

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH –OUARGLA-

—ooOoo—

Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Civil et d'Hydraulique

—ooOoo—

Mémoire
Présenté Pour L'obtention Du Diplôme De

MASTER

Filière: Hydraulique

Option: Forage d'eau

Thème:

**Contribution à l'étude de la qualité des eaux et l'évolution
Piézométrique de la nappe phréatique d'oued souf**

Le : 11/06/2014

Réalisé Par : - BENSEDDIK CHOUAIB

-AOUADI MED SALAH EL DDINE

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Université	Qualité
BEL MABDI AMAL	MAA	Kasdi Merbah de Ouargla	Président
FDAL MORAD	MAB	Kasdi Merbah de Ouargla	Examineur
LATIFI SABAH	MAB	Kasdi Merbah de Ouargla	Encadreur
MANSOURI I	MAA	Kasdi Merbah de Ouargla	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2013 /2014

REMERCIEMENTS

Nous remercions DIEU tout puissant, Maître des cieux et de terre, qui nous a permis de mener à bien ce travail.

Nos remerciements les plus sincères vont d'abord à notre encadreur Mme LATIFI SABAH auprès duquel nous avons trouvé une aide scientifique et pédagogique, pour leurs conseils précieux et leur aide.

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury

Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés, et spécialement la NARH

à tous nos collègues de travail et au personnel du département

De Génie Civil et d'Hydrolyque

L'Université Kasdi Merbah Ouargla



DEDICACES



Je dédie ce mémoire à :

Ma très chère mère

Mon très cher père

Mes frères et mes sœurs ;

A Toute la famille

et à Tous mes amis.

CHOUAIB





DEDICACES



Je dédie ce mémoire à :

Ma très chère mère

Mon très cher père

Mes frères et mes sœurs ;

A Toute la famille

et à Tous mes amis.

MED SALAH EL DDINE



SOMMAIRE		
INTRODUCTION		
CHAPITRE 01		
I.Situation géographique :	.....	3
I.1. Le relief de la région :	.....	4
I.2. Climat et végétation :	.....	5
I.3. Aperçu socioéconomique :	.....	5
II.Étude géologique	.....	6
II. 1. Géologie régionale :	.....	7
II.2. Géologie locale :	.....	8
II.3. Stratigraphie :	.....	8
II.3.1. Le secondaire :	.....	8
II.3.2. Le Tertiaire :	.....	10
II.3.3. Quaternaire :	.....	10
II.4. Interprétation des coupes géologiques :	.....	12
II.4.1. Coupe N°01	.....	12
II.4.2. Coupe N°02	.....	13
II.4.3. Coupe N°03	.....	13
III. CONCLUSION :	.....	14
CHAPITRE 02		
I. Introduction :	.....	16
II. Précipitation:	.....	16
III. Température:	.....	17
IV. Le vent:	.....	18
V. L'humidité :	.....	18
VI. La durée d'insolation :	.....	19
VII. La courbe pluvio-thermique :	.....	20
IX. Diagramme d'Emberger :	.....	21
X. Bilan hydrique :	.....	22
X.1. L'évapotranspiration:	.....	22
X.2. Les réserves facilement utilisables (RFU):	.....	24
X.3. Bilan hydrique :	.....	24
CHAPITRE 03		
I. Identification des systèmes aquifères d'El-oued :	.....	27
I.1. Présentation des nappes aquifères de la région d'El-Oued :	.....	27
I.1.1.Nappe libre :	.....	27
I.1.2. Nappes du Complexe Terminal :	.....	27
I.1.3 - Nappe du Continental Intercalaire (CI):	.....	29
II. Litho stratigraphie des nappes aquifères d'El-Oued :	.....	31
II.1.La nappe phréatique :	.....	31
II.2.Les nappes du complexe terminal	.....	31
II.3.La nappe du continental intercalaire :	.....	32
III. Les paramètres hydrodynamiques :	.....	33
IV. Piézométrie de la nappe phréatique :	.....	34
IV.1.Inventaire des points d'eau :	.....	34
IV.1.1 .Inventaire des points d'eau : janvier 2012	.....	37
VI. Etude de l'évolution piézométrique de la nappe phréatique de Oued Souf	.....	38
VI-1 Historique :	.....	38
VI.2 Etude de l'évolution piézométrique de la nappe:	.....	40
VI.2.1 Variation des niveaux piézométriques dans la période 2009 2010:	.....	40
VI.3 Fluctuation de la nappe phréatique entre 2010 et 2009 :	.....	44
V. Conclusion :	.....	45

I. Interprétation des résultats des analyses chimiques des éléments majeurs:	.....	47
I.1. Identification des faciès chimiques des eaux :	.....	47
I.1.1. Diagramme de Piper:	.....	47
I.1.2.Répartition des faciès chimiques :	.....	48
I.1.3. L'Aptitude des eaux de la nappe phréatique à l'irrigation :	.....	48
II. Cartographies des paramètres hydro chimiques :	.....	50
II.1.Carte de conductivité Juin 2011:	.....	50
II.2. Carte de Nitrate (NO_3^-):	.....	50
II.3. Carte de Nitrite (NO_2^-):	.....	52
II.4. Carte de potentiel d'hydrogène (pH):	.....	52
II.5. Carte de Résidu sec (R.S):	.....	53
II.6. Carte de Fluore (F}^-):	.....	54
III. Qualité microbiologique de l'eau:	.....	56
IV.Conclusion :	.....	57
Conclusion Générale	.....	60

liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques de la station de Guemmar (OMN : 2009).	16
Tableau 2: Précipitations moyenne mensuelles d'El Oued (2003/2012)	16
Tableau3:Températures moyennes mensuelles d'El-Oued (2003/2012)	17
Tableau 4: Vitesses moyenne mensuels des vents (2003/2012).	18
Tableau 5: Humidité relative moyenne mensuelle (2003 – 2012).	19
Tableau 6: la durée d'insolation moyenne mensuelle (2003 – 2012)	19
Tableau 7:Les données des précipitations et des températures moyennes mensuelles (2003-2012)	20
Tableau 8: Les valeurs mensuelles des K dans la région d'étude (OMN : 2012).	23
Tableau 9: Bilan hydrique de la station de El Oued (2003/ 2013) par la méthode de THORNTWAITE.	24
Tableau 10: tableau récapitulatif des systèmes aquifères d'el-oued	32
Tableau 11 : tableau récapitulatif des paramètres hydrodynamiques	34
Tableau 12 : Faciès chimiques et formules ioniques (juin 2011)	48

Liste des figures

Titre	Page
Figure.1 : Localisation géographique de la zone d'étude	04
Figure.2 : Carte géologique locale (d'après la carte dressée par Gouskov)	09
Figure.3 : Forage l'Albien (coupe d'après ANRH 1993).	11
Figure.4 : <i>Coupe</i> géologique N° 01	12
Figure.5 : <i>Coupe</i> géologique N° 02	13
Figure.6 : <i>Coupe</i> géologique N° 03	14
Figure7: histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2003-2012) d'El Oued.	16
Figure.8 : histogramme des températures moyennes mensuelles (2003-2012) d'Oued.	17
Figure.9 : Courbe de la vitesse moyenne mensuelle de vent (2003-2012) d'El Oued.	18
Figure.10: Courbe d'humidité moyenne mensuelle (2003-2012) d'El Oued	19
Figure.11: Courbe de la durée d'insolation moyenne mensuelle (2003-2012) d'El Oued.	20
Figure.12: Courbe Ombro-thermique d'El-Oued (2003/2012	21
Figure.13: diagramme d'Emberger de la station d'El-Oued (2003-2012)	21
Figure 14: Coupe Hydrogéologique de continental intercalaire (SONATRACH 1972)	30
Figure 15: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)	31
Figure 16 : positionnement des points des essais de pompage.2003	33
Figure 17 : Réseau de surveillance de la ville d'oued souf juin2011.	36
Figure 18 : La carte d'inventaire des points d'eau (Janvier 2012)	36
Figure 19 : La carte piézométrique (Janvier 2012)	37
Figure 20 : La nappe phréatique avant 1956.	38
Figure 21 : La nappe phréatique entre 1956. 1986	39
Figure 22 : La nappe phréatique après 1986	40
Figure 23 : Carte piézométrique de l'année 2009	42
Figure 24 : Carte piézométrique de l'année 2010	43
Figure 25 : Carte de la variation de la piézométrique entre 2010 et 2009	44
Figure 26: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe phréatique (juin 2011)	47

Liste des figures

Figure 27: Le diagramme de Richards des eaux de la nappe phréatique	49
Figure 28: carte de conductivité Juin 2011	50
Figure 29: la carte de Nitrates(NO3) Juin 2011	51
Figure 30: la carte de Nitrites (NO2) Juin 2011	52
Figure 31: carte de potentiel d'hydrogène (pH) Juin 2011	53
Figure.32: carte de Résidu sec (R.S) Juin 2011	54
Figure 33: Carte de Fluore Juin 2011	55

➤ **LISTE DES ABREVIATIONS :**

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques

CI: Continental Intercalaire

CT: Complexe Terminal

DE : Direction de L'environnement

ONA: Office National d'Assainissement.

ONM : Office National Météorologique.

SAU : Surface Agricole Utile.

STEP: Station d'Epuraton.

ENAGEO : Office Nationale Terminal

Abstract:

The region of the Oued Souf suffers the phenomenon of upwelling of the water table, which caused serious problems. The sewerage network covers only part of the city of El-Oued makes the dramatic situation.

The authorities of the province are currently conducting a sanitation network covering the city and its various municipalities and will probably be operational in the coming years. At currently an area in the north-east of the city of El-Oued, was laid for water drainage system (to fold the sheet) and wastewater is discharged directly without any treatment. With this in mind the present study deals with the hydrogeological aspect of unconfined Oued Souf and especially risks of pollution of the area and its influence on groundwater in the unconfined aquifer. A few hydro chemical measurement was made during the year 2011 dont objective is to define the influence of pollution of the discharge area on the water table by the establishment of representative cards. These have shown that the land has a high assimilative power that significantly reduces pollution of organic origin effects. Levels of certain natural major elements (Na⁺, Ca⁺⁺, SO₄⁻, Cl⁻.....) are high which poses a serious problem for the ability of these waters especially for ASP. Keywords: aquifer, Oued Souf, organic, rejection and reassembled buckets

Résumé :

La région de l'Oued Souf souffre du phénomène de la remontée des eaux de la nappe libre, qui causée graves problèmes. Le réseau d'assainissement qui ne couvre qu'une partie de la ville d'El-Oued rend la situation plus dramatique.

Les autorités de la wilaya sont en train de réaliser un réseau d'assainissement couvrant la ville et ses différentes communes et qui sera probablement opérationnel dans les années à venir. A l'heure actuelle une zone, située au Nord-Est de la ville d'El-Oued, a été aménagée pour que les eaux de drainage (système pour rabattre la nappe) et les eaux usées soient déversées directement sans aucun traitement préalable. Dans cet esprit la présente étude traite de l'aspect hydrogéologique de la nappe libre de l'Oued Souf et plus particulièrement des risques de pollutions de cette zone et de son influence sur les eaux souterraines de la nappe libre. Une campagne de mesure hydro chimique a été faite durant l'année 2011 dont l'objectif serait de définir l'influence de la pollution de la zone de rejet sur la nappe libre par l'établissement des cartes représentatives. Ces derniers ont montré que le terrain a un pouvoir autoépuration élevé ce réduit considérablement les effets dépollution d'origine organique. Les teneurs de certains éléments majeurs naturels (Na⁺, Ca⁺⁺, SO₄⁻⁻, Cl⁻.....) sont élevées ce qui pose un sérieux problème pour l'aptitude de ces eaux surtout pour l'AEP. Mots clés : nappe aquifère, Oued Souf, pollution organique, rejet et remonté de seaux.

INTRODUCTION GÉNÉRALE :

Pendant longtemps, l'eau a été considérée comme un bien naturel, un « don du ciel » gratuit, d'exploitation facile, bon marché et, pour ainsi dire sans valeur.

Pour être considérables, les ressources en eau ne sont malheureusement pas sans limites et l'Algérie qui l'on peut considérer comme un exemple d'un pays où l'eau manque, a connus, depuis que, la consommation augmentant, en relation avec le développement démographique et industrielle énormes problèmes, ce qui nécessite de prendre conscience du problème de l'eau et adopter une politique qui permette de lui trouver une solution.

Le problème de l'eau est inquiétant en réalité, non seulement si on le considère du point de vue quantité, mais encore, et davantage peut-être, sous l'aspect de la qualité.

Il ne semble pas, en effet, qu'il soit possible d'accroître sensiblement les ressources en eau naturelle : sources, puits et forages ; pratiquement tout ce qui était intéressant a été capté.

Force est donc de recourir, tant pour l'eau potable que pour l'eau industrielle, aux eaux de surface eaux de rivières et de lac. Ces dernières, encore relativement propres a un temps pas très loin, sont malheureusement exposées de plus en plus à la pollution, sous la forme de rejets d'effluents industriels ou domestiques, et deviennent progressivement impropres à tout usage, sans un traitement préalable pouvant être compliqué et souvent onéreux.

Les nappes aquifères n'échappent pas, en outre, à cette contamination générale. On voit donc qu'un cercle vicieux s'amorce dans lequel le besoin et l'usage de l'eau croissent, tandis que, par effet de « boomerang », la pollution des eaux encore disponible s'aggrave dangereusement.

Assurer une bonne alimentation en eau ne suffit donc plus : il faut éviter aussi que l'eau après usage, dite eau usée, contamine l'eau naturelle des nappes souterraines, des rivières et des lacs, la rendant ainsi impropre à la consommation et à l'utilisation industrielle.

Il s'avère donc de plus en plus nécessaire de contribuer à la réalisation d'un double programme, consistant à conserver et à protéger l'eau et, pour cela, une meilleure connaissance sur le plan analytique de la pollution des rejets industriels et urbains est indispensable.

La wilaya d'Oued Souf est un vais exemple de l'existence de l'eau, mais malheureusement impropre, a cause de la mauvaise gestion de ces ressources, et l'absence d'un programme d'assainissement pour évacuer les eaux usées et protéger les ressources souterraines contre la pollution, surtout que Oued Souf est une région saharienne, et est dépourvue d'un vrai exutoire naturel.

INTRODUCTION GÉNÉRALE :

Oued Souf a connue un phénomène très dangereux sur les plans environnemental et sanitaire c'est le phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique.

Les premières apparitions de ce phénomène remontent à l'année 1969 et ont pris de l'ampleur dans les années quatre vingt, ceci s'explique par une forte expansion démographique et un développement urbain très rapide et anarchique venant perturber l'équilibre naturel qui existe auparavant, Aussi les prélèvement d'importante quantités d'eau des nappes profondes 430 millions de m³ mobilisé en 2004 (ANRHS 2005).

L'utilisation accrue et incontrôlée de la ressource particulièrement dans le secteur agricole surtout par l'irrigation traditionnelle (sbmerssion, raie, etc...) dépassant de loin les normes de l'apport d'eau par hectare pour les palmeraies. Ce qui a entraîné l'apparition de ce phénomène dans plusieurs zones de la wilaya. Le gaspillage de la ressource est également remarqué par la dotation journalière par habitant qui est très élevée et qui dépasse largement les normes de consommation.

La réunion de tout ces causes est le résultat de plusieurs conséquences sur l'environnement, la santé publique (maladies à transmission hydriques), et sur l'aspect économique (des milliards de dinairs sont investis pour trouver une solution adéquate).

Dans cette optique ce travail a été axé principalement sur l'aspect qualitatif de ces eaux par la détermination des origines probables de la pollution surtout dans la zone de rejet à El-Oued. En mettant sur pied le plan de travail suivant :

- La première partie est consacrée à l'identification naturelle de la zone d'étude, en définissant la région, et en présentant les caractéristiques géologiques
- La deuxième partie les caractéristiques hydroclimatologie
- La troisième partie traite de l'hydrogéologie de la nappe libre phréatique d'Oued Souf
- La quatrième partie traite de l'hydrochimie de la nappe phréatique d'Oued Souf

INTRODUCTION GÉNÉRALE :

Chapitre I
**PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA
ZONE D'ÉTUDE**

Introduction

La wilaya d'El Oued se trouve au Sud-est de la république Algérienne démocratique et populaire.

Elle devint une commune depuis 1957, une wilaya depuis janvier 1984 ce découpage a pour but de faciliter les conditions de vie sociale, culturelle, professionnelle et de limiter les difficultés dues à l'isolement, aujourd'hui elle se repose sur une superficie égale à 44586 km² divisé en 30 communes avec une population de 679064 habitants et une densité de 15,23 hab/km², le taux d'accroissement de population égale à 3,4‰ selon le recensement de l'ONS de 2008

I. Situation géographique :

La ville d'Oued Souf, la commune la plus agglomérée, est le chef lieu d'El-Oued, l'une de principales oasis du Sahara septentrional Algérien dans l'Erg oriental. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à environ 700 Km au Sud-est d'Alger et à 350 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie), au Nord-est du Sahara septentrional. La ville couvre une superficie totale de 40 km².

La wilaya est limitée :

- au Nord par la wilaya de Khenchela.
- au Nord-est par la wilaya de Tébessa.
- au Nord-ouest par la wilaya de Biskra.
- à l'Ouest par la wilaya de Djelfa.
- au Sud et à l'Ouest par la wilaya d'Ouargla.
- à l'Est par la Tunisie.

Quant à elle, La ville d'El Oued est limitée au Nord par la commune de Kouinine, au Sud par la commune de Bayadha, à l'Est par la commune de Trifaoui et à l'Ouest par la commune de Oued Alenda (Fig.1).

Cette ville s'étend entre les coordonnées (UTM, Clarck 1880) suivantes:

X = 298000 m ; Y = 3690000 m

X = 304000 m ; Y = 3698000 m

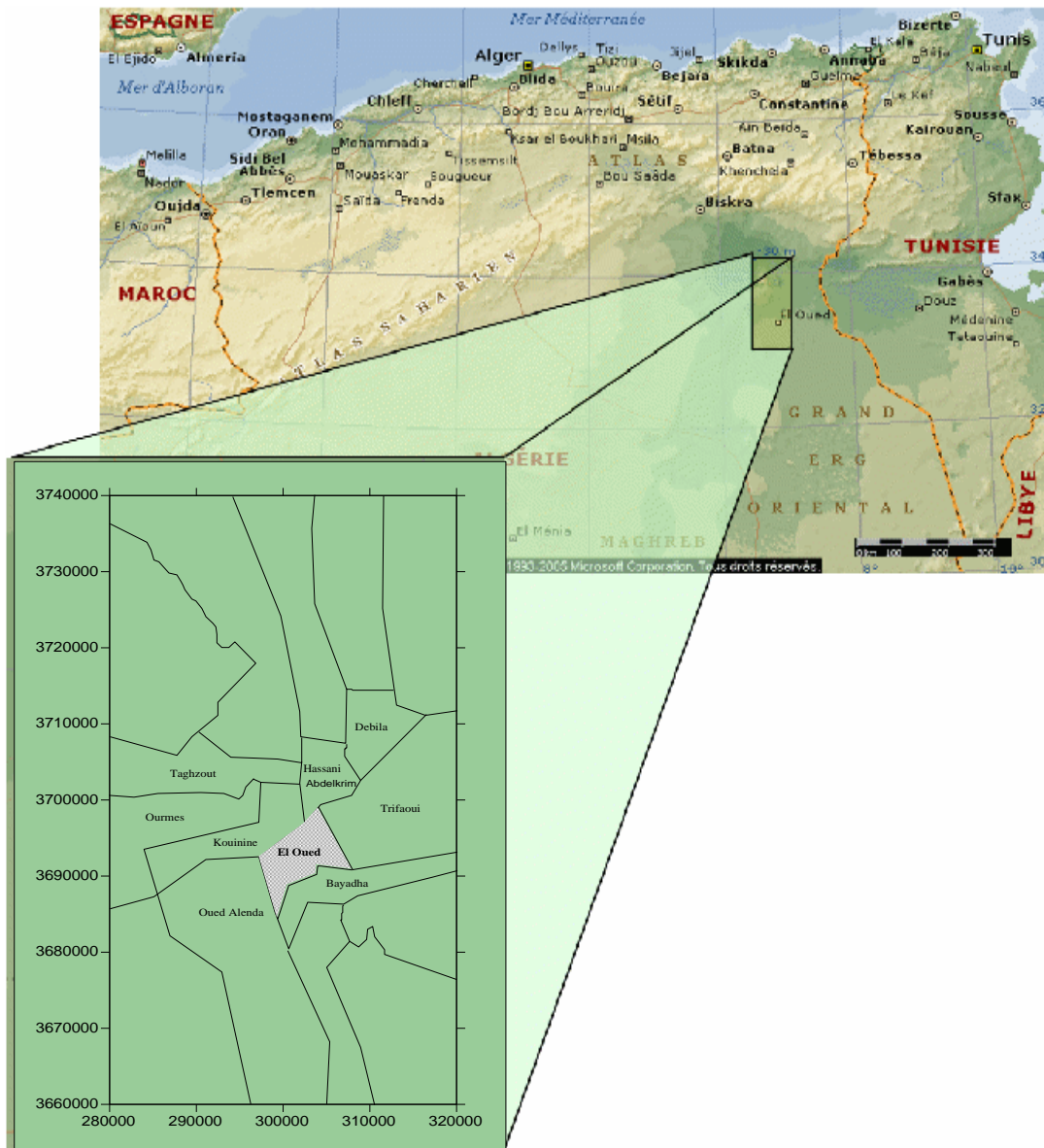


Figure.1 : Localisation géographique de la zone d'étude

I.1. Le relief de la région :

Les reliefs de la région sont formés essentiellement par trois formes principales :

- Une zone sableuse qui se présente sous un double aspects l'Erg et le Sahara.
- Une forme de plateau rocheux qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et crêtes rocheuses.
- Une zone de dépression caractérisée par la présence de chotts qui plonge vers l'Est.

