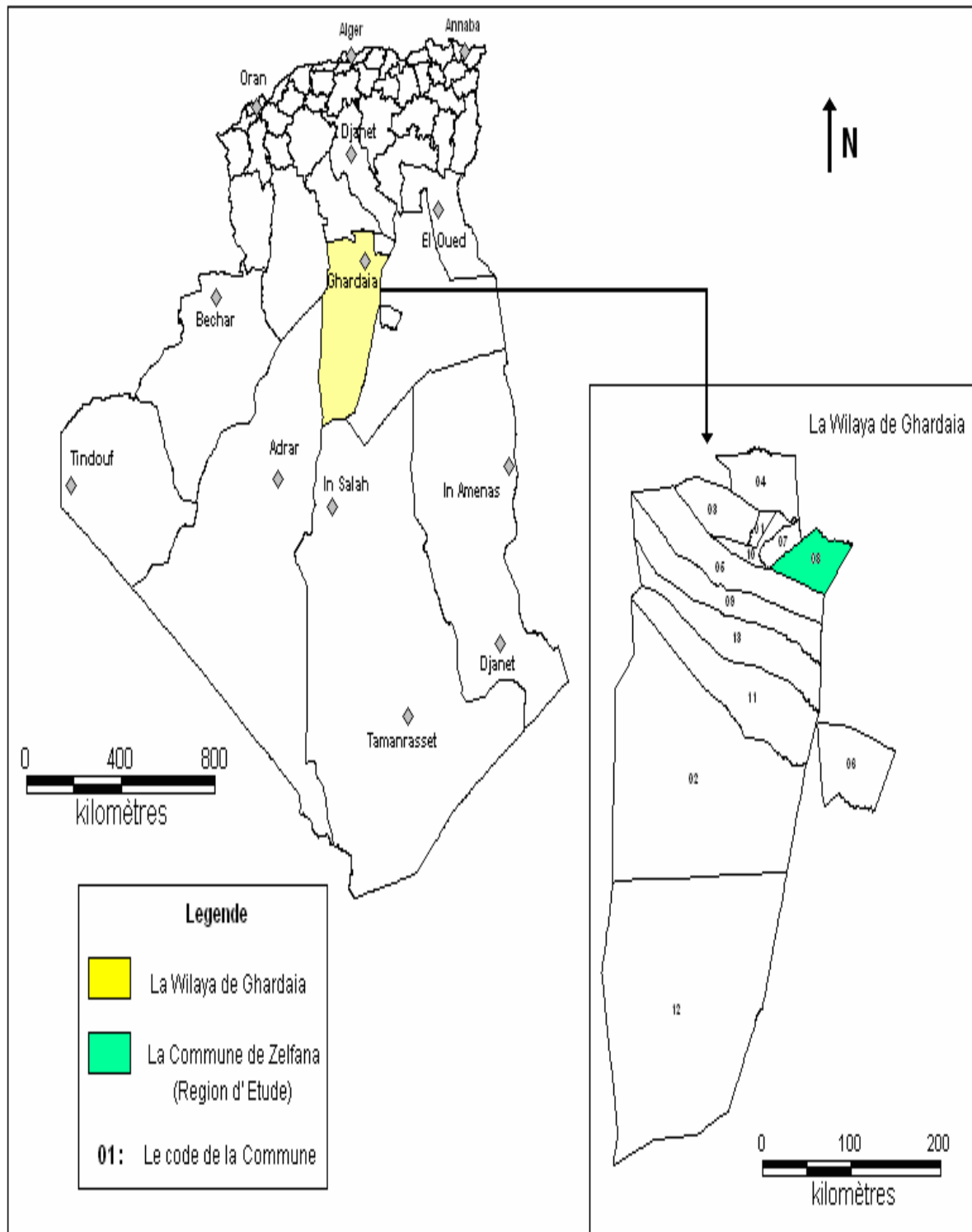
D'après Google Earth Ses Coordonnées :

Latitudes : 32°25'45 Nord.

Longitude : 4°13'35 Est.

Altitude : 357m.

## SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE



**Figure 10** : Situation géographique de la région d'étude. (DPSB, 2014)



**Figure 11 : Photo satellite de la ville de Zelfana « GOOGLE EARTH »**

### II.2.3. TOPOGRAPHIE

La totalité des terrains de l'agglomération sont relativement plat "pente 4% vers la direction sud-ouest ; l'altitude moyenne est d'environ 360m.

### II.2.4. GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE

La région de Zelfana fait partie du grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional, dont les terrains en présence sont tabulaires légèrement inclinés vers le Nord-Est (centre du bassin).

La stratigraphie des terrains recouvrant l'Albien dans la zone de Zelfana, est assez simple. Les coupures stratigraphiques sont basées essentiellement sur le caractère lithologique vue la rareté des fossiles.



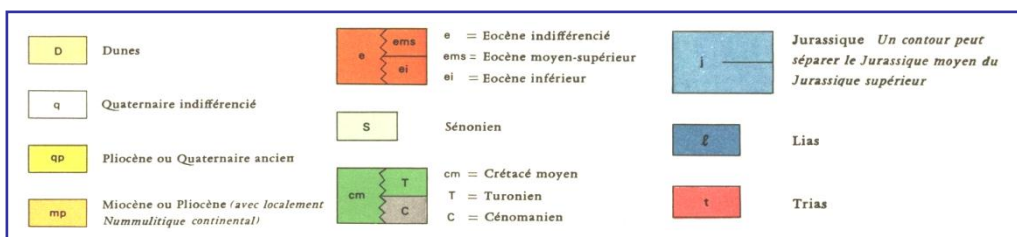
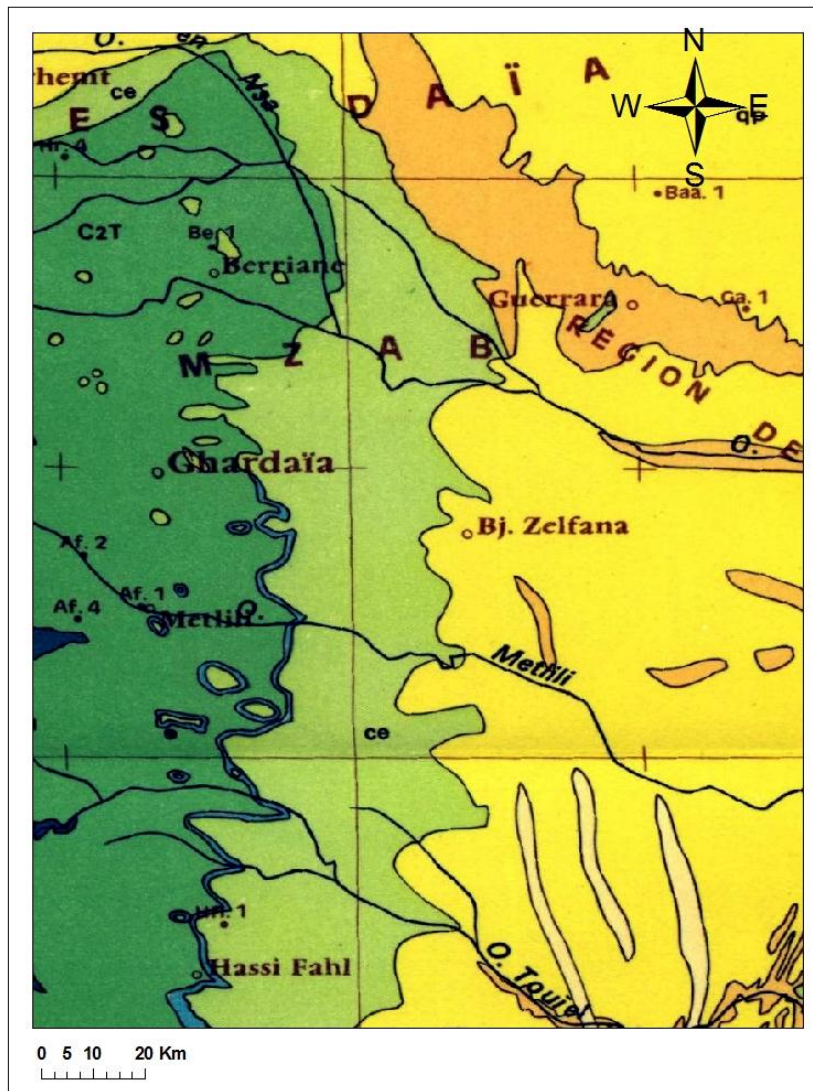


Figure 12 : Carte géologique de la région de Zelfana. (ACHOUR M, 2012).



Sur une profondeur de 1000 mètres, de haut en bas on distingue (fig12):

**1) Mio-pliocène**

Dépôt continental détritique constitué de sables moyens à grossiers rouges argileux, ils recouvrent presque toute la région de Zelfana ; notamment à l'Est où il est relativement épais de 65 mètres d'épaisseur.

A l'Ouest de Zelfana les sables mio-pliocènes sont absents.

**2) Eocène**

Dépôt carbonaté de 13 mètres d'épaisseur, formé d'une alternance de calcaire et d'argile carbonatée.

**3) Sénonien carbonaté**

Dépôt carbonaté de 25 mètres d'épaisseur constitué d'une alternance de calcaire blanc fissuré et karstique, argile jaune et de dolomie

**4) Sénonien lagunaire**

Dépôt lagunaire de 75 mètres d'épaisseur, représenté par une alternance de marne bariolée, anhydrite et calcaire marneux jaune et rouge.

**5) Turonien**

Dépôt carbonaté de 120 mètres d'épaisseur, formé essentiellement de calcaire gris dolomitique massif.

**6) Cénomaniens et Vraconiens**

Dépôt argilo- lagunaire ; composé d'argile grise et noire à intercalation de gypse et d'anhydrite à la partie supérieure, et d'argile multicolore à la partie inférieure. L'épaisseur du Cénomaniens est de 335 mètres, par contre le Vraconiens son épaisseur est de 70 mètres.

**7) Albien (Continental intercalaire)**

Dépôt continental argilo-détritique d'une épaisseur qui peut atteindre plus 400 mètres, composé de sable et grès à passage d'argile multicolore sableuse. Il renferme une importante réserve d'eau souterraine.

### **II.2.5. SOL**

Au terme de l'étude géotechnique entreprise dans le cadre du POS de Zelfana on peut déduire ce qui suit :

- La zone de Zelfana est réputée pour avoir un sol fissurable dans le temps. L'urbanisation est sollicitée malgré cette nature particulière du sol.
- La région se présente en terrain découvert, quasi-aride à surface pratiquement plane.
- En surface, le sol est sablo-caillouteux chargé d'éléments gypso-calcaire. A première vue, les sites en question ne montrent aucun symptôme d'instabilité si ce n'est le point ci-dessous

Indiqué. Des sondages carottés descendus jusqu'à 9m par endroit n'ont décelé aucune nappe d'eau.

- Les analyses granulométriques confirment la dominance de la proportion sableuse
- Les analyses chimiques aux sulfates montrent que, le sol est très chargé en ions sulfatés, ce qui met en évidence l'agressivité du sol vis à vis des fondations.

### **II.2.6. HYDROLOGIE ET RESEAU HYDROGRAPHIQUE**

Dans le désert non seulement les précipitations sont rares et irrégulière mais l'évaporation est considérable et plus importants que le niveau précipitations.

La commune de Zelfana fait partie du bassin hydrographique du Sahara. Plus précisément à l'unité du Sahara septentrionale.

Les caractéristiques climatiques se répercutent directement sur l'hydrographie saharienne entraînant la rareté des eaux superficielles et l'importance des eaux souterraines.

Le climat dominant est ce de Sahara qui est caractérisé par des hivers courts et rigoureux et des étés longs et chauds.

La pluviométrie est généralement irrégulière, avec une moyenne annuelle de l'ordre de 141mm.

Ces précipitations passent par 4 périodes majeures, la première est caractérisée par une sécheresse.

La deuxième période est remarquée par une augmentation un peu remarquable toujours la troisième est la période la plus pluvieuse, la dernière période est caractérisée par une régularisation remarquable des précipitations.

Au cœur du Sahara on peut assister à des phénomènes inhabituels comme des inondations. Durant certaines années exceptionnelles, comme au début du siècle passé où en 1991 et en automne 1994 de violentes crues ont déferlé sur la vallée en causant de sérieux dégâts et aussi au dernier temps les crues d'Octobre 2008.

Etant donné que la région constitue l'extension naturelle de chebka, ce dernier est constitué par un réseau de vallées conforme à la topographie générale s'ordonne autour d'axes Nord - Ouest Sud - Est, grossièrement orthogonal aux lignes de relief qu'il traverse. Ces vallées qui constituent le bassin du M'Zab, se sont creusées à des époques où le réseau hydrographique était beaucoup plus actif qu'il ne l'est aujourd'hui.

Le seul oued qui traverse la région d'étude est L'oued M'Zab, présente un écoulement sporadique qui se manifeste à la suite d'averses orageuses. Ce dernier s'étend sur une longueur de 320 Km et coule de l'Ouest à Est, de la région de EL-Botma Rouilla à 745 mètres d'altitude en passant par la rive gauche, légèrement en amont de la Zelfana ou il est nommé Oued Labiod .Il se divise dans son exécutoire naturel qui est la sebkha Safioune au Nord de la ville de Ouargla à une altitude de 107 mètres. Ses caractéristiques se présentent comme suit :

**Tableau 04** : Les caractéristiques de L'Oued M'Zab(source : ANRH  
de Ghardaïa)

Désignation	Oued M'Zab
Superficie(Km <sup>2</sup> )	6700
Périmètre(Km)	476
Long.Lp (Km)	224
Indice de compacité Kc(%)	1.63
Long .Rec.Equi. L(Km)	182.3
Larg.Rec.Equi.I(Km)	56
Ind . Pente glob.Ig(m/Km)	3.1
Ind . Pente moy.Ig(%)	0.25
Alt.Max.H max (m)	695
Alt.Min.H min(m)	130
Alt.Moy.Hmoy(m)	392
Temps de conc. Tc(Heures)	65

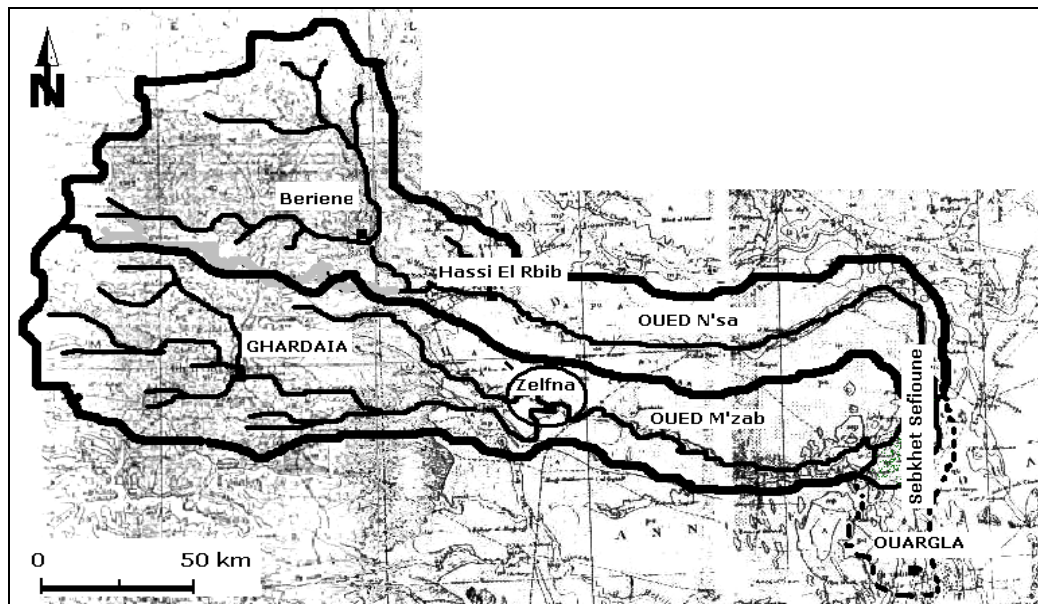


Figure 13 : carte hydrographique du bassin de M'Zab (ANRH de Ghardaia)



Figure 14 : Photo satellite d'Oued M' Zab (2004) « GOOGLE EARTH ».

## **II.2.7. HYDROGEOLOGIE**

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

### **II.2.7.1.LA NAPPE PHREATIQUE**

Elles sont abritées dans les alluvions des vallées des oueds de la région. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont étroitement liés à la pluviométrie. La profondeur du niveau d'eau varie entre 10 et 30 m. Ces nappes sont captées par des certaines de puits traditionnels, et destinées essentiellement, pour irriguer les palmerais des vallées. La qualité chimique des eaux de la nappe de l'oued M'Zab passant ainsi par la zone de Zelfana, est bonne à la consommation à l'amont, mauvaise et impropre à la consommation à l'aval suite à leur contamination par les eaux urbaines. Dans cette région la nappe phréatique est également exploitée pour les besoins d'agricultures de même que pour les besoins de l'alimentation en eau potable (A.E.P).

Les eaux du drainage c'est une cause plus importante pour formation de la nappe phréatique dans cette région.

### **II.2.7.2.LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE(CI)**

Celle – ci est une nappe chaude, elle constitue par conséquent le plus important réservoir géothermique dans le Sahara algérien.

La nappe du Continental Intercalaire du Sahara septentrional, d'une façon générale, les formations sableuses et grès-argileuses allant du Barrémien jusqu'à l'Albien. Néanmoins, dans la wilaya de Ghardaïa, seule la couche aquifère argilo-gréseuse d'âge Albien est atteinte et exploitée avec succès.

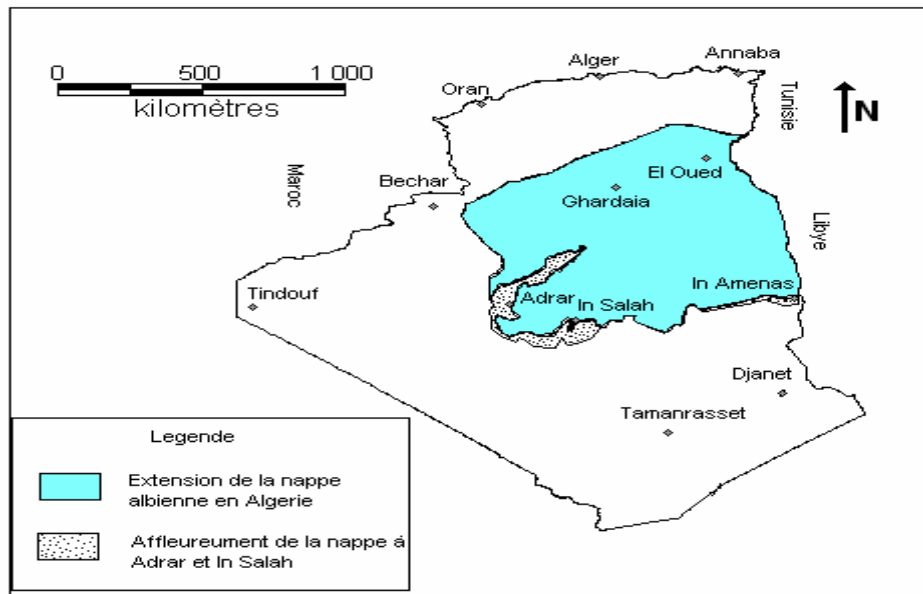
Selon la région et la pente de la couche, l'Albien est capté à une profondeur de 160 à 1000mètres en allant de l'Ouest vers l'Est de la wilaya.

Localement, l'écoulement général 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 Sud de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique.

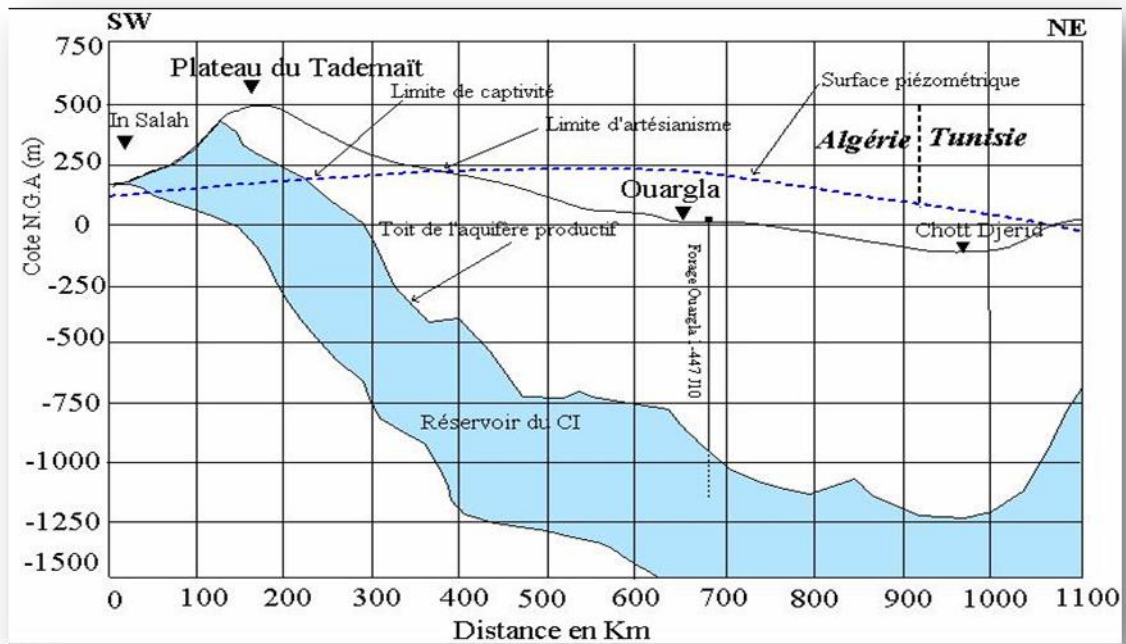
La nappe de l'Albien, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est :

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

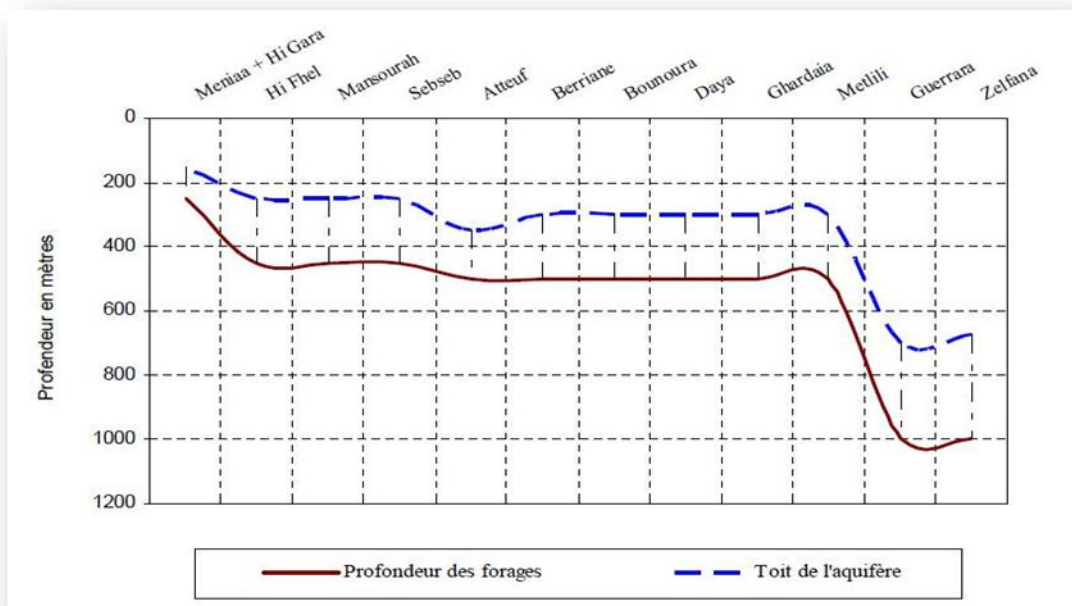


**Figure 15 :** Extension géographique de la nappe albiense en Algérie. (Ouali et al 2007).





**Figure 16 :** Coupe hydrogéologique transversale montrant le toit et la surface piézométrique du CI (HELAL et OURIHANE, 2004)



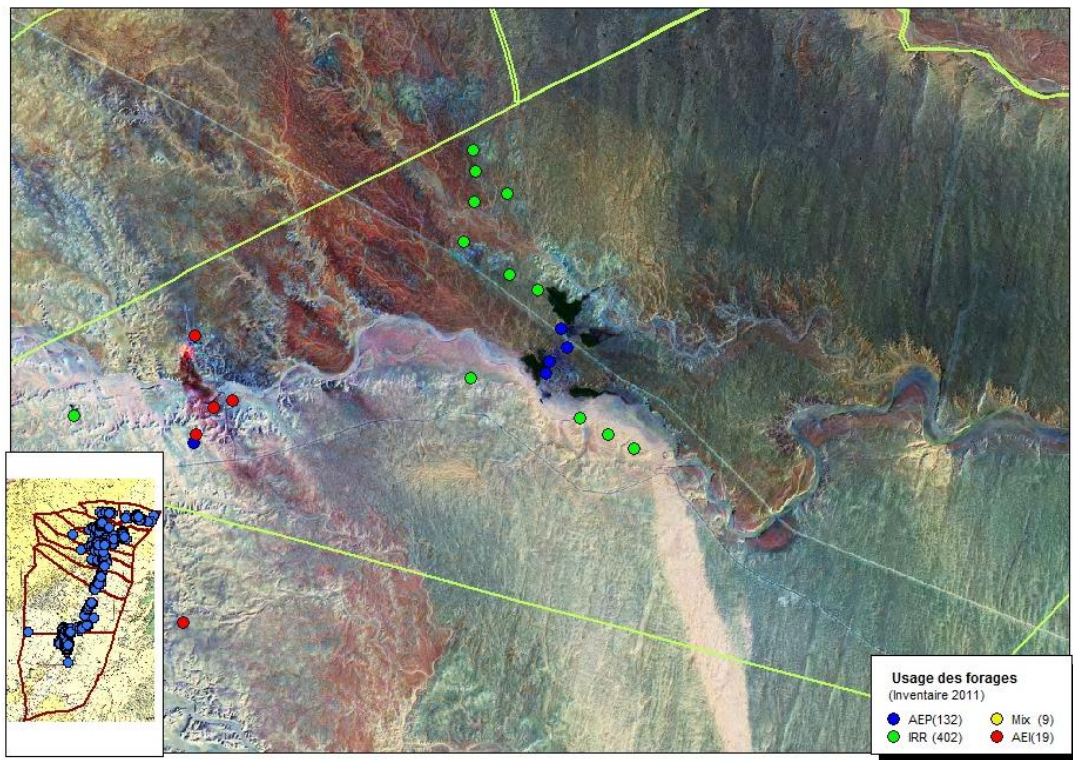
**Figure 17 :** Carte de la profondeur des forages et le toit de l'aquifère Albien (ACHOUR M, 2005)



La commune de Zelfana ses besoins en eau (AEP, AEI et irrigations), à partir de la nappe du continentale intercalaire (l'Albien). Les coupes géologiques et les différents sondages trouvés dans la documentation, montrent qu'on peut atteindre le toit de l'Albien à moins de 350m à l'Ouest de la commune, et entre 450m et 800m dans le reste de la commune.

La couche du sable argilo-gréseuse de l'Albien offre des ressources hydrauliques très considérables, sa nappe en charge est captée avec succès dans la région de Zelfana par plusieurs forages artésiens –jaillissants de 950 à 1000 mètres de profondeur.

Selon l'inventaire effectué en 2011 par ANRH de Ghardaia, il fait état de 21 forages exploités (fig. 3), dont 19 sont en service fournissant un volume total soutiré qui vaut de 31,22 millions de m<sup>3</sup>/an, soit un débit de 0,99 m<sup>3</sup>/s.



**Figure 18** :Inventaire des forages d'eau de la région de Zelfana  
(ACHOUR M, 2012).

**1) Les formations argileuses du Cénomaniens :**

Les couches du Cénomaniens et du Sénonien lagunaire sont pratiquement imperméables. Elles constituent le toit de la nappe captive albienne.

**2) Les formations carbonatées du Turonien :**

Les couches du calcaire massif du Turonien présente une perméabilité de fissure et de karst peuvent être aquifère.

**3) Les formations argilo-carbonatées du Sénonien lagunaire :**

Les couches de marnes du Sénonien lagunaire à caractère hydraulique imperméable ne semblent pas être aquifères.

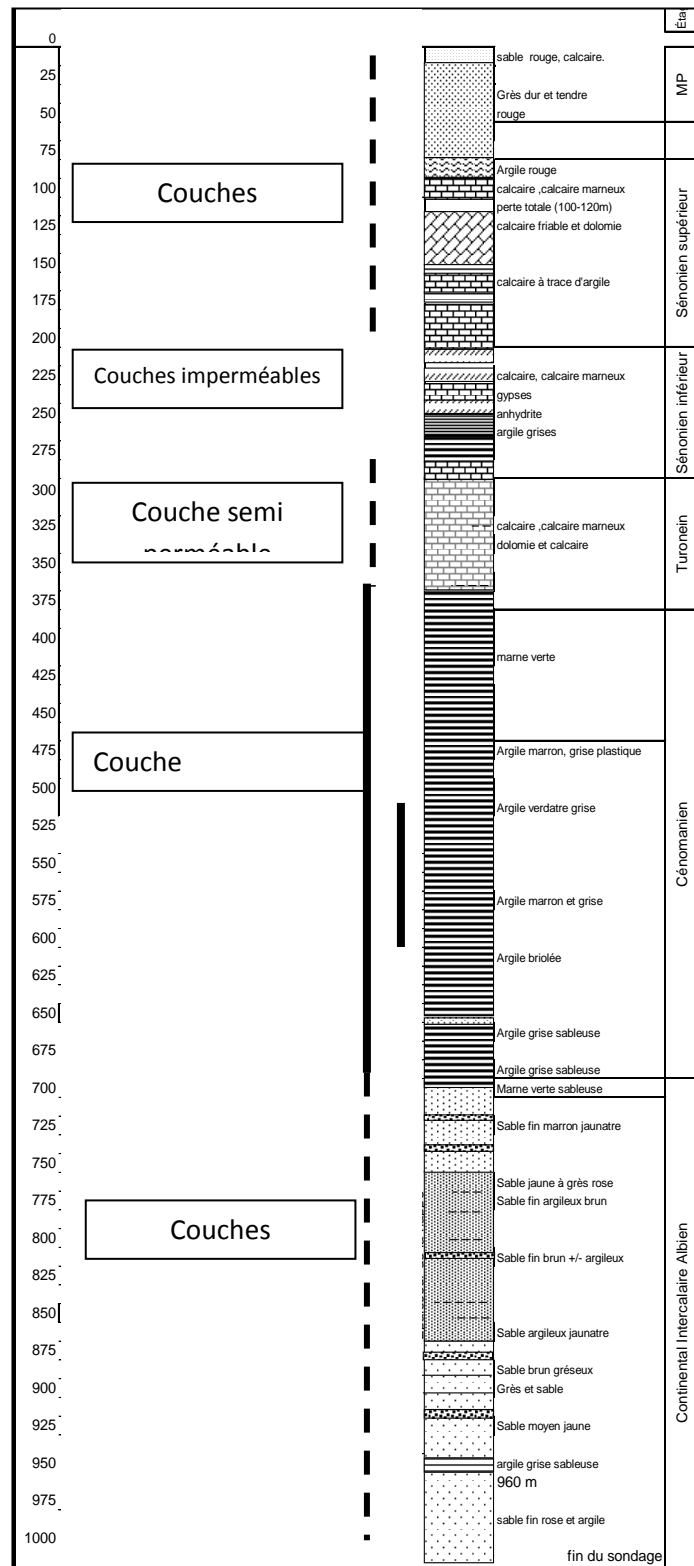
**4) Les formations carbonatées du Sénonien et l'Eocène :**

Les calcaires du Sénonien carbonaté et de l'Eocène très karstiques sont susceptibles d'être aquifères. Les dépôts argilo-marneux du Sénonien lagunaire au-dessous forment le substratum imperméable de cet aquifère.

