

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

Faculté des Sciences et Technologies

Département des Sciences et Technologie

N° d'ordre :

N° de série :

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**Domaine :** *Sciences et Technologies.*

**Filière :** *Hydraulique.*

**Spécialité :** *Sciences de l'eau et de l'environnement.*

**Réaliser Par :**

***BEN MESSAOUD Belkacem***

***HADJ OMAR Adel***

**THEME :**

**CONTRIBUTION A ÉTUDE DE VALORISATION  
DES EAUX DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DE  
PARTIE NORD-EST DE L'ERG OCCIDENTAL**

**Soutenu publiquement le :19/09/2017**

**Devant le jury :**

<b>Dr. BOULEMIZ Tayeb</b>	<b>MAB</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. CHEBIHI Lakhdar</b>	<b>MAB</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. CHUIREB Mustapha</b>	<b>Doctorant</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. OULEDBELKHIR Cheikh</b>	<b>MAA</b>	<b>Univ. Ghardaïa</b>	<b>Encadreur</b>

**Année universitaire : 2016/2017**

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail A ceux qui m'ont soutenu au long de mes études, qui m'ont toujours poussé vers le chemin du savoir, à ma source d'amour et d'affection, les deux êtres les plus chères au monde.*

*Mes Chers parents .*

*À mes frères et mes sœurs*

*À ma grande famille : HADJ OMAR*

*À mon Binôme : Belkacem*

*À mes amis de l'université de GHARDAIA.*

*À tous les étudiants d'Hydraulique.*

*À tous ceux qui me sont cher(e)s.*

*HADJ OMAR Adel*

---

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail Avec grand amour, sincérité et fierté :*

*A mes très chers parents*

*Qui m'ont soutenu tout au long de ma vie.*

*A mes chers sœurs et frères et Tous les membres de la grande famille.*

*A tous mes amis pour une sincérité si merveilleuse ... jamais oubliable, en*

*leurs souhaitant tout le succès ... tout le bonheur.*

*A toute personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes études.*

*BEN MESSAOUD Belkacem.*

---

## *Remerciement*

*Nous remercions DIEU tout puissant qui nous a protégés le long de notre cursus d'étude.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à notre encadreur Monsieur OULED BELKHIR Chikh, qui nous a aidé pour faire ce travail, sa confiance, de son aide scientifique ; qui par son expérience et sa compétence.*

*Nous tenons remercier vivement Monsieur le président et les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Pour finir nous remercions vont également à tous ceux qui de près ou de loin ma apporté aide et encouragement. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude ainsi que toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.*

---

**ملخص :**

الهدف من هذا العمل هو القيام بدراسة ببيزوميترية وهيدروكيميائية لمياه الطبقة السطحية الجوفية للعرق الغربي .

لأجل ذلك أجرينا مجموعة من التحاليل الفيزيو كيميائية لمصادر المياه (الأبار).

ومن أجل التسيير الأمثل للمياه الجوفية للمنطقة، اقترحنا تهيئة وخارجيا مع زيادة في العمق كما اقترحنا تزويد الأبار بمضخات يعمل بعضها بالطاقة الشمسية وذلك لتغطية العجز في مياه الشرب للمواشي .

**كلمات مفتاحية :** المياه الجوفية، العرق الغربي، هيدروكيميائية ، مواشي .

**Résumé :**

Le but de ce travail est de faire une étude piézométrique et hydrochimique des eaux de la nappe phréatique du l'Erg Occidental.

Pour cela, un ensemble de mesures et d'analyses était effectuée sur nombreux points d'eau, en utilisant la variographie et le krigeage comme outil d'interpolation. Pour la bonne gestion de la nappe, on a proposé d'ajouter quelque sources après un diagnostique sur l'état des puits. Ceci, dans le but de répondre aux besoins en eau des cheptels locaux.

Mots clés : l'Erg Occidental le krigeage eaux de la nappe phréatique cheptels locaux

The aim of this work is to do a piezometric and hydrochemical study of the ground water and karst of l'Erg Occidental. For this sake, we have conducted a series of physiochemical tests of water sources (wells and sources). For optimal management of groundwater, we proposed to increase sources after a studying of wells actual state. This, in order to cover the deficit in the drinking water for livestock.

Keywords: physico-chemical . Groundwater, piezometric, l'Erg Occidental

*Table des matières*

*Introduction générale*

*Chapitre I*

*Aspect Géographique et Géomorphologique  
et Climatologique et Hydrologique*

I.1. Introduction .....	16
I.2. Situation géographique de La région d'étude (partie nord-est de l'erg occidentale) .....	17
I.3. Géomorphologie .....	17
I.4. Introduction .....	20
I.5. Aspect Climatologique .....	20
I.5.1. Disponibilité des données climatiques sur la région d'étude .....	20
I.5.2. Température : .....	20
I.5.3. Évaporation .....	21
I.5.4. L'humidité .....	22
I.5.5. Les vents .....	23
I.6. Étude des précipitations .....	24
I.6.1. Origine de précipitation .....	24
I.6.1.1. Précipitations journalières .....	24
I.6.1.2. Précipitation moyenne annuelle .....	26
I.6.1.3. Analyse statistique des pluies maximales journalières .....	28
I.7. Aspect hydrologique .....	31
I.7.1. Répartition saisonnière des crues .....	32
I.1.2. Date des crues les plus importantes dans la région .....	33
I.8. Conclusion : .....	33

---

*Chapitre II : ASPECT GÉOLOGIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE* 35

II.1 Aspect Géologie .....	36
II.1.1 Cadre géologique de l'Erg Occidental .....	36
II.1.2 Litho-stratigraphie .....	37
II.1.2.2 L'Aptien .....	37
II.1.2.3 L'Albien .....	37
II.1.2.4 Le Cénomaniens .....	37
II.1.2.5 Le Turonien .....	37
II.1.2.6 Le Sénonien .....	37
II.1.2.7 L'Eocène .....	38
II.1.2.8 Le Quaternaire .....	38
II.2 Aspect Hydrogéologique .....	38
II.2.1 Nappe phréatique .....	39
II.2.2 Nappe Albien .....	39
II.3 Aspect piézométrique de la région de l'Erg Occidental .....	40
II.3.1 Mesure du niveau piézométrique .....	40
II.3.2 Secteur d'étude .....	40
II.3.2.1 Le réseau des puits de l'Erg Occidental .....	40
II.3.2.2 Méthode de prise d'échantillon et les mesures in-situ .....	42
II.3.2.3 L'approche géostatistique .....	43
II.3.2.4 Le logiciel Surfer 11 .....	44
II.3.2.5 Analyse des données piézométriques .....	44
II.3.2.5.1 Carte piézométrique .....	44
II.3.2.6 Interprétions des cartes Piézométriques .....	46
II.4 Aspect hydrochimique de la nappe de l'erg .....	47
II.4.1 Exécution des prélèvements .....	48

---

II.4.1.1 Mesure de la conductivité électrique .....	48
II.4.1.2 Mesure de pH .....	49
II.4.1.3 Mesure La Turbidité.....	49
II.4.1.4 Mesure de la dureté totale de l'eau .....	50
II.4.2 Interprétations et Discussion Des Analyses .....	50
II.4.2.1 Les Paramètres Physiques .....	50
II.4.2.2 Paramètres Chimique .....	57
➤ La dureté Totale.....	57
II.5.Conclusion .....	60

**Chapitre III :**

***Aménagement des puits pastoraux***

III.1.Introduction.....	62
III.2 Développement des puits .....	62
III.1.1 Différents types de puits .....	62
III.3 Aménagement d'un puits.....	64
III.3.1 Réhabiliter un puits .....	64
III.3.1.1 Réhabilitation des puits creux.....	64
III.3.1.2.Réhabilitation des puits fonces et des forages (puits fores).....	67
III.3.2. Entretien et désinfection .....	68
III.3.3.Principaux avantages et inconvénients .....	69
III.3.4.Le captage la colonne captante .....	70
III.3.5.L'entretien des ouvrages .....	72

**Chapitre IV :**

**Gestion de la nappe et proposition d'aménagement  
des ouvrages pastoraux**

IV.1Aptitude de la région de l'Erg Occidental au pastoralisme .....	74
---	----

---



IV.2.Ressources hydriques disponibles et besoin en d'eau .....	75
IV.3.Les anciens ouvrages de l'élevage implantés la région pastorale .....	75
IV.4.Les besoins en eau du cheptel au L'Erg Occidental.....	79
IV.5.Résultats et interprétations .....	80
IV.5.1 Estimation de capacité hydrique des ouvrages .....	80
IV.5.2. Estimation des déficits.....	81
IV.6. Proposition des aménagements hydro pastoral.....	81
IV.6.1. Forme et dimension de l'ouvrage de captage proposés.....	82
IV.6.1 Ouvrage annexe et matériaux de construction.....	82
IV.7. Estimation des travaux d'aménagement.....	85

***CONCLUSION GENERALE***

***Références bibliographiques***

***Annexes1***

***Annexe 2***

---

**Liste des figures :**

<i>Figure I.1 : Grand Erg occidental</i> .....	16
<i>Figure I.2 : Photo satellite de la région d'étude (Google Earth 2017).</i> .....	17
<i>Figure I.3 - Photo montrant une barkhane</i> .....	18
<i>Fig.1.4- Photo montrant un sif</i> .....	19
<i>Fig.1.5- Photo montrant une dune parabolique</i> .....	19
<i>Figure II.1 variations mensuelles de la température (période2006/2016)</i> .....	21
<i>Figure II.2 L'évaporation moyenne mensuelle (période2006/2016)</i> .....	22
<i>Figure II.3 La variation de l'humidité moyenne mensuelle (période2006/2016)</i> .....	23
<i>Figure II.4 : nombre journalières de la période 1970-2014 (Rahaly2015)</i> .....	25
<i>Figure II.5: Carte de précipitations de la région d'étude (J. Dubief, 1953)</i> .....	26
<i>Figure II.6 : Histogramme représente les cumules annuelles avec la pluie journalière maximal</i> ...	27
<i>Figure II.7. Graphique des cumuls pluviométriques annuels pour la série de Ghardaïa (1970-2014).</i> .....	28
<i>Figure II.8.: la courbe enveloppe de Gumble de la précipitation journalière de la région.</i> .....	29
<i>Figure II.9: Courbe Enveloppe De Galton De Bel Ghaneme</i> .....	29
<i>Figure II.10: Courbe IDF « Intensité – Durée – Fréquence</i> .....	31
<i>Figure II.12 : Fréquences mensuelles des crues de la région de Chekha</i> .....	32
<i>Figure III.1 : Carte géologique du sud-Ouest Algérien (Thèse Sbaa, 2014</i> .....	36
<i>Figure III.3: Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (Miourigh, 2011)</i> .....	39
<i>Figure III.4 : Délimitation et situation de la zone d'étude</i> .....	41
<i>Figure III.5 : Carte de situation des puits de la partie Nord-Est de l'Erg Occidental</i> .....	42
<i>Figure III.6 : Menue du Logiciel Surfer 11</i> .....	44
<i>Figure III.7 La carte de profondeur du NS de la nappe de l'Erg Occidental à la période avril 2017</i> .....	45
<i>Figure II.8 La carte piézométrique de l'Erg Occidentale à la période avril 2017</i> .....	46
<i>Figure III.9: conductivité mètre</i> .....	49
<i>Figure III.10: pH mètre</i> .....	49
<i>Figure III.11 : Turbidimètre</i> .....	50
<i>Figure III.12 : Variation de température par rapport aux normes OMS</i> .....	51
<i>Figure III.13 : Variation spatiale des valeurs moyennes de pH</i> .....	51
<i>Figure III.14 : La carte de pH des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017</i> .....	52
<i>Figure III.15 : Variation de conductivité par rapport à la norme OMS</i> .....	53

<i>Figure III.16 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Conductivité</i> .....	54
<i>Figure III.17 : Variation de turbidité par rapport à la norme OMS</i> .....	55
<i>Figure III.18 : La carte de TH des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (mg/l)</i> .....	55
<i>Figure III.19 : Variation de TDS par rapport à la norme OMS</i> .....	56
<i>Figure III.20 : La carte de TDS des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (g/l)</i> .....	57
<i>Figure III.21 : Variation de concentration de dureté totale par rapport à la norme OMS</i> .....	57
<i>Figure III.22 La carte de TH des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (mg/l)</i> .....	58
<i>Figure III.23 : La carte de Ca des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (mg/l)</i> .....	58
<i>Figure III.21 Variation de concentration de calcium par rapport à la norme OMS</i> .....	59
<i>Figure III.22 Variation de concentration de magnésium par rapport à la norme OMS</i> .....	59
<i>Figure IV.1 les différents types de puits (internet)</i> .....	63
<i>Figure IV.2-Réalisation d'un revêtement intérieur</i> .....	65
<i>Figure IV.3. Construction d'un revêtement cimenté des abords d'un puits</i> .....	66
<i>Figure IV.4. Système photovoltaïque</i> .....	68
<i>Figure VI.4 l'augmentation du débit d'un puits</i> .....	71
<i>Figure I.5 : plan type de la troussecoupante</i> .....	71
<i>Figure V.1 :H. Noubia</i> .....	77
<i>Figure V.2 :H. Bent El Mabrok</i> .....	77
<i>Figure V.3 : H. Khmairi</i> .....	77
<i>Figure V.4 :Arich Dib</i> .....	77
<i>Figure V.5 : HassiEl Khobna</i> .....	77
<i>Figure V.6 : H. Bouzid</i> .....	77
<i>Figure V.7 : H. El Majna</i> .....	78
<i>Figure V.8 : H. Berayzouga</i> .....	78
<i>Figure V.9 : H. Izi</i> .....	78
<i>Figure V.10 : H. Mastor</i> .....	78
<i>Figure V.11 : H. Abaza</i> .....	78
<i>Figure V.12 : H. Ouled Zide</i> .....	78
<i>Tableau V.4 : Estimation de déficit hydrique des ouvrages</i> .....	81
<i>Figure V.2 Schémas de captage par puits en maçonnerais de section carré. (SARLNILS .2014)</i> .....	84

## Liste des tableaux

<i>Tableau II.1 : Situation de la station météorologique de Ghardaïa</i> .....	20
<i>Tableau II.2: Les moyennes mensuelles de température(période2006/2016)</i> .....	21
<i>Tableau II.3: Evaporation moyenne Mensuel (période2006/2016)</i> .....	21
<i>Tableau II.4: L'humidité relative moyenne mensuelle et annuelle</i> .....	22
<i>Tableau II.5: La Vitesse moyenne du vent à la station de Ghardaïa (période2006/2016)</i> ....	23
<i>Table II.6 : Test de <math>\chi^2</math> appliqué sur la série des pluies (Galton)</i> .....	29
<i>Table II.7 : Test de <math>\chi^2</math> appliqué sur la série des pluies (Gumbel)</i> .....	30
<i>Tableau II.8: Pluies journalières maximales fréquentielles</i> .....	30
<i>Tableau VI.1: la désinfection des puits</i> .....	69
<i>Tableau V.1 : Les puits disponibles sur L'Erg Occidental</i> .....	79
<i>Tableau V.2 : Le besoin total journalières dans le plateau</i> .....	80
<i>Tableau V.3: Estimation de capacité hydrique des ouvrages</i> .....	80
<i>Tableau V.5 : Travaux d'aménagement proposés</i> .....	81
<i>Tableau V.6: Estimation des travaux d'aménagement</i> .....	85

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

L'eau est un élément essentiel au fonctionnement des activités humaines (agriculture, élevage, domestique et industrie). Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité surtout dans les régions arides ou sahariennes tel que L'Erg Occidental algérien, où on assiste à la rareté des précipitations et la présence d'une intense évaporation.

Les potentialités hydriques mobilisables des grands systèmes (CT et CI) sur la région de Ghardaïa sont estimées à 120 millions de m<sup>3</sup> /ans (ANRH, 1986). Malheureusement les ressources utilisées par les deux systèmes aquifères sont en grande partie, non renouvelables, ce qui a conduit à la baisse de l'artésianisme, à la dégradation de leur qualité (salinisation) et au risque d'épuisement. Par contre des études récentes estimes que les ressources hydriques renouvelables à Ghardaïa ont un part très importants à valoriser à savoir : Les nappes phréatiques, la nappe de l'Erg Occidental et celle du plateau de Lahsay, et qui ont respectivement les Potentialités suivantes : 15 millions de m<sup>3</sup> /ans, 5 millions de m<sup>3</sup> /ans et 1 millions de m<sup>3</sup> /ans (**OULED BELKHER,2015**)

L'objectif de ce travail est l'étude piézométrique et hydrochimique des eaux de la nappe phréatique du l'Erg Occidental, ainsi que de recommander les possibilités de valorisation des ces eaux dans l'activité pastorale dans la région. La démarche générale est de faire une collecte de données qui permettra d'une part de comprendre à travers les cartes piézométriques établies, le fonctionnement hydrodynamique des eaux souterraines de cette nappe, et d'autre part d'analyser quelques paramètres Hydrochimique pour obtenir le facies général de l'eau de cette nappe. Sur la base des résultats de cartographie on propose quelques travaux d'aménagement afin de mieux valoriser la nappe par apport à l'activité pastorale dans la région.

En effet l'étude s'articule en : premier chapitre qui décrit l'environnement du L'Erg Occidental dans sa dimension géographique et géomorphologique,. Dans le deuxième chapitre on présente l'aspect climatique et hydrologique du L'Erg Occidental et dans la troisième chapitre on présente geologique et hudrogeologique

Dans la quatrième chapitre on présente comment on les – aménager les puits , dans la cinquième chapitre on présente un diagnostique sur l'état des puits à fin de répondre des besoins en eau des cheptels locaux.

Nous finalisons notre étude par quelques recommandations nécessaires à la valorisation des ressources en eau et pour la bonne gestion.

# *Chapitre I :*

*Aspect Géographique et Géomorphologique*

*et Climatologique et Hydrologique*



## Chapitre 1: Aspect Géographique et Géomorphologique et Climatologique et Hydrologique

### I.1. Introduction

La connaissance d'un bassin versant est fondamentale dans toute étude pour la détermination d'une potentialité hydrique d'une région. Pour cela, il faut maîtriser les caractéristiques de ce bassin telles que la situation, climat, reliefs, végétation, régime hydrologique, hydrogéologique et sols.

Le Grand Erg occidental, situé au Sahara centrale-Ouest algérien, est un massif de dunes de 80000 km<sup>2</sup>. Il est limité au sud et au sud-est par le haut plateau du Tademaït, à l'est par le chebkha du M'Zab, à l'ouest par l'Oued Saoura et l'Erg Erraoui et au nord-ouest par la chaîne montagneuse de l'Atlas saharien.



*Figure I.1 :photo de Grand Erg occidental*

Cette barrière apparemment infranchissable a toujours été sillonnée par les caravanes qui font la liaison entre les oasis disséminées dans les vagues de sable. Les principales villes - bordant le Grand Erg occidental sont:

- Oasis El Menia (El Goléa) vers le sud est.
- Oasis de Timimoune (Gourara) et Saoura vers le sud, et Adrar (Touat).

- Oasis de Becha et de Taghit vers l'Ouest.
- Brézina vers le nord.
- Les Oasis de Chebkha de M'Zab vers l'Est (Metlili, Ghardaia, SebSeb, Mensourah).

## I.2. Situation géographique de La région d'étude (partie nord-est de l'erg occidentale)

La région de l'Erg occidental située à l'ouest du chebkha (dorsale) du M'Zab, exactement à 100 km vers l'Ouest de la ville Metlili. La Surface de la zone d'étude s'étende sur 12800 km<sup>2</sup>.

Limite de la zone d'étude dans Erg Occidental:

- X : 02° 5'W – 03° 10'
- Y : 29°15'N - 32°10'N
- Z : 380 – 550 m.

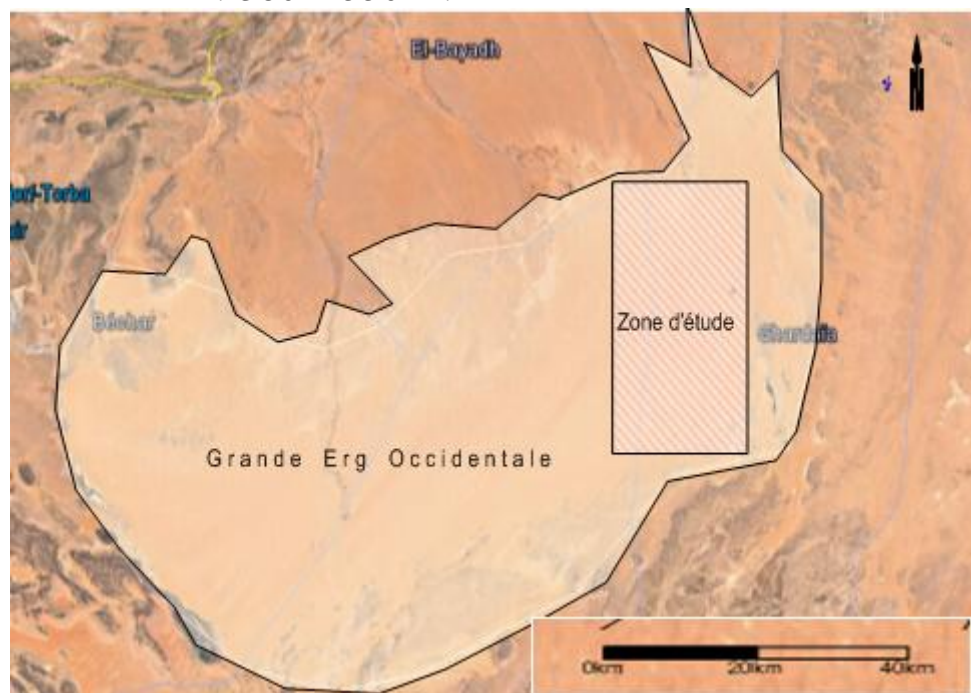


Figure I.2 : Photo satellite de la région d'étude (Google Earth 2017).

## I.3. Géomorphologie

Il ya deux principales formations morphologiques alternatives constituent le paysage de l'Erg Occidental :

- Les dunes de sable multi forme.
- Le reg ou hamada alluvionnaire.

Les dunes existent sur plusieurs formes, mais nous sommes intéressés par trois formes essentielles.

- **La barkhane** :c'est la forme la plus dynamique, qui sert à la fois des aires d'accumulations et des moyens de transport de sable, représentée par une forme de croissant (**Bouchenaki et al., 1967**).



*Figure I.3 - Photo montrant une barkhane*

- **Les Sifs:** sont des dunes allongées en forme de sabre, sont des ondulations longitudinales s'amincissant vers une extrémité. Elles se forment par les élargissements du bras d'une barkhane, sous l'effet d'un vent perpendiculaire au vent dominant (FigI.6).

-



*Fig.1.4- Photo montrant un sif*

- **La dune parabolique:** est une dune dissymétrique à concavité au vent souvent fixée par la végétation. Sa disposition par rapport à la direction du vent est donc inverse de celle de la barkhane. La dune parabolique est peu mobile et ne migre jamais une fois qu'elle est formée.



