

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'Hydraulique et de Génie
Civil



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en hydraulique
Option : Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement

Thème

ESSAI DE GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA
COMMUNE ROBBAH
BILAN ET PERSPECTIVES

Sous la direction de:

Mme: Nadjat Zair

Présenté par :

- Semina Youcef
- Gheribi Aissa

Soutenu devant un jury composé de:

M^f Khachana .S

Président

M^f Miloudi . A

Examineur

Promotion 2019-2020

Remerciement

Nous remercions **ALLAH** qui nous a donné la sagesse pour achever ce modeste travail .

Au terme de ce travail, nous souhaitons exprimer notre gratitude et nos remerciements à notre promoteur madame **nadjet zair** pour la confiance dont elle nous a gratifiés en acceptant d'encadrer les travaux de ce mémoire, en se préoccupant constamment de son avancement, et à tous

ceux qui on de près ou de loin contribués à notre étude, en particulier:

- ✓ A tout les enseignants qui ont contribué à notre formations
- ✓ Aux membres de jury qui ont bien voulu examiner notre travail et de l'apprecier à sa juste valeur
- ✓ Tous les étudiants du université d'EL OUED

Merci encore à tous....

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Mes très chers mères

Mes très cher pères

Mes frères et mes soeurs

A toute mes familles

Et a tout mes amis

*Youcef ** Aissa*

Sommaire

Titre	Page
Remerciement	
Dédicace	
Liste des tableaux et des figure	
LISTE DES ABREVIATIONS	
Résumé	
Introduction générale	1
Chapitre I: Généralités	
Première Partie : Caractéristiques naturelles de la région d'étude	2
I - Présentation De La Wilaya D'el Oued	2
1 - Situation régionale	2
2- Caractéristiques géographiques	3
3 - Aperçu géomorphologique	4
II. présentation de la commune de ROBBAH	5
Situation géographique de la commune	5
Deuxième Partie : Etude Géologique Et Caractéristique Hydrogéologique	7
Introduction	7
2- Stratigraphie régionale	7
2.1. Formation de l'ère Secondaire	7
2.2. Formations de l'ère Tertiaire	9
2.2. Formations de l'ère Tertiaire	10
3- Interprétation des coupes géologiques	13
3.1 Coupe N°1	13
3.2 Coupe N°2	14
3.3 Coupe N°03	16
4- Tectonique	16
4-1- Relief	18
Conclusion	18
Chapitre II: hydroclimatologie	
Introduction	19
I.1. Température	19
I.1.1. Températures moyennes mensuelles interannuelles	19
I.1.2. Températures moyennes annuelles	21
II.2. Précipitation	22

Sommaire

I.2.1. Précipitations moyennes mensuelles	22
I. 2.2. Précipitations moyennes annuelles :	23
I.3. Indice d'aridité	25
I.4. Diagramme pluviothermique	26
I.5. L'humidité	27
I.6. Le vent	28
I.7. Evaporation	30
II. Calcul des paramètres de bilan hydrique	31
II.1.L'évapotranspiration	31
II.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)	31
II.1.2.L'évapotranspiration réelle (E.T.R)	32
II.1.2.1.Méthode de Thorntwaite	32
II.2. Etablissement du bilan Hydrique	33
II.2.1.Interprétation du bilan Hydrique	34
Conclusion	35
Chapitre III : Hydrogeologique	
I-Etude du Système Aquifère du Sahara Septentrionale	36
Introduction	36
II. - Présentation des nappes aquifères de la région d'El-Oued	38
1- Nappe libre	38
2- Le complexe terminal	38

Sommaire

a- La première nappe des sables	39
b- La deuxième nappe des sables	39
3- Le continental Intercalaire	39
III- Lithostratigraphie des nappes aquifères d'El-Oued	40
1 - La nappe phréatique	40
2 - Les nappes du complexe terminal	40
a-la nappe des sables	40
b -La nappe des calcaires	40
IV Piézométrie	42
IV.1. Interprétation de la carte piézométrique de la nappe de CT(2018)	44
Conclusion	46
Chapitre IV: Essai de gestion des ressources en eaux	
Introduction	47
1. Etude Socio-économique	47
1.1. Niveau d'équipements	47
1.2.Éducation et équipement culturels	48
1.3. Sanitaire	48
1.4. Transports et agriculture	49
* Réseaux de transports routiers et aériens	49
2. Répartition temporelle de la population dans la région d'étude	49
2.1.Évolution de l'accroissement de la population	50

Sommaire

3. Répartition spatiale des infrastructures hydrauliques	51
3-1-Approvisionnement en eau	52
3.2. Alimentation en eau d'irrigation	53
4. Estimation de l'évolution des besoins Actuels	54
4.1. Les besoins en eau domestiques	54
4.1.1. Besoin d'équipement	55
4.1.2. Besoins moyens journaliers	56
4.1.3. Débit maximal journalier	57
4.1.4. Vérification de la capacité de stockage et les ressources disponible à travers les horizons	57
4.2. Les besoins en eau d'irrigation	59
5. Balance des besoins futurs Globaux / Ressources Mobilisées	60
6. Evaluation qualitative des ressources en eau	61
6.1. Description sommaires des paramètres physico chimiques	61
6.1.1 Paramètres physiques	61
6.1.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH)	61
6.1.1.2. La conductivité électrique (CE)	62
6.1. 2. Les éléments chimiques majeurs	62
6.1 .2.1. Le calcium (Ca²⁺)	62
6.1. 2.2. Le magnésium (Mg²⁺)	63
6.1.2. 3. Le sodium (Na⁺)	64

Sommaire

6.1.2.4.Le potassium (K^+)	64
6.1.2.5.Les chlorures (Cl)	64
6.1.2.6.Les sulfates (SO_4^{2-})	65
6.1.2.7. Les bicarbonates (HCO_3^-)	66
6.2.Représentation graphique des faciès hydrochimiques	66
6.2.1. Diagramme de PIPER	67
6.2.2. Diagramme de Scholler	67
6.3. Aptitudes des eaux à l'irrigation	68
6.3. 1.Classification des eaux par la méthode de Richards	68
6. 3.2. Classification des eaux par la méthode de Wilcox	68
7. Les sources de pollution	69
7.1 Relation nitrates – chlorures	70
Conclusion	71
Conclusion générale	72

*Liste des tableaux
et des figures*

Liste des tableaux et figures

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
(2.1)	Coordonnées géographiques de la station météorologique de la région d'El- Oued	19
(2.2)	Températures moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf (1993-2018)	20
(2.3)	Répartition des moyennes annuelles de température sur la période (2002-2018)	21
(2.4)	Précipitations moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf(1993-2018)	22
(2.5)	Répartition des précipitations moyennes annuelles (2002-2018)	24
(2.6)	Classement en fonction de l'indice d'aridité(selon De Martonne)	25
(2.7)	Couples température/ précipitation mensuelle interannuelle de la région d'Oued Souf (1993-2018)	26
(2.8)	Humidités moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf (1993-2018)	27
(2.9)	Vitesses des vents moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf(1993-2018)	29
(2.10)	Evaporation moyenne mensuelle à Oued Souf en (1993-2018)	30
(2.11)	Les valeurs mensuelles du coefficient de correction K dans la région d'étude	32
(2.12)	Bilan hydrique d'après Thorntwaite (1993-2018)	33
(3.1)	Descriptifs des forages de la wilaya d'El Oued (DonnéesDRE d'El Oued)	42
(4.1)	Répartition des élèves des établissements éducatifs (2017-2018)	48
(4.2)	Equipements culturels et sportif	48
(4.3)	Equipment sanitaires	49
(4.4)	Répartition temporelle de la population dans la région de Robbah (2008, 2017,2018 et 2019)	49
(4.5)	Évolution de la population future de l'agglomération Chef-lieu de Robbah	50
(4.6)	Caractéristiques des châteaux d'eau	52
(4.7)	L'origine des ressources pour l'A.E.P dans la région de Robbah	52
(4.8)	Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans la région d'étude	53
(4.9)	Dotations de J.Bodin, 1962 (l/j/hab)	54
(4.10)	Bilan prévisionnel des besoinsdomestiques aux différents horizons	55
(4.11)	Besoins des équipements	56
(4.12)	Débit moyen journalier	57
(4.13)	Débit maximal journalier total	57
(4.14)	Besoins en eau de Robbah à Travers les horizons	58
(4.15)	Vérification de la capacité de stockage à travers les horizons pour une autonomie 12 heures	59
(4.16)	Ouvrages destinés à l'agriculture	59
(4.17)	Surfaces mobilisées aux différents horizons	60
(4.18)	Les besoins en eau d'irrigation aux différents horizons	60
(4.19)	Déterminations des besoins futurs globaux des différents secteurs aux différents horizons	60

Liste des tableaux et figures

Liste des figures

N°	Titre	Page
(1.1)	Situation géographique de la région d'El Oued (Larousse, 2009)	02
(1-2)	situation géographique de la wilaya d'El Oued	03
(1.3)	limites administrative La commune de Robbah (DRE d'El-Ouedi 2019)	05
(1.4)	Image Google Earth de la ville de Robbah	06
(1.5)	Plan géologique du Grand Erg Oriental, (Baba Sy, M., 2005)	10
(1.6)	Log de forage F1 à l'Albien (coupe d'après ANRH 1993)	11
(1.7)	Carte géologique de la zone d'étude (extrait d'après la carte du Sahara Septentrional (G. Busson 1970) in Khechana, S. 2014	12
(1.8)	Coupe géologique N° 01(DROUCHE 2008)	13
(1.9)	Coupe géologique N° 2, Extraite à partir des logs lithologiques des forages (A.N.R.H, 1989)	14
(1.10)	Coupe géologique N° 03(DROUCHE 2008)	15
(2.1)	Histogramme de Températures moyennes mensuelles (1993-2018)	20
(2.2)	Répartition moyenne annuelle des températures (2002/2018)	22
(2.3)	Histogramme de Précipitations moyennes mensuelles (1993-2018)	23
(2.4)	Répartition des moyennes annuelles de précipitation (2002-2018)	24
(2.5)	Diagramme pluviothermique de la station de Guemar durant la période (1993-2018)	27
(2.6)	Histogramme de l'humidité relative moyenne mensuelle (1993-2018)	28
(2.7)	Histogramme des vitesses moyennes mensuelles du vent en Km/h (1993-2018)	29
(2.8)	Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle en mm (1993-2018)	30
(2.9)	Bilan hydrique d'après Thorntwaite (1993-2018)	34
(3.1)	Extension et limites (sans échelle)	37
(3.2)	Extension et limites (sans échelle)	37
(3.3)	Coupe hydrogéologiqueschématiqu (N –S) du Complexe Ter minal	39
(3.4)	Tableau récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued	41
(3.5)	Evolution du débit exploité entre les deux campagnes (2010-2018)	43
(3.6)	Carte piézométrique des eaux souterraines de la nappe de CT d'El Oued (2010)	43
(3.7)	Carte piézométrique des eaux souterraines de la nappe de CT d'El Oued (2018)	44
(4.1)	Évolution de la population dans la région d'étude	51
(4.2)	Potentialités reconnues total,mobilisés et exploités actuel pour l'usage domestique de la commune de Robbah	52
(4.3)	Potentialités reconnues total,mobilisés et exploités actuel pour l'usage d'irrigation de la commune de Robbah	53
(4.4)	Besoins en eau domestique dans la région d'étude	56
(4.5)	Evolution du débits moyen journalières et débit maximale aux différents horizons	58
(4.6)	Bilan besoins futurs globaux / ressources mobilisables (2020-2050)	61
(4.7)	Les variaraitions des valeurs du pH (2019)	62
(4.8)	Variation des teneurs en conductivité électrique (CE) (2019) de la région d'étude	62

Liste des tableaux et figures

(4.9)	Variation des teneurs en calcium (mg/l) (2019) de la région d'étude	63
(4.10)	Variation des teneurs en magnésium (mg/l) (2019) de la région d'étude	63
(4.11)	Variation des teneurs en sodium (mg/l) (2019) de la région d'étude	64
(4.12)	Variation des teneurs en potassium (mg/l) (2019) de la région d'étude	64
(4.13)	Variation des teneurs en chlorures (mg/l) (2019) de la région d'étude	65
(4.14)	Variation des teneurs en sulfates (mg/l) (2019) de la région d'étude	66
(4.15)	Variation des teneurs en bicarbonates (mg/l) (2019) de la région d'étude	66
(4.16)	Diagramme de Piper des eaux souterraines de la région d'étude(2019)	67
(4.17)	Diagramme de Scholler des eaux souterraines de la région d'étude(2019)	67
(4.18)	Diagramme de Richards pour l'année 2019	68
(4.19)	Diagramme de Wilcox pour l'année 2019	69
(4.20)	Concentration des nitrates et des chlorures de la zone d'étude (2020)	70
(4.21)	Diagramme du nitrate versus des chlorures de la zone d'étude (2019)	71

LISTE

DES ABBREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP : Alimentation en eau potable

A.E.A : Alimentation en eau d'agriculture

A.E.I : Alimentation en eau d'industrie

ADE : Algérienne des Eaux

A.N.R.H : Agence nationale des ressources hydrauliques

D.S.A : Direction des Services Agricoles

D.R.E : Direction des Ressources en Eau

SDEM : Station de dessalement d'eau de mer

Hab : Habitant

L/s : Litre par seconde

m^3 : Mètre cube

m^3/j : Mètre cube par jour

Mm^3/an : Million de mètres cubes par année

Od : Oued

Prof. : Profondeur

T.A.G : Taux d'accroissement global

ECO : Entreprise de Céramique Ouest

Pop : population

Vol dis : Volume distribué

Hyp : hypothèse

ALZINC: Usine d'Electrolyse du Zinc

Resumé

Résumé

Résumé :

L'eau est une matière première de grande importance pour la survie des êtres humains et de leur environnement. L'accroissement démographique dans la région d'étude nécessite un besoin d'eau de plus en plus croissant.

Ce travail a pour objet d'étudier les caractéristiques de la commune de Robbah, afin de déterminer l'impact de chaque élément du milieu physique sur l'abondance de la ressource en eau souterraine (la géologie, le climat, et enfin l'hydrogéologie), comment faut-il orienter la politique de gestion et de l'utilisation de l'eau? Et comment répondre aux besoins sans cesse croissants, des différents secteurs?

Situé dans le sud de la Wilaya d'El-oued, la commune de Robbah constitue une zone stratégique par sa démographie et son activité agricole.

Après les conditions naturelles, nous avons étudié les différentes fonctions socio-économiques tributaires de l'utilisation de cette ressource importante.

Ensuite on a procédé à l'évaluation des ressources en eau souterraine définies, mobilisées et exploitées et la manière de leur distribution actuelle au niveau de l'alimentation en eau potable et l'utilisation agricole.

En dernier nous donnons une estimation perspective des besoins en eau des différents secteurs à court, moyen et long terme.

Mots-clés : Robbah, Eaux souterraines, Evaluation, Gestion, Utilisation, Besoins.

Abstract

Water is a raw material of great importance for the survival of human beings and their environment. The growing population in the study region requires an increasing need for water.

This work aims to study the characteristics of the municipality of Robbah, in order to determine the impact of each element of the physical environment on the abundance of the groundwater resource (geology, climate, and finally hydrogeology), how should water management and use policy be oriented? And how can we meet the ever-growing needs of the various sectors?

Located in the south of the Wilaya of El-oued, the commune of Robbah constitutes a strategic area due to its demography and its agricultural activity.

After the natural conditions, we studied the different socio-economic contact-dependent functions of the use of this important resource.

Then we proceeded to the evaluation of the groundwater resources defined, mobilized and exploited and the way of their current distribution at the level of drinking water supply and agricultural use.

Lastly, giving us a perspective estimate of the water needs of the various sectors in the short, medium and long term.

Keywords: Robbah, Groundwater, Assessment, Management, Use, Needs

Résumé

ملخص:

الماء مادة خام ذات أهمية كبيرة لبقاء الإنسان وبيئته. تتطلب الزيادة السكانية في منطقة الدراسة حاجة متزايدة للمياه. يهدف هذا العمل إلى دراسة خصائص بلدية ربة ، من أجل تحديد تأثير كل عنصر من عناصر البيئة المادية على وفرة مورد المياه الجوفية (الجيولوجيا ، المناخ ، وأخيراً الهيدرولوجيا). ، كيف ينبغي توجيه سياسة إدارة المياه واستخدامها؟ وكيف يمكننا تلبية الاحتياجات المتزايدة للقطاعات المختلفة؟

تقع بلدية رباح جنوب ولاية الواد ، وتشكل منطقة إستراتيجية بسبب ديمغرافيتها ونشاطها الزراعي بعد الظروف الطبيعية ، قمنا بدراسة الوظائف الاجتماعية والاقتصادية المختلفة المعتمدة على الاتصال لاستخدام هذا المورد المهم.

ثم انتقلنا إلى تقييم موارد المياه الجوفية المحددة والمعبأة والمستغلة وطريقة توزيعها الحالي على مستوى الإمداد بمياه الشرب والاستخدام الزراعي.

أخيراً ، يقدم لنا تقديراً منظوراً للاحتياجات المائية لمختلف القطاعات على المدى القصير والمتوسط والطويل.

الكلمات المفتاحية: الرياح ، المياه الجوفية ، الإدارة ، التقييم ، الاستخدام ، الاحتياجات

Introduction

Introduction générale

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

L'accroissement démographique dans la partie sud de la wilaya d'El-Oued, commune de Robbah, nécessite un besoin en eau de plus en plus croissant. La sécheresse et les risques de pollution de la nappe phréatique, nécessitent une attention particulière.

La commune de Robbah est une zone stratégique par son activité agricole et sa démographie, dans cet espace, l'eau représente le facteur moteur du développement agricole, urbain et rural de la région, nécessitant sa mobilisation en quantités énormes.

Les ressources du secteur sont représentées par la nappe libre, pour les besoins en irrigation, et profonde du complexe terminal et qui sont exploitées pour les besoins en eaux d'irrigation et potable.

Dans cette étude nous nous sommes intéressés aux points suivants :

- L'évaluation des ressources exploitables en eaux destinées aux l'usage domestique et agricole. Et poser les grands axes d'une gestion durable et rationnelle de ces ressources.
- Comment faut-il orienter la politique de gestion et de l'utilisation de l'eau dans la région de Robbah?
- Comment répondre aux besoins sans cesse croissants, des différents secteurs?

Le travail est structuré dans ce qui suit :

- La première partie est consacrée à l'étude des contextes géographique et géologique de la région d'étude en présentant les caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et hydroclimatologique.
- La deuxième partie est réservée à l'évaluation quantitative et qualitative des ressources en eaux exploitables pour les usages domestique et agricole.

Conclusion générale qui met l'accent sur les résultats obtenus.

Chapitre 01

Généralité

Première Partie : Caractéristiques naturelles de la région d'étude

I - Présentation De La Wilaya D'el Oued

1- Situation régionale

La wilaya d'El-Oued est située au Nord-est du Sahara algérien (Bas-Sahara), aux confins septentrionaux du Grand Erg Oriental, entre les parallèles : (33° et 34°) Nord, et (6° et 8°) Est. Cette immense étendue sablonneuse se trouve, d'une part, à mi-chemin entre la mer méditerranéenne au Nord et la limite méridionale du Grand-Erg Oriental au Sud, et d'autre part, à égales distances entre le golfe de Gabès à l'Est et l'Atlas Saharien à l'Ouest. La zone est délimitée par :

La frontière Algéro-Tunisienne (chotts El-Djerid : région de Tozeur) à l'Est

Le chott Melghir et Merouane au Nord (région de Biskra)

L'Oued-Righ (région de Touggourt) à l'Ouest

El-Oued forme un massif dunaire qui se trouve à environ 700 Km au Sud – Est d'Alger et 350 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie) avec une largeur d'environ 160 km

L'altitude moyenne d'El-Oued est de 80 m, alors que celle des Chotts, situés au Nord, elle descend jusqu'à moins 40 m (surface topographique) au-dessous du niveau de la mer.

Après le découpage administratif de 1984, la wilaya d'El-Oued est délimitée par :

- Les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa, au Nord
- La frontière Algéro-Tunisienne à l'Est
- Les wilayas de Biskra, Djelfa et Ouargla, à l'Ouest
- La wilaya d'Ouargla au Sud

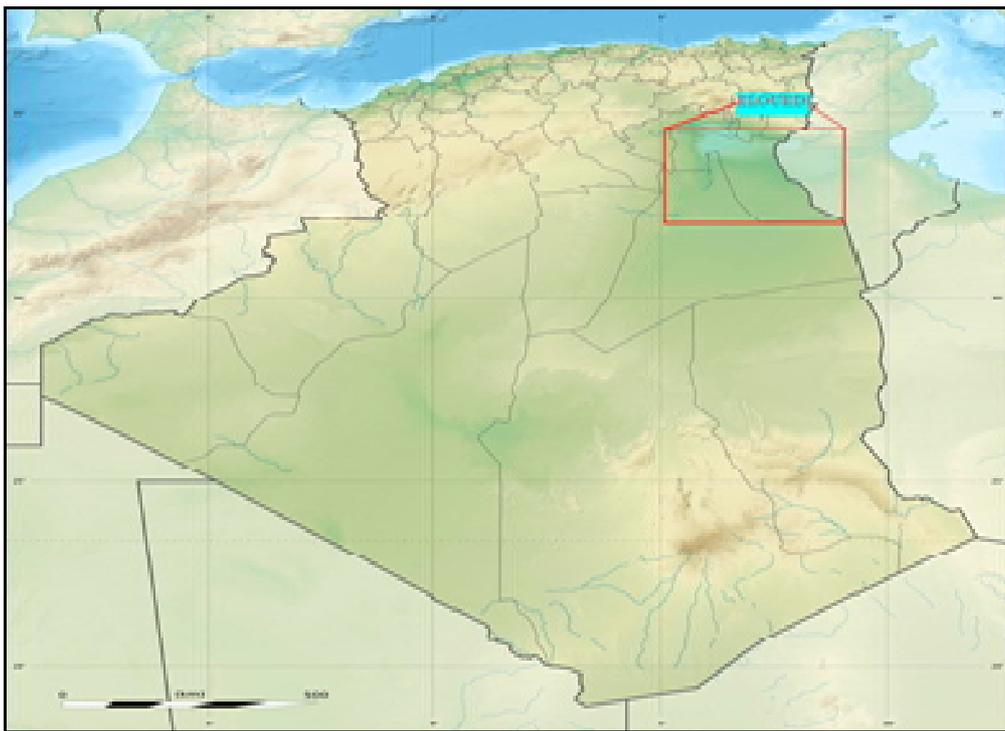


Figure N°(1.1) Situation géographique de la région d'El Oued (Larousse, 2009)

2- Caractéristiques géographiques

Les coordonnées Lambert d'El Oued sont les suivantes :

$$X = 275\ 200 / 322\ 000, Y = 3\ 665\ 000 / 3743\ 000$$

Dans la partie Nord d'El-Oued, le Grand Erg Oriental s'abaisse et perd de massivité avec la disparition des dunes qui cèdent la place à des plateaux couverts d'une maigre végétation qui se prolongent jusqu'aux chotts arides et dénudés.

Cette dernière portion du désert, pauvrement broussailleuse, devient un excellent Pâturage après de bonnes pluies.

Le relief est très simple, dans sa disposition générale il est caractérisé par les massifs dunaires où prédominent les formes douces. Celles-ci, dont certaines atteignent par endroit 100 m de hauteur, forment des collines de sable en forme de cratères où subsistent, selon la direction des vents dominants, des couloirs propices à la circulation.

La couverture végétale est l'œuvre artificielle de ses habitants. Les palmeraies sont enfouies dans d'énormes entonnoirs (ghouts), au fond desquels s'épanouissent les palmiers dattiers dont les racines s'alimentent directement de la nappe superficielle ; l'irrigation est inutile (avant la remontée des eaux).

Les 18 communes de la zone d'étude couvrent une superficie de 11 738 km²

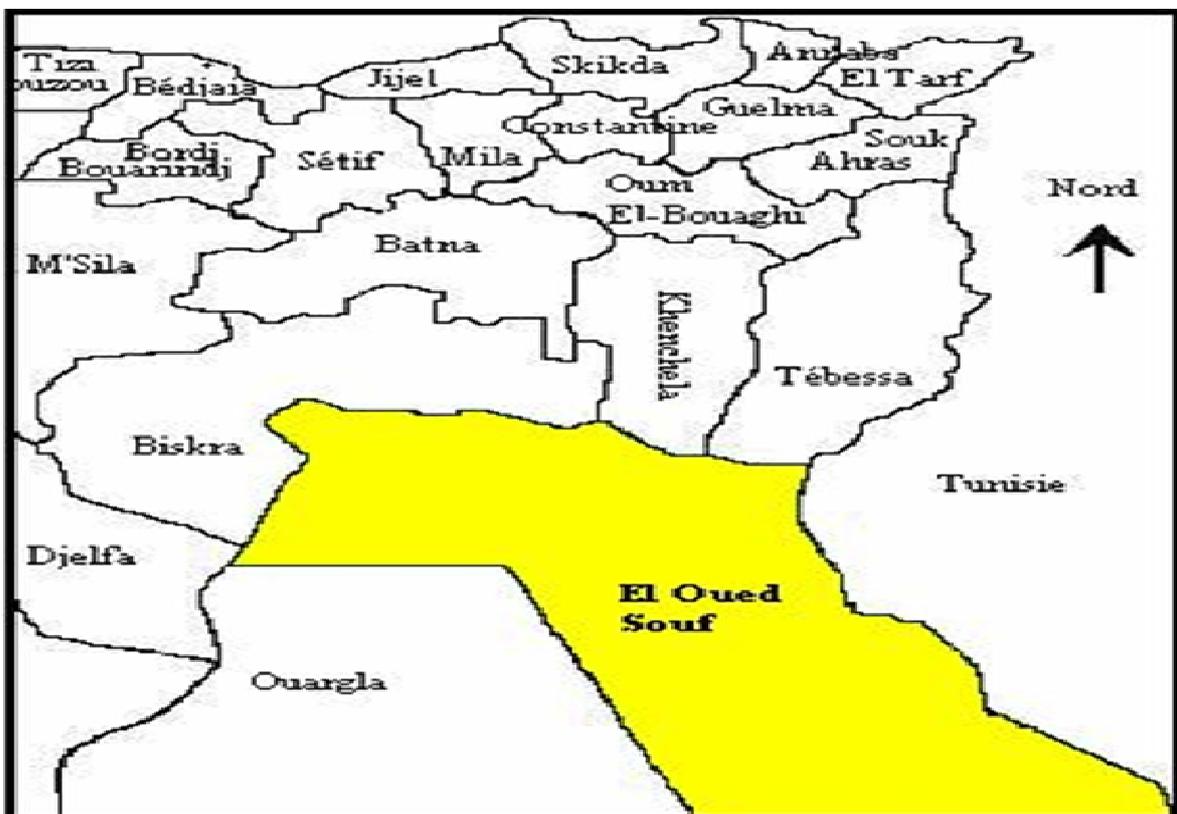


Figure N°(1.2) : situation géographique de la wilaya d'El Oued

3 . Aperçu géomorphologique

Situé au nord-ouest de l'Afrique, l'Algérie est subdivisée en deux grandes zones très différentes, sur le plan géographique, morphologique, géologique, hydrogéologique, climatique..Etc. : Le Nord et le Sud Algérien. Ces deux domaines sont séparés par l'accident sud atlasique (Atlas saharien ou la flexure sud-atlasique. L'atlas saharien est constitué par les monts d'Ouled-neil, des Aurès et des Nemamchas).