La région de Souf se trouve dans la partie Nord de grand Erg oriental qui se caractérise par

un ensemble des dunes de sable d'origine continentale et d'âge quaternaire ces dunes sont déposées longitudinalement portant le dénomination du (SIF ou SABRE) dépassent parfois 60m de hauteur entre les cordons dunaires se forment les plateaux déprimés souvent assez étendus et parfois caillouteux ou recouverts par les vieilles formations d'encroûtements gypseux du Quaternaire.

I.2. Climat et végétation :

La région d'étude est caractérisée par un climat Saharien avec un été chaud et sec et un hiver doux, les précipitations sont très faibles, par contre la température est élevée et qui dépasse parfois les 45°C. Ce qui conduit à une évaporation intense et une humidité relative plus importante en hiver qu'en été.

Notons que les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulière des vents et de leur violence. Toutes ces conditions climatiques vont influencer énormément la végétation qui est quasi inexistante sauf quelques plantes qui s'adaptent au climat Saharien tel que Halfa, Harra et surtout les palmiers dattiers.

I.3. Aperçu socioéconomique :

Le palmier dattier est la principale culture dans la région. Elle occupe 47% des travailleurs de ce fait l'existence et l'exploitation des nappes est non seulement importante mais vitale pour la région. L'élevage est limité à quelques Chèvres alimenté par la datte sèche de qualité non marchande.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

Introduction :

La géologie de Sahara algérien est caractérisée par quatre grands ensembles :

- le bouclier du Hoggar et de la dorsale.
- La couverture paléozoïque du socle Rguiba.
- Le domaine de plate forme Saharienne.
- Les formations récentes (Erg Hamada).

La région d'El-Oued appartient au domaine de la plate forme Saharienne ; elle est située dans le bas-Sahara oriental. Dans le cadre des études de reconnaissance géologique du Sud de l'Algérie, plusieurs auteurs ont étudié la région parmi eux nous citons:

- N.GOUSKOV en 1948.
- CORNET 1964, BEL et CUCHE 1968.
- G.BUSSON en 1970 « étude en détail du mésozoïque saharien ».
- G.FABRE en 1976 « étude géologique du Sahara algérien ».
- Parmi les études récentes, il y a celles réalisées par SONATRACH et ENAGEO.

II. 1. Géologie régionale :

La région d'étude fait partie du bassin du Sahara septentrional de l'Algérie ou plus précisément du bassin oriental.

Le bassin oriental limité à l'Ouest par la dorsale du M'Zab au Sud par les Hamadas du Tademaït et de Tinghert se prolonge en Libye à l'Est par les plateaux du Dahar Tunisien, au Nord par les monts des Aurès et des Nememcha.

La région se présente comme une vaste cuvette ouverte vers le Nord. Ses bordures de hauteur modeste s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée matérialisée par l'axe SSW-NNE des oueds Mya et Righ, vers le Nord au contraire dressé au dessus d'une dépression longitudinale occupée par des Chotts et dont le fond est inférieur au niveau de la mer.

Dans sa moitié Sud, ce synclinal est traversé par un grand axe anticlinal Nord – Sud, siège de plusieurs gisements pétroliers, c'est le haut fond d'Amguid-El Biod. Cet axe n'est plus apparent dans les formations du Miopliocène se superposent à l'ancien haut fond. Dans le bassin du Sahara oriental une second zone haut a existe du Cénomaniien au Miopliocène entre Hassi Messaoud et la frontière Tunisienne. Cette structure est orientée Est-Ouest elle sépare la

fosse des Chotts au Nord du reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de la région.

Le long du versant Sud de l'Atlas existe une immense fosse de subsidence dans la quelle l'épaisseur maximum des sable et Argiles de l'Oligocène et du Miopliocène serait d'environ 2000 mètres, l'épaisseur maximum des séries post Albiennes serait d'environ 3000 mètres. Divers indices (conglomérats pliocènes) redressés à la vertical terrasse Quaternaire ancien à 20 mètres au-dessus du lit actuel des oueds dans la région de Negrine et ferkane. Indiquant que cette région est toujours tectoniquement active.

II.2. Géologie locale :

Les formations des dunes éoliennes, atteignant des dizaines de mètres de hauteur, couvrent la zone d'étude. Au dessous se trouve des formations continentales du Quaternaire représentés par une croûte constituée d'un mélange d'évaporites, sables et argiles, formant une couche plus au moins tendre, et qui est utilisée par les habitants dans la construction des maisons et l'aménagement de pistes.

II.3. Stratigraphie :

D'après les logs litho stratigraphiques des différents forages réalisés sur la région on ; on constate que les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre. De bas en haut on distingue les formations suivantes :

II.3.1. Le secondaire :

II.3.1.1. Le Barrémien capté à partir de 1619m (coupe de sondage F1), présente une alternance de grès et d'argiles avec des intercalations de calcaires dolomitiques et de sables avec du silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 231m.

II.3.1.2. L'Aptien constitué des formations dolomitique marneuses et marnocalcaires d'après la coupe géologique de forage F1 on remarque que l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30m.

II.3.1.3. L'Albien constitué de marnes, de grès, de calcaires avec quelques passages d'argile et de silex. Son épaisseur est de l'ordre de 90m.

II.3.1.4. Le Vraconien c'est en fait un étage de transition entre l'Albien et le Cénomaniens argilo- carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance de calcaires et de calcaires argileux. On rencontre aussi quelques passages de dolomies compactes microcristallines avec des intercalations d'argiles.

II.3.1.5. Le Cénomaniens d'après les logs des forages, est forme d'anhydrites à passage de calcaires et marnes, et d'intercalation d'argiles, constitue la limite inférieure des calcaires, des

marnes, des Dolomies et d'argiles. Le Cénomaniens joue le rôle d'un écran imperméable car il sépare le CT du CI.

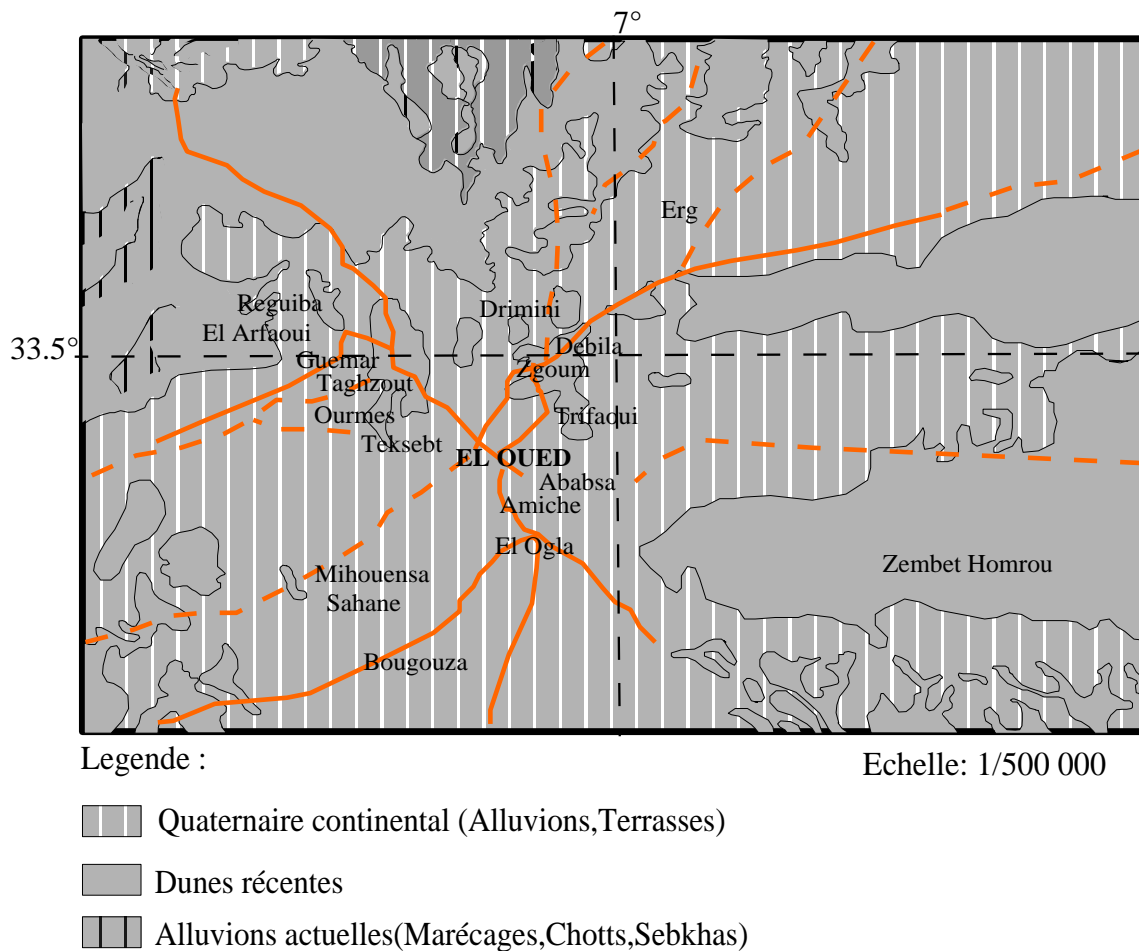


Figure.2 : Carte géologique locale (d'après la carte dressée par Gouskov)

La limite supérieure est caractérisée par l'apparition d'évaporites et de calcaire correspondant à la limite inférieure du Turonien.

II.3.1.6. Le Turonien est également carbonaté et il est constitué par des dolomies microcristalline compactes avec des intercalations de calcaires légèrement dolomitiques. Son épaisseur varie d'un endroit à l'autre et dépasse parfois les 650m.

II.3.1.7. 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'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base, l'autre au Sénonien carbonaté qui représente la partie supérieure.

Sénonien lagunaire : Le passage du Turonien au Sénonien lagunaire est caractérisé par l'apparition d'un faciès évaporitique avec des argiles qui totalement différent de celles du

Turonien. Il est représenté par les anhydrites blanches massives et dures avec quelques passages de dolomies gris clair et des intercalations de calcaire. Son épaisseur est d'environ 270m.

Sénonien carbonaté : La limite inférieure est caractérisée par une alternance de dolomies, d'anhydrite et de calcaire argileux, qui correspondent au toit du Sénonien lagunaire. La limite supérieure est marquée par une alternance de marnes et de calcaires compacts. Son épaisseur dépasse parfois les 300m.

II.3.2. Le Tertiaire :

Les forages qui ont été réalisés captent la quasi-totalité des séries tertiaires.

II.3.2.1. L'Eocène il existe une continuité du point de vue lithologique entre l'Eocène et le Sénonien carbonaté surtout pour la limite inférieure qui coïncide avec le toit du Sénonien. Sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. D'après les logs des forages réalisés dans la région on observe une alternance de calcaires fissurés et marne. On note aussi l'existence de calcaires jaunes compacts. Selon l'analyse du forage F9 (région d'Amiche) l'épaisseur varie entre 150 et 200m.

II.3.2.2. Le Mio-pliocène repose en discordance sur la dernière couche éocène. D'après la colonne lithostratigraphique, le Mio-pliocène est caractérisé par un empilement de niveaux sableux à la base et des sables argileux avec des intercalations gypseuses, marneuses et de passage de grès à son sommet.

II.3.3. Quaternaire :

Il est représenté sous forme de dunes récentes et mélange de grès beiges ou blanchâtres, de sable fins à moyens de couleur beige et de paillettes de gypse. Son épaisseur varie de 39 à 67m.

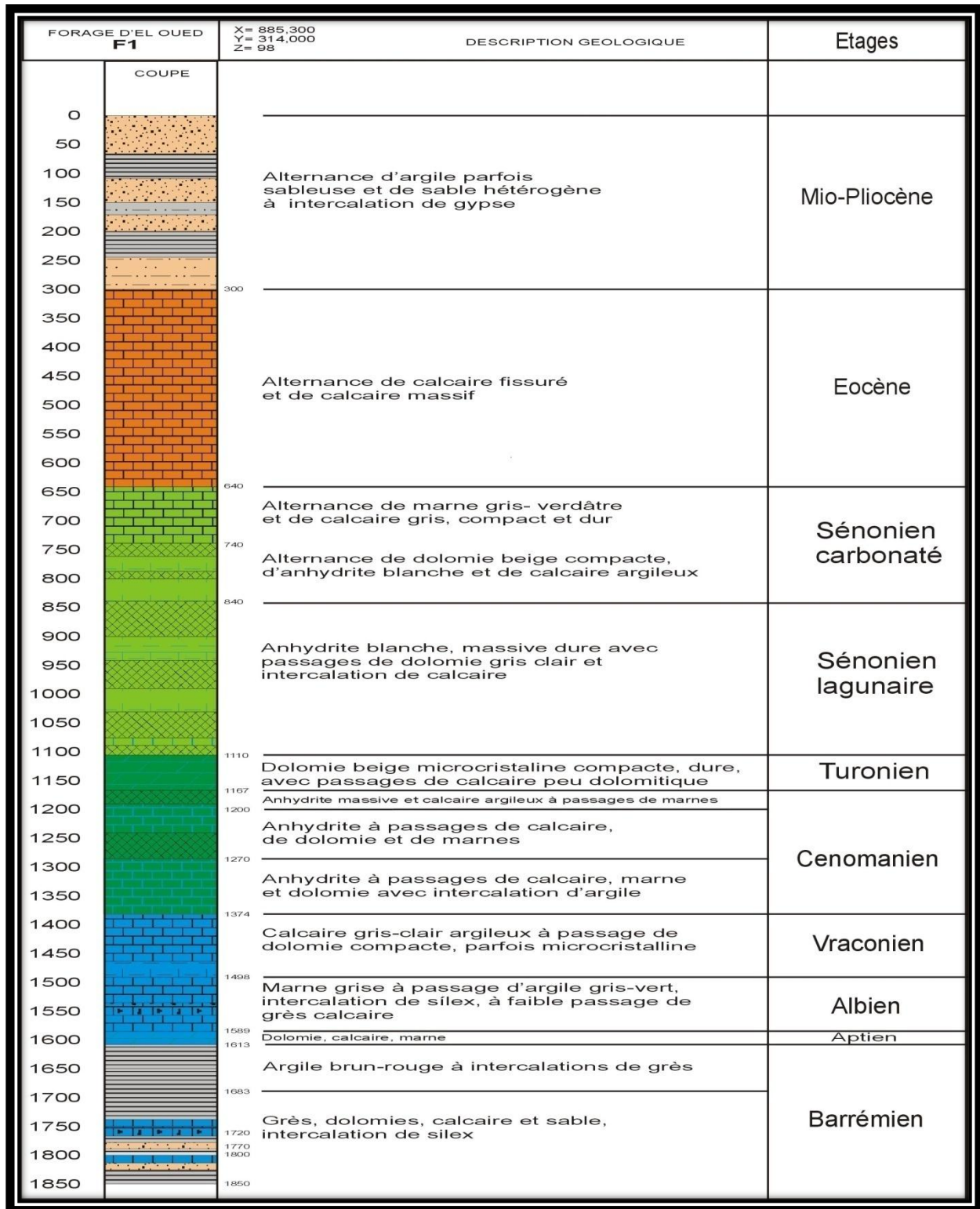


Figure.3 : Forage l'Albien (coupe d'après ANRH 1993).

II.4. Interprétation des coupes géologiques :

Ces coupes orientées Nord –Sud (Figure 4), Nord –Est, Sud –Ouest (Figure 5), Nord – Ouest, Sud –Est (Figure 6) ; ont pour objectif, d'une part d'établir une corrélation lithologique du sous –sol, d'autre part d'identifier l'extension géographique ainsi que l'épaisseur utile de la nappe phréatique de la région.

II.4.1. Coupe N°01 (Figure 4) : D'après cette coupe orientée Nord –Sud, faite sur la base des coupes des 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. Quant au quaternaire, il correspond à des formations sableuses qui sont parfaitement absentes au Nord puis elles s'épaississent vers le Sud ; ce manque ne peut être expliqué que par l'effet d'une érosion éolienne, (voir H12.32 et H12.23). L'Eocène inférieur n'apparaît qu'au nord vu sa grande profondeur.

Coupe corrélatrice extraite à partir des logs lithologiques des forages

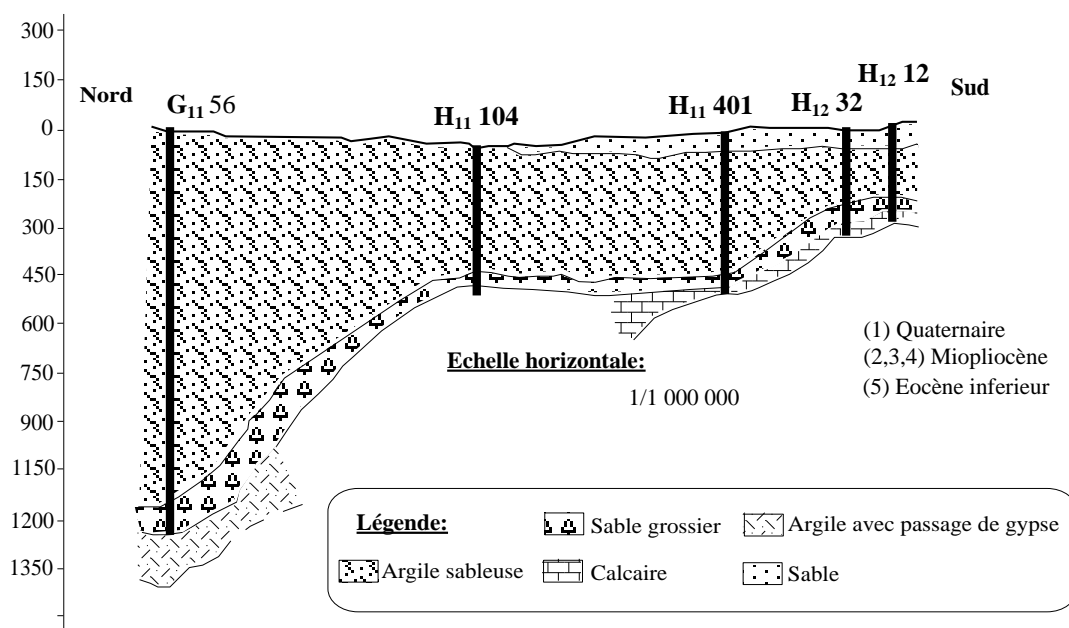


Figure4 : Coupe géologique N° 01(DROUICH 2008)

II.4.2. Coupe N°02 (Figure 5) : En allant de la région dite Merzaka de la coupe vers Ourmes, on remarque au niveau du forage (H12.52), l'absence du quaternaire, Ceci ne peut être expliqué que par l'effet d'une érosion éolienne, de plus, son épaisseur change 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) tandis que les formations Miopliocène sont caractérisées par une épaisseur considérable (plus de 200m). Cette dernière devient régulière sur tout le reste de la région.