**5) Les formations sableuses du Mio-pliocène :**

Les sables mio-pliocènes perméables dans la région de Zelfana ne sont pas aquifères, dû probablement à l'absence d'un substratum imperméable au-dessous.

Les eaux d'infiltration ne sont retenues que par les couches carbonatées inférieures du Sénonien et de l'Eocène.



**Figure 19** : Coupe hydrogéologique sommaire de la région d'étude (ACHOUR M, 2012).

## **II.2.8.CLIMATOLOGIE**

### **II.2.8.1. ASPECTS GENERAUX**

La commune de Zelfana fait partie du bassin versant du Sahara septentrional.

Le climat dominant est cela du Sahara qui est caractérisé par des hivers courts et rigoureux et des étés longs et chauds.

Les valeurs des précipitations annuelles sont relativement faibles, allant de 100 à 200mm/an, par contre les températures sont extrêmement élevées peuvent atteindre 50°C.

Ces caractéristiques ont une influence directe sur l'hydrographie et les autres activités économiques de la région.

Le territoire de la commune de Zelfana s'insère dans un ensemble physique un peu vaste et très hétérogène, il présente une diversité physique mais certains éléments lui sont propres et l'individualisent :

- Le climat de la région se caractérise par une grande sécheresse de l'atmosphère laquelle se traduit par un énorme déficit de sa saturation et d'évaporation considérable ainsi la très forte insolation due à la faible nébulosité qui sous cette altitude donne l'importance accrue aux phénomènes thermiques.
- Le climat saharien se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux surtout pendant la journée.
- La très faible pluviosité à l'extrême fait disparaître la couverture végétale et fait accroître l'importance du moindre souffle de vent et lui permet des actions mécaniques toujours notables.
- Apparenté au caractère fondamental du climat saharien (sécheresse de l'air) nous remarquons que les microclimats jouent un rôle considérable dans cette région du Sahara, caractérisé par l'existence des palmeraies et des petits jardins disséminés le long de la commune et au sein des palmeraies qui constituent le centre de vie des habitants de la commune.

Il faut tenir compte également du fait que les moyennes de températures sont relevées à l'ombre, et celle-ci est rare au Sahara où la température au sol peut dépasser 60°C.

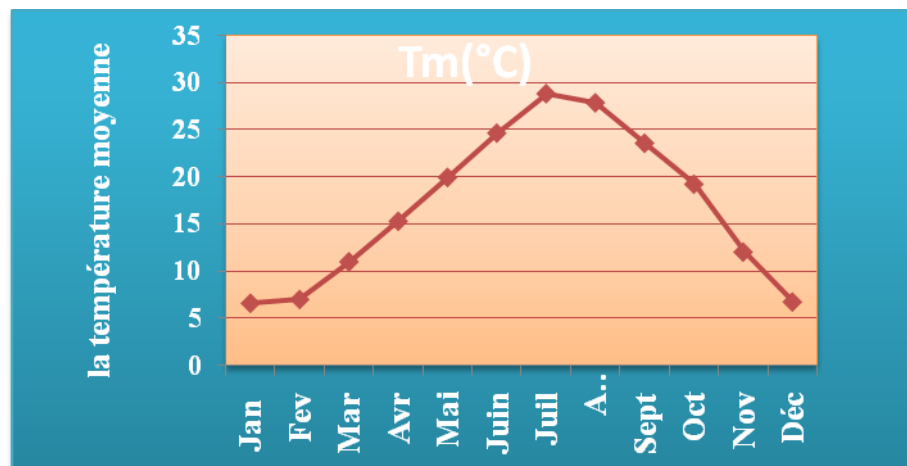
## II.2.8.2. SYNTHÈSE CLIMATIQUES

Les données pluviométriques et climatologiques sont obtenus à partir de la station météorologique de **Ghardaïa (DAUG, code : 60-56-60)**.

La station	Code de la station	Coordonnées		
		Latitude	Longitude	Altitude
<b>Ghardaïa</b>	<b>60-56-60</b>	32,4 N	3,81 E	450 m

### A. Température

L'étude hydrologique d'une région comporte l'analyse de son bilan thermique. La température est définie comme l'état atmosphérique de l'air ; elle varie selon les altitudes et la latitude de chaque région. Les données disponibles des températures moyennes mensuelles, moyennes des maximales, les moyennes des minimales durant la période (2004-2014) sont représentées graphiquement par la figure 20.



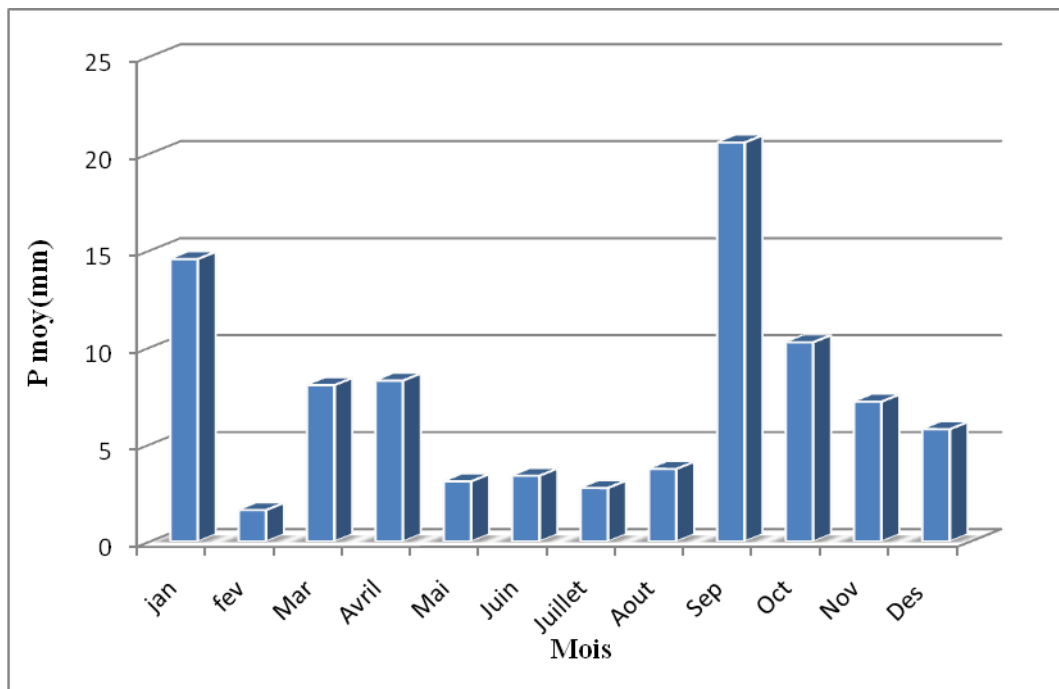
**Figure 20 : Variations moyennes de températures de l'air (°C)**

D'après le graphe, les valeurs mensuelles de la température de l'air varient avec une certaine régularité pendant l'année, avec un maximum en Juillet (41,97°C) et un minimum en Janvier (6,66 °C).

## B. Pluviométrie

La station pluviométrique la plus proche et la plus crédible par rapport au bassin versant d'étude est celle de Ghardaïa (DAUG : 60-56-60) qui est la plus représentative, tant pour sa période d'observation (2004-2014) que pour sa proximité de notre zone d'étude.

La distribution mensuelle des précipitations en mm et en pourcent de la station de Ghardaïa est portée dans la figure suivant :



**Figure21:**Répartition mensuelle des pluies moyennes annuelles en %

D'une manière générale, les précipitations sont faibles et d'origine orageuse, caractérisées par des écarts annuels et interannuels très importants et également interannuels très importants. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 7,44 mm.

**Tableau 05:**Répartition saisonnière des pluies moyennes annuelles.

Mois	Automne	Hiver	Printemps	Eté
P moy (%)	38,05	21,97	19,45	9,89

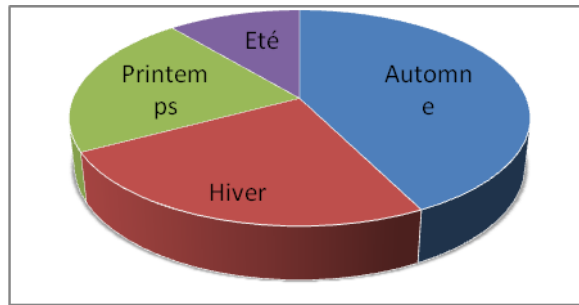


Figure 22 : Répartition saisonnière des pluies moyennes annuelles

### C.Humidité relative de l'air

Les variations de l'humidité relative de l'air sont fondamentalement conditionnées par les variations de la température et par la nature des masses d'air locales. On admet que la variation de la température de l'air provoque, en règle générale, une variation contraire de l'humidité relative de l'air. La distribution spatiale des valeurs de l'humidité de l'air et variations journalières et annuelles, peuvent être modifiées par l'action des facteurs locaux.

Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative de l'air se présentent dans la figure suivante :

Le mois durant lequel on enregistre les valeurs les plus basses sont le mois d'Aout avec une valeur d'humidité relative de 22%. C'est pour les mois de février qu'on enregistre les valeurs les plus élevées, autour de 53.4%.

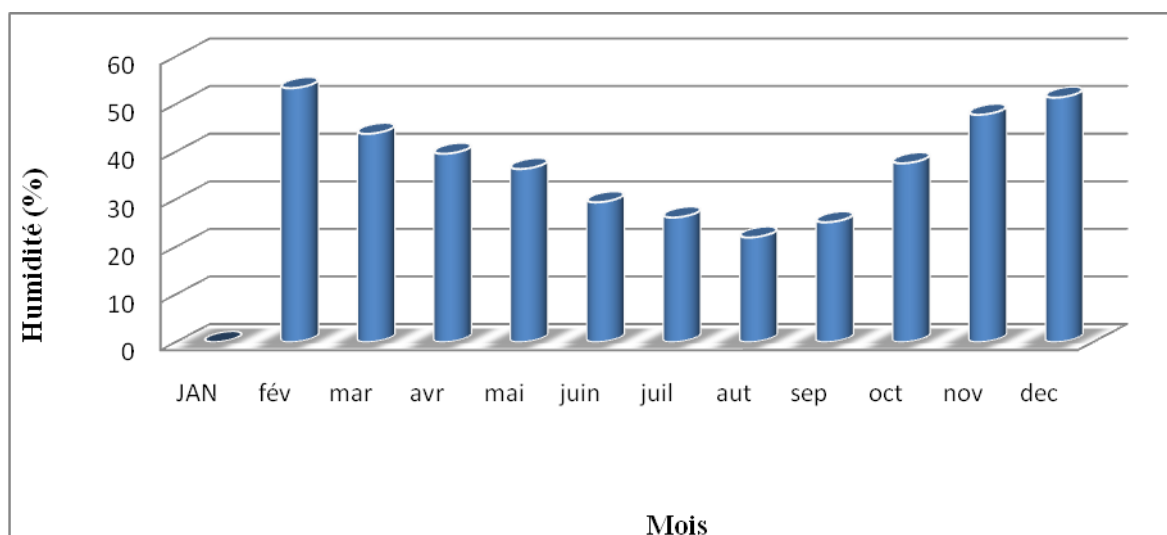


Figure 23: Humidité Relative de l'air

#### D. Vitesse du vent

Malgré les apparences, la région de Ghardaïa qui fait partie du Sahara n'est pas un pays venteux, mais un pays où suite à sa dénudation, on ressent facilement le vent ou :

- les vents d'hiver soufflent du Nord-ouest et sont froids et relativement humides.
- les vents d'été soufflent du Nord-est et sont forts et chauds.
- les vents de sable soufflent du Sud-est, environ 20 jours par an surtout en Mars, Avril, et Mai.

les valeurs moyennes mensuelles de la vitesse du vent en(m/s) se présentent dans la figure suivante :

La vitesse moyenne du vent présente une petite variation pendant toute l'année, en oscillant entre une valeur minimale en novembre de l'ordre de 2.23m/s, et une valeur maximale de 4.06 m/s environ en juin. Le graphique ci-après présente une illustration de ce paramètre sur l'année.

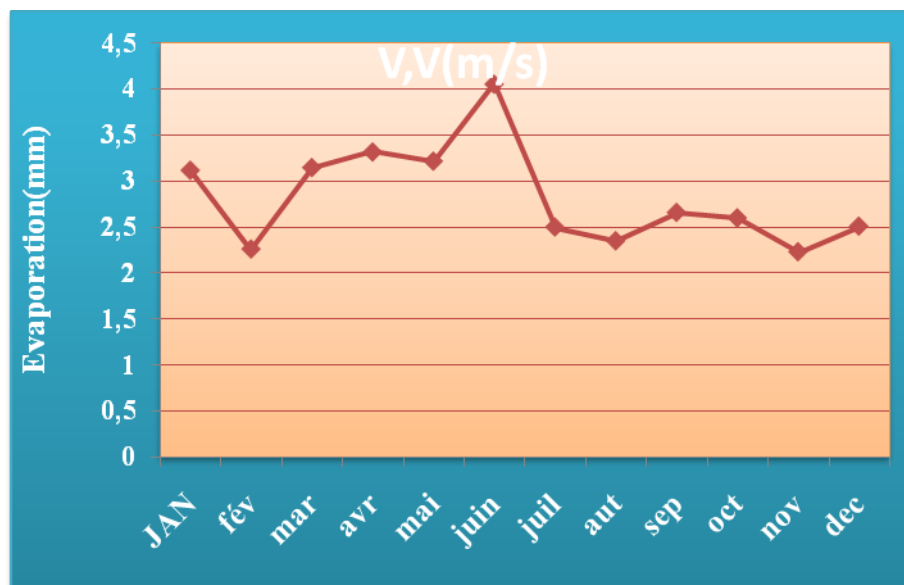


Figure 24: Valeurs moyennes de la vitesse du vent (m/s)

#### E. L'évaporation

L'évaporation se définit par l'épaisseur, exprimée en millimètre, de la couche d'eau évaporée dans l'unité du temps que l'on considère : jours, mois, années. C'est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sécheresse de l'air et l'agitation de cet air. Ghardaïa qui fait partie des régions qui possèdent l'évaporation la plus élevée au Sahara, cette perte d'eau, peut avoir comme origine :

- L'évaporation de masses d'eau libre ou de celle contenues dans le sol.
- L'évaporation par les végétaux (qui est secondaire dans les régions sahariennes).



L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de **2660,05 mm /an**, avec un maximum mensuel de **387,66 mm** au mois de Juillet et un minimum de **95,88 mm** au mois de Janvier. Où l'évaporation moyenne est de **221.67mm/mois**.

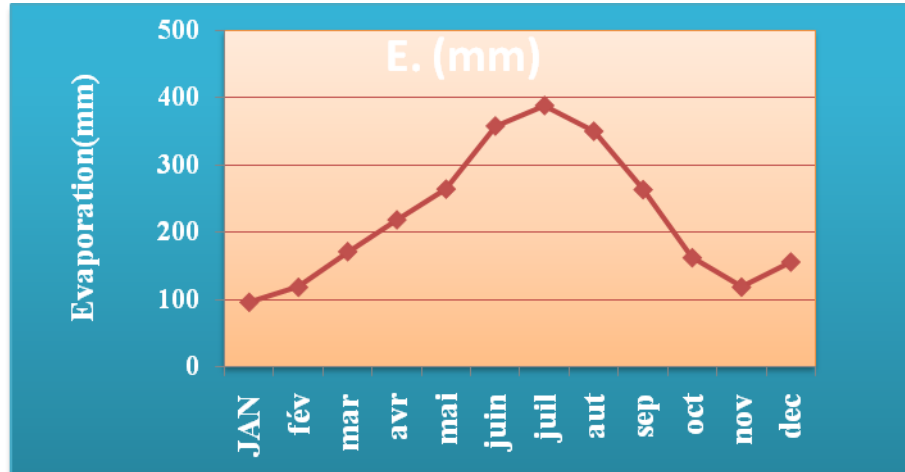
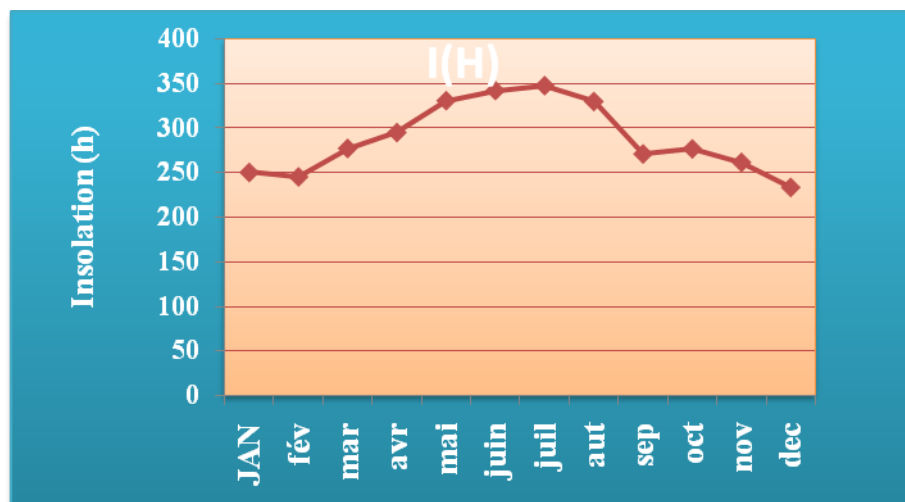


Figure 25 : Valeur d'évaporation moyenne annuelle

### F. L'insolation

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température. Les durées d'insolation sont évidemment très importantes à Ghardaia

(de 7 à 12 heures par jour). Les durées d'insolation varient assez notablement d'une année à l'autre et même suivant les périodes de l'année envisagée.



Figur26 : Durées d'insolation moyennes annuelles

### II.2.8.3. SYNTHESE BIOCLIMATIQUE

#### A.Diagrammeombro\_thermique de GAUSSEN

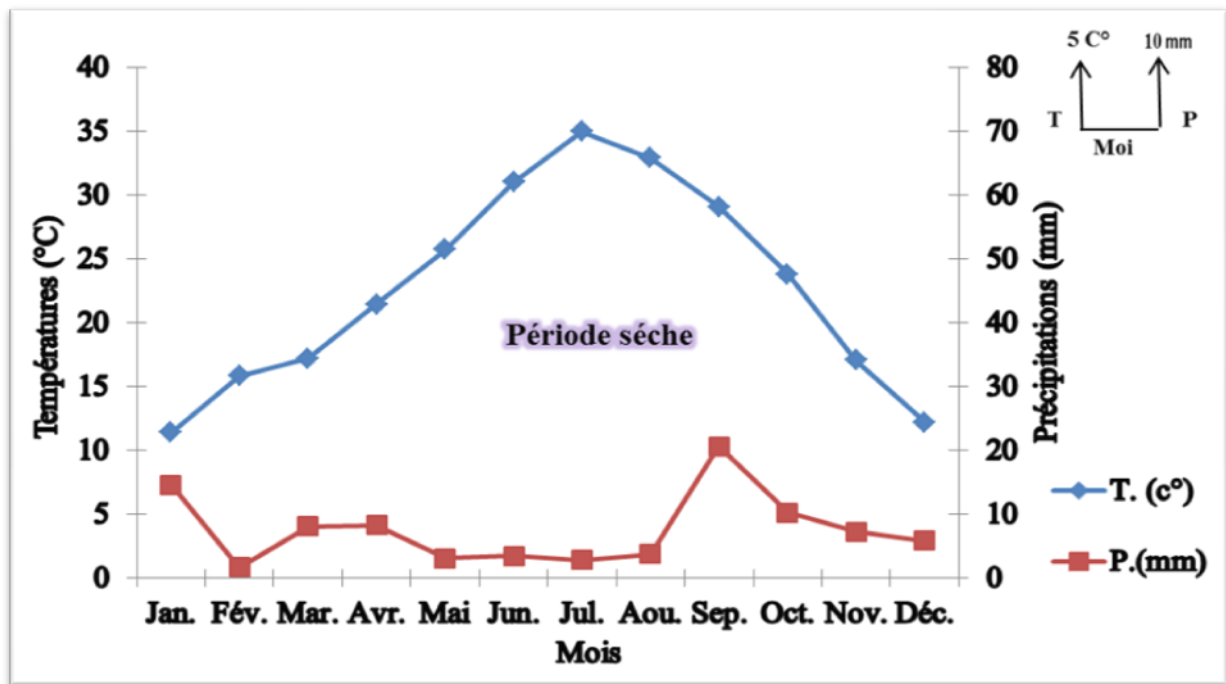
Le diagramme ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté (Fig29):

- ✓ En abscisse par les mois de l'année.
- ✓ En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en C°.

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températuresentre (2004-2014) sontreprésenté dans le tableau suivant :

**Tableau06:** Valeurs moyennes mensuelles des précipitations et des températures (2004-2014)

mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T moy(°C)	11,16	12,17	17,15	22,07	26,57	31,63	35,7	34,3	30,03	25,28	16,88	12,06
P moy(mm)	14,56	1,62	8,06	8,29	3,1	3,39	2,76	3,7	20,6	10,3	7,21	5,79



**Figure 27 :** Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2004- 2014).

## B. Climagramme d'EMBERGER

Il permet de distinguer les différentes nuances du climat méditerranéen et caractériser l'étage bioclimatique d'une région donnée (Dajoz, 1982). Le quotient pluviométrique d'Emberger est déterminé selon la formule suivante:

Où :

$$Q_2 = 3,43P/M-m$$

$Q_2$  : Quotient thermique d'EMBERGER.

P : Pluviométrie moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °C.

Une fois que cette valeur du quotient est portée sur le climagramme d'Emberger, elle situe la région d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré et son quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) est de **7, 2**.

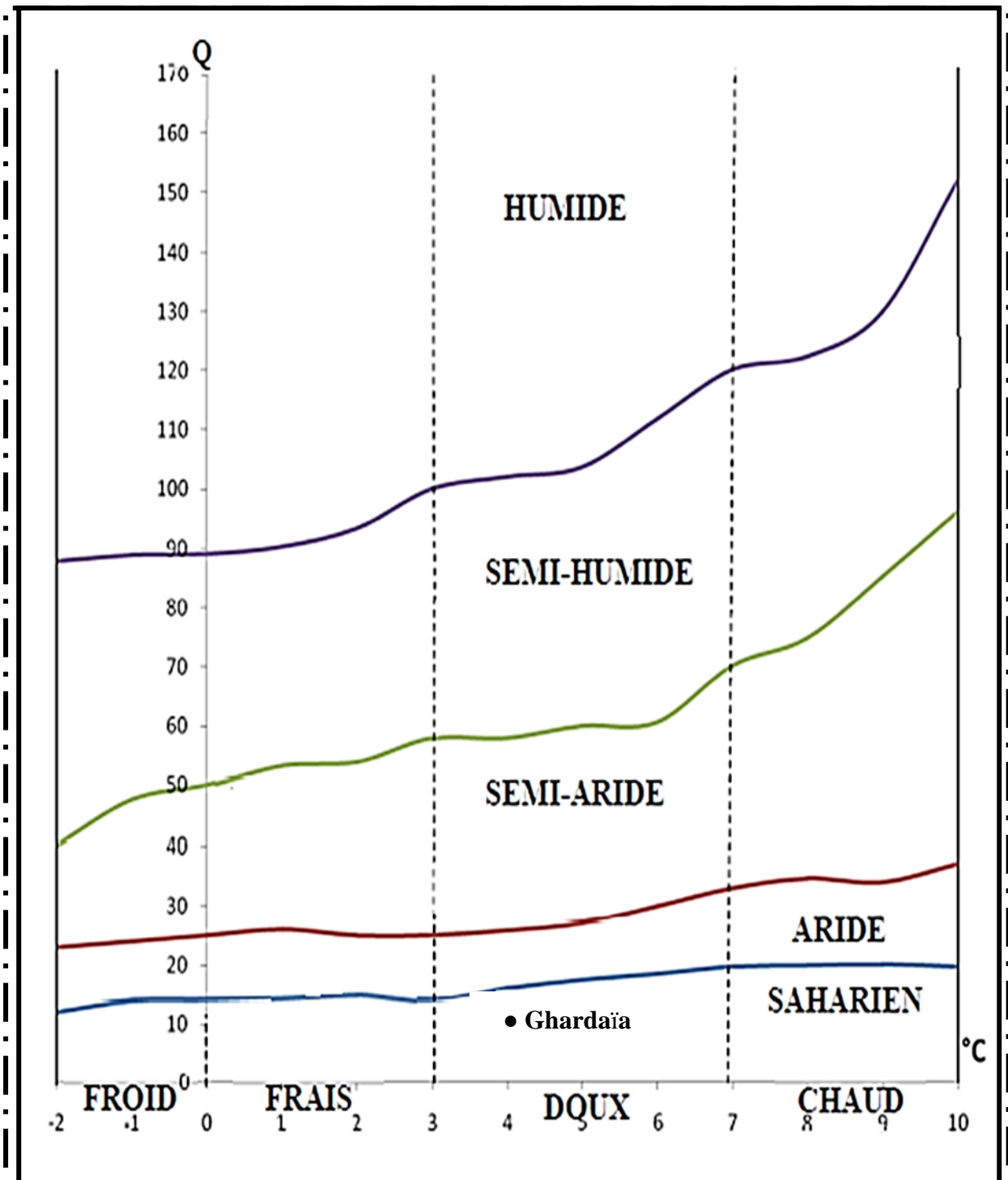


Figure 28 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER (2004-2014).

#### **II.2.8.4. Conclusion**

- 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.

# ***CHAPITRE III***

## ***MATERIELS ET METHODES***

### **III.1.INTRODUCTION**

L'échantillonnage d'une eau comprend la présentation du prélèvement proprement dit le conditionnement de l'échantillon, ainsi que son stockage jusqu'au moment où l'eau est analysée. Chacune de ces étapes est importante pour assurer la fiabilité des résultats d'analyses.

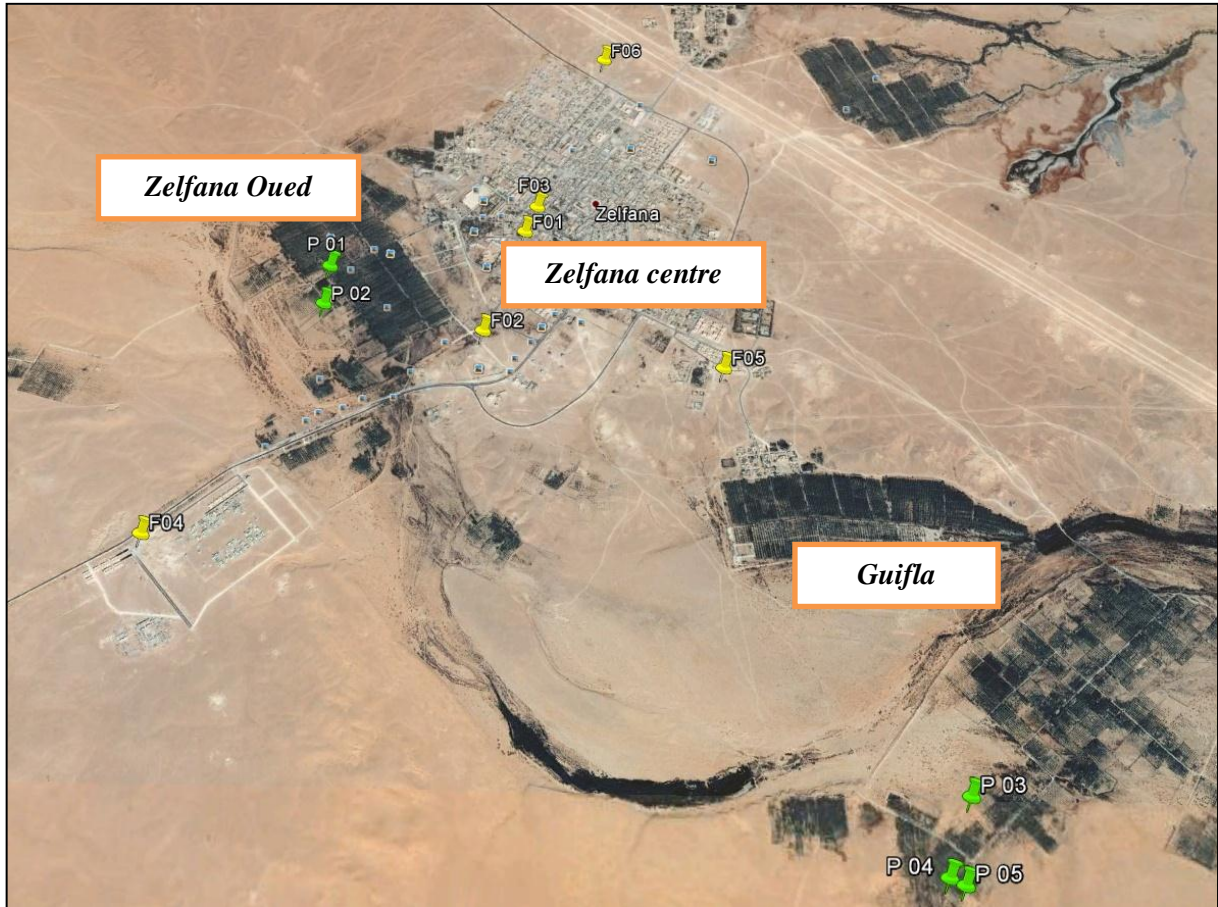
### **III.2. CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE**

Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères, les plus importants sont :

- La présence de l'eau qui est un facteur limitant majeur dans la mise en valeur des terres dans les régions sahariennes.
- La présence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation, l'élevage et même pour l'alimentation en eau potable.
- Manque d'études sur la qualité hydrochimique des eaux de la nappe souterraine dans cette région.