Le Nord algérien, plus peuplé, ouvert sur la Méditerranée (en sa partie nord), appartient à la marge nord du continent africain. Il appartient au vaste système alpin, qui d'Est (Gibraltar) en Ouest (Himalaya) n'a pas encore terminé son évolution. C'est une zone instable, bouleversée, à relief confus, et jeune.

L'autre partie commence au pied de l'Atlas saharien et s'étend vers le Sud : c'est le Sahara (Désert), dur, monotone, stable où le jaune, l'ocre et le noir des sables ou de la patine désertique ne sont souvent qu'un léger voile sous lequel on peut lire des structures tectoniques, sédimentaires et magmatiques.

Le Sahara algérien comprend des ensembles géologiques différents.

Morphologiquement, il est constitué de sols très variés tel que :

Les Regs : généralement des zones plates, peu élevées, sableuses et caillouteuses qui ont été débarrassées des éléments fins par le vent.

Les Hamadas : plateaux peu élevés, la partie supérieure ressemble à une surface structurale (Hamada Sud-atlasique : calcaire). Entre les Regs et Hamadas, nous avons

Les Ergs : désert de dunes, plus précisément des champs de dunes fixes dont seul le sable superficiel est remodelé sans cesse par le vent. Ils occupent environ 20% de la surface du Sahara. Certains ont commencé à se former au cours du pléistocène.

Le Sif : constitue la partie sommitale des dunes. Il sépare la partie en pente douce (pente "au vent") de la partie en pente raide (pente "sous le vent").

Les plateaux : Surfaces structurales surélevées, occupées soit par des Ergs ou par des Hamadas (plateau de Tademaïte).

Oued : signifie rivière en arabe, désigne les cours d'eau d'Afrique du Nord et des régions désertiques et semi-désertiques.

Chott : (de l'arabe chatt) : est une étendue d'eau salée permanente, aux rivages changeants, située dans les régions arides et semi-arides.

Représenté essentiellement d'anhydrites et par une alternance de calcaire, de grès Souvent glauconieux et d'argiles bariolées

II. présentation de la commune de ROBBAH:

Situation géographique de la commune

La commune de Robbah est située dans le Sud-Est d'Alger, à environ 12 km de la de la wilaya d'El Oued, et à 226 kilomètres au sud de la commune de Biskra, elle est délimitée par :

- Nord: commune de Bayadha.
- Nord Est: commune El Nakhla.
- Est: commune d'El Ougla.
- Ouest : commune d'Ouadi El-Alanda
- Sud: commune de Douar El Ma et la commune de Ben Nasser, qui appartient à la wilaya d'Ouargla. Sa superficie est de 499,2 km².

En 1996, Robbah est devenu une Daira regroupant les communes de Robbah, la commune d'El Nakhla et la commune d'El Ougla

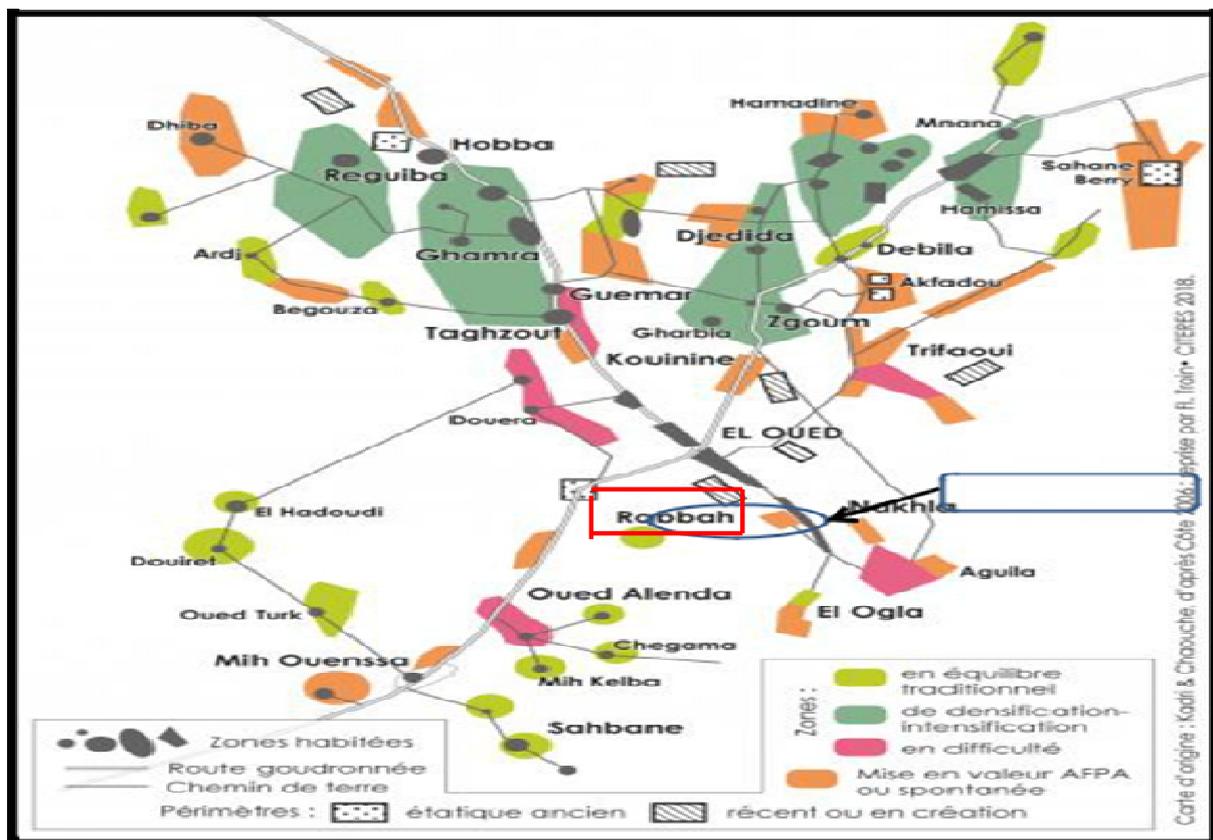


Figure N°(1-3) : limites administrative La commune de Robbah (DRE d'El-Ouedi 2019)



Figure N°(1-4) : Image Google Earth de la ville de Robbah

Deuxième Partie : présentation de la géologie de la région

.Introduction :

La géologie est un moyen d'investigation très utile en hydrogéologie car elle permet la détermination des horizons susceptibles être aquifères.

La région d'étude est exactement dans la partie Nord de la plate forme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti dunes. Car le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraines des eaux, est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du Continental Intercalaire, et des accumulations sableuses fluviolacustres de tertiaire continental.

Sur l'ensemble de la région d'EL-Oued, les formations Mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental.

2- Stratigraphie régionale :

D'après (Cornet 1964, Bel 1968) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre.

Sur la base des logs de forage de l'Albien faite par l'ANRH(1993) sur la région d'Oued Souf, nous citons les principales strates répétées dans cette région, en allant de la plus ancienne vers la plus récente (fig.4) :

2.1. Formation de l'ère Secondaire :

a) Crétacé inférieur :

o Le Barrémien :

Cet étage est capté par tous les forages du Continental Intercalaire réalisés dans cette région ; il présente une lithologie d'alternance de grés avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex.

L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres.

o L'Aptien :

Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.

o L'Albien :

Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès de sables et par des calcaires avec passages de silex et d'argile.

La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres ; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

○ **Vraconien :**

C'est en fait, une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passées de grès à ciment calcaire.

Dans la zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250 et 300 mètres. En raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'Albien.

b) Crétacé moyen :

c)

○ **Le Cénomaniens :**

Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable.

Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de dolomies qui la distingue nettement, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaires correspondants à la limite inférieure du Turonien.

○ **Le Turonien :**

Cet étage représente la base du Complexe Terminale. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes.

Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

c) Crétacé supérieur :

○ **Le Sénonien :**

la plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès :

l'uncorrespond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.

o Sénonien lagunaire :

La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles où ces derniers sont aisément différenciés de ceux du Turonien.

Il est constitué également d'anhydrites, de calcaires dolomitiques d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.

o Le Sénonien carbonaté :

Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations marno argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres.

Il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le Sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentent des calcaires de même nature avec présence de nummulites.

2.2. Formations de l'ère Tertiaire :

o L'Eocène :

Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

o Le Miopliocène :

Il repose en discordance indifféremment sur le Primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T).

La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montrent que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès.

Sur toute l'étendue du Sahara oriental, Bel et Demargne séparent cet horizon en 4 niveaux :

□ Niveaux argileux :

Il est peu épais et existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec l'Eocène lagunaire, les argiles de la base du Miopliocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du Sénon-Eocène carbonatées et celle du Pontien sableux.

□ Niveaux grès sableux :

C'est le plus intéressant sur le plan hydrogéologique, son épaisseur reste presque régulière sur toute l'étendue du Sahara oriental. A sa base, on trouve parfois des graviers alors que le sommet se charge progressivement d'argiles. C'est à niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.

□ Niveaux argileux :

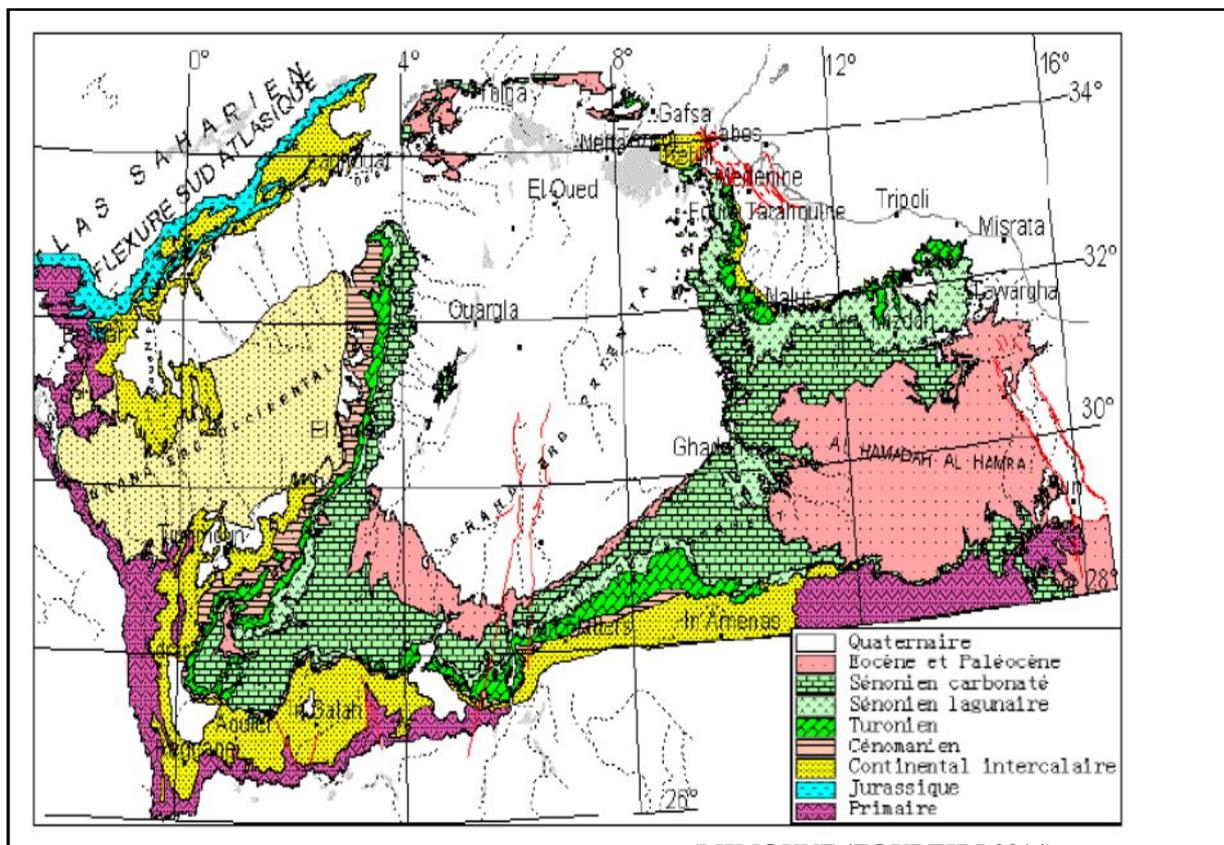
Il ne présente pas un grand intérêt du point de vue hydrogéologique, ce niveau renferme des lentilles sableuses qui peuvent former le quatrième niveau (sableux) du Miopliocène.

□ Niveau sableux :

Ce niveau constitue le deuxième horizon aquifère du Complexe Terminal, du point de vue hydrogéologique, ces niveaux sableux présentent un grand intérêt car ils correspondent pour ainsi dire à la nappe des sables du Complexe Terminal.

2.3. Formations de l'ère Tertiaire Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute

encore de nos jours. Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.



(MIMOUNE / ZOUBEIDI 2014)

Figure N°(1-5): Plan géologique du Grand Erg Oriental, (Baba Sy, M., 2005)

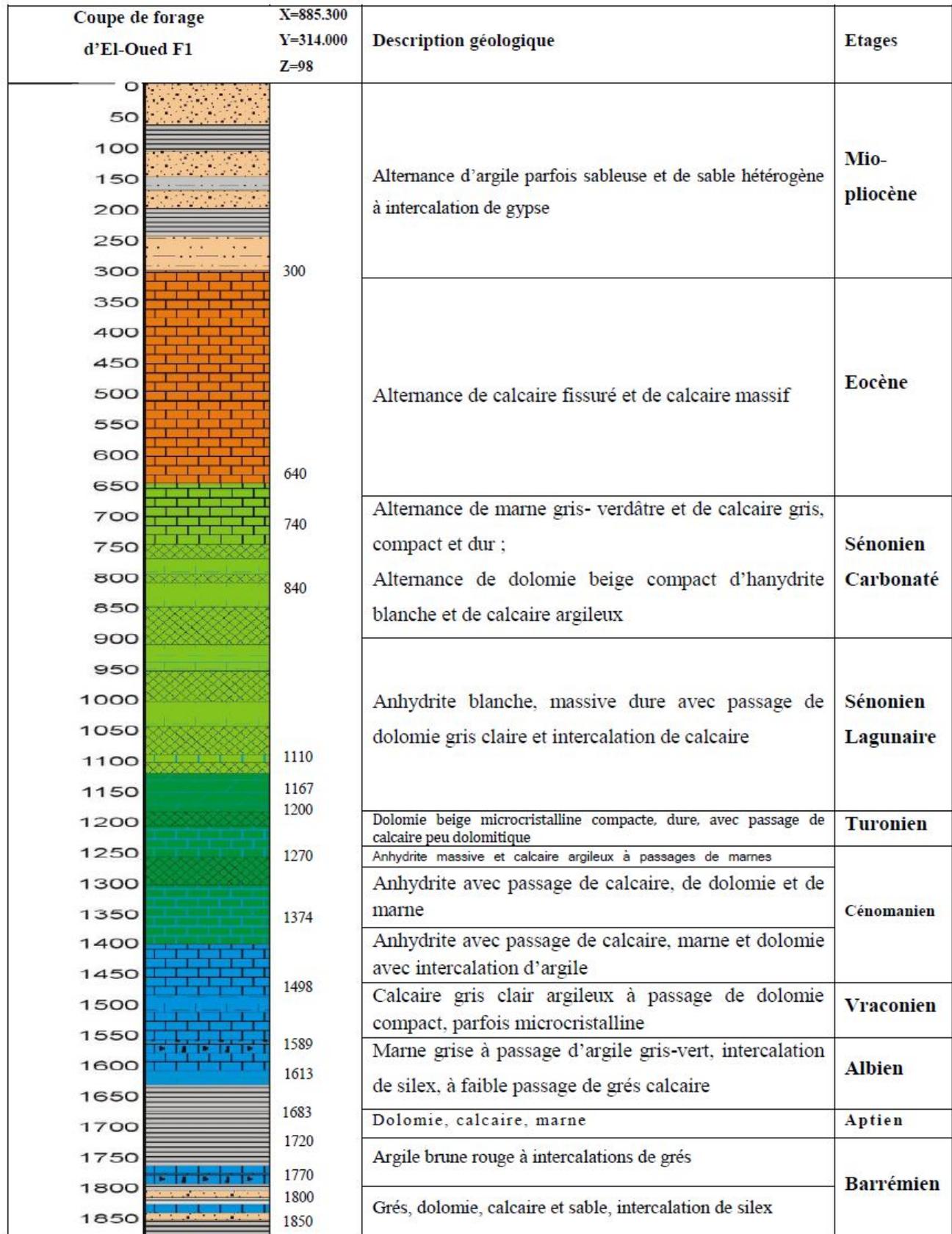
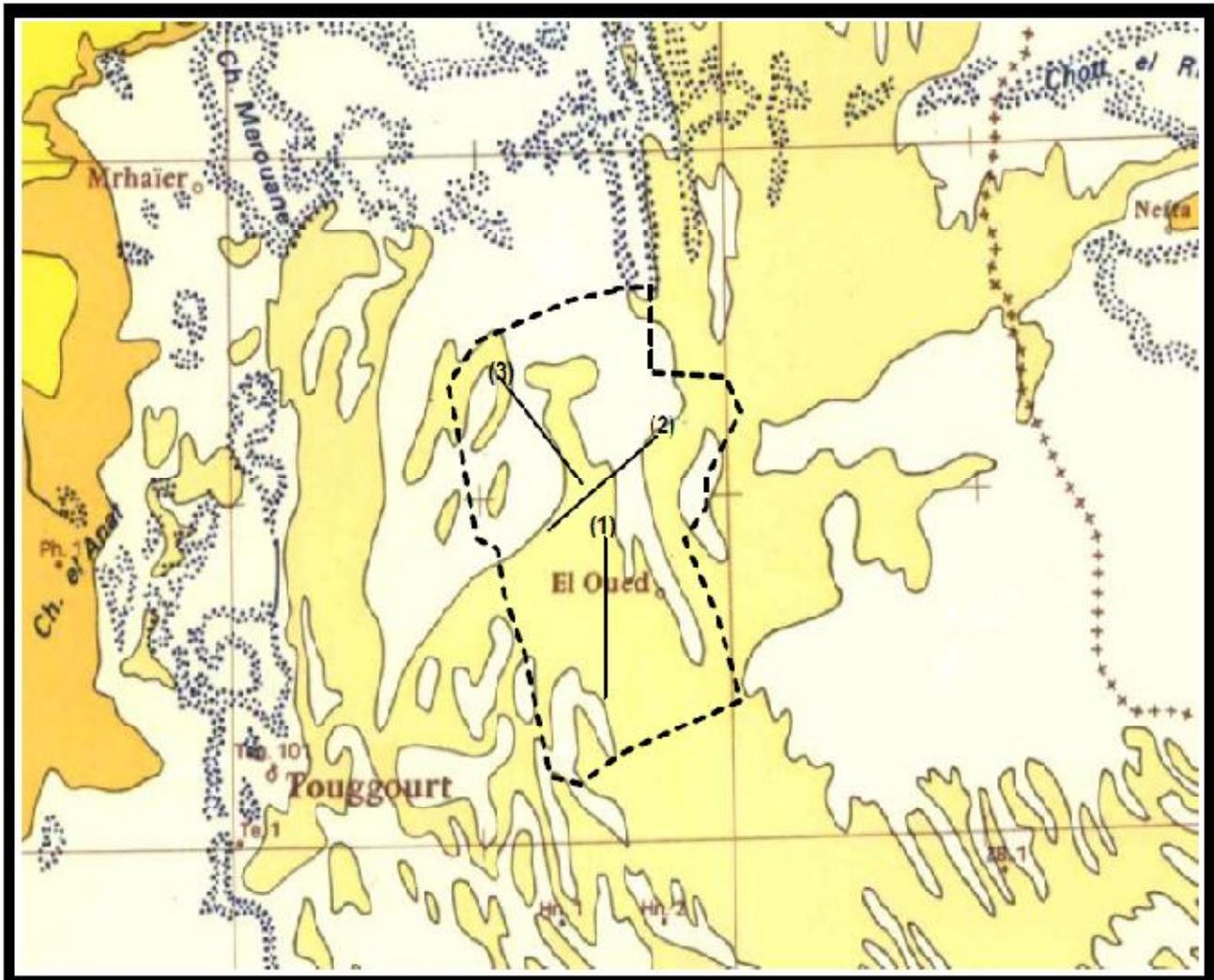


Figure N°(1-6): Log de forage F1 à l'Albien (coupe d'après ANRH 1993).



LEGENDE

D	Dunes	-----	Limite de la zone d'étude
q	Quaternaire indifférencié	——— (1), (2), (3)	Positions des coupes géologiques
qp	Pliocène ou Quaternaire		
mp	Mio- pliocène (avec localement Nummulitique continental)		
+++++	Frontière Algéro-Tunisienne		
•••••	Zone des chotts		

Figure N°(1-7): Carte géologique de la zone d'étude (extrait d'après la carte du Sahara Septentrional (G. Busson 1970) in Khechana, S. 2014.

3- Interprétation des coupes géologiques :

L'objectif de ces coupes géologiques est d'établir une corrélation lithologique du sous-sol, d'identifier l'extension géographique, l'épaisseur approximative des couches ainsi que l'épaisseur utile de la nappe phréatique dans la région d'El-Oued. Ces coupes sont vérifiées ensuite par les sondages électriques verticaux) (BOUSALSAL /B 2009)

3.1 Coupe N°1 :

Cette coupe orientée Nord – Sud, faite sous la base de coupes de forages, on remarque que l'épaisseur de formation miopliocène (constituée par des argiles sableuses, de sable et de calcaire) diminue du Nord vers le Sud. Au niveau du **H11.104**, on remarque l'absence des formations quaternaires correspondant aux formations sableuses ; ce manque ne peut être expliqué que par l'effet d'une érosion éolienne, ces formations tendent à s'épaissir vers le Sud (voir **H12.32 et H12.23**). (Figure N°19). (BENSEDIK AOUADI 2014).

Coupe corrélatrice extraite à partir des logs lithologiques des forages

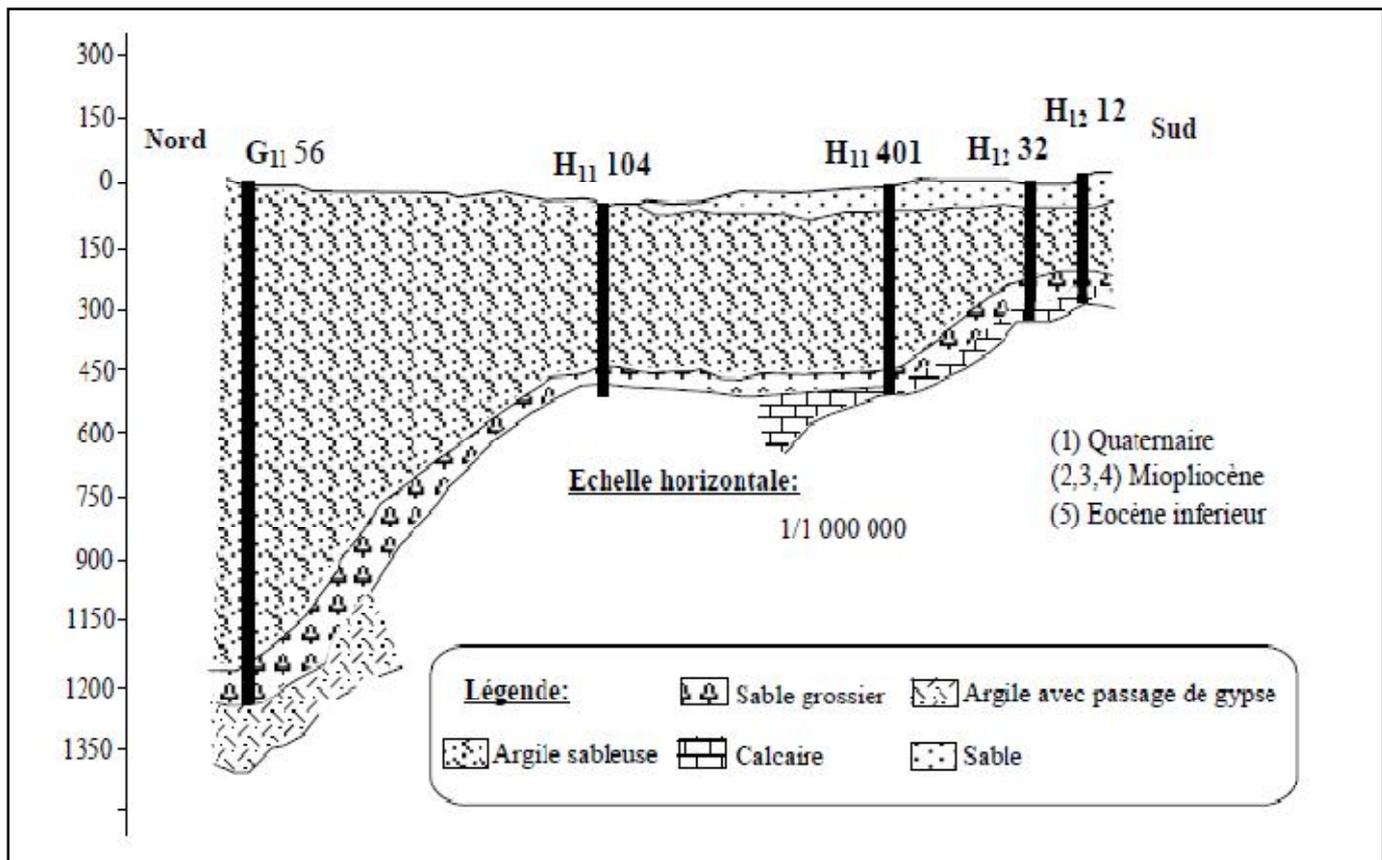


Figure N°(1-8): Coupe géologique N° 01(DROUCHE 2008)

3.2 Coupe N°2 :

La coupe N° 2 orientée NE-SW, en allant de la région dite Merzaga vers Ouermès, on remarque au niveau du forage (H12-52), l'absence du Quaternaire, ce ci ne peut être expliqué que par l'effet d'une érosion éolienne. Les formations miopliocènes sont caractérisées par une épaisseur considérable (plus de 200 m). Cette dernière devient régulière sur tout le reste de la région, au contraire de celle de Quaternaire qui est constituée par des sables qui changent d'une région à l'autre (par exemple, au niveau du forage H12-540 l'épaisseur présente presque la moitié de celle de H12 -84) (Figure N°20). (MIMOUNE / ZOUBEIDI 2014).