Coupe corrélatrice extraite à partir des logs lithologiques des forages

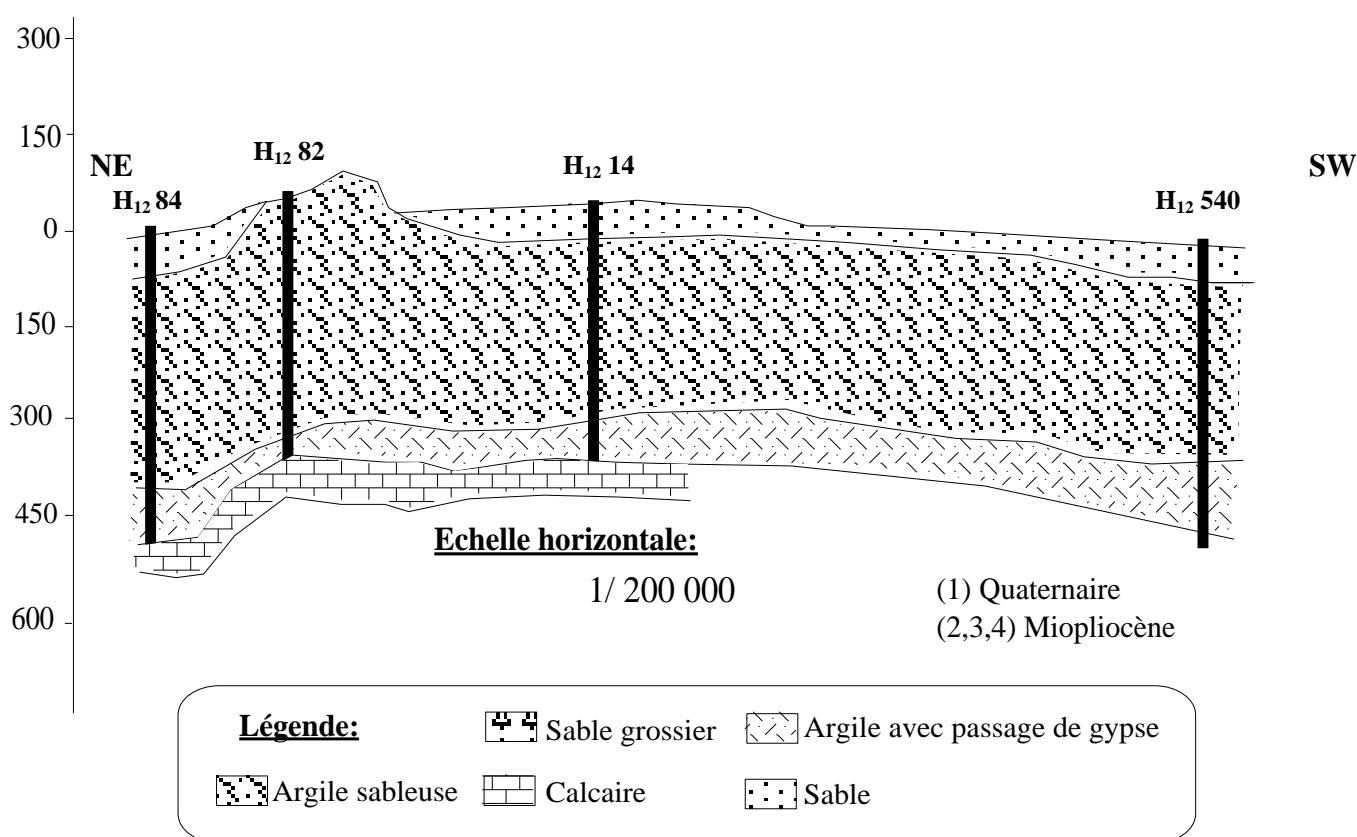


Figure5 : Coupe géologique N° 02(DROUICH 2008)

II.4.3. Coupe N°03 (Figure 6) : La coupe N°03 est différente des autres surtout du point de vue « biseautages » résultant d'un évènement paléogéographique. Cette situation est bien visible dans les quatre premiers forages. Quant aux formations quaternaires, on constate que leur épaisseur est plus importante au Nord –Ouest qu'au Sud –Est (voir H11.583 et H12.63).

Coupe corrélatrice extraite à partir des logs lithologiques des forages

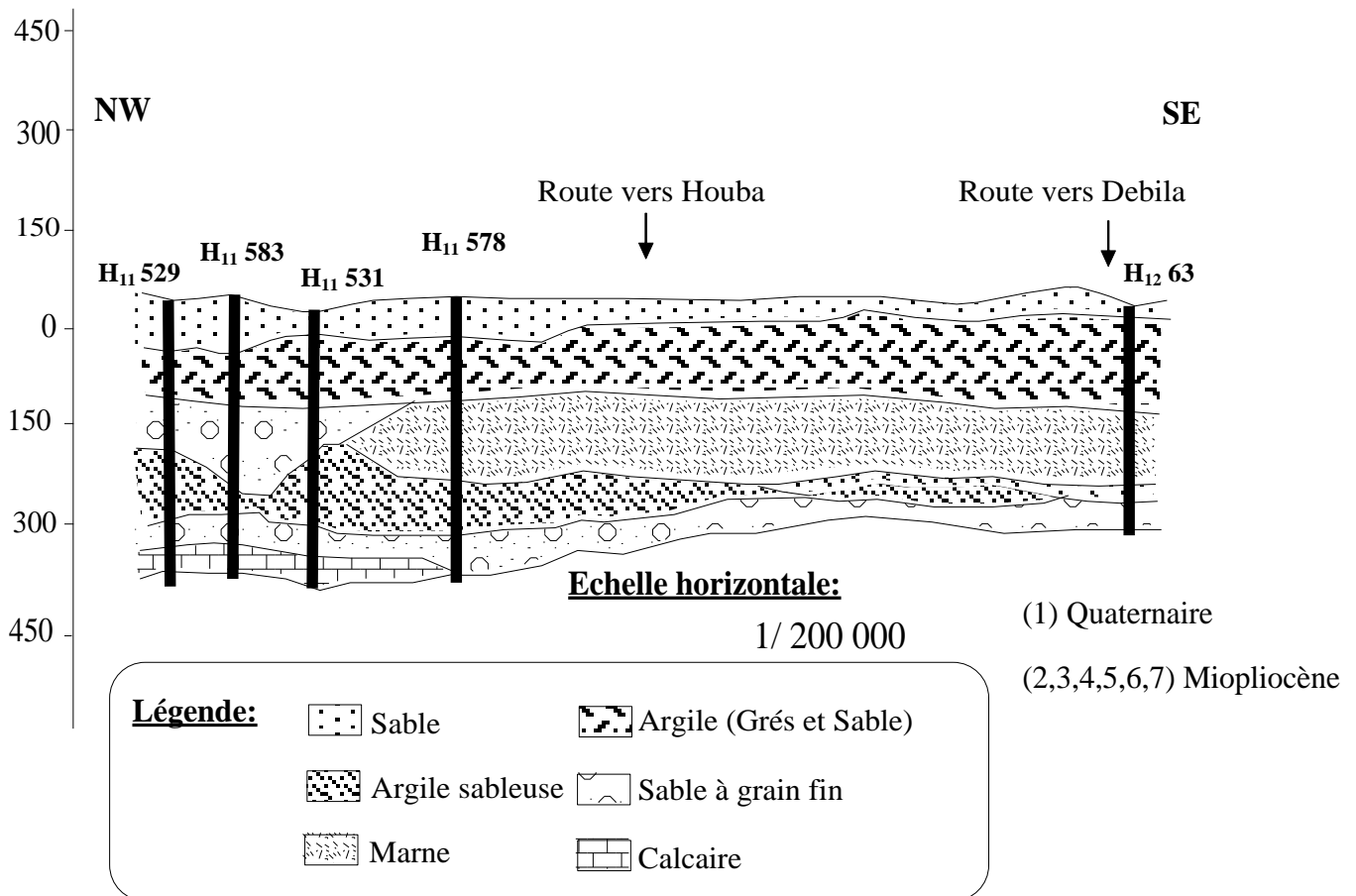


Figure6: Coupe géologique N° 03(DROUICH 2008)

II.5. CONCLUSION :

A partir de cette étude, nous constatons que la région a 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 caractérisée par des séries sédimentaires allant de Crétacé inférieur jusqu'au dépôt 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 dans la partie Nord-Est où il se termine par une croûte gypseuse, son substratum est argileux imperméable parfois très peu sableux à son sommet ou alors gypsifère en totalité.

Chapitre II
**HYDROCLIMATOLOGIE DE LA ZONE
D'ÉTUDE**

I. Introduction :

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

Les données climatologiques que nous allons traiter relevées de l'Office National Météorologique d'El-Oued (ONM). Sont réparties sur une période de 10 ans.

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

Tableau 1 : Caractéristiques géographiques de la station de Guemmar (OMN : 2009).

II. Précipitation:

Selon les données, nous avons établi la courbe de variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations ; Figure (7), Tableau (2). On constate que :

Le mois de janvier est le plus arrosé avec 31.5 mm, et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,20mm. La moyenne annuelle interannuelle est d'ordre de 96.4mm.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
P (mm)	8.66	5.23	18.7	8.11	31.5	2.17	6.63	9.32	1.83	1.25	0.20	2.80

[www.tutiempo.next\(2013\)](http://www.tutiempo.next(2013))

Tableau 2: Précipitations moyenne mensuelles d'El Oued (2003/2012).

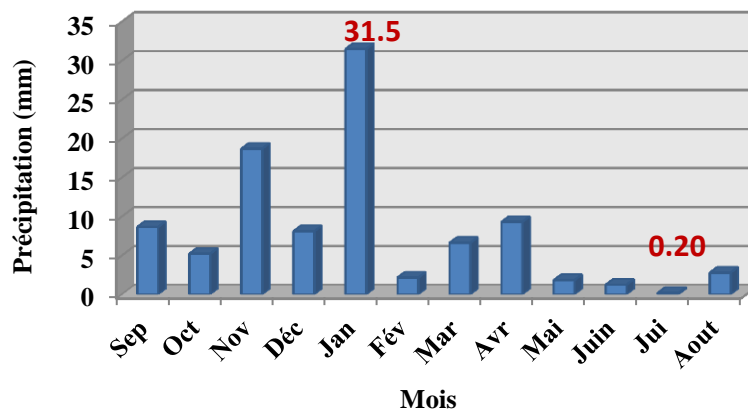


Figure7: histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2003-2012) d'El Oued.

III. Température:

Les températures moyennes journalières oscillent entre 11.2 et 34.7°C à l’ombre pendant l’été. Durant la période allant de 2003 à 2012, la moyenne mensuelle des températures est 22.56°C. D’après le tableau (3) et le figure (8) des variations moyennes mensuelles des températures on conclut que: La température moyenne mensuelle est maximale au mois de Juillet avec une valeur d’ordre de 34,7°C et minimale au mois de Janvier avec une valeur d’ordre de 11,2 °C.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
T(c°)	28.9	23.8	17.2	12.1	11.2	13	17.15	21.5	25.85	31.35	34.7	34

[www.tutiempo.net\(2013\)](http://www.tutiempo.net(2013))

Tableau3:Températures moyennes mensuelles d'El-Oued (2003/2012)

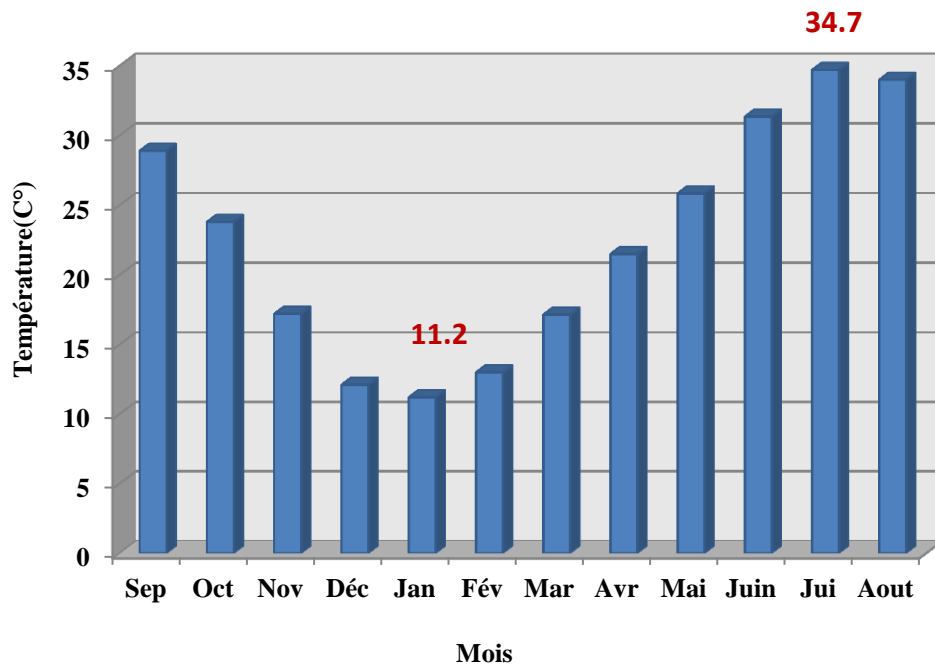


Figure.8: histogramme des températures moyennes mensuelles (2003-2012) d'Oued.

IV. Le vent:

Les vents sont fréquents dans la région, surtout en période printanière, le vent maximum atteint ses valeurs maximales durant la période de Avril à Mai avec des vitesses de 12.3 à 11.5 m/s avec une dominance de direction Nord – Nord Est et Est-Ouest (statistiques de 2003 à 2012).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Vitesse (m/s)	5.2	3.3	4.1	3.5	6.5	7.5	6.6	12.3	11.5	0	0	3.7

Tableau 4: Vitesses moyenne mensuels des vents (2003/2012).

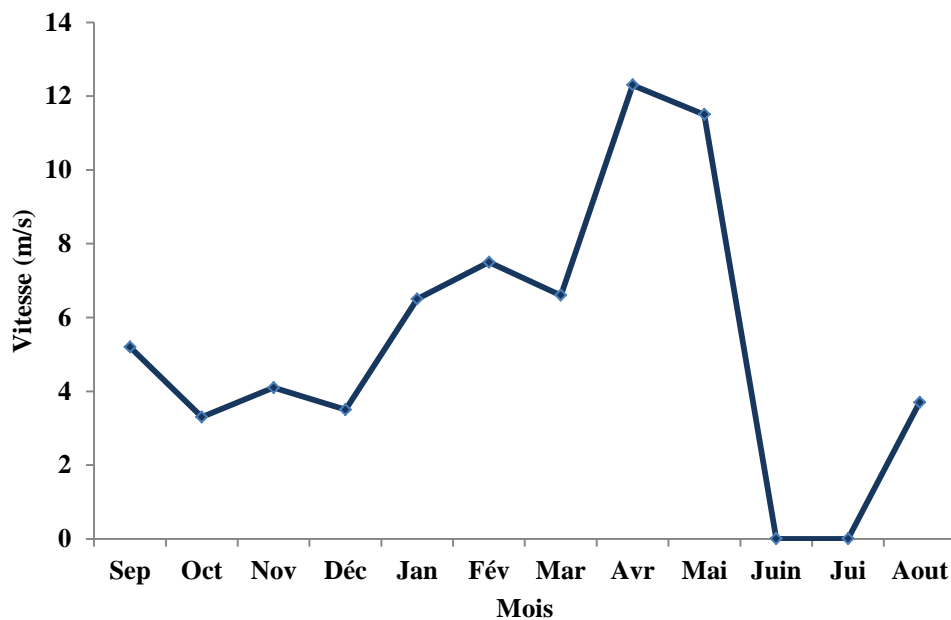


Figure.9 : Courbe de la vitesse moyenne mensuelle de vent (2003-2012) d'El Oued.

V. L'humidité :

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l'oxydation. L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau ci-dessous où on remarque un minimum enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 25 % et un maximum

enregistré pendant le mois de janvier avec une valeur de 55.7 %. L'humidité relative est de 54.76 % en hiver et de 25.4 % en été.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Humidité %	33,7	45,1	53,2	55,4	55,7	47	43,0	34,9	31,0	25,4	25,0	25,8

Tableau 5: Humidité relative moyenne mensuelle (2003 – 2012).

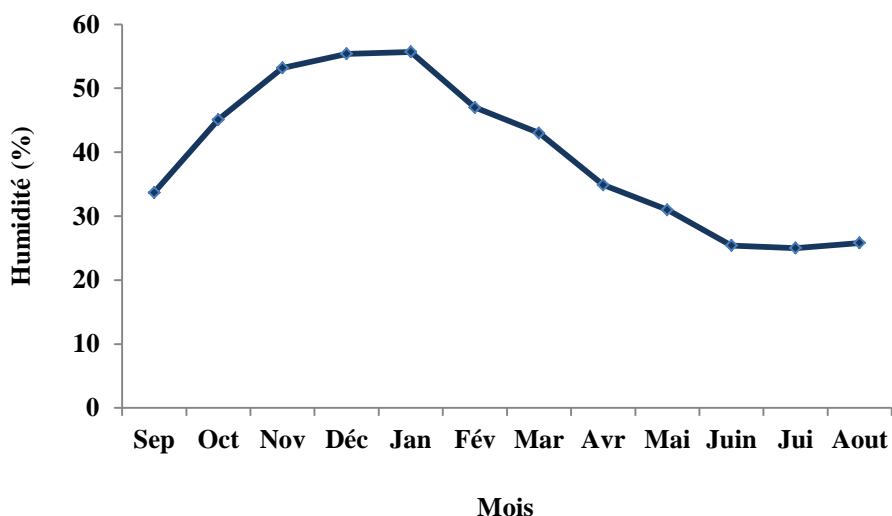


Figure.10: Courbe d'humidité moyenne mensuelle (2003-2012) d'El Oued.

VI. La durée d'insolation :

La région d'El-Oued reçoit une quantité de lumière solaire relativement très forte, le maximum est atteint au mois de Juillet avec une durée d'insolation de 353.29 heures et le minimum enregistré au mois de Décembre avec une durée de 227.35 heures.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Insolation (heure)	271.2	257.14	277.61	227.35	238.15	247.23	275.85	283.75	307.06	344.21	353.29	323.19

Tableau 6: la durée d'insolation moyenne mensuelle (2003 – 2012)

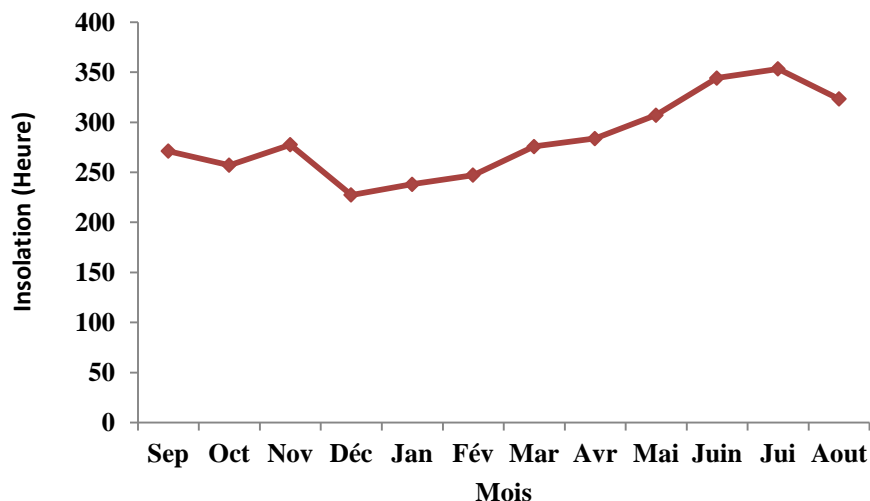


Figure .11: Courbe de la durée d'insolation moyenne mensuelle (2003-2012) d'El Oued.