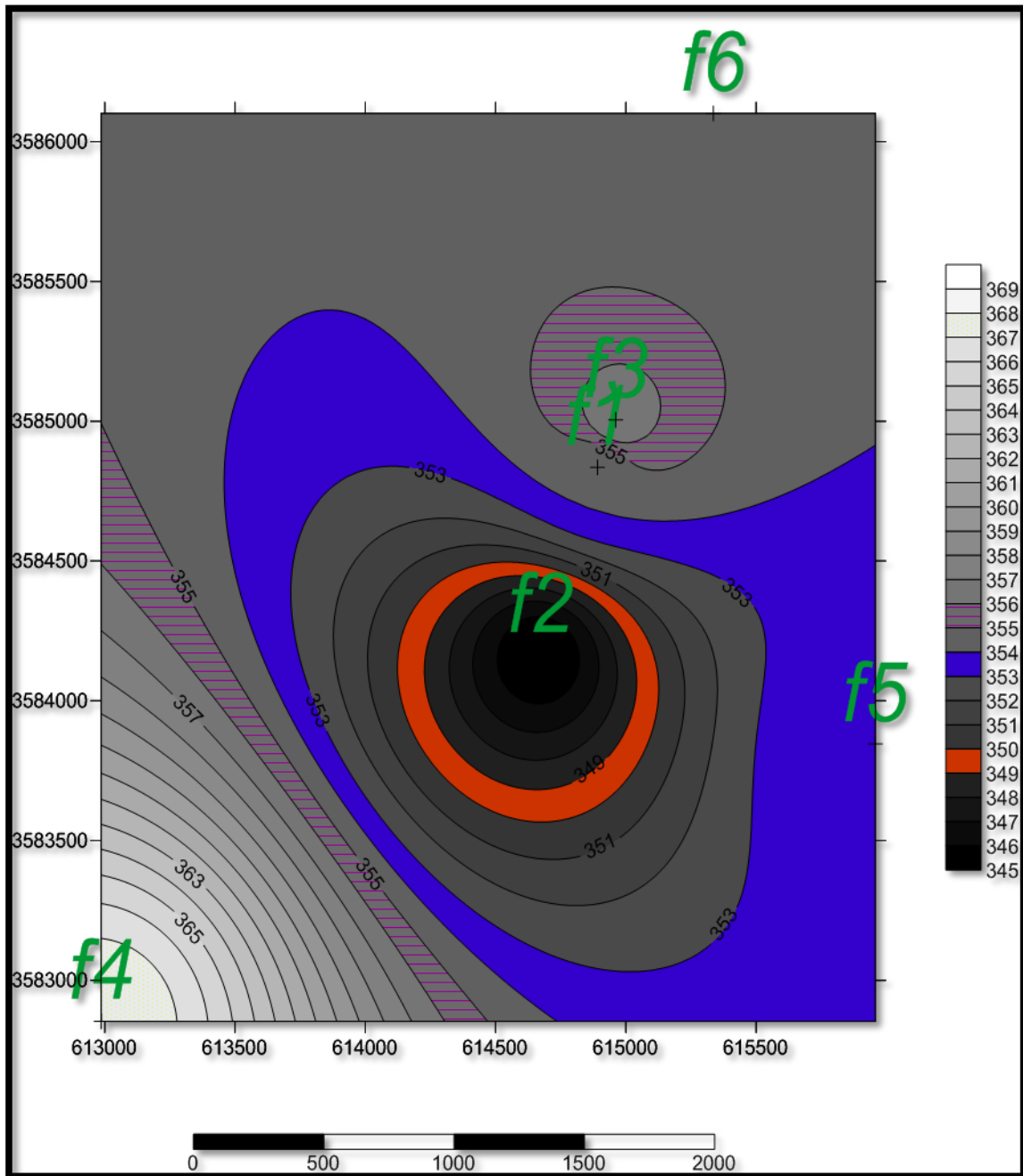
#### **III.2.1.ZONE D'ECHANTILLONNAGE**

Vu le nombre important de puits (nappe phréatique) et forages (nappe albien) que compte la région d'étude, et étant confronté à l'impossibilité d'analyser les eaux de l'ensemble de ces forages, nous avons procédé à la sélection de 05 puits et 06 forages répartis à travers la ville de ZELFANA pour prélever l'eau souterraine. À l'aide d'un GPS ils ont déterminé les coordonnées UTM des forages existants.

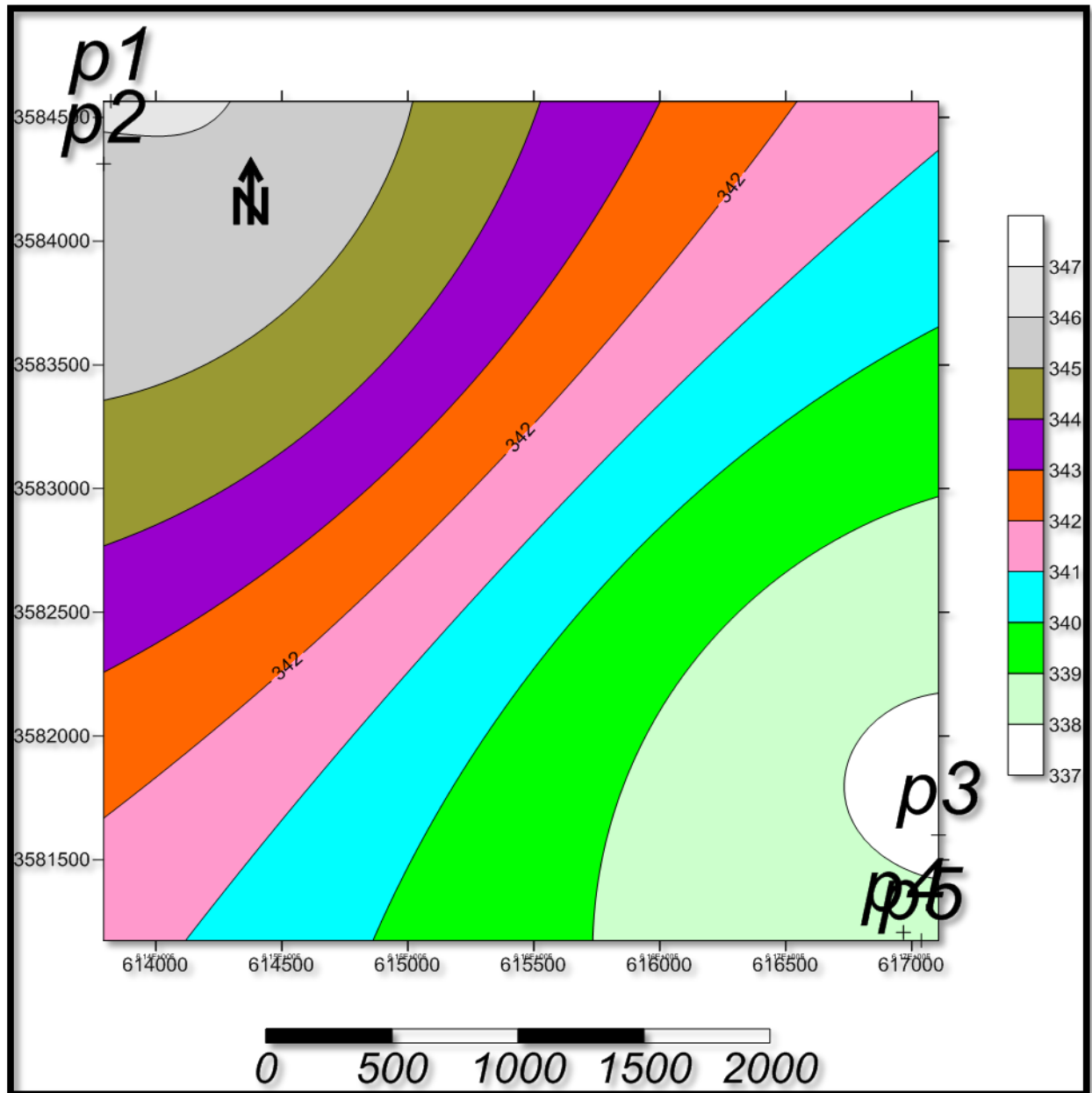


**Carte 01:** Localisation des points de prélèvement (Google earth)





**Carte 02 :** Localisation des forages échantillonnés selon le niveau de la mer (surfer)



**Carte 03 :** Localisation des puits échantillonnés selon le niveau de la mer (surfer)

**Tableau07:** liste des forages échantillonnés.

N° de Forage	Nom de forage	Lieu	Nappe
F1	N° 04	Centre-ville	Albien
F2	N° 17	Cimitière	Albien
F3	N° 01	Centre-ville	Albien
F4	N° 19	El-Mousalaha	Albien
F5	Guifla02	Guifla	Albien
F6	KARFO HSSAI GUERARA	Route Guerara	Albien

**Tableau 08:** liste des puits échantillonnés.

N de puits	Lieu	Nappe
Pt <sub>s</sub> 01	Zelfana Oued	phréatique
Pt <sub>s</sub> 02	Zelfana Oued	phréatique
Pt <sub>s</sub> 03	Guifla	phréatique
Pt <sub>s</sub> 04	Guifla	phréatique
Pt <sub>s</sub> 05	Guifla	phréatique

### III.2.2.CHOIS DES POINTS DE PRELEVEMENTS

01- l'utilisation pour AEP ou l'irrigation.

02- L'accessibilité aux points d'eau à prélever.

### III.2.3. EXECUTION DES PRELEVEMENTS

Après le choix des points de prélèvements, il est nécessaire d'ouvrir le robinet suffisamment pour renouveler l'eau contenue dans le tubage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que le vont échantillonner.

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des flacons propres, rincés avec

l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. Après la mise en flacon des échantillons, les flacons doivent être fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant le numéro, la date et l'heure de l'échantillon.

#### **III.2.4. STOCKAGE DES ECHANTILLONS**

Toutes les eaux sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite des réactions physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu dans le flacon dans le laps de temps qui sépare le prélèvement de l'analyse. Pour cela, il faut acheminer les échantillons au laboratoire d'analyses dans le plus court délai possible (délai inférieur à 24 heures). La température de l'échantillon ne doit jamais dépasser celle de l'eau souterraine prélevé. Les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais (glacière ou réfrigérateur). Au laboratoire, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur entre 3 et 5°C.

#### **III.2.5. MESURES IN SITU**

Les mesures de terrain concernent, la conductivité électrique et la température. En effet, nous avons consulté un certain nombre de questions sur la qualité de l'eau à aux consommateurs des forages.

Ils ont mesuré la température à l'aide d'un de terrain.

### **III.3.MESURES ET ANALYSES AU LABORATOIRE**

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

#### **III.3.1. PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES**

##### **III.3.1.1. COULEUR**

Une eau colorée n'est pas nécessairement une eau dangereuse, mais elle peut présenter des inconvénients pour les usages domestiques. Elle n'est pas très agréable à voir si elle atteint plus de 15 unités de couleur. En général, la couleur des eaux est très faible sauf si elles sont chargées en sel de fer (Trombe F, 1977).

##### **III.3.1.2.SAVEUR**

La saveur d'une eau dépend des sels et des gaz qu'elle contient en suspension ou en solution.

Quelques milligrammes de sel de fer ou de cuivre par litre sont décelés alors que plusieurs centaines de milligrammes de chlorure de sodium n'affectent pas le goût (Trombe. F 1977).

##### **III.3.1.3. ODEUR**

En général, les eaux souterraines sont inodores si elles sont potables. Par contre, les eaux provenant de marais ou même de lacs, si elles sont insuffisamment filtrées, sont reconnaissables à

une odeur rappelant celle de l'hydrogène sulfuré provenant de la décomposition de matières organiques (Trombe F.1977).

### III.3.2. PARAMETRES PHYSICO – CHIMIQUES

Les mesures physico-chimiques et biologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ADE, unité de Ghardaïa.

#### III.3.2.1.PH

Le PH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H<sup>+</sup>] présents dans une eau.

Le PH d'une solution est le logarithme ordinaire négatif de l'activité d'ions d'hydrogène :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Dans les solutions diluées, l'activité d'ions d'hydrogène est approximativement égale à la concentration d'ions d'hydrogène. (MELLAK D, 2009).

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 celui de l'origine de l'eau.

Le PH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH- mètre ou par colorimétrie.

Le tableau suivant nous permet d'avoir une approche sur la classification des eaux en fonction de leurs pH. (MELLAK D, 2009).

**Tableau 09** : Classification des eaux suivant pH.

Valeur du pH	Interprétation
pH<5	Acidité forte=>^résence d'acides minéraux ou organique dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée=>majorité des eaux souterraines
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

Source : (MELLAK D, 2009)

#### Mesure du pH :

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

- Introduire l'électrode du pH-mètre, préalablement rincée avec de l'eau distillée, dans un bēcher contenant l'échantillon à analyser.
- Agiter doucement avec un barreau magnétique.
- Appuyer sur la touche (Read/Enter), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière.
- La valeur du pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température

La valeur du pH donnée est celle correspondante à une température de 25°C, elle est donnée à deux chiffres après la virgule.

A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL. (SEAL, 2009).

### III.3.2.2. TURBIDITE

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension (MES), notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organique, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. (Rodier J, 2005).

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire.

La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante et variable selon les conditions extérieures alors que les eaux souterraines qui subissent la filtration par le sol ont une turbidité faible. (Franck Rejsek, 2002).

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

Le tableau suivant nous permet d'avoir une approche sur la classification des eaux en fonction des classes de turbidité usuelles (NTU, nephelometric turbidity unit).

**Tableau 10:** Classe de turbidité usuelles

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

Source : (MELLAK D, 2009)

### III.3.2.3. LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. (Franck Rejsek 2002).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par mètre ; elle peut être calculée par l'aquation suivante :

$$\text{Résistivité}(\Omega.\text{cm}) = \frac{1000000}{\text{conductivité}(\mu\text{S} / \text{cm})}$$

Resistivite : en  $\Omega.\text{cm}$

Conductivité : en  $\mu\text{S}/\text{cm}$

La conductivité caractérise le degré de la minéralisation de l'eau.

**Tableau11** : relation entre la minéralisation et la conductivité à 20 C

100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<b>Minéralisation faible</b>
200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 333 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<b>Minéralisation moyenne</b>
333 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<b>Minéralisation moyenne accentuée</b>
666 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < conductivité < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<b>Minéralisation importante</b>
conductivité > 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<b>Minéralisation élevé</b>

**Source : (BEMMMOUSSAT A, 2012)**

La mesure de la conductivité électrique renseigne avec une bonne approximation sur la salinité de l'eau. Elle est proportionnelle à la quantité des sels (ions) dissous dans l'eau.

Une conductivité élevée traduit une salinité élevée. (BEMMMOUSSAT A, 2012).

**Tableau 12:** classification des eaux selon la conductivité

Type d'eau	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$
Eau non saline	< 700
Eau légèrement saline	700 - 3000
Eau modérément saline	3000 - 6000
Eau très saline	> 6000
Eau fortement saline	> 14000
Saumure	> 42000

Source : (BEMMMOUSSAT A, 2012)

### **Matériel :**

Pour la mesure de la conductivité en utilisant un conductimètre électrique METTLER TOLEDO MC 226.

### **Mode opératoire :**

- D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.
- La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

## **III.3.3. PARAMETRES DE POLLUTION**

### **III.3.3.1. DOSAGE DE L'AMMINIUM**



Le choix de la méthode d'analyses est déterminé par la concentration en ions ammonium qui est très variable et la présence d'ions interférents tels que chlorures, fer, amines, matières organiques, etc.

En général, la méthode sans distillation préalable est réservée aux eaux d'alimentation, aux eaux de surface et aux eaux usées peu chargées. Le dosage est alors effectué de préférence par la méthode au bleu d'indophénol ou par la méthode potentiométrique. Une distillation préalable s'impose dans les autres cas et les méthodes titrimétrique, par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Nessler, bleu d'indophénol) ou potentiométrique sont utilisables ; toutefois, en présence de fortes teneurs, la méthode titrimétrique est la mieux adaptée. (RODIER J, 2005).

**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 I :Acide dichloroisocyanurique(2g),Hydroxyde de sodium ( NaOH ) (32g), H<sub>2</sub>O distillée(q.s.p 1000 ml).
- ✓ Réactif II ( coloré ) :Trictrate de sodium(130 g), Salicylate de sodium (130 g), Nitropruciate de sodium (0.97 g), H<sub>2</sub>O distillée (q.s.p 1000 ml).

**Appareillage:** Spectrophotomètre UV-Visible

**III.3.3.2. NITRITE**

Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux.

L'acide nitreux est un acide instable de formule HNO<sub>2</sub>, la formule de l'ion nitrite est NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

**méthodes de dosage**

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composéée azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrites. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrites. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et faible quantité.

les méthodes de dosage des nitrites dans l'eau sont nombreuses et basées sur différents principes :

- Méthode par analyse en flux et détection spectrométrique(NF EN ISO 13395) : ce dosage automatique de l'échantillon dans un dispositif dans lequel les nitrites réagissent avec les réactifs au cours de l'écoulement permet l'analyse de grandes séries d'échantillons.
- Méthode par chromatographie ionique en phase liquide ( NF EN ISO 10304-1) : cette technique s'applique pour le dosage d'un grand nombre d'anions dissous comme les ions bromure, chlorure, nitrate, orthophosphate et sulfate. pour les nitrites , elle est applicable our des concentrations de 0.05 à 20 mg/l.
- Méthodes spectrophotométriques : ces méthodes, plus simples, sont basées sur les réactions colorées que développent les nitrites avec certains réactifs. C'est une méthode normalisée de ce type que nous allons détailler. (**Franck Rejsek 2002**).

### **Principe:**

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediaminedichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm. (**SEAL, 2009**).

### **Réactifs:**

Sulfanilamide (40 g), Acide phosphorique (100 ml), N-1- Naphtyl éthylène diamine(2g), (H<sub>2</sub>O distillée q.s.p 1000 ml).

**Appareillage:**Spectrophotomètre UV-Visible.

### **III.3.3.3. NITRATE**

Les nitrates sont les sels de l'acide nitrique. La formule de l'ion nitrate est NO<sub>3</sub><sup>-</sup> .

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accéléré le processus d'enrichissement des eaux en nitrates.

La teneur en nitrates est en augmentation ces dernières années, de l'ordre de 0.5 à 1 mg/L/an, voire 2 mg/L/an dans certaines régions. Cette augmentation à plusieurs origines :

- Agricole : agriculture intensive avec utilisation massive d'engrais azotés ainsi que rejets d'effluents d'élevage.
- Urbaine : rejet des eaux épurées des stations d'épuration ou l'élimination de l'azote n'est pas totale et qui peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium qui se transformeront en nitrates dans le milieu naturel.
- Industrielle : rejets des industries minérales, en particulier de fabrication des engrais azotés. **(Franck Rejsek 2002).**

**Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. **(RODIER J, 2005).**

**Appareillage.**

- ✓ Etuve.
- ✓ Spectrophotomètre U.V visible.

**Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C. (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm.

**Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

**III.3.3.4. DOSAGE DE FER**

---

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 Rejsek 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  $\text{Fe}^{2+}$  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 ( $\text{Fe}^{2+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ ) et aussi en fonction de l'état physique du fer (dissous ou précipité) ; plusieurs formes peuvent se retrouver dans un type d'eau donné. Le schéma de la figure suivante résume les différentes formes de fer rencontrées. **(Franck Rejsek 2002).**

### **Méthodes de dosage**

Il existe deux types de méthodes de dosage :

- méthode par absorption atomique : le fer complexé par l'ammonium pyrrolidinium dithiocarbamate 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 Rejsek 2002).**

### **III.3.3.5. DOSAGE DE PHOSPHATES ( $\text{PO}_4^{-3}$ )**

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. **(LADJEL et TODEF, 2002).**

### **Principe :**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

**Appareils** : Spectrophotomètre UV. visible

**Réactifs** :

**Réactif Mixte:**

- Heptamolybdate d'ammonium ..... 13 g. A
  - Eau distillée ..... 100 ml.
  
  - Tartrate d'antimoine ..... 0.35 g. B
  - Eau distillée ..... 100 ml.
  
  - Acide sulfurique pur ..... 150 ml © C
  - Eau distillée ..... 150 ml.
- ( A + B ) + C      -500 ml d'eau distillée.

✓ **Acide ascorbique à 10 %:**

- Acide ascorbique.....10g.
- Eau distillée .....100ml.

✓ **Solution mère à 50 mg/l PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>**

- Solution fille à 2 mg/l PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>
  - Le résultat est donné directement en mg/l.

### III.3.4. MINERALISATION GLOBALE

#### III.3.4. 1. DOSAGE DE CALCIUM

Le calcium provient de la dissolution de la calcite et du lessivage des calcaires et des dolomies ou dépôts gypsifères. Le seuil de goût pour l'ion de calcium est dans la gamme 100-300 mg/litre, selon l'anion associé, mais des concentrations plus élevées semblent acceptables aux consommateurs.

Des niveaux de dureté au-dessus de 500 mg/litre sont généralement considérés esthétiquement inacceptables. Les concentrations allant jusqu'à 100 mg par litre de calcium sont assez communes dans des sources naturelles d'eau, cependant, les sources contenant plus de 200 mg par litre de calcium sont rares. **(RODIER, 1996).**

**Principe :**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

**III.3.4. 2. DOSAGE DU MAGNESIUM**

Le magnésium se prête facilement aux techniques habituelles de l'analyse hydrologique.

La méthode gravimétrique présente l'intérêt de pouvoir s'effectuer sur le filtrat après la précipitation du calcium. Elle est utilisable pour des teneurs dépassant 10 mg/L. Les méthodes par spectrophotométrie d'absorption atomique et par spectrophotométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma sont d'une grande sensibilité. **(RODIER J, 2005)**

Le magnésium est principalement présent en ion  $Mg^{2+}$ . Il est contenu dans un large nombre de minéraux, par exemple la dolomite (carbonate de calcium magnésium;  $CaMg(CO_3)_2$ ) et la magnésite (carbonate de magnésium ;  $MgCO_3$ ). Le sulfate de magnésium ajoute un goût amer à l'eau. Sa solubilité est de 309 g/L à 10°C dans l'eau. C'est la différence entre le volume de la dureté et le calcium. **.(MELLAK D, 2009).**

**III.3.4. 3. DOSAGE DE POTASSIUM**

Bien que les concentrations du potassium normalement trouvées en eau potable soient généralement basses et ne posent pas des soucis de santé, la solubilité élevée du chlorure de potassium et son utilisation dans des dispositifs de traitement tels que des adoucissants d'eau peuvent mener à une exposition sensiblement accrue.

**( MELLAK ,D , 2009)**

Les méthodes de dosage du potassium : spectrophotométrie d'émission de flamme, spectrophotométrie d'absorption atomique et spectrophotométrie d'émission à l'aide d'un générateur inductif de plasma sont sensibles, rapides et précises. **(RODIER J, 2005).**

**Mode opératoire :** spectromètre à flamme(JENWAY).

Il faut le suivre étape par étape :

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton " fuel " jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacée.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{K}^+$  à 10 mg/l.
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{Na}^+$ " ou de " $\text{K}^+$ " à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro.
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de " $\text{Na}^+$ " ou de " $\text{K}^+$ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur

affichée sur l'écran est stable (3 essais pour chaque échantillon).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

#### III.3.4. 4. DOSAGE DE SODIUM

L'ion de sodium est omniprésent dans l'eau. La plupart des approvisionnements en eau contiennent plus moins 20 mg de sodium par litre, mais aux niveaux de quelques pays, il peut dépasser 250 mg/litre. L'intrusion saline, les dépôts de minerais, l'intrusion d'eau de mer, les effluents d'eaux d'égout, et le sel utilisé dans la route dégivrant peuvent tous contribuer à l'apparition de quantités significatives de sodium dans l'eau. En outre, les produits chimiques de traitement de l'eau tels que le fluorure de sodium, le bicarbonate de soude et l'hypochlorite de sodium peuvent tous avoir comme conséquence des niveaux de sodium plus élevés que 30 mg/litre. Les adoucissants d'eaux domestiques peuvent donner des niveaux de plus de 300 mg/litre.(MELLAK, D, 2009).

✓ le principe de sodium c'est la même avec potassium.

#### III.3.4. 5. DOSAGE DES CHLORURES

Le goût et les seuils olfactifs pour le chlore en eau distillée sont respectivement de 5 et 2 mg/litre. Dans l'eau, le chlore réagit à l'acide hypochloreux et aux hypochlorites de forme. Chacune des trois espèces existe dans l'équilibre les unes avec les autres, les affinités variant avec le pH. Dans les solutions diluées et aux niveaux de pH inférieur à 4.0, le chlore moléculaire très petit existe en solution. Les concentrations de l'acide hypochloreux et de l'ion d'hypochlorite sont approximativement égales pour un pH de 7.5 et une température de 25°C. Les chlorures proviennent souvent des eaux de pluies, du lessivage des terrains salés ainsi que des rejets des eaux usées. **.(MELLAK D, 2009).**

Les chlorures figurent parmi les anions les plus courants dans l'eau potable et résiduaire. Plusieurs méthodes de dosage existent :

- méthode titrimétrique par argentimétrie
- méthode titrimétrique par mercurimétrie
- méthode potentiométrique
- méthode par chromatographie ionique**(Franck Rejsek 2002).**

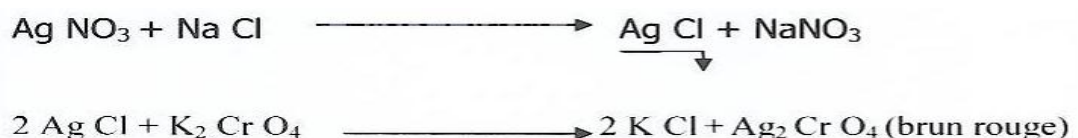
Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au d'argent( $\text{AgNO}_3$ ) en utilisant du dichromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) comme indicateur.

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent ( $\text{AgCl}$ ) insoluble qui précipite.

Ce précipité réagit avec l'indicateur ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) pour former du chromate d'argent, brun rouge( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ).

L'apparition de la coloration brun-rouge (virage) marque la fin du titrage.

Nota : durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation. **(SEAL, 2009).**



### **Réactifs:**

- ✓ **Solution de nitrate d'argent à 0,01 N:**



1,6987 g d' AgNO<sub>3</sub> → 1000 ml d'eau distillée

✓ **Indicateur coloré K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> à 10 %:**

10 g de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> → Q.S.P 100 ml d'H<sub>2</sub>O dist.

✓ **Solution de chlorures à 71 mg/l:**

0,107g de NH<sub>4</sub>Cl.....1000ml d'eau distillée.

**Mode opératoire :**

- ✓ Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- ✓ Ajouter 2 gouttes de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> (coloration jaunâtre).
- ✓ Titrer avec Ag NO<sub>3</sub> à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

**III.3.4. 6. DOSAGE DES SULFATES**

Les sulfates se produisent naturellement en nombreux minerais, y compris la barytine (BaSO<sub>4</sub>), l'epsomite (MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) et gypse (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O). Ces minerais dissous contribuent à la teneur en minéraux de beaucoup d'eaux potables.

Les concentrations rapportées pour le seuil de goût en eau potable sont 250-500 mg/litre (médiane 350 mg/litre) pour le sulfate de sodium, 250 -1000 mg/litre (médiane 525 mg/litre) pour le sulfate de calcium et 400 -600 mg/litre (médiane 525 mg/litre) pour le sulfate de magnésium.

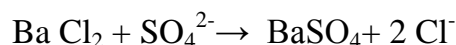
Ils sont toujours présents dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau provient soit :

- De la légère solubilité des sulfates calcium (CaSO<sub>4</sub>) dans les formations gypseuses.
- Du lessivage des terrains argileux et marneux.
- Des eaux usées contenant de l'acide sulfurique.

La méthode de dosage se fait par gravimétrie. Les ions SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sont précipités à l'état de sulfate de baryum et valus par gravimétrie. (RODIER, 1996).

**Principe :**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum En présence de Ba Cl<sub>2</sub>.



**Appareil :** Spectrophotomètre UV Visible

**Réactifs :**

- ✓ Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- ✓ Peser 1,479 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (1000 ml d'eau distillée).

**Solution stabilisante :**

Acide chlorhydrique (c) (60 ml), Ethanol (200 ml), Chlorure de sodium (150 g), Glycérol 100 ml. Eau distillée (Q.S.P. 1000 ml).

**Solution de chlorure de baryum :**

Chlorure de baryum (150 g), Acide chlorhydrique (5 ml), Eau distillée (Q.S.P. 1000 ml).

**Mode opératoire :**

- \*Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- \*Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- \*Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- \*Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- \*Passer au spectrophotomètre  $\lambda = 420 \text{ nm}$ .

**Expression des résultats :**

$\text{mg/l SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution.}$

**III.3.4. 7. ALCALINITE**

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène ( $\text{H}^+$ ) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ). La norme ISO9963 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  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ , Cette alcalinité se nomme également titre alcalimétrique complet (**TAC**).

Elle se réalise par la méthode volumétrique. Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

✓ **Alcalinité au point de virage de la phénolphtaline**(alcalinité composite) :

Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $\text{OH}^-$  et la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$ . Par définition, cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8.5. L'alcalinité composite se nomme également titre alcalimétrique (**TA**).

(Franck rejsek, 2002).

**Réactifs :**

\* Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N :

\* Solution d'HCl à 0,1 N : d'HCl à 1 N (100 ml),  $\text{H}_2\text{O}$  distillée (q.s.p 1000ml).

**Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser,

- Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3.

**\*Expression des résultats :**

$$F.G = \frac{V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3^- \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V_A \times 0,1 \times 61 \times 1000}{100}$$

**F.S :  $V_{A1} \times 61 = \text{mg/l HCO}_3^-$**

$V_A$  : Volume d'acide versé.

$N_A$  : normalité d'acide versé.

$\text{MHCO}_3^-$  : masse des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

P.E : prise d'essai.

**III.3.4. 8. DOSAGE DE TH (DURETE TOTALE)**

Initialement, la dureté d'une eau exprimait l'aptitude de cette eau à réagir et à faire mousser du savon. A l'heure actuelle, on appelle dureté ou titre hydrotimétrique (TH) la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations sont supérieures à 1 mg/L, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions sont présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou d'hydrogénocarbonates.

Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté :

- **dureté totale (TH<sub>t</sub>)** : somme des concentrations en calcium et magnésium.
- **dureté calcique (TH<sub>ca</sub>)** : concentration globale en calcium.
- **dureté magnésienne (TH<sub>mg</sub>)** : concentration globale en magnésium.
- **dureté permanente ou non carbonatée (TH<sub>p</sub>)** : dureté qui persiste après ébullition de l'eau et qui correspond uniquement aux sels de calcium et magnésium solubles à chaud, sous forme de chlorures et de sulfates, car les hydrogénocarbonates sont décomposés et précipitent sous forme de carbonate de calcium .
- **dureté temporaire ou carbonatée** : dureté qui correspond aux sels de calcium sous forme d'hydrogénocarbonates, et qui est la différence entre la dureté totale et la dureté permanente.

( **Franck Rejsek 2002**).

Le dosage se fait par la méthode de compleximétrie. Titration avec une solution d'E.D.T.A en utilisant un indicateur qui forme avec le calcium et de magnésium un complexe rouge foncé ou violet, c'est le mordant noir. (**RODIER, 1996**).

#### **III.3.4. 9. RESIDU 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 saumurées à partir de 50 g/l et au-dessus. (**MELLAK D, 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.

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.

**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.

**Expression des résultats**

$$RS=(PP - PV)N$$

Les résultats sont donnés en mg/l.

D'où PP: est le poids plein de la capsule.

PV: est le poids vide de la capsule.

N : est un facteur avec  $N= 10*1000$

**III.4. SYNTHÈSE SUR LES MATÉRIAUX ET LES MÉTHODES UTILISÉES**

Les considérations théoriques définies plus haut, nous ont permis de procéder au bon échantillonnage lors de la prise des bouteilles d'eau, d'une part, et d'autre part, de suivre la démarche d'analyse, que nous avons effectuée au niveau de laboratoire de l'ADE de Ghardaïa, permettant d'aboutir aux résultats les plus concordants.

La mesure des paramètres physico-chimiques des points d'eau a été réalisée sur une période de 15 jours allant du 03 au 18 mars 2015.

Nous disposons de 11 échantillons prélevés de la nappe phréatique (cinq -05- puits) et la nappe albion (six -06- forages) dans la ville de Zelfana.

Les échantillons que nous avons recueillis en volume suffisant, portent les renseignements suivants :

- ✓ La date et heure de prélèvement,
- ✓ Le nom des eaux de forage
- ✓ Le nom des eaux de puits.

- ✓ la température in situ
- ✓ la profondeur d'eau

Au moment du prélèvement ; nous avons rincé les flacons avec l'eau distillé puis trois fois avec l'eau à analyser puis les avons rempli jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle façon qu'il n'y'ait aucune bulle d'air et qu' il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Nous avons emballé les échantillons dans une boîte solide et l'expédié au laboratoire à une température de conservation de 4 à 10°C.

Pour que chaque échantillon soit clairement et correctement décrit, nous avons joint une fiche détaillée contenant tous les renseignements nécessaires sur le lieu et le moment du prélèvement.

Les analyses de paramètre de pollution (fer, ammonium, phosphate, nitrate,et nitrite) se fait ont commencé moins de 24 heures après le prélèvement.