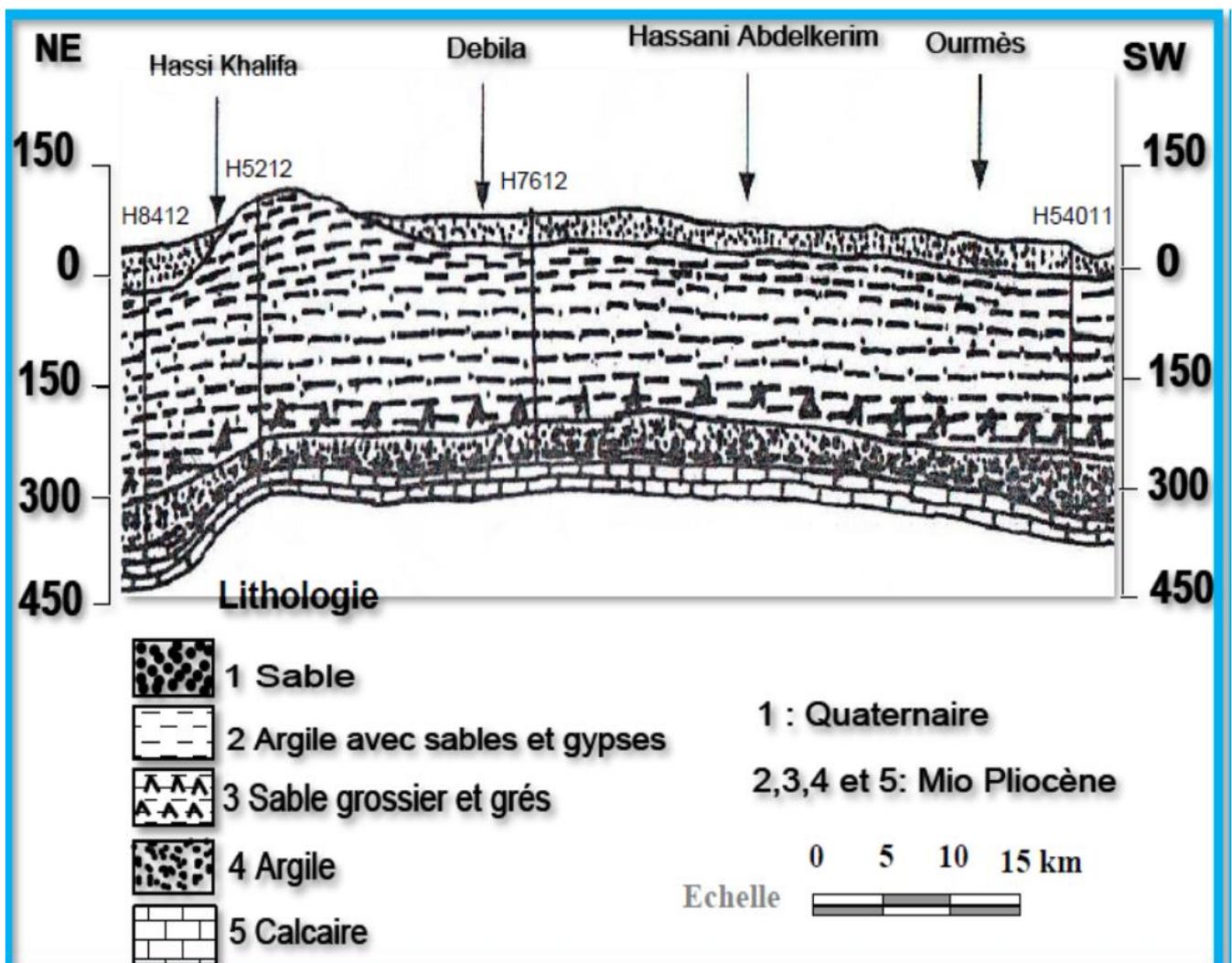


Figure N°(1-9): Coupe géologique N° 2, Extraite à partir des logs lithologiques des forages (A.N.R.H, 1989)

3.3 Coupe N° 3 :

La coupe N° 3 est orientée du Nord-Ouest vers le **Sud-Est**, elle est différente des autres surtout du point de vue stratification; cette dernière entre croisée, ce qui donne naissance à des "biseaux". Cette situation est bien visible dans les quatre premiers forages. On constate que l'épaisseur des formations quaternaires, est plus importante au **Nord-Ouest** qu'au **Sud-est**.(Figure N°21). (MIMOUNE/ZOUBEIDI 2014).

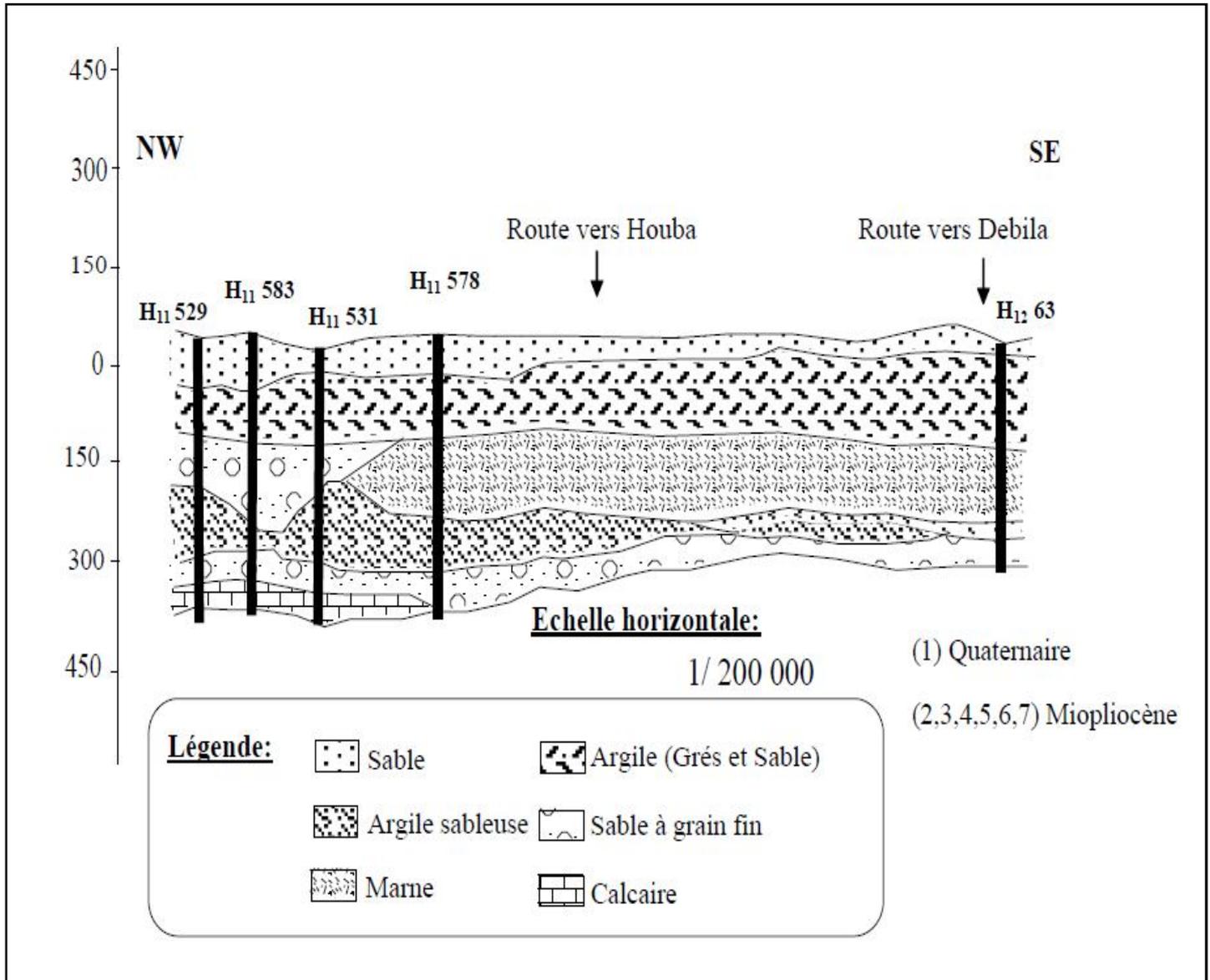


Figure N°(1-10): Coupe géologique N° 03(DROUICHE 2008)

4- Tectonique :

La zone d'étude fait partie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional dont l'extension couvre une superficie de 780 000 km². Ce bassin, vaste zone d'épandage, constitue une importante dépression topographique, laquelle est sous-tendue par une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique. La série sédimentaire est marquée, au centre de la fosse, par d'importants accidents tectoniques sub-verticaux.

La série sédimentaire lagunaire recouvrant la plate-forme crétacée forme un vaste synclinal dont le fond a un très grand rayon de courbure. Les courbes sédimentaires semblent s'épaissir du Nord d'El Oued vers le centre de cette dépression, ce qui montre que l'approfondissement suit de près la sédimentation. Donc si nous désirons retracer l'évènement paléogéographique du Souf, il faut noter qu'au cours de la jeunesse de l'immense dépression au début du Quaternaire et sous l'effet de la sédimentation, le centre de celle-ci (dépression) se déplace en fonction du temps vers le Nord tout en donnant naissance à des nouvelles dépressions correspondant actuellement à la zone des chotts, où leur naissance ne s'est effectuée qu'à la fin du Quaternaire.

Ces caractéristiques ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs formations aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès.

L'aquifère Quaternaire du Souf présente une épaisseur moyenne de 40 mètres. Son substratum est structuré en de nombreuses dépressions, dômes et sillons. Il affleure au Nord-Ouest de la région de Foulia et se situe à moins de 10 mètres de profondeur aux extrémités Nord-est de la région d'étude. La série sédimentaire lagunaire recouvrant la plate-forme crétacée forme un vaste synclinal dont le fond est doté d'un très grand rayon de courbure. (MIMOUNE / ZOUBEIDI 2014 _ KHECHNA / S 2014).

4-1- Relief :

Le relief de la ville d'El Oued est caractérisé par l'existence de trois principales formes :

- **Une région sableuse** : qui se présente sous un double aspect ; l'Erg et le Sahara.
- **Une forme de plateaux rocheux** : qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses.

- **Une zone de dépression** : caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est.

Il est à signaler que l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour devenir négative au niveau des chotts.

La variation de côte est relativement faible, le point le plus bas correspond à la cote 130m alors que le plus haut atteint la 60m (MIMOUNE / ZOUBEIDI 2014 _ KHECHNA /S 2014)

Conclusion

A partir de cette étude, nous constatons que la région à une particularité spécifique de point de vue géologique, ainsi que les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire avec une lithologie variée dans le temps, régulière et homogène dans l'espace.

Ces conditions ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs formations aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès.

La stratigraphie de la région est caractérisé par des séries sédimentaires allant de Crétacé inférieur jusqu'aux dépôts de Quaternaire

Les formations du Quaternaire récentes forment l'aquifère détritique de la nappe phréatique, il est surtout sableux à gréseux avec parfois du gypse et des argiles localisées particulièrement.

Chapitre 02

Hydroclimatologie

Introduction :

La connaissance des caractéristiques hydro climatologiques est nécessaire pour l'étude hydrogéologique, elle est indispensable pour évaluer l'alimentation de réservoir souterrain (nappe phréatique) par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique.

Dans ce chapitre, nous allons travailler avec une série de données climatologiques de la répartition des précipitations et températures moyennes mensuelles interannuelles enregistrées sur une période de 16 ans (2002-2018);

Et la répartition des précipitations et températures moyennes annuelles enregistrées sur une période de 16 ans (2002-2018); Fournies par l'Office National de Météorologie (ONM) à Guemar au nord de la ville d'Oued Souf.

Tableau N° (2-1) : Coordonnées géographiques de la station météorologique de la région d'El- Oued

Station	Code A.N.R.H	Altitude (m)	Longitude	Latitude
Guemar	13 04 09	64	06°47'E	33°30'N

I.1.Température :

La température atteint parfois 46°C en été, alors qu'elle peut atteindre 5°C et 21°C en hiver. Dans les oasis règne un microclimat non aride créé par la densité de la palmeraie dans les ghouts.

I.1.1.Températures moyennes mensuelles interannuelles

Le tableau ci-dessous montre les valeurs des températures mensuelles interannuelles dans la région d'étude sur la période 2002/2018.

Tableau N° (2-2) : Températures moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf (2002-2018)

Températures (°C)	MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	T°C
	S													Moyenne annuelle
	Min	22,63	17,65	10,21	6,05	5,23	6,30	10,52	14,69	18,81	23,57	26,64	27,09	15,78
	Max	35,47	30,61	22,97	17,92	17,61	19,32	24,05	28,62	33,33	38,54	41,06	41,15	29,30
Mo	29,05	24,13	16,59	11,98	11,42	12,81	17,28	21,65	26,07	31,06	33,85	34,62	22,54	

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

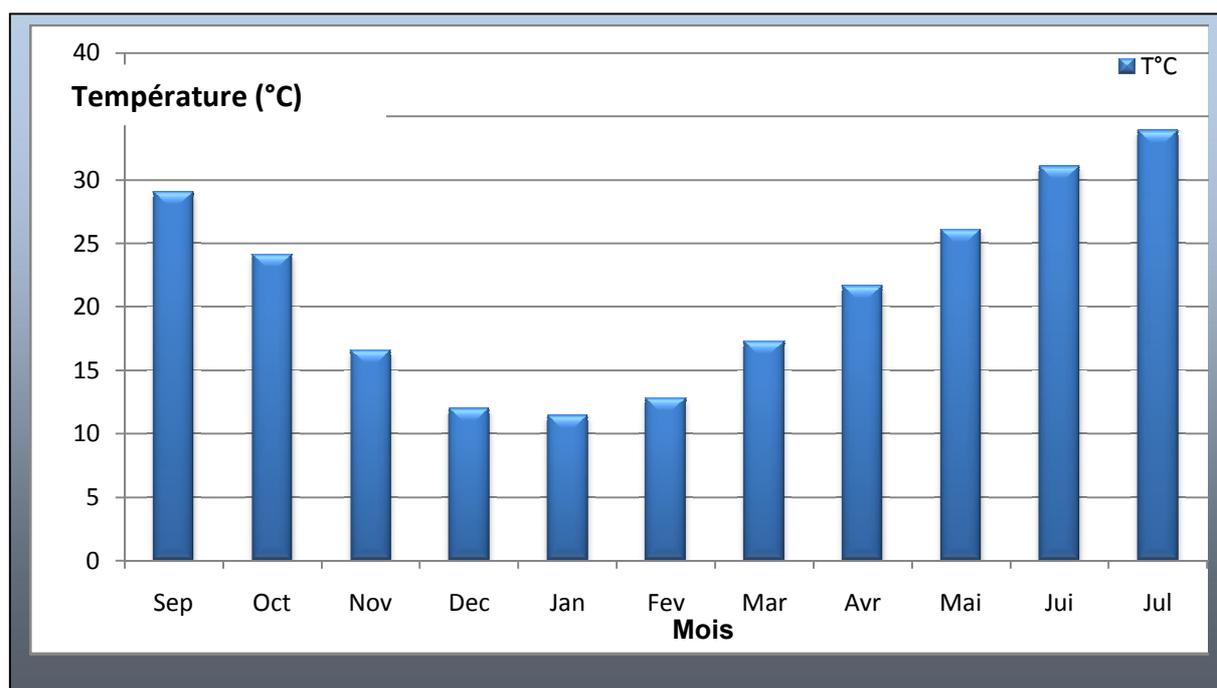


Figure N° (2-1) : Histogramme de Températures moyennes mensuelles (2002-2018)

Selon le tableau (07) et comme le montre le graphe (06) nous avons les résultats suivants:

- le maximum des moyennes mensuelles est enregistré au mois d'Août (34.62°C),
- le minimum est observé au mois de Janvier (11.42°C).

Deux périodes climatiques se distinguent:

- ❖ une période froide qui dure de Novembre à Avril avec un minimum durant le mois de janvier 11.42°C
- ❖ une période chaude qui va du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre avec un maximum de température relevé pendant le mois d'Août 34.62 °C.
- ❖ la moyenne annuelle est de l'ordre de 22,54°C

I.1.2. Températures moyennes annuelles :

Le tableau II-3 montre la répartition moyenne annuelle de température durant la période (2002-2018).

Tableau N° (2-3) : Répartition des moyennes annuelles de température sur la période (2002-2018)

Année	T(C°)	Année	T(C°)
2002/2003	22.75	2010/2011	21.45
2003/2004	23.40	2011/2012	21.20
2004/2005	22.70	2012/2013	22.80
2005/2006	22.40	2013/2014	22.70
2006/2007	22.35	2014/2015	22.80
2007/2008	22.60	2015/2016	23
2008/2009	22.45	2016/2017	22.90
2009/2010	22.00	2017/2018	23.20
		Moyenne annuelle	22.45

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

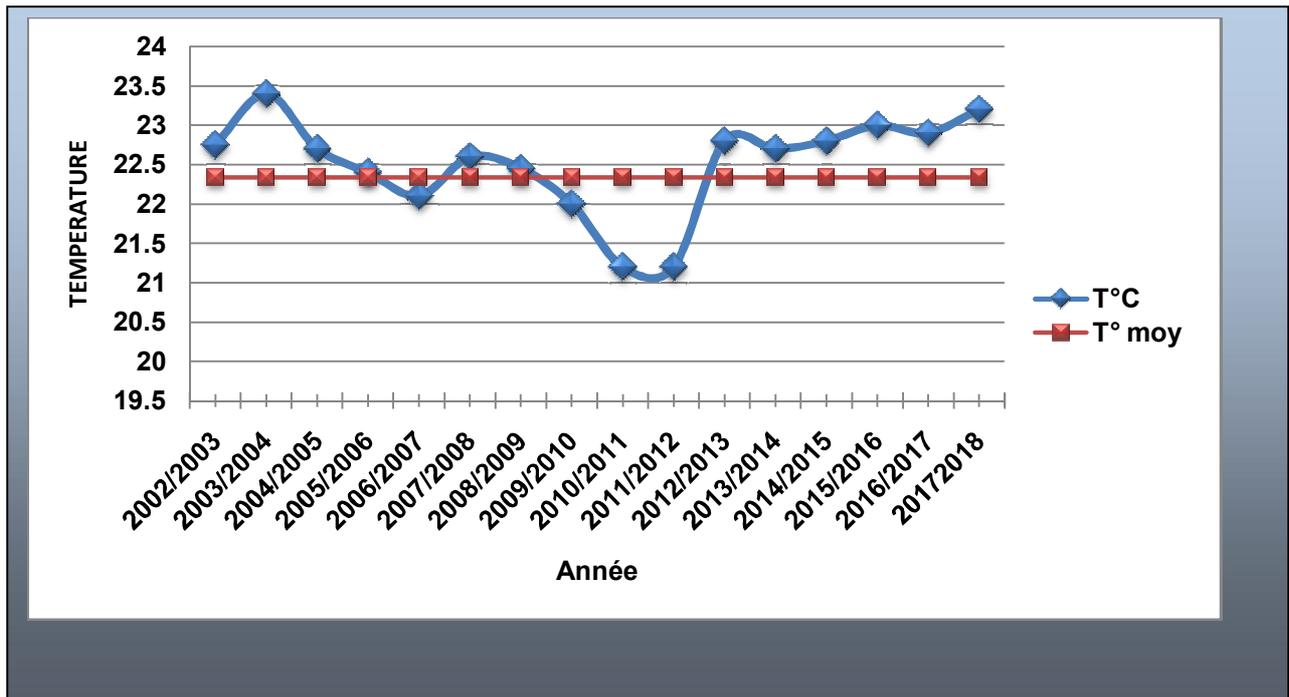


Figure N° (2-2) : Répartition moyenne annuelle des températures (2002/2018)

La figure 07 montre la répartition des températures moyennes annuelles :

- L'année la plus chaude est 2003/2004 avec une température moyenne $T=23.4^{\circ}\text{C}$
- L'année la plus froide est l'année 2011/2012 avec une moyenne de température égale à 21.2°C .

I.2. Précipitation :

I.2.1. Précipitations moyennes mensuelles :

Tableau (2-4) : Précipitations moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf(2002-2018)

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Σp Annuelle (mm)
P(mm)	7,49	7,36	6,93	7,73	20,88	1,32	7,21	11,58	1,65	0,99	0,16	2,65	75,95

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

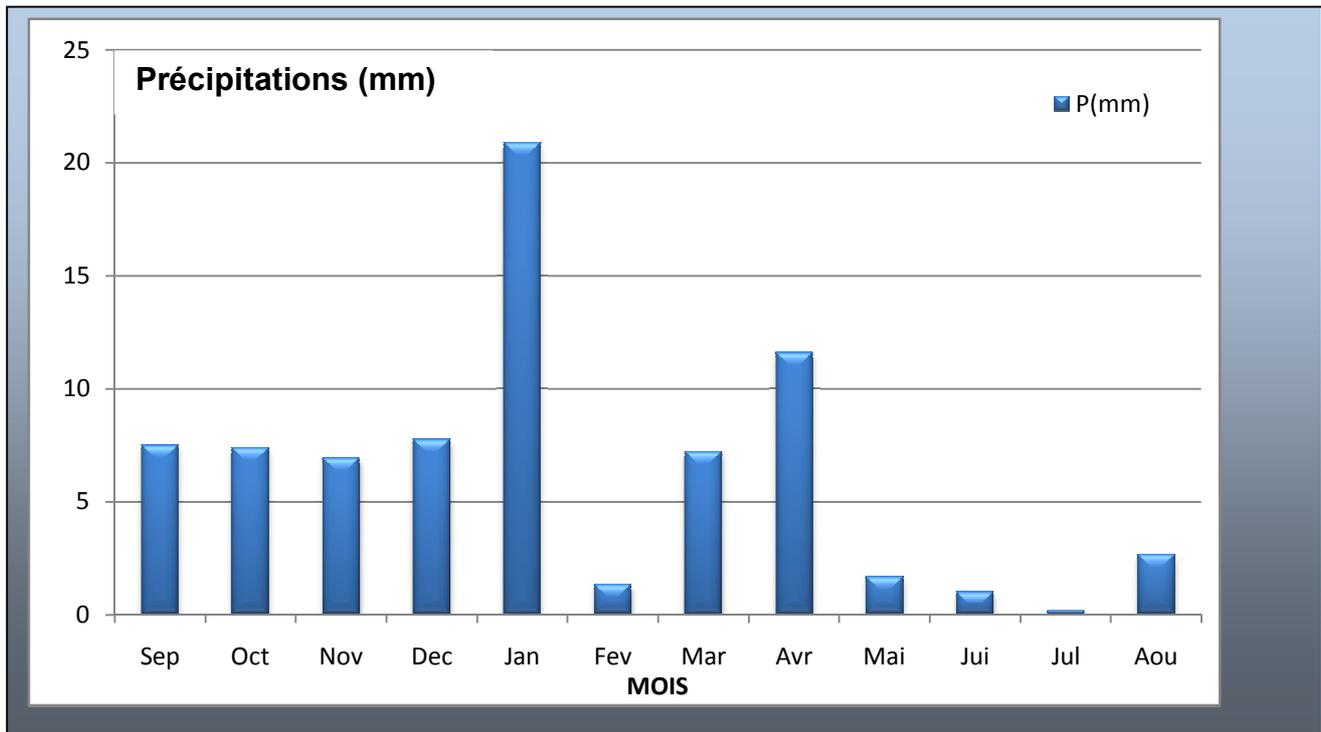


Figure N° (2-3): Histogramme de Précipitations moyennes mensuelles (2002-2018)

La courbe obtenue du tableau (II-2) montre une variabilité des précipitations dans le temps nous avons :

- ❖ Le maximum des moyennes mensuelles interannuelles est enregistré pendant le mois de janvier avec une valeur de 20.88 mm
- ❖ Le minimum est enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de 0,16 mm.
- ❖ La précipitation annuelle est de l'ordre de 75,95 mm.