VII. La courbe pluvio-thermique :

Suivant Gaussen et Bagnols (in Rkiouak, 1996), un mois est dit sec lorsque $P < 2T$ avec P la précipitation et T la température. La variation de ces deux paramètres au cours d'une année hydrologique moyenne est figurée sur le diagramme Ombro-thermique (Fig. 12). D'après la figure nous remarquons que la station d'El Oued présente une seule période sèche qui s'étale sur toute l'année sauf le mois de Janvier où les précipitations dépassent le double de température ($P > 2T$).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	8,66	5,23	18,7	8,11	31,5	2,17	6,63	9,32	1,83	1,25	0,20	2,80
T (°c)	57,8	47,6	34,4	24,2	22,4	26	34,3	43	51,7	62,7	69,4	68

Tableau 7: Les données des précipitations et des températures moyennes mensuelles (2003-2012)

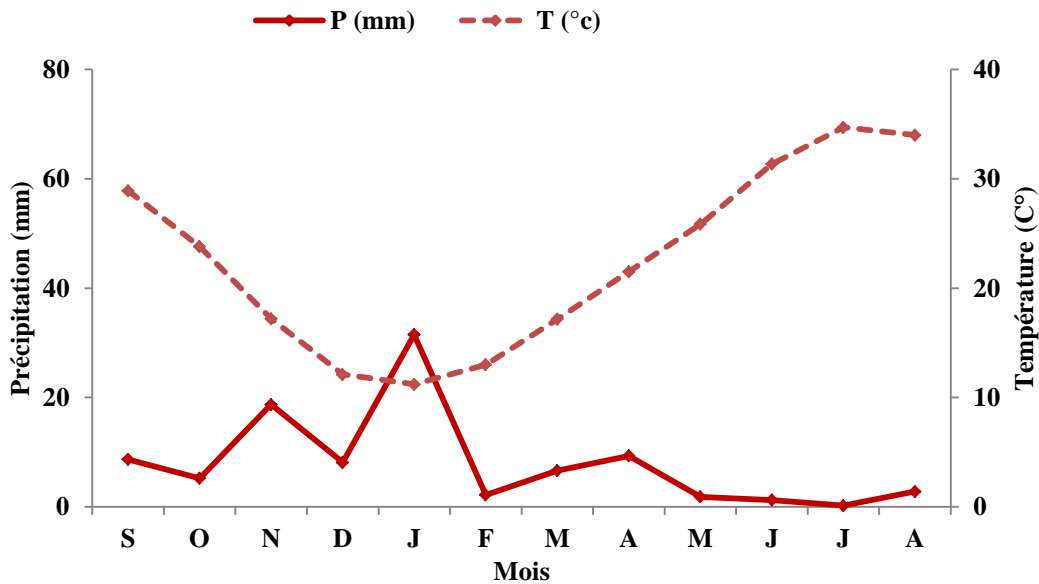


Figure .12: Courbe Ombro-thermique d'El-Oued (2003/2012)

IX. Diagramme d'Emberger :

Pour préciser le climat de la région nous employons le “climat gramme” de L.Emberger (figure. 13) sur lequel nous avons reporte les données relatives a la station d'El Oued avec en abscisse la moyenne des minima de la saison froide en (°C) et en ordonnée Q donne par la formule suivante :

Le facteur d'Emberger est déterminé par la relation suivante : $Q = 3,43 \times P / (M-m)$

Où : Q : facteur des précipitations d'Emberger

P : précipitations annuelles (mm)

M : la température du mois le plus chaud (°C)

m : la température minimale du mois le plus froid (°C)

D'après les données de la période de 9 ans on a : $P=96,4$ $M= 34,7$ °C, $m =11,2$ °C

Donc $Q = 14,07$ mm/°C

Selon la position sur le Diagramme d'Emberger, la région d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver doux.

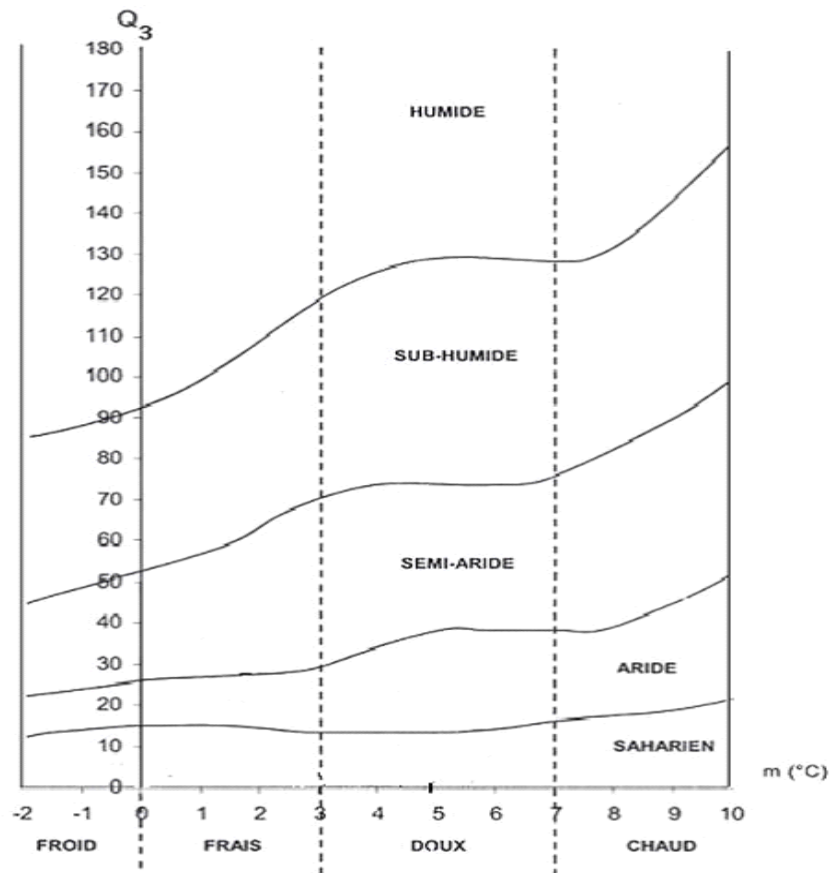


Figure.13: diagramme d'Emberger de la station d'El-Oued (2003-2012)

X. Bilan hydrique

X.1. L'évapotranspiration:

L'évapotranspiration est en quelque sorte l'exemple de toutes les pertes en eau, par la transformation de cette dernière en vapeur. Donc l'évapotranspiration résulte de deux phénomènes ; l'un physique (évaporation) et l'autre biologique (transpiration). Elle est en fonction de plusieurs facteurs tels que le climat, l'humidité, la température, l'insolation et aussi la végétation.

a. l'évapotranspiration potentielle(ETP):

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

La région d'étude est une zone aride, on a utilisé la méthode de THORNTHWAITE et à partir de cette dernière on peut calculer l'évapotranspiration réelle par la formule suivante:

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

Avec $a = \left(\frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$

D'où I: la somme des indices mensuelles de l'année : $I = \sum_1^{12} i$ avec : $i = \left[\frac{T}{5} \right]^{1.5}$

T : température moyenne du mois considère en c°.

I : indice thermique annuel.

i : indice thermique mensuelle.

a : Exposant.

Les valeurs de l'ETP ne sont pas corrigé, donc il faut faire le coefficient de correction K qui dépend de latitude, prend en compte la durée d'insolation théorique tirer d'un abaque, notre station se trouve à une latitude 33°30N.

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

MOIS	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
K	1.03	0.98	0.89	0.88	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.2	1.14

Tableau 8: Les valeurs mensuelles des K dans la région d'étude (OMN : 2012).

b. L'évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle peut être évaluée par l'établissement du bilan, comme par l'application de certaine formule empirique, ce paramètre peut être calculé d'après G.THORNTWAITE on utilisant ces conditions.

*Si les précipitations du mois sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle ($P > ETP$) alors $ETP=ETR$. Dans ces conditions l'excédent des précipitations ($EX=P-ETR$) est emmagasiné dans le sol pour constitué le réserves facilement utilisable (RFU) jusqu'à la saturation de ces derniers, donc jusqu'à ce qu'il soit maximal. Le surplus après la saturation constitue donc l'excédent qui alimente la nappe profonde (infiltration efficace), et l'écoulement de surface.

*Si les précipitations du mois sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle ($P < ETP$), si le réserves facilement utilisable (RFU) du mois précédent est assez forte pour compenser le manque des précipitations du mois considère, dans ce cas le RFU fournira le manque $ETR = P + RFU$ (disponible). Si les réserves disponibles de RFU sont insuffisantes pour satisfaire l'ETR alors, il y à un déficit agricole $DA = ETR - (P + RFU)$.

X.2. Les réserves facilement utilisables (RFU):

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- La nature, la composition lithologique et l'épaisseur de la couche superficielle (sol).
- La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- Le climat de la région.
- Le type de la couverture végétale.

D'après G MARSILY on peut prendre la valeur de RFU pour notre région d'étude 00mm à cause de climat hyper aride et la sécheresse signalée pendent toute l'année.

X.3. Bilan hydrique :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Totaux
P (mm)	7,17	4,74	8,84	2,09	6,05	0,79	2,91	1,56	0,69	1,418	0,74	0,85	37,848
T (°C)	30,51	26,25	28,72	12,18	11,87	14,71	18,61	23,13	27,67	32,68	35,57	35,28	-
i	15,073299	12,02926	13,76644	3,802033	3,657809	5,046195	7,180663	9,949665	13,01843	16,70968	18,97452	18,74295	137,950942
k	1,03	0,97	0,86	0,81	0,87	0,85	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	-
ETP	176,967902	130,23144	133,81136	30,868721	31,782678	44,144415	78,667135	120,00871	177,11382	234,61428	274,01307	252,91635	1685,139897
ETR	7,17	4,74	8,84	2,09	6,05	0,79	2,91	1,56	0,69	1,418	0,74	0,85	37,85
RFU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
EXD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DA	169,797902	125,49144	124,97136	28,778721	25,732678	43,354415	75,757135	118,44871	176,42382	233,19628	273,27307	252,06635	1647,291897

Tableau 9: Bilan hydrique de la station de El Oued (2003/ 2013) par la méthode de THORNTWAITE.

Conclusion

Le climat de la région d'El-Oued est de type Saharien, caractérisé par un été chaud, sec et un hiver doux ; la température moyenne mensuelle interannuelle est de l'ordre de 22,56°C, le maximum de la température est atteint au mois de Juillet (34.7°C) et son minimum est observé au mois de janvier (11,2°C). Les précipitations moyennes interannuelles sont de l'ordre de 8,03 mm. La valeur maximale des précipitations est observée au mois de Janvier 31,5 mm et la valeur minimale est observée au mois de juillet 0,2 mm. Les vents ont une direction Est et Nord-Est avec une vitesse moyenne de l'ordre de 45 km/h. L'humidité relative varie entre 25% et 55,7 %. Le bilan hydrique est déficitaire à cause des faibles précipitations et une forte évapotranspiration.

Chapitre III

HYDROLOGIE DE LA ZONE D'ÉTUDE

I. Identification des systèmes aquifères d'El-oued :

Dans le Sahara septentrional, les nappes aquifères les plus sollicitées sont la nappe du continental intercalaire (CI) et celle du complexe terminal (CT).

L'étude géologique du Sahara septentrional montre que la dorsale du M'Zab orientée Nord-Sud divise la plate forme en deux bassin hydrologiques :

- Le bassin du Grand Erg Occidental (280 000 Km²) drainé vers le sud.
- Le bassin du Grand Erg Oriental (100 000 Km²) drainé vers le Nord.

Au niveau du bassin oriental, le continental intercalaire et le complexe terminal sont séparés par la transgression cénomaniennne, alors qu'au niveau du bassin occidental nous observons l'existence d'une relation directe entre les deux aquifères.

Le continental intercalaire s'étend sur une superficie de 600 000 Km² environ, il est limité à l'Ouest par la ligne de direction nord-sud, allant de Bechar au Touat, à l'Est, il s'étale jusqu'en Libye. Au Sud, il est limité par les affleurements du Primaire et le socle, et au Nord par l'accident Sud Atlasique.

I.1. 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.

I.1.1.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) et enfin les eaux de rejets vu l'inexistence un réseau d'assainissement et d'exutoire naturel.

I.1.2.Nappes du Complexe Terminal :

On regroupe sous le nom de " Complexe Terminal " l'ensemble des formations les plus récentes allant du Sénonien supérieur (carbonaté) au Mio-Pliocène Cette dénomination semble être préférable à celle de " Continental Terminal " d'abord parce que certain nombres

des formations calcaires ne sont pas, à proprement parler, d'origine continentale. Ensuite parce que le terme " complexe " représente bien le fait que plusieurs aquifères, en plus ou moins étroite relation, sont regroupés au sein d'un même réservoir. Ces aquifères sont, dans la partie centrale du bassin :

- le Sénonien et l'Eocène carbonatés (Eocène inférieur),
- le Miopliocène sableux (Continental Terminal au sens strict).

Les sables du Miopliocène recouvrent en discordance presque tout le domaine, sauf sur les bordures, où ils s'interrompent. Le réservoir n'est plus alors représenté que par les calcaires sénoniens, relayés à leur tour vers l'extérieur par les dolomies turoniennes. Celles-ci, qui sont fissurées sur leurs zones d'affleurement, participent alors au réservoir, tandis qu'en profondeur elles perdent leur fissuration et (ou) renferment de l'eau salée lorsqu'elles sont aquifères.

D'après CORNET 1964, nous rappelons l'existence de 03 nappes de complexe terminal dans la région d'El-Oued dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge Mio-Pliocène, alors que la dernière est d'âge Eocène Inférieur et Sénonien carbonaté, il s'agit de la nappe des calcaires.

A-Nappes des sables: Au sein de ces niveaux sableux, viennent s'engendrer deux nappes semi captives, dont la première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal appelée communément réservoir du « Sub-Souf ». Cette nappe constituée de sables et sables argileux, faisant partie du Complexe Terminal, plonge progressivement vers le Nord du Sahara en direction de la fosse Sud aurésienne, dans la région d'étude elle se trouve à une profondeur comprise entre 200 m à 400 m.

La deuxième nappe de sables d'âge Miocène supérieur (Pontien), constituée de sables grossiers et de graviers, se trouve au dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires en contact avec les argiles et les marnes d'âge Eocène moyen. La profondeur de cette nappe varie entre 250 et 700 mètres cependant elle n'est pas présente dans toute la région d'El-Oued (El-Ogla et Amiche). Elle se développe du Sud-Est vers Nord-Ouest, Les deux nappes constituent une nappe captive multicouches, appelée nappes des sables.

L'écoulement des eaux dans ces deux dernières se fait du Sud-Ouest vers le Nord-Est, autrement dit vers la zone des chotts (Melghir et Merouane).

Dans la zone à forte exploitation au niveau de la ville d'El-Oued, l'extraction des eaux se fait par pompage. Par contre dans les régions où l'exploitation est moindre (Taleb Laarbi et Douar El Maa), la nappe est jaillissante. C'est le cas de la nappe du Pontien. Les forages captant

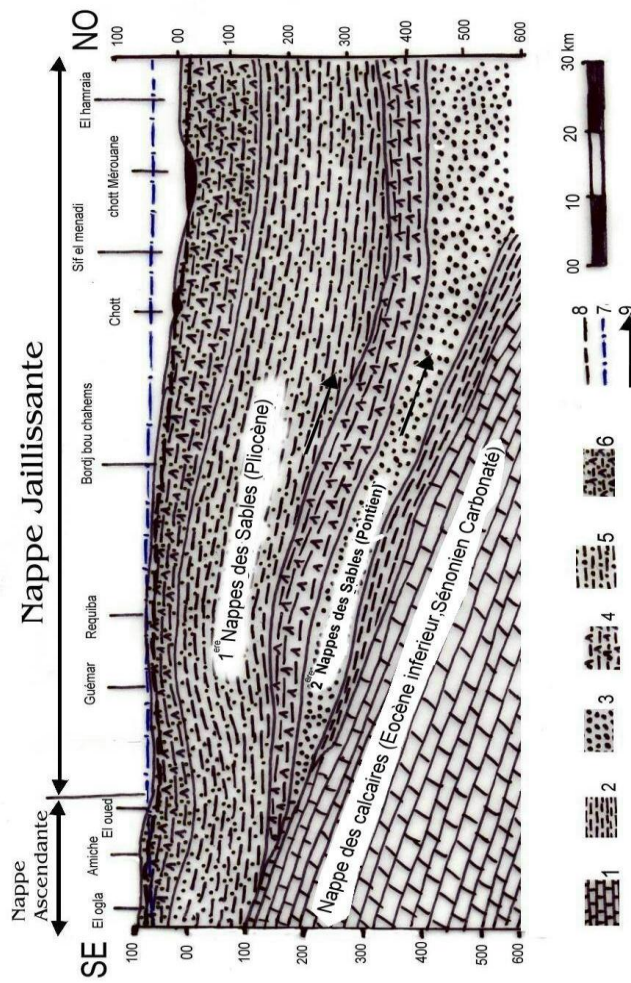
cette nappe donnent un débit variant de 10 l/s à 30 l/s

B – la nappe des calcaires : La nappe des calcaires est constituée de deux formations d'âge différents est sont représentées par les formations calcaires de l'Eocène Inférieure et du Sénonien carbonaté ; sa profondeur varie entre 500 et 800 mètres. Cette nappe a un contact direct avec la première nappe des sables à El-Ogla et Amiche et la deuxième nappe des sables à El-Oued. Elle plonge vers le Nord-Ouest et se cache sous un toit imperméable constitué d'argiles et de marnes d'âge Eocène Moyen. Sur le reste de la zone d'étude, le sens d'écoulement est orienté du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Les débits des forages captant cette nappe sont de l'ordre de 30 l/s avec un résidu sec variant entre 2 g/l et 3 g/l.

I.1.3 - Nappe du Continental Intercalaire (CI):

On appelle “ Continental Intercalaire ” au sens large l'ensemble des dépôts sédimentaires du long épisode continental intercalé entre les deux cycles marins du Paléozoïque et du Crétacé supérieur cette définition stratigraphique, qui présente l'inconvénient d'englober des épisodes lagunaires, voir franchement marins, nous préférons emprunter la définition hydrogéologique plus classique d'un continental intercalaire au sens strict réduit aux seuls dépôts détritiques (argilo gréseux) véritablement continentaux constituant un réservoir plus ou moins homogène rempli d'eau douce. Ces dépôts, d'âge Crétacé inférieur, recouvrent en discordance des terrains d'âges variés allant du toit du Primaire à l'Ouest (le mur du Continental Intercalaire correspondant ici avec la discordance hercynienne) au toit du Néocomien à l'Est. Le toit du réservoir correspond à la base du Cénomaniens argileux à l'Ouest, de l'Albien argileux à l'Est. Le Continental Intercalaire constitue le réservoir profond du Sahara septentrional. Il s'étend sur plus de 600 000 km² sur les seuls territoires algérien et tunisien, depuis l'accident Sud atlasique au Nord jusqu'aux affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tihert au Sud. Limité à l'Ouest selon un axe Béchar - Reggane, sa prolongation vers l'Est en Libye sous la Hamada al Hamra jusqu'au Graben de Hon couvre encore quelques 250 000 km² supplémentaires.

Figure 14: Coupe Hydrogéologique de continental intercalaire (SONATRACH 1972)



1- Calcaires de l'Eocène Inférieur et du Sénonien carbonaté. 2- Argiles et marnes de l'Eocène moyen 3- Sables grossiers et graviers du Pontien 4-Argiles et gypse dominants du Mio-Pliocène 5-Argiles et sables dominants du Pliocène 6-Argiles, sables et Gypse quaternaires 7- Niveau Hydrostatique de la nappe du Pontien 8-Niveau Piezométrique de la Nappe libre 9- sens d'écoulement des nappes des sables.