Les principaux matériaux que nous avons utilisés sont résumés par les photos suivantes :



***pH(multiparamètre)***



***Spectrophotométrie UV-visible***



***Spectromètre à flamme  
(JENWAY)***



***Dessiccateur***



***Conductivité mètre***



***Turbidimètre***

# ***CHAPITRE IV***

## ***RESULTATS ET DISCUSSION***



## **IV.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques d'échantillons d'eau que nous avons prélevée au niveau de la nappe phréatique (puits) et albienne (forages) de la ville de ZELFANA.

Le but de cette étude hydrochimique est de déterminer les caractéristiques physicochimiques des eaux et des éléments dissous afin de déterminer leurs origines, définir les faciès chimiques des eaux souterraines, 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, un certain nombre des cartes et des diagrammes ont été élaborés et qui serviront de base pour l'interprétation générale des résultats de mesures des paramètres physico-chimiques et d'analyses chimiques.

Ces diagrammes représentent la comparaison des paramètres physicochimiques et biologiques des eaux souterraines de cette ville avec les normes fixées par l'OMS.

Les eaux souterraines de la zone de Zelfana sont destinées pour AEP et l'irrigation, donc elles doivent répondre aux deux normes : Les normes de potabilité et les normes de qualité pour l'irrigation.

## **IV.2.RESULTAS ET DISCUSSION DES ANALYSES EFFECTEE**

### **IV.2.1.PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES**

#### **IV.2.1.1.LA TEMPERATURE (T)**

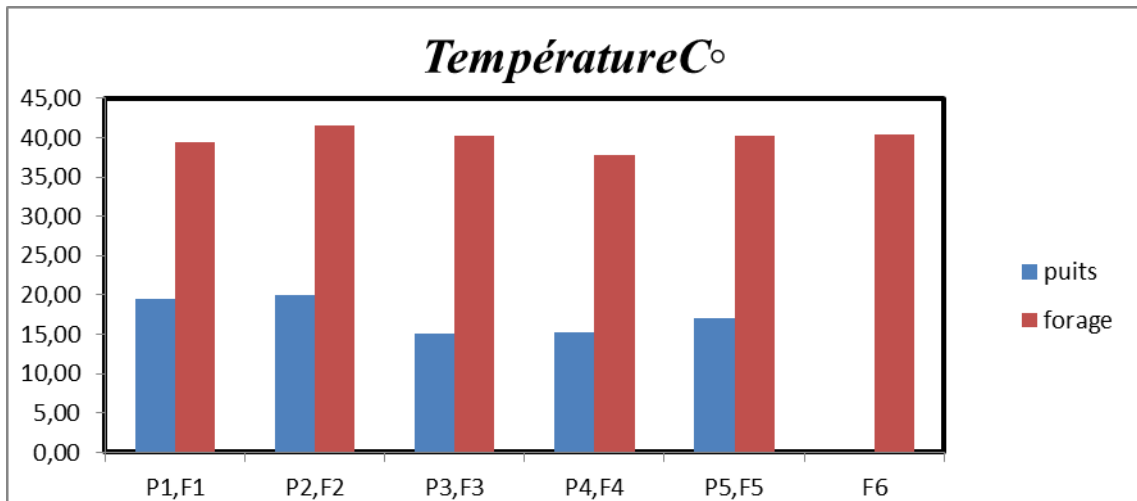
La température est relativement élevée pour les eaux de forage (nappe albien) par apport les eaux de puits (nappe phréatique)

Elle atteint à un maximum de 60 °C dans le site de prélèvement, et et varie entre 50°C et 60°C.

On a observé que la température de cette nappe est très élevée par apport à la nappe phréatique où sa température est dans l'intervalle de 15 à 20°C dans le site de prélèvement, est entre 17 et 18°C dans laboratoire.

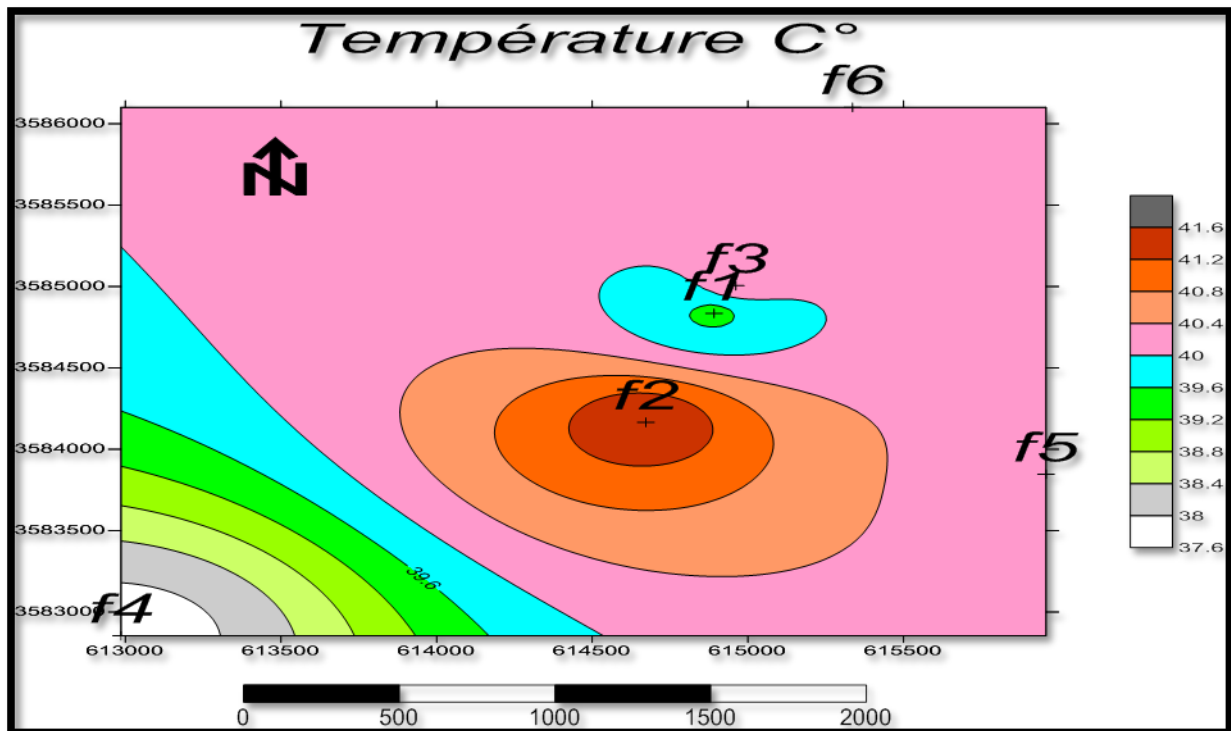
Ces variations changent en fonction de la température de l'air, des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

La comparaison de la température entre deux nappes est représentée dans la figure 29 et les cartes 04 et 05.

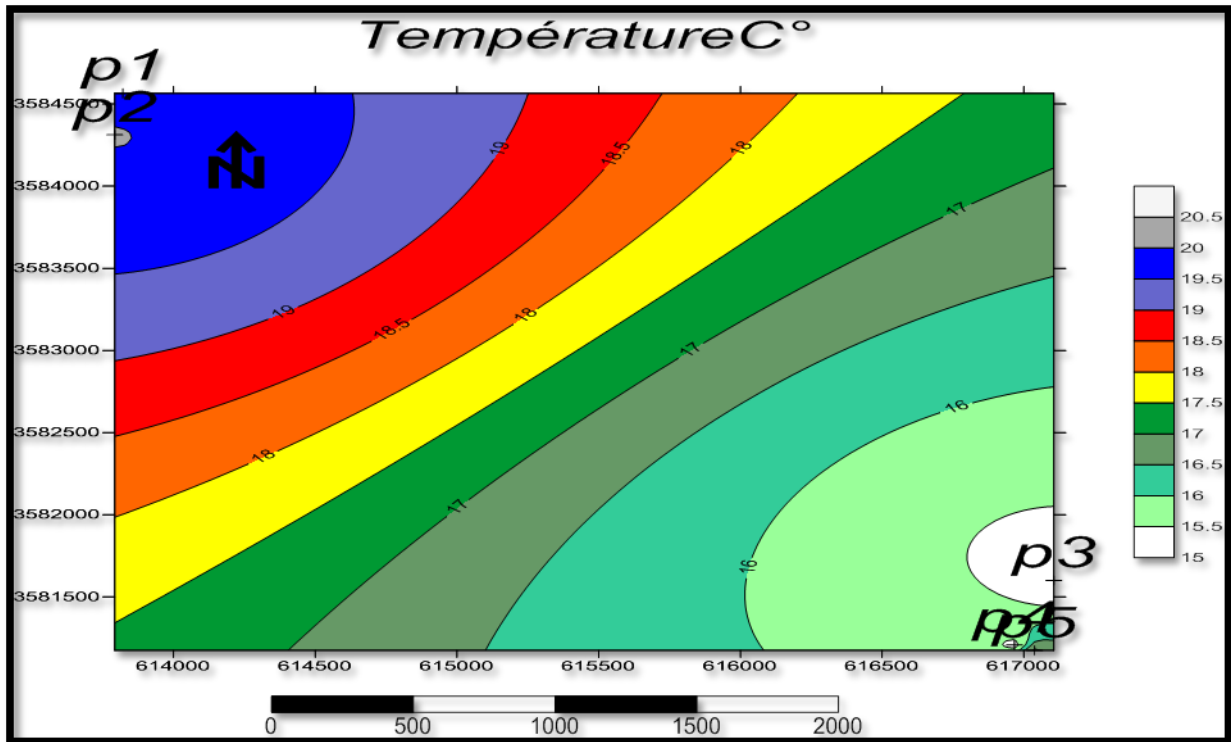


**Figure 29 :** Variation de température pour les deux nappes

On observe dans histogramme que les températures des échantillons F1 et F2 sont inférieures à celles de la nappe phréatique car l'eau subit un refroidissement en passant à la consommation.



**Carte 04 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la température de la nappe albienne



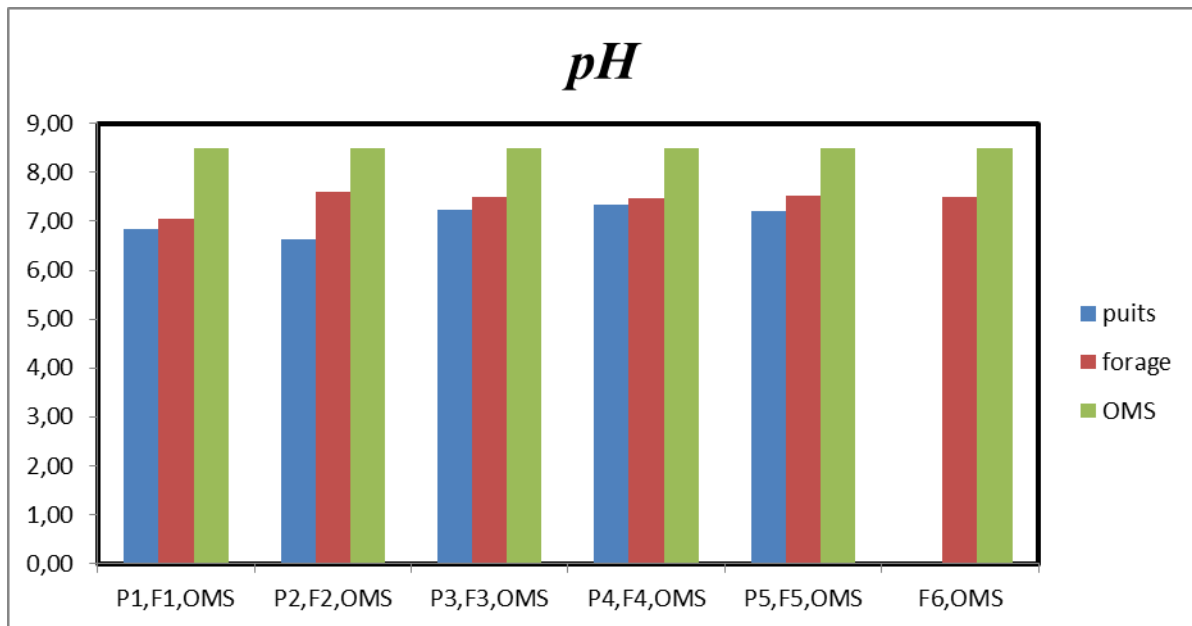
**Carte 05 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de la température de la nappe phréatique

#### IV.2.1.2.POTENTIEL HYDROGENE (pH)

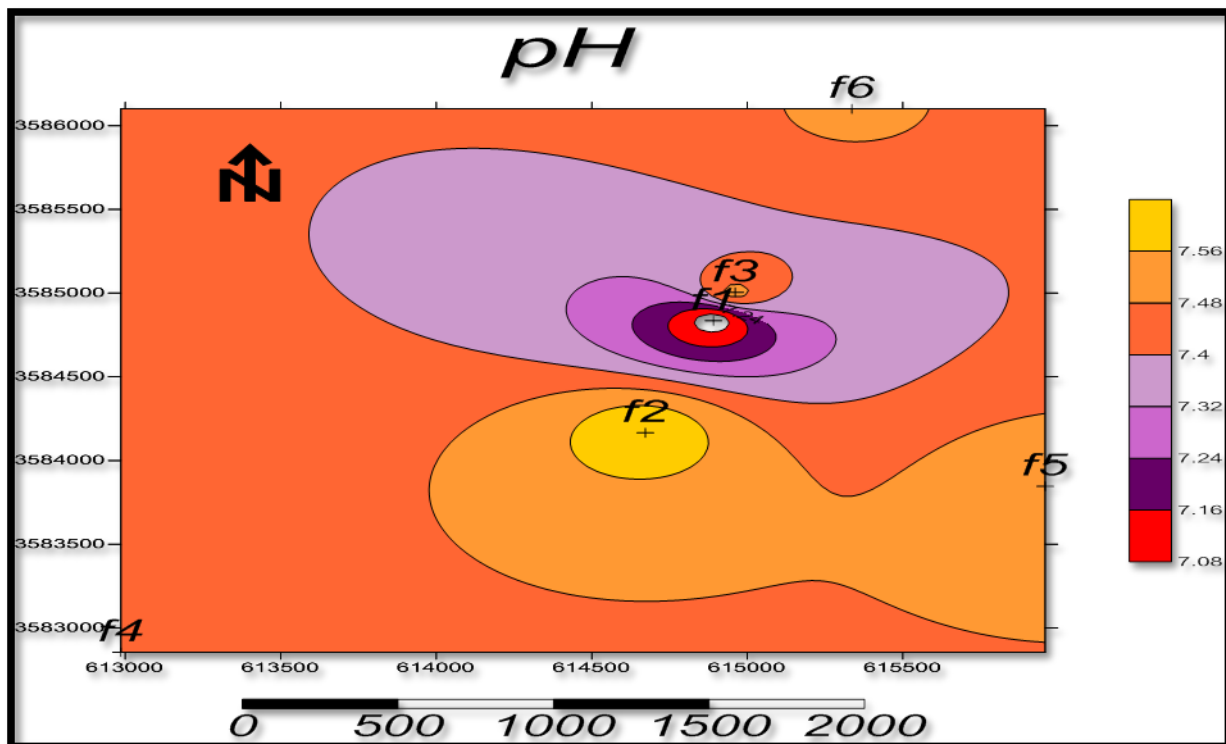
Les résultats obtenus dans l'histogramme indiqué par la figure 30 ci-après montrent que les valeurs du pH pour les différents forages et puits oscillent de 6,63 à 7,61. Ceci est également clairement indiqué par la représentation graphique que nous avons établi par le Surfer (cartes 06

et 07).

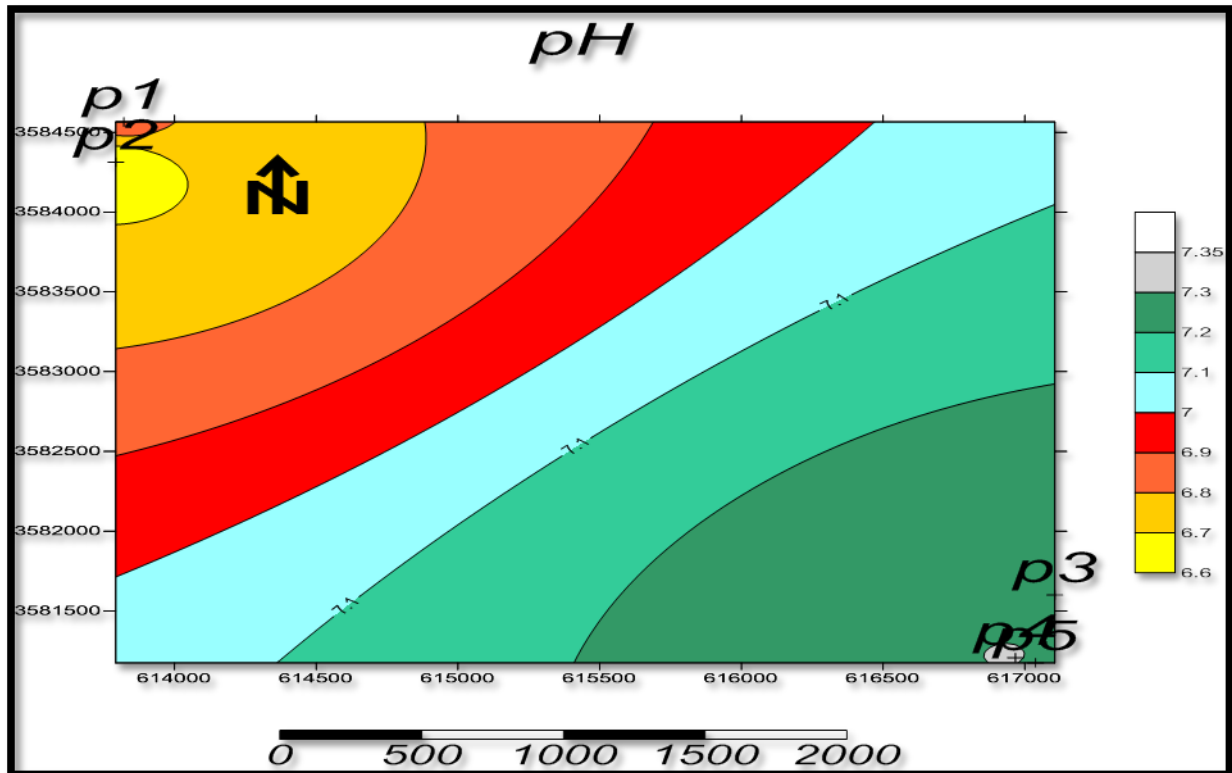
Ces valeurs assez proches à la neutralité, sont acceptables selon les normes d'OMS.



**Figure 30 :** Variation de pH par rapport à la norme OMS



**Carte 06 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale du pH de la nappe albienne



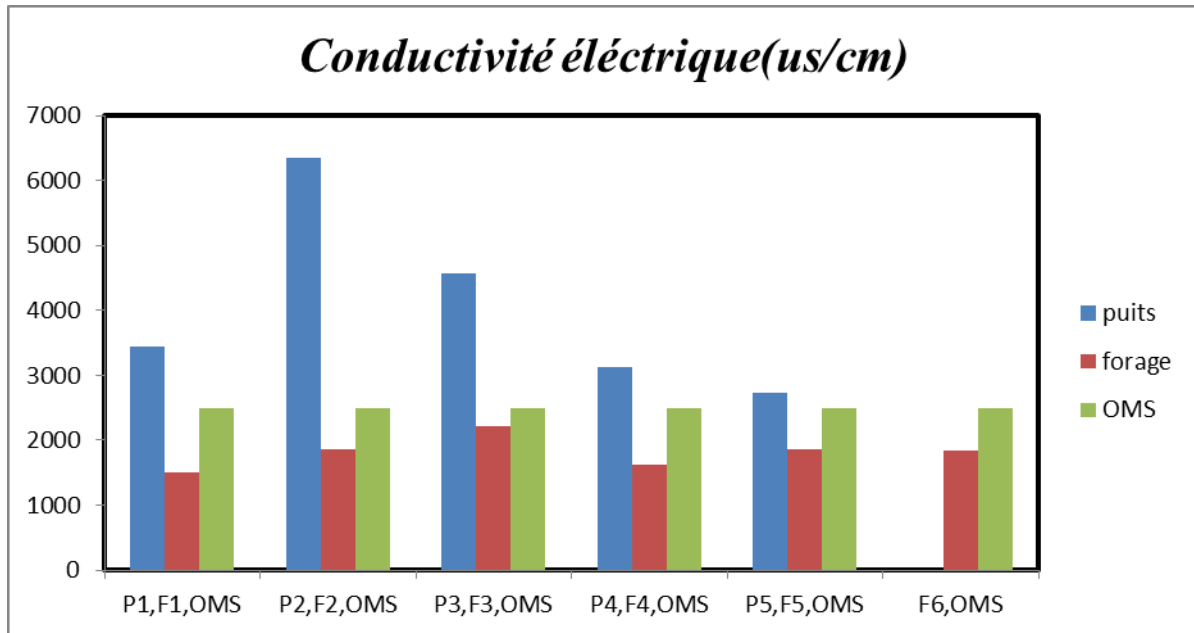
**Carte 07 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale du pH de la nappe phréatique**

### IV.2.1.3. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE)

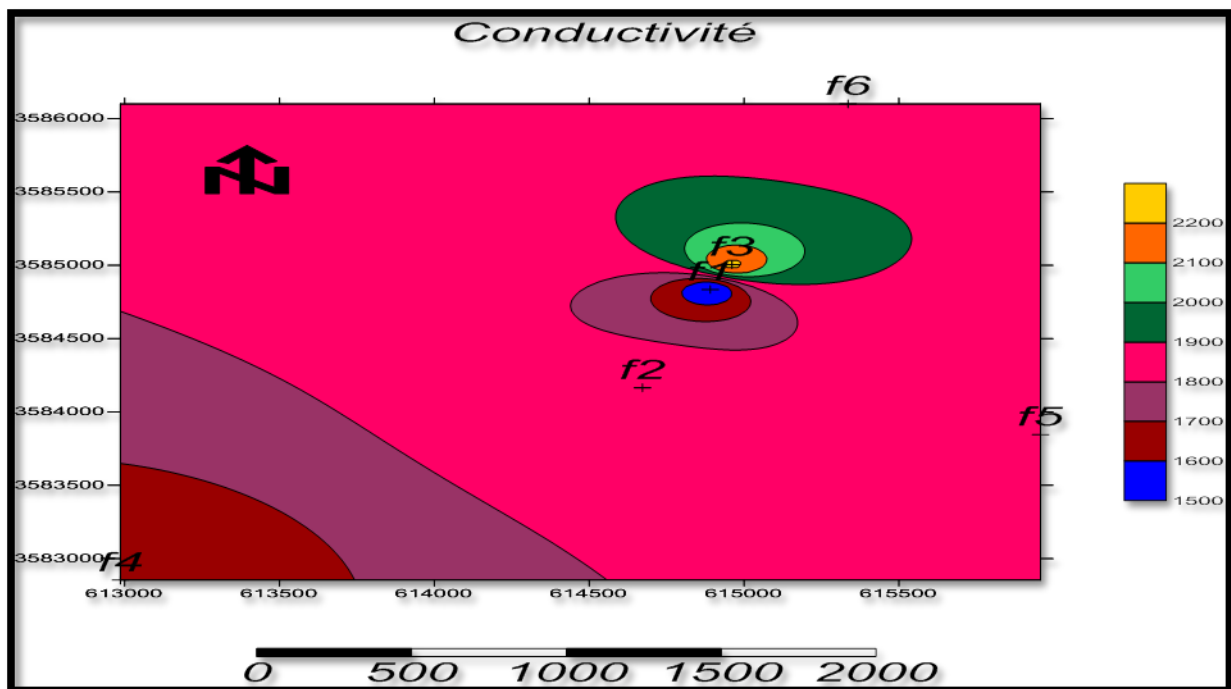
Les valeurs de la conductivité (figure 31 et cartes 08 et 09) varient entre et de 1504 à 2220  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour la nappe albienne et de 2730 à 6350  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour la nappe phréatique. Les valeurs de la nappe albienne sont admissibles d'après les normes d'OMS, donc ces eaux ne sont pas salines.

Par contre, les valeurs de la nappe phréatique dépassent les normes OMS.

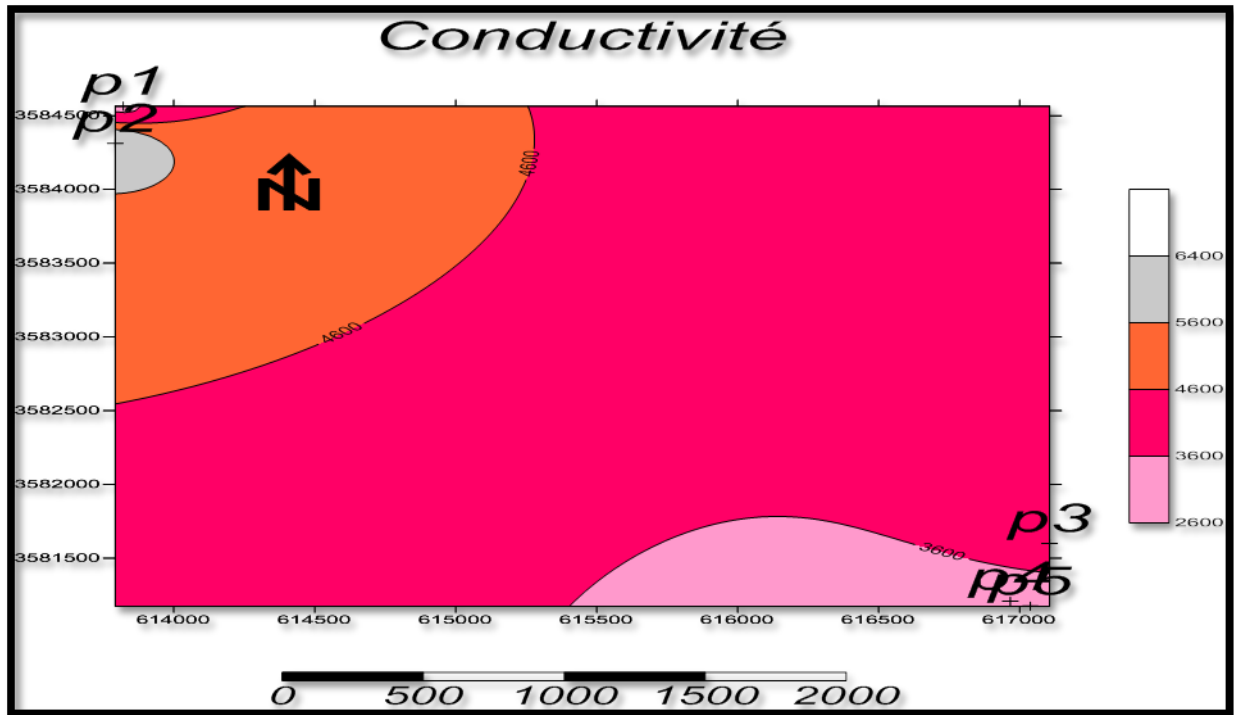
Ce qui implique une salinité d'eau élevé. À causes du taux élevés des différents ions chimiques déjà déterminés dans les eaux souterraines de cette nappe, dont la cause principale et l'infiltration des eaux d'irrigation en plus à l'utilisation de fertilisants et pesticides chimiques.



**Figure 31 :** Variation de la conductivité électrique par rapport à la norme OMS



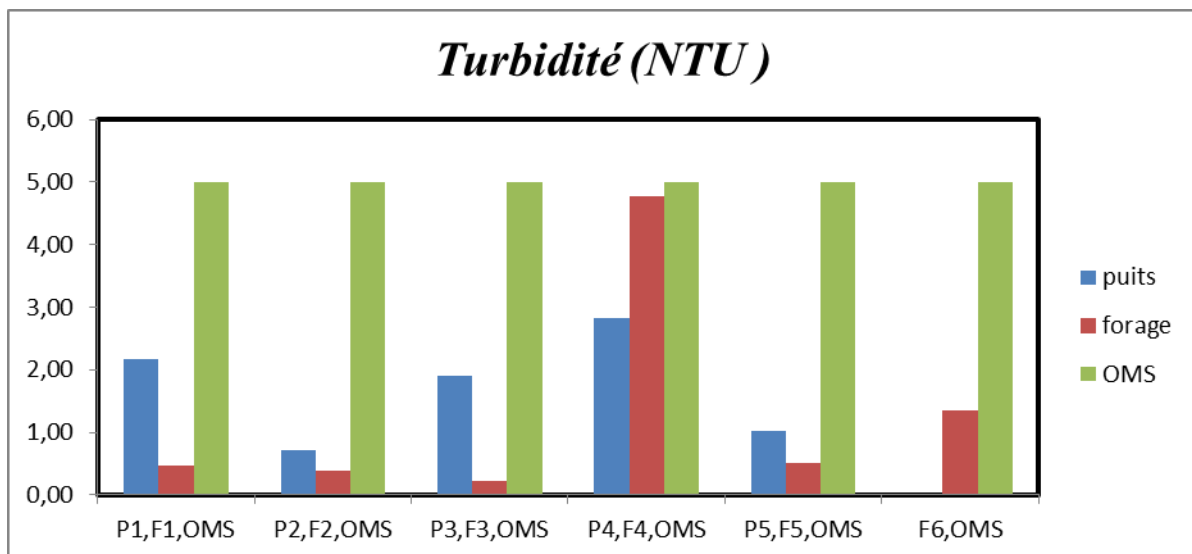
**Carte 08 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de conductivité électrique de la nappe albienne



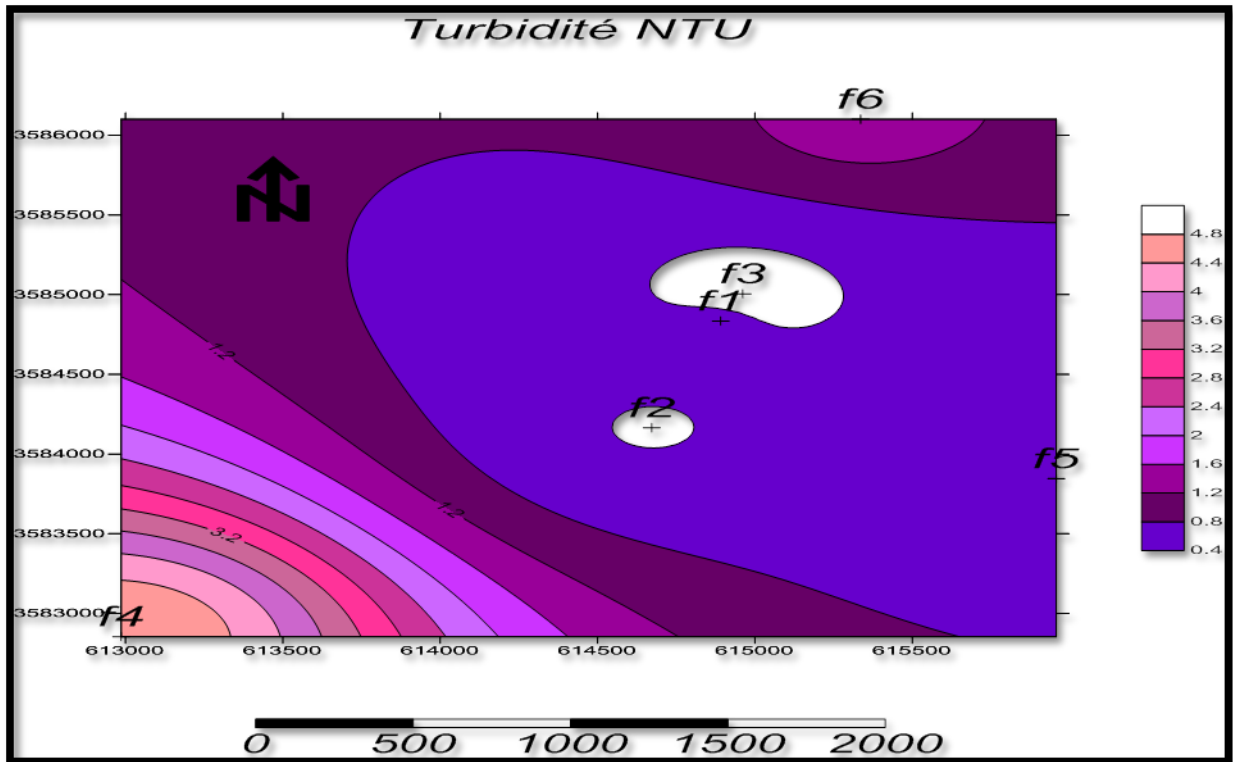
**Carte 09 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de conductivité électrique de la nappe phréatique

#### IV.2.1.4. TURBIDITE

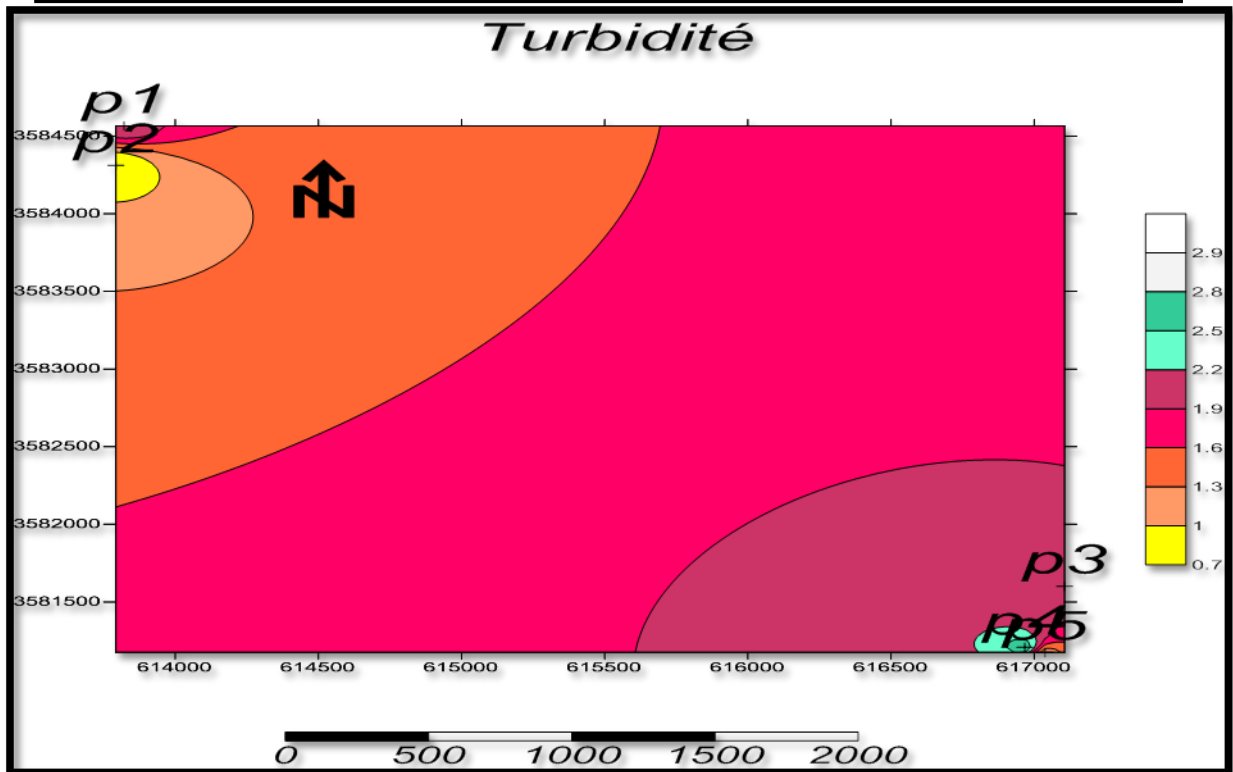
Tous les points d’eaux analysées sont respectent les normes de l’OMS Les eaux souterraines ne sont pas turbides (figure 32 et les cartes 10 et 11).