I.2.2. Précipitations moyennes annuelles :

Le tableau II.5 montre la répartition moyenne annuelle de température durant la période (2002-2018).

Tableau N° (2-5) : Répartition des précipitations moyennes annuelles (2002-2018)

Année	P(mm)	Année	P(mm)
2002/2003	47.12	2010/2011	102.78
2003/2004	48.91	2011/2012	197
2004/2005	74.44	2012/2013	40.51
2005/2006	97,90	2013/2014	27.20
2006/2007	142.70	2014/2015	21.10
2007/2008	57.94	2015/2016	23.50
2008/2009	68.72	2016/2017	28.40
2009/2010	44.46	2017/2018	43.85
		Moyenne annuelle	75.38 mm

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

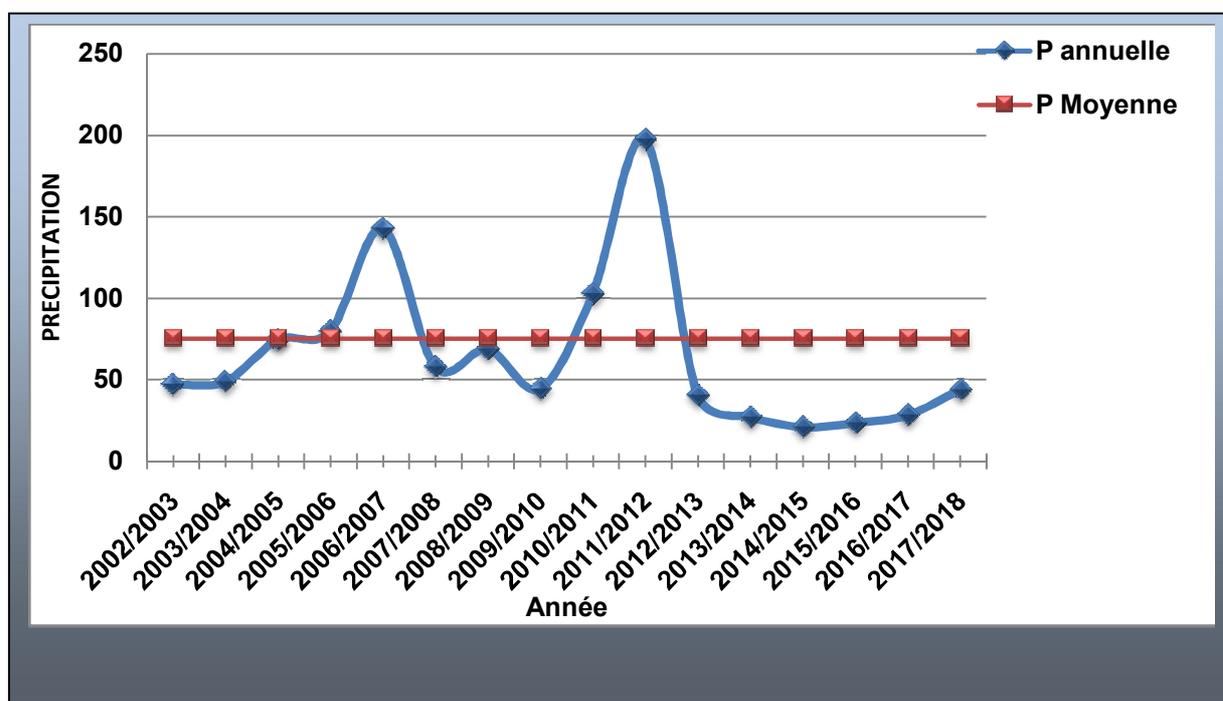


Figure N° (2-4): Répartition des moyennes annuelles de précipitation (2002-2018)

L'analyse des données pluviométriques enregistrées à la station météorologique de l'aéroport de Guemar sur la période allant de 2002 jusqu'à 2018 permet de dire que :

- l'année la plus pluvieuse était celle de (2011/2012) avec 197 mm/an
- l'année la plus sèche était celle de (2014/2015) avec 21.1 mm/an

I.3. Indice d'aridité :

Cet indice permet d'identifier le type de climat dans la région d'étude à l'aide de la formule de DEMARTONE.

$$I = P / (10 + T)$$

Avec :

I : indice d'aridité.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Application numérique:

$$P = 75,95 \text{ mm}$$

$$T = 22,54^{\circ}\text{C} \quad \text{Donc } I = 2,33$$

Tableau N° (2-6) : Classement en fonction de l'indice d'aridité (selon De Martonne)

Classement de l'indice d'aridité	Type de climat
$I < 5$	Climat hyper-aride
$5 < I < 7.5$	Climat steppique
$7.5 < I < 10$	Climat semi-aride
$10 < I < 20$	Climat hyper-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$= 30$	Climat humide

$I = 2,33 < 5$, Ce qui confirme que la région d'El-Oued est caractérisée par un climat hyper aride.

I.4. Diagramme pluviothermique :

En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir la courbe pluviothermique dont le but est de déterminer la période sèche et celle humide.

Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois.

Cette relation permet d'établir un diagramme pluviothermique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations (in Baygnons).

Lorsque les températures passent au-dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est déficitaire en eau; et lorsque la courbe des précipitations passe au-dessus de celle des températures, la période correspondante est humide.

Tableau N° (2-7) : Couples température/ précipitation mensuelle interannuelle de la région d'Oued Souf (2002-2018)

20	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
2T	58.1	48.2	33.1	23.9	22.8	25.6	34.5	43.3	52.1	62.1	67.	69.2
°C	0	6	8	6	4	2	6	0	4	2	70	4
P(mm)	7.49	7.36	6.93	7.73	20,8	1,32	7,21	11,5	1,65	0,99	0,1	2,65
)					8			8			6	

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

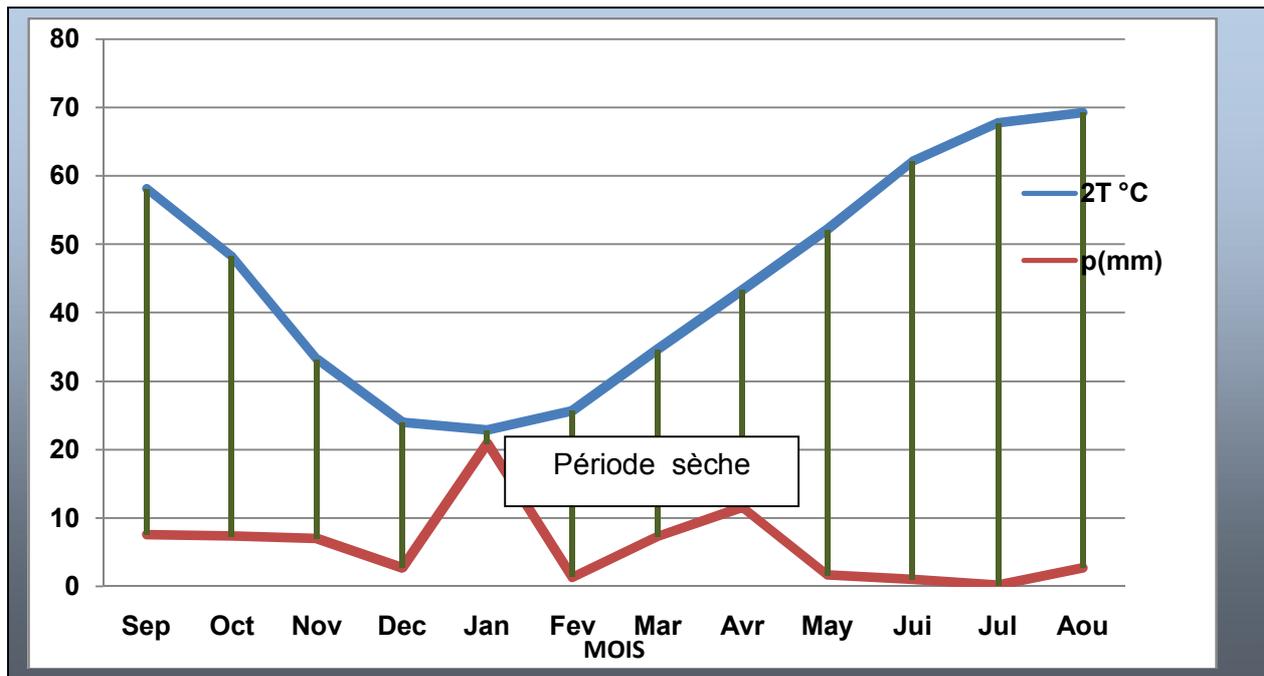


Figure N° (2-5): Diagramme pluiothermique de la station de Guemar durant la période (2002-2018)

D’après le diagramme, nous constatons que la sécheresse est permanente durant toute l’année ; à cause des faibles précipitations et des températures élevées et l’absence totale de la période humide, même pour le mois de janvier qui est marqué par la température la plus basse (11,42°C) et la précipitation la plus élevée

(20,88 mm).

I.5. L’humidité :

L’humidité est un état de climat qui se traduit par le pourcentage de l’eau existant dans l’atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l’oxydation.

Tableau N° (2-8): Humidités moyennes mensuelles de la région d’Oued Souf (2002-2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moy
Humidité	47,5	53,6	57,7	63,4	62,4	54,0	48,5	45,8	40,5	36,2	33,4	37,3	48,4
%	6	0	8	2	4	8	8	5	2	9	2	5	1

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

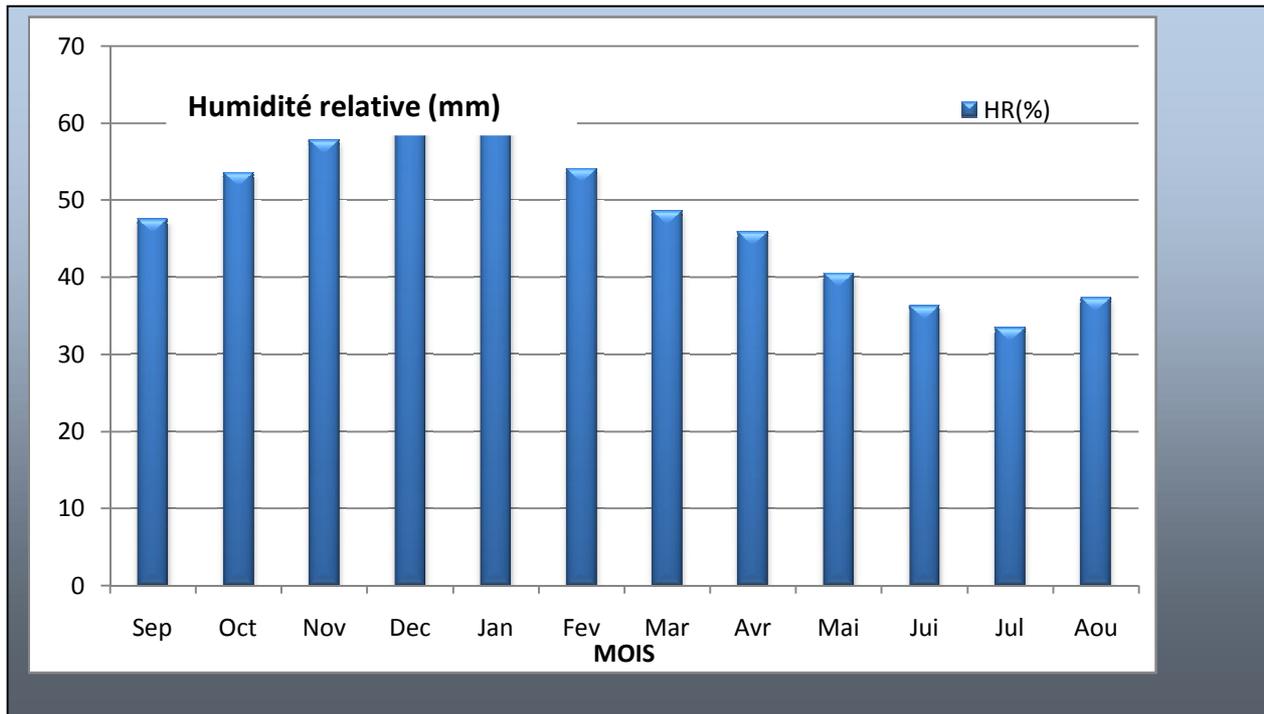


Figure N° (2-6): Histogramme de l'humidité relative moyenne mensuelle (2002-2018)

L'histogramme (Fig N°11) permet de distinguer les mois secs des mois relative menthumides.

On remarque que :

- ✓ les mois humides sont Janvier, Février, Octobre, Novembre, Décembre
- ✓ les mois secs caractérisant le reste de l'année.

D'après le tableau (Tableau II.7)on remarque que :

- un minimum enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 33.42 %, c'est la saison d'été.
- un maximum enregistré pendant le mois de décembre avec une valeur de 63,42 %, c'est la saison d'hiver.
- Humidité annuelle de l'ordre de 48,41%

I.6. Le vent :

Les vents sont fréquents, les plus violents se situent au printemps.

La direction dominante est Nord-Est, à l'exception des mois d'hivers dont la direction est Sud-Ouest.

Le sirocco (Chihili) présente le vent caractérisant la saison d'été souffle fréquemment dans la région, prenant un sens Sud-Nord et jeter des courants d'air chaud parfois avoisiner des vagues de sables.

Il faut aussi parler des vents de sables qui ont leurs saisons de prédilection entre février et avril (durant le printemps). Mais heureusement, les véritables tempêtes restent très rares.

Tableau N° (2-9) : Vitesses des vents moyennes mensuelles de la région d'Oued Souf(2002-2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moy
Vent (Km/h)	17,10	15,44	14,00	15,27	17,27	17,36	18,09	19,64	18,82	18,30	15,60	17,73	17,05

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

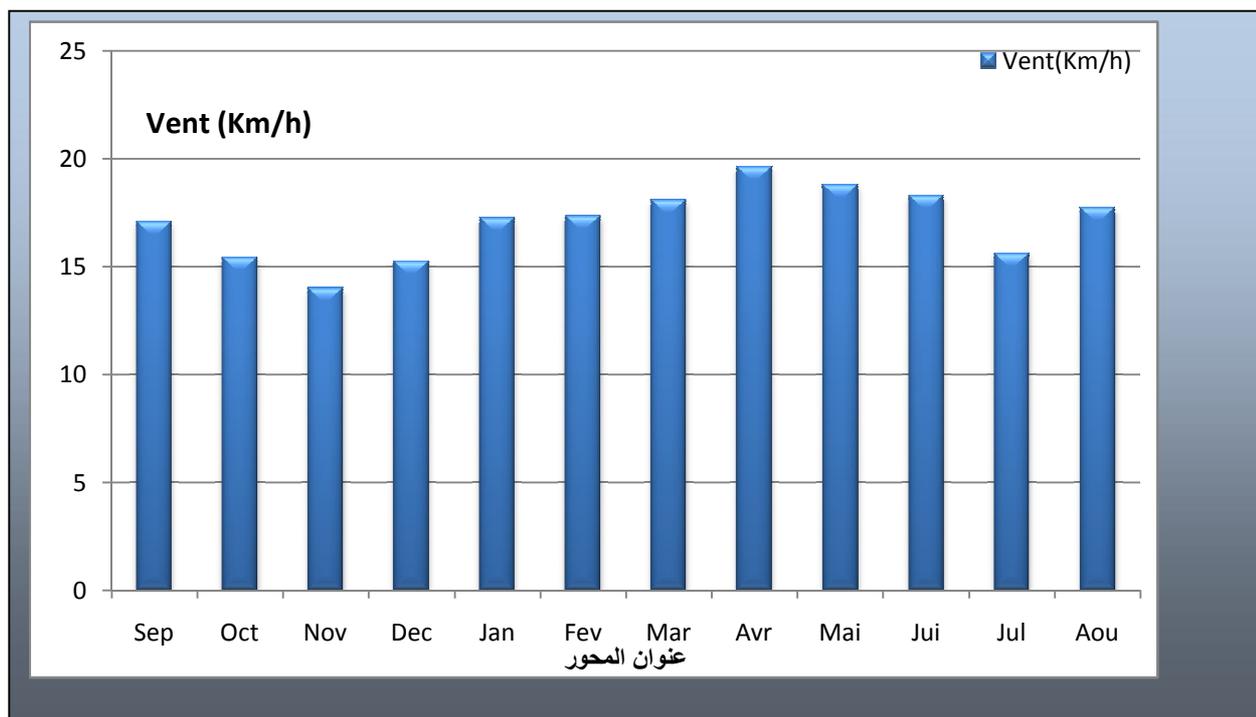


Figure N° (2-7): Histogramme des vitesses moyennes mensuelles du vent en Km/h (2002-2018)

D'après l'histogramme on peut remarquer que la vitesse du vent moyenne varie entre 15,27Km/h enregistrée durant le mois de décembre et 17,73 m/s pour le mois d'avril, Les vitesses du vent moyennes annuelles est 17,05 m/s.

I.7. Evaporation :

Le tableau suivant (15) porte les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation période (1994-2018).

L'évaporation la plus élevée se produit en juin, Juillet et Août, et la plus faible en janvier. En moyenne elle est de 47.38 mm par an.

Tableau N° (2-10): Evaporation moyenne mensuelle à Oued Souf en (2002-2018)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	moy
EVA P (mm)	19.9 8	14.7 6	9.83 3	7.86 5	7,7 9	9.6 0	14.7 2	20.6 2	25.5 7	29.9 2	33.3 9	30.7 9	22.48 5

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

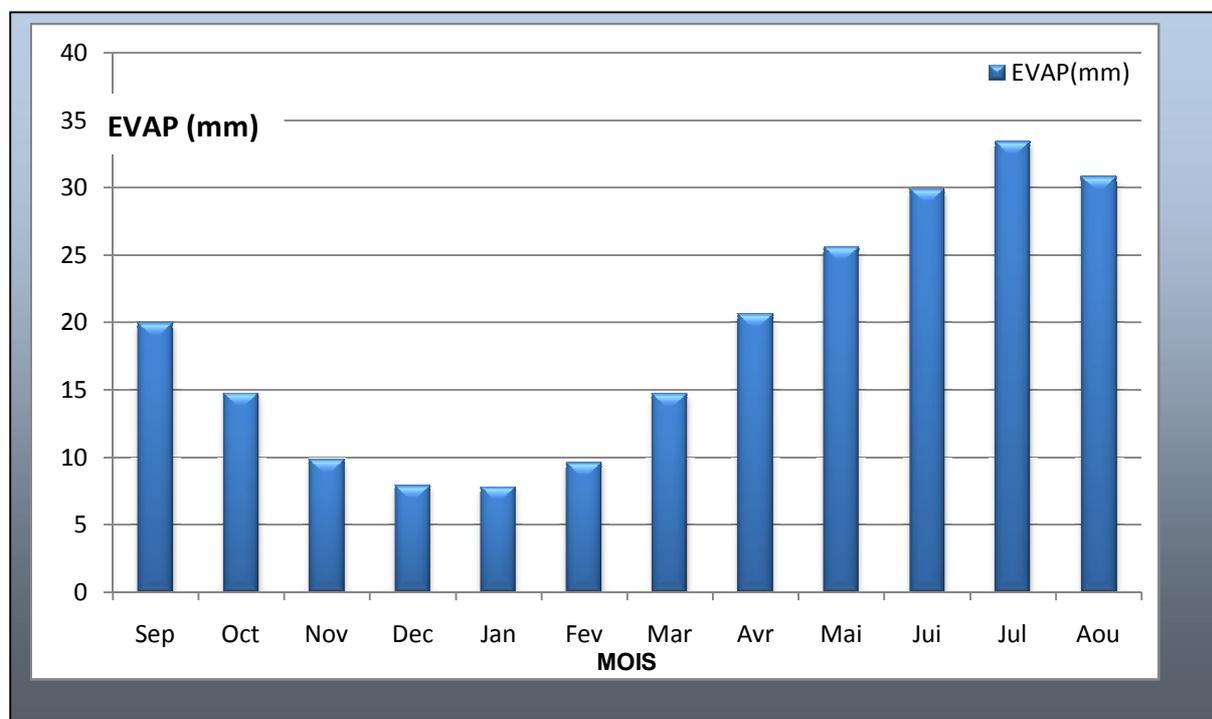


Figure N°(2-8): Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle en mm (2002-2018)

II. Calcul des paramètres de bilan hydrique

II.1.L'évapotranspiration

L'évapotranspiration résulte de deux phénomènes : l'un physique (évaporation) et l'autre biologique (Transpiration). Elle est en fonction de plusieurs facteurs tels que climat, humidité, température, l'insolation et aussi la végétation.

II.1.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'ETP représente la quantité d'eau qui serait évaporée et transpirée si les réserves en eau étaient suffisantes pour compenser les pertes maximales.

La région d'étude est une zone aride, nous avons utilisé la méthode de THORNTWAITE pour calculer l'évapotranspiration potentielle selon les formules suivantes :

$$\mathbf{ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a K}$$

Avec :

$$\mathbf{a = (1.6 / 100) \times I + 0.5.}$$

Application numérique: $a = 2.47$

$$\mathbf{I = \Sigma i \text{ avec } i = (T / 5)^{1,514}}$$

T : Température moyenne du mois considéré en °C

I : indice thermique annuel

i : indice thermique mensuel

a:exposant

K : coefficient de correction, qui dépend du temps et de la latitude.

Notre station se trouve à une latitude 33° 30' N.

Ce terme sera ensuite multiplié par l'ETP du mois : $\mathbf{ETP_c = ETP.K}$

Tableau N° (2-11) : Les valeurs mensuelles du coefficient de correction K dans la région d'étude

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août
K	1.03	0.98	0.89	0.88	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14

(O.N.M. El-Oued Guemar, 2018)

II.1.2.L'évapotranspiration réelle (E.T.R)

Pour le calcul de l'ETR, nous appliquerons plusieurs méthodes

II.1.2.1.Méthode de Thorntwaite

L'évapotranspiration peut être évaluée la formule empirique de Thorntwaite, en se basant sur les conditions suivantes :

- ❖ Si $P - ETP > 0$; c.-à-d. : $P > ETP$, dans ce cas $ETR = ETP$.
- ❖ Si $P - ETP < 0$; c.-à-d. : $P < ETP$, nous avons alors deux cas :

$$A/ \text{ si } P + RFU > ETP \quad \rightarrow \quad ETR = ETP.$$

$$B/ \text{ si } P + RFU < ETP \quad \rightarrow \quad ETR = P + RFU$$

II.2. Etablissement du bilan Hydrique

La formule générale du bilan d'eau donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur une grande période.

$$P = ETR + EX$$

Avec : P : Précipitation en (mm).

ETR : la lame d'eau évaporée réellement en (mm).

EX : Excédent : $EX = R + I$;

R : ruissellement, **I** : infiltration.

Le tableau (II. 09), résume le calcul du bilan hydrique par la méthode de Thornthwaite pour la station météorologique de Guemar à partir de la pluviométrie et des températures mensuelles.

Tableau N° (2-12): Bilan hydrique d'après Thornthwaite (2002-2018)

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Total
P (mm)	7.49	7.36	6.93	7.73	20.88	1.32	7.21	11.58	1.65	0.99	0.16	2.65	75.95
T°	29.05	24.31	16.59	11.98	11.42	12.81	17.28	21.65	26.07	31.06	33.85	34.62	/
K	1.03	0.98	0.89	0.88	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	/
I	14.35	10.96	6.14	3.75	3.49	4.15	6.53	9.19	12.18	15.88	18.09	18.72	123.43
ETP (mm)	136.40	83.64	29.56	13.07	11.88	15.25	37.83	69.23	119.69	184.47	232	233	933.34
P-ETP	-129	-76.28	-22.63	-5.34	9.00	-13.93	-30.62	-57.65	-118.04	-183.48	-231.8	-230.35	-1099.12
RFU (mm)	0	0	0	0	9.00	0	0	0	0	0	0	0	9.00
ETR (mm)	7.49	7.36	6.93	7.73	11.88	1.32	7.21	11.58	1.65	0.99	0.16	2.65	66.95
EXC /mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP_c (mm)	140.58	81.96	26.30	11.52	10.69	13.26	38.96	74.76	141.23	217.67	278.40	265.62	1300.95
DA (mm)	129	76.28	22.63	5.34	0	13.93	30.62	57.65	118.04	183.48	231.80	230.35	1099.08

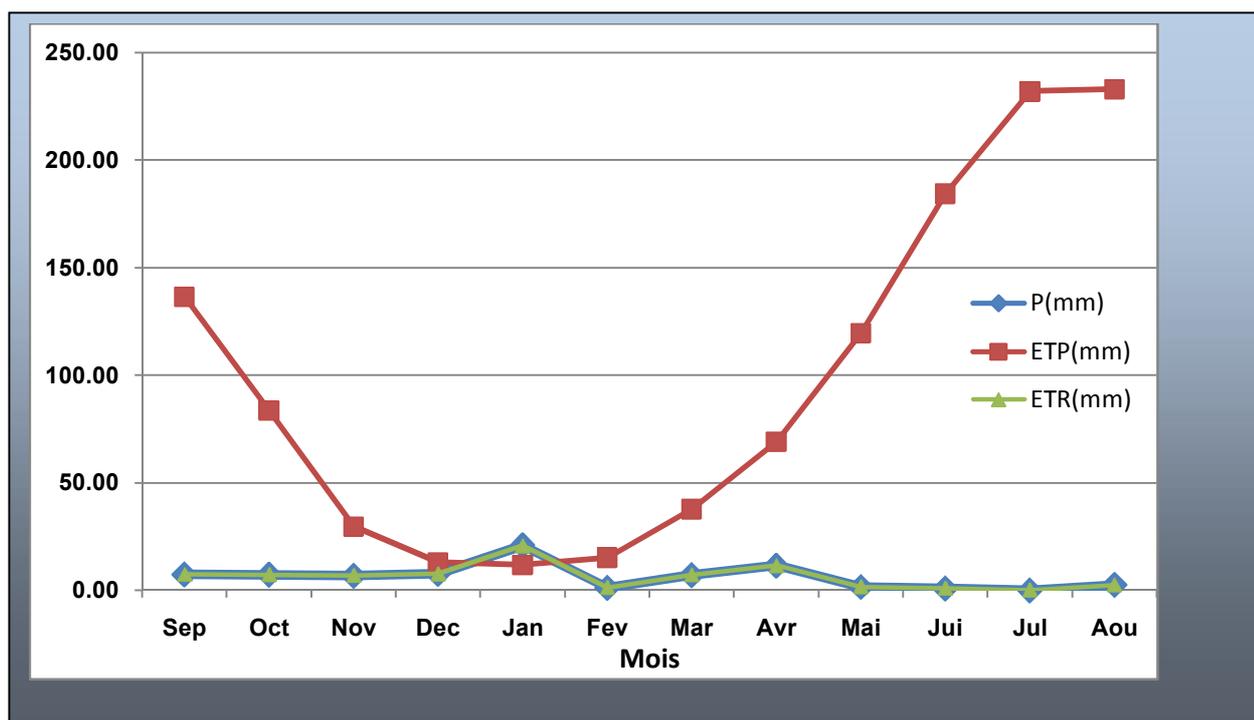


Figure N° (2-9): Bilan hydrique d'après Thorntwaite (2002-2018)

II.2.1. Interprétation du bilan Hydrique

Au terme de ce bilan hydrique pour la station de Guemar selon Thorntwaite, nous pouvons dire que :

- Au cours de l'année, la pluviométrie annuelle dépasse une fois l'évapotranspiration potentielle.
- l'ETP atteint le maximum au mois d'Août 233 mm et son minimum au mois de Janvier 11.88mm.
 - La constitution de la RFU ne s'effectue qu'au mois de Janvier avec une valeur de 9.00mm et le reste de l'année est épuisée.
 - La sécheresse constitue une partie prédominante de l'année hydrologique. Elle dure 11 mois de l'année (sauf Janvier).
 - Il y a un déficit agricole durant toute l'année d'où la nécessité d'irriguer.
 - L'excédent est nul durant toutes les saisons de l'année, d'où l'alimentation de l'aquifère ne se fait probablement donc qu'à partir des limites.