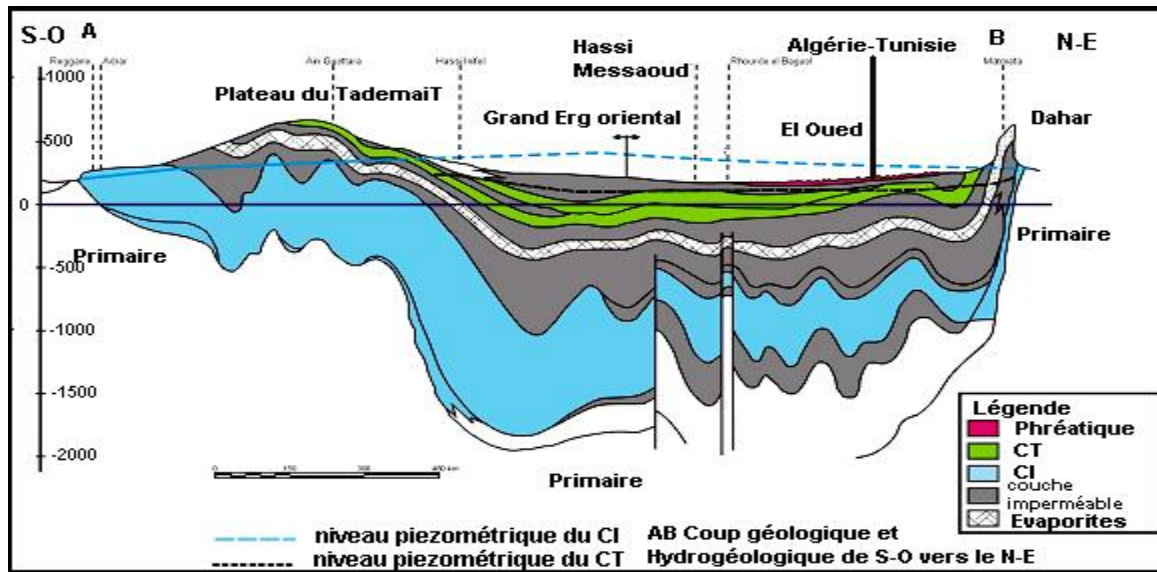


Figure 15: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

L'intérêt majeur de ce système aquifère est qu'il renferme de grandes quantités d'eaux qui ont été stockées au cours des périodes pluvieuses du quaternaire et qui peuvent maintenant être exploitées. Il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle par les eaux météoriques et présent donc un fonctionnement hydraulique caractérisé par une alimentation, un écoulement, et une série d'exutoire.

La profondeur de la nappe du continental intercalaire dans la région d'El-Oued est variée entre 1600 et 2000 m. L'épaisseur utile totale du réservoir (c'est-à-dire l'épaisseur des dépôts perméables aquifère) peut atteindre 900 mètres, avec un débit jaillissant variant de 150 l/s à 200 l/s. Le résidu sec de ses eaux est de l'ordre de 2 à 3 g/l. La température de l'eau avoisine les 60°C.

II.Lithostratigraphie des nappes aquifères d'El-Oued :

II.1.La nappe phréatique : Elle est constituée à sa partie supérieure par des sables dunaires et sable 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.

II.2.Les nappes du complexe terminal

A-la nappe des sables : Elle est constituée, comme son appellation, par des sables et des grès, 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 de CT.

B -La nappe des calcaires: Elle 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.

II.3.La nappe du continental intercalaire : La nappe du continental intercalaire représente le plus important aquifère dans le Sahara septentrional. Elle est constituée par des sables et des grés d'âge Crétacé inférieur. Cette nappe est confinée entre un toit, constituée par une épaisse couche d'argiles et de marnes d'âge Cénomaniens; alors que le mur est constitué d'argiles, lui conférant caractère captif.

Tablea10: Tableau récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued

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

III. Les paramètres hydrodynamiques :

Des essais de pompage par papiers et de longue durée ont été réalisés sur 6 sites répartis dans la zone d'étude, à MihOuansa, Nakhla, Ourmes, El-Oued, Kouinine etFoulia, du 24/02/2003 au 7/04/2003. Les positionnement des essais est déterminé dans la figure16.

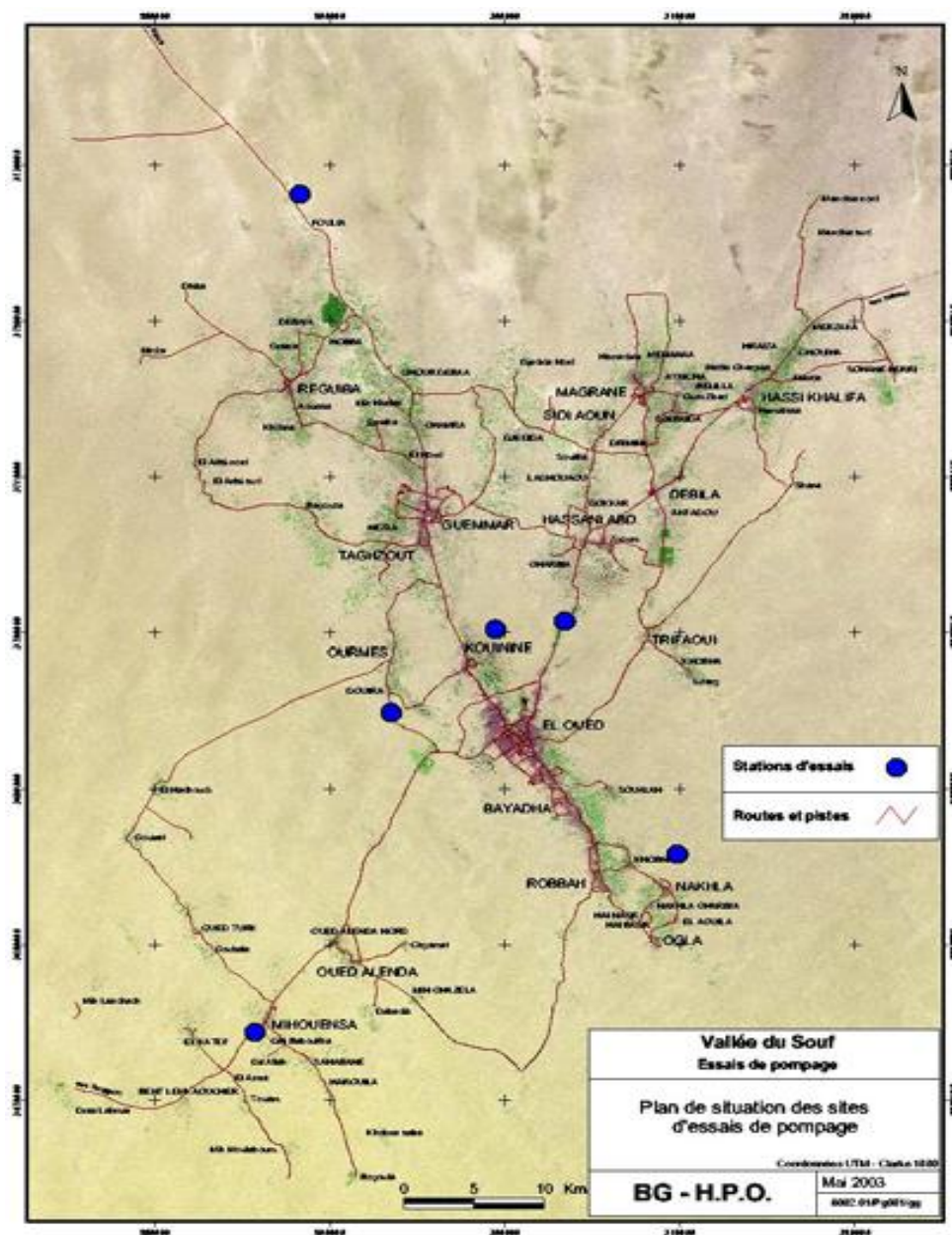


Figure 16: positionnement des points des essais de pompage.2003

Les essais par palier ont permis de déterminer les débits spécifiques, interprétation réalisée par le HPO et Bonnard et Gardell en Mai 2003, Ces valeurs montrent que la réalisation techniques des forages a été bien menée. Nous avons repris les essais de longue durée de 72 heures et les résultats de l'interprétation de la descente et de la remontée sont presque équivalents avec une faible marge d'erreur sur les transmissives. Nous avons jugés utile de ne représenter que les graphes de la descente. Les valeurs de la perméabilité ont été déduites grâce aux valeurs de l'épaisseur effective de l'aquifère au niveau de chaque site et correspondent bien à la lithologie de la nappe.

Le débit spécifique est élevé à Nakhla, il est moyen à El-Oued et Foulia, alors qu'il est faible à Kouinine, Ourmes et MihOuensa, Le tableau ci-dessous récapitule les résultats de l'interprétation des essais par pompage.

Tableau 11 : tableau récapitulatif des paramètres hydrodynamiques

Site	Débit spécifique Q/s en m ² /s	Transmissive T en m ² /s	Perméabilité K en m/s	Epaisseur effective en m
El-Oued	2,15 x 10 ⁻³	3,53 x 10 ⁻³	5,4 x 10 ⁻⁵	65
Foulia	1,89 x 10 ⁻³	2,58 x 10 ⁻²	4,6 x 10 ⁻⁴	56
Kouinine	6,29 x 10 ⁻⁴	3,73 x 10 ⁻³	5,7 x 10 ⁻⁵	65
MihOuensa	3,7 x 10 ⁻⁴	2,57 x 10 ⁻³	4 x 10 ⁻⁵	64
Nakhla	1,83 x 10 ⁻⁴	5,43 x 10 ⁻²	9,8 x 10 ⁻⁴	55
Ourmes	8,63 x 10 ⁻⁴	1,63 x 10 ⁻²	2,7 x 10 ⁻⁴	60

Le coefficient de porosité efficace(ne) de la nappe libre est estimé à 10 % dans la zone d'étude (d'après la DHW d'El Oued).

IV. La piézométrie de la nappe phréatique :

IV.1. Inventaire des points d'eau :

Le réseau de l'ANRH, mis en place en 1993, était composé originellement de 152 points : 112 puits (H) et 40 piézomètres répartis dans la région d'El-Oued dans une zone de 80 km Nord-Sud et sur 40 km Est-Ouest. En septembre 2001, 104 points demeurent opérationnels dont 83 des 112 puits et 21 des 40 piézomètres. Ce réseau donne une vue générale des caractéristiques de la nappe phréatique, mais ne permet pas de mettre en évidence le phénomène de la remontée de la nappe phréatique de par le manque de points de mesures dans les zones affectées, en particulier au niveau des agglomérations. Pour y remédier, 107 nouveaux points (G) ont été implantés sur recommandation du bureau d'étude suisse en septembre 2001 : 69 dans le couloir Ogla-Kouinine, 9 dans les environs de Z'goum, 7 dans la zone du rejet et 22 répartis dans les autres agglomérations principales, en des lieux qui avaient subi une montée de la nappe. Ce sont essentiellement des puits améliorés, implantés dans des

lieux publics, principalement des écoles et lycées, plus rarement en puits privés et pour ces derniers, seulement lorsque la densité des puits « publics » était insuffisante.

en 2006, **COCIDER** propose un réseau de drainage verticale dans la ville d'El-Oued, pour évacuer le surplus d'eau et maintenir le niveau de nappe phréatique à un cote admissible par pompages permanent à travers 58 forages répartie dans la ville (figure 17), jusqu'à le 15 juin 2011 après quatre mois de fonctionnement, le réseau de drainage verticale à évacué 1360417m³ vers chott AL-HALOUFA, avec une moyenne de 131 l/s. le drainage verticale au niveau de la ville d'El-Oued, rendre l'établissement des cartes piézométriques impossible a cause de l'incapacité de mesurer le niveau statique dans les piézomètres.

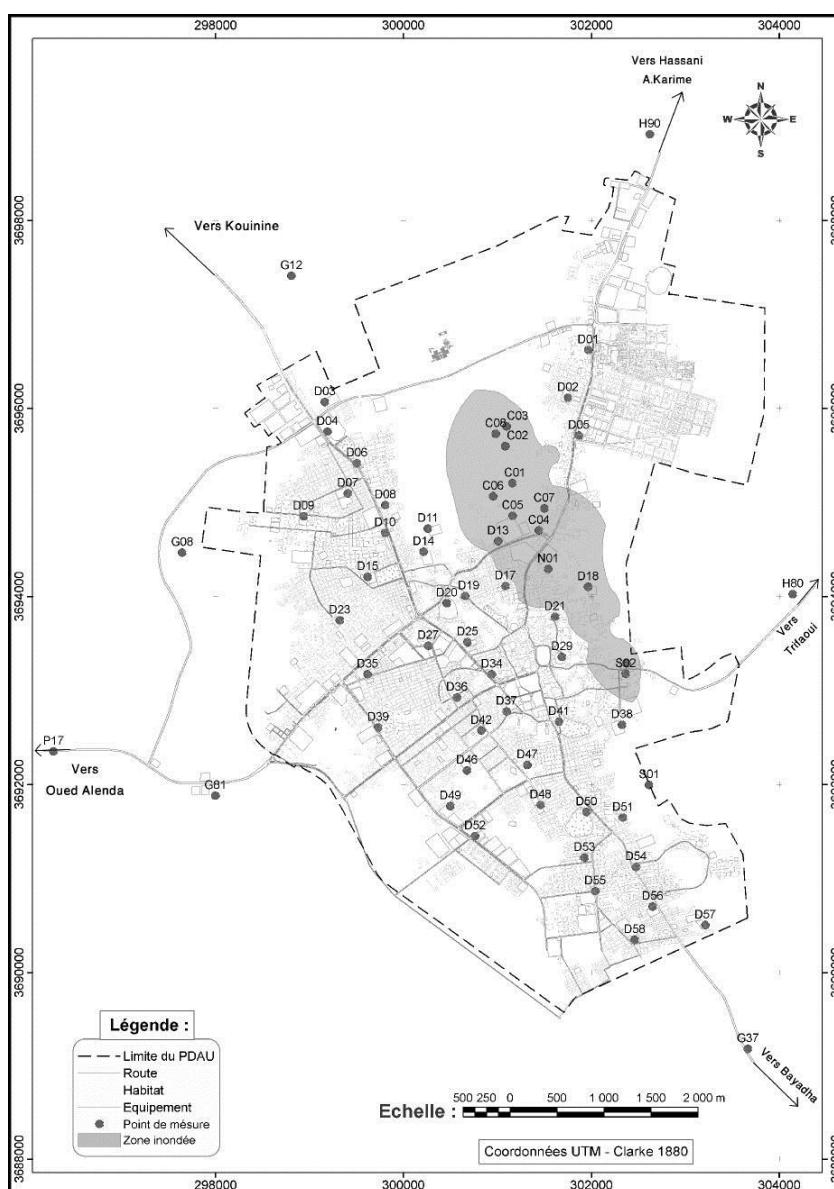


Figure17 : Réseau de surveillance de la ville de oued soufjuin2011.

IV.1.1 .Interprétation de la carte piézométrique : janvier 2012(voir annexe)

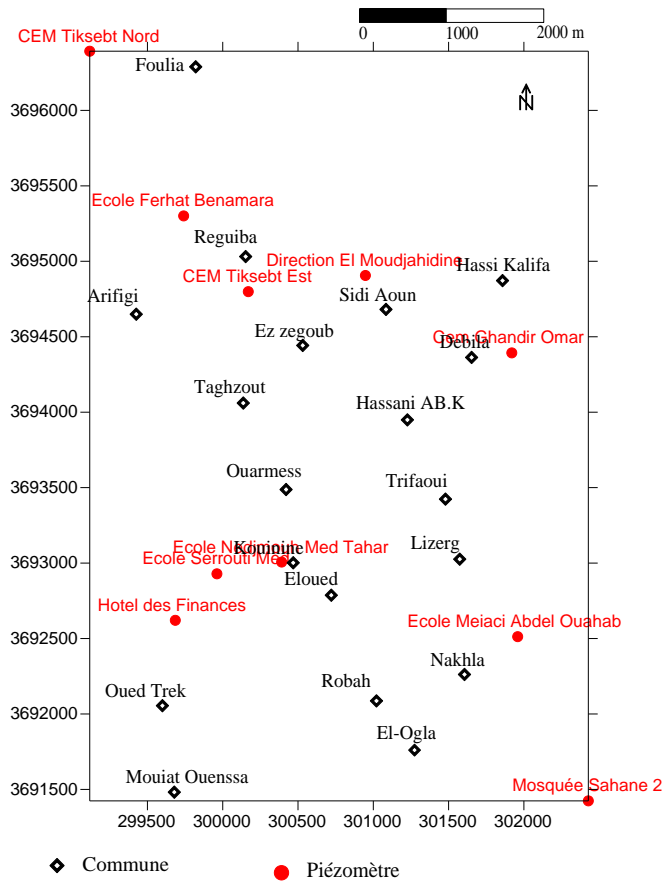


Figure 18 : La carte d’inventaire des points d’eau (Janvier 2012)

D’après la carte piézométrique de Janvier 2012, nous remarquons que la partie haute de la nappe est située au Sud- Ouest avec une côte près de 90m (Oued Trek et Mouiat Ouenssa) et la partie la plus basse est située à la partie Nord- Ouest (Foulia).

D’une façon générale le gradient hydraulique de la nappe est très faible dont les valeurs les plus faibles se localisent dans la partie Sud- Ouest d’El

Oued où les courbes sont un peut espacées donnant des valeurs qui varient entre 0.5‰ et 0.9‰. Dans la partie Nord- Ouest les courbes sont plus serrées avec un gradient de l’ordre 6‰.

Donc généralement l’écoulement de la nappe se fait du Sud vers le Nord.

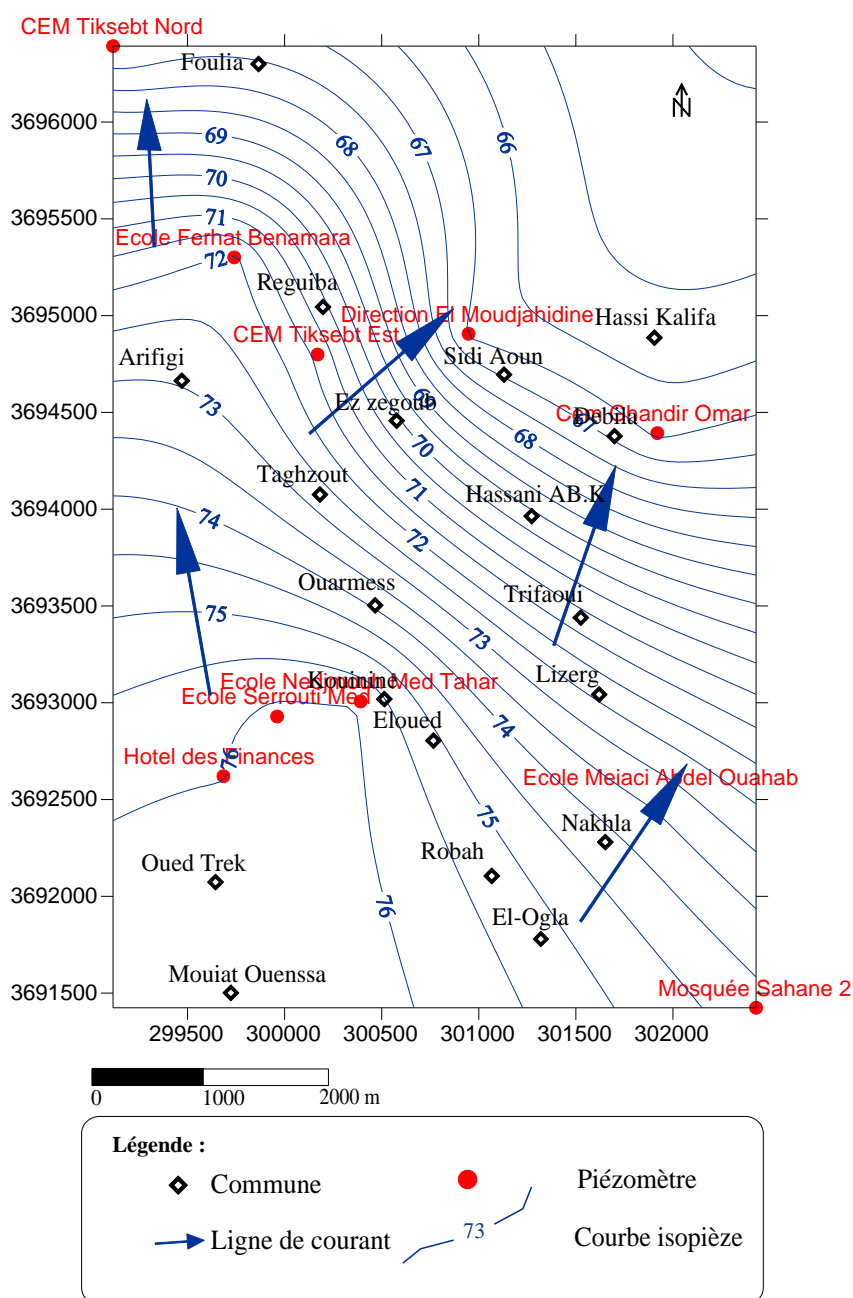


Figure 19 : La carte piézométrique (Janvier 2012)

VI. Etude de l'évolution piézométrique de la nappe phréatique de Oued Souf

Introduction :

L'objectif principal de l'étude de l'évolution de la piézométrie dans le temps est de visualiser la direction de l'écoulement horizontal et éventuellement vertical (drainante), ainsi que la profondeur du niveau d'eau dans le sol. C'est d'après l'écoulement qu'on peut reconnaître les zones vulnérables ou contaminées à condition de pouvoir localiser les rejets.