**Figure 32 :** Variation de la turbidité par rapport à la norme OMS



Carte 10 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de turbidité de la nappe albiennaise



Carte 11 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de turbidité de la nappe phréatique



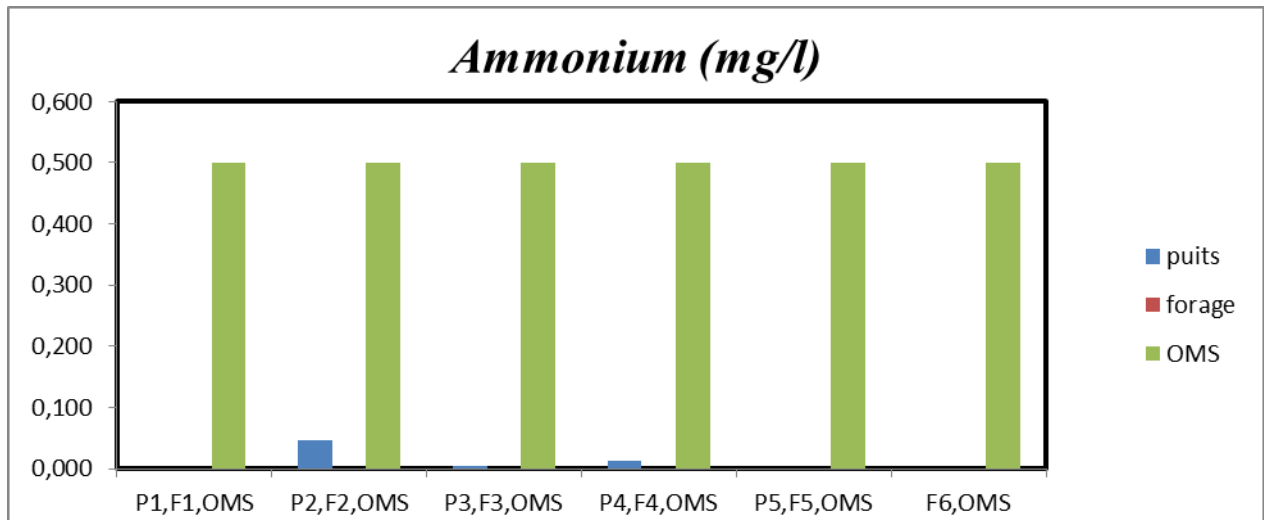
## IV.2.2.PARAMETRES DE POLLUTION

### IV.2.2.1.AMMONIUM

Tous les points d'eaux analysées respectent les normes de l'OMS.

Dans les eaux souterraines, l'ammonium est sous forme de trace.

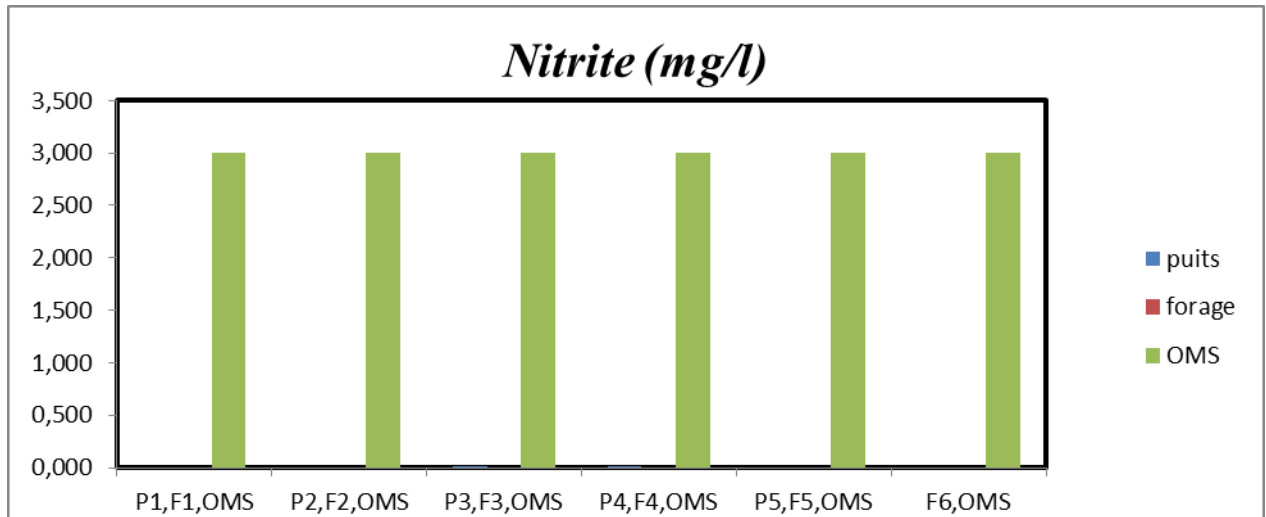
Les résultats obtenus sont indiqués dans l'histogramme de la figure 33.



**Figure 33:** Variation d'ammonium par rapport à la norme OMS

### IV.2.2.2.NITRITE

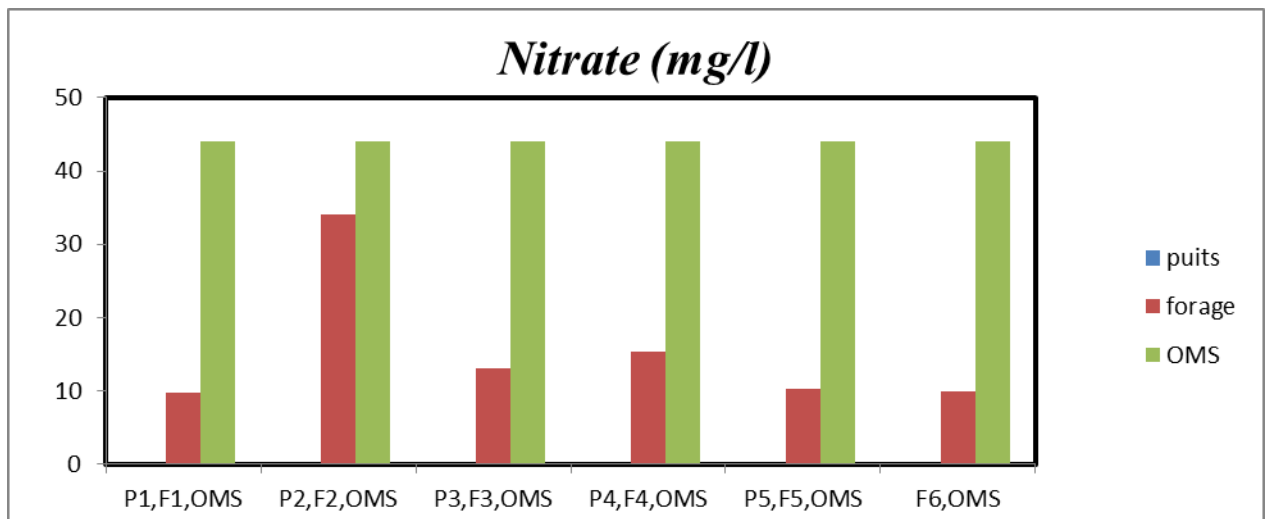
La teneur en nitrites est relativement très faible par rapport aux autres éléments car il présente une valeur presque nulle au niveau du puits et forages qui sont acceptables aux normes de l'OMS. (figure 34).



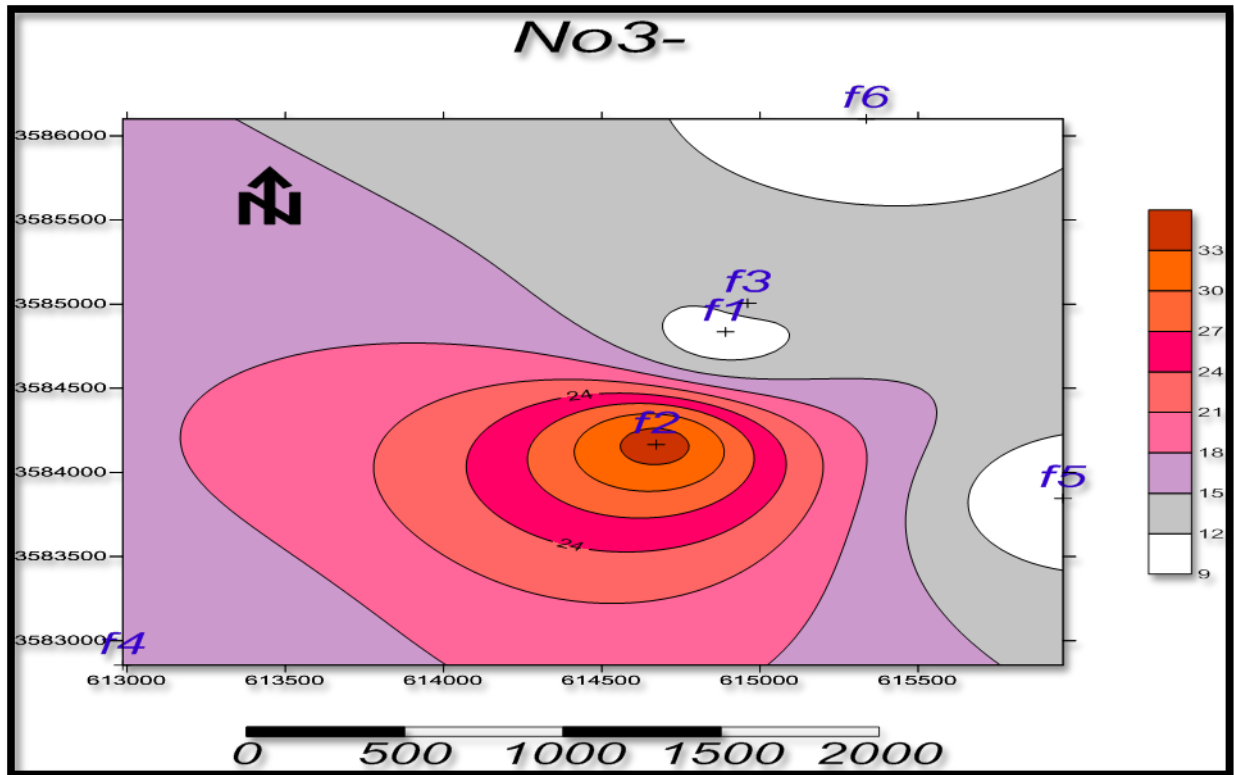
**Figure 34 :** Variation de nitrite par rapport à la norme OMS

### IV.2.2.3.NITRATE

La teneur en nitrate est relativement nulle pour les eaux de la nappe phréatique, et compris entre 9.75 et 34.11. Donc tous les résultats sont acceptables aux normes de l'OMS. (figure 35 et la carte12).



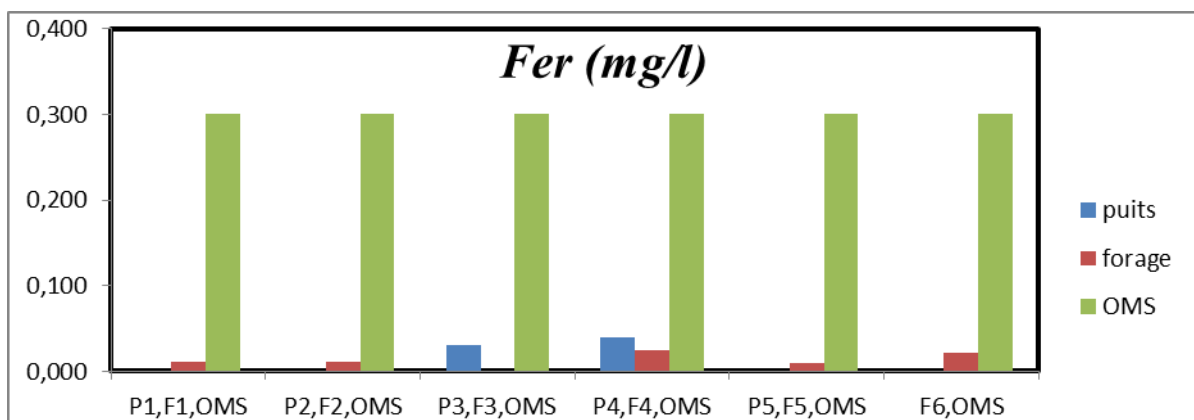
**Figure 35 :** Variation de nitrate par rapport à la norme OMS



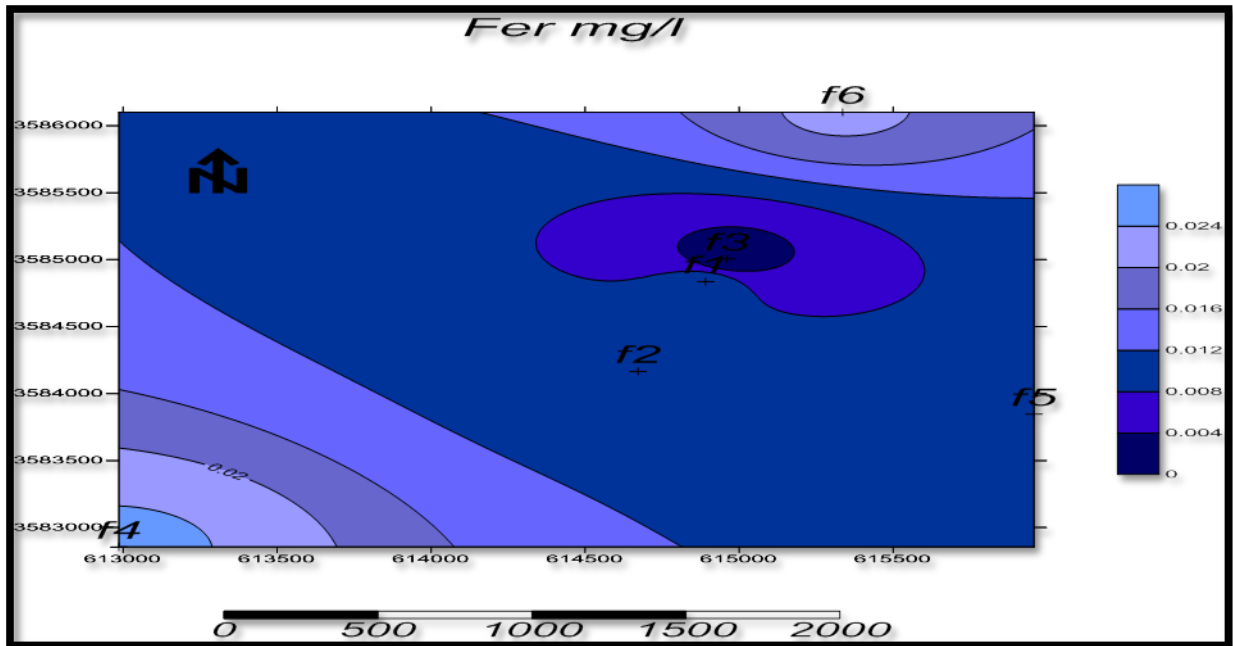
**Carte 12 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de nitrate de la nappe albienne

#### IV.2.2.4.FER

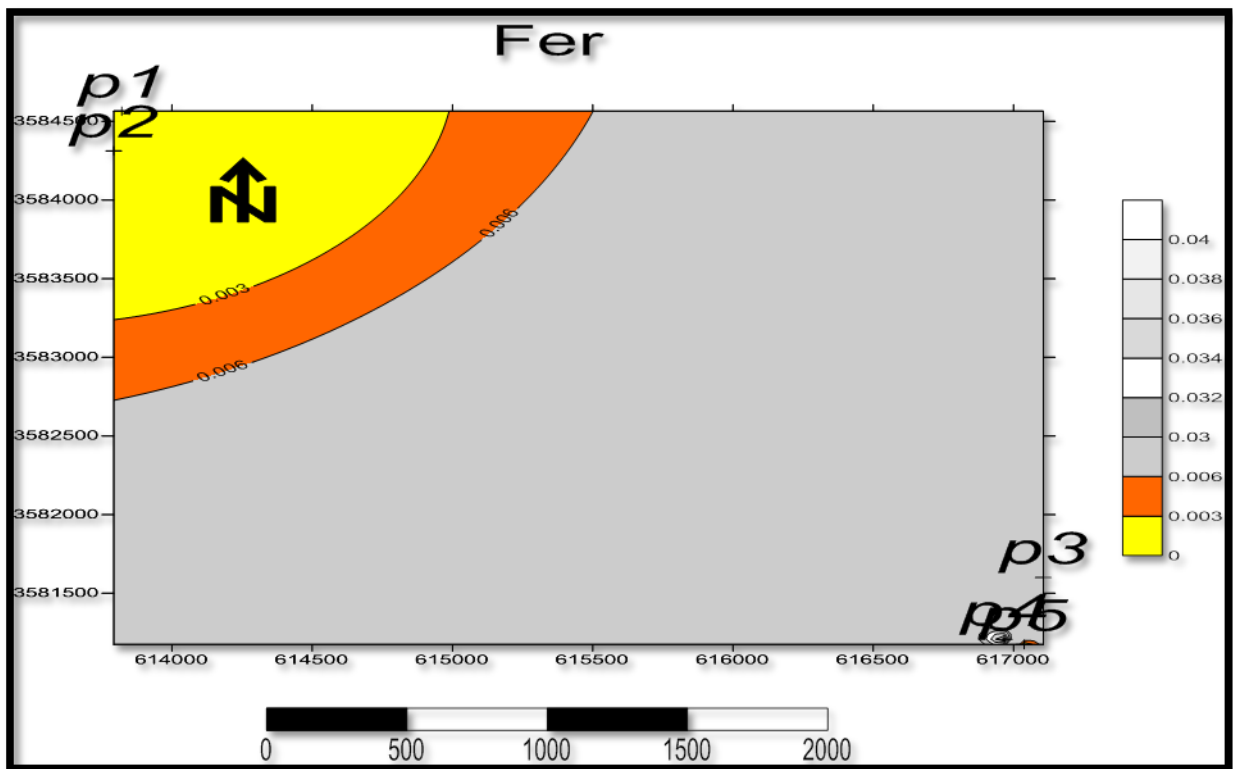
Les valeurs des concentrations en fer ferreux pour la nappe albien et phréatique étant très faibles, elles sont sous forme de trace et respectent les normes d’OMS (figure36 et les cartes 13 et 14).



**Figure 36 :** Variation du fer par rapport à la norme OMS



Carte 13 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de fer de la nappe albienne



Carte 14 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de fer de la nappe phréatique

PHOSPHATES ( $PO_4^{-3}$ )

Les valeurs de la concentration en phosphate de tous les points analysés sont en largement inférieur à la norme OMS (Figure37 et carte15).

Pour la nappe phréatique les teneurs de phosphate sont nuls. Par contre, la nappe albienne a des teneurs de phosphate mais sont très faible.

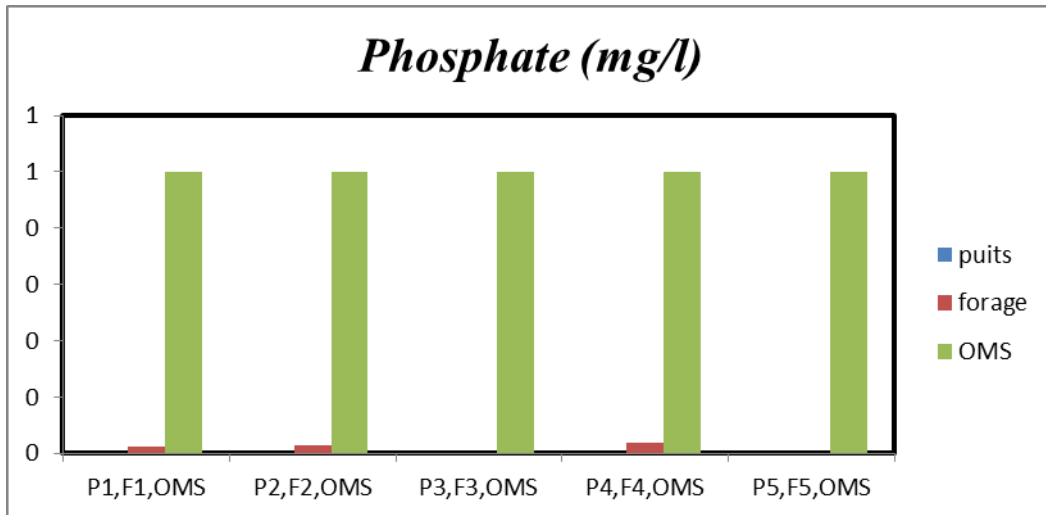
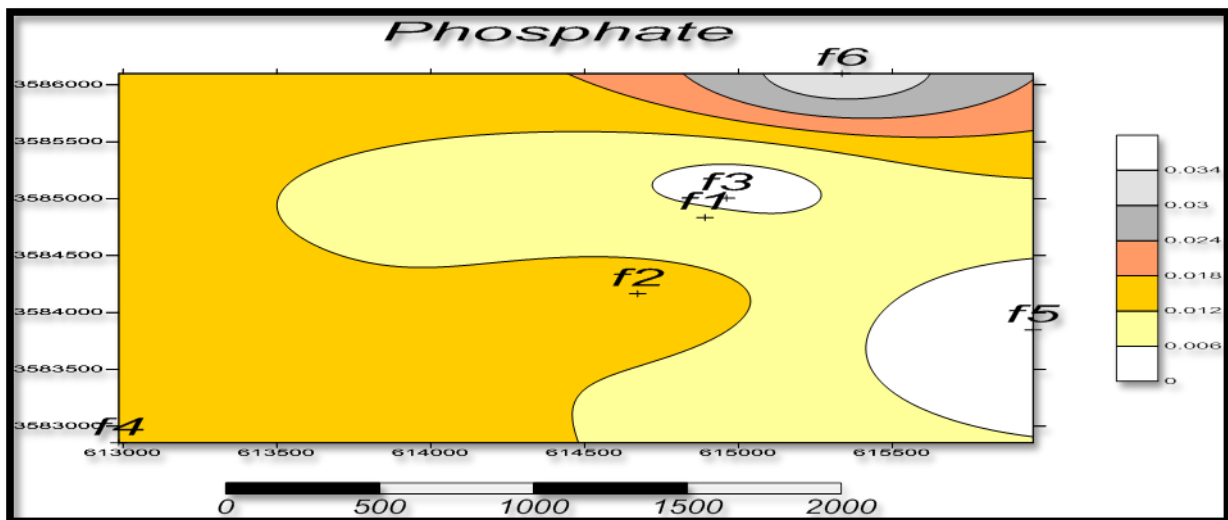


Figure 37 : Variation du phosphate par rapport à la norme OMS



Carte 15 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de phosphate de la nappe albienne

### IV.2.3. MINERALISATION GLOBALE

IV.2.3.1.CALCIUM

D'après les résultats, les teneurs en calcium de la nappe albienne sont conformes aux normes de l'OMS. Elles sont comprises entre 125,04 et 147,49mg/l. Par contre, tous les teneurs de calcium de la nappe phréatique dépassent les normes elles sont entre 261.88 et 387.052mg/l.

Les résultats sont représentés dans la figure 38 et les cartes 16 et 17.