Conclusion

L'analyse climatique a permis de ressortir les résultats suivants :

- La précipitation mensuelle interannuelle est de l'ordre de 75.95mm.
- La température moyenne mensuelle est de l'ordre 22.54 C°.
- La région de Souf se caractérise par un climat hyper aride;
- Le mois le plus humide est Décembre (moyenne interannuelle 63.42%) avec un faible rayonnement solaire (moyenne de 277.29 heures).
 - Le mois le plus sec est Juillet caractérisé par une faible humidité (moyenne de 33.42 %). La brillance du soleil est très élevée (moyenne de 358.89 heures) ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.
 - L'évapotranspiration réelle moyenne est de l'ordre de 66.95mm soit 100 % des précipitations annuelles (selon la méthode de Thorntwaite).
 - Le déficit agricole est de l'ordre de 1108.12 mm.

Ces résultats montrent que les conditions climatiques (infiltration efficace) ne contribuent pas à la recharge de la nappe libre.

Chapitre 03

Hydrogéologique

I-Etude du Système Aquifère du Sahara Septentrionale

Introduction:

Le système aquifère profond de la zone d'étude (El-Oued), fait partie du grand Système Aquifère du Sahara Septentrionale .

C'est l'un des plus grandes réserves d'eau au monde. Il s'étend de Béchar, à Biskra en passant par Laghouat sur le versant sud de l'atlas saharien, renfermant une vaste contrée d'eau souterraine, allant jusqu'à l'extrême sud, à la limite de Reggane, In-Salah, In-Amenas et enjambant une bonne partie de la Libye et le sud de la Tunisie (Figure.15).

Les ressources colossales d'eau du SASS sont estimées à 30.000 milliards de m³ et couvre une surface totale de près de 1 million de km², dont 700.000 se trouvent en Algérie, 80.000 en Tunisie, et 250.000 en Libye.

En fait, l'aquifère du Sahara septentrional, qui s'étend sur plus de un million de kilomètres carrés sous l'Algérie, la Tunisie et la Libye, recélant environ 31 000 milliards de mètres cubes d'eau, dont les 2/3 se trouvent en Algérie. Plus de 20 000 milliards de mètres cubes se trouvent enfermés à l'intérieur des frontières algériennes.

Etant donnée les conditions du climat saharien, ces aquifères sont faiblement alimentés : environ 1 Milliard m³/an au total, infiltrés essentiellement aux piedmonts de l'Atlas Saharien en Algérie, ainsi que sur le Dahar et le Dj. Nefoussa en Tunisie et Libye. Cependant, l'extension du système et l'épaisseur des couches ont favorisé l'accumulation de réserves considérables.

Selon, le chercheur français en hydraulique souterraine, Jean Margat, les nappes aquifères du Sahara septentrional est un réservoir fossile. Il s'est constitué il y a plus de 10 000 ans.



Figure N ° (3-1) : Extension et limites (sans échelle).

lorsque la région était soumise à un climat plus humide. Pendant des dizaines de milliers d'années, les eaux de pluies se sont infiltrées dans le sous-sol et accumulées dans différentes couches géologiques.

Le Système Aquifère Saharien désigne la superposition de deux aquifères profonds :

a) Le Complexe Terminal : CT.

Le Continental Intercalaire : CI, (plus profonde) (Figure.3-2)

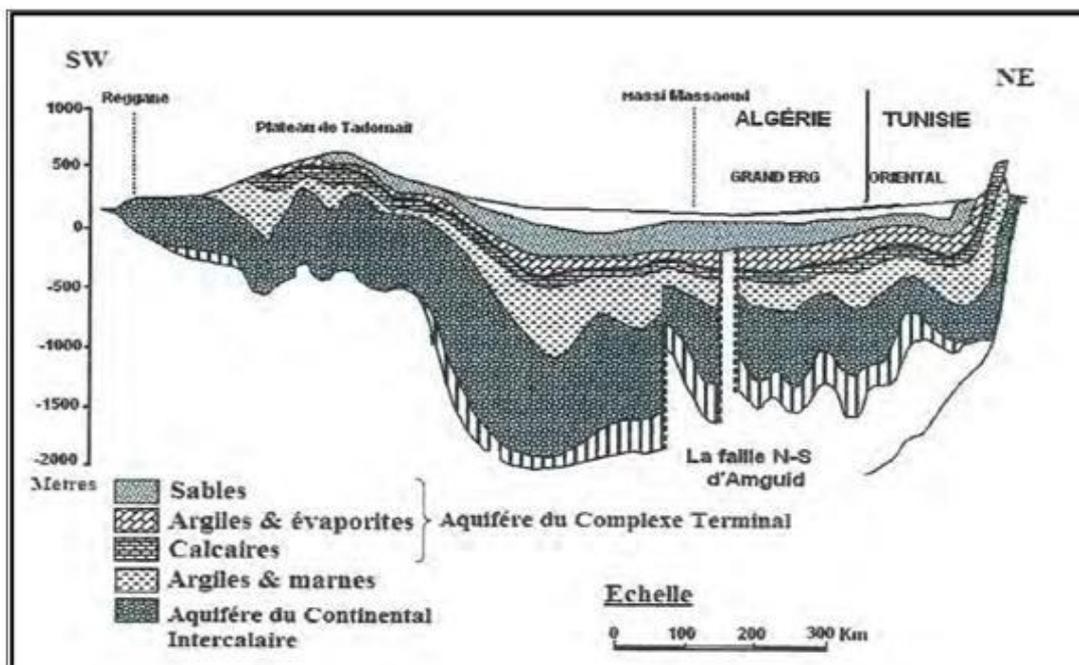


Figure N ° (3-2) : Extension et limites (sans échelle).

II. - Présentation des nappes aquifères de la région d'El-Oued

D'après les études hydrogéologiques, nous observons l'existence de trois types de nappes:

- Une nappe libre superficielle.
- nappes captives de Complexe Terminal.
- nappe captive de Continental Intercalaire.

1- Nappe libre:

La nappe libre est découverte dans toutes les oasis d'El-Oued et correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire. Son épaisseur varie entre 40 et 100 mètres environ. Vu son importance, cette nappe représente la source principale en eau des palmeraies. Elle est surtout exploitée par des puits traditionnels (environ 10000 puits). Les principales sources d'alimentation de cette nappe sont les pluies torrentielles, viennent s'ajouter depuis quelques années, les eaux d'irrigation provenant des nappes profondes (Complexe Terminal et Continental Intercalaire).

2- Le complexe terminal

Il est constitué de formations continentales sableuses et sablo-argileuses avec des intercalations gypseuses et de passées de grès qui reposent en discordance sur les formations calcaires érodées de l'Eocène inférieur, il s'étend sur une superficie de 350000 Km² affleure au nord dans le sillon des chotts au sud sur les plateaux de Tinhert et Tademait, à l'est sur le flanc oriental du Dahar et Nafuza, à l'ouest sur la dorsale du M'zab (Figure.17).

En 1931 le terme continentale terminal désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Mio-pliocène, d'après KILIAN.

En 1966, BEL et DEMARGNE considèrent que la nappe du continental terminal qui est contenue dans les sables du Mio-Pliocène, et plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, ces différents niveaux forment la même nappe.

Le terme (complexe terminal), appellation publiée pour la première fois par BEL et CUCHE (1969), ensuite au cours du projet ERESS (1972).

Cette dénomination regroupe tous les aquifères situés dans les formations géologiques différentes, car ces nappes représentent un même ensemble hydraulique.

Le complexe terminal est constitué de trois aquifères superposés, de bas en haut :

a- La première nappe des sables

Appelée aussi nappe des sables, contenue dans les formations sableuses et sablo-argileuse avec intercalations de gypses du Pliocène. Il s'agit d'un réseau de nappes communicantes. C'est la nappe la moins profonde, elle est de type captive.

b- La deuxième nappe des sables

Cette nappe est séparée par la précédente (première nappe des sables) par une formation d'argiles-gypseuse imperméable formant son toit. Elle est contenue dans les sables du Pontien (Miocène supérieur), plus perméable et plus continue que la première, elle est captive, son substratum est constitué d'argiles et d'argiles-sableuses.

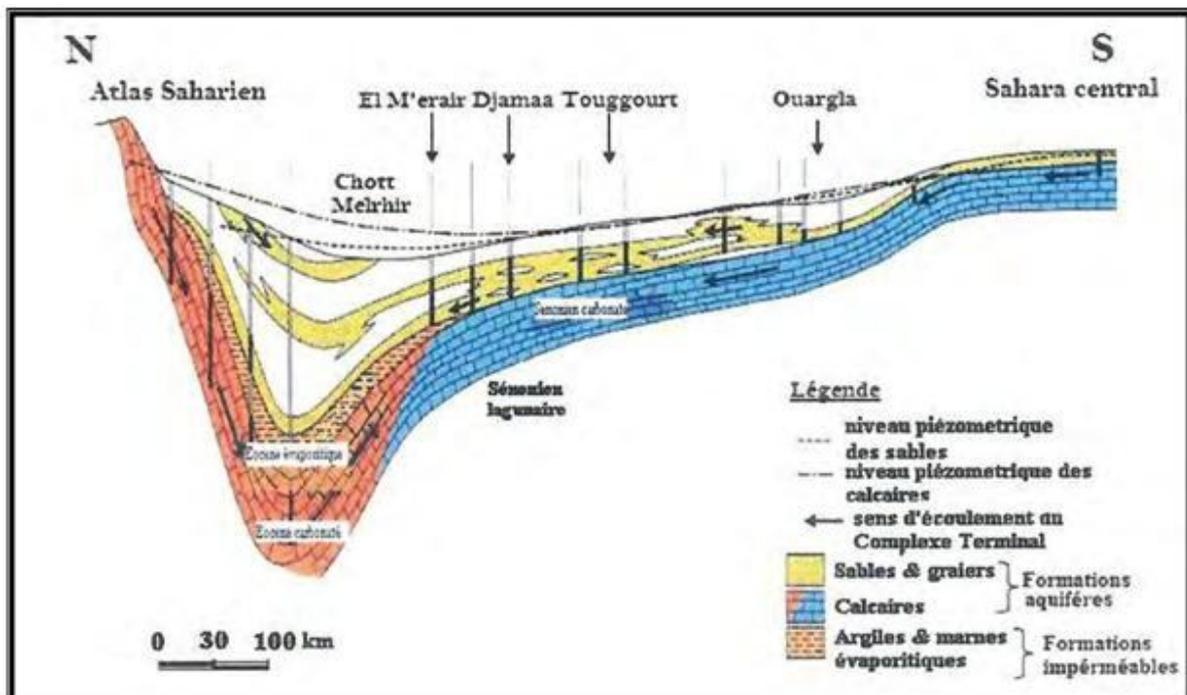


Figure N ° (3-3) - Coupe hydrogéologique schématique (N –S) du Complexe Terminal

3- Le continental Intercalaire:

Le Continental Intercalaire comprend les formations continentales du Crétacé inférieur Saharien (Néocomien, Barrémien, Aptien, Albien). Il est représenté par des dépôts sablo-gréseux et sablo-argileux, formant un système aquifère multicouches, dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m.

L'aquifère est continu du nord au sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar, et d'ouest en est, depuis la vallée du Guir et de la Saoura jusqu'au désert libyen.

Une structure N-S majeure, la dorsale du M'Zab, divise le bassin en deux sous-bassins, occidental et oriental.

III- Lithostratigraphie des nappes aquifères d'El-Oued:

1 - La nappe phréatique:

La nappe phréatique est constituée à sa partie supérieure par des sables dunaires et sables argileux d'âge quaternaire. Le substratum est constitué par des formations argilo-évaporitiques

d'âge Mio-Pliocène formant ainsi le toit imperméable de la nappe du complexe Terminal.

2 - Les nappes du complexe terminal:

a-la nappe des sables:

La nappe des sables est constituée, comme son appellation, par des sables et des grés, d'âge Mio-Pliocène. Elle est subdivisée en deux nappes semi captives, séparées par une couche semi-perméable d'argiles gypseuses. Le substratum est constitué d'argiles lagunaires et de marnes d'âge Eocène moyen correspondant au toit de la 3^{ème} nappe du complexe Terminal (nappe des calcaires).

b -La nappe des calcaires :

La nappe des calcaires est constituée de calcaires à silex au niveau supérieur d'âge Eocène inférieur et de calcaires gypseux au niveau inférieur d'âge sénonien carbonaté. Sa limite supérieure rencontre l'Eocène moyen qui est formé par des argiles lagunaires et des marnes, tandis que sa limite inférieure rentre en contact avec le Sénonien lagunaire, constitué d'évaporites et d'argiles.

COUPE	NATURE HYDROGEOLOGIQUE	NATURE LITHOLOGIQUE	ETAGE		ERE
	Nappe Phréatique	Sables			Quaternaire
	niveau imperméable	Argiles			
	1 ^{ere} nappe des sables	Sables	Pliocene		Tertiaire
	Semi -perméable	Argiles gypseuses			
	2 ^{eme} nappe des sables	sables grossiers, graviers	Pontien	Miocène	
	niveau imperméable	Argiles lagunaires, Marnes	Moyen	Eocène	
	nappes des calcaires (perméables)	calcaire fissuré	Inferieur		
				Sénonien carbonaté	
	semi -perméable	Evaporites, Argiles	Sénonien lagunaire	crétacé	
	niveau imperméable	argiles, marne	Cenomanien		
	Nappe de Continental Intercalaire	Sables et Grés	Albien		

Figure N ° (3-4) : Tableau récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued

IV Piézométrie :

La carte piézométrique a pour objectif de représenter la configuration de l'aquifère et de schématiser la fonction conduite du réservoir et le comportement hydrodynamique de l'aquifère, elle traduit la morphologie de la surface d'eau de la nappe de CT à une époque déterminée.

Dans la région d'étude ; une campagne piézométrique a permis de suivre l'évolution de la piézométrie de la nappe de CT (Tableau N°21).

Tableau N °(3-1) : Descriptifs des forages de la wilaya d'El Oued (Données DRE d'El Oued)

N° Ordre	FORAGE LOCALITE (Cité)	COMMUNE	Coordonnées Lambert			Débit (m ³ /h)	Débit (2010) (m3/Ans)	Débit (2018) (m3Ans)	Ns (2010) /	Ns (2018) /
			X	Y	Z					
1	bayada 1 bis	BAYADA	6° 53' 33"	33° 19' 11"	88	25.2	367920,0	788400	27,55	51
2	Parc APC robbah	ROBBAH	6° 54' 32"	33° 16' 56"	91	79.2	546361,2	946080	13,55	31
3	Elmenchia	HASSI KHALIFA	7° 01' 49"	33° 40' 13"	60	79.2	183960,0	630720	25	47
4	Trifaoui	TRIFAOUI	6° 58' 08"	33° 25' 01"	81	72	182646,0	1103760	27,6	46,7
5	AEP SIDI AOUN Nord	SIDI AOUN	6° 54' 24"	33° 32' 52"	50	79.2	146116,8	946080	18,9	38,5
6	Merzaka	HASSI KHALIFA	7° 01' 58"	33° 36' 18"	46	72	609696,0	946080	42,5	58,5
7	Teksebt 2	EL OUED	6° 49' 44"	33° 22' 39"	79	79.2	189216,0	725328	35	45
8	Reghiba	REGHIBA	6° 39' 36"	33° 30' 54"	80	79.2	131400	946080	28,44	49,5

(DRE d'El Oued.2018)

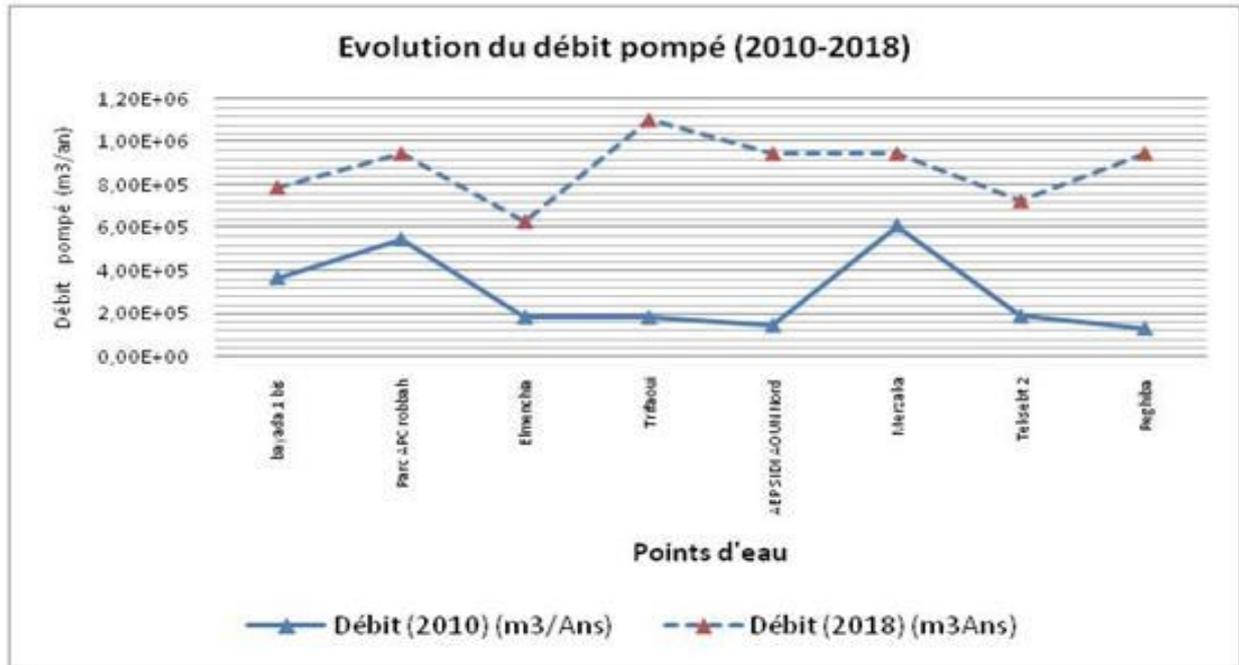
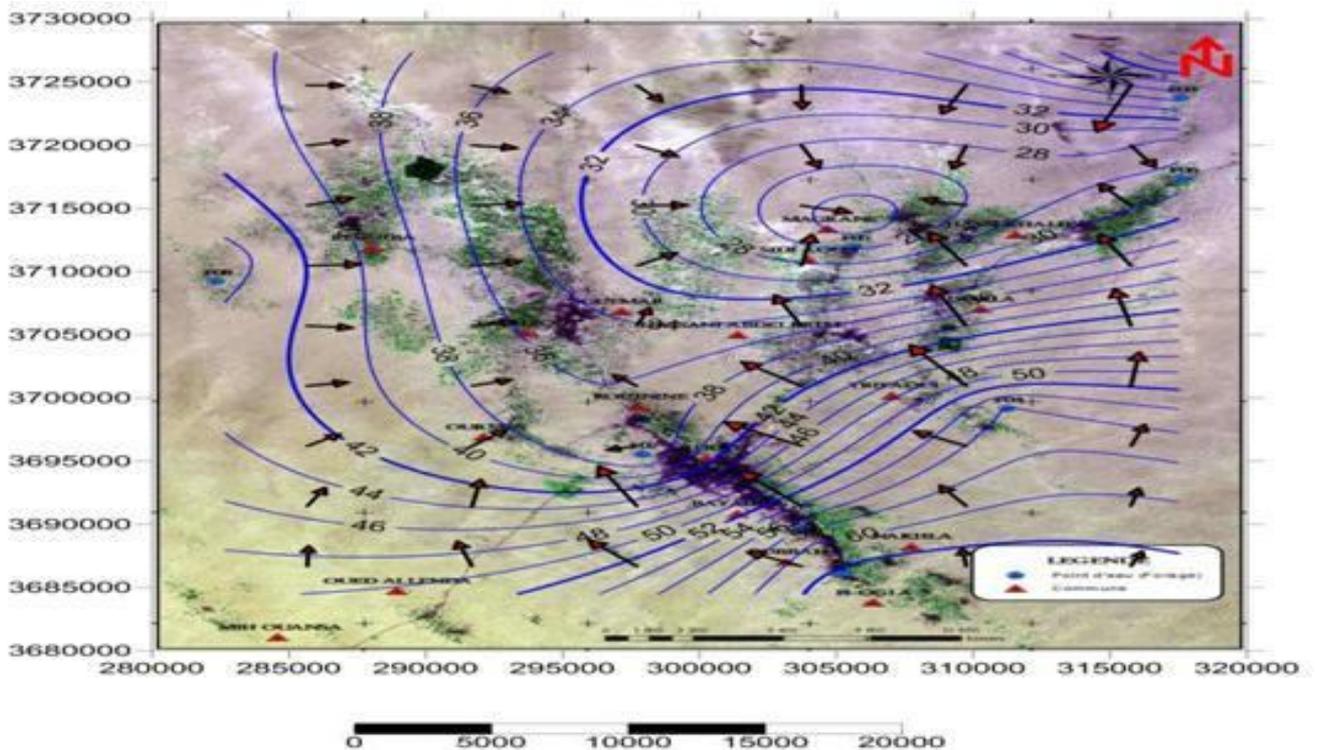


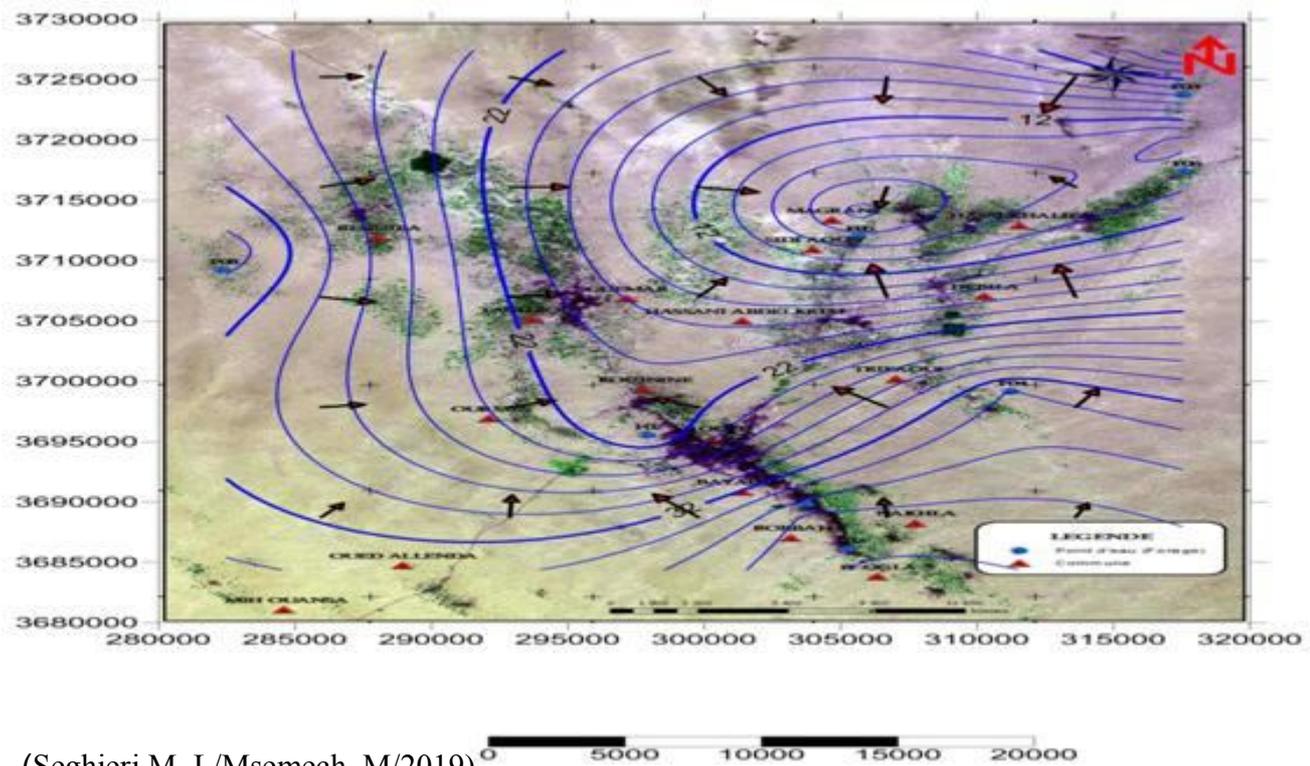
Figure N°(3-5) : Evolution du débit exploité entre les deux campagnes (2010-2018)

L'observation du graphe (Fig.29) montrant l'évolution du débit d'exploitation entre les deux (2010 et 2018) indique que le niveau piézométrique ou le rabattement entre les deux années très fort et en remarque que le débit d'exploitation de l'année 2018 augmenté.