*Fig.1.5- Photo montrant une dune parabolique*

## I.4 Introduction

La connaissance d'un bassin versant est fondamentale dans toute étude des domaines hydrauliques ou détermination d'une potentialité hydrique d'une région. Pour cela, il faut maîtriser les caractéristiques de ce bassin telles que la situation, climat, reliefs, végétation, régime hydrologique, hydrogéologique et sols.

## I.5 Aspect Climatologique

Le climat de la région de Ghardaïa est typiquement Saharien, se caractérise par deux saisons: une saison chaude et sèche (Avril à Septembre) et une autre tempérée (Octobre à Mars).

### I.5.1. Disponibilité des données climatiques sur la région d'étude

La seule station de référence disponible près de la région est la station de Noumerret à Ghardaïa. Elle est localisée approximativement de l'aéroport Mofdi Zakaria.

*Tableau II.1 : Situation de la station météorologique de Ghardaïa*

Station	Latitude	Longitude	Altitude
Ghardaïa	32,40 ° N	3,81° E	450m

Les données climatiques disponibles de la station sont réparties dans le temps comme suite :

- 2006-2016 pour les paramètres : température, humidité, vent et évaporation.
- 1970-2014 pour la pluviométrie.

### I.5.2 Température :

Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver. La période chaude commence au mois de mai et dure jusqu'au mois de septembre. La température moyenne enregistrée au mois de juillet est de 35,23 °C, la température maximale en cette période peut atteindre 41,52 °C. Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de janvier ne dépasse pas 11,44 °C, la température minimale étant de 6,45°C. (Achour, 2005)

Tableau II.2: Les moyennes mensuelles de température(période2006/2016)

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Ann
T (C°)	29,24	23,55	16,45	12,05	11,44	12,96	17,02	21,88	26,4	31,37	35,23	34,27	<b>22,66</b>
T <sub>M</sub> (C°)	35,41	29,42	22,15	17,49	17,09	18,5	22,98	25,09	32,68	37,83	41,52	40,51	<b>28,39</b>
T <sub>m</sub> (C°)	23,22	17,9	11,28	7,26	6,45	8,67	10,96	15,16	19,44	24,1	28,18	27,63	<b>16,69</b>

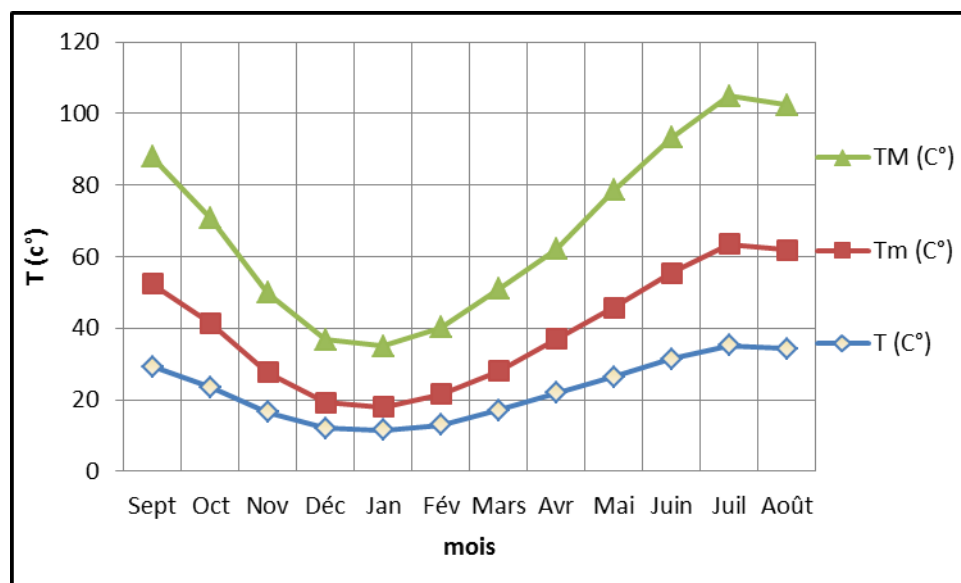


Figure II.1 variations mensuelles de la température (période2006/2016)

### I.5.3 Évaporation

L'évaporation est un élément climatique important à considérer, compte tenu de son rôle dans des divers processus hydro-climatique, notamment son influence sur les précipitations. Elle est exprimée en millimètres d'eau évaporée.

Dans le tableau ci-dessous, sont figurées les valeurs moyennes mensuelles de la station de Ghardaïa pour la période de 2006/2016.

Tableau II.3: Evaporation moyenne Mensuel(période2006/2016)

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juilly	Août	Ann
Evapo (mm)	223.4	139.9	83.9	60.7	63.8	86.2	141.4	192.5	257.2	295.2	343.1	297.9	2185.2

On constate généralement des valeurs élevée (257,2 - 343,1) pendant les périodes chaudes (juin, juillet et août). Les valeurs les moins élevées sont enregistrées au cours du mois de janvier.

L'évaporation annuelle à la station de Ghardaïa est de l'ordre de 2185,2 mm.

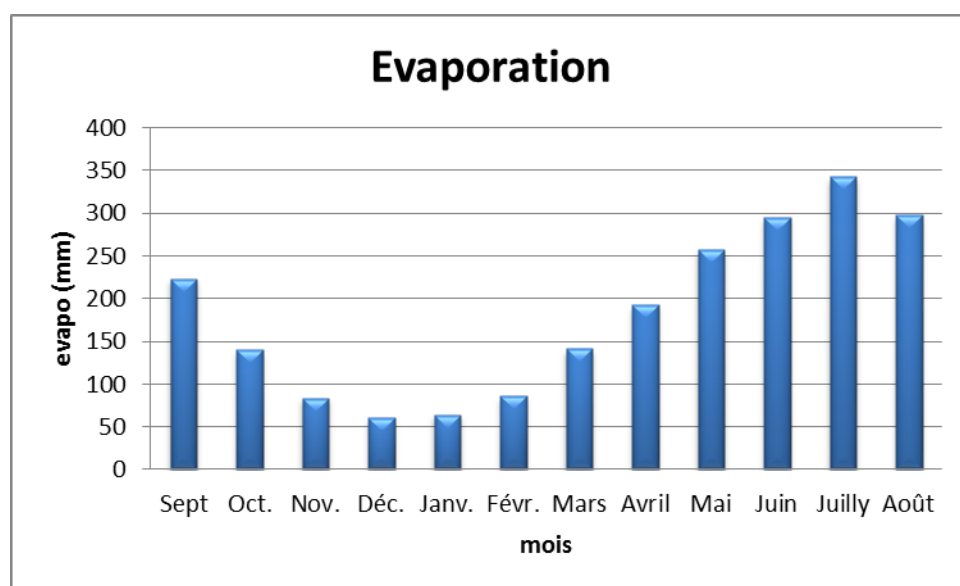


Figure II.2 L'évaporation moyenne mensuelle (période 2006/2016)

#### I.5.4 L'humidité

L'humidité relative de l'air est le rapport, exprimé en pourcentage, de la tension de vapeur d'eau à la tension de vapeur d'eau saturante. C'est un élément atmosphérique très important puisqu'il donne le taux de condensation dans l'atmosphère.

Les données de la station météorologique de Ghardaïa donnent une moyenne annuelle de l'ordre de 35.8%.

Tableau II.4: L'humidité relative moyenne mensuelle et annuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Ann
H %	51,08	42,08	35,93	31,39	26,9	23,43	20,61	23,43	34,55	40,34	46,69	53,17	<b>35,8</b>



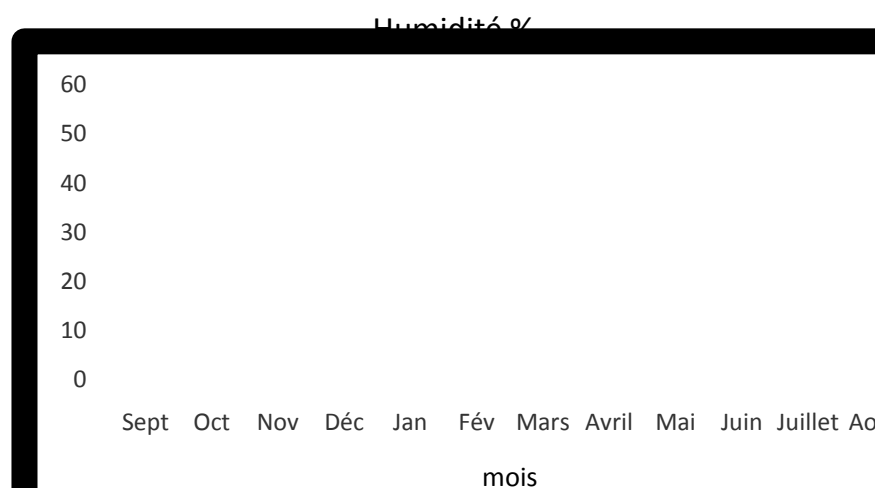


Figure II.3 La variation de l'humidité moyenne mensuelle (période 2006/2016)

On remarque que l'humidité relative dépasse rarement 50% exceptionnellement dans les mois de l'hiver (novembre, décembre, janvier) mais elle atteint des valeurs inférieures à 40% pendant la moitié de l'année (de Mars jusqu'au mois de septembre) avec un minimum de 20% au mois de juillet.

### I.5.5 Les vents

Le vent est un des facteurs caractéristiques du climat. Il se caractérise par sa vitesse et sa direction. La région de Ghardaïa est régie d'une part, par les circulations des masses d'air propres à la méditerranée occidentale amenant l'humidité de l'Atlantique nord, et d'autre part, à l'ouverture des vents sahariens chauds (Sirocco).

Les vents dominants soufflent du Nord-Ouest. Les vitesses moyennes mensuelles observées au niveau de la station de Ghardaïa, montrent une répartition assez régulière comprise entre 3,3 et 4,8 m/s sur toute l'année, ce qui les classe dans la catégorie des vents modérés.

Tableau II.5: La Vitesse moyenne du vent à la station de Ghardaïa (période 2006/2016)

Mois	Sp	Oc	Nv	De	Jv	Fe	Mar	Av	Ma	Jn	Jt	At	Année
Vitesse moy (m/s)	3,6	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	4,4	4,8	4,5	4,2	3,6	3,3	3,8

Les vitesses les plus élevées s'observent en printemps avec des pics en mois d'avril de 4,8 m/s. En période sèche le sirocco prédomine, il s'agit d'un vent sec et chaud qui souffle du continent vers la méditerranée desséchant ainsi l'atmosphère.



## **I.6.Étude des précipitations**

La précipitation est le principe facteur du climat saharien. Une pluie peut tomber durant toute l'année, et pendant le même mois des années de sécheresse peuvent se produire (**J.Dubief, 1959**).

### **I.6.1. Origine de précipitation**

La situation météorologiques de région à l'origine de précipitations importantes et intenses sur l'Erg Occidentale. Ce sont les passages de fronts polaires venus directement du secteur nord ou nord-ouest, et les orages parfois violents qui se déplacent selon une composante orientée sud-est. D'autre part, ce sont les fronts polaires venus de l'ouest et associés avec une dépression circulaire dont le centre se déplace de l'Ouest du Maroc vers l'est, ou vers le nord. Ces fronts s'accompagnent d'un appel d'air chaud et humide depuis le Sénégal ou la Mauritanie. Ce sont les dépressions soudano-sahélienne de Dubief. Ces systèmes s'accompagnent parfois de violentes convections, à l'origine de précipitation et de crues rares (**Dubief, 1959 ; Roche,1996**).

#### **I.6.1.1Précipitationsjournalières**

Il s'agit des hauteurs de pluie tombées en 24 heures, de 6 heures du matin le jour  $j$  jusqu'à 6 heures le lendemain  $j + 1$ , la hauteur étant portée au jour  $j$ . Elles peuvent être assimilées à une intensité de pluie en 24h. Plusieurs méthodes d'évaluation des crues utilisent ces hauteurs de pluie journalières qui sont donc une caractéristique importante. Une des raisons en est que ces données sont généralement plus disponibles que les intensités par intervalles de temps plus petits.

Fréquences du nombre de jours de pluie journalière en fonction de leur hauteur.

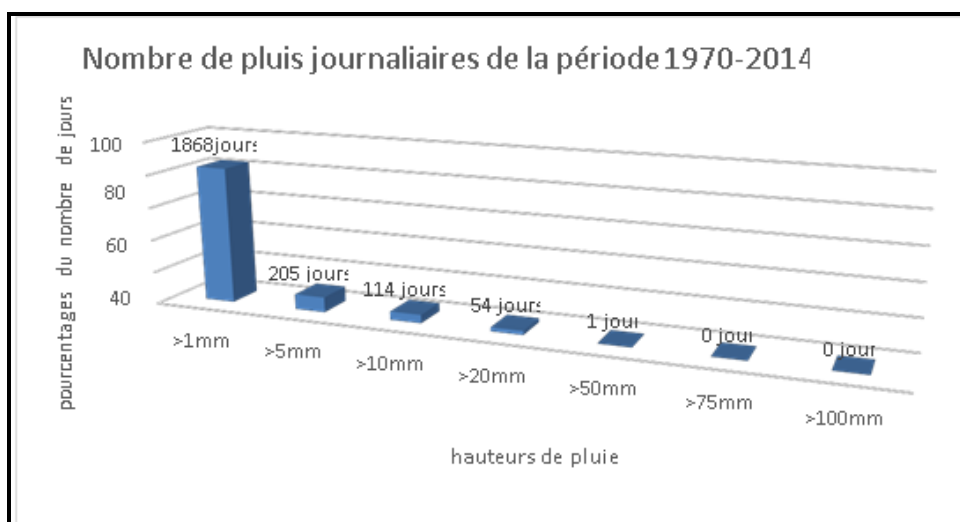


Figure II.4 : nombre journalières de la période 1970-2014 (Rahaly2015)

Il s'agit des pourcentages du nombre de jours de pluie durant lesquels la hauteur d'eau tombée a été supérieure à une certaine limite : 1, 5, 10, 25, ... mm. Le nombre de jours de pluie au moins égale à 0,1 mm est pris comme référence. La Figure ce dessus indique ces fréquences pour la station de Ghardaïa (Ouled Belkhir et Rahaly2015).

Sur cette histogramme de fréquences cumulées des jours, on constate aussi la rapide diminution des pourcentages de pluies en 24 heures lorsque la hauteur journalière augmente. Ainsi à Ghardaïa, 83% des pluies journalières ont des hauteurs supérieures à 5 mm, 9% supérieures à 5 mm, 10 % supérieures à 10 mm, et 2.5% supérieures à 25 mm. Rappelons que le nombre moyen de jours de pluie mesurable est de 12 à Ghardaïa sur la période 1970-2014. Le nombre de fortes pluies journalières par rapport au nombre total de pluies est donc faible. Ces fréquences sont légèrement inférieures sur la période 1970-2014 (44 ans) en raison du nombre supérieur de pluie mesurable observé (17 jours).

En se référant à la fréquence des pluies égales ou supérieures à 5 mm et 10 mm, hauteurs limites du ruissellement que l'on peut prendre en considération, on se rend compte que 1 pluie sur 4 à 10 pluies supérieures à 0,1 mm est susceptible de provoquer un écoulement. Une telle évaluation demeure imprécise compte tenu des autres facteurs conditionnels, mais elle constitue néanmoins une approche intéressante des événements. Dans les régions arides le caractère exceptionnel de certaines pluies tombées en 24h est très important à considérer puisqu'elles peuvent être à l'origine du ruissellement des Oueds (Roche, 1996).

### I.6.1.2 Précipitation moyenne annuelle

Les systèmes perturbants entraînant des précipitations sur la région sont liés, généralement, aux déplacements des fronts polaires, méditerranéens et des alizés méridionaux. Les précipitations engendrées peuvent être des importantes averses orageuses. J. Dubief (1953) a localisé notre région entre l'isohyète 100 et 50mm.

Conventionnellement, l'isohyète 100mm est pris comme limite nord du domaine du désert. Le trait essentiel qui s'en dégage, une évolution latitudinale des précipitations avec une diminution du Nord vers Sud.

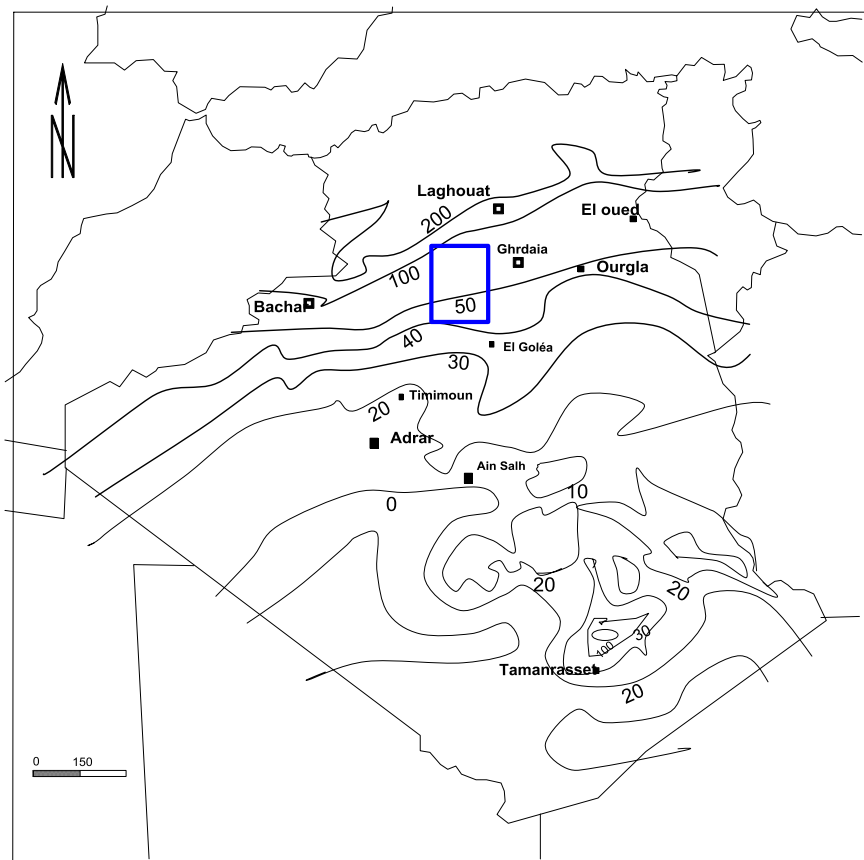


Figure II.5: Carte de précipitations de la région d'étude (J. Dubief, 1953).

La moyenne annuelle de la précipitation calculée durant la période 1970-2014 est de 76.32 mm.

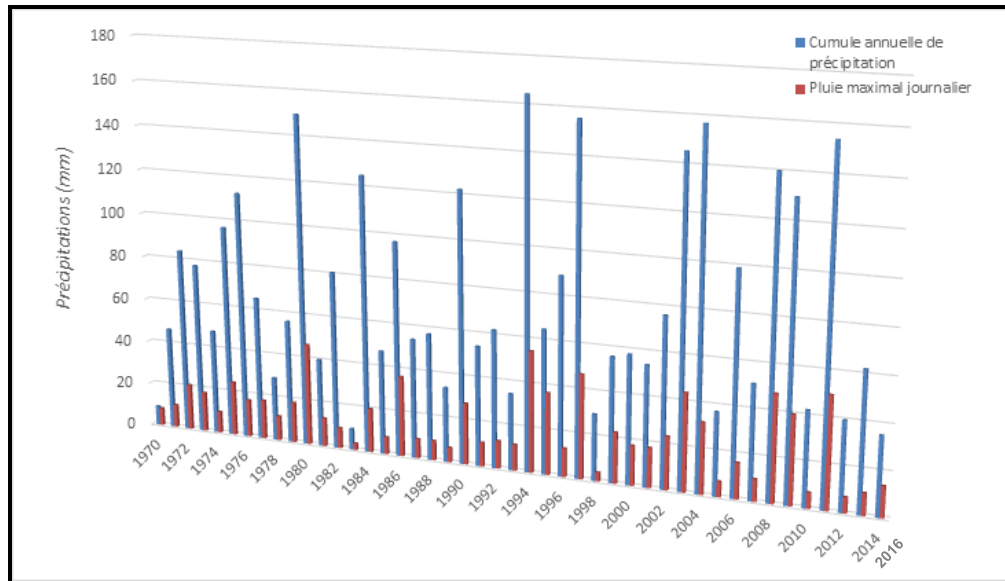


Figure II.6 : Histogramme représente les cumules annuelles avec la pluie journalière maximal

Le figure II.6 représente l'Histogramme de pluies journalières maximal dans les années de notre étude avec cumule annuelle portent sur une période de 44 ans. Les données complémentaires, recueillies dans le cadre de la présente étude, concernent une durée de 44 ans sur les périodes 1970-2014. Sur cette période de 44 ans, deux pluies journalières sont proches de 55 mm, huit pluies journalières sont supérieures à 35 mm et 69% des pluies journalières sans inférieur a 20 mm avec 44% sans cumulé annuelle été entre 60 mm et 80mm (**Rahaly2015**).

La plus forte pluie relevée sur la région dans cette période a été de 54,8 mm du 28 septembre 1994 avec sans cumulée annuelle le plus forte a été de 164.5mm, et la plus faible pluie a été inférieur a 4mm du 1983.

La pluie de la nuit du 28 septembre 1994, d'une hauteur de 54,8 mm, est à l'origine de la forte crue du 28 septembre 1994 qui a inondé l'oasis de Ghardaïa.

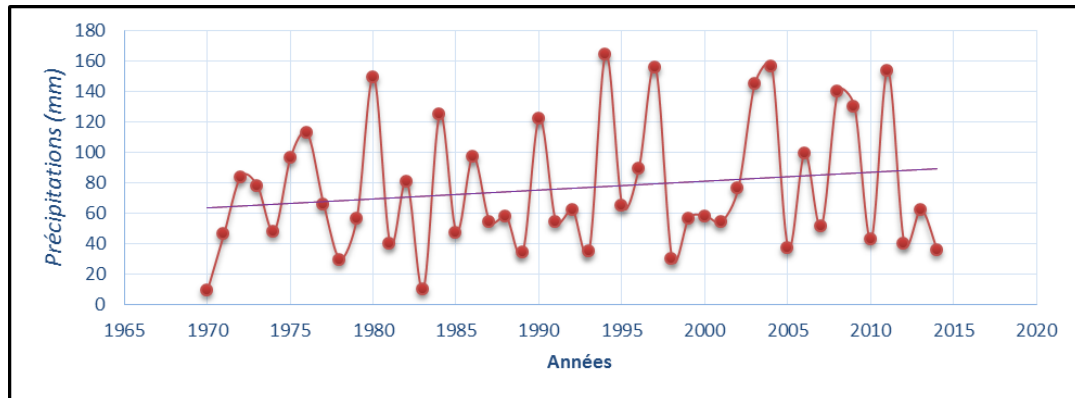


Figure II.7. Graphique des cumuls pluviométriques annuels pour la série de Ghardaïa (1970-2014).