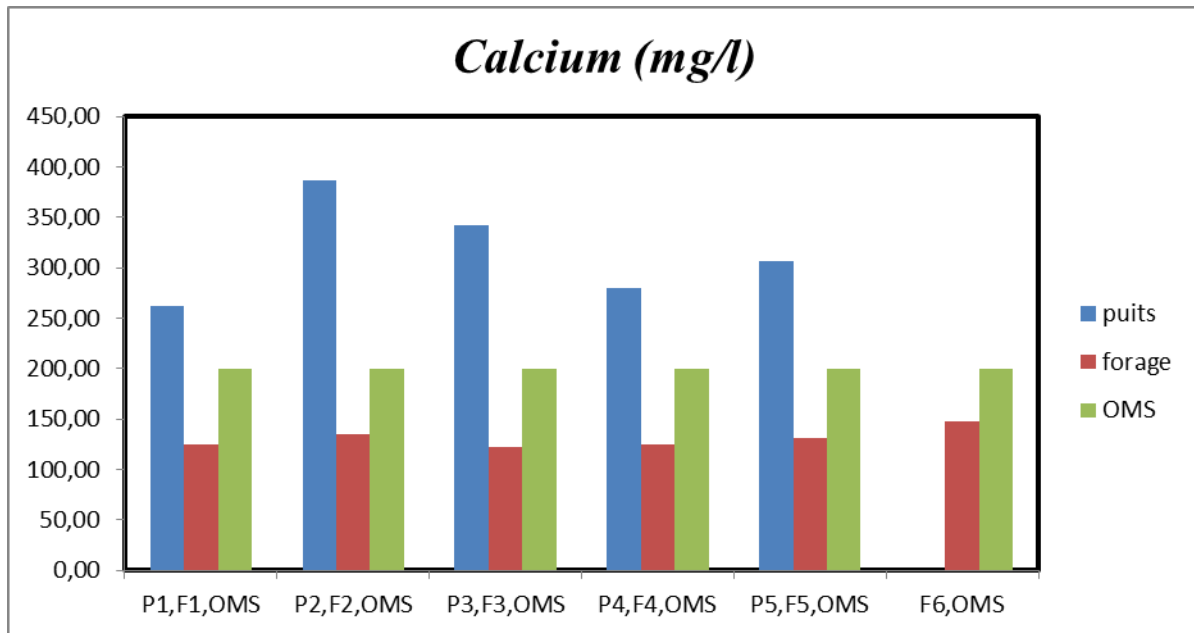
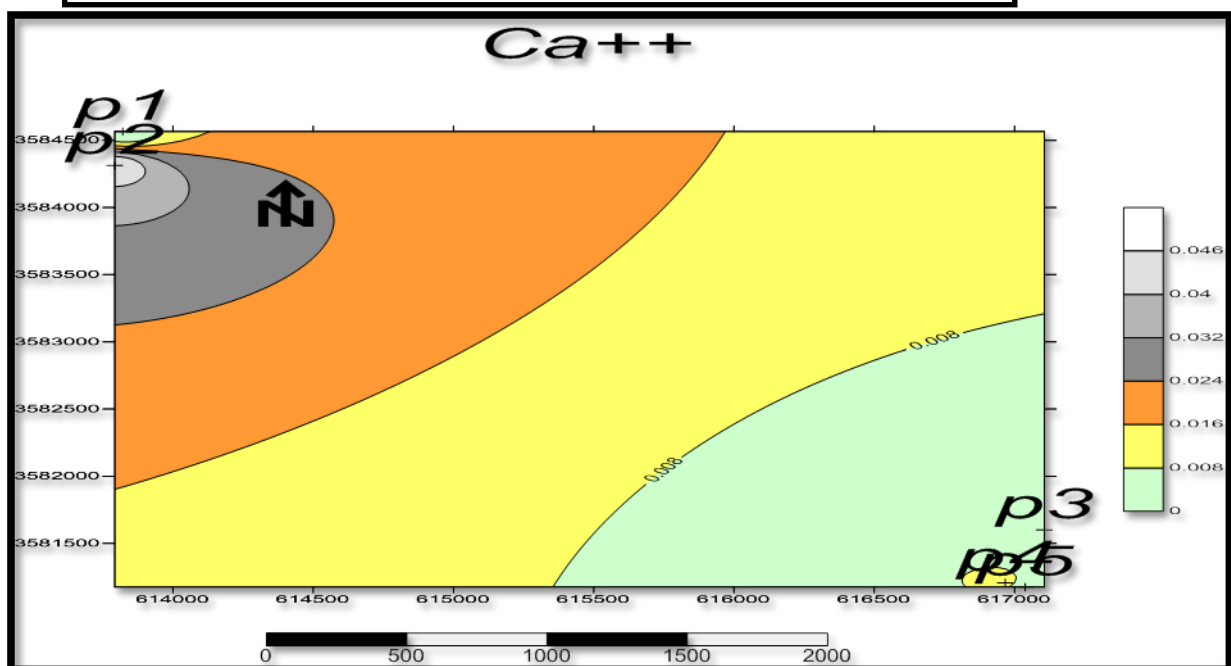
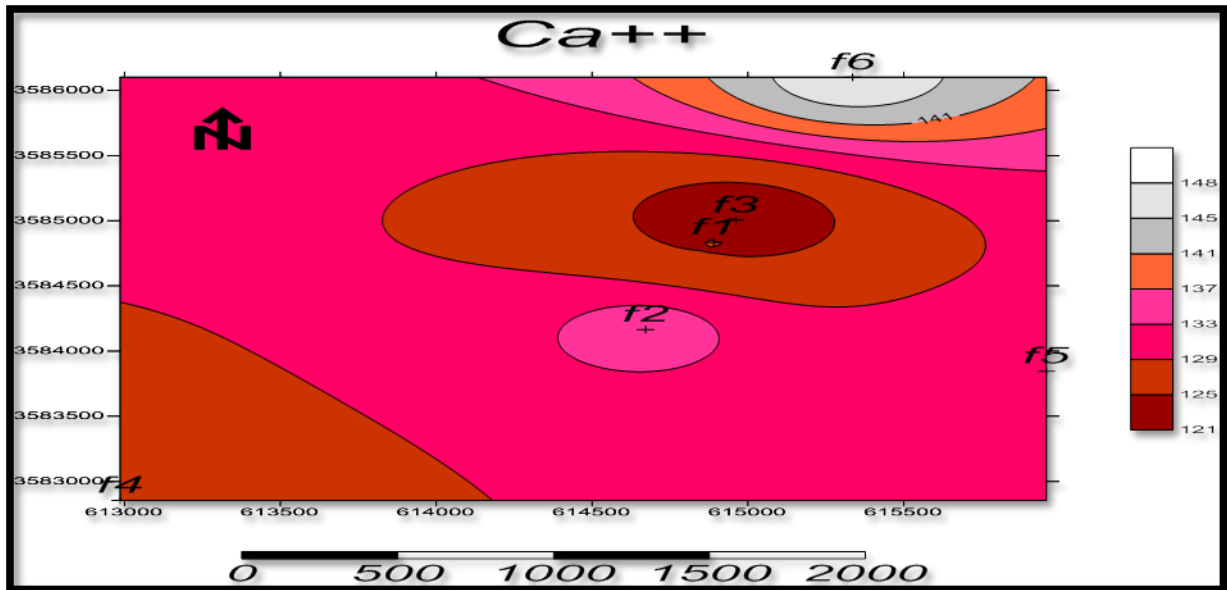


Figure 38 : Variation du calcium par rapport à la norme OMS



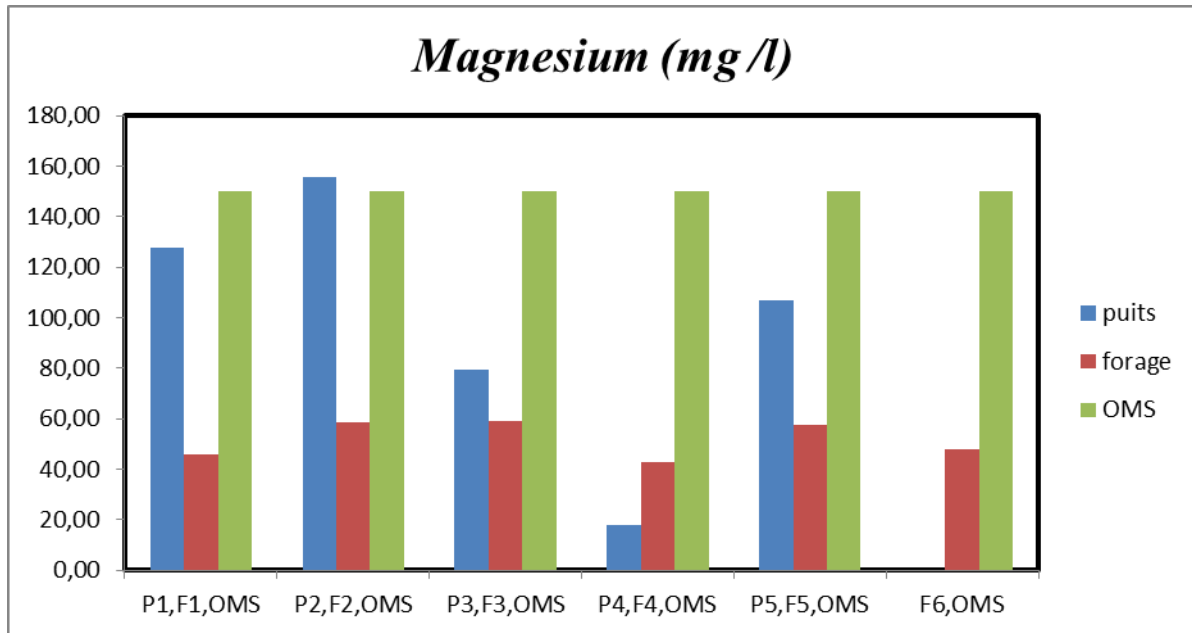
Carte 16 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de calcium de la nappe albienne



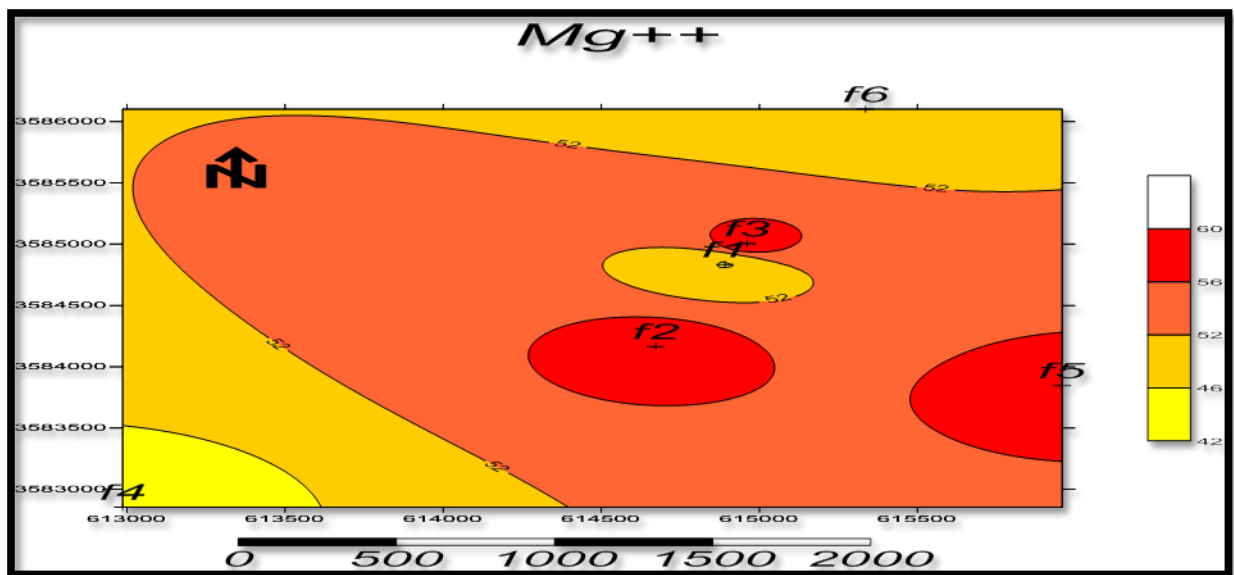
**Carte 17** : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de calcium de la nappe phréatique

#### IV.2.3.2.MAGNESIUM

Les résultats obtenues montrent que la concentration de  $Mg^{2+}$  varie entre 17,80 et 155,36 mg/ l pour la nappe phréatique. Et entre 42,76 et 59,29mg/l pour la nappe albienne. Donc les deux nappes respectent la norme de l’OMS. (figure 39 et les cartes 18 et 19).

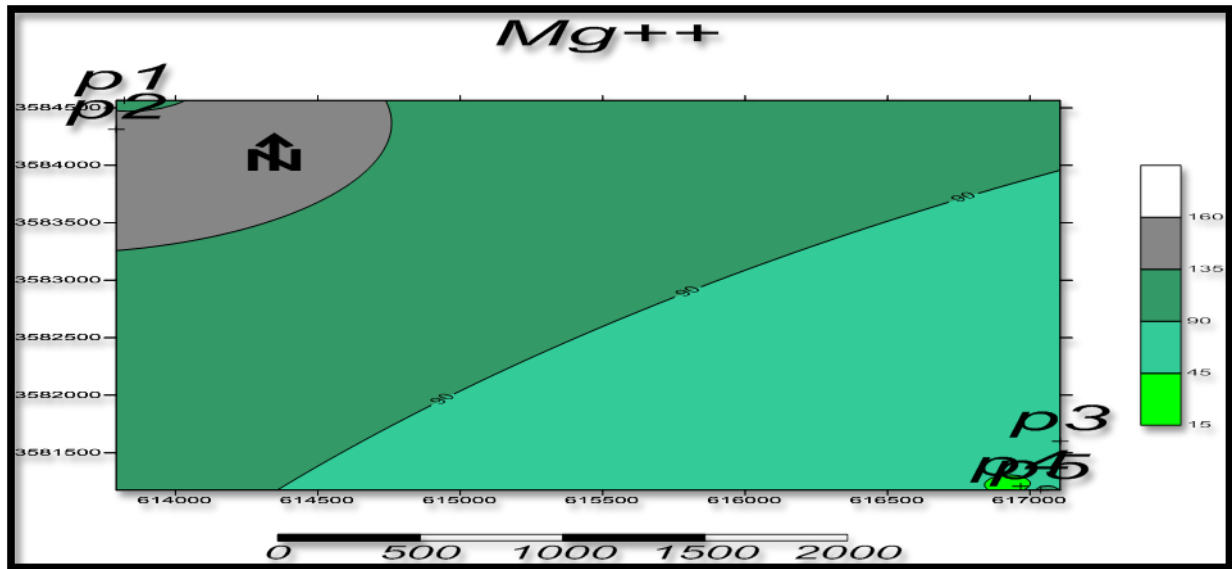


**Figure 39 :** Variation du magnésium par rapport à la norme OMS



**Carte 18 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de magnésium de la nappe albiennaise



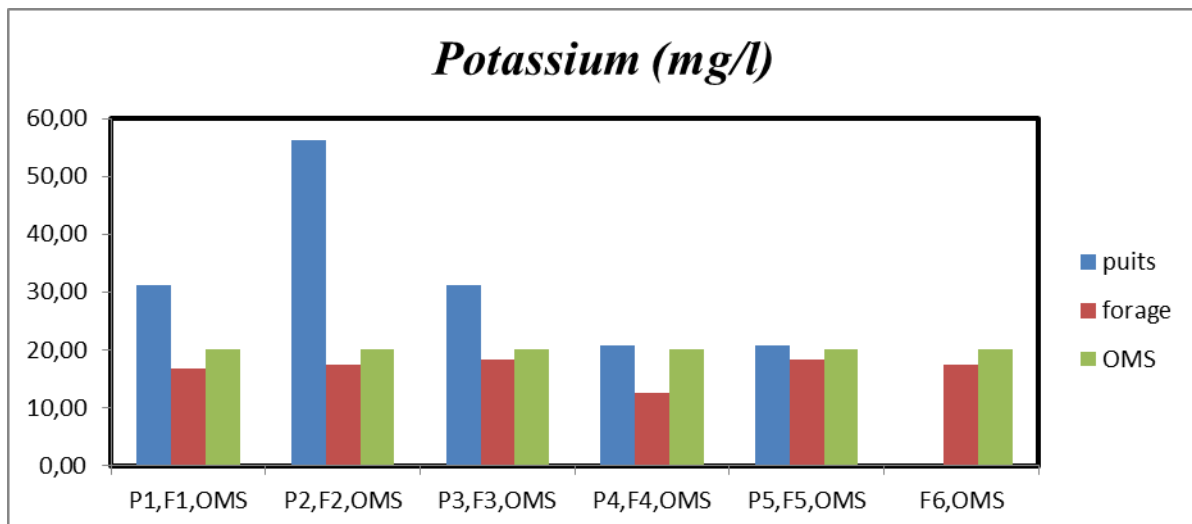


**Carte 19 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de magnésium de la nappe phréatique

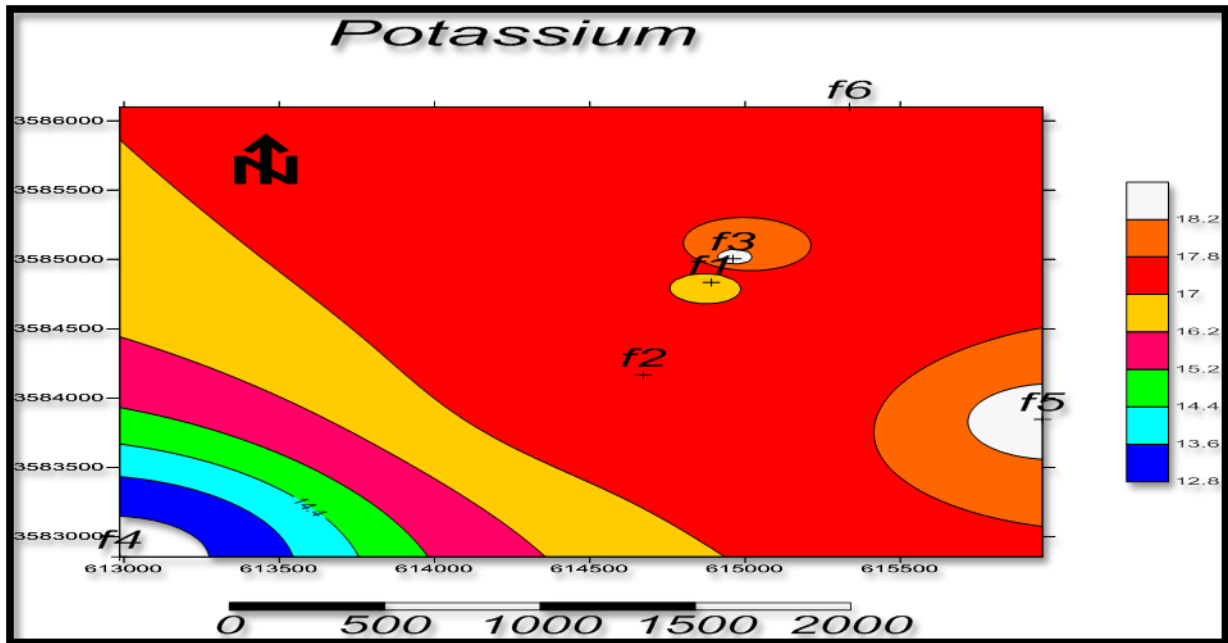
#### IV.2.3.3.POTASSIUM

Nous observons que les concentrations de potassium dans les eaux de la nappe albienne sont acceptables d’après les normes d’OMS. Elles sont dans l’intervalle de 12,5 à 18,33 mg/ l.

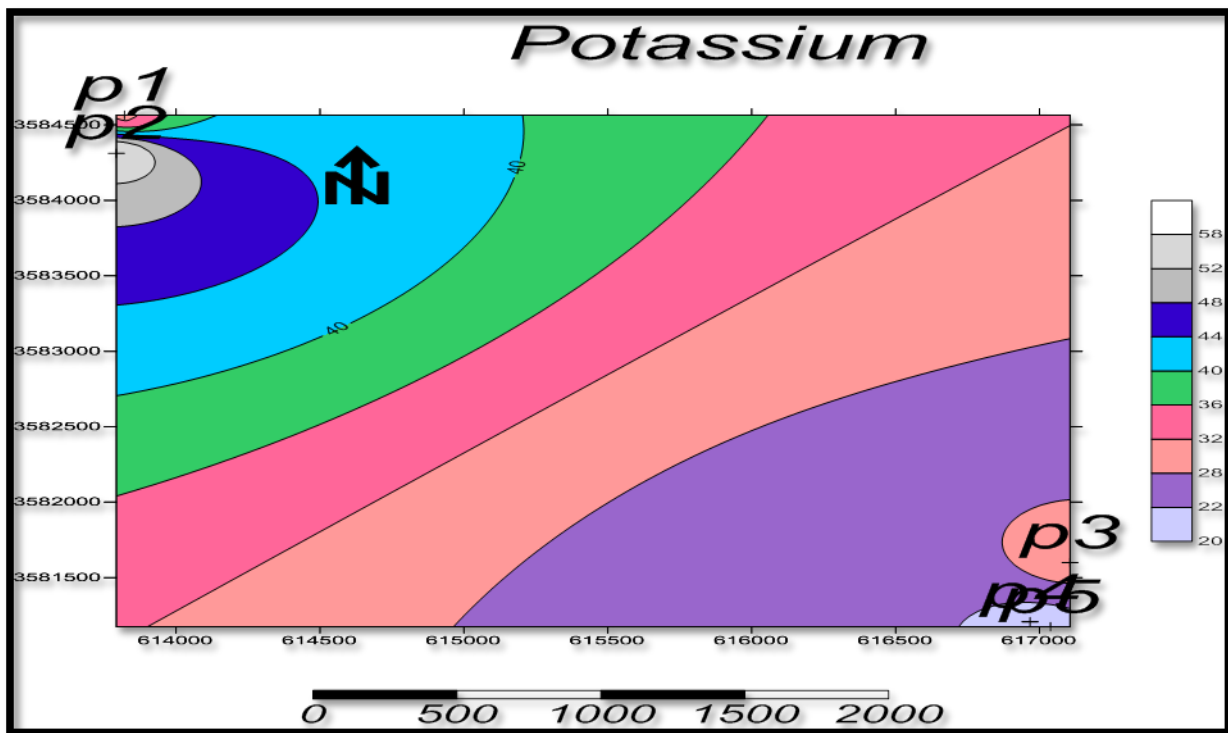
Par contre, les eaux de la nappe phréatique ont dépassé la norme. Elles sont comprises entre 20,83 et 56,25mg/l. (figure 40 et les cartes 20 et 21).



**Figure 40 :** Variation du potassium par rapport à la norme OMS



Carte 20 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de potassium de la nappe albienne



Carte 21 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de potassium de la nappe phréatique

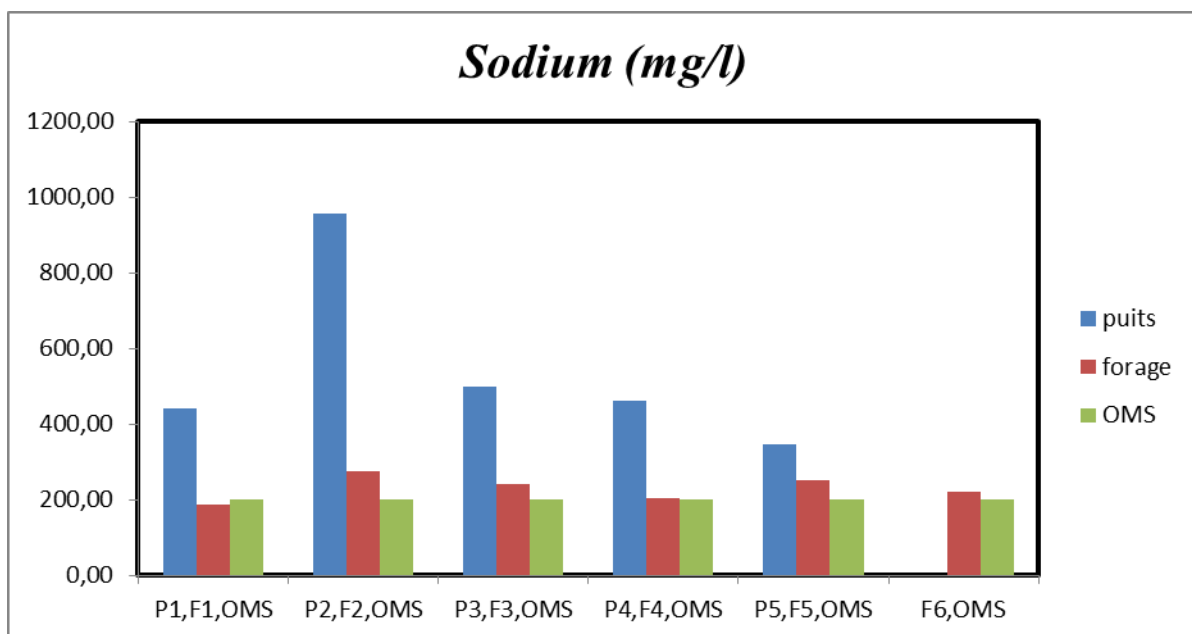
#### IV.2.3.4.SODIUM

Nous avons observé que tous les teneurs en sodium pour les deux nappes : phréatique et albienne dépassent les normes de l'OMS, à l'exception le forage N°4 qui respecte la norme.

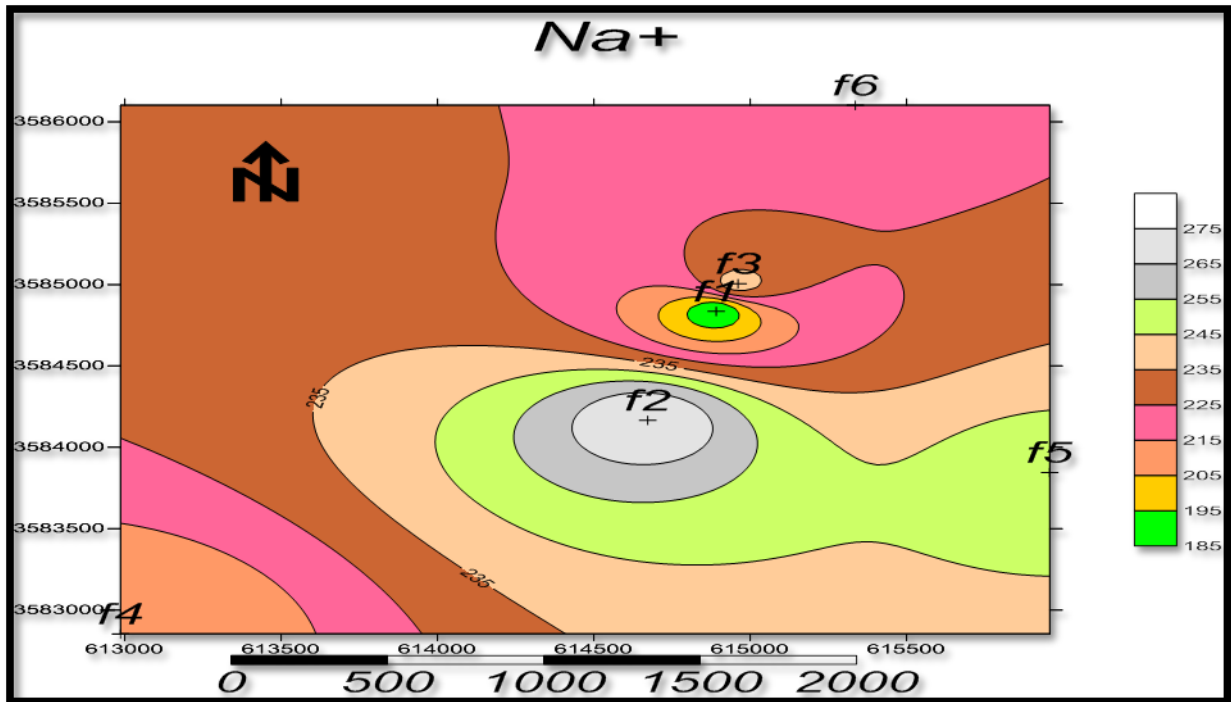
Les teneurs de sodium de la nappe phréatique sont très élevés par rapport à la nappe albienne.

Elles sont comprises entre 345,45 et 957,14mg/l.

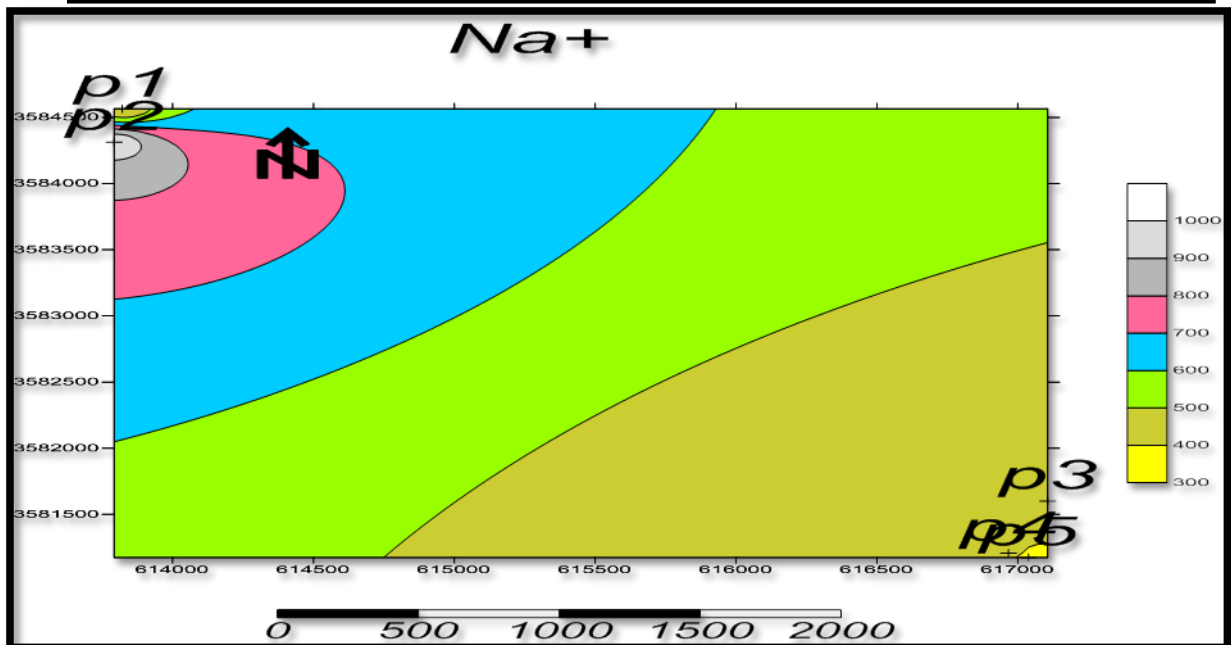
Les teneurs de sodium de la nappe albienne varie entre un minimum de 186.36 et maximum de 275 mg/l.(figure 41 et les cartes 22 et 23).



**Figure 41 : Variation du sodium par rapport à la norme OMS**



**Carte 22 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de sodium de la nappe albienne



**Carte 23 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de sodium de la nappe phréatique

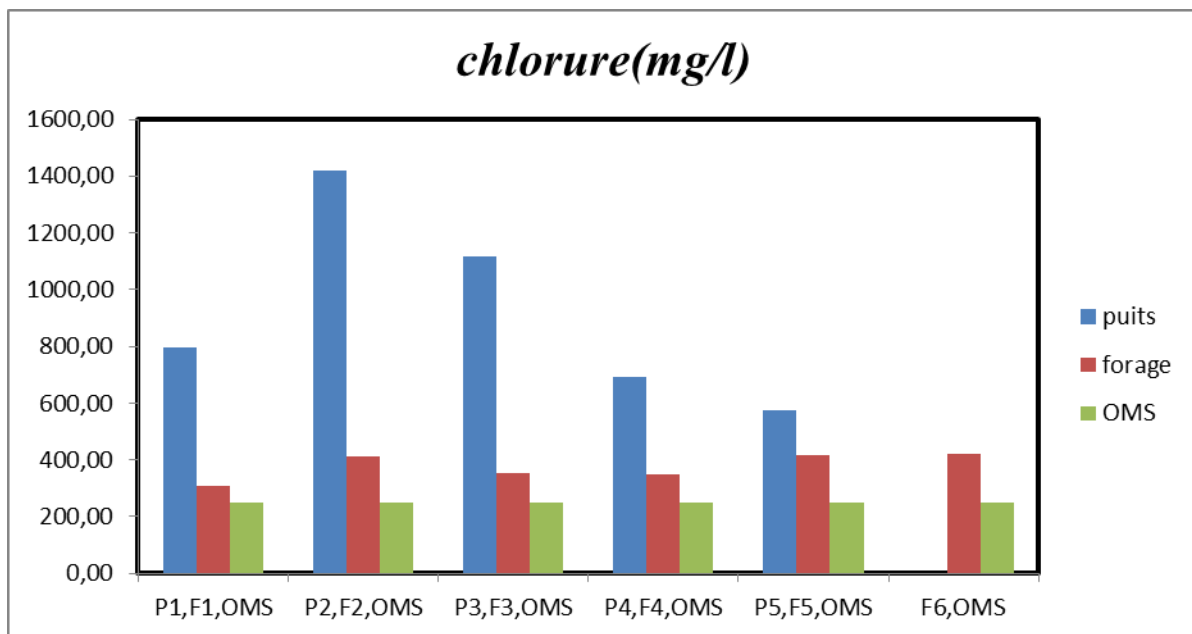
#### IV.2.3.5.LES CHLORURES (CL -)

Les chlorures sont rencontrés en grande quantité dans les eaux souterraines et proviennent de la dissolution du sel par lessivage des terrains salifères et du rejet des eaux d'origine agricole.

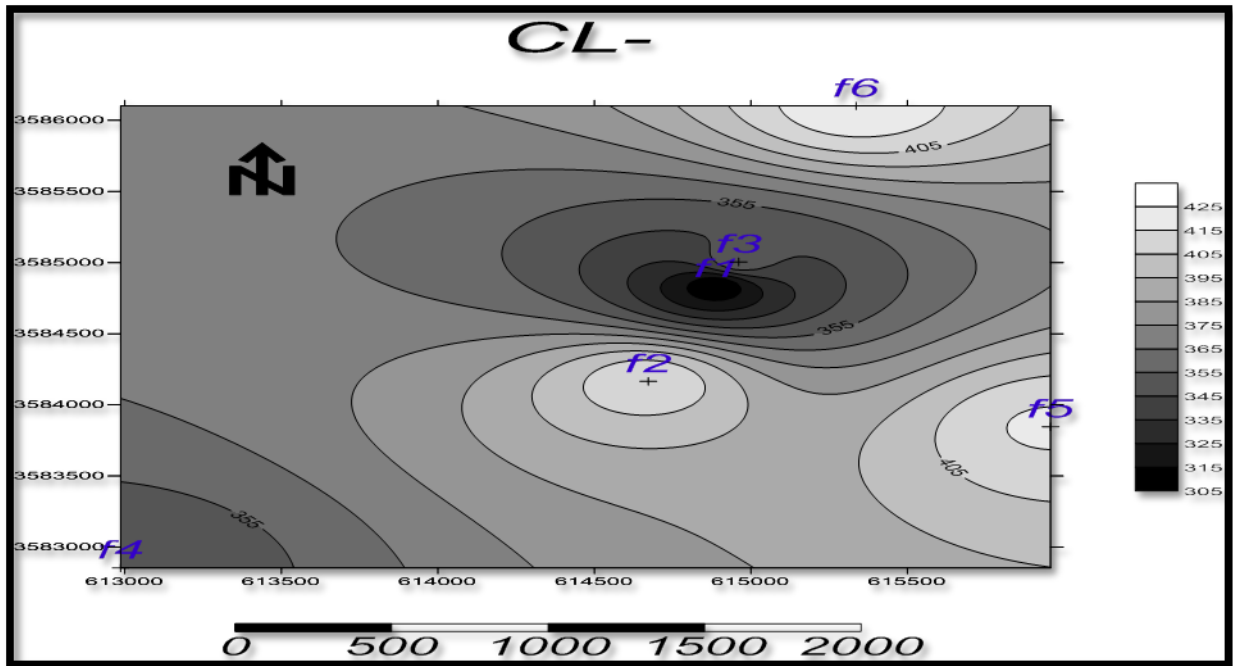
Après les analyses, nous avons observé que le taux de chlorures pour les deux nappes est hors norme.