(Seghierimed Lamine/MsemehHousame/2019)

Figure N°(3-6) : Carte piézométrique des eaux souterraines de la nappe de CT d'El Oued (2010)



(Seghieri M. L/Msemeh. M/2019)

Figure N°(3-7) : Carte piézométrique des eaux souterraines de la nappe de CT d'El Oued (2018)

IV.1. Interprétation de la carte piézométrique de la nappe de CT(2018)

Les carte piézométriques à une date donnée est la distribution spatiale des charges et des potentiels hydrauliques, ainsi que des conditions aux limites hydrodynamiques.

Les deux cartes piézométriques des campagnes 2010, 2018 (les années de référence)(Figures N° (3-5)) se sont basées sur les données de l'année 2018 fournies par l'ANRH ; sur la zone d'étude au niveau de Oued Souf (Tableau N°(3-1)) a permis de déterminer

- * le sens d'écoulement
- * les principaux sens d'écoulements
- * l'alimentation de la nappe étudiée

La campagne de relevé piézométrique vanous permettre de faire une analyse de la piézométrie de la nappe du CT et de tracer la carte piézométrique qui nous amène à dégager le sens d'écoulement des eaux souterraines, les principales zones d'alimentation et de drainage et de calculer le gradient hydraulique à différents endroits.

La carte piézométrique de la campagne 2018 (Figure N°30) montre que l'organisation générale des écoulements est orientée du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Ainsi elle montre qu'il y a une zone de dépression, correspondant aux forages F5 ceci est dû à un pompage intensif ce qui a provoqué cette zone de convergence.

C'est la même interprétation pratiquement ce qui concerne la carte piézométrique de la nappe de CT (2010)

Conclusion

Oued Souf est une région au climat saharien Les seules ressources hydriques disponibles sont les nappes souterraines. L'aquifère de la vallée du Souf est contenu dans des formations de nature différente. L'alimentation de l'aquifère superficiel est assurée par l'infiltration des eaux des forages profonds du CT et CI, par les eaux d'irrigation et par les rares et faibles précipitations exceptionnelles.

Chapitre 04

Essai de gestion

des ressources en eaux

Introduction :

L'eau est une matière première très précieuse. Elle permet la survie des êtres vivants et de leur environnement naturel. Au cours du temps, les utilisations et fonctions de l'eau ont beaucoup évolué. D'abord utilisée pour l'eau potable et l'irrigation, elle a ensuite été nécessaire pour la production d'énergie et pour les besoins industriels. Les exigences pour l'eau potable deviennent de plus en plus contraignantes, aussi bien en quantité qu'en qualité ; donc la nécessité d'une gestion rationnelle efficace et durable des ressources.

Dans cette optique, une gestion de l'eau d'une façon intégrante et dont l'unité géographique représentée par une présentation de Robbah sera indispensable.

Ce concept de la gestion intégrée de l'eau par présentation de Robbah se traduit par l'élaboration d'un plan directeur mené par une analyse assez exhaustive (selon les données disponibles) pour mieux appréhender les différentes facettes de ce plan.

Le plan directeur d'eau sera représenté par la mise en œuvre d'un programme permettant de suivre l'état de satisfaction des besoins en eau aux différents horizons, des diverses catégories d'utilisateurs résultant des conditions naturelles observées, des aménagements existants et d'un ensemble d'actions concernant la mobilisation de nouvelles ressources, les principes d'allocation et les conditions d'exploitation et de gestion des divers équipements hydrauliques ; la mise en œuvre de cet ensemble d'intervention constitue le scénario.

Ces politiques d'interventions se déroulent dans un contexte géographique caractérisé par un ensemble de données relatives :

* D'une part, aux aspects physiques (réservoirs existants, séries pluviométriques, hydrologie, hydrogéologie.)

* Et d'autre part, aux estimations des demandes des divers usagers et de leur évolution, fonction des besoins des populations.

Afin de bien connaître les capacités hydriques de la commune de Robbah, on va détailler chaque ressource avec son utilisation que ce soit au niveau de l'alimentation en eau potable (A.E.P), en eau d'agriculture (A.E.A) ou en eau d'industrie (A.E.I), cette ressource repose sur l'utilisation actuelle.

1. Etude Socio-économique :**1.1. Niveau d'équipements :**

La commune de Robbah dispose d'un ensemble d'équipements nécessaires à leur fonctionnement et à la prise en charge des besoins quotidiens des populations.

Ces équipements (éducation, santé, administration, sport, services, et commerces) sont concentrés au niveau du chef-lieu.

1.2.Éducation et équipement culturels :

La situation actuelle et l'état général des établissements éducatifs et culturels se résument dans le tableau N° (4-1) et tableau N° (4-2) respectivement .

Tableau N° (4-1) : Répartition des élèves des établissements éducatifs (2017-2018)

	Nombre d'écoles	Nombre d'Elèves
Enseignement primaire	14	4246
Enseignement moyen	04	2515
Enseignement secondaire	02	983
Annexe formation Professionnelle	01	

Source DPSB El Oued 31-12-2018

Tableau N° (4-2) : Equipements culturels et sportif

Equipements	Nombre
Mosqués	19
Association religious	19
Maison de jeune	01
Bibliothèque	01
Air de foot	01
Stade matico	05
CSP	01

1.3. Sanitaire :

Le secteur sanitaire de la ville de Robbah est pauvre en infrastructures comme le souligne dans le tableau qui suit (tableau N° (4-3)).

Tableau N° (4-3) : Equipement sanitaires

Polyclinique	Salle de soins	Maternité
01	04	01

Source DPSB D'EL OUED 31-12-2017

1.4. Transports et agriculture

* Réseaux de transports routiers et aériens.

La commune de Robbah dispose d'un important réseau routier reliant la commune aux communes avoisinantes comprend 29,2 Km dont 14,38 % des routes nationales et 85,68 % de routes communales.

Chemins wilayas : est composé de

- chemin wilaya CW 403 qui relie Robbah à la commune d'El Oued avec une longueur de 3 Km
- chemin wilaya CW 405 reliant la commune de Robbah à la commune d'El Nokhla d'une longueur de 1,2 Km.
- Un échangeur qui est composé de cinq chemins.

Routes communales : d'une longueur de 25 Km composée de trois routes :

Rc N° 201 d'une longueur de 20 Km ;

Rc N° 202 d'une longueur de 01 Km ;

Rc N° 210 d'une longueur de 04 Km ;

2. Répartition temporelle de la population dans la région d'étude:

L'agglomération Chef-Lieu de la commune de Robbah a enregistré à travers les dernières décennies une évolution démographique relativement croissante (tableau N°(4-4)).

Tableau N° (4-4) : Répartition temporelle de la population dans la région de Robbah (2008, 2017,2018 et 2019)

L'année	Population A.C.L (hab)
2008	21646
2017	27 715
2018	28485
2019	29276

Le premier recensement établi en 2008 a évalué la population communale de Robbah à 21646 habitants, cette population est passée à 29276 habitants en 2019 soit un taux d'accroissement global (T.A.G) de 2.778%.

L'évolution du taux d'accroissement tient compte essentiellement de :

Mode de vie, planning Familial et développement socioculturel ;

2.1.Évolution de l'accroissement de la population:

L'évolution de la population de l'agglomération chef-lieu de la commune de Robbah future de sera estimée par application de l'expression suivante : $P = P_0(1+X)^n$

Avec : P : Population future à l'horizon considéré;

P_0 : population de référence ;

X : Taux d'accroissement ;

n : Nombre d'années compris dans l'intervalle de temps considéré ;

On fixe ce taux d'accroissement égal (X= 2,778 %) pour différents horizons d'études ;

La population résidante dans la ville de Robbah était de 29276 habitants au recensement de 2019, selon les services des statistiques de l'A.P.C de Robbah. Afin de connaître l'évolution de la population, on applique la formule de Tabassaran. En prenant l'année 2019 comme année de référence avec un taux d'accroissement moyen national de 2.778 %. Les résultats obtenus pour l'estimation de l'évolution de la population à différents horizons sont inscrits sur le tableau N°(4-5). et la Figure N°(4-1).

**Tableau N° (4-5) : Évolution de la population future de l'agglomération
Chef-lieu de Robbah**

Année	X	Population
2019	2,778	29276
2020	2,778	30090
2025	2,778	34508
2030	2,778	39576
2035	2,778	45388
2040	2,778	52053
2045	2,778	59697
2050	2,778	68464

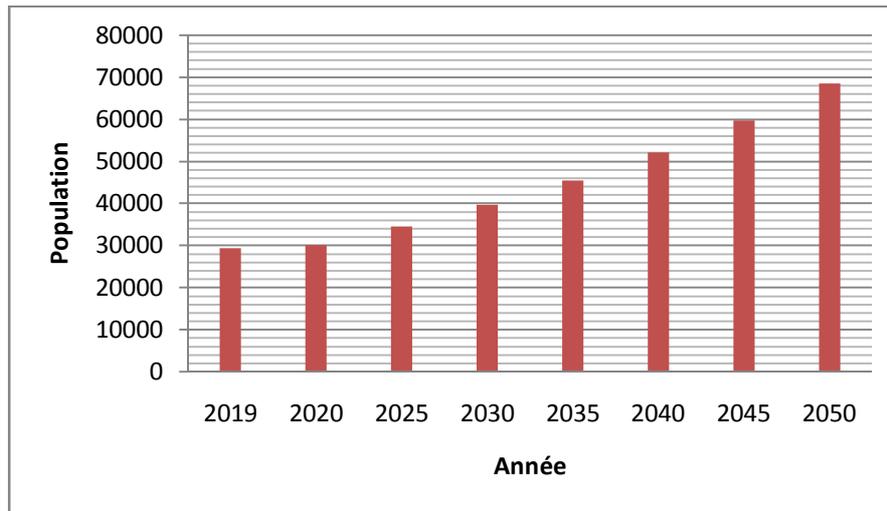


Figure N° (4-1) : Évolution de la population dans la région d'étude

D'après la figure.N°(4-1) , on remarque qu'il y a une augmentation graduelle de la population, d'ordre d'environ 4420 habitants pour chaque écart de cinq années, suivant un taux d'accroissement de 2.778%.

3. Répartition spatiale des infrastructures hydrauliques :

Le secteur hydraulique attache une grande importance dans le domaine du développement et joue un rôle stratégique dans la vie politique générale de l'État.

Les eaux de forages constituent la principale ressource d'alimentation en eau potable de l'agglomération chef-lieu de Robbah.

La situation actuelle et l'état général des équipements hydrauliques se résument dans le tableau N° (4-6)

Forages :

Selon le dernier bilan de la DHW d' El-Ouedou04foragessont actuellement en exploitation mobilisent un potentiel de 4,76 hm³/an. Les eaux de ces forages sont essentiellement destinées à l'alimentation potable(AEP). Les ressources en eaux souterraines une potentialité reconnue de 08.07 hm³/an, sont mobilisés un potentiel de 04.76 hm³/an et exploité un volume de 3.27 hm³/an.

Puits :

La région englobe 1000 puits exploités pour l'irrigation mobilisant un potentiel de 157hm³/an, et 63.07hm³/an sont effectivement exploités.

Les réservoirs et capacité de stockage :

La capacité de stockage dans la région d'étude est de 3750 m³ d'une manière générale on peut dire qu'actuellement cette capacité de stockage est satisfaisante.

Les infrastructures de stockage de la ville de Robbah se résument en :

- quatre (04) châteaux d'eau ;

Le tableau suivant résume les caractéristiques des châteaux d'eau ;

Tableau N° (4-6) : Caractéristiques des châteaux d'eau

Château d'eau	Matériau de construction	Capacité (m ³)	Hauteur (m)
Aouachir	Bétonarmé	750	19,9
El amir AEK	Bétonarmé	1500	19,6
Ben ghazlia	Bétonarmé	500	20
El zaouia	Bétonarmé	1000	22

3-1-Approvisionnement en eau :

La zone d'étude a un linéaire total de réseaux de distribution de plus de 2560ml ; et disposent d'un potentiel de stockage de 3750m³.

La situation actuelle et l'état général des équipements hydrauliques se résument dans le tableau N°(4-7).

Tableau N° (4-7) : L'origine des ressources pour l'A.E.P dans la région de Robbah

	Agglomération	Linéaire (ml)
Forage	Reservoirs	PEHD
Bghazlia	El Amir AEK	1200
El amir AEK	El Amir AEK	220
El chabnia	Amir AEK	302
Ouled meyassa	Aouachir	838

La situation actuelle et l'état général des équipements hydrauliques se résument dans la figure

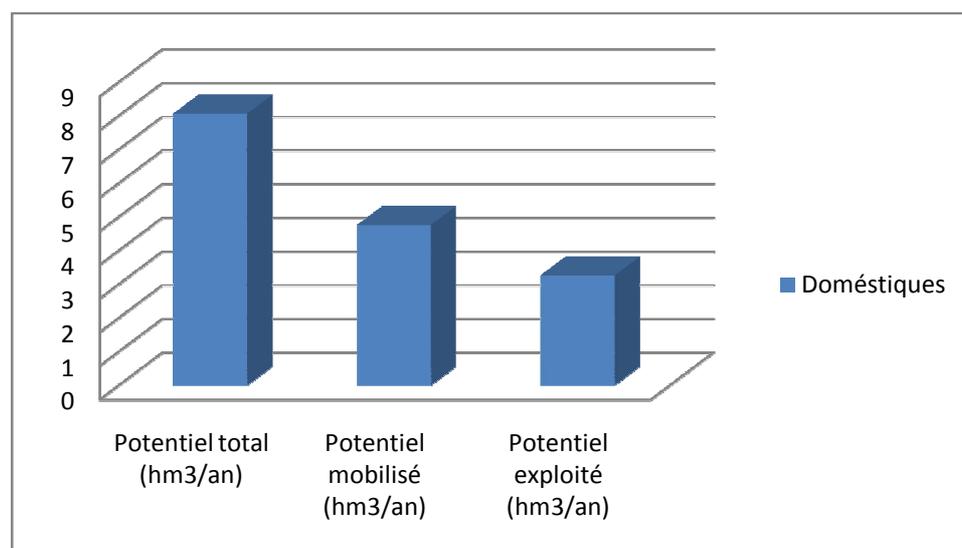


Figure N° (4-2) : Potentialités reconnues total, mobilisés et exploités actuel pour l'usage domestique de la commune de Robbah

3.2. Alimentation en eau d'irrigation :

Actuellement, la superficie irriguée dans la région d'étude est de 1291 hectares, selon la répartition suivante :

Tableau N° (4-8) : Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans la région d'étude

Commune	Superficie total agricole	Superficie irriguée (ha)	Principales cultures	Ressources en eau
Robbah	11768	1291	Céréales Fourrages artificiels Maraichage Palmiers dattiers et Oliviers	Puits+ Forage

(Source: Subdivision de l'agriculture de la commune de Robbah)

On peut dire que l'alimentation en eau agricole dans la région essentiellement d'origine souterraine ; 1000 puits sont destinés à cet usage.

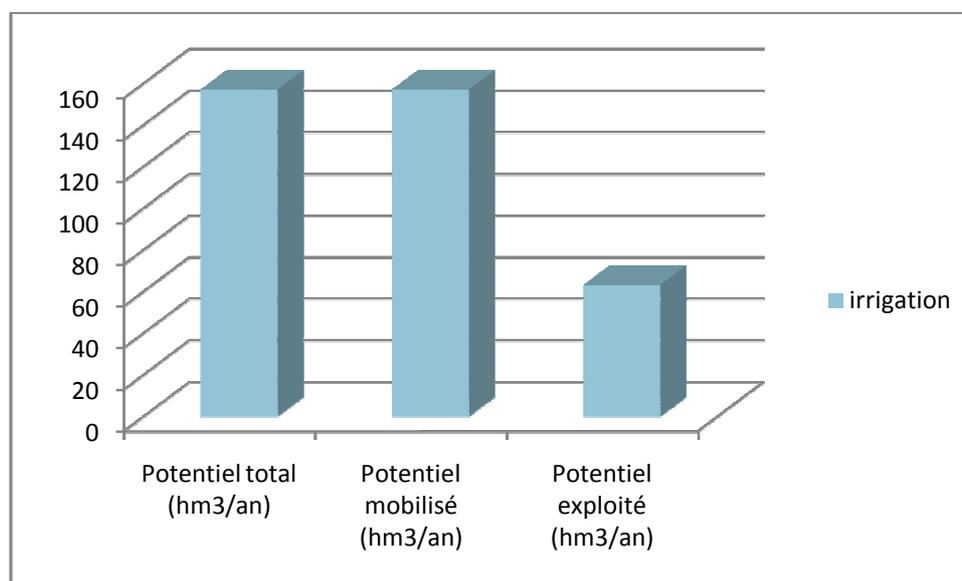


Figure N° (4-3) : Potentialités reconnues total, mobilisés et exploités actuel pour l'usage d'irrigation de la commune de Robbah

4. Estimation de l'évolution des besoins Actuels :

L'objectif principal de l'évaluation de la demande socio-économique en eau est de suivre l'évolution des besoins en eau sur le long terme (2020-2050) des différents secteurs usagers à savoir :

- * L'alimentation en eau potable ;
- * L'alimentation en eau agricole ;

Ceci nous permettra de faire ressortir les écarts prévisibles entre offre et besoin en fonction du temps.

4.1. Les besoins en eau domestiques :

Les besoins en eau d'une certaine agglomération dépendent de:

- L'aménagement du territoire en matière du développement socio-économique,
- Les objectifs du niveau de vie à atteindre,
- Les normes internationales à respecter, ces normes sont données par J. Bodin, 1962 selon le tableau qui suit:

Tableau N° (4-9) : Dotations de J.Bodin, 1962 (l/j/hab)

Désignation	Hypothèse faible	Hypothèse moyenne	Hypothèse forte
Grande ville plus de 100000	200	250	300
Petite et moyenne ville 20000 - 100000	150	200	250
Agglomération secondaire 5000 – 20000	120	150	200
Population éparsé	80	100	150

Cette évaluation s'effectue selon deux situations:

- Situation actuelle.
- Situation future.

Ces besoins sont évalués de façon globale suivant la demande moyenne journalière en eau par habitant, sans tenir compte des besoins propres à chaque usager. Pour cela trois paramètres sont à prendre en considération:

- La population actuelle et estimée.
- La dotation moyenne en eau.

- Les statistiques relatives à la population correspondant aux résultats.

L'aspect quantitatif des besoins nous permettra d'évaluer les volumes d'eau nécessaires à la consommation. Le tableau suivant examine l'adaptation de la dotation avec le nombre de population avec la dotation journalière est de l'ordre 150 l/j/hab.

Le débit de consommation moyen journalier correspondant aux besoins en eau future sera donné par la relation suivante : $Q_{Dom} = N \cdot D$ où :

Q_{Dom} : Débit moyen domestique en (m^3/j) ; N : Nombre d'habitants ; D : Dotation en (l/hab/j).

Tableau N° (4-10) : Bilan prévisionnel des besoins domestiques aux différents horizons.

Horizon	Population (hab)	Dotation (l/j/hab)	Besoins domestiques Q_{dom} (hm^3/an)
2020	30090	150	1,64
2025	34508	150	1,88
2030	39576	150	2,16
2035	45388	150	2,48
2040	52053	150	2,84
2045	59697	150	3,26
2050	68464	150	3,74

L'examen du tableau ci-dessus montre que les besoins domestiques ne dépassent pas les ressources mobilisées actuelles, donc il ya une satisfaction pour un volume mobilisé de l'ordre $4,07 hm^3/an$, puisque entre 2020/2050, on enregistre un excédent, estimé en 2050 à $0,33hm^3$.

4.1.1. Besoin d'équipement :

L'alimentation en eau potable des agglomérations est confrontée à des contraintes qui ont fait que la distribution de l'eau aux abonnés soit insuffisante, de ce fait on estime aujourd'hui que le rendement du réseau est à 30 % au plus. D'autres problèmes viennent aggraver la situation, il s'agit de coordination entre les organismes d'eau.

Les besoins future en eau des équipements sont estimés de 30 % des besoins moyens annuelles s'exprime par l'équation suivante :

$$Q_{\text{équi}} = 30\% \cdot Q_{Dom}$$

Le tableau ci-dessous résume bien cette situation :

Tableau N°(4-11) : Besoins des équipements

Horizon	τ_{eq} (%)	Besoins d'équipement $Q_{\text{éq}} \text{ (hm}^3/\text{an)}$
2020	30	0,49
2025	30	0,56
2030	30	0,65
2035	30	0,74
2040	30	0,85
2045	30	0,98
2050	30	1,12

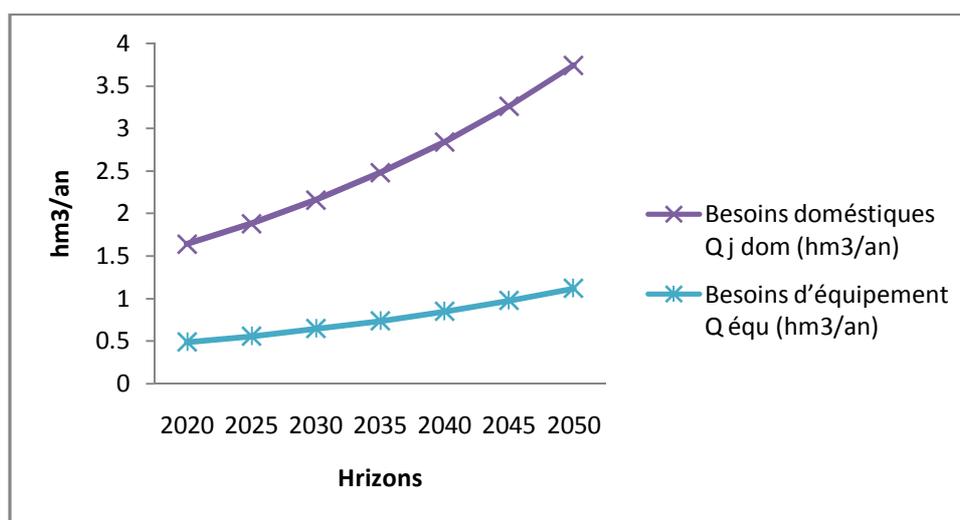


Figure N° (4-4) : Besoins en eau domestique dans la région d'étude

La figure, montre qu'il y a une évolution croissante des besoins en eau domestique et besoins d'équipement aux différents horizons (2020-2050) pour les deux besoins.

4.1.2. Besoins moyens journaliers :

La consommation moyenne journalière est obtenue par la formule :

$$Q_{\text{j moy}} = Q_{\text{j dom}} + Q_{\text{j éq}}$$

Le tableau ci-dessous résume bien cette situation :

Tableau N° (4-12) : Débit moyen journalier

Horizon	Débit moyens journaliers Q_{jmoy} hm^3/an	Débit moyens journaliers Q_{jmoy} m^3/j
2020	2,14	5867,51
2025	2,45	6729,15
2030	2,81	7717,33
2035	3,23	8850,62
2040	3,70	10150,33
2045	4,24	11640,91
2050	4,87	13350,38

4.1.3. Débit maximal journalier:

* Coefficient d'irrégularité journalière maximum :

Le coefficient d'irrégularité journalière maximum (K_{jmax}) qui tient compte des pertes d'eau dans le réseau et des gaspillages peut être obtenu par le rapport de la consommation maximale journalière et de la consommation moyenne journalière.

K_{jmax} varie entre 1.1 et 1.3; donc on prend $K_{jmax} = 1.2$;

Ce coefficient nous permet de savoir de combien de fois le débit maximum journalier dépasse le débit moyen journalier. Le débit maximum journalier est défini comme étant le débit d'une journée où la consommation est maximale.

Il est exprimé par la formule suivante : $Q_{jmax} = K_{jmax} \times Q_{jmoy}$

Tableau N° (4- 13): Débit maximal journalier total

Horizon	Débit moyens journaliers Q_{jmoy} hm^3/an	Débit maximaux journaliers Q_{jmoy} hm^3/an
2020	2,14	2,56
2025	2,45	2,94
2030	2,81	3,38
2035	3,23	3,87
2040	3,70	4,44
2045	4,24	5,09
2050	4,87	5,84

4.1.4. Vérification de la capacité de stockage et les ressources disponible à travers les horizons :

Les besoins en eau de Robbah à travers les horizons sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Le volume mobilisé pour l'alimentation en eau domestique monter un déficit dans la production à partir de l'horizon 2040. Le déficit est $-1,78 \text{ hm}^3/\text{an}$ en 2050 donc deux (02) forages supplémentaires sera programmés d'un débit de 30l/s.