VI-1 Historique :

Le phénomène de remontée de la nappe phréatique dans la région du Souf est complexe et s'étend pratiquement sur un demi-siècle. D'après les données contenues dans les rapports de Marc Côte (1993-2001), complétées par BNEDER (1992-1993 et 1994) ; ANRH (1993) ; ANRH (1994), l'inventaire des Forages et l'enquête sur les débits (ANRH 1999), on peut établir l'historique suivant :

- **Avant 1956**

- Toute l'eau utilisée pour l'alimentation humaine, animale et l'agriculture provenait de la nappe phréatique. L'augmentation de la population et l'extension des cultures ont eu comme conséquence une surexploitation avec en corollaire un abaissement lent et progressif de la nappe. Dans les années 1940, la baisse était déjà de l'ordre de 0,5 m au sud d'El-Oued, 1 m à El-Oued, 1,5 m à Kouinine et 2 m au nord de Kouinine.

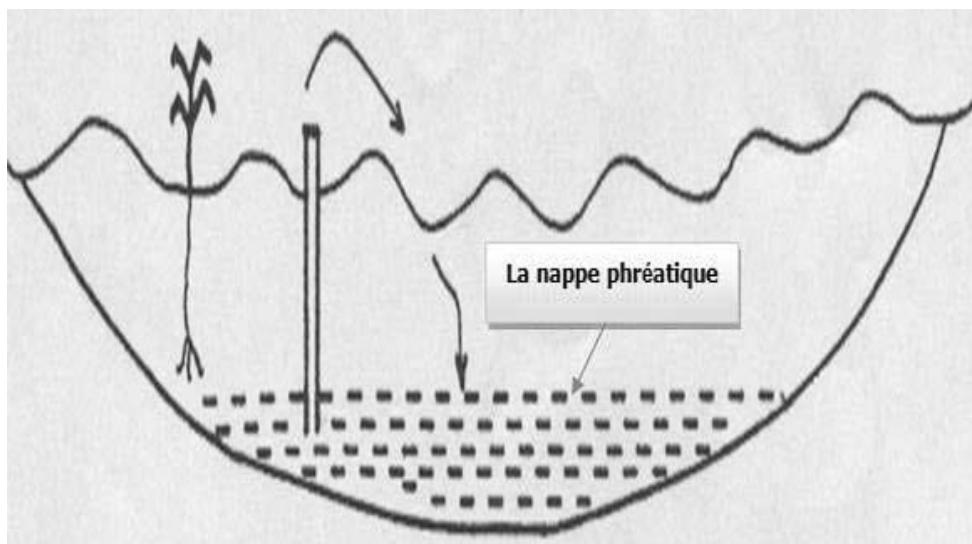


Fig20. La nappe phréatique avant 1956.

- **De 1956 à 1993**

- En 1956, un premier forage moyennement profond captant le Complexe

Terminal (CT) a été creusé pour l'AEP d'El Oued et entre **1957** et **1969**, environ un nouveau forage par année a été exécuté dans le CT .

- En **1969**, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec l'inondation de 150 ha dans la région de Magrane et Hassi-Khalifa. La nappe est progressivement redescendue par la suite.
- De **1970 à 1980**, environ 2 forages par année ont été réalisés dans le CT et dès **1980**, on observe les premiers ghouts envoyés à El Oued et une remontée progressive et persistante de la nappe phréatique aux portes d'El Oued, ce qui en **1985** alarme les autorités locales.
- Entre **1980 et 1997** une centaine de nouveaux forages sont réalisés dans le CT. En **1986 et 1987**, trois forages profonds, au Continental Intercalaire (C.I), ont été exécutés, deux d'entre eux sont exploités pour l'alimentation en eau potable (AEP) d'El Oued, le troisième à Khalifa, pour l'agriculture, est fermé. Ils sont fortement artésiens, et les débits, de l'ordre de 200 litres/seconde, sont de 5 à 10 fois plus importantes que ceux des forages dans le CT.

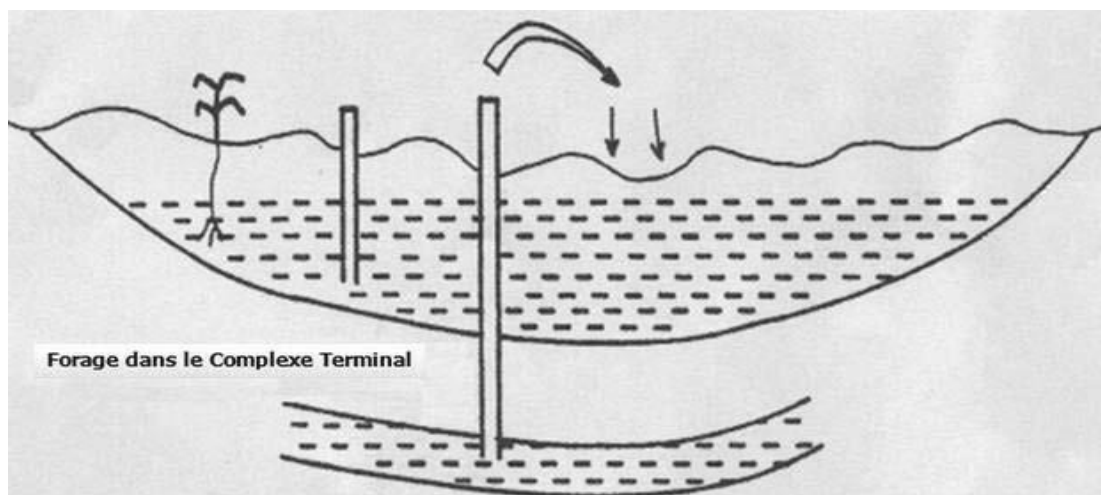


Fig21. La nappe phréatique entre 1956. 1986

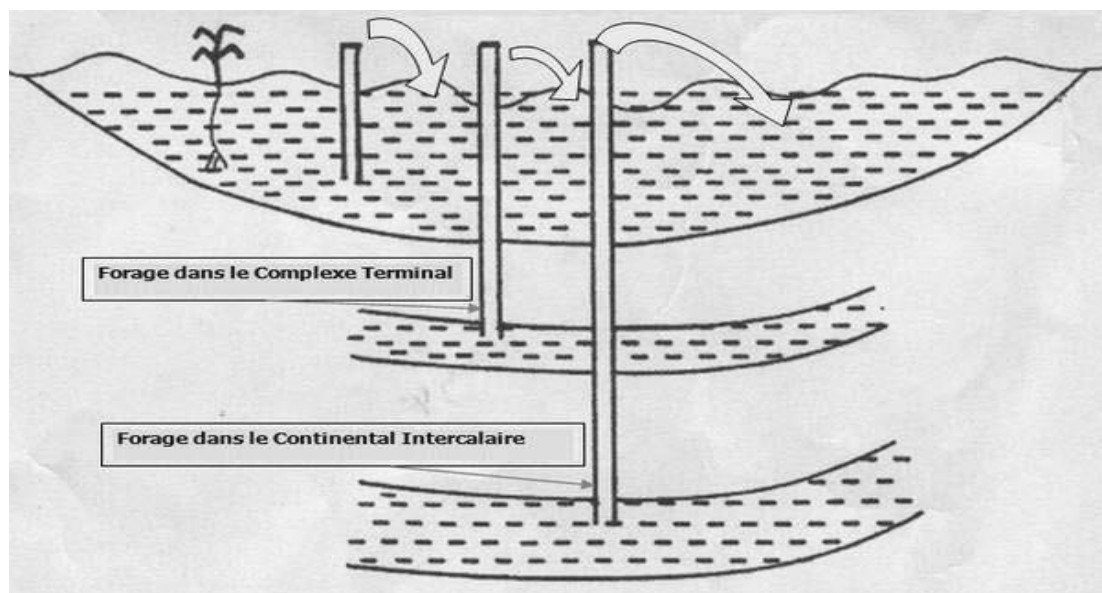


Fig22. La nappe phréatique après 1986

- En **1993**, la nappe avait ennoyé la palmeraie sur 25 km dans le couloir Kouinine – Robbah. Un réseau de surveillance de la nappe phréatique est mis en place et une série de recommandations émises (recommandations, reprises de l'Etude hydrogéologique de la région d'El Oued – Contributions au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique **ANRH 1993**).

- **Entre 1993 et 2000**

- Une série d'investigations ont été entreprises pour connaître les caractéristiques géométriques, géologiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'aquifère et un important travail de recensement et supervision des forages existants a été entrepris.

- **2002 – 2003**

- L'évolution du niveau de la nappe phréatique a été modélisée pour les 18 chefs-lieux des Communes de la vallée du Souf. Les projections à l'horizon 2030 indiquent qu'en l'absence de réseau d'assainissement, la nappe pourrait monter plus de 6 mètres à El Oued et que dans cette ville la nappe monterait encore de 2,5 m même avec un réseau d'assainissement. Dans les autres chefs-lieux, la montée est moins importante mais un réseau d'assainissement serait nécessaire pour stabiliser la nappe.

- **Post 2006**

- Consécutivement aux études précédentes et afin de résorber la remontée de la nappe phréatique, des travaux de fonçage de puits et de drainage horizontal sont réalisés (une cinquantaine de forages dans la ville d'El Oued). D'autres mesures, liées beaucoup plus aux comportements des populations vis à vis de ce problème et à même de contribuer à limiter la

remontée de la nappe phréatique peuvent être envisagées. Ces mesures sont exposées en dernière partie de cette note.

VI.2 Etude de l'évolution piézométrique de la nappe

VI.2.1 Variation des niveaux piézométriques dans la période 2009-2010:

Cette étude est effectuée sur le deux dernières campagnes de la mesure de la piézométrie (2009-2010) , et à l'aide du logiciel SURFER on va établir les cartes piézométrique pour connaitre le sens d'écoulement d'une part , et la variation de niveau des eaux d'autre part .

VI.2.1.1 la piézométrie 2009: (voir annexe)

D'après le résultat obtenu à partir de la carte piézométrique de l'année 2009 nous a permis de déterminer le sens d'écoulement de la nappe phréatique comme le montre la figure 23, cet écoulement ce fait dans la direction sud-nord.

Le gradient hydraulique augment du Sud vers le Nord. Ceci se traduit par une diminution de section d'écoulement, la remontée des eaux souterraine se localise essentiellement au Nord et au centre.

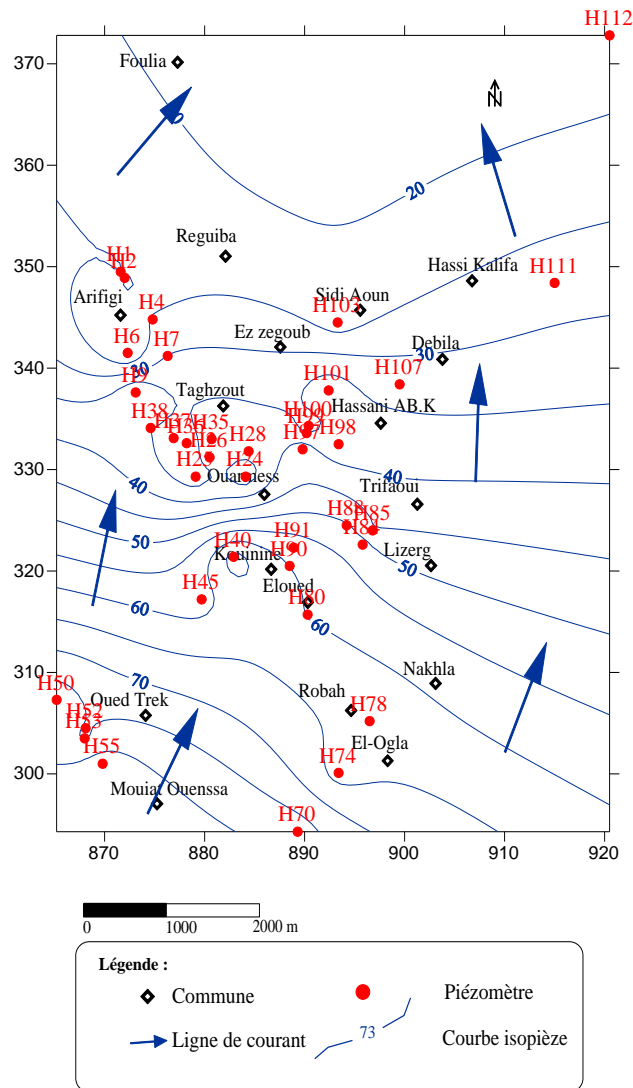


Fig.23 : La carte piézométrique de l'année 2009

VI.2.1.2 la piézométrie 2010 : (voir annexe)

D'après le résultat obtenu à partir de la carte piézométrique de l'année 2010 nous a permis de déterminer le sens d'écoulement de la nappe phréatique comme le montré à la figure 24, cet écoulement ce fait dans la direction sud-nord.

Le gradient hydraulique augment du sud vers le Nord. Ceci se traduit par une diminution de section d'écoulement, la remontée des eaux souterraine se localise essentiellement au Nord et au centre.

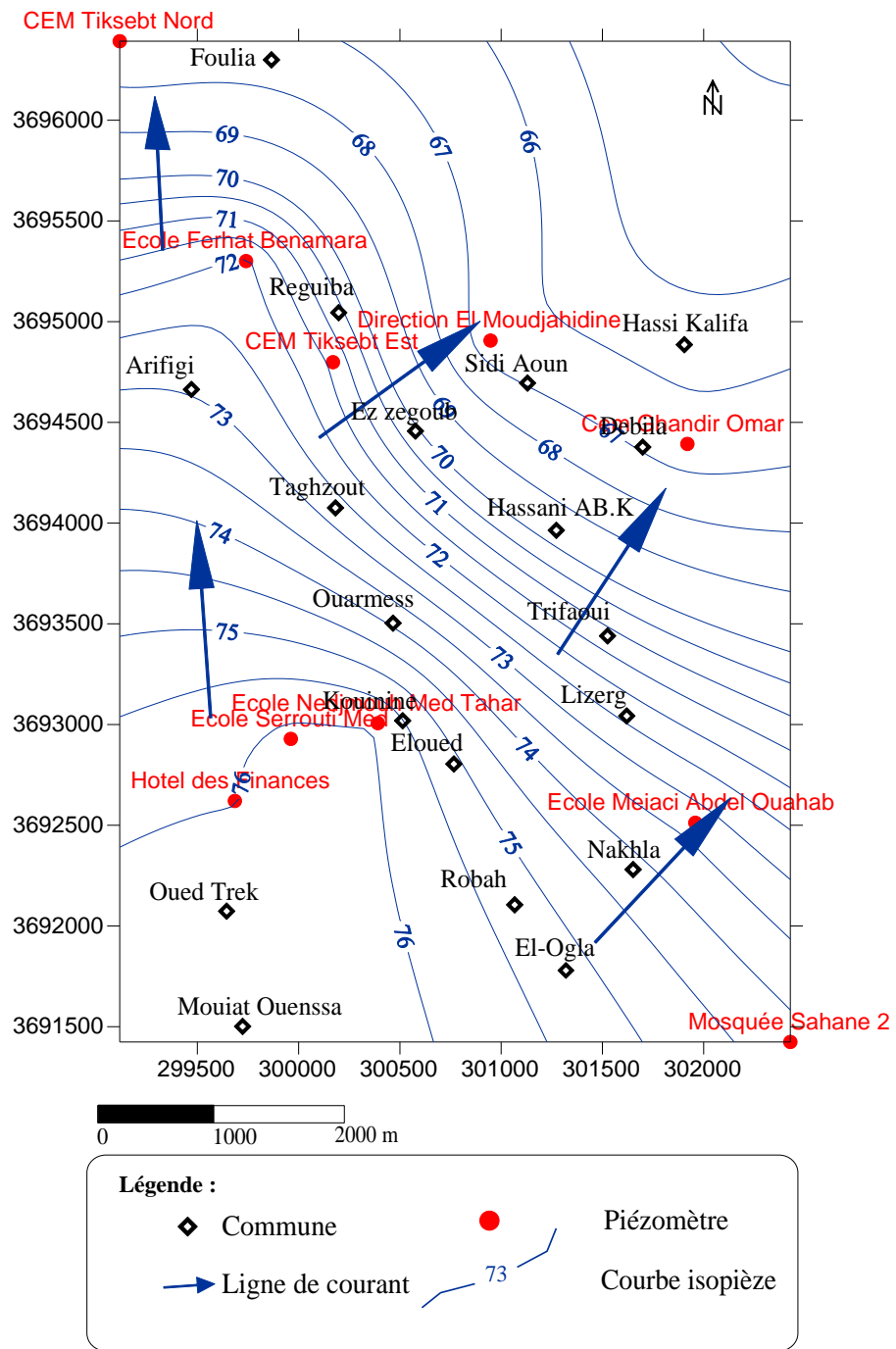


FIG24 : La carte piézométrique de l'année 2010

VI/3 Fluctuation de la nappe phréatique entre 2010 et 2009 : (voir annexe)

Cette carte est élaborée pour voir la variation du niveau piézométrique entre la Première campagne réalisée en 2009 et la dernière campagne en 2010.

D'après la carte on constate :

Une montée du niveau piézométrique de la nappe phréatique a été constatée :

- Aux plantations irriguées par les forages du CT de foulia.
- Près du rejet de la ville d'El Oued avec une montée qui atteint les 4 m.
- De 2.5 mètre à Kouinine.

Un rabattement dans la quasi-totalité du reste de la zone d'étude dans la région de Nekhla de 1.5m et à Ogla de 0.5m et de 1.5m à Mouiet Ouensa.

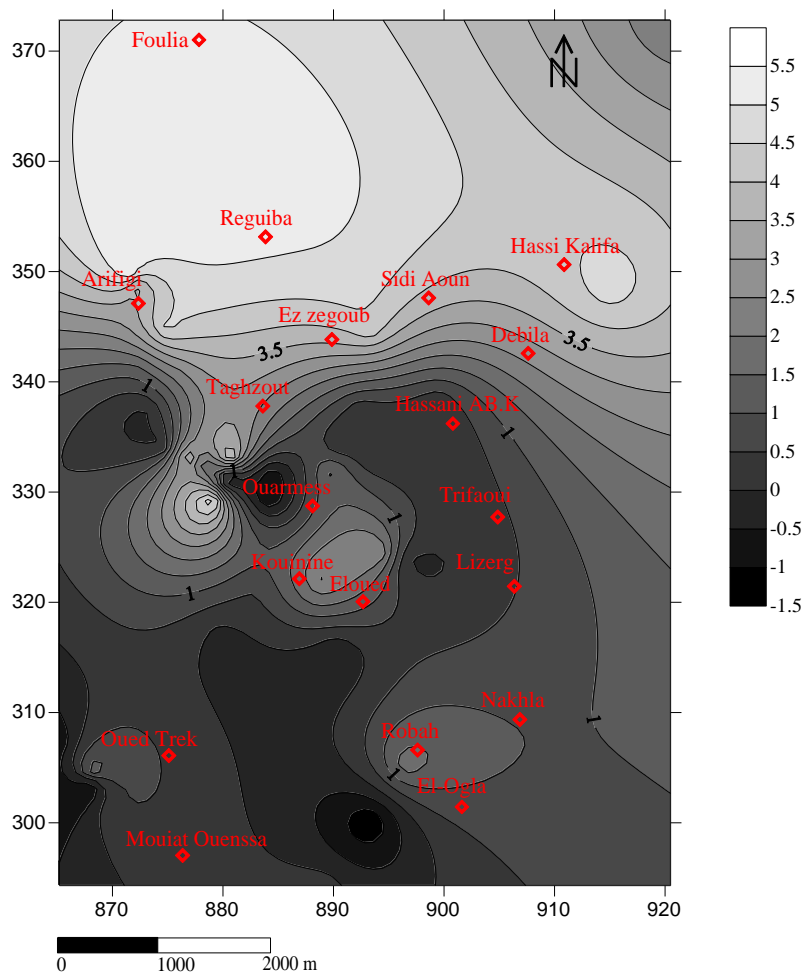


FIG 25 : Carte de la variation de la piézométrie entre 2010 et 2009

V. Conclusion :

Le système aquifère d'El-Oued est constitué de trois nappes : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire).