Les pics les plus remarquables sont ceux de 1994 représentant l'année la plus pluvieuse de la série, et celui de 1970 qui représente l'année la plus sec (moins pluvieuse), les pics du graphique sont plutôt, hétérogènes à l'exception de certaines années présentant des volumes de précipitations annuels proches les uns des autres. Nous remarquons que les années allant de 1981 à 1991 reçoivent le même cumul annuel (**Rahaly2015**).

### I.6.1.3 Analyse statistique des pluies maximales journalières

L'étude consiste à faire un ajustement pour la série de données des précipitations maximales journalières au lois théoriques Gumble et Galton, afin de déterminer une intensité de pluie et de période de retour. Nous disposons une série de pluies journalière de 1970 jusqu'au 2014. Les étapes à suivre pour effectuer un ajustement statique sont:

- Classer la série des précipitations par ordre croissant ou décroissant selon qu'on travaille à la fréquence au dépassement ou au non dépassement.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série.
- Calculer les quantiles et leur intervalle de confiance.

• **Ajustement de la Loi de Gumble**

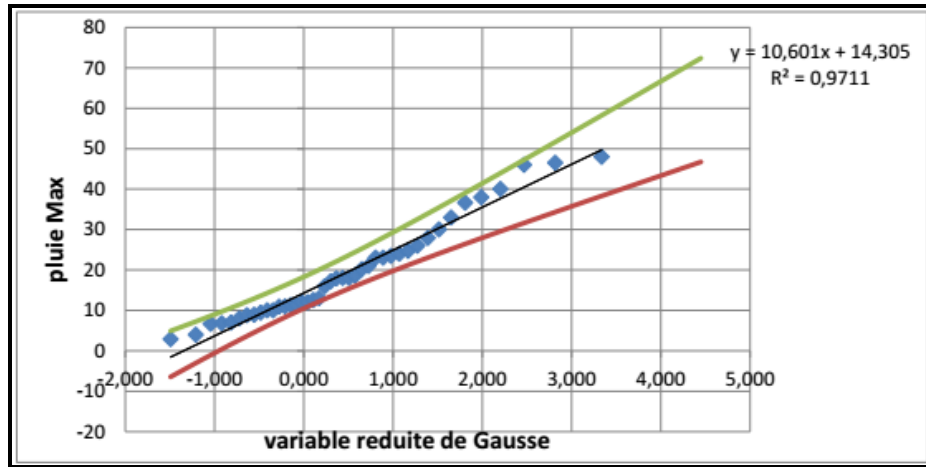


Figure II.8.: la courbe enveloppe de Gumble de la précipitation journalière de la région.

• **Ajustement la loi de Galton (log normal)**

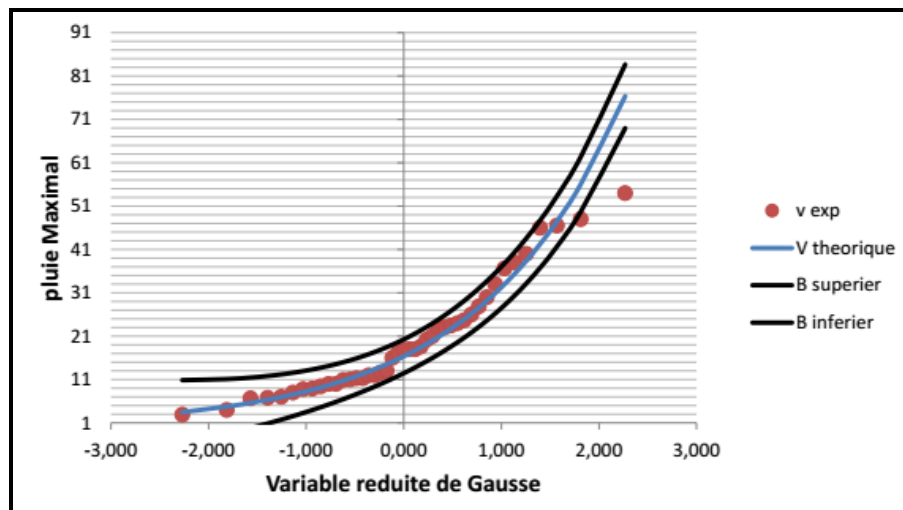


Figure II.9: Courbe Enveloppe De Galton de Bel Ghaneme

• **Test de Khi<sup>2</sup>**

A. **Loi de Galton (lognormal)**

Table II.6 : Test de Khi<sup>2</sup> appliqué sur la série des pluies (Galton).

Khi <sup>2</sup> (Valeur calculé)	3,277
Khi <sup>2</sup> (Valeur théorique)	9,4
DDL	4
p-value	<0,070
Alpha	0,05

## B. Loi Gumble

Table II.7 : Test de  $Khi^2$  appliqué sur la série des pluies (Gumbel)

Khi <sup>2</sup> (Valeur observée)	21,1
Khi <sup>2</sup> (Valeur critique)	9,4
DDL	4
p-value	<0,070
Alpha	0,05

D'après le test de  $Khi^2$  appliqué sur la série des pluies Dans la loi de Galton (log normal) En remarque que :

Valeur critique > valeur observée. Ce qui montre que l'ajustement est accepté avec la loi de Galton.

Le résultat est représenté dans le tableau suivant :

Tableau II.8: Pluies journalières maximales fréquentielles.

temps de retour	Fréquence au non	variable réduite de Log	P j max fréquentielle
2	0,5	0,0	<b>16</b>
5	0,8	0,8	<b>26</b>
10	0,9	1,3	<b>34</b>
25	0,96	1,8	<b>45</b>
50	0,98	2,1	<b>53</b>
100	0,99	2,3	<b>62</b>
500	0,998	2,9	<b>86</b>
1000	0,999	3,1	<b>98</b>
10000	0,9999	3,7	<b>141</b>

### • Construction des courbes IDF

Les courbes IDF représentent les relations entre les intensités, la durée et la fréquence d'apparition des pluies .Elles permettent d'une part de synthétiser l'information pluviométrique au droit d'une station donnée et, d'autre part de calculer grossièrement des débits de projet, d'estimer des débits de crue, et aussi de déterminer des pluies de projet. Elles sont établies de manière analytique (formule de Montana ou de Talbot) ou statistique (analyse fréquentielle) (**Oulad Belkhair 2015**).

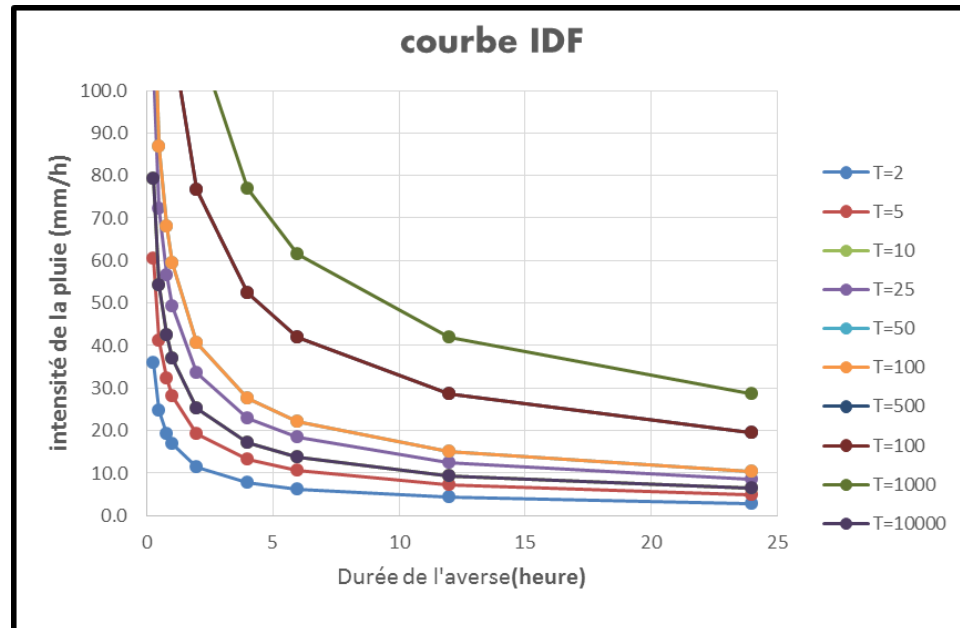


Figure II.10: Courbe IDF « Intensité – Durée – Fréquence

## I.7. Aspect hydrologique

Les eaux de surface sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes. D'après la carte de la (figure II.11), la région d'étude est drainée par trois grands Oueds

- Zergoune – Mehiguen
- Saguer
- El Guerbi

Tous les Oueds prennent ces naissances de l'atlas Saharien au nord. Oueds Zergoune et Saguer sont les plus actives dans ce système hydrologique avec un écoulement très remarquable en printemps et en automne. Il contribue à l'alimentation directe de la nappe de l'Erg.



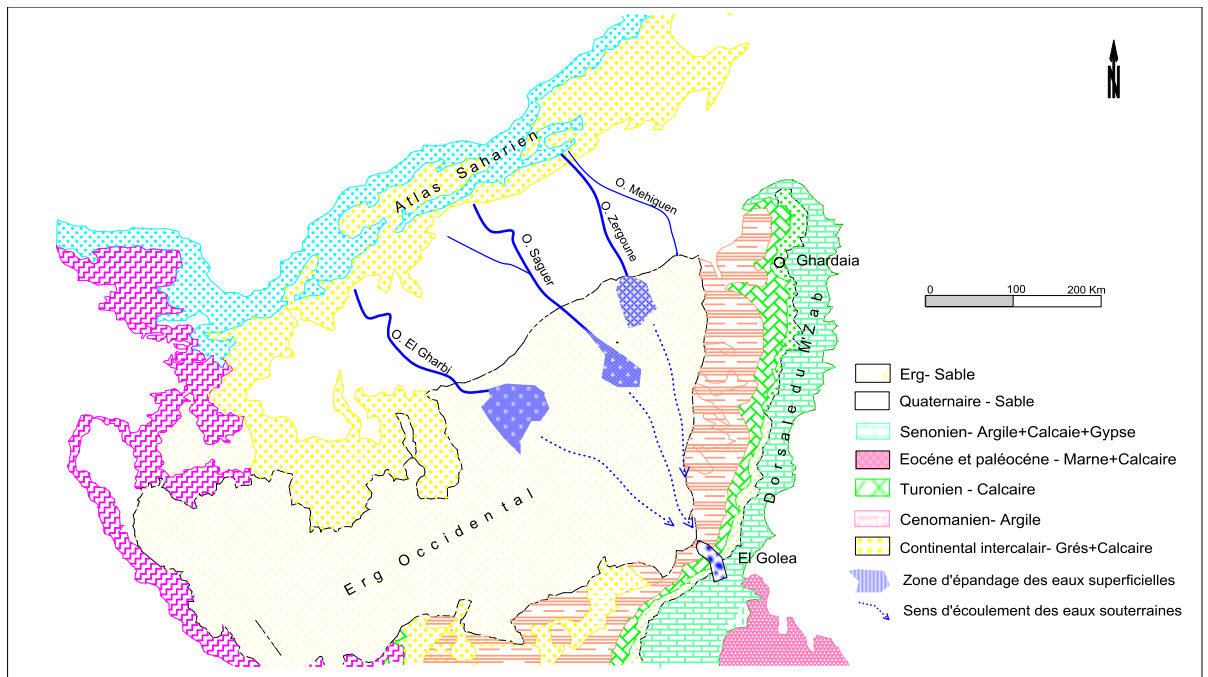
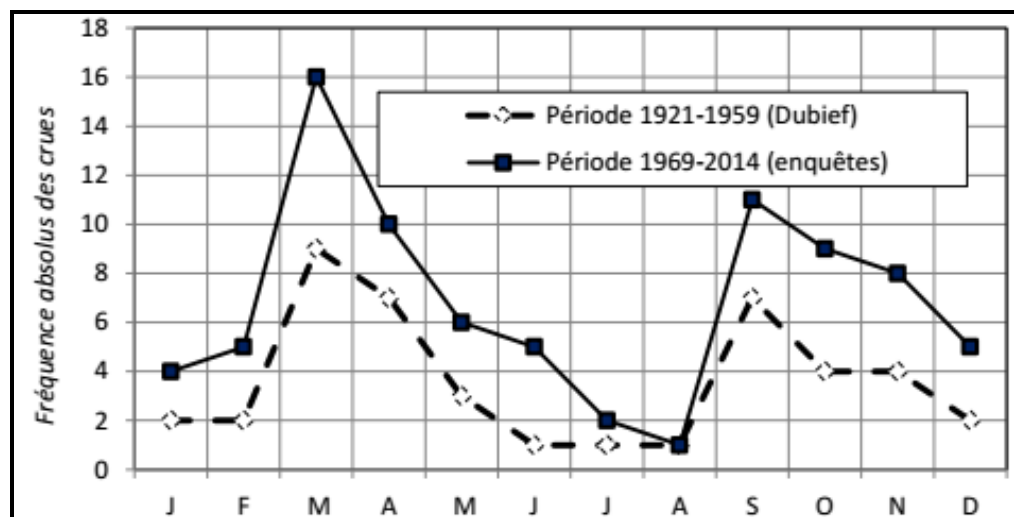


Figure II.11 : carte hydrographique de l'Erg Occidental

### I.7. 1.Répartition saisonnière des crues

La liste des crues recensées permet d'évaluer la fréquence des mois au cours desquels elles se produisent sur la région. Ces fréquences sont reportées sur la figure I.11. La variation au cours de l'année est caractérisée par deux maximums, l'un au printemps (mars), et l'autre en automne (septembre). Les deux minimums se situent en juillet-août et en février.



FigureII.12 : Fréquences mensuelles des crues de la région de Chekha

### I.1. 2. Date des crues les plus importantes dans la région

D'après Ouled Belkhir (2015), les dates des crues recensées sur la majorité des Oueds de l'Erg Occidentale (Oued Zergounes et Oued Sageur) sont les suivant : 03/1972, 05/1978, 10/1984, 09/1987, 06/1991, 09/1994, 04/1997, 06/2001, 04/2004, 10/2008, 03/2011, 11/2014.

### I.8 Conclusion :

La pluviométrie moyenne annuelle, sur la région d'étude, est de 76,32 mm, avec un écart-type de 34,0 mm. La médiane, susceptible d'être dépassée une année sur deux, est de 62,4 mm.

La tendance sur 44 ans, est à une stabilisation de la moyenne. Un ajustement linéaire indiquerait une stabilité de la tendance tandis qu'un ajustement polynomial montre un minimum centré sur 1979, puis une remontée, probablement en raison de quelques années de fortes pluies en fin de période.

La pluie annuelle décennale a été évaluée à 33,61 mm, la centennale à 62,24mm et la millénaire à 97,66mm. Dans la région de l'Erg Occidental, on peut distinguer :

- Une saison de pluies d'hiver. Les dépressions qui la caractérisent sont à rattacher soit à des dépressions du front polaire, soit à des perturbations proprement sahariennes qui naissent au sud du Maroc, soit, enfin, à des « dépressions soudano-sahariennes ».
- Une saison des pluies de printemps.
- Une saison d'été pluvieuse d'été marquée par des précipitations orageuses.
- Une saison de pluies d'automne, faisant suite de façon plus ou moins continue aux pluies d'été.

Le pourcentage du nombre des pluies journalières supérieure ou égale à 0,1 mm est de 83% des jours sur la période de durée maximum qui a pu être traitée. Les nombres de jours de pluie journalière supérieure à 5 mm, 10 mm, et 20 mm, sont respectivement de 9%, 5,08%, et 2% par an. Le nombre relatif de fortes pluies est plus grand en hiver qu'en été.

Les hauteurs de pluies journalières de fréquence décennale et centennale ont été évaluées respectivement à 33.6 mm et 62.4 mm. La pluie journalière quadri centennale a une

hauteur de 86,18 mm. Enfin, la pluie millennale est déterminée à 97,66 mm. La pluie journalière de 57,1 mm a une période de retour de 35 ans.

*Chapitre II : ASPECT  
GEOLOGIQUE ET  
HYDROGEOLOGIQUE*

## CHAPITRE II. ASPECT GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

### II.1 Aspect Géologie

Le rôle de la géologie est primordial en hydrogéologie, il permet la description lithologique et stratigraphique des formations et d'identifier celles susceptibles d'être aquifères.

#### II.1.1 Cadre géologique de l'Erg Occidental

La plate forme de l'Erg occidental correspond aux affleurements des formations du Crétacé supérieur (Cénomano-turonien et sénoniennes), dessinant ainsi une lanterne allongée sur une direction subméridienne laquelle est entourée par de dépôt continental d'âge Mio-pliocène. Les immenses dunes de l'Erg qui remontent Quaternaire au recouvrent 95% de cette plate forme.

Ces assises carbonatées et marneuses du Crétacé supérieur s'épaississent et s'approfondissent progressivement vers l'Est. Et se couvrent par des couches plus récentes d'âge Tertiaire (Mio-pliocène et Pontien) (Garradi, 2012).

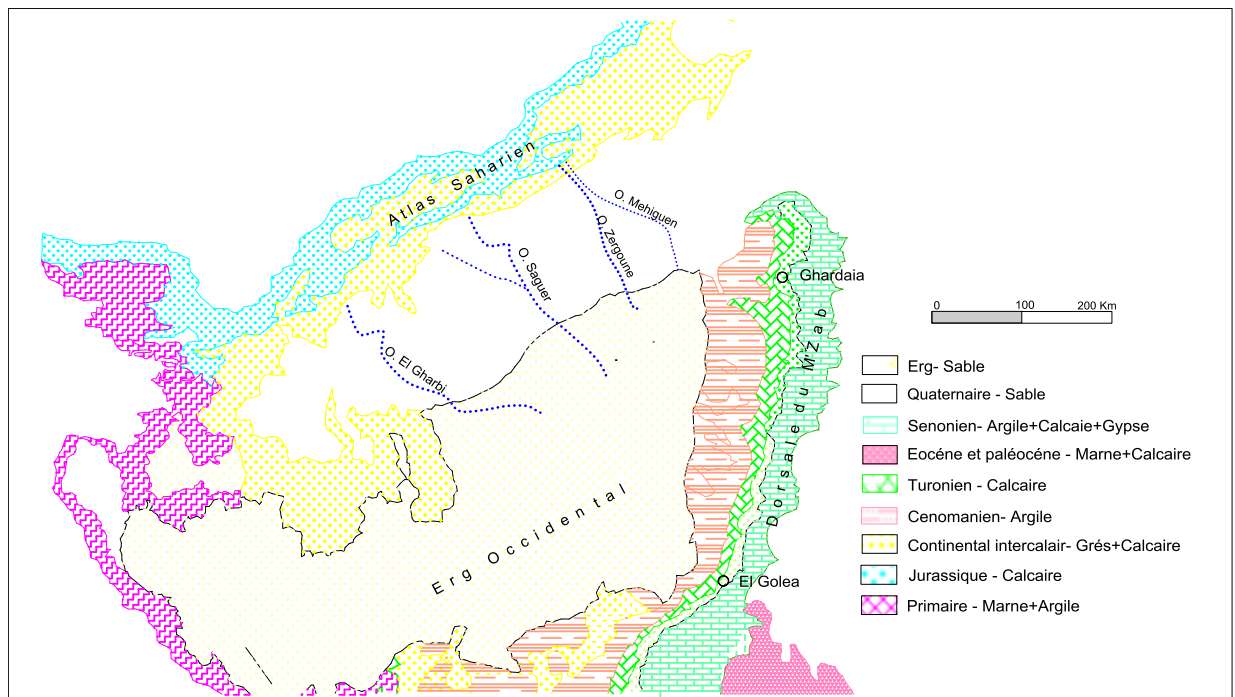


Figure II.1 : Carte géologique du sud-Ouest Algérien (Thèse Sbaa, 2014)

Les immenses dunes de l'Erg occidental recouvrent en grande partie la dorsale au Sud-Ouest. Le long de la vallée des dépôts alluvionnaires d'âge quaternaire. Ces alluvions sont constituées de sables fins et grossiers (mêlés à des limons et des argiles), gravillons,

galets consolidés. En profondeur la formation de continental intercalaire réserve la nappe albienne qui constitue la ressource principale d'eau potable.

## **II.1.2 Litho-stratigraphie**

### **II.1.2.1 Le Barrémien**

Cet étage est caractérisé par un épandage généralisé des formations détritiques du Crétacé inférieur jusque dans le Bas-Sahara. Ces formations se présentent sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles. Les intercalations carbonate sont peu nombreuses.

### **II.1.2.2 L'Aptien**

L'Aptien est un bon repère lithologique dans les sondages. Il est représenté dans la grande partie du Bas-Sahara, par 20 à 30 m en moyenne, de dolomies alternant avec des lits d'anhydrite et d'argiles.

### **II.1.2.3 L'Albien**

Cet étage regroupe la masse des sables et argiles comprise entre la barre aptienne et l'horizon argileux sous-jacent attribué au Cénomanién.

### **II.1.2.4 Le Cénomanién**

Le Cénomanién est formé par une alternance de bancs d'argile de dolomie, de calcaire dolomitique, et d'évaporites (gypse) avec une nette dominance des argiles et des évaporites. L'épaisseur est de l'ordre de 200 mètres.

### **II.1.2.5 Le Turonien**

Les formations carbonatées du Turonien affleurent sur la dorsale du Mzab. Elles plongent vers l'Est sous les dunes de l'erg oriental où elles sont recouvertes par les formations du Mio- Pliocène. Le Turonien peut être calco-marneux, mais il est essentiellement calcaire sur le Mzab.

### **II.1.2.6 Le Sénonien**

Représenté généralement par une série argilo-gypseuse à la base et de calcaire dolomitique au sommet.

### II.1.2.7 L'Eocène

D'une épaisseur de 26m au nord de Hassi R'mel, caractérisé par des calcaires blancs à silex et a passées plastiques azoïques.

### II.1.2.8 Le Quaternaire

Le quaternaire apparaît surtout sous forme de dépôts alluvionnaires au niveau des lits d'oued et dépressions fermées (Daïas) (Garradi 2012).