Tableau N° (4-14): Besoins en eau de Robbah à Travers les horizons

Horizon	Population (hab)	Débit disponibles Q hm^3/an	Débit maximales journaliers Q_{max} hm^3/an	Différence hm^3/an
2020	30090	4,06	2,56	1,5
2025	34508	4,06	2,94	1,12
2030	39576	4,06	3,38	0,68
2035	45388	4,06	3,87	0,19
2040	52053	4,06	4,44	-0,38
2045	59697	4,06	5,09	-1,03
2050	68464	4,06	5,84	-1,78

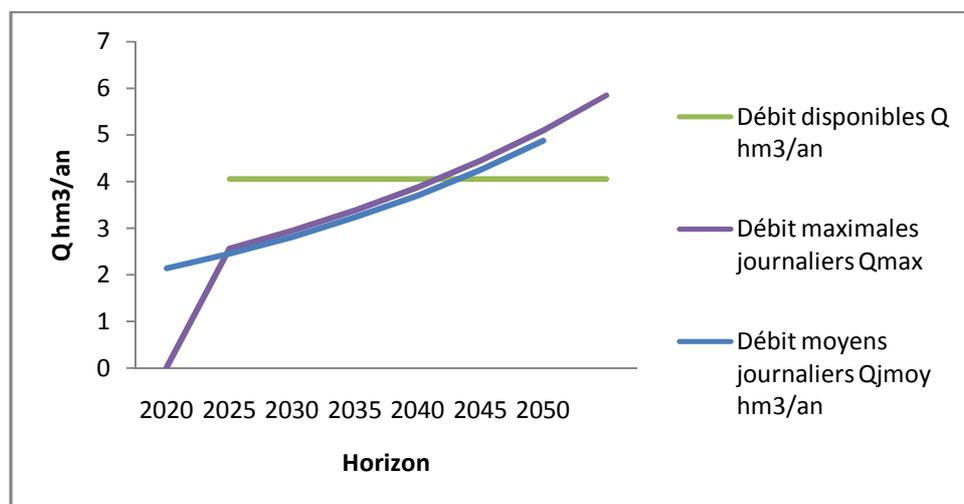


Figure N° (4-5) : Evolution du débits moyen journalières et débit maximale aux différents horizons

La figure montre qu'il y a une évolution croissante des besoins en eau domestique entre 2020/2050 pour les deux types de débits. Le graphique (Fig) nous montre clairement que les besoins globaux dépassent largement les ressources en eau mobilisées à partir de l'année 2040.

*** Vérification de la capacité de stockage à travers les horizons**

La régulation à Robbah est assurée par quatre (04) réservoirs, soit un volume total de 3750 m^3

Le tableau suivant résume la capacité de stockage à travers les horizons ;

On remarque que cette capacité est insuffisante ;

Tableau N° (4-15): Vérification de la capacité de stockage à travers les horizons pour une autonomie 12 heures

Horizon	Population (hab)	Capacité disponible hm ³	Débit maximales journaliers Q _{max} hm ³ /an	Capacité demandée hm ³	Excédent hm ³
2020	30090	1,36	2,56	1,28	0,08
2025	34508	1,36	2,94	1,47	-0,11
2030	39576	1,36	3,38	1,68	-0,32
2035	45388	1,36	3,87	1,93	-0,57
2040	52053	1,36	4,44	2,22	-0,86
2045	59697	1,36	5,09	2,54	-1,18
2050	68464	1,36	5,84	2,92	-1,56

4.2. Les besoins en eau d'irrigation :

L'élément de base pour l'étude d'un projet d'irrigation se résume essentiellement dans l'évaluation des besoins en eau pour les cultures.

Les besoins de toutes les cultures pratiquées dans le périmètre irrigué nous donnent les besoins totaux en eau.

Les services de l'agriculture de la commune de Robbah, selon les dernières statistiques (2019-2020) valorisent une superficie de 1291 hectares irrigués soit 11 % de la surface agricole utile.

Le tableau montre les ouvrages destinés à l'agriculture.

Tableau N° (4-16): Ouvrages destinés à l'agriculture

Ressources	Barrages et petits barrages	Retenues collinaires	Forages	Puits	Total
Nombre	00	00	00	1000	1000
surfaces irriguées (ha)	00	00	00	1291	1291
Offre (l/s)	00	00	00	02	02

La norme utilisée pour l'irrigation est estimée en moyenne à $0,005 \text{ hm}^3 / \text{an} / \text{ha}$, ce qui nous donne un volume annuel de 6.455 hm^3 (pour 1291 ha), soit un débit de 204.69 l/s.
Le taux de croisement est $200 \text{ hm}^3 / \text{an}$.

Tableau N° (4-17) : Surfaces mobilisées aux différents horizons.

Besoins Dispersion	Surface de la petite et moyenne hydraulique (ha) à différents horizons						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Robbah	1291	1491	1691	1891	2091	2291	2491

L'accroissement de la superficie irriguée dans les horizons projetées engendre une augmentation des besoins en eau d'une façon considérable qui aura ses répercussions sur les ressources en eau souterraine.

Le tableau ci-dessous montre bien cette situation :

Tableau N° (4-18) : Les besoins en eau d'irrigation aux différents horizons.

Besoins Dispersion	Les besoins en eau d'irrigation (hm^3 / an)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Robbah	20,65	23,85	27,05	30,25	33,45	36,65	39,85

5. Balance des besoins futurs Globaux / Ressources Mobilisées :

Une confrontation des besoins globaux antérieurement estimés de tous les secteurs (besoins domestiques, besoins agriculture, besoins des équipements) aux différents horizons avec le potentiel hydrique actuel (ressources en eau mobilisées et mobilisables à moyen et à long terme), nous permettra de voir l'évolution de cette relation (Tableau.).

Tableau N° (4-19) : Déterminations des besoins futurs globaux des différents secteurs aux différents horizons

Horizons	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Besoins (hm^3) (AEP+ AEA+ Besoins des équipements)	26,48	30,06	33,71	37,42	41,2	45,07	49,04
Ressources mobilisées actuellement hm^3	67,14						

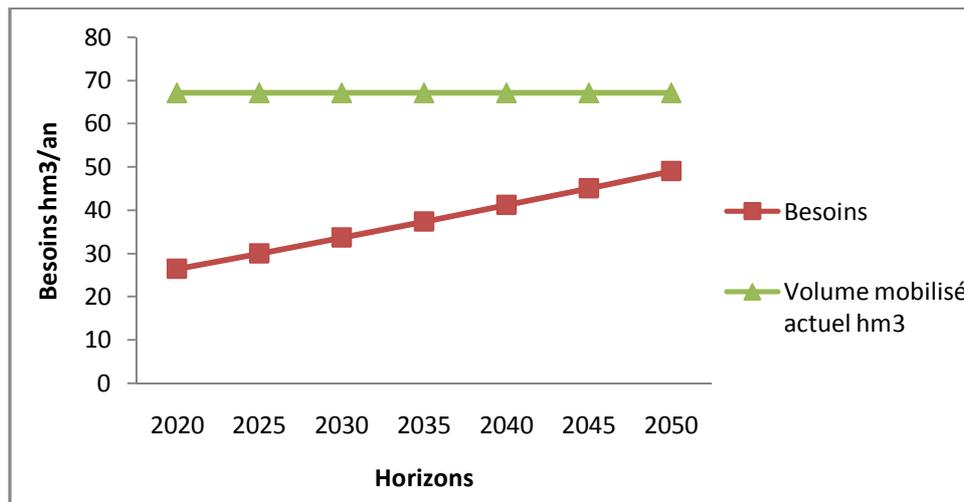


Figure N° (4-6) : Bilan besoins futurs globaux / ressources mobilisables (2020-2050).

La Figure indique que les besoins globaux ne dépassent pas les ressources en eaux actuellement mobilisées (ressources souterraines) donc il y a une satisfaction dans les besoins en eau pour un volume mobilisé actuel de $67,14 \text{ hm}^3$.

On peut dire que le volume mobilisé actuellement dans la région d'étude ($67,14 \text{ hm}^3/\text{an}$) est suffisant pour satisfaire les besoins en eau des différents secteurs à court, moyen terme et long terme, mais le problème qui se pose est que le volume mobilisé actuellement au niveau de la région d'étude n'arrive pas à satisfaire même les besoins en eau pour l'A.E.P à moyen terme. Donc ce problème est un problème de gestion de ces ressources et parfois l'absence d'une politique nationale pratiquée sur le terrain pour le développement de ces zones rurales.

6. Evaluation qualitative des ressources en eau :

La composition chimique d'une eau est importante dans la détermination de sa qualité, donc le domaine de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou l'irrigation, l'industrie...Etc.

Dans cette partie, nous allons mettre en évidence les caractéristiques chimiques des échantillons qui ont été prélevés sur la période (2019) dans les localités de la commune de Robbah; nous notons que les mesures des paramètres physicochimiques ont été effectuées sur 06 forages (échantillons).

6.1. Description sommaires des paramètres physico chimiques :

6.1.1 Paramètres physiques :

6.1.1.1 Potentiel d'hydrogène (pH) :

C'est un paramètre physique qui détermine l'acidité ou l'alcalinité. Les mesures du pH montrent que tous les puits se trouvent dans l'intervalle de norme de potabilité. Le pH varie

entre 7.22 et 7.75, ceci indique que les valeurs varient peu et sont proches des valeurs naturelles (Figure N° (4-7)).

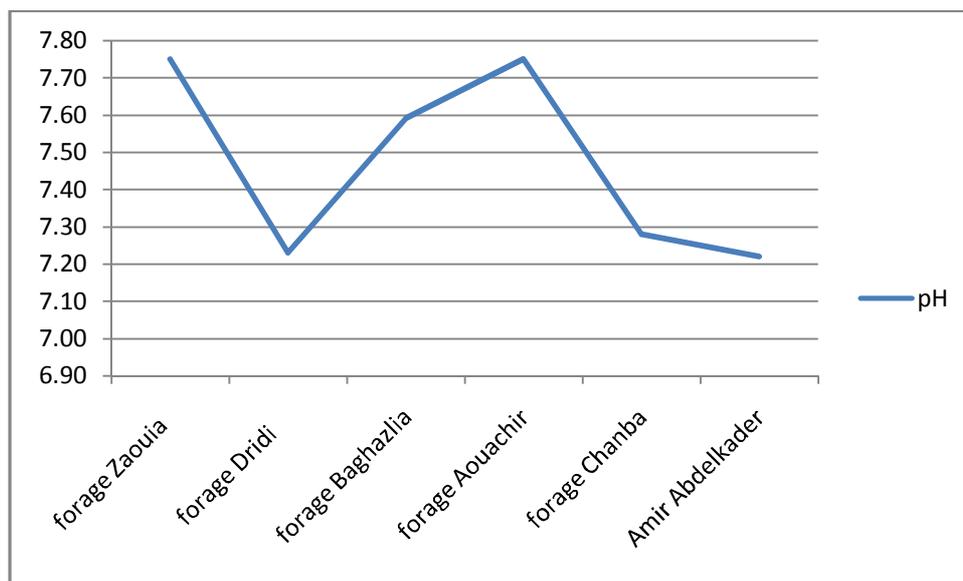


Figure N° (4-7) : Les variaraitons des valeursdu pH (2019)

6.1.1.2. La conductivité électrique (CE):

Elle dépend de la présence des espèces ioniques contenues dans l’eau. Les valeurs mesurées ont été ramenées à 25°C. Les valeurs de la conductivité électrique montrent que la plupart des puits dépassent la norme recommandée relative à la potabilité des eaux. Les valeurs maximales sont de l’ordre de 5860 ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) (Figure N° (4-8)).

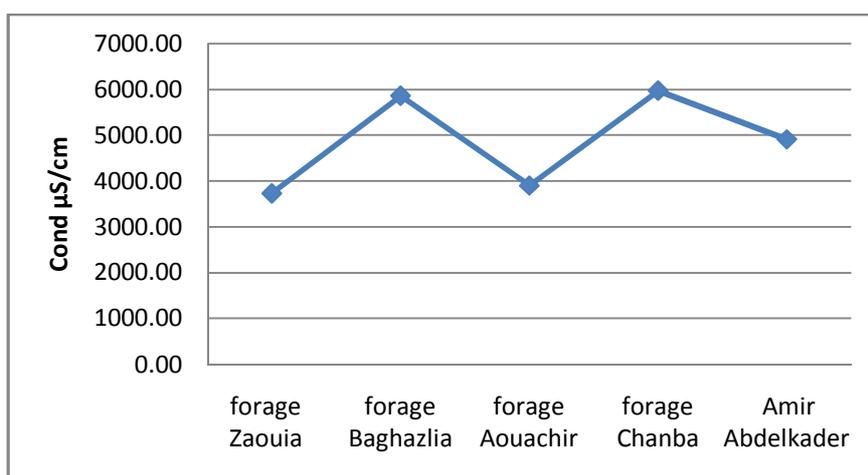


Figure N° (4-8) : Variation des teneurs en conductivité électrique (CE) (2019) de la région d’étude

6.1. 2. Les éléments chimiques majeurs:

6.1 .2.1. Le calcium (Ca^{2+}) : la totalité des points de prélèvement présentent des teneurs supérieures à la norme de potabilité des eaux. Les valeurs les plus élevées avec un maximum

de 440,80 mg/l sont observées au niveau forage Chanba avec une moyenne de 313,7 mg/l (Figure N° (4-9)).

L'ion Ca^{2+} provient de deux origines naturelles différentes qui sont :

La dissolution des formations carbonatées d'âge crétacé et la dissolution des formations gypses et de calcaires.

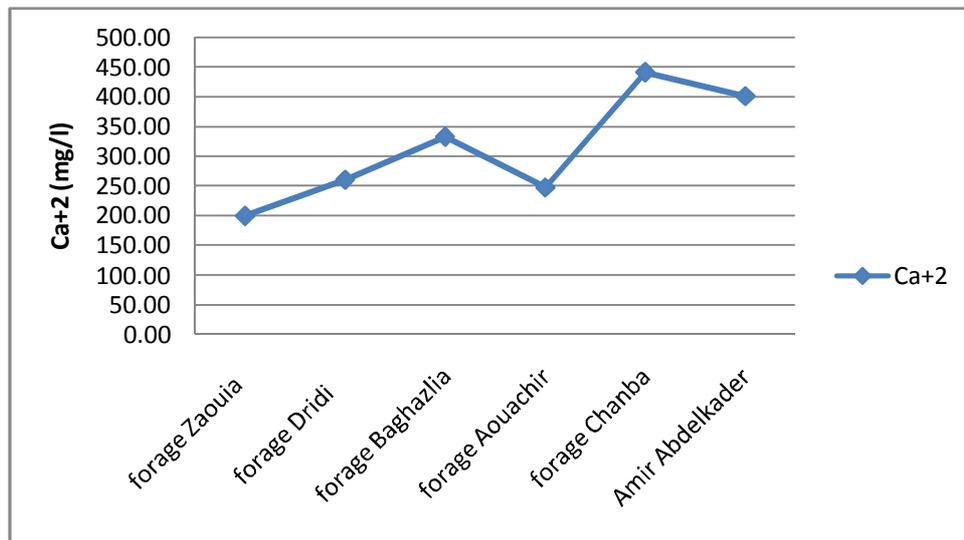


Figure N° (4-9) : Variation des teneurs en calcium (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.1. 2.2. Le magnésium (Mg^{2+}) :

Les valeurs du magnésium varient de 85 mg/l au niveau du forage Dridi à 200 mg/l au forage Baghazlia avec une valeur moyenne de 137,21 mg/l. Les variations de concentration sont élevées (Figure N°(4-10)).

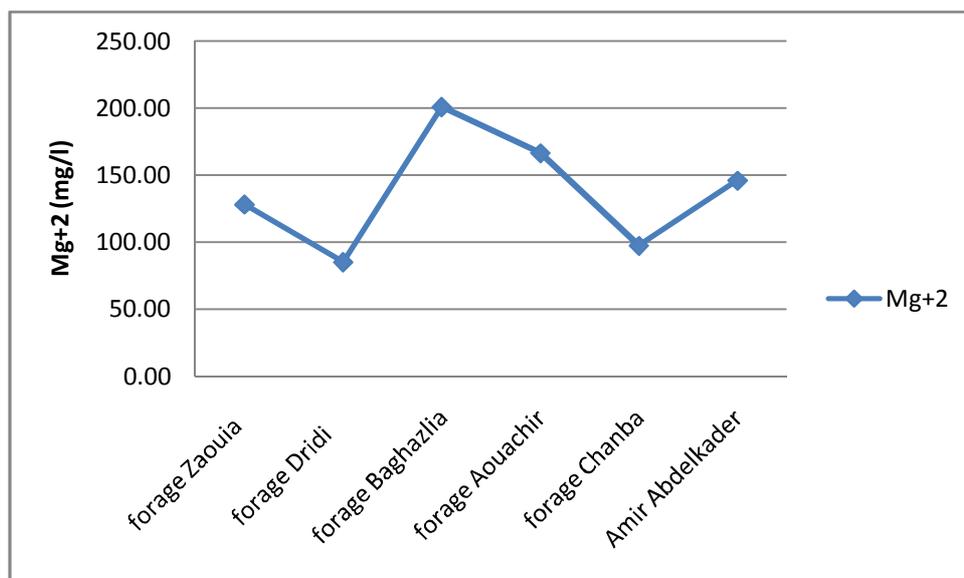


Figure N° (4-10) : Variation des teneurs en magnésium (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.1.2. 3. Le sodium (Na^+) :

Le sodium présente également des valeurs fortes allant de 457,5 mg/l au forage Aouachir, et 809,7 mg/l au forage Baghazlia, avec une valeur moyenne de 662,82 mg/l (Figure N°(4-11)).

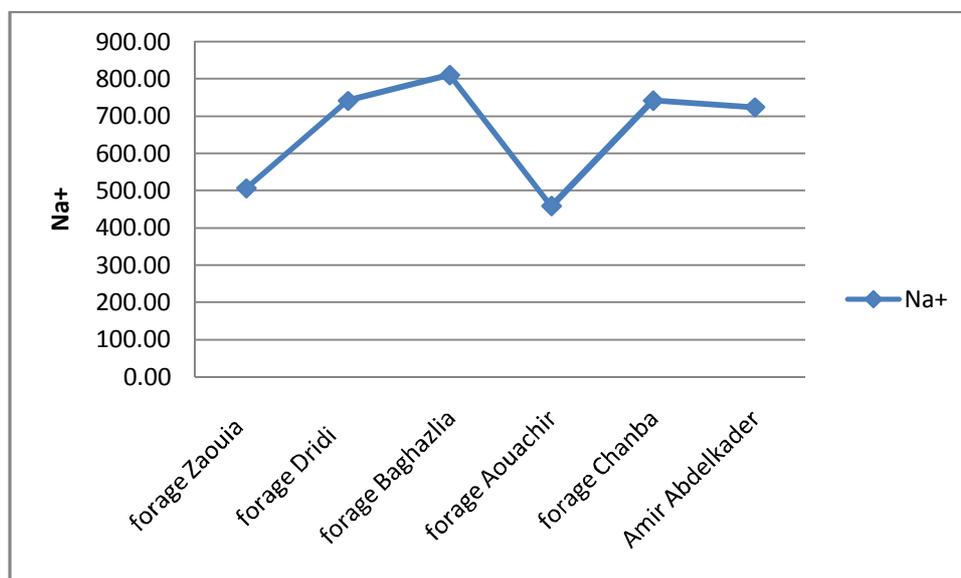


Figure N° (4-11) : Variation des teneurs en sodium (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.1.2.4. Le potassium (K^+):

Les valeurs de potassium sont élevées, de l'ordre de 70 mg/l au niveau du forage Chabna, pour une moyenne de 58,48 mg/l (Figure N°(4-12)).

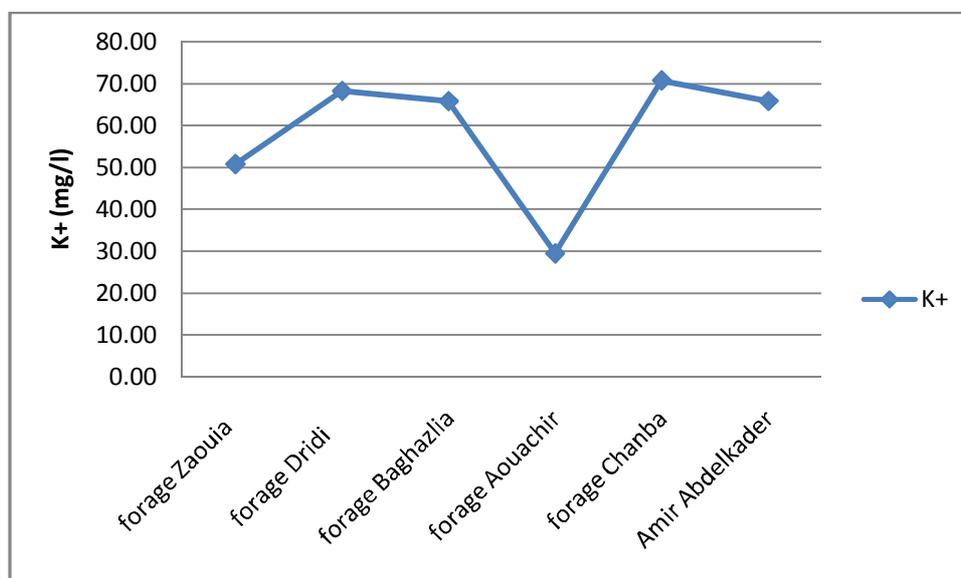


Figure N° (4-12) : Variation des teneurs en potassium (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.1.2.5. Les chlorures (Cl^-) :

L'ion chlorure possède des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments

chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution. Les teneurs enregistrées, pendant toute la période d'observation, montrent des valeurs importantes qui dépassent la norme de potabilité de l'OMS fixée à 250 mg/l. On signale la totalité des puits dépassent cette norme. Le taux des chlorures est très élevé au niveau du forage Chabna 2194,54 mg/l, mais moindre au niveau des forages Zaouia et Aouachir où il ne varie qu'entre 750 mg/l et 770 mg/l, avec une moyenne de 1370,69 mg/l (Figure N°(4-13)) .

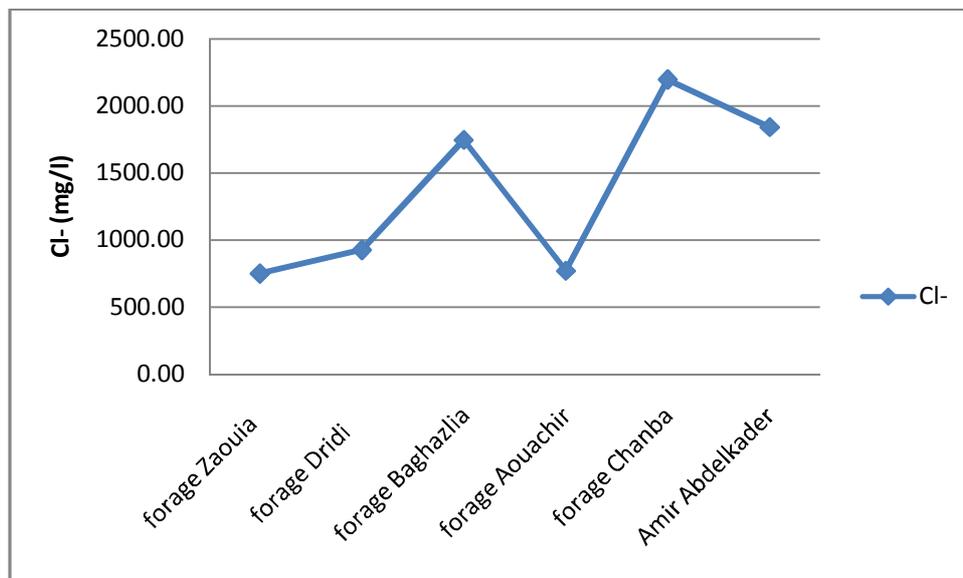


Figure N° (4-13) : Variation des teneurs en chlorures (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.1.2.6. Les sulfates (SO_4^{2-}):

Les plus fortes teneurs en sulfates sont enregistrées au forage Aouachir avec un maximum de 1013 mg/l, avec une moyenne de 747,4 mg/l, suite au phénomène d'évaporation alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées au forage Dridi avec un minimum de 656,82 mg/l (Figure N° (4-13)).

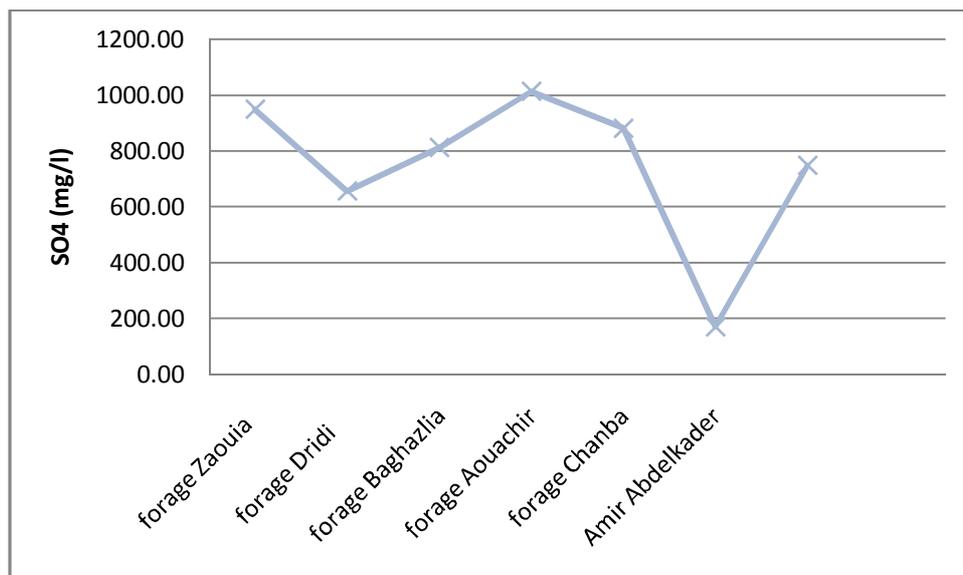


Figure N° (4-14) : Variation des teneurs en sulfates (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.1.2.7. Les bicarbonates (HCO_3^-) :

Les teneurs de bicarbonates (HCO_3^-) sont enregistrées avec une moyenne de 162,67 mg/l et un maximum de 210,45 mg/l se trouve au forage Aouachir. Les concentrations varient faiblement (Figure N°(4-14)).