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 urbaines, par les eaux d'irrigation et par les rares et faibles précipitations exceptionnelles. Les essais de pompage dans la région montre que la variation des paramètres hydrodynamiques est très importante d'un site d'essai à l'autre ; la perméabilité est comprise entre $1,13 \times 10^{-5}$ et $8,72 \times 10^{-4}$ m/s, la transmissivité varie de $1,5 \times 10^{-3}$ à $8,3 \times 10^{-3}$ m²/s.

L'examen des cartes piézométriques, montre que les montées de la nappe sont observées autour des centres urbains, près des exploitations agricoles irriguées par les nappes profondes et au niveau du rejet de la ville d'El-Oued. La baisse de niveau est produite par une forte activité agricole, avec irrigation à partir de la nappe phréatique, ou à cause du pompage dans le réseau de drainage verticale à partir de février 2010.

Chapitre IV

HYDROCHIMIE DE LA ZONE D'ÉTUDE

I. Interprétation des résultats des analyses chimiques des éléments majeurs:

Les analyses utilisées dans ce mémoire sont prises des travaux de Mr DOUCHE ALI.

Les échantillons ont été prélevés le 15 juin 2011 et les mesures des paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur 20 échantillons (puits), dans laboratoire d'analyse physico-chimique de l'ADE à El-Oued.

Le dosage a porté sur les éléments majeurs suivants:

- ✓ Cation : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+
- ✓ Anions: Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^{-} et NO_3^-

I.1. Identification des faciès chimiques des eaux :

I.1.1. Diagramme de Piper:

La représentation des éléments chimiques des différents échantillons sur le diagramme de Piper (Figure.26) montre que la majorité des échantillons se coïncident sur les pôles caractérisant les faciès sulfaté magnésique et sulfaté sodique, ce qui est probablement dû à la dissolution des évaporites.

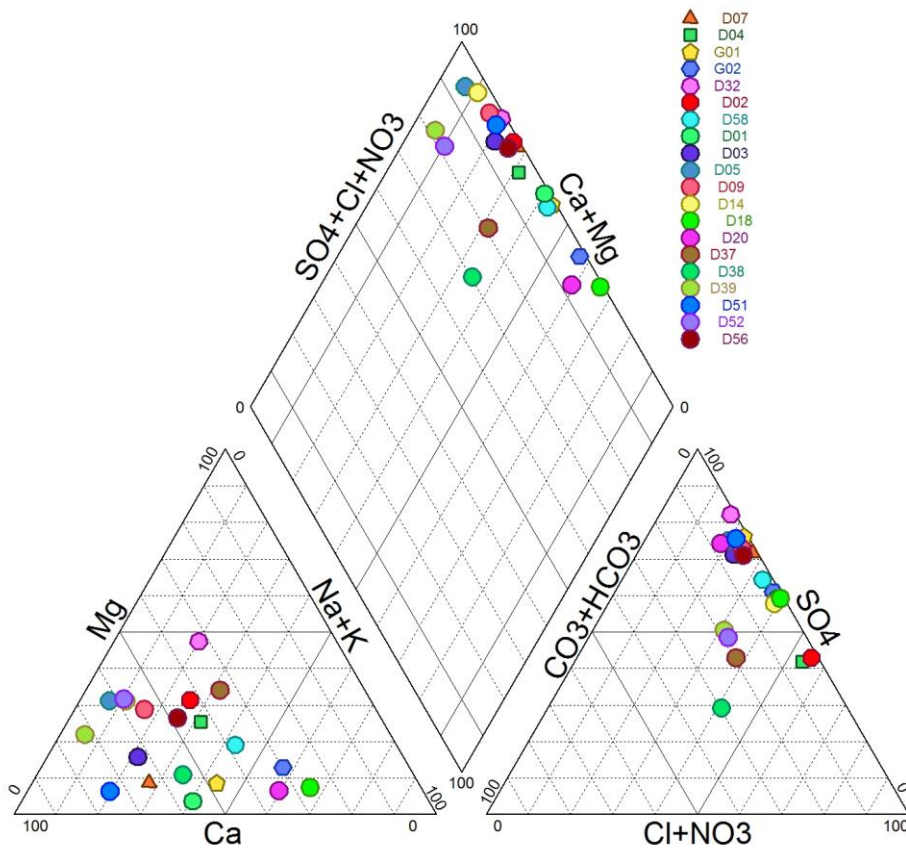


Figure 26: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe phréatique (juin 2011)

I.1.2. Répartition des faciès chimiques:

Les analyses chimiques effectuées sur les 20 échantillons en juin 2011 montrent que :

Le faciès chimique prédominant est Sulfaté-Calcique (11 échantillons).

- 11 échantillons ont un faciès chimique sulfaté – calcique.
- 04 échantillons ont un faciès chimique sulfaté – sodique.
- 03 échantillons ont un faciès chimique chloruré – calcique
- 02 échantillons ont un faciès chimique sulfaté – magnésique.

Echantillon (puits)	Nombre d'échantillons	Formules ioniques	Faciès chimique
G02.D58.D19.D20.	04	$r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{++} > r\text{Mg}^{++}$ $r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^- > r\text{HCO}_3^-$	Sulfaté – sodique
D02.D04.D38.	03	$r\text{Ca}^{++} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{++}$ $r\text{Cl}^- > r\text{SO}_4^{-2} > r\text{HCO}_3^-$	Chlorure-calcique
D32.D37.	02	$r\text{Mg}^{++} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Ca}^{++}$ $r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^- > r\text{HCO}_3^-$	Sulfaté–Magnésique
D01.D03.D05.D07.D09.D15.D36. D56.D52.G01.D51.	11	$r\text{Ca}^{++} > r(\text{Na}^+ + \text{K}^+) > r\text{Mg}^{++}$ $r\text{SO}_4^{-2} > r\text{Cl}^- > r\text{HCO}_3^-$	Sulfaté – calcique

Tableau 12 : Faciès chimiques et formules ioniques (juin 2011)

I.1.3. L'Aptitude des eaux de la nappe phréatique à l'irrigation :

La qualité de l'eau d'irrigation est déterminée par la concentration et la composition des sels dissous dans l'eau. Les principaux paramètres déterminants.

- la concentration totale du sel dissous dans l'eau.
- la concentration réelle de Na^+ par rapport aux autres cations.
- la concentration des éléments toxiques;

Dans certains cas la concentration de HCO_3 par rapport au Ca et Mg.

I.1.3.1. La conductivité électrique et risque de salinité :

La concentration des sels dans l'eau peut être déterminée par mesure de conductivité électrique, Si la conductivité est:

- inférieure à 250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ l'eau ne présente aucun risque.
- varie entre 250 et 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ l'eau peut être utilisée que s'il y a de drainage.
- supérieure à 2250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ l'eau est considérée impropre à l'irrigation.

La conductivité électrique mesurée sur place à El-Oued a donnée des résultats qui oscillent entre 2170 et 7270 $\mu\text{s}/\text{cm}$, donc cette eau est impropre pour l'irrigation.

I.1.3.2. La méthode de Richards :

Le SAR : est un indice qui évalue le danger que présente l'existence d'une teneur donnée en sodium; il est calculé par la formule suivante:

$$SAR = \frac{Na^+}{(Mg^{++} + Ca^{++})^{1/2}}$$

SAR: Sodium Adsorption Ratio.

Na^+ , Ca^{++} , et Mg^{++} représentent les concentrations en mg/l, les valeurs de SAR ont été calculées à partir des données des analyses chimiques.

La méthode de Richards est basée sur la combinaison des deux méthodes: du SAR et de la conductivité électrique.

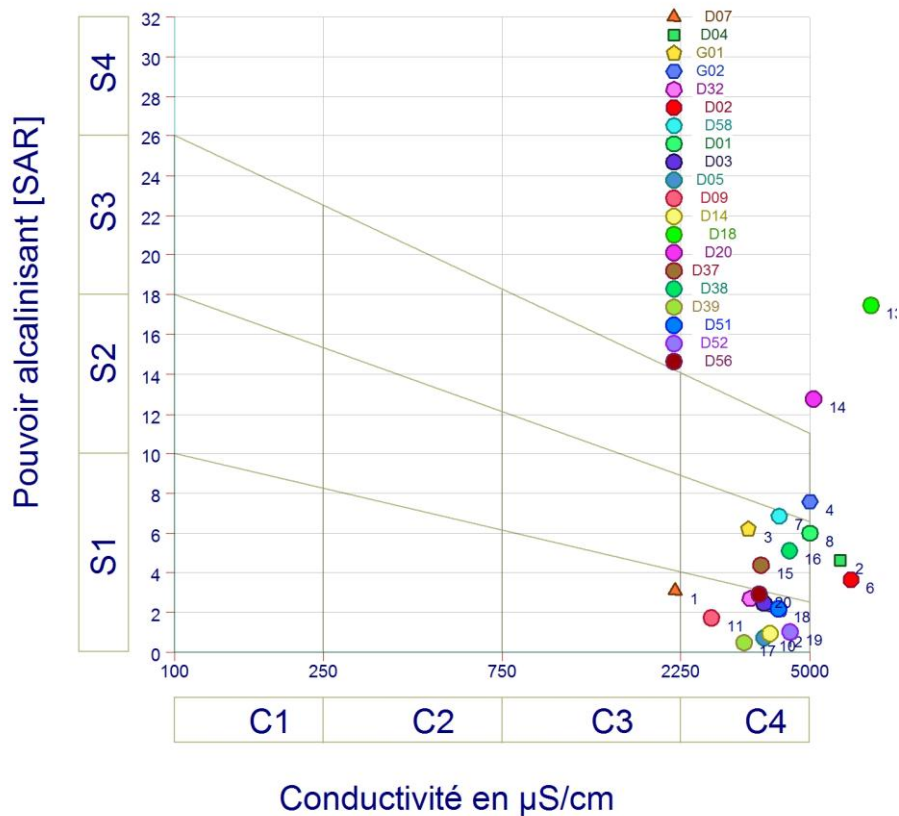


Figure 27: Le diagramme de Richards des eaux de la nappe phréatique

On remarque que la majorité des échantillons n'ont pu être positionnés du fait de leurs teneurs élevées en sel (la conductivité est supérieure à 10000 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et tous les échantillons ayant un SAR inférieur à 20, présente un risque d'alcalinisation du sol. Le diagramme montre que les eaux de la nappe phréatique sont très salées, et elles sont de mauvaise qualité pour les utilisations agricoles.

II. Cartographies des paramètres hydro chimiques :

II.1. Carte de conductivité Juin 2011: (Figure 28)

La carte de conductivité montre que la conductivité varie entre 2200-7200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs les plus faibles sont localisée au niveau de la cité teksebt ouest (2170 $\mu\text{S}/\text{cm}$). A cause des apports des nappes profondes CT. La valeur la plus forte située dans la zone la plus basse (7270 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dans D19, où les sels se concentrent à cause de la forte évaporation.

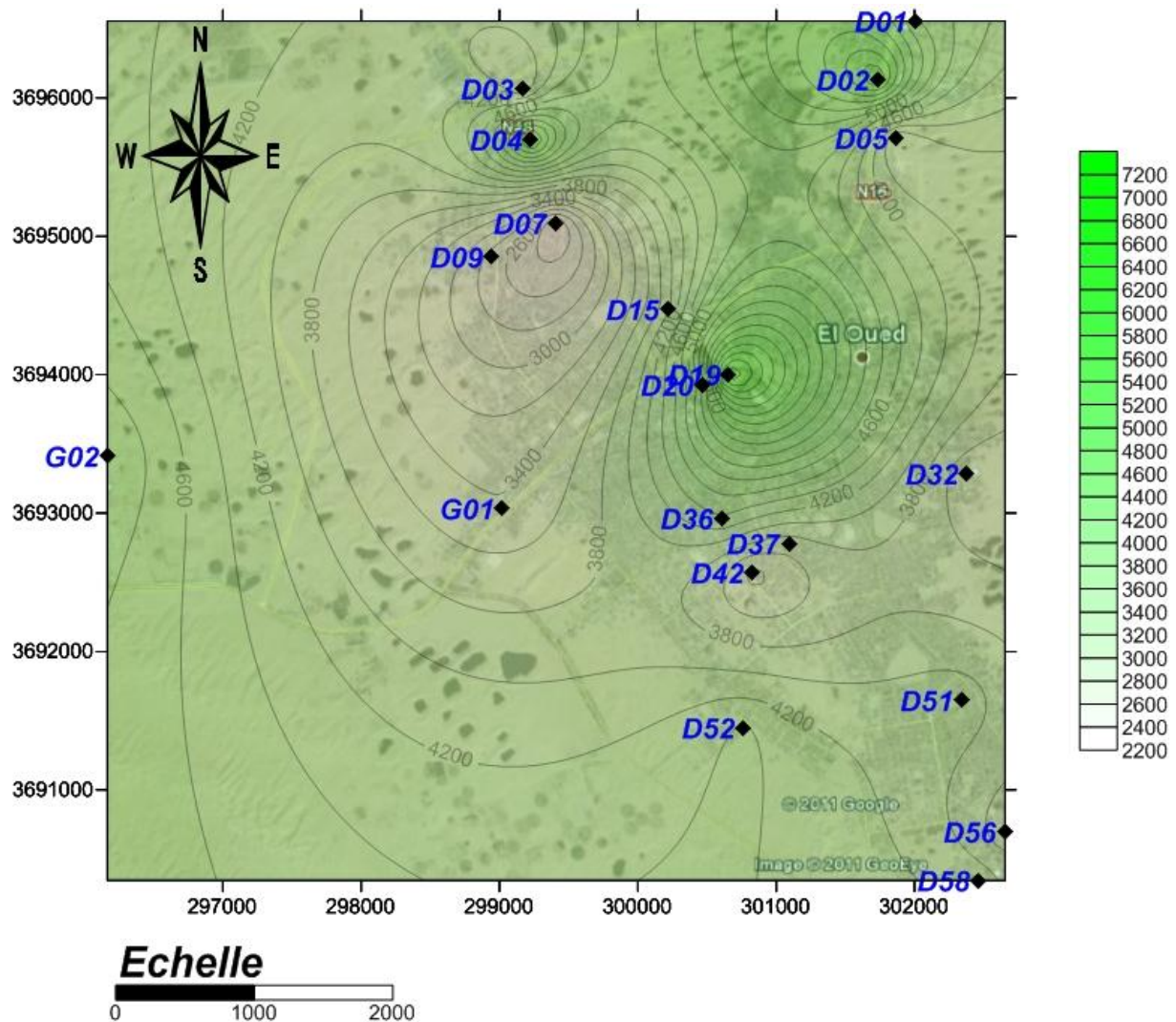


Figure 28: carte de conductivité Juin 2011

II.2. Carte de Nitrate (NO_3^-): (Figure 29)

Les nitrates sont présents à l'état naturel dans le sol et solubles, ils pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais. Ils sont l'une des causes de la dégradation de la qualité de l'eau. Le

nitrate transformé en nitrites par l'activité des micro-organismes, ils peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons de moins de 6 mois. Le risque est très difficile à établir. Partant d'un principe de précaution, la norme de potabilité pour l'eau a été fixée à 50 mg/l, et lorsque cette norme sera dépassée. Au-delà de 100mg/l, l'eau ne doit pas être consommée. Les valeurs de Nitrate dans la nappe phréatique d'El-Oued, varient entre 1,5 – 98 mg/l. La valeur la plus faible est 1.5 mg/l, dans la cite teksebt, et la valeur la plus fort est 97.19 mg/l situé à la cité sahenne. Les valeurs de NO_3 dans la plupart des forages sont supérieures à la norme surtout à CHOTT, SAHENNE et HOTEL LOUSS. Ils proviennent essentiellement des eaux usées et des fosses perdus. On remarque aussi une forte concentration de nitrate dans la zone de plantation nord de teksebt (D03).

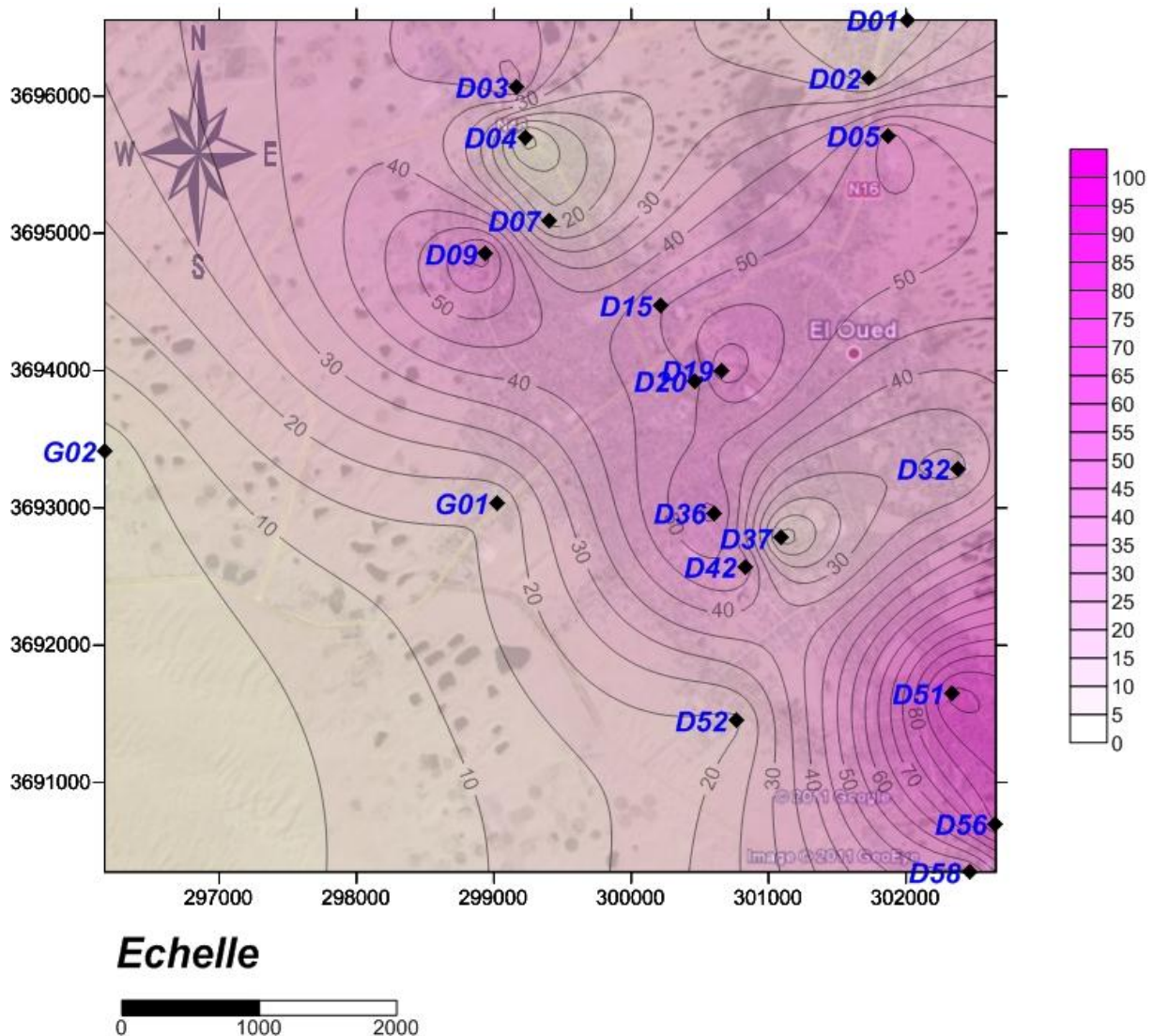


Figure 29: la carte de Nitrates(NO_3) Juin 2011

II.3. Carte de Nitrite (NO_2^-): (Figure 30)

La carte de Nitrite montre, que la valeur de NO_2 varie entre 0,01-2,85mg/l. Les valeurs plus faible est 0,01mg/l se trouve dans la zone Sidi Mastour D32 et Chott D05. Les valeurs plus fort est 2,84 mg/l se trouve dans la cité Sahenne D51 et Ouest Teksebt D09.