Aussi on observe qu'il y a une grande différence entre les teneurs de chlorure pour les deux nappes. la nappe phréatique contient des grandes quantités de chlorure, elles sont entre 572,92 et 1418,12mg/l. Et pour les eaux de la nappe albienne entre 306,31 et 422,52mg/l.

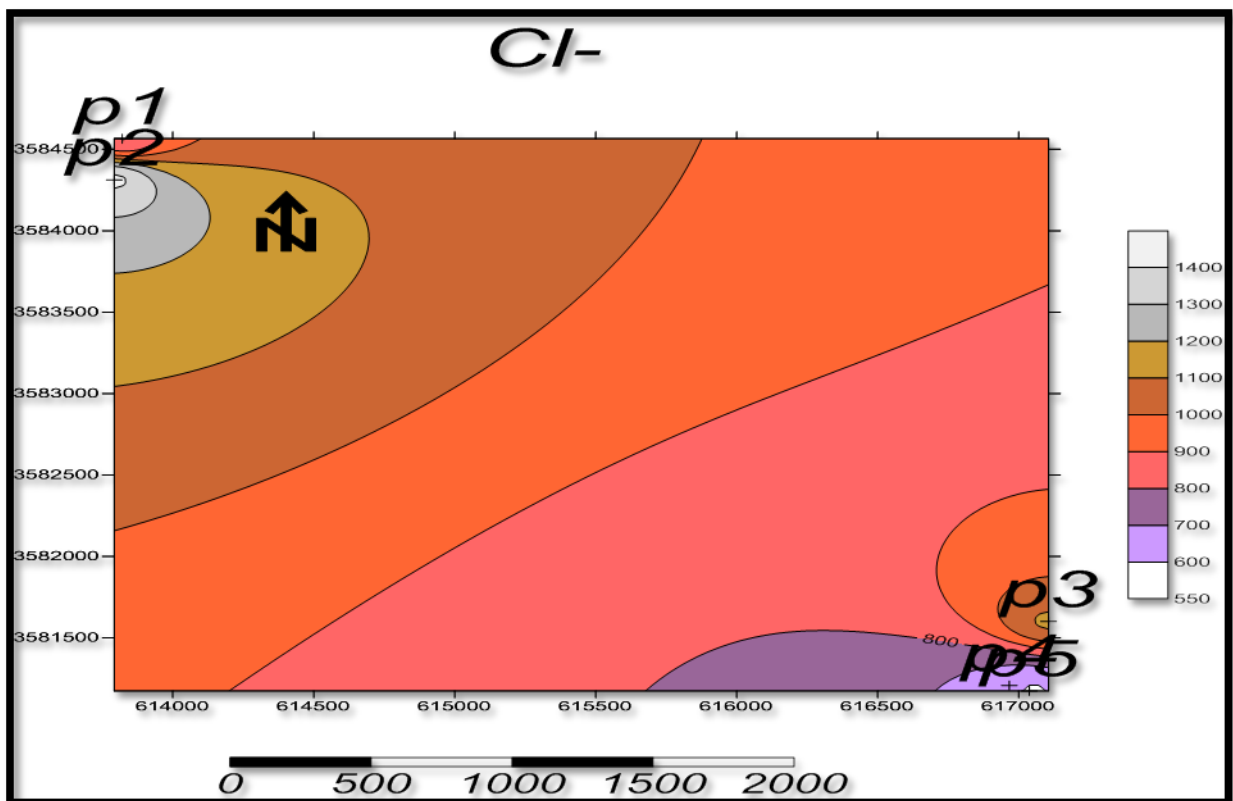
Les résultats sont représentés dans la figure 42 et les cartes 24 et 25.



**Figure 42 : Variation de chlorure par rapport à la norme OMS**



**Carte 24 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de chlorure de la nappe albienne



**Carte 25 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de chlorure de la nappe phréatique

### IV.2.3.6.LES SULFATES (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

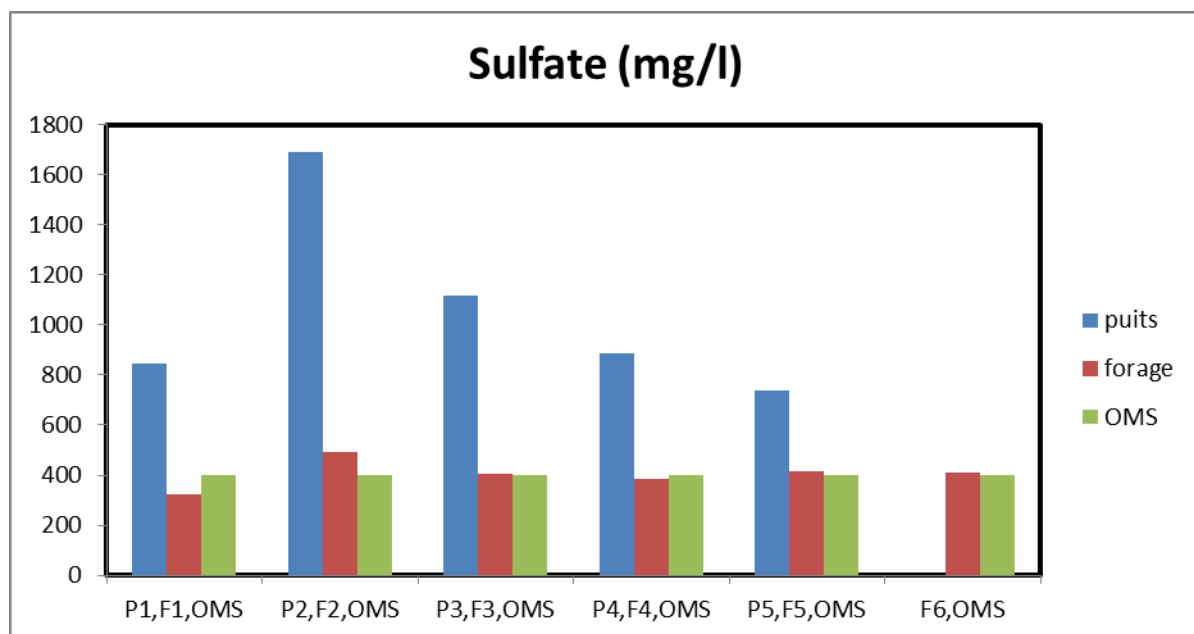
Ils sont toujours présents dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau provient soit :

- De la légère solubilité des sulfates calcium (CaSO<sub>4</sub>) dans les formations gypseuses.
- Du lessivage des terrains argileux et marneux.
- Des eaux usées contenant de l'acide sulfurique.

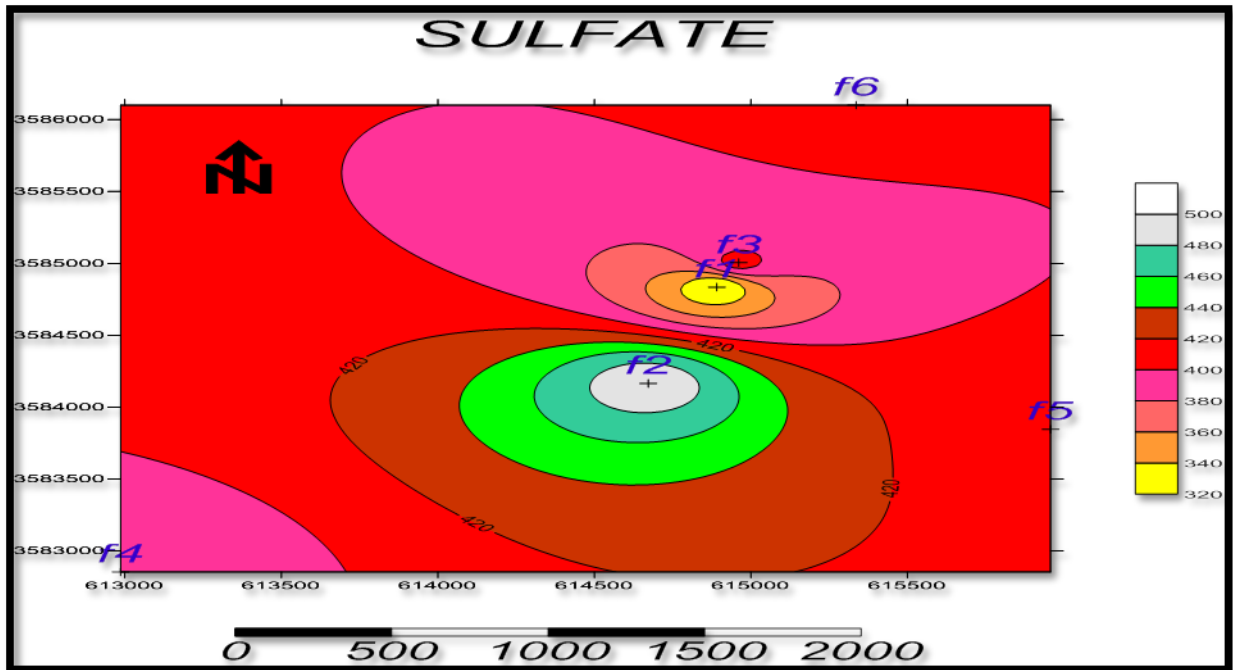
Cette cause est due à une source de pollution de surface, favorisant d'avantage l'option d'utilisation des pesticides agricoles.

Pour la nappe albienne, on observe que les concentrations en sulfates sont élevés, elle atteint un maximum de 493,86 mg/ l pour le forage N02, et une valeur minimale de 321.009 mg/l pour le forage N01.

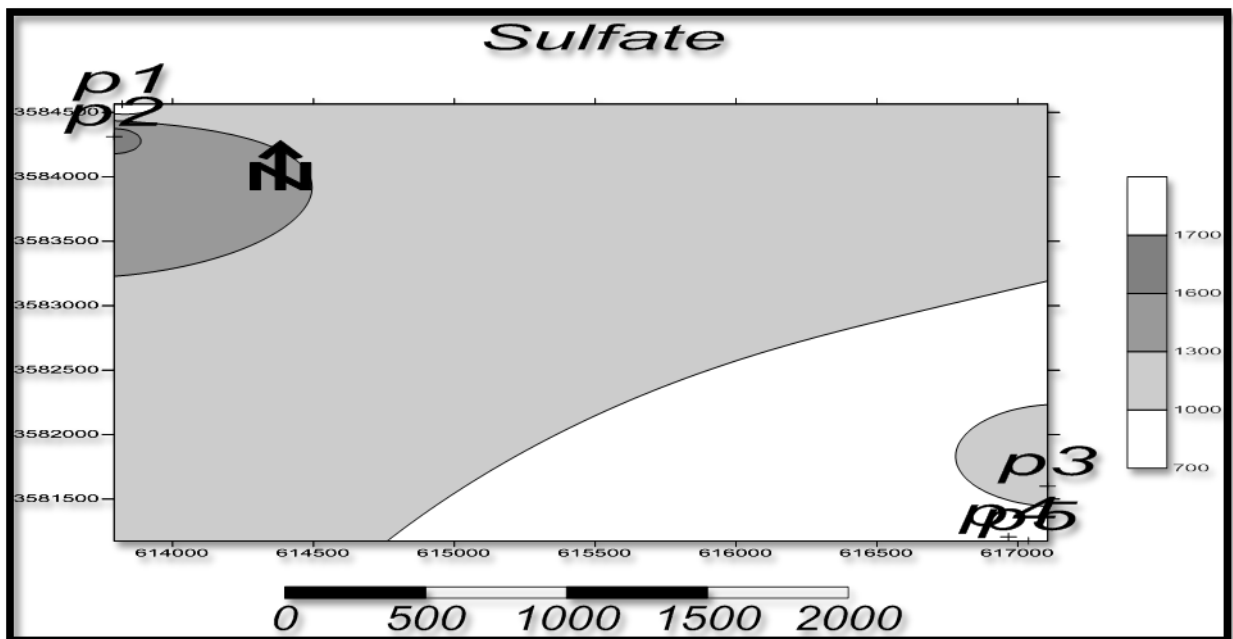
Pour la nappe phréatique tous les tenurs en sulfate dépassent largement la norme OMS avec une valeur minimale de 740.79>400 mg/l qui représente la norme d'OMS de sulfate.(Figure 43 et les cartes 26 et 27).



**Figure 43** : Variation de sulfate par rapport à la norme OMS



**Carte 26 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de sulfate de la nappe albienne

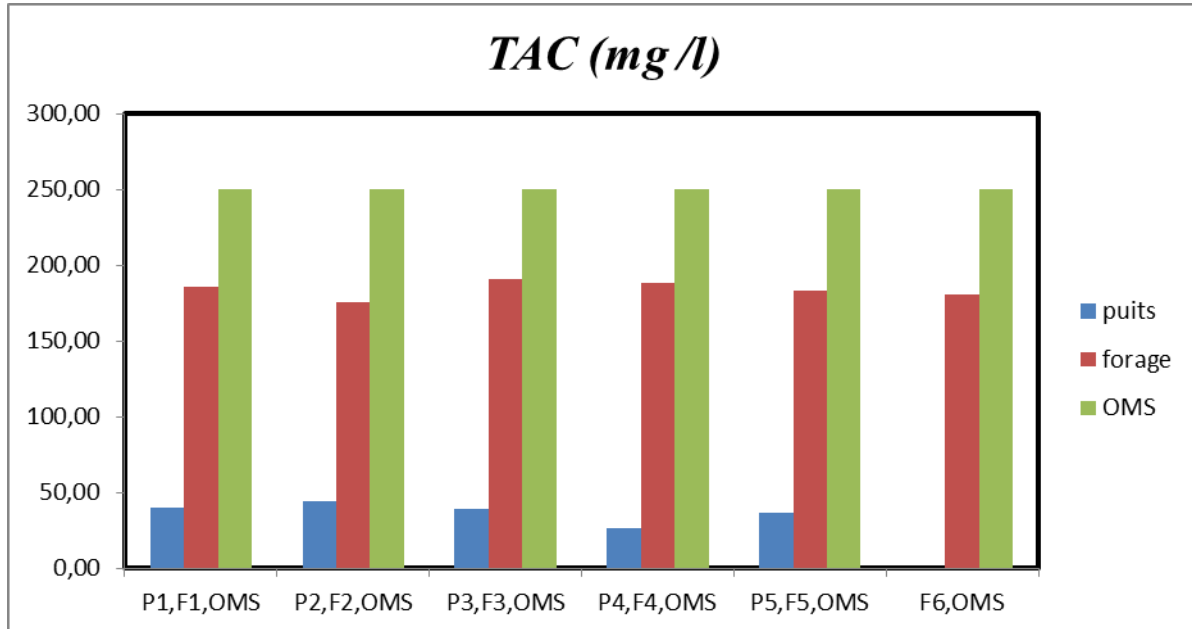


**Carte 27 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de sulfate de la nappe phréatique

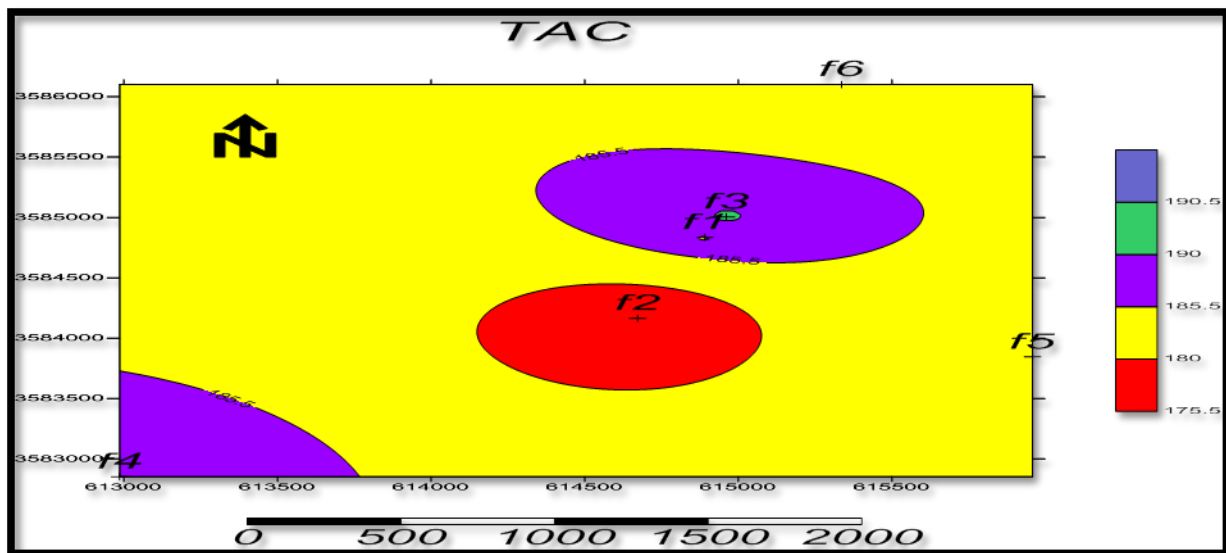
IV.2.3.7.ALCALINITE



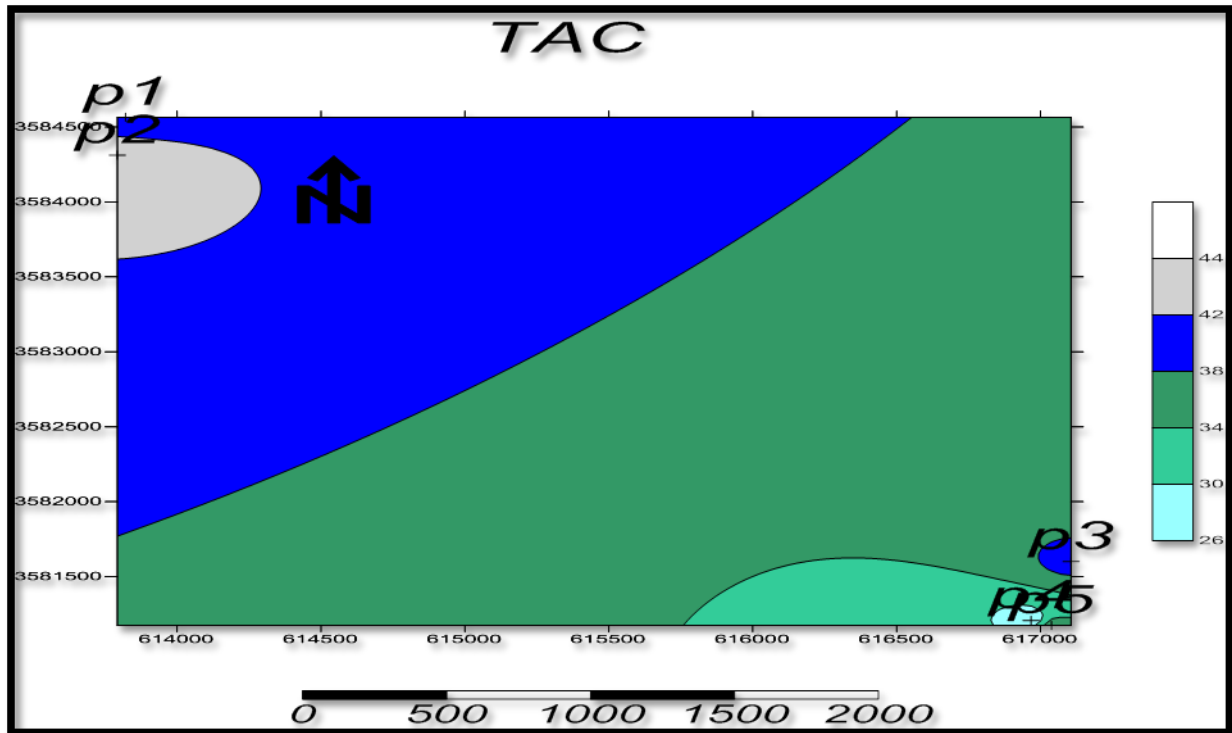
Les eaux de la nappe albienne et phréatique respectent les normes de l’OMS .Nous avons remarqué que les eaux de la nappe albienne ont des teneurs élevés par rapport la nappe phréatique.(Figure 44 et les cartes 28 et 29).



**Figure 44 : Variation de TAC par rapport à la norme OMS**



**Carte 28 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de TAC de la nappe albienne**



**Carte 29** : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de TAC de la nappe phréatique

#### IV.2.3.8.DURETE(TH)

Les points d'eau analysés de la nappe phréatique dépassent la norme admissible, présentant ainsi une eau très dure surtout le puits N°2 par une concentration de 1605,06. Ceci est probablement due aux eaux de drainage.

Pour la nappe albienne, les forages N : 2,3 et 5 dépassent la norme de l'OMS, et les autres sont dans limites des normes.

Ceci est dû à la nature du terrain.

La figure 45 et les cartes 30 et 31 sont représentent les résultats.

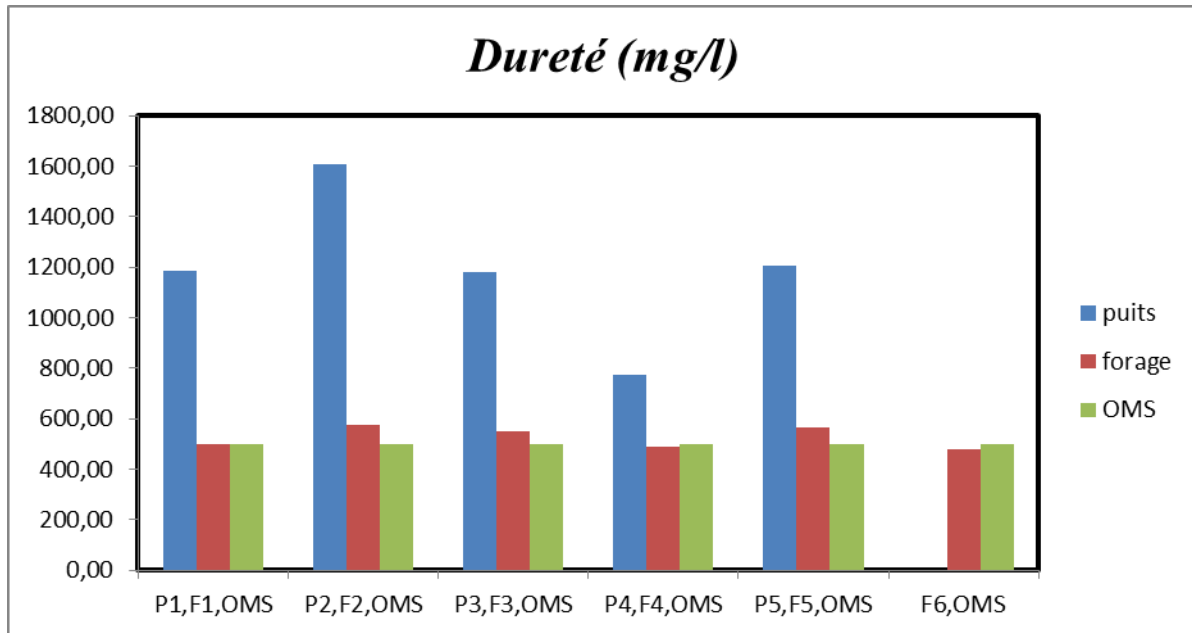
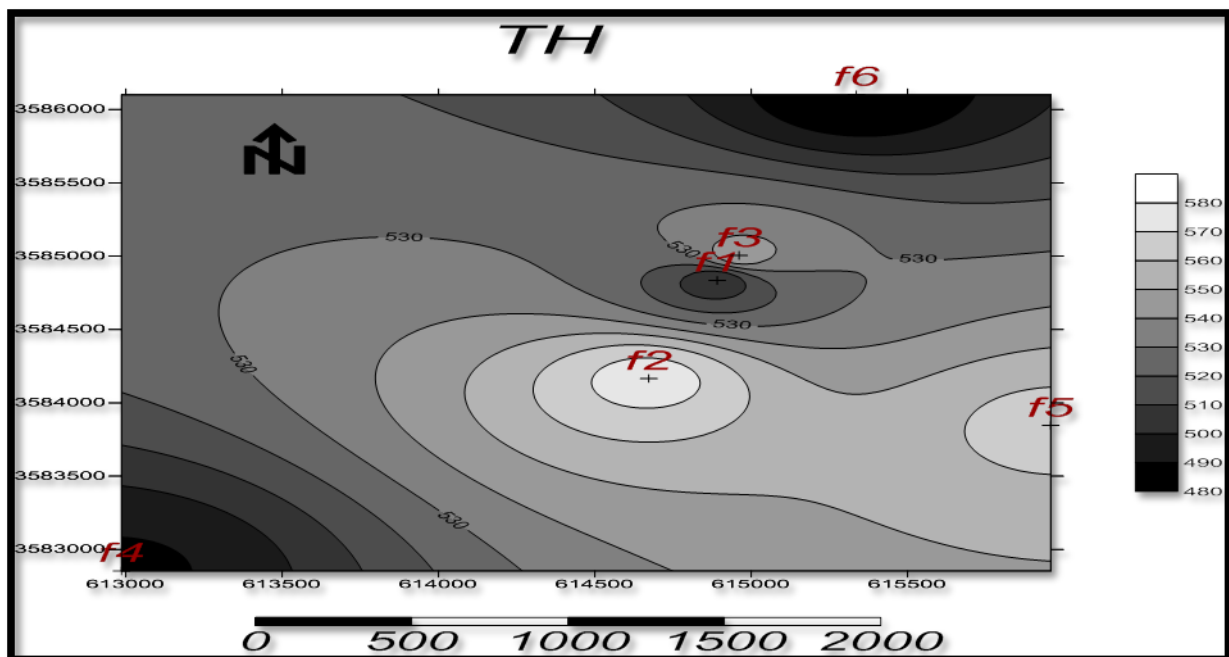
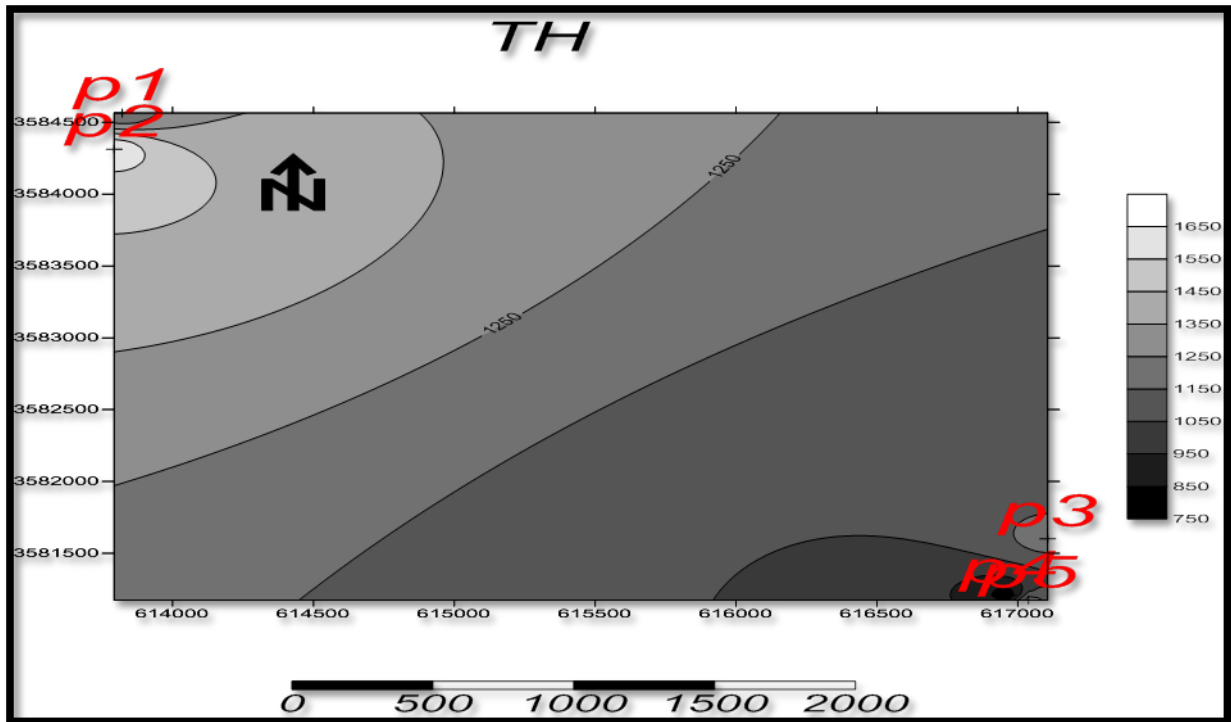


Figure 45 : Variation de la dureté par rapport à la norme OMS



Carte 30 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de TH de la nappe albienne



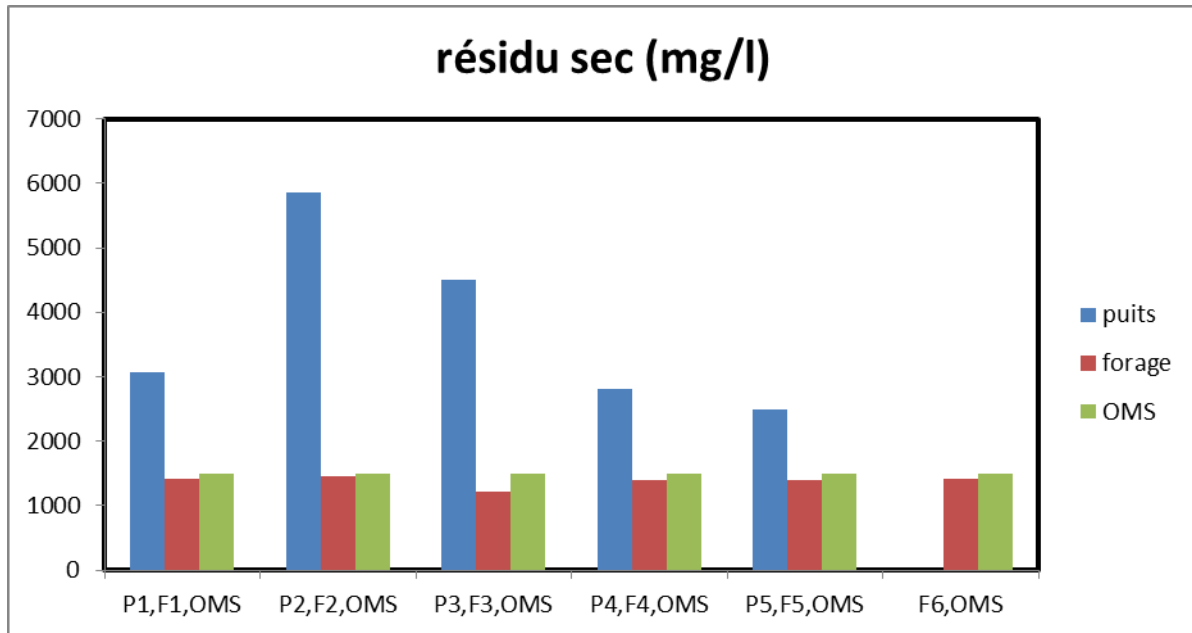
**Carte 31** : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de TH  
de la nappe phréatique

#### IV.2.3.9.RESIDU SEC

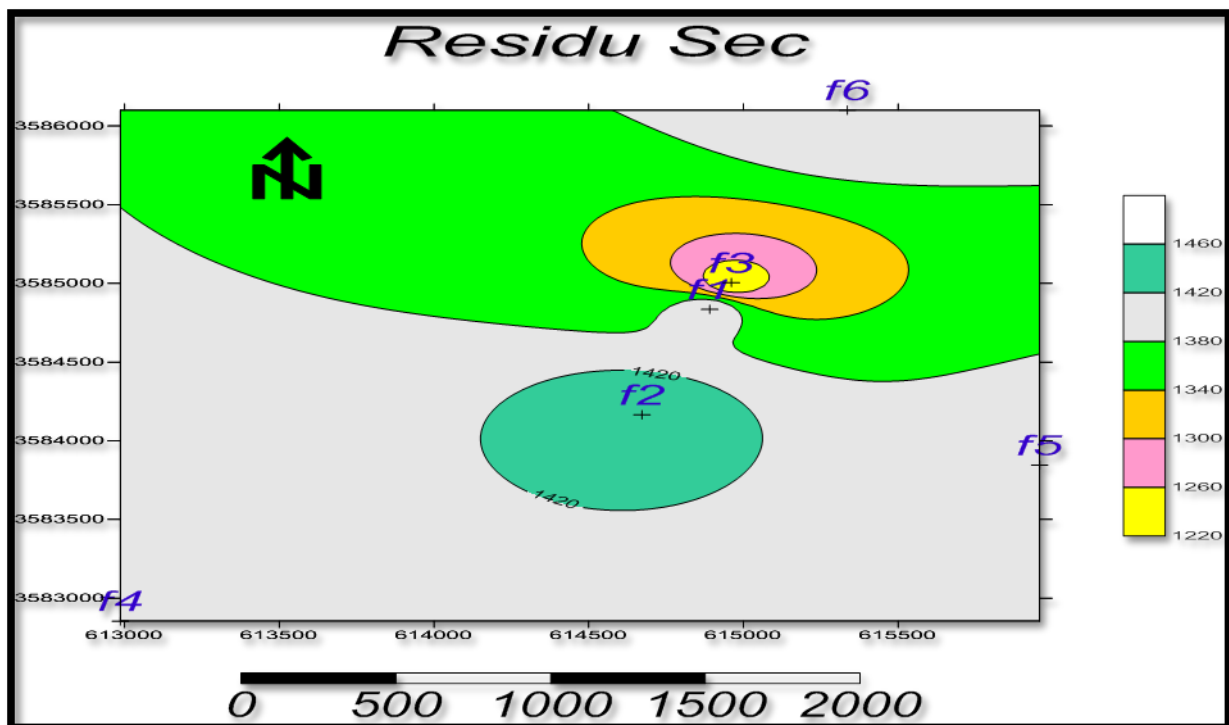
Nous avons observé que tous les teneurs en résidu sec pour la nappe phréatique sont hors les normes de l'OMS, elles atteignent un maximum de 5860mg/l pour le puits N °2.