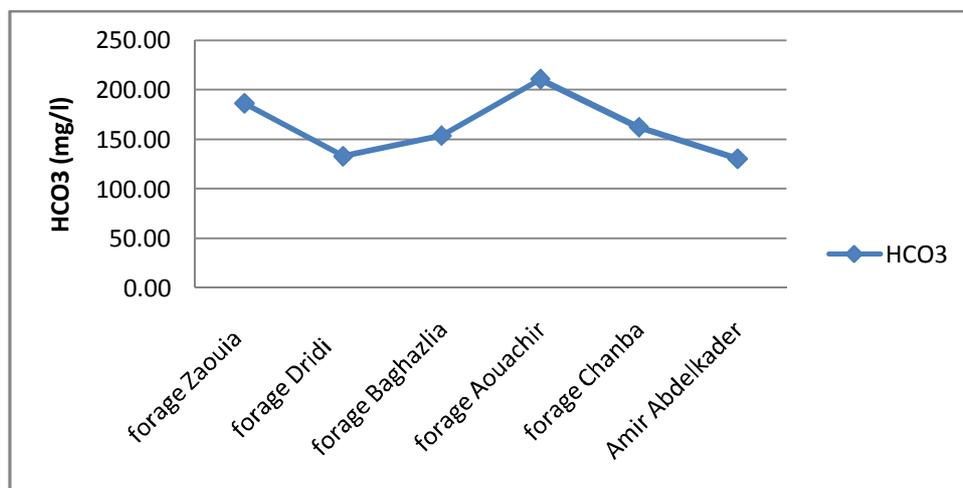


Figure N° (4-15) : Variation des teneurs en bicarbonates (mg/l) (2019) de la région d'étude

6.2. Représentation graphique des faciès hydrochimiques :

Dans le but de bien identifier les faciès hydrochimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux souterraines, la représentation graphique des résultats d'analyses s'avère un outil indispensable. Pour atteindre cet objectif, nous avons eu recours au diagramme de Piper. L'établissement de ces diagrammes a été fait en utilisant le logiciel **Diagrammes**, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon).

6.2.1. Diagramme de PIPER : Les faciès sont représentés sur le diagramme de Piper (figure N° (4-15)).

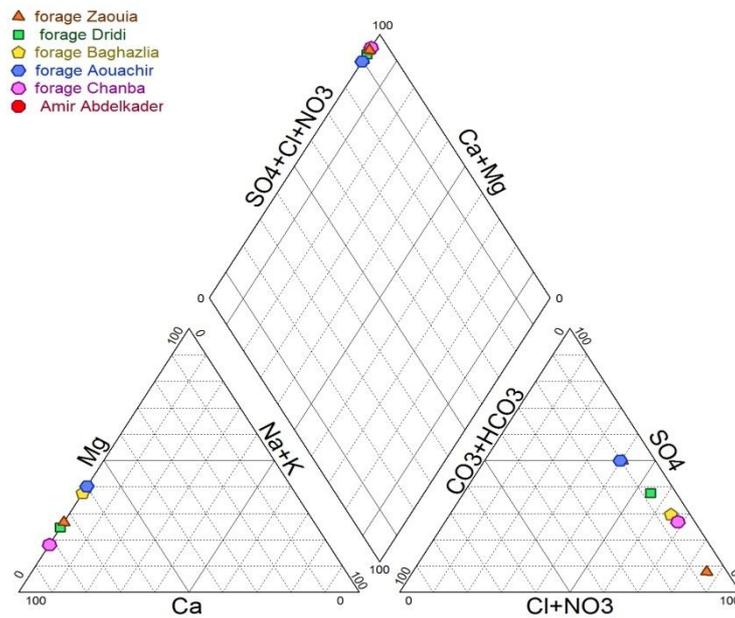


Figure N° (4-16) : Diagramme de Piper des eaux souterraines de la région d'étude(2019).

6.2.2. Diagramme de Scholler :

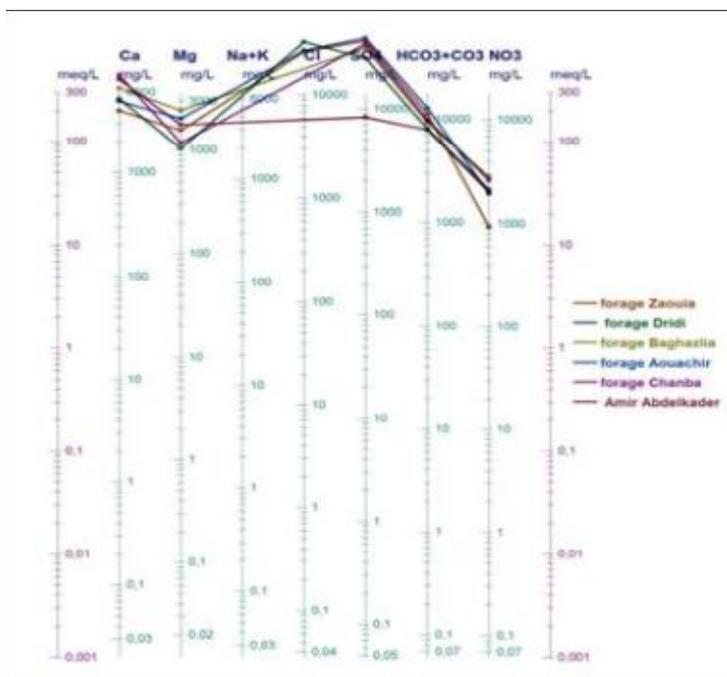


Figure N° (4-17) : Diagramme de Scholler des eaux souterraines de la région d'étude(2019).

D'après les figures, nous remarquons quel'ensemble des nuages de points ne présente pas de dominance anionique ou cationique. Nous signalons cependant la présence d'un faciès hyper chloruré calcique, relativement dominant, et un faciès hyper sulfaté calcique.

6.3. Aptitudes des eaux à l'irrigation :

6.3. 1. Classification des eaux par la méthode de Richards :

Après avoir reporté tous les points d'eau sur le diagramme de Richards (voir figures), selon la conductivité électrique et la valeur du SAR, nous observons que les totalités des eaux se situent hors la zone des classes, qui définit une eau de salinité très élevée qui ne convient pas à l'irrigation en conditions ordinaires. A défaut de ces critères l'eau présente un danger d'alcalisation des sols à textures fines. Seules les plantes tolérantes aux sels (tabacs, coton, orge, artichaut et dattiers) peuvent être cultivées (figure N°(4-18)).

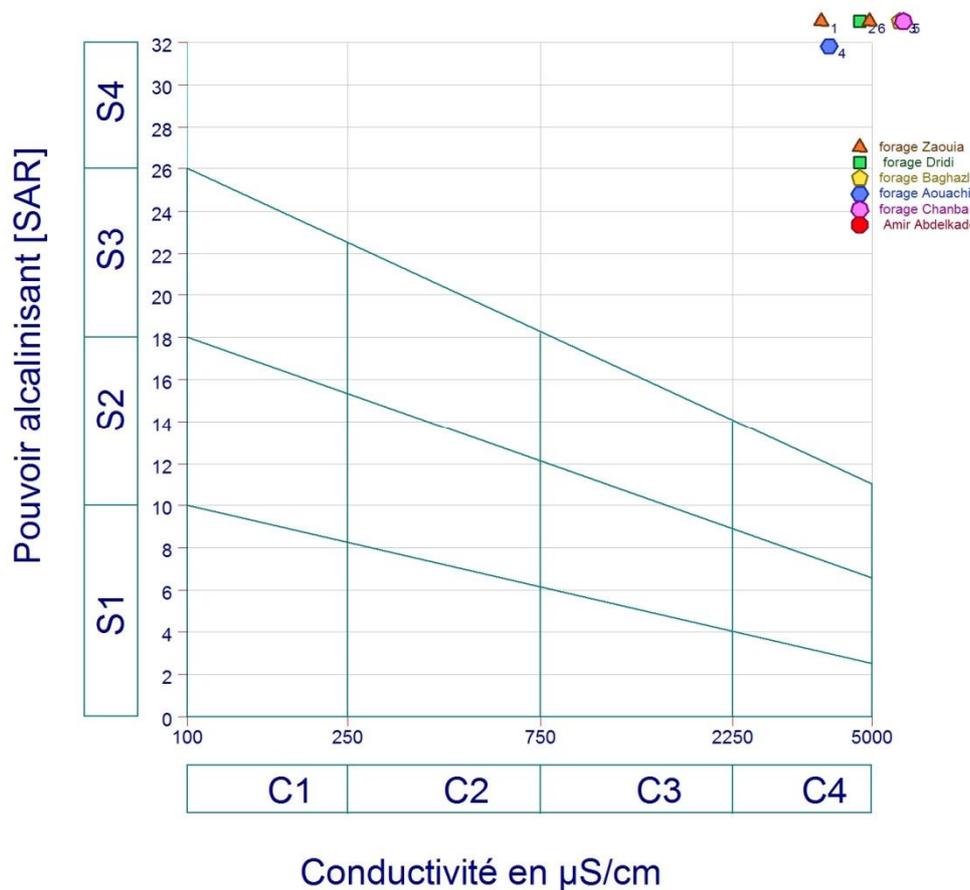


Figure N° (4-18) : Diagramme de Richards pour l'année 2019

6. 3.2. Classification des eaux par la méthode de Wilcox :

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en

pourcentage. La représentation des différents échantillons sur ce diagramme permet la caractérisation des eaux pour leur aptitude à l'irrigation (Figure (4-19)).

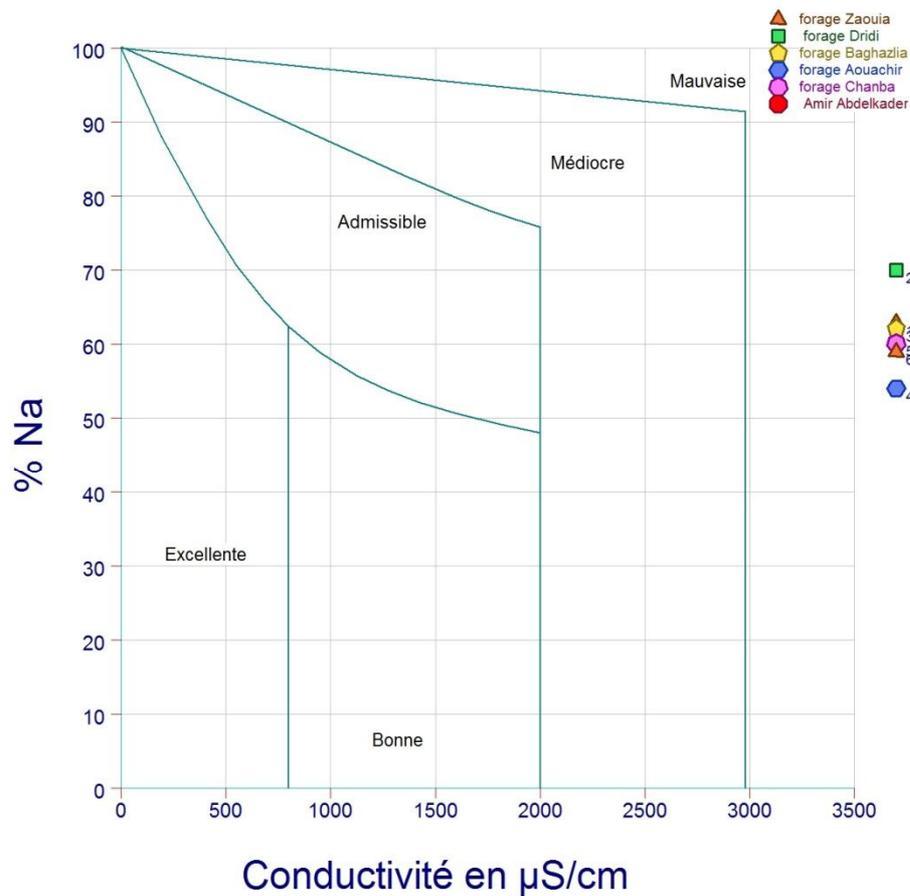


Figure N°(4-19) : Diagramme de Wilcox pour l'année 2019.

Les diagrammes couvrant toute la période d'observation montrent que les eaux souterraines de la nappe de la région d'étude selon la classification de Wilcox, appartiennent à une seule classe: Mauvaise.

En examinant les deux méthodes (Richards et Wilcox) de classification d'aptitude des eaux à l'irrigation, nous remarquons qu'elles présentent la même distribution de la qualité. En effet, la 'mauvaise' est déterminée par les deux classifications.

7. Les sources de pollution :

Les activités humaines passées ou présentes, et en particulier les activités industrielles, mais aussi agricoles et domestiques, libèrent dans l'environnement des produits et des substances potentiellement dangereux, appelés contaminants ou polluants. Ces derniers sont rejetés vers

les milieux naturels (eau et sol). Leur présence, notamment dans les eaux souterraines, pose un problème transdisciplinaire à l'interface des écosystèmes et des ressources hydriques.

La commune de Robbah a connu durant ces dernières années une certaine expansion économique, augmentation démographique et agricole. Ceci a, d'une part, augmenté la demande en eau et a d'autre part exposé les ressources en eau à différentes pollutions résultant de l'activité urbaine et agricole.

7.1 Relation nitrates – chlorures :

En d'autres termes, les chlorures peuvent avoir plusieurs origines naturelles et anthropiques. On pense qu'une partie des chlorures tire son origine des eaux usées domestiques qui constituent, en même temps, une source de nitrates d'origine organique.

Dans le but de confirmer cette dernière, on a fait une comparaison entre l'évolution des chlorures et celle des nitrates (Figure (4-20)).

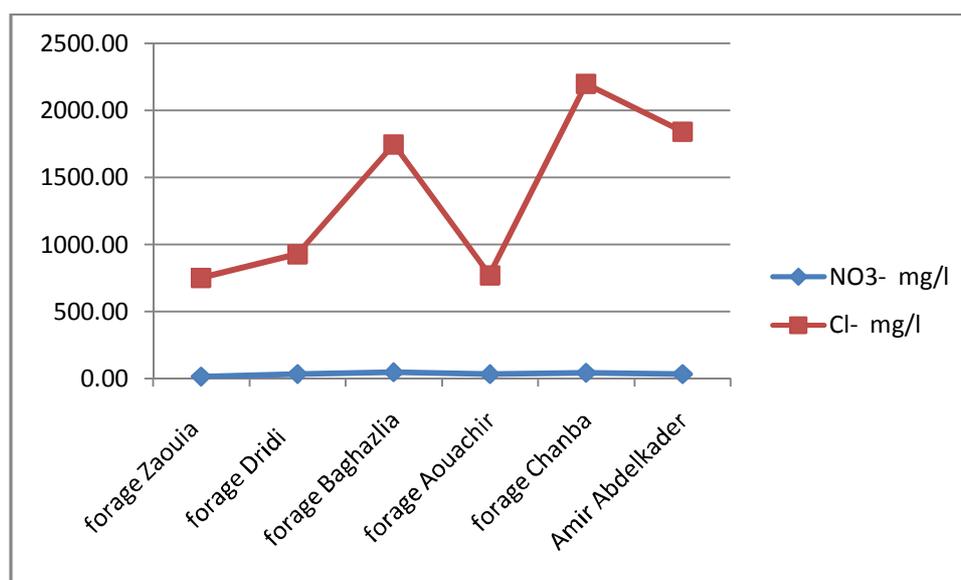


Figure N° (4-20) : Concentration des nitrates et des chlorures de la zone d'étude (2020)

L'illustration présente un diagramme binaire nitrates versus chlorures. Elle permet de montrer les différentes relations entre les ions Cl⁻ et NO₃⁻. On peut constater sur le graphique qu'au plus de moitié des eaux sont influencées par des apports anthropiques (urbains ou autres). Un échantillon de sites présente de fortes teneurs en chlorures combiné à de faibles teneurs en nitrates. La forte teneur en chlorures n'est donc pas toujours corrélée avec de fortes teneurs en nitrates. Ceci pourrait être dû à un apport naturel en chlorures, (par la dissolution des formations gypso-salifères d'âge triasique, où les évaporites affleurent).

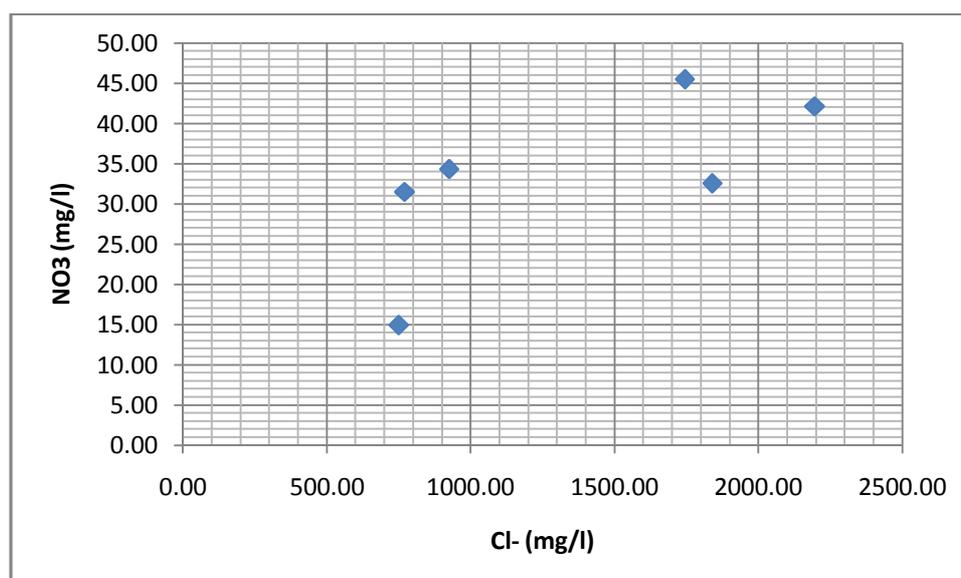


Figure N° (4-21) : Diagramme du nitrate versus des chlorures de la zone d'étude (2019).

Conclusion :

Les potentialités des ressources mobilisées définies dans la région d'étude est de l'ordre de 67.14 hm³/an.

Les données dont nous disposons, montrent que les ressources en eau de la zone d'étude actuellement, et ayant un surplus d'eau, mais à partir de 2040 on enregistre des difficultés pour satisfaire aux besoins en eau (AEP, besoins des équipements) et à partir de 2040 on enregistre un déficit, estimé à 0.38 hm³.

L'évaluation qualitative des eaux souterraine de l'aquifère permet de dire que :

Les eaux sont caractérisées par une forte salinité et par la présence de trois faciès dominants, qui sont le chloruré calcique et le sulfaté calcique.

La répartition spatiale des éléments chimiques montre que le chimisme est fortement lié à la lithologie de la nappe, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations évaporitiques.

Conclusion

Conclusion générale

L'ensemble des résultats obtenus a permis de relever les faits suivants :

- La région de Robbah est l'une des zones d'Algérie où les ressources en eaux souterraines sont les seules ressources en eau exploitées, surtout durant les dernières années où l'Etat a pris conscience de la place suprême de l'agriculture par l'application de plusieurs programmes de développement ruraux et/ou agricoles.
 - Sur le plan climatique, la ville de Robbah appartient à un climat hyperaride caractérisé par un hiver froid et sec et un été chaud et sec.
 - Sur le plan géologique et hydrogéologique, est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du Continental Intercalaire, et des accumulations sableuses fluviolacustres de tertiaire continental.
 - D'après les résultats du dernier recensement de 2019, la zone de Robbah regroupe 29276 habitants, avec un taux d'accroissement de la population est de l'ordre de 2,778 %.
- Les potentialités des ressources mobilisées définies dans la région d'étude est de l'ordre de $67.14 \text{ hm}^3/\text{an}$,
- Les besoins domestiques ne dépassent pas les ressources mobilisées actuelles, donc il y a une satisfaction pour un volume mobilisé de l'ordre $4,07 \text{ hm}^3/\text{an}$, puisque entre 2020/2050, on enregistre un excédent, estimé en 2050 à $0,33 \text{ hm}^3$.
 - La norme utilisée pour l'irrigation est estimée en moyenne à $0,005 \text{ hm}^3 / \text{an} / \text{ha}$, ce qui nous donne un volume annuel de 6.455 hm^3 (pour 1291 ha), soit un débit de 204.69 l/s.
 - Les besoins agricoles ne dépassent pas les ressources mobilisées actuelles, donc il y a une satisfaction pour un potentiel mobilisé de l'ordre $63.07 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Finalement, ce travail effectué dans le cadre de cette étude est une contribution à une reconnaissance des facteurs physico-géographiques (géologie, pentes, morphométrie, couvert végétal, hydrogéologie ...), ainsi que ceux climatiques et hydrologiques, pour une meilleure compréhension et analyse des composantes de l'hydro-système de la région, et par conséquent de prévoir une politique de gestion plus rationnelle et une exploitation plus efficace de la ressource eau, afin d'assurer une meilleure protection de cet hydro-système aménagé qui nécessite la préservation de la qualité et de la quantité de l'eau particulièrement en période des basses eaux.

Nous terminerons par ces modestes recommandations :

La mise en valeur et la gestion de l'eau doivent avoir un caractère participatif et associer aussi bien les utilisateurs, que les planificateurs et les décideurs à tous les niveaux.

Conclusion générale

Il est recommandé de :

- élaborer une stratégie de l'eau préférant la mobilisation des eaux de surface (barrages et retenues collinaires) et l'exploitation rationnelle des eaux souterraines.
- augmenter la productivité de l'eau dans l'agriculture en limitant le gaspillage par l'introduction de nouvelles techniques d'irrigations (irrigation par le système goutte à goutte) et l'emploi des eaux usées récupérées et traitées.
- réorganiser et réhabiliter les réseaux de distribution suite à leurs vétustés.
- lutter contre les pertes très élevées par manque d'entretien ordinaire des installations des réseaux (réseau AEP, et AEA).
- établir un programme adéquat pour la distribution en eau potable d'une façon équitable dans les quartiers assurant une pression suffisante.
- Augmenter le taux de branchement surtout dans les zones éparses qui parfois ne bénéficient d'aucun apport.
- Pour une meilleure exploitation de l'aire d'irrigation de Robbah passe par un entretien permanent du réseau d'irrigation et le renforcement du volume mobilisé. Enfin, notre ambition est que l'Algérie comme tous les pays du monde puisse envisager une politique qui passera de la vision à l'action, par la mise en application d'un programme ou d'un plan d'action dont les objectifs vont en parallèle avec les recommandations qui font office de synthèse quant au consensus dégagé lors des conférences internationales récentes :
- Gérer l'eau pour tous les hommes et leurs descendants, en préservant l'environnement avec une politique de développement durable (Rio, 1992).
- Considérer l'eau comme un bien économique et social et prévoir son accès pour tous (Dublin, 1992).

*Référence
bibliographique*

Référence bibliographique

Référence bibliographique :

Bel. F., et Demargne F. 1966 : Etude géologique du Continental Terminal ; DEC, ANRH, Alger, Algérie, 24 planches, 22p.

Belabbes. M & Rahali. A. (1994) « Ressource en eau, inventaire et gestion dans la Daïra de Fillaoucène » Mém. Ing. Dép. Hydraulique Urbaine. Université de Tlemcen.

Fellah M. & Hamel M. (2000) « La ressources en eau dans la Commune de Ghazaouet ; Exploitation, distribution et rejet » Mém. Ing. Dép. Hydraulique Urbaine. Université de Tlemcen.

SELTZER P, 1946 « Climat de l'Algérie, Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie » Ed Imp. La Typo- et Jules Carbonnel Réunies.

Besbes, M. et Jarraya, H.F. 2007. Définition d'un réseau de surveillance piézométrique dusystème aquifère du Sahara septentrional. Sécheresse 2007 ; 18 (1) : 13-22

Boubir, H. M. N. et Abdallah, F. 2009. Le rôle des services et des investissements dans l'hypertrophie de la ville d'El Oued au bas Sahara algérien. Environnement Urbain/Urban Environment, vol. 3, p. c-1-c-18.

Bouselsal, B. et Kherici, N. 2014. Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (Sud-Est Algérie). Afrique Science, Vol.10, N°3, 1 septembre 2014.

Direction hydraulique de la wilaya d'El-Oued (2019) :Ressources en eaux de la région de Robbah.

DJEUDA TCHAPNGA H.B. ; TANAWA E., SIAKEU J. ET NGNIKAM E. (1998) . Contraintes sociales liées à la mise en place des périmètres de protection des ressources en eau dans les zones périurbaines et les petits centres des pays en développement. Communication présentée au IIème symposium International en gestion et technologie appropriées pour l'eau aux petits ensembles habités. Barcelone (Espagne), du 13 au 15 octobre 1998. 11p.

Khechana, S. 2014. Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyperaride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien). Th. Doctorat, Univ.de Annaba, 148 p.

Référence bibliographique

Meziani, A. et al. 2011. The Aquifer System of the Souf Valley Algerian Northern Sahara. European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.65 No.3, pp. 416-423.

Saibi, H. 2003. Analyse qualitative des ressources en eau de la vallée de l'oued Souf et impact sur l'environnement, région aride à semi-aride d'El-Oued (Qualitative evaluation of Oued-Souf valley water resources and their impact on the environment). Thesis, Houari Boumediene University, Algiers, Algeria, 200 pp

Subdivision de l'agriculture de la commune de Robah. 2017. Données Situation actuelle de l'alimentation en eau agricole dans la région d'étude

ZAIR Nadjat (2017). Caractéristiques hydrogéologiques des nappes aquifères dans la région d'Oum-El-Bouaghi. Problèmes d'épuisement et de la salinité de leurs eaux. Thèse doctorat en hydrogéologie, université d'Annaba.

ZINE, Brahim. 2009. La remontée des eaux souterraines en surface: mécanisme et l'impact sur l'environnement (Cas de Oued Souf). Mémoire magistère en hydraulique. Univ Batna. 145p.