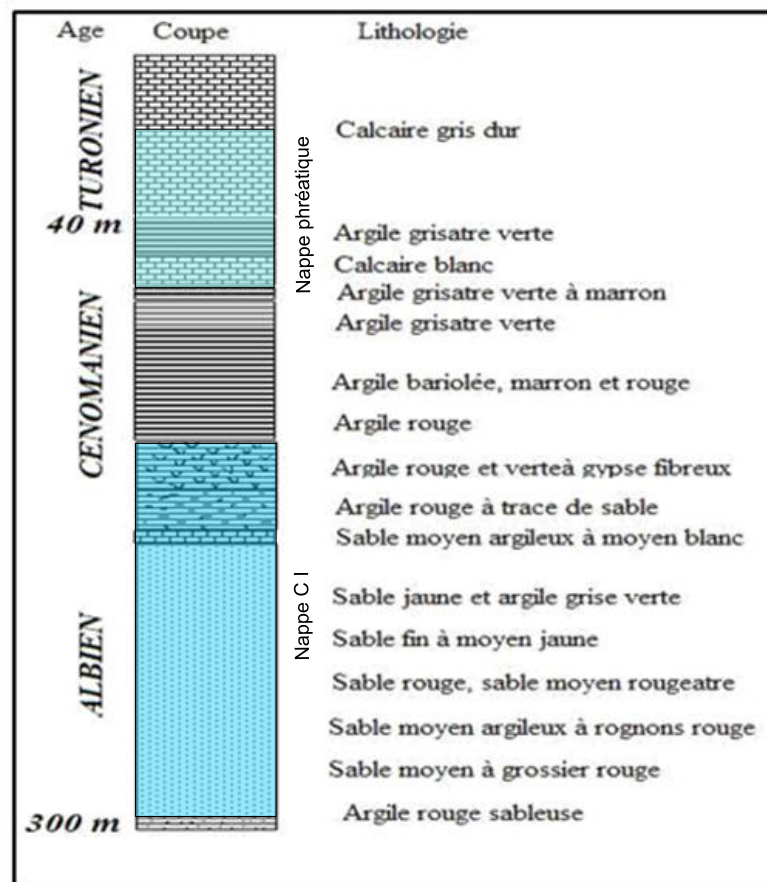


Figure II.2. Log lithologique et hydrogéologique de la partie Nord-Est de l'Erg Occidental (Guerradi, 2012)

## II.2 Aspect Hydrogéologique

Les principales ressources en eau à l'Erg Occidental sont d'origine superficielle et souterraine. Les ressources souterraines sont contenues dans deux types d'aquifères ; la nappe superficielle (la nappe phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire.

### II.2 1. Nappe phréatique

La nappe phréatique de l'Erg constitue la principale ressource pour l'approvisionnement pastorale. Deux types d'aquifère superficiel sont connus : l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré, leur mur commun est l'argile cénomanienne (Ahour 2014). Les crues des oueds (notamment Zergoune et Sagner) jouent un rôle primordial dans le régime des puits de la nappe phréatique. Lors de chaque crue, le niveau de l'eau s'élève dans les puits. Il s'abaisse ensuite plus ou moins lentement, pour arriver à son minimum. Parfois même, l'eau disparaît complètement.

ERE	Étage		Lithologie	Nature Hydrogéologique
	Quaternaire alluvionnaire		sables et d'alluvions	Nappe superficielle
Secondaire	Crétacé	Séno-nien	Calcaire	Substratum
			Lagunaire	
		Turonien	calcaire	Nappe des calcaires
		Cénomarien	Argiles, marnes	Substratum
		Albo-Aptien	grès, sables	Nappe albienne (Continental Intercalaire)
		Barrémien	grès fins ou grossiers et d'argiles	

Figure II.3: Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (Miourigh, 2011).

Sa nature lithologique est de calcaire dolomitique massif d'une épaisseur de 40 à 100 m, grâce à sa perméabilité de fissure, il reçoit les eaux provenant de la surface directement ou par l'intermédiaire de l'aquifère alluvionnaire.

### II.2.2 Nappe Albien

Cette nappe est profonde, contenue dans le continental intercalaire, son eau est fossile,



emmagasinée à la cour des périodes pluvieuses du quaternaire.

Elle se trouve à une profondeur d'environ 450m. La qualité de son eau est très bonne et le sens de son écoulement est généralement nord-ouest-sud est (**Oulad Belkair2015**).

### **II.3 Aspect piézométrique de la région de l'Erg Occidental**

#### **II.3.1 Mesure du niveau piézométrique**

Les mesures des différents niveaux piézométriques doivent être effectuées dans des conditions de stabilisation de la nappe pour l'ensemble de la région cartographiée au cours d'une période la plus courte possible. En effet Castany (1998) souligne que la surface piézométrique que nous mesurons, constitue la limite supérieure de la nappe. C'est une limite hydrodynamique donc en perpétuelle fluctuation. Cette limite (surface piézométrique) peut s'élever ou s'abaisser librement dans la formation hydrogéologique perméable.

Sur le terrain nous avons effectués 01campagnes piézométriques :

- La campagne sen mois d'Avril 2017 qui correspond à la période basse-eaux ;
- La campagnes est concernées tous les points d'eau du l'Erg Occidental: 12 puits.

#### **II.3.2 Secteur d'étude**

##### **II.3.2.1 Le réseau des puits de l'Erg Occidental**

D'après notre enquête sur terrain auprès des éleveurs et nomades utilisant l'Erg Occidental comme parcours, le nombre de puits traditionnels dépasse les 30 puits, dont la majorité date de plus de 50 ans. Un nombre important de ces puits cours un risque d'ensablement, d'autres sont mal entretenu ou quasiment abandonnés.

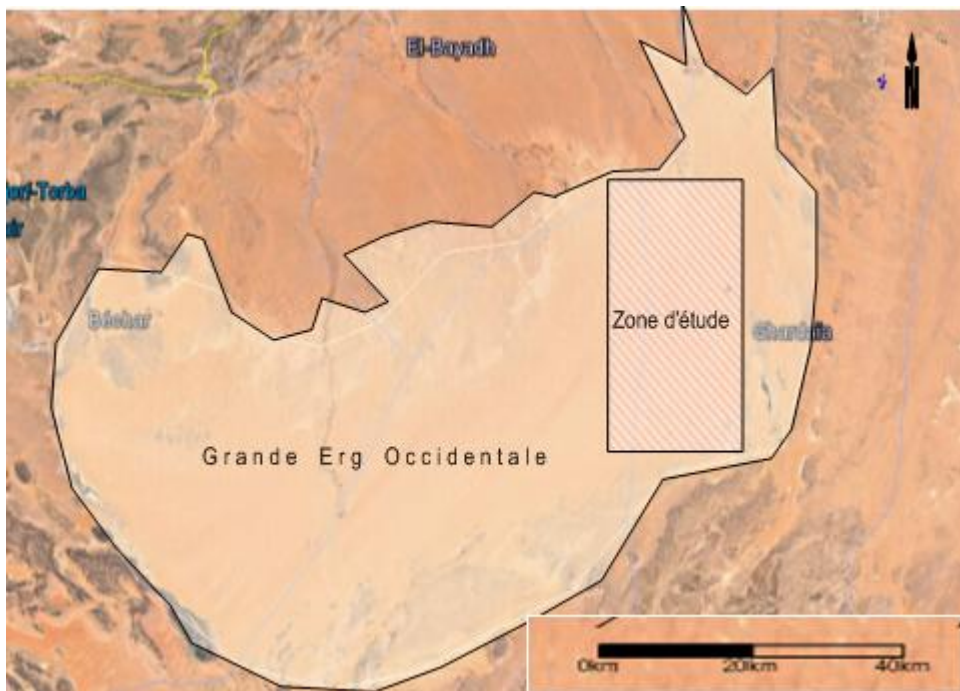


Figure II.4 : Délimitation et situation de la zone d'étude

Douze (12) puits seulement sont fait l'objet d'une campagne piézométrique et d'échantillonnage hydro-chimique à la période 01-05/04/2017. Ces puits représentent la partie Nord-Est de l'Erg Occidental. Les mesures sur terrain sont:

- Le repérage des puits par GPS,
- Prise des photos,
- Mesure du niveau statique dans les puits d'eau,
- Analyse hydrochimique des échantillons d'eau ramenée au laboratoire, notamment : les sels totaux dissous (TDS), la conductivité, le ph et la teneur en  $\text{NH}_4^+$ .

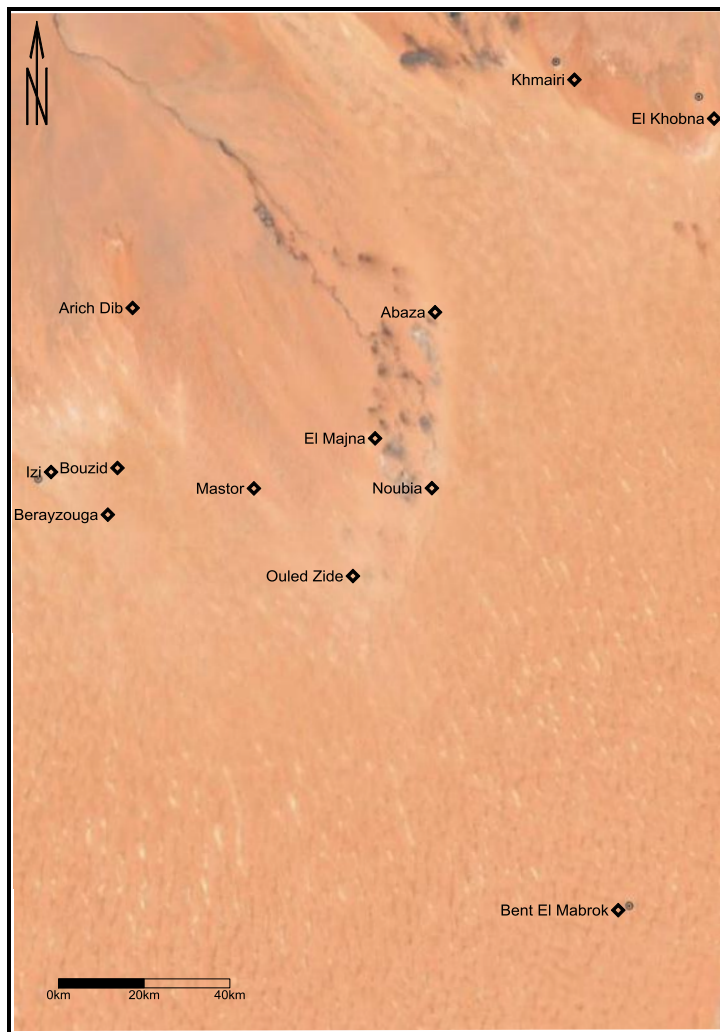


Figure II.5 : Carte de situation des puits de la partie Nord-Est de l'Erg Occidental

### II.3.2.2 Méthode de prise d'échantillon et les mesures in-situ

Il est nécessaire de pomper suffisamment longtemps pour renouveler l'eau contenue dans le tubage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que l'on veut 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 de l'échantillon.

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 apporter les

échantillons au laboratoire d'analyses dès que possible (délai inférieur à 24 heures). La température de l'échantillon ne doit jamais dépasser celle de l'eau souterraine prélevée.

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 (Thierrin et al, 2001).

Les mesures in-situ sur terrain sont:

- Détermination de la position géographique : La position de chaque puits est déterminée à l'aide d'un Smartphone androïde GPS à l'aide de l'application (GPS data version 3.3.0)
- La piézométrie : Mesuré a une sonde piézométrique lumineuse de 50ml de longueur, la piézométrie consiste a mesuré la profondeur du puits jusqu'au plan d'eau.

### II.3.2.3 L'approche géostatistique

La géostatistique consiste à étudier les phénomènes corrélés dans l'espace, au moyen d'un outil probabiliste : " la théorie de variables régionalisées ". Le but initial de la géostatistique est donc d'estimer (prédire, évaluer) la répartition de ces variables régionalisées dans un espace connu. Typiquement, on ne connaît que les mesures de la variable en certains points (stations de mesure) ou le long de lignes, mais on dispose également d'une information qualitative importante (géologie, conditions d'échantillonnage, expérience...). On cherche alors à prévoir une quantité qui dépend, bien évidemment, de la variable en dehors des points de données. Or les variables régionalisées étudiées en géostatistique présentent très souvent un comportement irrégulier, aléatoire, rendant la prévision incertaine. C'est en étudiant ce comportement, en dégagant la structure, puis en faisant usage de celle-ci, que la géostatistique parvient à une meilleure connaissance de son phénomène.

La structure des variogrammes expérimentaux (cas de la piézométrie) à montrés une absence d'auto corrélation régionale entre les différents couples de mesure. En réalité cette situation présente l'absence de structure spatiale qui ne peut être ajusté par un variogramme. Cette structure due probablement à la faible densité des et points de mesure (inférieur à 30 points). Pour cela le Krigeage ne peut être utilisé comme moyen d'interpolation. La méthode d'interpolation la plus adoptée dans ce type d'interpolation est la méthode de "Invers Distance To A Power" qui a aboutée à la cartographie par a suite.

### II.3.2.4 Le logiciel Surfer 11

Le logiciel Surfer 11, conçu par Golden Software, permet de réaliser des modèles numériques de terrain (MNT) issus des données récoltées sur le terrain via DGPS. Le principe de Surfer est le suivant : le logiciel permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières des points x,y,z afin de les ordonner suivant plusieurs méthodes (inverse distance, 3 points, krigeage etc...). C'est à partir de ces grilles que l'on pourra créer plusieurs types de cartes : base map, contour map, 3D surface, vector et bien d'autres...

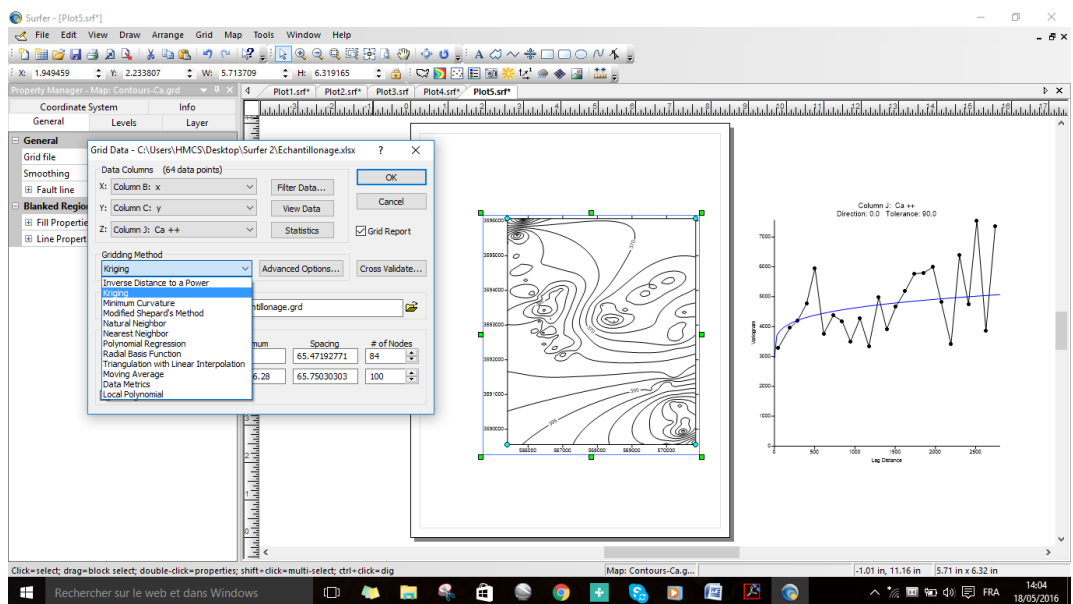


Figure II.6 :Menue du Logiciel Surfer 11

### II.3.2.5 Analyse des données piézométriques

L'utilisation du logiciel Surfer.11 nous-ont permis d'exploiter les données des campagnes piézométrique et d'échantillonnage, et de dresser des cartes qui lui correspond.

#### II.3.2.5.1. Carte piézométrique

- Carte des profondeurs du niveau statique

La figure III.4 présente la carte de profondeur du NS de la nappe de l'Erg



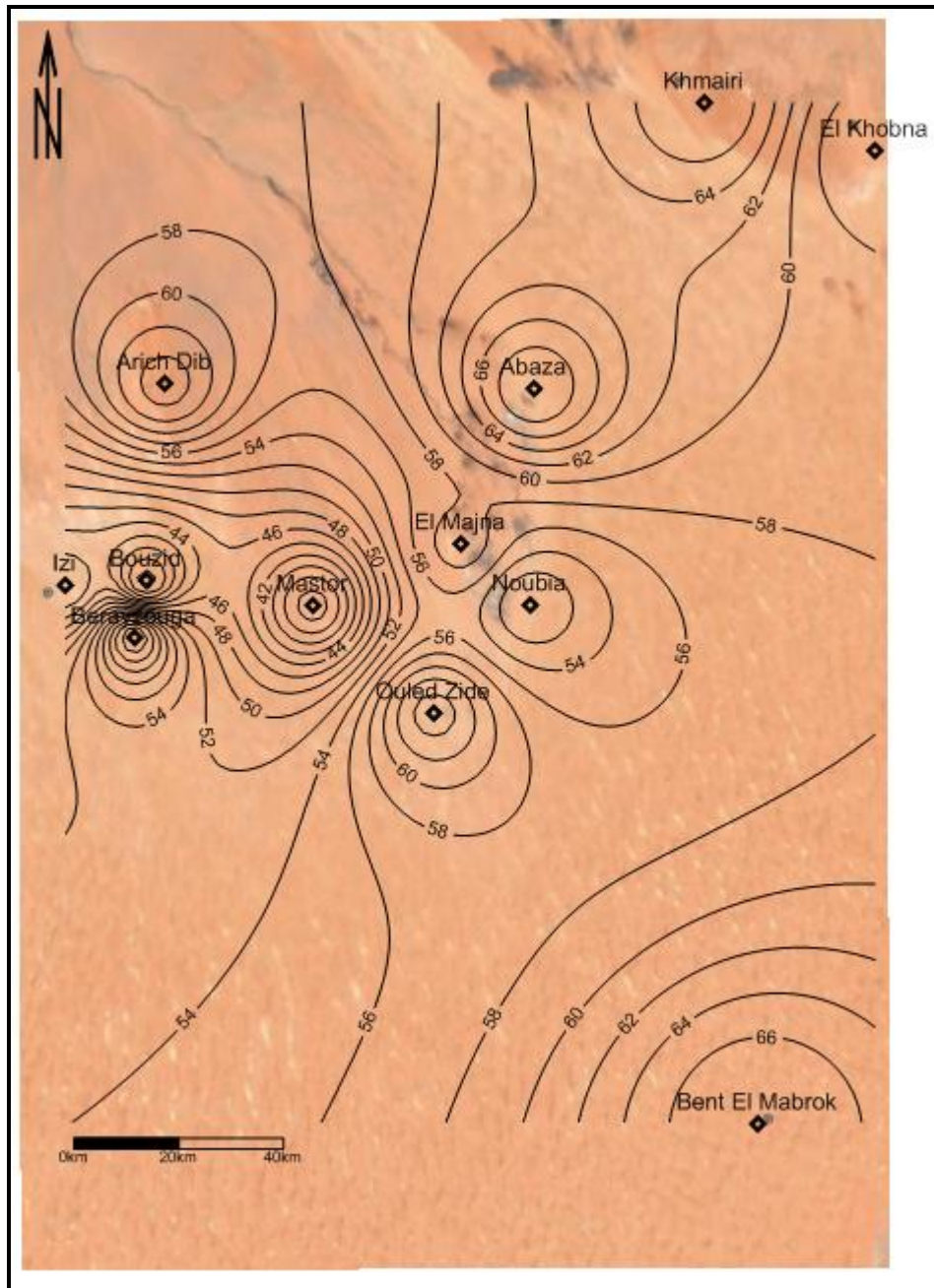


Figure II.7 La carte de profondeur du NS de la nappe de l'Erg Occidental à la période avril 2017

Les NS les plus profonds sont observées à la partie Sud-Est (Bent El Mabrouk) et central (Abaza) de la nappe. Les NS les moins profonds sont localisés à l'Ouest de la Nappe.

- **La carte piézométrique 05 avril 2017**

La carte réalisée à l'échelle de la vallée pour la période avril 2017 est présentée sur la figure III.8.

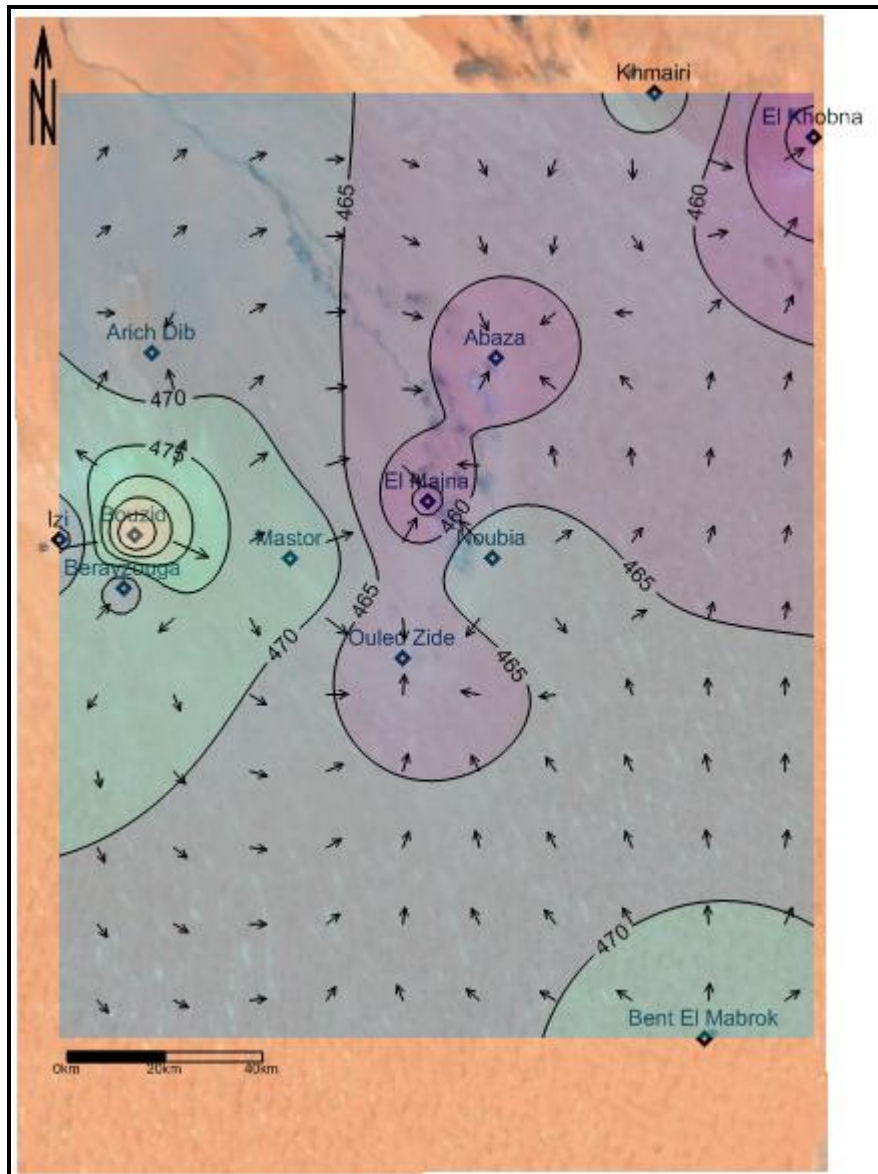


Figure II.8 : La carte piézométrique de l'Erg Occidental à la période avril 2017

### II.3.2.6 Interprétions des cartes Piézométries

La carte établie montre plusieurs sens d'écoulement sur l'ensemble de l'erg:

➤ A la partie centrale-Ouest, il y a un écoulement souterrain à partir de dôme d'alimentation du puits Bouzid vers le Nord-Est et le sud-Est, par la suite les deux directions se convergent vers la zone de prélèvement centrale qui s'étend du puits Abaza au puits Ouled Zide passant par les puits Majna et Nobia. Le gradient hydraulique varie sur cette direction de 0.05% à 0.1% avec une cote piézométrique maximale de 495 m.