Les teneurs de résidu sec de la nappe phréatique sont très élevés par rapport à la nappe albienne qui a des teneurs acceptable. Elles sont comprises entre 1220 et 1460 mg/l.

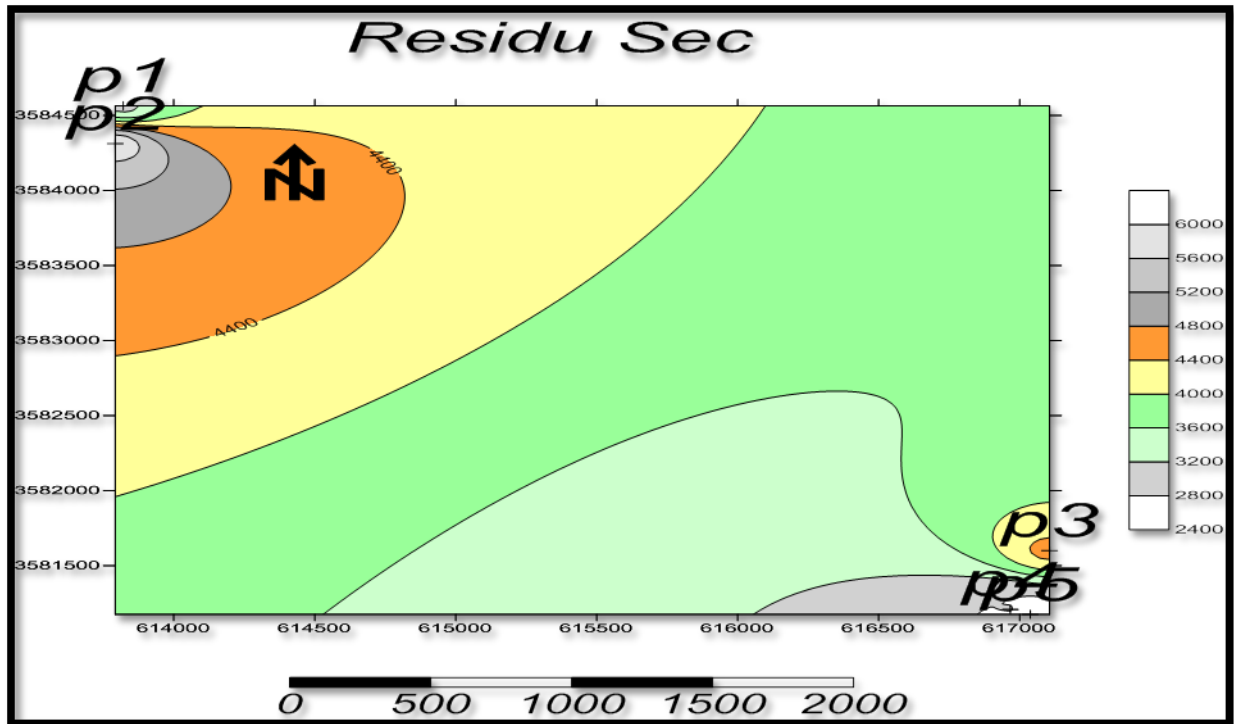
Les résultats sont représentées dans la figure 46 et les cartes 32et 33.



**Figure 46 :** Variation du résidu sec par rapport à la norme OMS



**Carte 32 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de résidu sec de la nappe albienne



**Carte 33 :** Carte hydro-chimique de la variation spatiale de résidu sec de la nappe phréatique

On suivit notre travail par des analyses bactériologiques seulement pour les eaux de la nappe albienne (forages) selon les conditions.

Les résultats des analyses sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 13** : Analyses bactériologiques pour la nappe albienne

code	Coliformetotaux/100ml		E,coli/100ml		Streptocoques fécauxge/100ml	
	Norme d'OMS	Résultats d'analyse	Norme d'OMS	Résultats d'analyse	Norme d'OMS	Résultats d'analyse
F1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F3	0,00	74,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F5	0,00	22,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Les résultats des analyses présentent une eau de bonne qualité bactériologique, sauf pour les deux points F3et F5 ou on trouve la présence des Coliforme totaux ça est due au prélèvement car la possibilité de la contamination ne parvient pas à la nappe albienne.

### **IV.3.ETUDE DE LA QUALITE SOUTERRAINE POUR L'IRRIGATION**

Les principaux facteurs qui peuvent dégrader la qualité des eaux d'irrigation sont :

- ✓ La concentration en sel dissous qui peut être exprimés par la conductivité.
- ✓ La conductivité en sodium.
- ✓ Les éléments toxiques (bore et chlore).
- ✓ L'alcalinité de la duresté.
- ✓ La concentration en ions d'hydrogène.

Les eaux d'irrigation quelles que soit leur origines contiennent des substances chimiques susceptibles de réduire les rendements des cultures et de détériorer la fertilité des sels.

En effet, la qualité des eaux destinées pour l'irrigation subit également une dégradation surtout par l'augmentation de la salinité, qui a une influence directe

sur l'évolution des sols, le choix des aptitudes culturales et le rendement des cultures.

**Tableau 14** : Barème de qualité pour l'eau d'irrigation

TYPE DE PROBLEME		Sévérité du problème		
		Aucun	légère	Elevée
Salinité	Conductivité dS/cm	< 0.57	0.57 - 3	> 3
	Matières dissoutes			
RAS (ration d'adsorption du sodium)		< 3	9	> 9
Alcalinité ou dureté équivalent en CaCO <sub>3</sub>		80 - 120	120 - 200	> 200
pH (risque de colmatage)		< 7	7 - 8	> 8
Fe mg/l (risque de colmatage)		< 0.2	0.2 – 1.5	> 1.5

Source : (BEMMOUSSAT A, 2012)

### IV.3.1.RESULTATS

### IV.3.2.SODIUM

Les teneurs élevés en sodium dans l'eau d'irrigation provoquent la détérioration de la structure du sol. Le rende aussi imperméable à l'eau et à l'air. Ce dernier a un impact direct sur la santé et la productivité des plantes par manque d'infiltration d'eau d'irrigation dans le sol.

Des quantités élevées de calcium et de magnésium par apport au sodium accentue ce problème.

Cette relation est exprimée par SAR (relation d'adsorption en sodium)

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{+2})/2}}$$

Les concentrations sont exprimées en meq/l.)

Les résultats des autres paramètres sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 15** : Résultats d'analyses pour les deux nappes



	SAL	RAS	pH	TAC	TH	Fe <sup>+2</sup>
P01	2.00	7.88	6.85	40	1185.48	0.00
P02	4.00	14.7	6.63	43.80	1605.06	0.00
P03	2.80	8.96	7.24	39	1178.82	0.03
P04	1.80	10.2	7.34	26.40	772.56	0.039
P05	1.50	6.12	7.20	36.60	1205.46	0.00
F1	0.70	5.13	7.04	185.44	500	0.011
F2	1.00	7.04	7.61	175.68	576	0.011
F3	1.00	6.31	7.50	190.32	548	0.00
F4	0.80	5.71	7.48	187.88	488	0.025
F5	1.00	6.48	7.52	183.00	564	0.009
F6	1.00	5.70	7.49	180.56	480	0.021

D'après les résultats on a observé que tous les puits respectent les normes d'irrigation sauf le puits N 02 qui a une salinité élevée, avec les teneurs de la dureté qui sont > 200mg/l en CaCO<sub>3</sub> dans tous les points analysés.

On a observé aussi que l'alcalinité est très faible dans la nappe phréatique, par rapport la nappe albienne qui a des teneurs acceptables.

#### **IV.4.CLASSIFICATION CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES**

##### **IV.4.1. CLASSIFICATION DES EAUX SELON PIPER**

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite).

La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau minérale concernée :

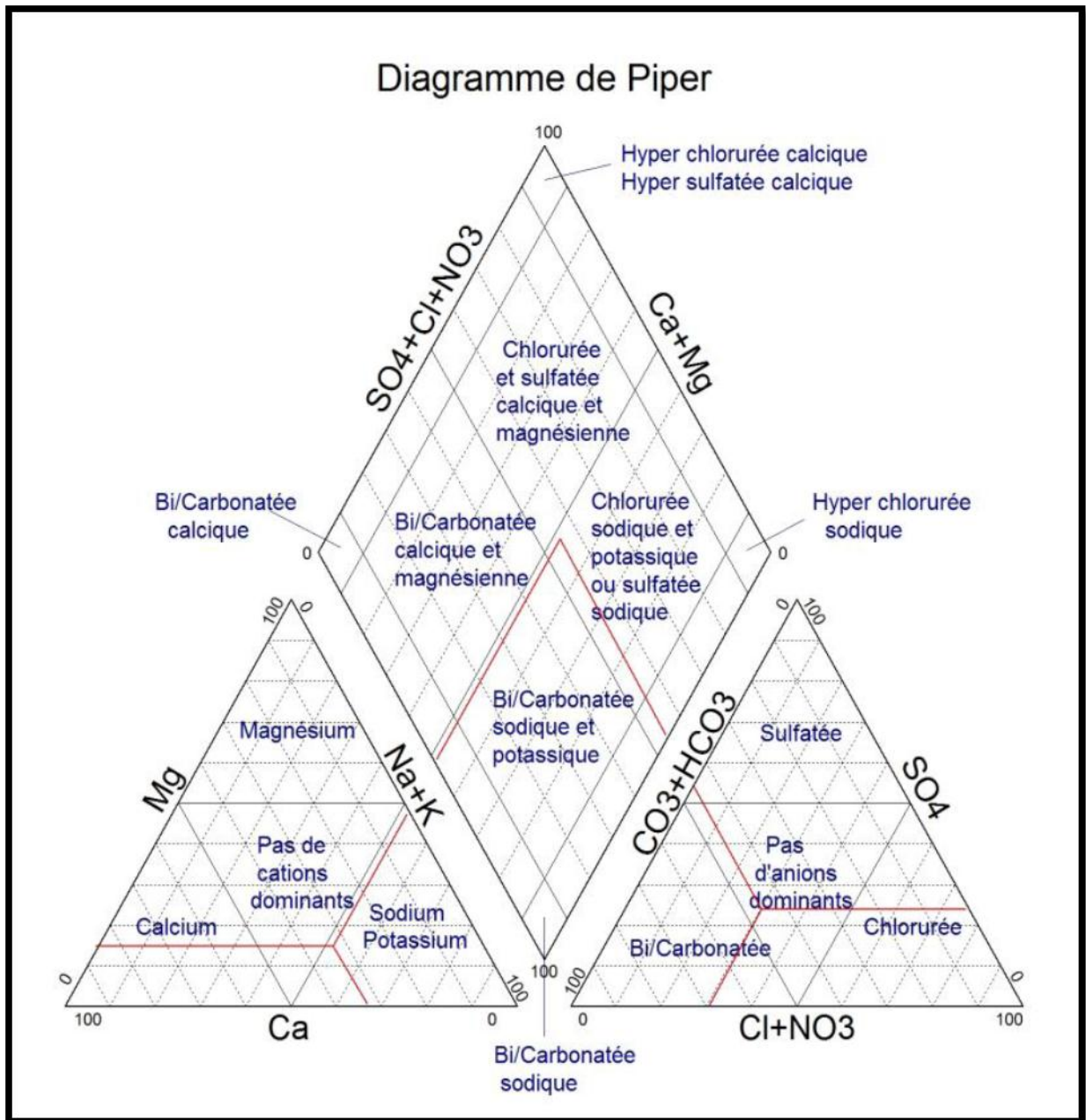
- sommet du losange = faciès sulfaté/chloruré, calcique/magnésien,
- base du losange = faciès bicarbonaté, sodique,
- pointe droite du losange = faciès sulfaté/chloruré, sodique,
- pointe gauche du losange = faciès bicarbonaté, calcique/magnésien.

L'avantage du diagramme de Piper est qu'il permet de représenter sur un même graphique de nombreuses analyses autorisant des regroupements par famille présentant des faciès similaires. Ce point peut s'avérer particulièrement intéressant dans le cadre du suivi de la qualité d'une eau dans le temps, pour lequel on dispose de plusieurs analyses physicochimiques,

ou dans le cadre d'études régionales de comparaison de divers points.

Le diagramme de Piper est également intéressant pour juger de l'importance relative des précipitations ou dissolution d'éléments majeurs entre deux analyses (voire un nombre supérieur). Le simple déplacement de position d'un ion parallèlement au côté d'un triangle, traduit un enrichissement ou un appauvrissement relatif de l'eau pour l'ion concerné.

**(MELLAK D, 2009).**



**Figure 47 : Représentation du diagramme de Piper**

Pour mieux classé nos eaux souterraines analysées, nous avons présenté l'ensemble des résultats des analyses chimiques des eaux toutes confondues sur le diagramme de Piper (Figure

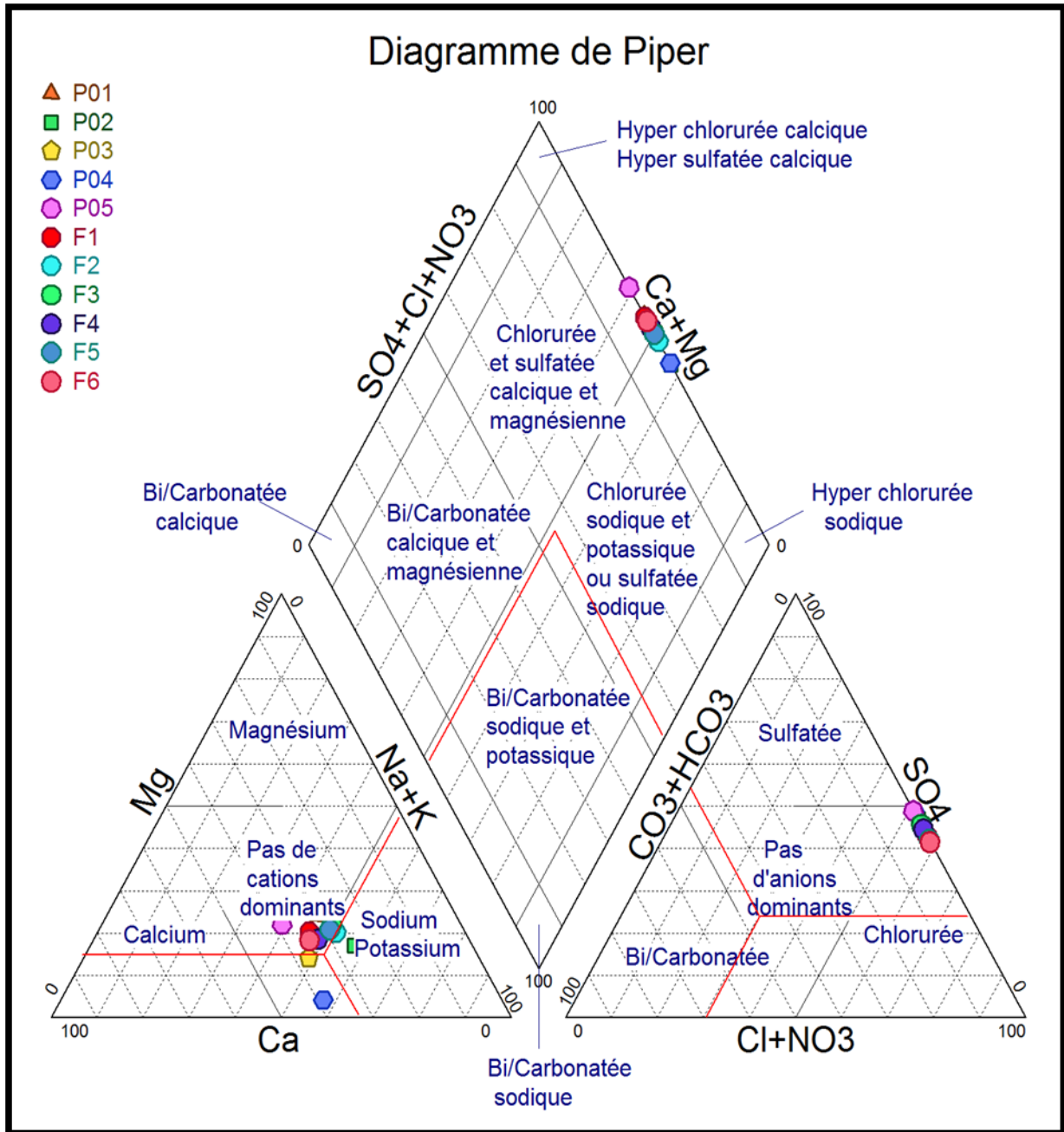


Figure 48 : Représentation des eaux souterraines sur le diagramme de PIPER

Selon le diagramme, pour les eaux de la nappe albienne la faciès chimique ne présente pas des cations dominantes. Par contre pour les anions on a une faciès hyperchlorurie sulfaté.

pour les eaux de la nappe phréatique la faciès chimique toujours ne présente pas des cations dominantes. Par contre pour les anions on a une faciès hypersulfatée et chloruriesodique.

***CONCLUSION***

***GENERALE***

## 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.

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

Pour ce cela, nous avons mis en place des analyses physico-chimiques des eaux de cinq puits et six 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.

L'évaluation hydro-chimique de la potabilité de la nappe phréatique et 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. Par contre, les eaux de la nappe phréatique sont destinées pour l'irrigation seulement et non potable.

Nous avons remarqué également que des précautions sont faite sur une partie des points d'eau destinés directement à la consommation, par l'utilisation de désinfectant, nos eaux sont également dure suivant la nature de leur séjour géologique, ce qui demande un traitement permettant la précipitation de la dureté pour améliorer la qualité de ses eaux.

Toutefois, nous tenons à remarquer que les eaux de puits (nappe phréatique) souvent ont un taux élevé en minéralisation :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$ , TH, Résidu Sec. Par contre l'Alcalinité est faible ce qui indique une dureté permanente et non temporaire soit dans la nappe albienne ou phréatique. Notre diagnostic des différents résultats concernant ces puits, et suivant notre connaissance et investigation de terrain, nous a permis de dire que la cause principale est l'utilisation probablement massive des engrais et pesticides, qui trouve refuge à cette partie des eaux par infiltration suite au lessivage du sol.

Enfin, ce travail à indiquer la nette différence entre la nappe albienne bien protégée par rapport à la nappe phréatique, que les eaux très profondes sont bonnes à la consommation.

### **Recommandation :**

- Nous souhaitons que ce travail fera objet d'une continuation et élargissement sur l'ensemble des puits et forages de la région, ce qui permettra de ressortir toutes les anomalies, les qualités et les suggestions utiles et nécessaires à entreprendre.
- Les eaux de la nappe albienne sont de bonne qualité mais doit être fait pour améliorer la qualité.

## *conclusion générale*

---

➤ Pour protéger la nappe phréatique il faut envisager l'installation d'un réseau d'assainissement pour diminuer l'infiltration des eaux de drainage et la pollution à partir de fausse septique.



***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## *Références bibliographiques*

- ❖ **ACHOUR M.,(2005)** : Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa rapport, ANRH(Ghardaïa).
- ❖ **ACHOUR M.,(2012)** :les ressources aquifères de la région de Zelfana (wilaya de GHARDAÏA), ANRH de GHARDAÏA.
- ❖ **ACHOUR M.,(2014).**Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de la vallée du M'Zab (Ghardaïa– Algérie). Université d'Oran. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister en sciences de la terre.
- ❖ **AHONON A.,(2011)** :Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du Togo. Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master international.Université de LOME.
- ❖ **BELKHOUDJA F., et LAHCENE M.,(2006)** : Traitement des rejets liquides industriels au niveau de la SONATRACH DP HASSI R'EML, technicien supérieur en gestion des déchets, institut National de la formation professionnelle Mansoura TLEMCEM, P71.
- ❖ **BEMMOUSSAT A., (2012)** : Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin de la Tafna. Université ABOU BEKR BELKAID.Mémoire de magistère en mobilisation et protection des ressources en eau.
- ❖ **BEN SAADIA M., GHEBBACHE M.,(2014)** :Etude qualitative des eaux de forages d'AEP de la vallée d'Oued Righ: Variation des teneurs en Fluorure en fonction de la piézométrie.Mémoire présenté pour L'obtention du diplôme de MASTER.Université KASDI MERBAH d'Ouargla.
- ❖ **CHEBIHI L.,(2011)** :Adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zones arides. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER. Université KASDI MERBAH d'Ouargla.
- ❖ **DAJOZ R.,(1982)** : Précis d'écologie. Paris, Bordas.
- ❖ **DAJOZ R.,(2008)** : Précis d'écologie, Ed 8<sup>ème</sup> DUIVOD, Paris, P631.
- ❖ **D.P.S.B.,(2014)** : Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa 2013. Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires, Wilaya de Ghardaïa. 180P.
- ❖ **FRANCK R., (2002)** :Analyse des eaux , aspects réglementaires et techniques.Centre régional de documentation pédagogique d'aAquitaine. 75, cours Alsace-Bordeaux cedex.p360.

- ❖ **HAMMOU A., (2014) :** Géochimie des eaux de la nappe superficielle de la basse vallée de l'oued M'Ya (Ouargla). Université KASDI MERBAH d'Ouargla.
- ❖ **HELLA F., OURIHAN D.,(2004) :** Etude hydrogéologie du continental intercalaire et du complexe terminal de la région de Touggourt .aspect hydro chimique et problèmes technique posés. Mémoire d'ingénieur. Université Houari Boumediene Alger pp7.8.
- ❖ **IGOR B.,(2004) :** Outil d'aïd au diagnostique des eaux potables de la ville de Chisinau. Pour obtenir le grade de docteur, Ecole Nationale Supérieur des MINES de SAINTE-ETIENNE et de l'université de JEANMONNET.
- ❖ **KHADRAOUI A., et Taleb S., (2008) :** Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité-pollution et impact sur le milieu).367 page.
- ❖ **LADJEL F., TOUDEF T., (2002) :** Control de paramètre physico –chimique et bactériologie d'une eau de consommation .rapport d'Epteo.pp5.6.12.
- ❖ **MELLAK D.,(2009).** Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de la vallée du M'Zab. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.P.
- ❖ **MILOUDI A., (2008) :** Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région d'Oued Souf -L'impact sur l'environnement de la région. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister. Université KASDI Merbahd'Ouargla.
- ❖ **OULD BABA SY M., (2005) :** Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional. Thèse de doctorat, faculté des sciences de Tunis, 271p.
- ❖ **OUALI S.,(2005) :** Etude géothermique du sud de L'Algérie. Mémoire de magistère en géophysique. Université M'Hamed BOUGUERRA BOUMERDES.
- ❖ **OUALI S., KHELLAF A., et BADDARI K., (2006) :** Etude géothermique du sud de L'Algérie. Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°4 (2006) 297 – 306.
- ❖ **OUALI S., KHELLAF A., et BADDARI K., (2007) :** Etude de faisabilité d'utilisation des eaux thermales de Zelfana Dans la production d'hydrogène. Centre de Développement des Energies Renouvelables, BP62, Route de l'Observatoire, Bouzareah 16340 Alger.
- ❖ **O.N.M., (2015) :** Données météorologiques de la wilaya de Ghardaïa (2004 - 2014), Office Nationale de Météorologie Station. Noumérat de Ghardaïa, 3P.
- ❖ **OSS (2003b) :** Système Aquifère du Sahara Septentrional. Volume 4 : Modèle Mathématique. Projet SASS ; Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie. 229p.
- ❖ **RODIER J., (1984) :** « Analyse de l'eau », ED. Dunond, Paris.
- ❖ **RODIER J., (1996) :** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles eaux résiduaires. eaux de mer.8eme .Ed .Du Rod. Paris pp 748 45.
- ❖ **RODIER J., (2005) :** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, 8<sup>ème</sup> édition.

- ❖ **SEEL (2009)** : Détermination électrique de pH. Identification MO.DT. lab. C.10.  
Version A, page 1/06.
- ❖ **SEEL (2009)** : Dosage de chlorure. Identification MO.DT.lab.24. Version A, page 4/07.
- ❖ **TROMBE F., (1977)** : « des eaux souterraines », 3ème édition, 4ème trimestre presses universitaires de France.
- ❖ **UNESCO(1972)** : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final, 78p, 1 carte ; 12 planches. OSS, Tunis ; Tunisie.
  
- **Site web** : <http://earth.google.fr/>

# *Annexes*

**Tableau : Les différents normes de qualités des eaux (Rodier 1984)**

CARACTERISTIQUES	N, ALGERIEN	CEE	OMS
température°C	/	/	/
pH	6,5-8,5	6,5-9,5	6,5-8,5
conductivité	2800	2500	2500
Turbidité(NTU)	1__2	4	5
CA <sup>+2</sup> (mg/l)	75 __200	100	200
Mg <sup>+</sup> (mg/l)	150	50	150
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	200 __500	250	250
K <sup>+</sup> (mg/l)	20	12	20
Na <sup>+</sup> (mg/l)	200	200	200
Résidu sec	1500	1500	1500
Sulfates (mg/l)SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	200_400	250	400
Nitrite (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )(mg/l)	0,1	0,5	3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	50	50	44
Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-4</sup> )(mg/l)	0,5	_	0,5
AmmoniumNH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0,05_0,5	0,5	0,5
coliforme/100ml	0	0	0
Streptocoques fécauxge/100ml	0	0	0
E,coli/100ml	0	0	0

**Tableau : Présentation des points d'analysées de la nappe albienne dans la ville de Zelfana**

N de Forage	Lieu	Nappe	X	Y	Z
F1(N4)	Centre-ville	Albien	32 23 40.66	4 13 17.67	354
F2(N17)	Cimitière	Albien	32 23 19	04 13 09	345
F3(N1)	Centre-ville	Albien	32 23 46.16	4 13 20.42	357
F4(N19)	El-Mousalaha	Albien	32 22 37.03	4 12 03.93	368
F5(Guifla02)	Guifla	Albien	32 23 05.32	4 13 54.35	354
F6 (KARFO HSSAI GUERARA)	Route Guerara	Albien	32 24 22.30	4 13 35.24	354

**Tableau : Présentation des points d'analysées de la nappe phréatique dans la ville de Zelfana**

N de puits	Lieu	Nappe	X	Y	Z
Pt <sub>s</sub> 01	Zelfana Oued	phréatique	32 23 32.3	004 12 36.1	347
Pt <sub>s</sub> 02	Zelfana Oued	phréatique	23 23 24.1	004 12 35.4	345
Pt <sub>s</sub> 03	Guifla	phréatique	32 21 54.8	004 14 41.0	337
Pt <sub>s</sub> 04	Guifla	phréatique	32 21 42.1	004 14 35.5	339
Pt <sub>s</sub> 05	Guifla	phréatique	32 21 41 .00	004 14 38.20	339



*Forage (nappe albienne)*



*Puits (nappe phréatique)*





*Drainage des eaux de la nappe  
phréatique*



## ملخص:

الهدف من هذا العمل هو وصف و مقارنة الخصائص الفيزيوكيميائية لمياه الطبقتين السطحية و العميقة في مدينة زلفانة،تحقيقا لهذه الغاية اجرينا التحاليل و القياسات الفيزيوكيميائية لهذه المياه الجوفية. مما يسمح بمعرفة امكانية استعمال لهذه المياه الجوفية في كل من الشرب ، الزراعة.

تقييم الجودة الهيدروكيميائية من ناحية الشرب بينت أن نوعية مياه الطبقة العميقة ذات نوعية جيدة وموافقة لمعايير المنظمة العالمية للصحة. على عكس مياه الطبقة السطحية التي لا يمكن استعمالها الا للزراعة وهي غير صالحة للشرب.

الكلمات المفتاحية : المياه الجوفية ، التحاليل الفيزيوكيميائية، زلفانة، المنظمة العالمية للصحة

## Résumé :

L'objet de ce travail est de définir et comparer les caractères physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique et albien de la ville de Zelfana. A cette fin, Une campagne de mesures et d'analyses était effectuée sur dix (11) points d'eau souterrains. Ceci nous a permetra de caractériser la qualité de ces eaux souterraines en vue de leur utilisation dans l'alimentation en eau potable, l'irrigation.

L'évaluation de la qualité hydrochimique de point de vue potabilité révèle que les eaux de la nappe albien sont de qualité conforme aux normes OMS.

Par contre les eaux de la nappe phréatique ne respectent pas les normes d'OMS. Elles peuvent être utilisées pour l'irrigation.

**Mots clés :** Nappe albienne, Nappe phréatique, Caractère physico-chimique, Zelfana, Mesure, Norme OMS.

## Abstract:

The aim of this work is to define and to compare the physico-chemicals characters of water between the Albian and growndwater layer of Zelfana town. Therfor, Series of measurements and analysis have been made on eleven (11) underground water samples from different sites, witch allow the characterization of underground water for the use in supplying by table water and irrigation.

From the point of view of potability, the evaluation of the hydrochemical quality reveals that the majority of water from the Albian and water table quality are consistent with OMS standards. At the other hand, groundwater are not consistent with OMS standards, it can be used only in irrigation.

**Keywords:** groundwater, Albian watr, physico-chemical characters, Zelfana , measurements, OMS standards.