➤ A la partie Sud-Est, un écoulement à partir de dôme d'alimentation de Bent El Mabrouk vers la zone de prélèvement du Nord-Est de l'axe Khobna et Khmairi, avec un

graduant hydraulique très faible de l'ordre de 10-4 % et une cote piézométrique maximale de 470 m. il ya aussi un légère écoulement à partir de cette dôme vers la zone de prélèvement Abaza-Ouled Zide.

➤ Les dômes d'alimentation misent en évidence par la carte sont caractérisés comme suite:

➤ Le premier dôme est situé au niveau d'agglomération des puits Izi, Benrayzoug et Bouzide au centre, avec un diamètre de 50 km. C'est le résultat de la recharge de la nappe de l'Erg par les infiltrations d'Oued El Gharbi.

➤ Le deuxième dôme est centré au puits de BentMabrouk , avec un diamètre de 80 km. Il résulte probablement aux infiltrations des eaux météorologiques du mois d'Avril localisées sur cette zone.

Deux zones de prélèvement sont figurées comme des cônes de dépression et sont situées comme suites:

○ Le premier cône est de forme allongée, il est situé sur l'axe Abaza-Ouled Zide avec une longue de 120 km, cela est due à la forte mobilisation d'eau dans cette zone, et la perméabilité excellente de l'aquifère par l'existence des grés et des sable dans la couche aquifère.

○ deuxième cône est situé sur l'axe Khobna- Khmairi, il est moins important que le premier avec un diamètre de 50 km, il est due à l'activité pastorale remarquable sur cette région.

#### **II.4 Aspect hydrochimique de la nappe de l'erg**

Les caractéristiques physiques et chimiques des eaux souterraines dépendent d'un certain nombre de facteurs tels que la composition chimique et minéralogique des terrains traversés, la structure géologique, les conditions d'écoulement, les conditions physicochimiques locales. D'éventuelles pollutions peuvent modifier les caractéristiques naturelles de l'eau. On détermine ces caractéristiques à l'aide de mesures et d'analyses sur des échantillons qui doivent refléter le mieux possible la composition de l'eau dans l'aquifère. Il y a donc lieu de connaître les problèmes potentiels liés à l'échantillonnage ainsi que les diverses méthodes et techniques permettant de les éviter. Dans tous les cas, l'échantillon doit être représentatif de la masse d'eau considérée sans altération aucune entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse.



### II.4.1 Exécution des prélèvements

Parallèlement à la campagne piézométrique de février 2016, nous avons effectuées une campagne d'échantillonnage à travers tous les points d'eau du plateau. La collecte des échantillons s'est déroulée dans le respect des étapes, et consignes suivantes :

- Insertion du dispositif de prélèvement une première fois à mi- profondeur dans le puits afin de le rincer, puis une deuxième fois pour recueillir l'eau à analyser.
- Une fois le préleveur remonté, veiller à ce qu'il ne contienne aucune bulle d'air afin de ne pas modifier les teneurs en gaz.
- Remplissage des flacons destinés aux analyses physico-chimiques en laissant couler l'eau de manière laminaire dans un tube flexible sans entraîner de bulles d'air.
- Mesure in-situ à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductimètre portables des paramètres physiques suivants : pH, température, conductivité électrique.
- Étiquetage des flacons, afin de faciliter leur identification.
- Stockage et transport des échantillons à l'abri de la lumière, et de la chaleur dans un dispositif de transport adéquat prévu à cet effet.
- Ans mission des échantillons d'eau ainsi prélevés et transportés aux laboratoires d'analyses.

#### II.4.1.1 Mesure de la conductivité électrique

Premièrement il est nécessaire de rincer l'électrode avec l'eau distillé, et après en prolonge l'électrode dans l'échantillon de l'eau et en fait la lecture de la valeur qui est donné en us/cm dans la plupart des cas, surtout si la température est différente à 25°C (température de référence) pour cela en fait la correction de température en utilisant la formule suivante :

$$CE \text{ à } 25 \text{ °C} = L \times K \times f(t)$$

$$F(t) = 1 - T^{\circ} - 25 \times 0.02$$

- $L$  : la lecture de conductivité en us/cm
- $K$  : le constant de la cellule; dans ce cas  $K = 1.033$
- $T^{\circ}$  : la température de l'eau au cours de lecture en  $c^{\circ}$
- $F(t)$  : facteur de correction



Figure II.9: conductivité mètre

#### II.4.1.2 Mesure de pH

On a mesuré le pH au laboratoire et la figure suivante montre la valeur mesurée.

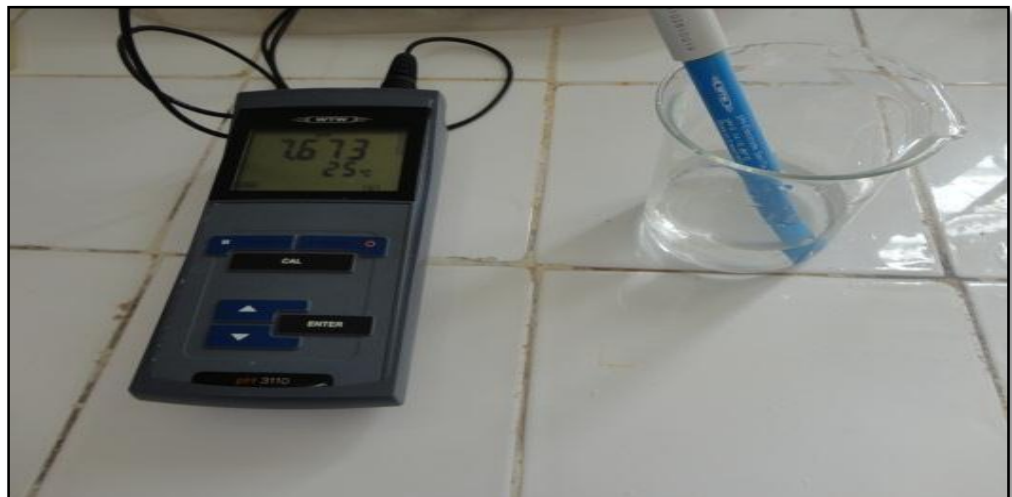


Figure II.10: pH mètre.

#### II.4.1.3 Mesure La Turbidité

On a mesuré la Turbidité au laboratoire par Turbidimètre. Montré dans la figure suivante.



Figure II.11 :Turbidimètre.

#### II.4.1.4 Mesure de la dureté totale de l'eau

$$[TH] = V_{EDTA} * f * 20$$

*[TH] : concentration de la dureté totale enmg/l*

*V<sub>EDTA</sub>: volume de l'EDTA enml*

*F: nombre dedilution*

#### II.4.2 Interprétations et Discussion Des Analyses

##### II.4.2.1 Les Paramètres Physiques

- **La Temperature(c°)**

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que la température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre, avec un minimum de 17, 5 °C et maximum de 20,9°C.

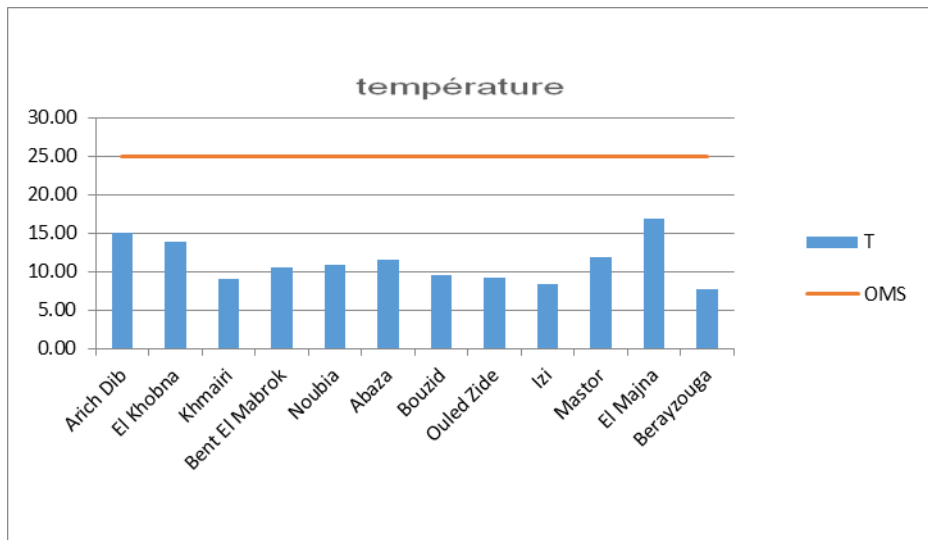


Figure II.12 : Variation de température par rapport aux normes OMS

- **Potential Hydrogène(pH)**

Les résultats obtenus dans l’histogramme indiqué par la figure10 ci-après montrent que les valeurs du pH pour les différents puits oscillent de 7,7 à 8,01. Ces valeurs assez proches à la neutralité, sont acceptables selon les normes d’OMS.

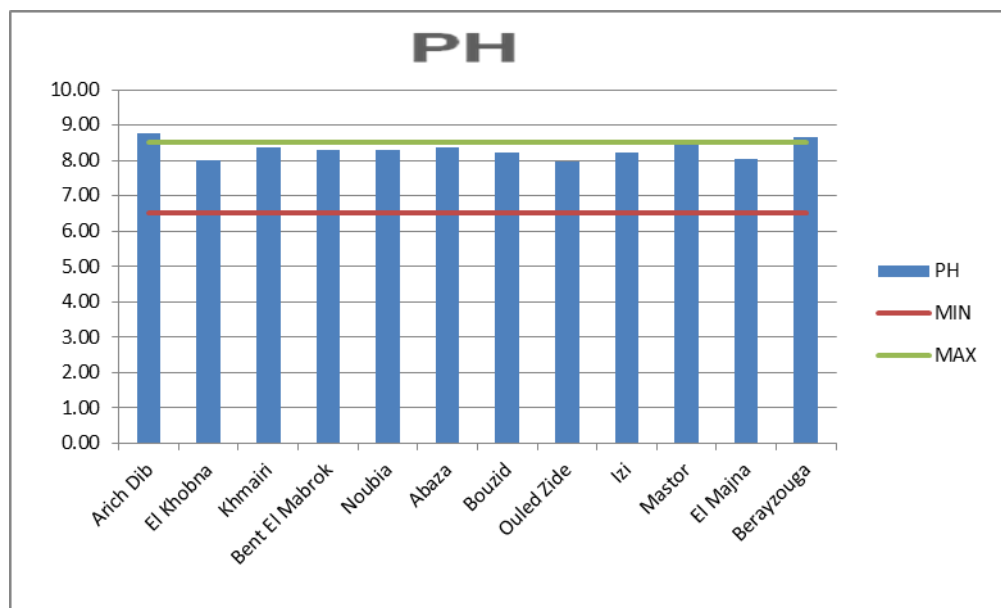


Figure II.13 : Variation spatiale des valeurs moyennes de pH

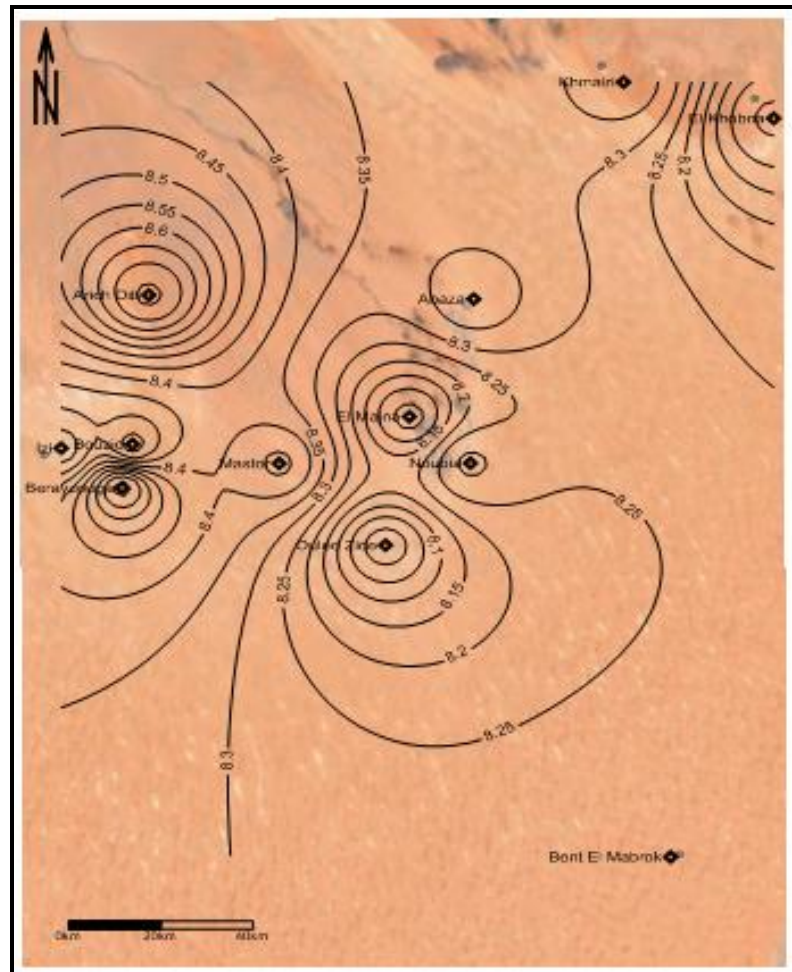


Figure II.14 : La carte de pH des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017

L'examen de cette carte montre que la majorité des prélèvements présente une alcalinité remarquable, notamment sur la partie Ouest de la nappe (Ariche Dib, Bouzide et Berayzoug), où la valeur de pH dépasse 8.6. Sur la partie Est et centrale de la nappe le pH varie de 7.9 (El Khobna) à 8.3 (Ouled Zide-Majna).

Cette forte alcalinité est due la minéralisation et la salinité très élevées de ces eaux.

- **Conductivité électrique CE( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

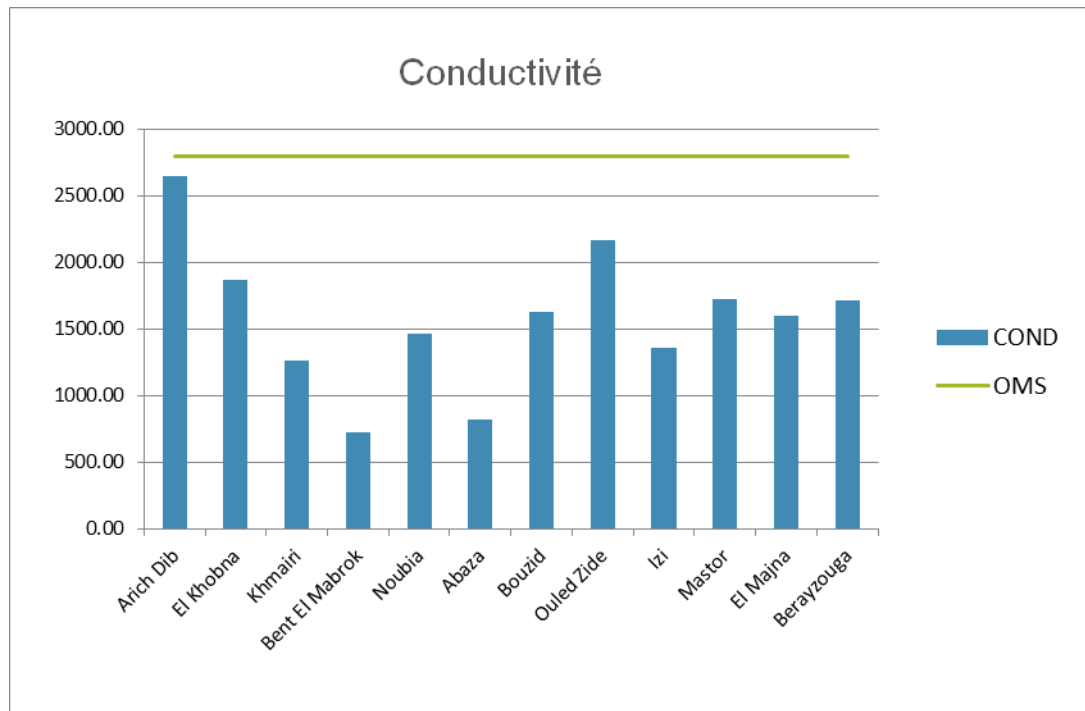


Figure II.15 : Variation de conductivité par rapport à la norme OMS

la carte de CE présente deux zones, une zone à faibles valeurs (1500 de moyenne) sur l'axe Abaza- Bent El Mabrouk passant par Noubia , et une zone à fortes valeurs de CE (2600 de moyenne) située sur l'axe Ariche Dib- Ouled Zide passant par Mastor. Une petite zone située à l'Ouest notamment sur l'agglomération de Izi-Bouzide- Benrayzouga présente des faibles valeurs de CE de l'ordre de 1600. A l'opposé, une autre petite zone qui présente des fortes valeurs (dépassé 2500), et situé à l'Est notamment sur l'axe El Khobna- Khmairi.

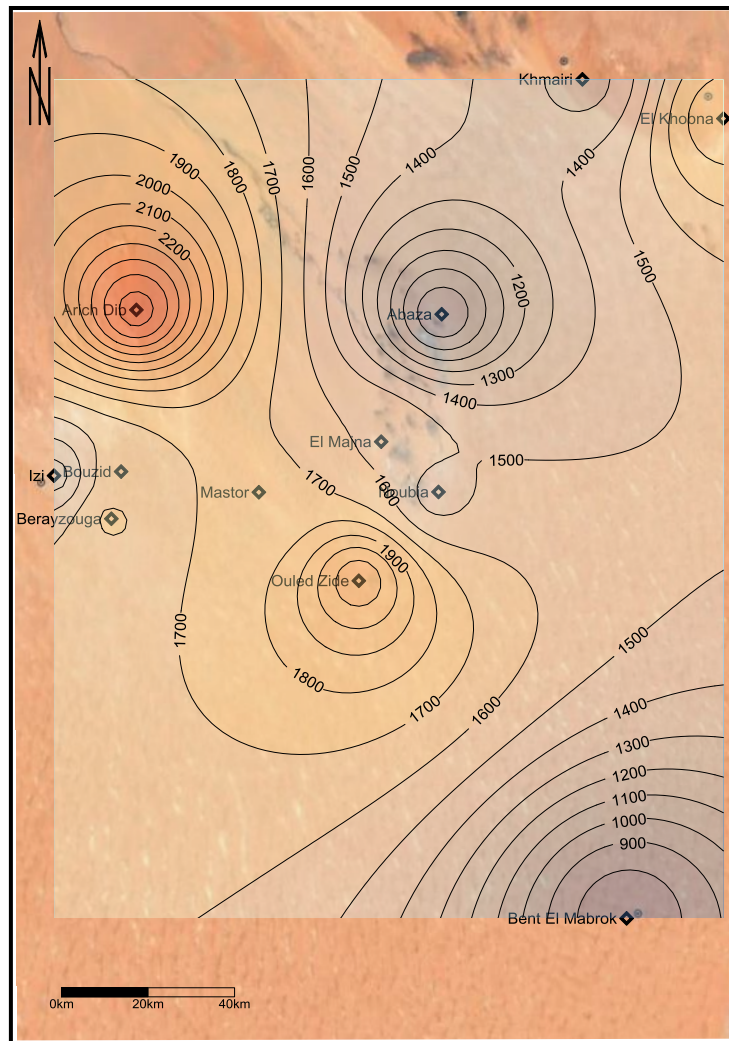


Figure II.16 : Carte hydro-chimique de la variation spatiale de Conductivité



• Turbidité(NTU)

Tous les point analysés sont respectent les norme d'OMS, Les eaux souterraines ne sont pas turbides.

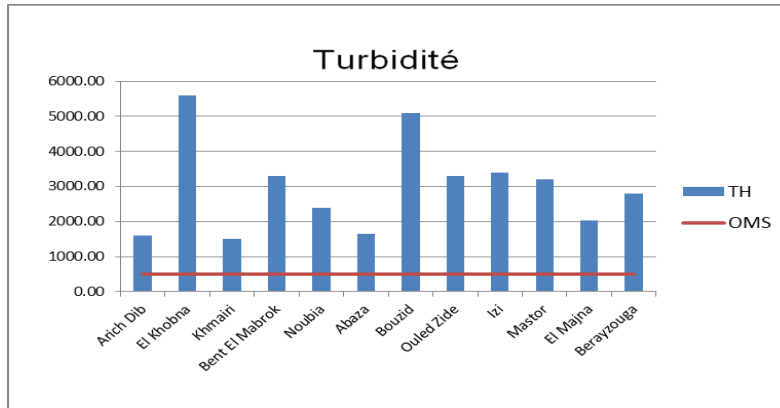


Figure II.17 : Variation de turbidité par rapport à la norme OMS

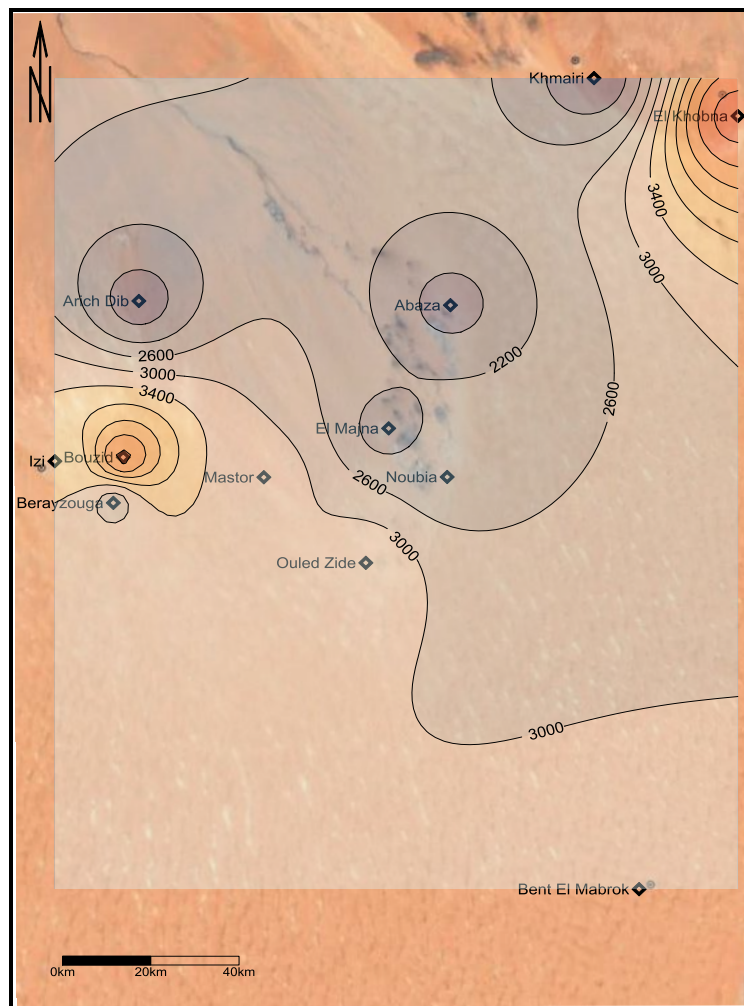


Figure II.18 : La carte de TH des eaux de l'Erg Occidental à la compagne avril 2017 (mg/l)



## • TDS

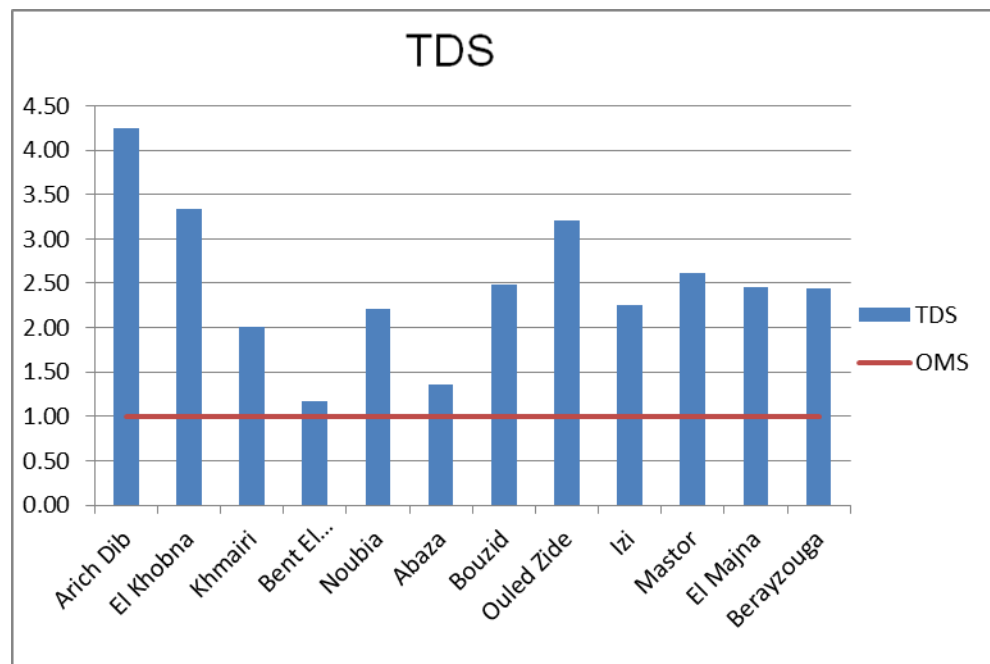


Figure II.19 : Variation de TDS par rapport à la norme OMS

La carte de TDS se présente de la même configuration que celle de la salinité (très forte corrélation):

- une zone à faibles valeurs (1.25 g/l de moyenne) sur l'axe Abaza- Bent El Mabrouk passant par Noubia,
- une zone à fortes valeurs (2.8 g/l de moyenne) située sur l'axe Ariche Dib- Ouled Zide passant par Mastor.
- Une petite zone à faible valeur située sur l'agglomération de Izi- Bouzide- Benrayzoug avec une valeur moyenne de 1.6 g/l.
- une autre petite zone de fortes valeurs (dépassé 2.4 g/l), située à l'Est notamment sur l'axe El Khobna-Khmairi.

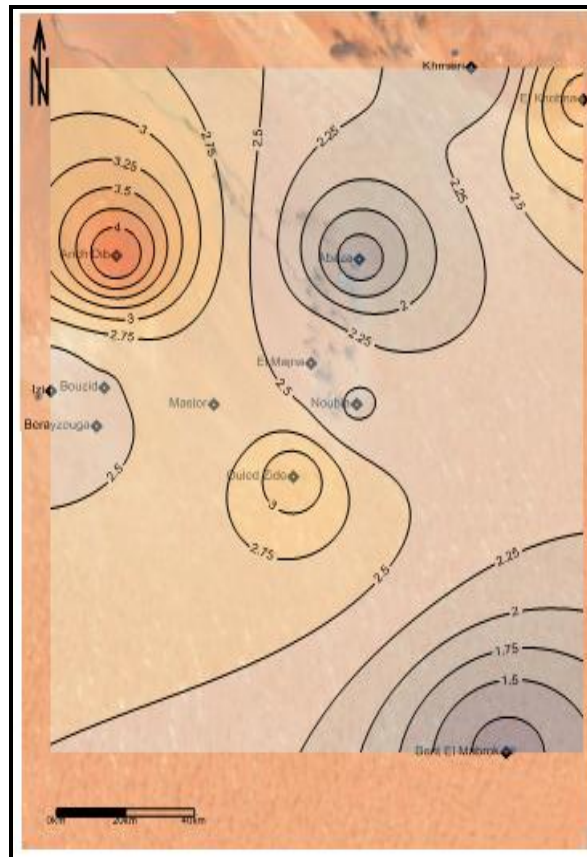


Figure II.20 : La carte de TDS des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (g/l)

### II.4.2.2 Paramètres Chimique

#### ➤ La dureté Totale

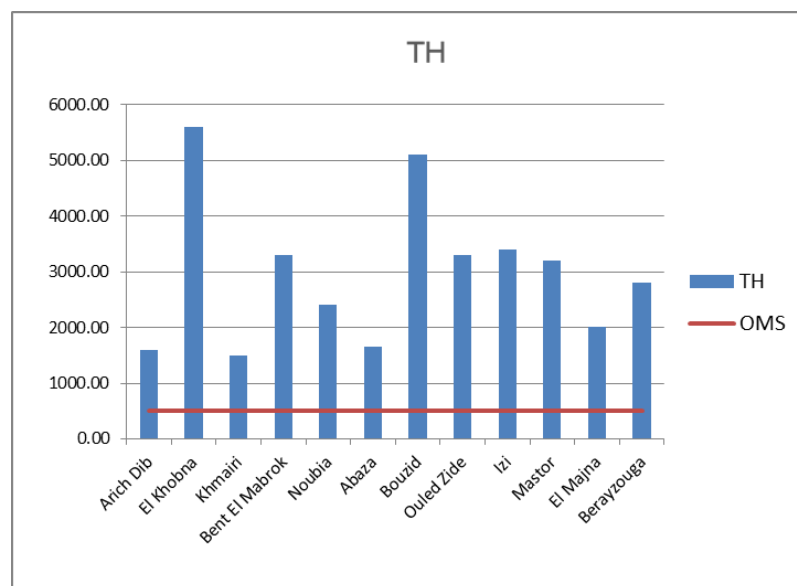


Figure II.21 : Variation de concentration de dureté totale par rapport à la norme OMS

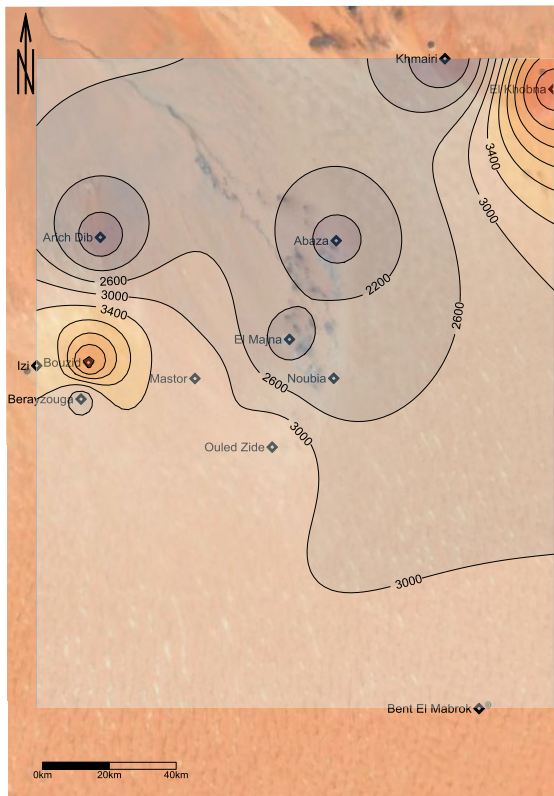


Figure II.22 La carte de Mg des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (mg/l)

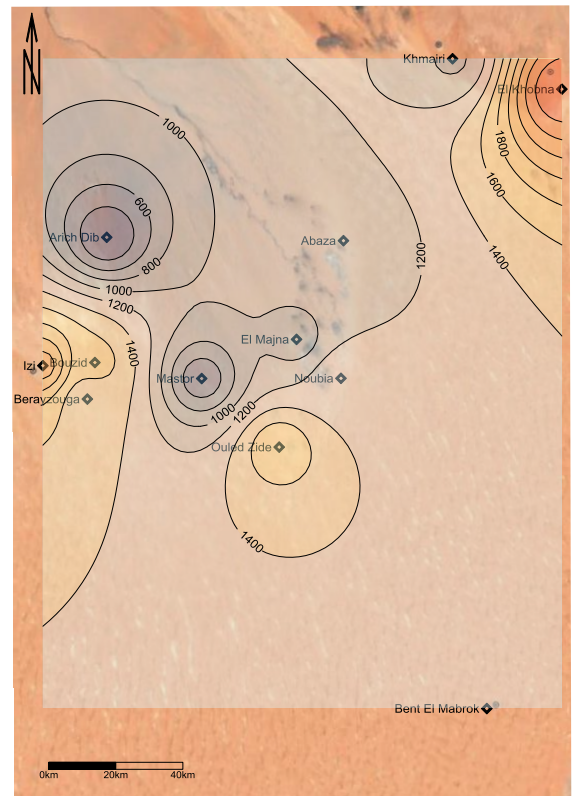


Figure II.23 : La carte de Ca des eaux de l'Erg Occidental à la campagne avril 2017 (mg/l)

La carte de TH et celle de Ca présentent une très forte corrélation:

- les faibles valeurs sont situées sur la partie Nord-Ouest et Central de la zone d'étude (axe Majna-AracheDibe) avec un rapport TH/Ca moyenne de 2500/1250 mg/l.

Les fortes valeurs sont observées sur la zone de captage de Bouzide à l'Ouest et la zone d'El Khobna vers l'Est avec une moyenne de 3600/2500 mg/l.

#### ➤ Calcium(mg/l)

Toutes les valeurs enregistrées de la concentration du calcium sont dépassent les valeurs d'OMS sauf les valeurs le puit de Arich Dib acceptables.

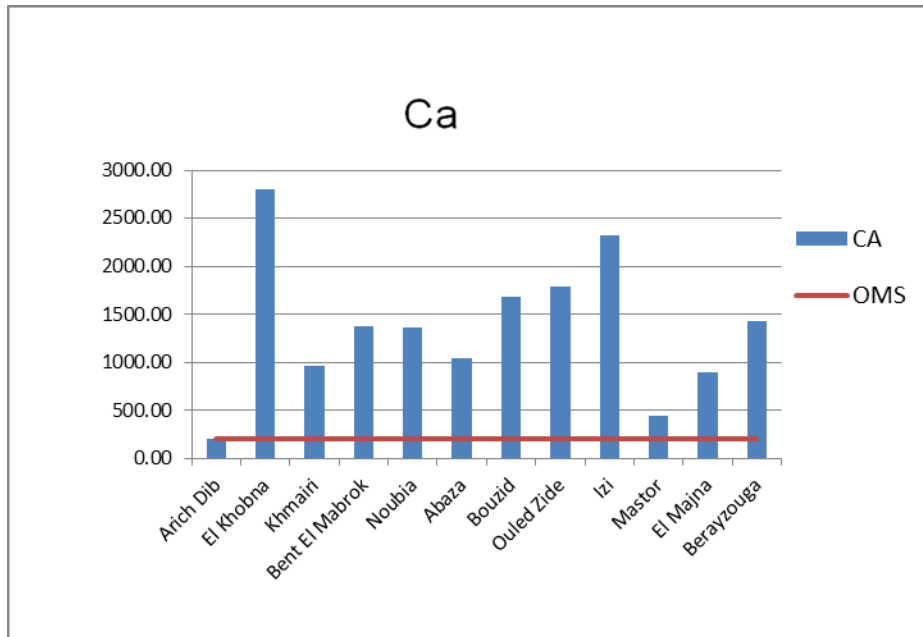


Figure II.21 Variation de concentration de calcium par rapport à la norme OMS

➤ **Magnésium**

Les résultats obtenus montrent que la concentration de  $Mg^{2+}$  dépasse la valeur recommandée par les normes d’OMS pour tous les puits.

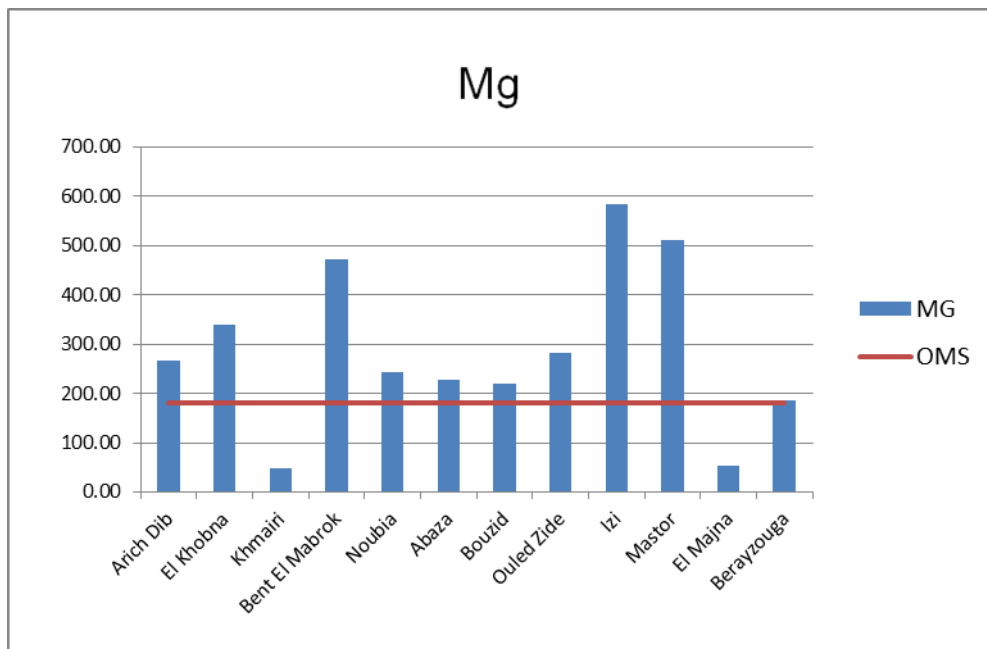


Figure II.22 Variation de concentration de magnésium par rapport à la norme OMS

## **II.5.Conclusion**

À la lumière de ces résultats on peut conclure les impressions suivantes :

- La couche aquifère de la nappe phréatique de l'Erg Occidental est très sensible à la variation climatique de la région (crues, secheresses.).
- La fonction d'entrée principale est constituée des apports météorologiques (infiltrations des précipitations et écoulements superficiels de oueds Zergoune et Sager).
- La fonction sortie est constituée principalement des prélèvements des point d'eau, les affleurements des sources et les diversement naturelles souterraines vers la zone de Gourrar au sud (Fouggara).
- La nappe peut satisfaire tous les besoins pastorales dans la région notamment le cheptel de dromadaire.

*Chapitre III :*  
*Aménagement des puits*  
*pastoraux*

**Chapitre III****AMENAGEMENT DES SOURCES D'EAU NATURELLES****III.1.Introduction**

L'exploitation des eaux souterraines présente plusieurs avantages dans des régions où les cours d'eau sont généralement temporaires, le débit des puits et des sources est beaucoup plus régulier. En outre, leur exploitation permet, dans la plupart des cas, d'obtenir de l'eau potable sans avoir recours à des systèmes d'épuration. De plus, cette eau est traditionnellement réputée pure par rapport à l'eau des cours d'eau qu'on juge douteuse.

Parmi les moyens d'exploiter les eaux souterraines de bonne qualité (puits, forages, barrages d'inter-flux, captage de sources, ...) le captage de source est le plus sûr et le plus pratique pour son faible coût de mise en œuvre et d'entretien. Des adductions gravitaires sont facilement raccordables aux captages et en augmentent le confort d'utilisation. Afin d'éviter un tel danger, on doit aménager la source.

**III.2 Développement des puits**

Le puits permet de capter les eaux des nappes souterraines, lorsque la géologie ne permet pas à l'eau de sortir à la surface naturellement, ou bien encore de collecter les eaux d'infiltration le long de la paroi du puits. Il permet de plus de constituer des réserves d'eau.

**III.1.1 Différents types de puits**

On distingue trois principaux types de puits : le puits ordinaire, le puits foncé et le puits foré

**a) Puits ordinaires**

C'est un puits creusé manuellement à l'aide d'une pioche, d'une pelle et de tout autre matériel d'excavation. Il peut être de forme carrée ou circulaire.

**b) Puits fonce**

Il existe plusieurs méthodes de fonçage de puits : fonçage par battage de tube perforé, fonçage par injection d'eau et fonçage par havage.

1) **Fonçage par battage** : c'est une méthode qui consiste à chasser dans le sol, à l'aide d'un mouton, un tube à l'extrémité inférieure duquel est fixé un embout conique.

Le fonçage s'arrête à quelques mètres au-dessous de la surface libre de la nappe. Les puits foncés par battage ont en général un diamètre de 2,5 à 100mm et ne peuvent être utilisés que dans les formations dépourvues de pierres, de roches ou d'argile compacte et là où la profondeur de la nappe est faible.

2) **Fonçage par injection d'eau** : cette méthode permet d'atteindre très rapidement des profondeurs considérables. Elle consiste à creuser à l'emplacement prévu pour le trou de 1,5 à 2m de profondeur, sur lequel on monte un trépied portant un tourillon creux ; à ceci se fixe un tubage dont l'extrémité inférieure munie d'un couteau pénètre dans le trou. Cette méthode convient dans des sables et des alluvions et pour les puits de diamètre allant de 38 à 380 mm et de profondeurs de 50 à 100 m.

3) **Fonçage par havage** : ce procédé permet de construire dans des sols meubles, des puits de grand diamètre mais de faible profondeur (15 à 20 m). De ce fait, on dispose sur le sol une couronne métallique triangulaire formant une trousse circulaire coupante.

### c) Puits fore

Ce type de puits a un diamètre relativement réduit, il est foré à la main ou à l'aide de divers accessoires grâce auxquels on peut atteindre de grandes profondeurs et extraire de plus grandes quantités d'eau que le puits creusé à la main. Il peut donner lieu à un puits artésien.

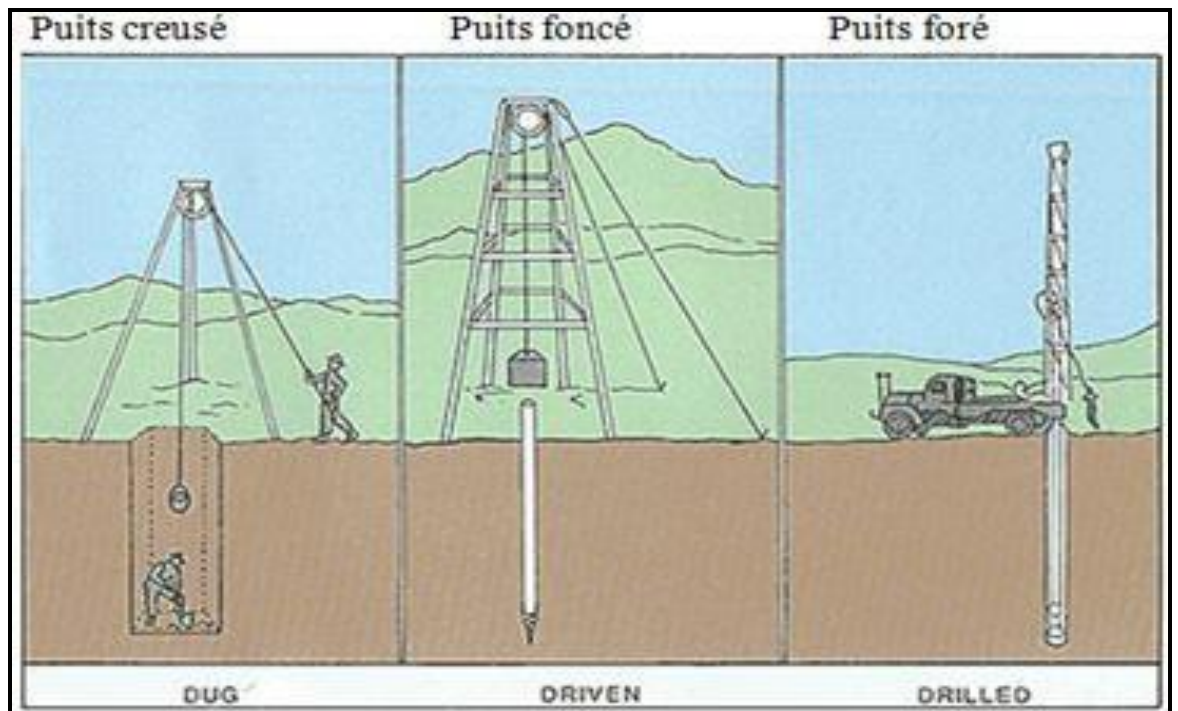


Figure III.1 les différents types de puits (internet).



### III.3 Aménagement d'un puits

Il est possible de creuser un puits, si la nappe d'eau souterraine se situe à moins de 25 m de profondeur. Si par contre il faut descendre plus profondément pour trouver l'eau, c'est la technique de forage qui est recommandée. Notons que le creusement d'un puits est limité par la profondeur de la nappe. Dès qu'elle est atteinte, il devient difficile de poursuivre la fouille du sol, mais par contre, le forage peut se poursuivre même en-dessous de la nappe.

Un puits aménagé comprend deux parties :

Le puits proprement dit qui se situe dans le sol, Le captage qui s'enfonce dans le sol sous le niveau de la nappe phréatique et à travers lequel l'eau suinte pour remplir le fond. Le puits est donc une construction fixe et définitive, installée dans le sol et dont le captage, qui est la base mobile, glisse dans l'orifice du puits et s'enfonce dans le sol au fur et à mesure que l'on creuse le fond du puits.

La hauteur du puits et du captage dépend de la position de la nappe. Le puits sera donc profond, si la nappe est située en profondeur. La hauteur du captage dépend aussi de la configuration du terrain et de l'épaisseur de la nappe à exploiter pour avoir un débit suffisant. Cette hauteur peut varier avec le temps puisqu'il est possible, en cas de nécessité, de sur creuser le puits et d'ajouter un ou plusieurs buses perforées au sommet du captage, qui le fera descendre au fur et à mesure du surcreusement sous l'effet de son propre poids.

#### III.3.1 Réhabiliter un puits

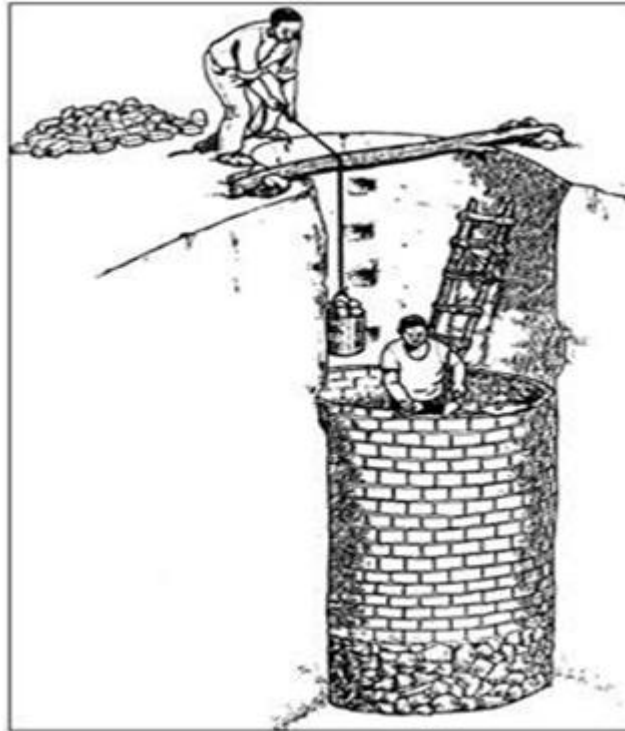
Avant de prendre la décision de réhabiliter un puits, il est nécessaire de réaliser un diagnostic sur la faisabilité technique de l'opération et sur son coût. Il est également utile de connaître et d'analyser les dégradations, les pannes antérieures, leur fréquence et leurs raisons afin de choisir la bonne technique.

##### III.3.1.1 Réhabilitation des puits creux

Différents types de travaux peuvent contribuer à la réhabilitation d'un puits creusé et se compléter :

- **Augmentation de la profondeur du puits**

- Il s'agit de creuser le fonds du puits pour éviter son tarissement suite à la baisse du niveau de la nappe souterraine.



*Figure III.2-Réalisation d'un revêtement intérieur*

-La solution idéale est que le fonds.

-Il peut s'agir de la rénovation d'un cuvelage ancien ou de la mise en place d'un premier revêtement d'un puits simplement creusé.

-Différents matériaux peuvent être utilisés en fonction des caractéristiques du puits et des possibilités du site : briques, pierres naturelles, blocs béton, cerclages en béton.

- **Relevage de la paroi externe du puits**

L'objectif est d'éviter la pénétration de matières étrangères dans le puits en construisant une margelle (rebord) de 80 à 100 cm de hauteur.

- **Couverture du puits :**

La couverture permet d'éviter des chutes accidentelles, notamment d'enfants ou d'animaux à l'intérieur du puits ainsi que la pénétration de végétaux, de terre friable ou de poussières. Une couverture en dur ou un couvercle mobile sont des solutions alternatives ou complémentaires.

**Amélioration des moyens de collecte ou pompage de l'eau.**

Une eau stagnante autour du puits est à la fois désagréable aux usagers, source potentielle de pollution et un terrain propice à la prolifération des moustiques.

Il est vivement recommandé de réaliser un revêtement cimenté du sol (radier) avec une bordure et un canal d'écoulement vers un bassin, un abreuvoir ou un jardin potager.

- *Il convient enfin de protéger le puits des animaux en le clôturant si des animaux sont susceptibles d'y accéder.*

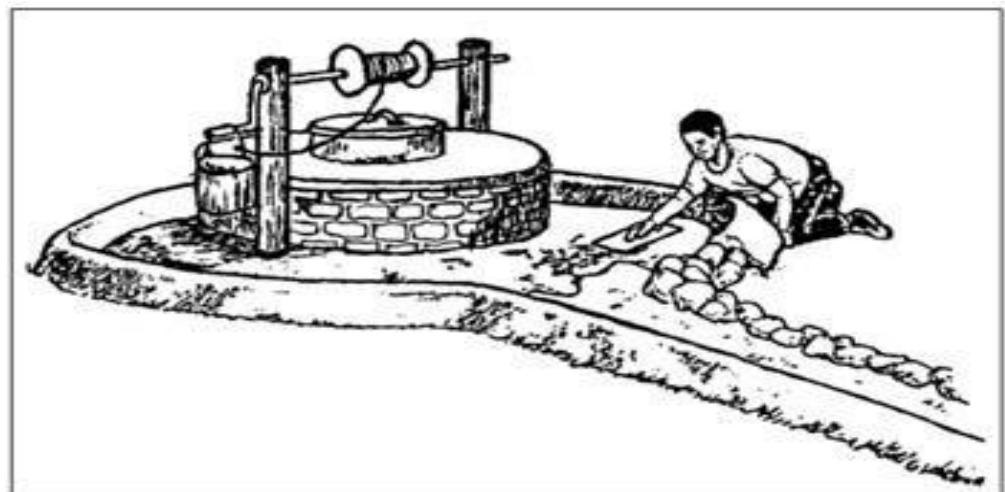


Figure III.3. Construction d'un revêtement cimenté des abords d'un puits

**Suppression de latrines, de dépôts d'ordures et de la présence d'animaux autour du puits.**

- Il est recommandé de laisser propres les abords du puits dans un rayon de 25 m au minimum autour de celui-ci
- Un mur ou une barrière de protection pourra faciliter cette protection du puits en tenant les animaux éloignés et en évitant la pollution de l'eau par des excréments.

### III.3.1.2. Réhabilitation des puits foncés et des forages (puits fores)

La réhabilitation des puits foncés ou forés nécessite certains types de travaux similaires aux précédents, en particulier :

- Relevage de la paroi externe (margelle) du puits.
- Aménagement des abords immédiats.
- Suppression de latrines, de dépôts d'ordures et de la présence d'animaux autour d'un puits de faible profondeur.

D'autres travaux sont plus spécifiques aux puits foncés ou forés : Nettoyage de la partie captant (tuyaux, pompe)

- si le forage n'est pas obstrué, on enlève d'abord les équipements qui peuvent s'y trouver et on insuffle de l'air comprimé dans le forage afin de le nettoyer et de déboucher la crépine éventuellement colmatée.

- on peut aussi envisager avec l'aide de techniciens compétents un traitement chimique pour dissoudre les dépôts sur les tuyaux ou les crépines.

Remise en état des équipements de pompage

- Remise en état des pompes manuelles
- Changement des pompes immergées en panne de longue durée ou répétée.

Des opérations bien plus lourdes peuvent concerner la remise en état du tubage des forages par un changement des tuyaux ou un enchemisage. Des travaux techniquement complexes et coûteux ne peuvent se justifier que pour des forages profonds dans des zones où il n'y a pas d'autre ressource alternative en eau.

en particulier dans les zones rurales et les sites isolés où l'accès à l'énergie classique est difficile voir pratiquement impossible. Ce phénomène a fait qu'un intérêt grandissant est porté sur l'utilisation des générateurs photovoltaïques comme nouvelle source d'énergie. La réalisation d'un système de pompage photovoltaïque autonome, fiable et à bon rendement, constitue une solution pratique et économique au problème du manque d'eau, en particulier, dans les régions désertiques. En effet, un système photovoltaïque devient intéressant lorsqu'il est facile à installer, avec une autonomie acceptable et une excellente fiabilité de service



Figure III.4. Système photovoltaïque

### III.3.2. Entretien et désinfection

Avant d'être remis en service après une réhabilitation, tout puits ou forage doit être désinfecté de manière à éliminer la contamination bactérienne éventuellement introduite par les intervenants, les matériels voire l'eau de surface lors des travaux. Pour la désinfection, l'eau de Javel peut être employée comme désinfectant en respectant les étapes suivantes :

- verser dans le puits la quantité requise d'eau de Javel (et mélanger avec l'eau du puits, si c'est possible).

Pour la quantité, voir le tableau ci-dessous

Tableau III.1: la désinfection des puits.

Profondeur d'eau dans le puits	Volume d'eau de javel ajouté			
	Diamètre du tubage 15 cm (puits foré)		Diamètre du cuvelage 90 cm (puits creusé)	
	Nouveau puits*	Puits existant*	Nouveau puits*	Puits existant*
* Les nouveaux puits nécessitent une concentration en chlore de 250 parties par million ( ppm) pour une désinfection efficace, tandis que les puits existants ont besoin de 50 ppm de chlore.				
1 m	100 ml	20 ml	3.2 l	0.6 l
3 m	300 ml	60 ml	9.8 l	2.0 l
5 m	500 ml	100 ml	16.5 l	3.0 l
10m	1,000 ml	200ml	32.0 l	6.5 l

- pomper suffisamment d'eau afin de désinfecter la pompe et les tuyaux
- Laisser agir le chlore dans le puits et les tuyaux durant au moins 24 h puis laisser couler l'eau jusqu'à disparition complète de l'odeur de chlore
- faire un prélèvement d'eau pour analyses bactériologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux).

Une semaine après la désinfection, un autre prélèvement pour analyses bactériologiques doit être réalisé. Si l'analyse bactériologique indique une contamination de l'eau provenant du puits, il est nécessaire de répéter les étapes de désinfection sur ce puits.

### III.3.3.Principaux avantages et inconvénients

La réhabilitation de puits existants vise à alimenter une communauté sans être contraint de réaliser un nouveau puits et en permettant de l'imiter les coûts.

Avant d'engager le projet, il convient de s'assurer que le puits rénové pourra couvrir les besoins de ses usagers actuels mais au si futurs et qu'il répondra aux attentes et aux motivations de la communauté villageoise.

Dans certains cas, le bilan du diagnostic préalable du puits peut conduire à l'abandon du projet de réhabilitation et, si nécessaire, à la neutralisation du puits si les

objectifs de quantité et de qualité correspondants aux usages prévus de l'eau ne sont pas atteignables ou si les dommages du puits sont trop importants.

### III.3.4. Le captage la colonne captante

Phréatique atteinte. C'est à ce moment qu'il faut changer de technique et mettre en place la colonne captante. La colonne est faite d'une trousse coupante et de plusieurs buses crépinées fixées ensemble. C'est la phase de creusement la plus délicate. Il faut en effet sortir l'eau qui envahit le fond du puits et continuer à creuser dans des conditions d'exiguïté particulièrement difficile (on se trouve en effet à l'intérieur des buses de la colonne captant dont le diamètre est de 90 cm minimum...).

Les deux questions clés auxquelles il faut répondre sont :

- Quelle hauteur d'eau doit-on atteindre dans un puits ?
- Quel débit doit-on obtenir ?

Le niveau de la hauteur d'eau dépend du niveau de la nappe. Si la nappe est haute (saison des pluies) il faut capter profond ; en revanche si la nappe est basse (saison sèche) on " pourrait " se contenter d'un captage moins profond.

Le deuxième critère est celui du débit. S'il est important, il va limiter la possibilité d'approfondir le puits puisque beaucoup d'eau pénétrera dans le puits. On ne pourra donc pas capter profond et le puits sera plus sensible à une faible variation de la nappe.

Le débit du puits est donc un critère déterminant dans la mesure où il est fixé en premier lieu par la demande des utilisateurs, ensuite, par la porosité du terrain et les possibilités de la nappe et enfin, par la capacité de creuser profond en pompant dans le même temps.

Le débit d'un puits augmente avec la profondeur. En effet, même si on dépasse la nappe phréatique, continuer à sur creuser la couche inférieure imperméable va améliorer le rabattement de la nappe lors du pompage. De plus, cet espace offre une réserve supplémentaire.

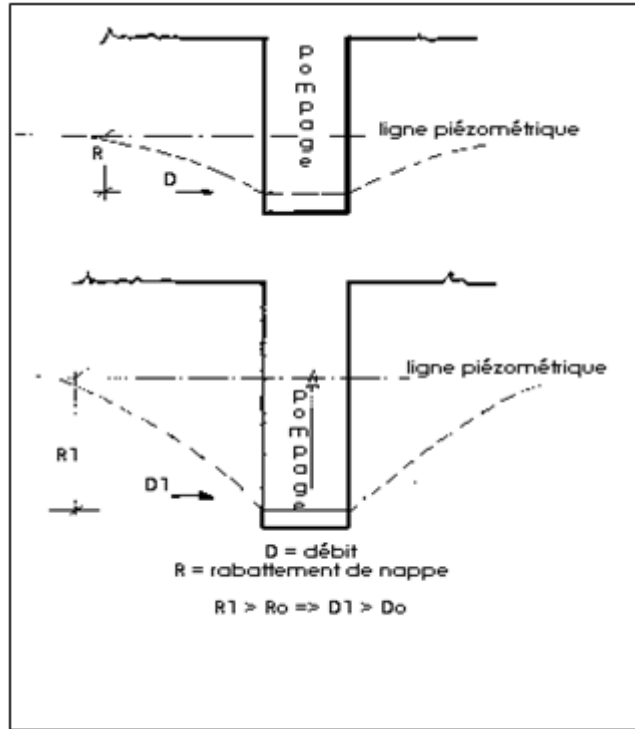


Figure III.4 l'augmentation du débit d'un puits

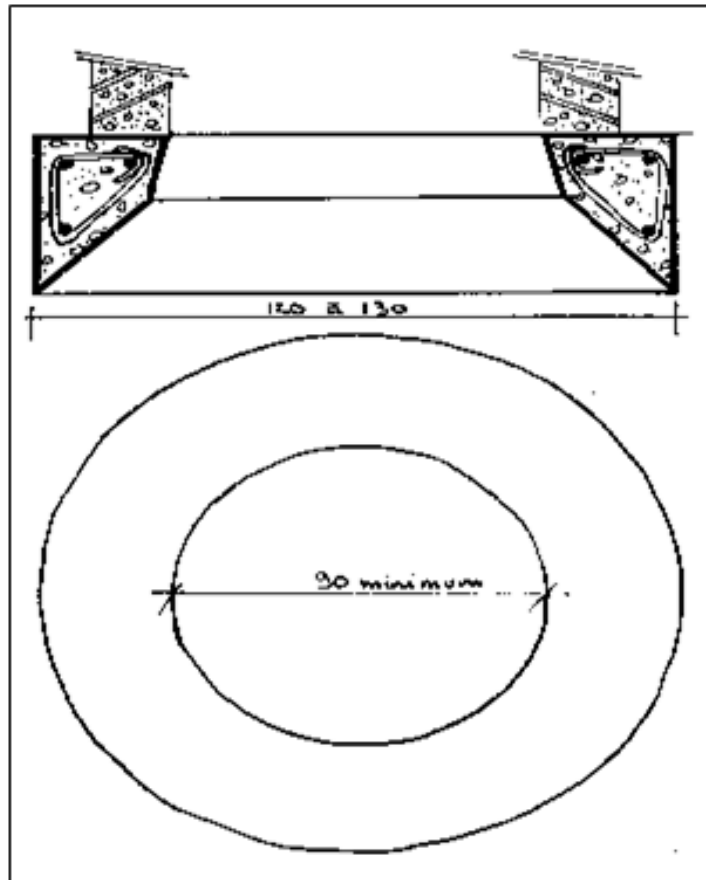


Figure III.5 : plan type de la trousse coupante



La trousse coupante permet de creuser facilement un diamètre supérieur à celui des buses. Cet espace servira de filtre et devra être rempli de gravier ou de sable (granulométrie = 10 fois celle du terrain) au fur et à mesure de la progression. Le gravier permet de retenir les terres et d'éviter qu'elles s'effondrent en venant boucher les crépines de la colonne. La trousse coupante est délicate à réaliser et nécessite des banches de très bonne facture. Il ne faut débrancher que 8 jours minimum après le coulage. Le ferrailage doit lui aussi être bien réalisé car il s'agira de descendre la trousse au fond du puits.

Les buses crépines sont coulées en surface. Elles sont ferrillées et troisétriers sont inclus pour permettre le boulonnage des buses entre elles et avec la trousse coupante : la colonne captante doit être solidaire. Elle doit descendre au rythme du creusement et son poids total aide à cette descente. Il faut la maintenir verticale et on peut pour cela préparer des guides placés sur la partie haute qui assurent le maintien d'un espace régulier avec le cuvelage.

Attention à ne pas glisser de bouts de bois ou de roches qui risqueraient venir bloquer les buses dans leurs descentes. Il ne faut pas creuser plus de 30 cm sans s'assurer que la colonne descend bien de la même façon.

### **III.3.5.L'entretien des ouvrages**

Il est fréquent que la productivité des ouvrages de captage présente une dégradation au cours du temps. Cette évolution dépend des conditions d'exécution du captage, de la composition chimique de l'eau souterraine et du mode d'exploitation de l'ouvrage.

Des améliorations sensibles peuvent généralement être obtenues par des entretiens réguliers, lorsque les ouvrages sont visitables. S'ils sont en majeure partie constitués par des massifs drainant dépourvus de regards, les possibilités d'intervention y sont réduites. Il est donc fondamental de prévoir les possibilités de son entretien ultérieur, lors de la conception de l'ouvrage. De même convient-il de ne pas végétaliser un champ de captage et d'y enlever régulièrement la végétation arbustive ou arborée qui s'y implante naturellement, car les racines offrent une très forte capacité de pénétration jusqu'aux barbacanes et aux massifs drainants, où elles facilitent en outre la précipitation de dépôts chimiques.

*Chapitre IV :*  
*Gestion de la nappe et*  
*proposition*  
*d'aménagement*  
*des ouvrages pastoraux*

**CHAPITRE IV****GESTION DE LA NAPPE ET PROPOSITION D'AMENAGEMENT DES  
OUVRAGES PASTORAUX****IV.1 Aptitude de la région de l'Erg Occidental au pastoralisme**

Au Sahara, l'élevage et l'agriculture constituent les activités les plus pratiquées par la population et cela pour répondre aux besoins locaux et régionaux en matière des produits agro-pastoraux, ainsi cela ne peut se faire, qu'à travers une utilisation rationnelle de plantes spontanées fourragères des parcours par les troupeaux pour couvrir le besoin des animaux.

Le Sahara septentrional, à la quel se rattache l'Erg Occidental est soumis à un extrême climat méditerranéen, où les pluies (moyenne annuelle est comprise entre 50 et 100 mm) surviennent toujours en printemps ou en automne avec une irrégularité remarquable. Il se présente comme une zone de transition entre les steppes méditerranéennes nord africaines et le Sahara central. Son climat est caractérisé aussi par une forte évapotranspiration et de grands écarts thermiques (OULED BELKHIR, 2015).

Par ailleurs cet écosystème est peuplé par des animaux et des végétaux adaptés au contexte saharien par des mécanismes et des adaptations d'ordre morphologiques anatomique et physiologique pour emmagasiner l'eau et diminuer la transpiration. MAIRE (1933) a recensé 480 espèces de la flore saharienne, elle apparaît comme pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre. Les végétaux du Sahara se répartissent sur les formations géomorphologiques qui constituent les principaux parcours sahariens : hamada, reg, accumulations sableuses (Ergs), dépressions (Dayas). Le cortège floristique de chaque formation est spécifique et peut se différer d'une région écologique à une autre. Ces cortèges regroupent une végétation composée des plantes vivaces qui restent en vie de latence pendant les saisons estivales défavorables et des plantes éphémères, qui germent après les pluies et accomplissent en quelques jours tout leur cycle évolutif ; les graines produites attendent avec résignation les prochaines pluies (BENSAMOUN, 2008).

D'après un enquête sur terrain le cheptel parcourir l'Erg Occidental est composé essentiellement des ovins et des caprins, l'abondance des camelins est très limitée par le fait que le plateau est un passage entre la zone de Lahmada la zone de L'erg qui sont très favorisées par le dromadaire. D'après l'enquête aussi les 10 000 Ha du plateau peu supporter 2 000 têtes d'ovins et caprins, soit 7 troupeaux de 300 têtes.

## **IV.2.Ressources hydriques disponibles et besoin en d'eau**

Durant les longs mois de saison sèche l'élevage et la production des pâturages sont conditionnées par la présence et la localisation des ressources en eau :

Soit en surface, au niveau des dépressions, des lits d'oued, et des vallées, qui selon leur configuration hydrographique retiennent l'eau plus ou moins longtemps pendant la saison sèche, ou peuvent fournir un fourrage vert.

Soit en profondeur, par l'intermédiaire des puits ou des forages, pour capter les eaux souterraines.

## **IV.3.Les anciens ouvrages de l'élevage implantés la région pastorale**

Dans certaines années, où la pluie tombe en abondance ce qui entraîne le remplissage des Oueds et les dayas ; les éleveurs profitent de l'occasion et construisent des puits maçonnées en pierres sèches ou même de creuser des Sources pour le stockage d'eau. Les éleveurs ajoutent à leurs puits une margelle, des auges à la chaud et deux piliers en maçonnerie supportant des traverses de bois sur lesquelles on fixe système d'exode.

En général ce sont des puits traditionnels chose, qui rend l'abreuvement du cheptel très difficile, les éleveurs utilisent les ressources de l'eau qui existe dans les parcours (puits, forage, source, Djoub et l'eau des oueds).C'est la principale source pour les dromadaires et les autres animaux. Dans certains cas les éleveurs qui ont les moyens utilisent les citernes pour abreuver leurs cheptels.

De plus, la difficulté de l'abreuvement en été dû à l'augmentation des besoins en eau, le rythme rapide d'abreuvement d'eau pour les animaux et l'agglomération d'un nombre de têtes important sur un seul puits .Certainement, les éleveurs se déplacent vers les régions où les points d'eau sont disponibles et multiples. Les animaux parcourent des distances

considérables entre les parcours et les puits pouvant dépassés vingt-cinq (25) kilomètres par jour.

De nombreux puits dans la région de Ghardaïa se trouvent dans les oueds, creusés par les tribus nomades de la région, le puits porte la nomination de celui qui le creuse ou l'endroit où il se trouve ; tandis que leurs profondeurs sont variables entre 5 et 100 m.

On note que l'État repris des efforts pour améliorer les sources d'abreuvement, ces dernières années L'H.C.D.S. a pris parmi les missions et responsabilités, l'aménagement des ressources d'abreuvement au regard de l'importance pastorale de la région de Ghardaïa, considérée comme zone de transition qui supporte un nombre très important de troupeaux des déférentes régions (Laghouat, Ghardaia, El Baïad, El Ménéa).



Figure IV.1 :H. Noubia



Figure IV.2 :H. Bent El Mabrok



Figure IV.3 :H. Khmairi



Figure IV.4 :Arich Dib



Figure IV.5 :HassiElKhobna



Figure IV.6 :H. Bouzid



Figure IV.7 : H. El Majna



Figure IV.8 : H. Berayzouga



Figure IV.9 : H. Izi



Figure IV.10 : H. Mastor



Figure IV.11 : H. Abaza



Figure IV.12 : H. Ouled Zide

Sur l'Erg Occidental les puits disponibles sont mentionnées sur le tableau suivant :



Tableau IV.1 : Les puits disponibles sur L'Erg Occidental.

ouvrage	Cordonnées UTM			prf	Ouvrages annexes	Capacité d'Abreuvement		Etat
	X	y	z			Débit/s-l/j	Nbr de	
<b>Arich Dib</b>	391708,52	3530148,9	533	65	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état
<b>HassiEl Khobna</b>	479656,36	3558804,45	505	56	margelle, bassin, Abreuvoir	3	150	bon état
<b>H. Khmairi</b>	458533,39	3564684,66	534	68	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état
<b>H.Bent El Mabrok</b>	465150,65	3439000,07	541	68	margelle, bassin, Abreuvoir	2	200	bon état
<b>H.Noubia</b>	436969,69	3502875,71	520	50	margelle, bassin, Abreuvoir	3	200	bon état
<b>H.Abaza</b>	437452,31	3529494,3	527	70	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état
<b>H.Bouزيد</b>	389418,43	3505927,47	530	35	margelle, bassin, Abreuvoir	3	200	bon état
<b>H.Ouled Zide</b>	425032,66	3489570,64	525	65	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état
<b>H.Izi</b>	379375,05	3505313,99	504	40	margelle, bassin, Abreuvoir	3	200	bon état
<b>H.Mastor</b>	410056,56	3502830,76	510	35	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état
<b>H.El Majna</b>	428383,08	3510406,34	513	59	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état
<b>H.Berayzoug a</b>	387961,07	3498861,43	534	66	margelle, bassin, Abreuvoir	2	150	bon état

#### IV.4. Les besoins en eau du cheptel au L'Erg Occidental

D'après une enquête sur terrain, une tête d'ovin ou de caprin peut consommer 3 à 5 l/jours en plein été, sur cette base on peut calculer les besoins totaux de pointe (en été) de cheptels sur la région. Le volume d'eau à apporter cheptel dépend :

- Des besoins de pointe des troupeaux.



- Des besoins domestiques des éleveurs (5 personne par troupeaux).

Tableau IV.2 : Le besoin total journalières dans le plateau

Designation	Besoin unitaire l / tête/ j	Besoin Troupeaux (300 tête) l / j	Besoin Cheptel (7 troupeaux) l / j
Troupeaux	20 l / j	9 000	63 000
Éleveurs	150 l / j / Prs	5250	5 250
Total	-	14 250	68 250

Le besoins total journalières est de 68.25 m<sup>3</sup> / j soit un besoin de 0, 80 l / s.

#### IV.5.Résultants et interprétations

Sur la base des données recensais dans le terrain la potentialité hydraulique des ouvrages implantées sur l'Erg Occidental se différent d'un ouvrage à un autre selon sa position dans la nappe phréatique:

##### IV.5.1Estimation de capacité hydrique des ouvrages

Tableau IV.3: Estimation de capacité hydrique des ouvrages

ouvrages		Capacité d'Abreuvement	
		Débit m <sup>3</sup> /j etl/s	Nb de tête
Puits	Arich Dib	2	150
	Hassi El Khobna	3	150
	H. Khmairi	2	150
	H.Bent El Mabrok	2	200
	H.Noubia	3	200
	H.Abaza	2	150
	H.Bouzid	3	200
	H.Ouled Zide	2	150
	H.Izi	3	200

	H.Mastor	2	150
	H.El Majna	2	150
	H.Berayzouga	2	150
<b>Totale</b>		<b>28</b>	<b>2000</b>

#### IV.5.2.Estimation des deficits

Tableau IV.4 : Estimation de déficit hydrique des ouvrages

Débit	Prélèvement sur puits	Besoins en eau de cheptel	Déficit hydrique
<b>Débit m<sup>3</sup> /j</b>	40	68.25	<b>13</b>
<b>Débit l / s</b>	0.46	0.80	<b>0.18</b>

#### IV.6.Proposition des aménagements hydro pastoral

Après avoir étudié et aperçu les sources d'eau de la région de l'Erg Occidental, nous avons constaté que la plupart des puits sont en bon états comme nous avons montré dans le tableau suivant:

Tableau IV.5 : Travaux d'aménagement proposés

Ouvrages	Etat	Travaux d'aménagement proposés
<b>Arich Dib</b>	Bon état	/
<b>Hassi El Khobna</b>	Bon état	Entretien
<b>H. Khmairi</b>	Bon état	aménagement avec réservoir
<b>H.Bent El Mabrok</b>	Bon état	Entretien
<b>H.Noubia</b>	Bon état	Entretien
<b>H.Abaza</b>	Bon état	Entretien
<b>H.Bouزيد</b>	Bon état	Fonçage sur 5 ml
<b>H.Ouled Zide</b>	Bon état	Réalisation d' un revêtement

	<b>H.Izi</b>	Bon état	Fonçagesur 5 ml
	<b>H.Mastor</b>	Bon état	Fonçagesur 5 ml
	<b>H.El Majna</b>	Bon état	/
	<b>H.Berayzouga</b>	Bon état	/

#### IV.6.1. Forme et dimension de l'ouvrage de captage proposés

Le puits de captage est construit en murs maçonnerais perforées (pierre et mortier du ciment) de section carré, et à pour dimensions :

Diamètre extérieur = 1.75 m.

Diamètre interne = 1.2 m.

Chambre avant puits 3L x 3 larg x 3 Hgv.

Profondeur totale = 3 m. (SARL NILS .2014)

#### IV.6.1 Ouvrage annexe et matériaux de construction

➤ La chambre avant puits est construite en parpaing plein d'épaisseur de 15 cm, soutenue par des poteaux en béton armé de section 15x15 cm, avec un toit en béton armé et accessible à une porte métallique. (SARL NILS.2014)

➤ Le puits de captage est un mur maçonnerais perforées, de diamètre extérieur de 1.75 m et d'une profondeur de 6 m. Le mur porte des trous face à la partie drainante, qui vont laisser s'infiltrer l'eau au fond du puits. Autour de cette mure on place du gravier (caillots d'El Oued) pour améliorer le drainage, tenir le terrain et empêcher le sable de passer.

➤ Une conduite en PEHD de diamètre 63 mm et d'une longueur de 45 m conduise de l'eau captée vers l'aval (bassin d'accumulation).

➤ Bassin d'accumulation construit en maçonnerais (pierre et ciment) et ayant les dimensions 04 x 04 x 1.2 m. La réalisation comprend:

- Décapage en terrain de toute nature.
- Béton cyclopien pour fondation dosé à 400 kg/m<sup>3</sup> avec cailloux de diamètre maximal de 15 cm.

- Maçonnerais en mortier de ciment dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> et de la pierre.
- Abreuvoir (saguia) de 8 m de long et 45 cm de large, orienté vers l'espace convenable, construite en béton légèrement armé (béton et traille à soudée). La réalisation comprend:
  - Décapage en terrain de toute nature.
  - Béton cyclopien pour fondation dosé à 400 kg/m<sup>3</sup> avec cailloux de diamètre maximal de 8 cm.
  - F/P de béton légèrement armé dosé à 400 kg/m<sup>3</sup>, pour le corps de saguia.
- Trappe de Puits : Il s'agit de la fourniture et pose d'une porte métallique (trappe de 1 x 1 m ep 1mm) pour le toit y compris peinture antirouille.
- Système d'exhaure : Il s'agit de la fourniture et pose d'une poulie avec fixation aux poteaux de puits.
- Chaulage, consiste à applique de la chaux en deux couches sur la totalité de la surface de l'ouvrage (**SARL NILS.2014**)

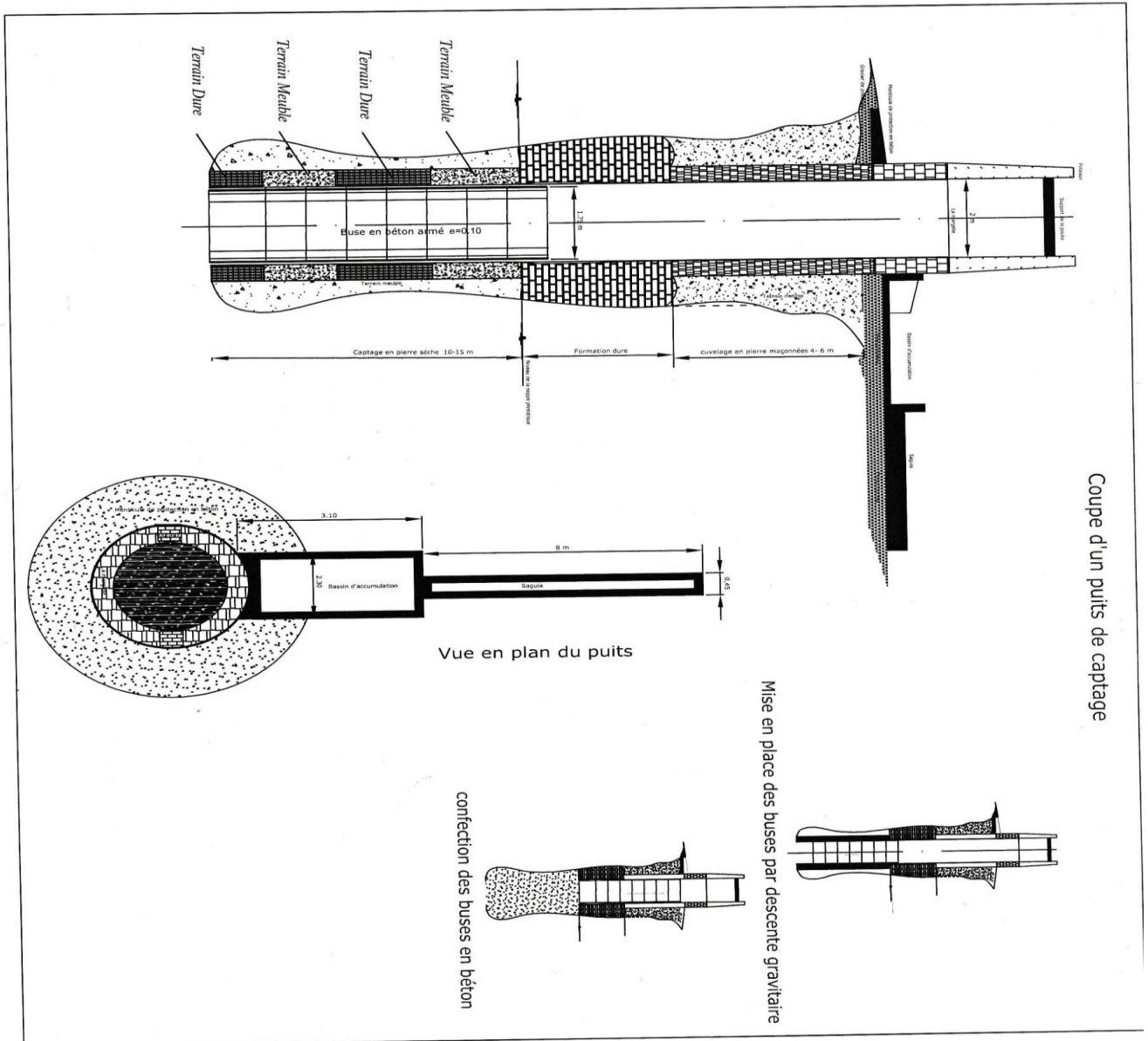


Figure V.2 Schémas de captage par puits en maçonnerais de section carré.

(SARLNILS .2014)

### IV.7. Estimation des travaux d'aménagement

D'après les services techniques concernés par ce type de travaux (DSA, Foret, URGA), les estimations des travaux de réalisation sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.6: Estimation des travaux d'aménagement

Ouvrage s	Travail propose	Quantité des travaux	Estimation
H. Khmairi	Entretien	01 U	200000.00
H.Noubia	Entretien	01 U	200000.00
H.Ouled Zide	Entretien	01 U	200000.00
H.Bouزيد	Fonçage	05 ml	75000.00
H.Izi	Fonçage	05 ml	75000.00
H.Mastor	Fonçage	05ml	75000.00
H.Bouزيد	Quite Solair	01 U	900000.00
H.Mastor	Quite Solair	01 U	900000.00
<b>TOTAL</b>			<b>2625000.00 DA</b>

# *CONCLUSION GENERALE*

## **CONCLUSION GENERALE**

Il faut tout d'abord rappeler de notre objectif de départ qui se résume sur l'étude de valorisation des eaux de la nappe phréatique et du l'Erg Occidental.

La nappe de calcaire de l'Erg Occidentale couvre 80000 Km<sup>2</sup>, et présente un grand intérêt pastoral pour la région notablement pour le profit des cheptels de dromadaire. Deux types d'aquifère superficiel sont connus : l'un est alluvionnaire et l'autre est carbonaté fissuré, leur mur commun est l'argile cénomanienne. Les crues des oueds (notamment Zergoune et Sagner) jouent un rôle primordial dans le régime des puits de la nappe phréatique. Lors de chaque crue, le niveau de l'eau s'élève dans les puits. Il s'abaisse ensuite plus ou moins lentement, pour arriver à son minimum.

La régionalisation cartographique nous a permis de tracer la carte piézométrique de la nappe et celle du niveau statique. La présentation montre que sens d'écoulement est généralement de Nord-Ouest vers le Sud-Est avec un léger écoulement d'Ouest vers l'Est. D'après les coupes géologiques locales, ce sens d'écoulement est la conséquence directe de l'inclinaison remarquable de la nappe sur l'axe Nord-Sud. Ce qui explique l'abandance de l'eau vers le sud.

L'analyse hydrochimique de quelques éléments dans les eaux échantillonnées de la nappe (pH, CE et TH) nous permis aussi de tracer des cartes de régionalisation hydrochimique, qui montrent une augmentation de concentration dans sens d'écoulement (Nord-Sud). On a remarqué que la plus part des eaux des puits sont dans les normes OMS, sauf le puits **KHOBNA** qui ont présentés une élévation de l'ensemble des valeurs hydrochimique.

D'après la carte piézométrique de la nappe le débit d'écoulement souterrain moyen est de l'ordre de 150 l/s et une potentialité moyenne de 5 Hm<sup>3</sup>/ans. Les bilans hydrologiques ainsi estimé montent un surplus de 16 Hm<sup>3</sup>/an.

Afin d'accomplir le déficit hylique présente sur la région d'étude et d'assurer un abreuvement suffisant pour le cheptel locale, nous avons proposé plusieurs travaux d'aménagement hydro-pastorale à savoirs :

- Entretien et fonçage des puits existants.



- Installation des équipement solaire sur quelque points les plus éloignées.

En fin, il est souhaité d'accomplir les études des caractéristiques physico chimiques des eaux de la nappe de l'Erg par d' autres analyses plus sensibles tell que :

- Le taux des métaux lourds
- Les analyses des paramètres microbiologiques
- Le dosage des éléments minéraux

*Références*  
*bibliographiques*

## Références bibliographiques

1. **Achour. M, 2010** – Inventaire des Forages d'eau et Enquête sur Les Débits Extraits de La Wilaya de Ghardaïa **A.N.R.H**; Ghardaïa, Algérie ;p7-p11.
2. **Achour. M, 2011** – note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du ci dans la wilaya de Ghardaïa **A.N.R.H** ; Ghardaïa, Algérie.
3. **Achour. M, 2014** – Vulnérabilité et protection des eaux souterraines en zone aride : cas de vallée de M'Zab Ghardaïa-Algérie mémoire de magister, université d'Oran. P4-p15-p19-p54.
4. **Achour.S, Youcef.L, 2001** – Excès des fluorures dans le sahel du Sahara septentrional oriental et possibilité de traitement. E.I.N. International, N°6, pp47-54
5. **A.N.R.H, 2009** – Rapport de fin du sondage, forages de renforcement BERRIANE-DAYA-GHARDAIA-EL ATTEUF-METLIL, Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa.
6. **A.N.R.H, 2010** – Rapport de fin du sondage, forage d'eau potable MOUDJAHIDINE-CNAS Rapport de SHAOLIN, Ghardaïa.
7. **OULED BELKHIRE .C (2015)** – Etude Quantitatif des Ressource Hydraulique de la région ou est de la chebkha du M'zab, Artic, journal of water and land, polonie, 5p.
8. **BEN SAMOUN .y (2008)**- Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (S.A.G.E) , thèse magister, univ.Ouargla.
9. **SARL NILS (2014)** – Direction **14**-Etude d'aménagement hydro pastorale des plateau de Lahsay-Direction des foret de Ghardaïa, 24p
10. **RAHALY. 2015** : Etude de variabilité climatique de la région de Ghardaïa (1970- 2014)- thèse de Master, université de Ghardaïa, 130p
11. **Melouah.O (2012)** – Investigation géophysique du sous-sol pour la détection des poches de dissolution et des cavités karstiques : cas de la région de Guerrara (Ghardaïa). thèse de master. Université d'Ouargla.
12. **DUBIEF. J ; (1953)** : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara ; SES, Alger.

**13. SITESWEB:**

[1]. <http://www.wikiwater.fr/e3-bis-le-captage-et-l-amenagement.html>.

[2]. <http://www.wikiwater.fr/e2-le-captage-et-l-amenagement-d.html>.

[1]. <http://www.wikiwater.fr/e28-les-divers-types-de-puits-et.html>.

# *Annexes1*

## Annexe 1 : Paramètres physico-chimiques.

### Les normes OMS de l'eau potable

<b>Paramètres physicochimiques</b>	<b>Unité</b>	<b>Normes OMS</b>
<b>Température</b>	°C	≤25
<b>pH</b>	-	6,5-8,5
<b>Turbidité</b>	NTU	5
<b>Oxygène dissous</b>	mg/l	5
<b>Conductivité</b>	μS/cm	2800
<b>TAC</b>	°F	≥2,5
<b>TH</b>	°F	≤50
<b>Résidussecs</b>	mg/l après séchage	max 2000
<b>Sodium</b>	mg/L	200
<b>Magnésium</b>	mg/L	150
<b>Calcium</b>	mg/L	200
<b>Phosphore</b>	mg/L	5
<b>Sulfates</b>	mg/L	200
<b>Chlorures</b>	mg/L	200
<b>Fer total</b>	μg/L	300
<b>Nitrates</b>	mg/L	max 50
<b>Nitrates</b>	mg/L	max 0,1
<b>Ammonium</b>	mg/L	max 0,5
<b>Phosphate</b>	mg/L	max 0,5

## LES PARAMETRES CHIMIQUES

NOM	P mg/l	NH4 mg/l	Ca <sup>2+</sup> mg/l	TH °F	TAC °F	Mg mg/l	CL mg/l
Arich Dib	0	0,004	200,40	1600,00	469,7	267,30	49,6342
Hassi El Khobna	0,044	0,001	2805,60	5600,00	237,9	340,20	149,61166
H. Khmairi	0	0,007	961,92	1500,00	184,22	48,60	53,1795
H.Bent El Mabrok	0	0,18	1378,75	3300,00	433,1	471,42	99,97746
H.Noubia	0	0,004	1362,72	2400,00	239,12	243,00	90,05062
H.Abaza	0	0,004	1042,08	1660,00	239,12	228,42	90,05062
H.Bouzid	0	0,004	1683,36	5100,00	239,12	218,70	90,05062
H.Ouled Zide	0	0,005	1787,57	3300,00	167,14	281,88	92,88686
H.Izi	0	0,005	2324,64	3400,00	167,14	583,20	92,88686
H.Mastor	0	0,005	440,88	3200,00	167,14	510,30	92,88686
H.El Majna	0	0,005	897,79	2020,00	167,14	53,46	92,88686
H.Berayzouga	0,021	0,009	1426,85	2800,00	157,38	184,68	70,19694

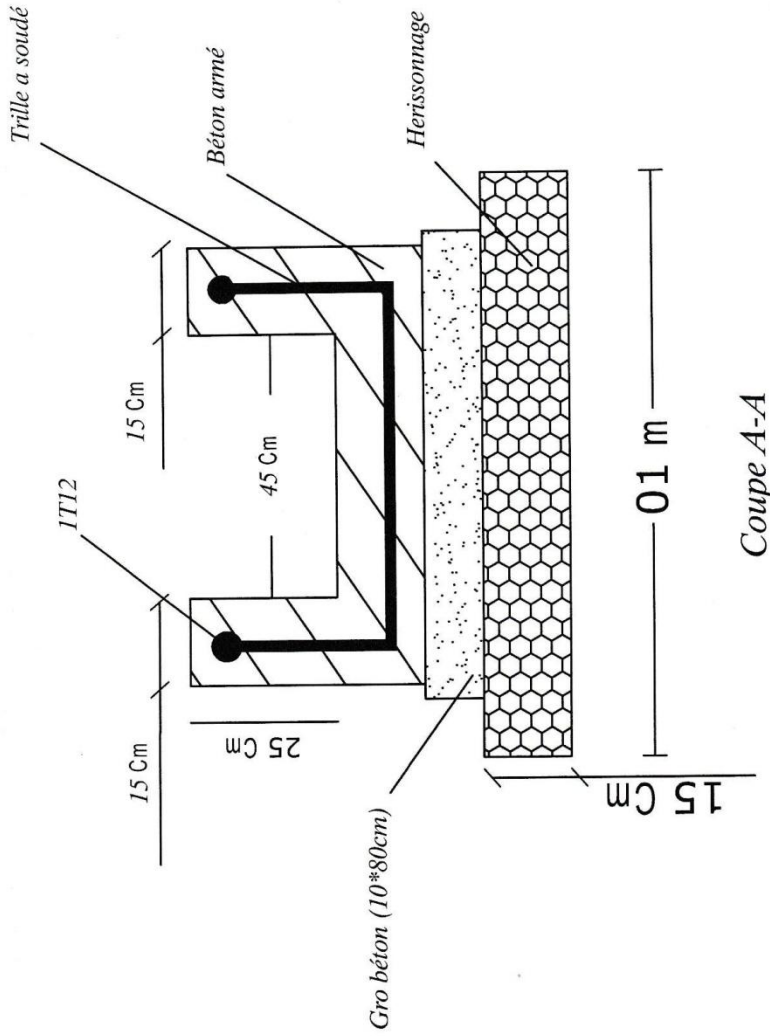
## LES PARAMETRES PHYSIQUES

<b>NOM</b>	<b>COND (<math>\mu</math>S/l)</b>	<b>PH</b>	<b>SAL</b>	<b>TDS</b>	<b>T (°C)</b>	<b>TURBDITE NTU</b>
<b>Arich Dib</b>	2650	8,76	3,20	4,25	15,0	0,91
<b>Hassi El Khobna</b>	1868	7,99	2,30	3,34	13,9	1,19
<b>H. Khmairi</b>	1264	8,38	1,60	2,01	9,0	1,14
<b>H.Bent El Mabrok</b>	728	8,29	0,90	1,165	10,5	0,70
<b>H.Noubia</b>	1461	8,31	1,70	2,21	10,9	1,14
<b>H.Abaza</b>	819	8,38	1,00	1,355	11,5	1,23
<b>H.Bouزيد</b>	1631	8,23	1,90	2,49	9,5	1,17
<b>H.Ouled Zide</b>	2170	7,97	2,40	3,21	9,1	0,76
<b>H.Izi</b>	1360	8,22	1,50	2,25	8,4	0,98
<b>H.Mastor</b>	1725	8,46	2,00	2,62	11,8	0,58
<b>H.El Majna</b>	1595	8,03	1,80	2,45	16,9	0,90
<b>H.Berayzouga</b>	1714	8,67	1,60	2,44	7,7	1,31



# *Annexe 2*

# Abreuvoir (Sagua)



# Bassin