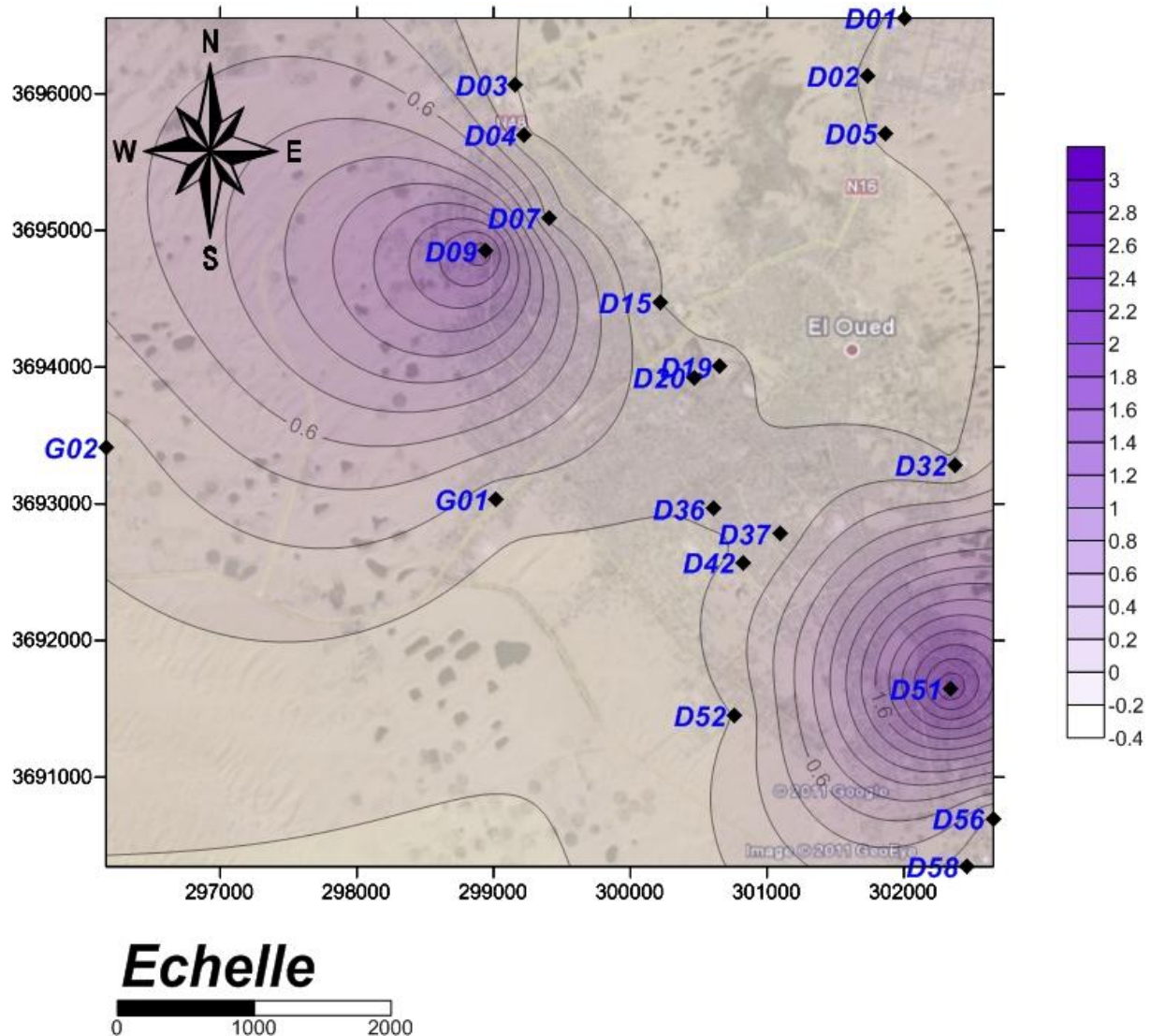


Figure 30:la carte de Nitrites (NO_2) Juin 2011

II.4. Carte de potentiel d'hydrogène (pH): (Figure.31)

Le pH varie entre 7.3-8.2, la valeur la plus faible de pH est d'ordre de 7,31, au Nord de Teksebt, Chott et Sidi abdellah, et la valeur la plus forte est d'ordre de 8.2, mesurée à l'Ouest de Teksebt à cause de forte concentration de CO_2 , résulte de la dégradation de la matière organique par les micro-organismes (D07). Ou a cause de la pollution, comme le forage (G01), qui situé près de la station d'essence, dans la région de Wazeten.

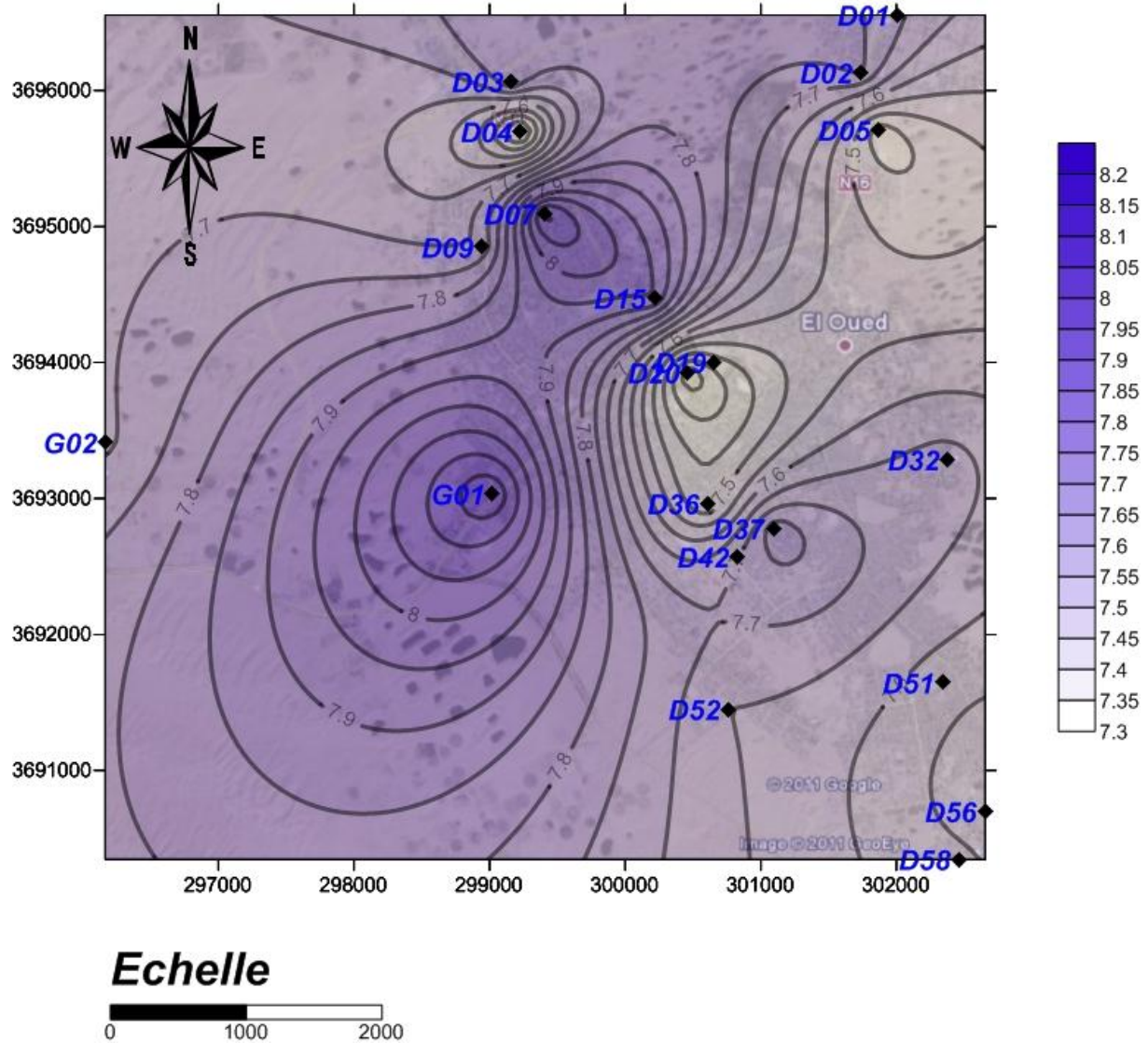


Figure 31: carte de potentiel d'hydrogène (pH) Juin 2011.

II.5. Carte de Résidu sec (R.S): Figure (32)

Le résidu sec exprime la totalité des sels dissous dans l'eau et des suspensions organiques et minérales obtenue par pesées (après évaporation de l'eau à 105°C). Les valeurs de résidu sec varient entre 3340-12500 mg/l. La valeur la plus faible est d'ordre de 3340 mg/l, située à la cité 19 Mars, et la valeur la plus forte est d'ordre de 12620 mg/l, au niveau du Chott.

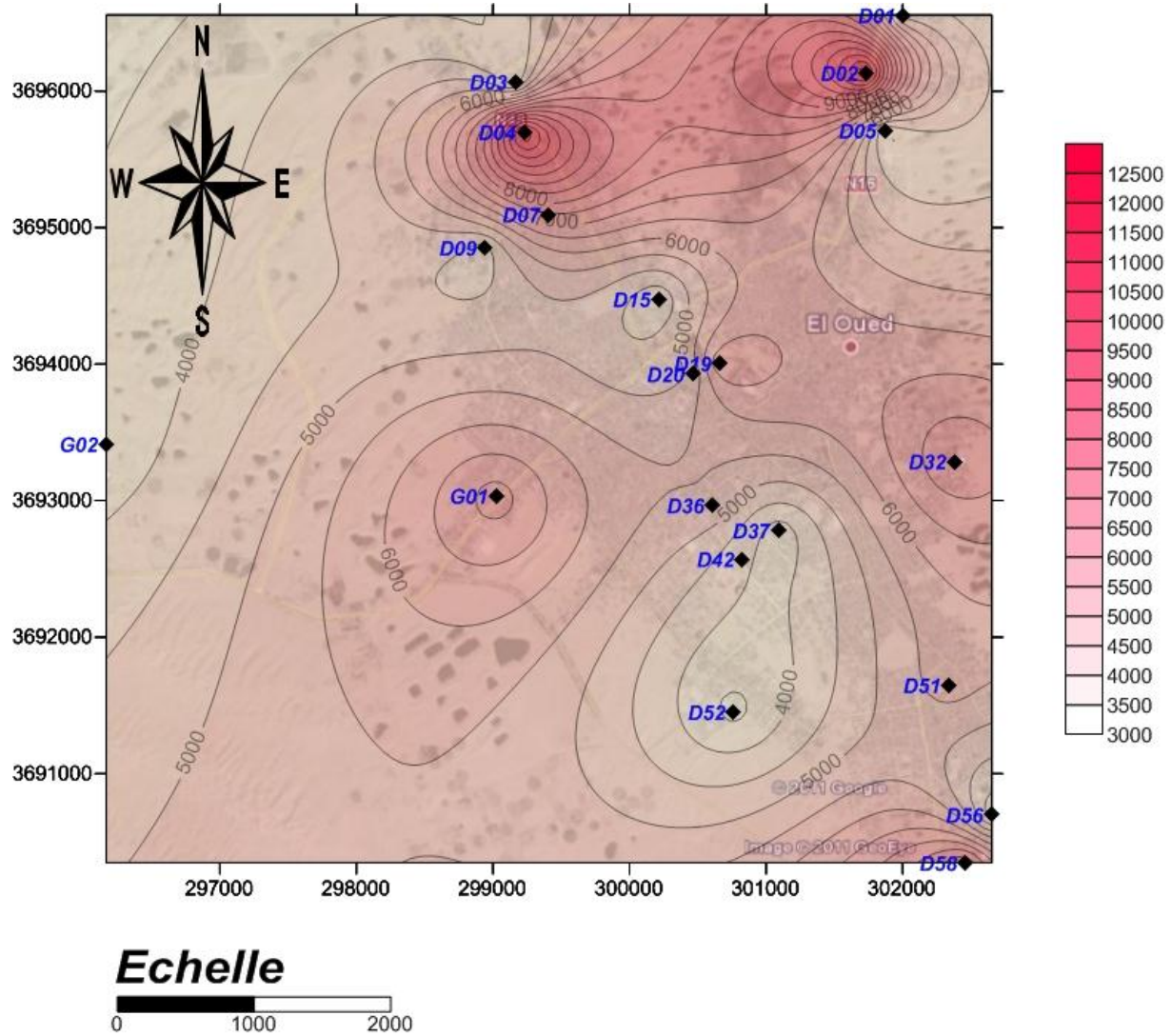


Figure. (32):carte de Résidu sec (R.S) Juin 2011.

II.6. Carte de Fluore (F⁻):

Le fluor n'existe pas à l'état libre mais sous forme de fluorures en association avec d'autres éléments (fluorure de calcium, d'aluminium, de sodium...). Le fluor et ses dérivés sont largement employés dans diverses industries : traitements de surface, industries transformatrices de minerais, industries du verre, de la céramique, fabrication d'engrais, d'insecticides, d'antifongiques.etc.Les fluorures sont présents naturellement dans l'eau à des teneurs généralement inférieures à 1 mg/l dans les eaux superficielles et qui peuvent atteindre parfois 10 mg/l voire exceptionnellement 100 mg/l dans des eaux profondes. Une carence ou un excès en fluor provoquent des inconvénients alors que des doses modérées sont bénéfiques pour la santé. Les fluorures ingérés avec l'eau sont absorbés presque en totalité et se répartissent rapidement dans l'organisme (le squelette et les dents) :

- moins de 0,5 mg/l : déficience en fluor pour prévenir les caries dentaires,
- entre 0,5 et 1,5 mg/l : dose optimale pour prévenir les caries,
- entre 1,5 et 4 mg/l : risque de fluorose dentaire (tâches sur l'émail),
- plus de 4 mg/l : risque de fluorose osseuse (douleurs osseuses et articulaires accompagnées de déformations).

Les valeurs de fluor sont variées entre 0.55-1.85 mg/l. La valeur la plus faible est 0.57mg/l, au niveau de palmeraies de DAOUIA (G02), et la valeur la plus forte est d'ordre de 1.83 mg/l, se trouve à la cité Sidi Abdellah (D18). Presque la moitié des forages (09), la concentration de fluor dépasse la norme de l'OMS (1.5 mg/l).

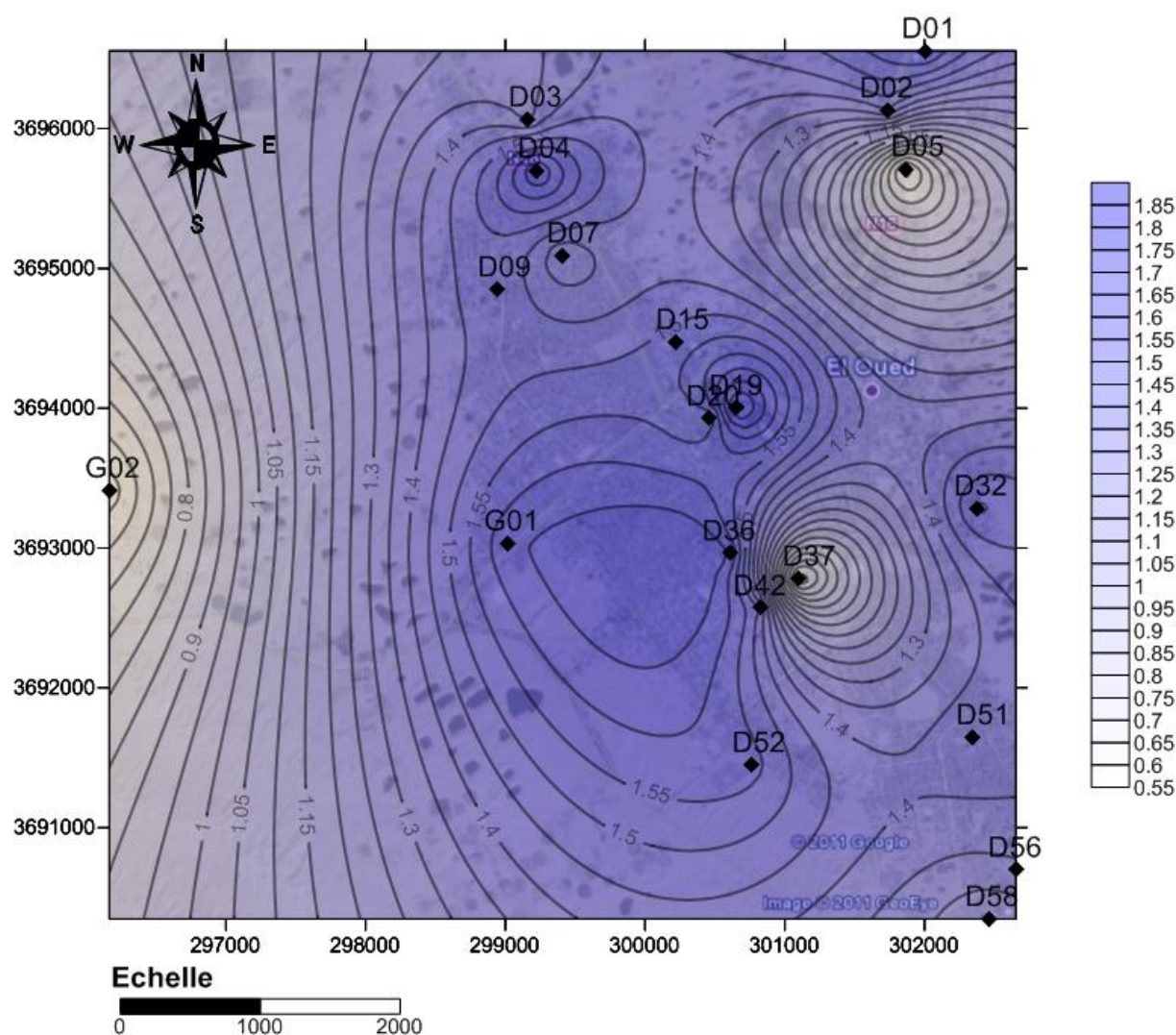


Figure 33: Carte de Fluore Juin 2011.

III. Qualité microbiologique de l'eau:

De nombreux microorganismes, virus, bactéries et protozoaires, voire des champignons et des algues sont présents dans l'eau. Les conditions anaérobiques généralement rencontrées dans les eaux souterraines en limitent cependant la diversité. Les bactéries, virus et autres agents pathogènes rencontrés dans les eaux souterraines proviennent de fosses septiques, des décharges, des épandages d'eaux usées, de l'élevage, de matières fermentées, de cimetières, du rejet d'eaux superficielles. Ces pollutions peuvent être aussi dues à des fuites de canalisations et d'égouts ou à l'infiltration d'eaux superficielles. La grande majorité de ces microorganismes nocifs, susceptibles d'engendrer des infections humaines redoutables, diffuse dans l'environnement hydrique par l'intermédiaire de souillures fécales humaines ou animales. Les pollutions microbiologiques se rencontrent surtout dans les aquifères à grande perméabilité (sable dunaire). L'analyse microbiologique des eaux de nappe phréatique d'El-Oued, montre que les majorités des forages analysés, sont contaminés par les coliformes thermotolérants (*Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica*) streptocoques fécaux (genres *Enterococcus* et *Streptococcus*) et bactéries aérobies, ce qui les rend inaptes à la consommation par l'homme ou les animaux. A l'exception des forages D04, G01 et G02 qui sont situés dans les régions éloignées du centre ville.

IV. Conclusion :

Les eaux de la nappe phréatique d'El-Oued ayant dans la plupart des cas un faciès sulfaté calcique ou sulfaté sodique, à cause de leur salinité élevée. Elles sont défavorables à l'irrigation. La carte de conductivité montre que les valeurs élevées sont dues à une évaporation des eaux provoquant une concentration des sels dans les zones d'eau libre (SIDI MASTOUR et CHOTT). La concentration de nitrate est au-dessus des normes de l'OMS (50 mg/l), pour l'eau de boisson à cause des rejets des eaux usées, les activités agricoles et des fosses septiques. Les faibles valeurs sont mesurées dans les zones isolées non exploitées. L'analyse microbiologique, montre que les majorités des forages analysés, sont contaminés par les germes microbiens pathogènes, ce qui les rend inaptes à la consommation par l'homme ou les animaux. A l'exception des forages D04, G01 et G02 qui sont situés dans les régions éloignées du centre ville .

CONCLUSION GÉNÉRALE :

La région du Souf, qui fait partie du Sahara septentrionale et appartenant administrativement à la wilaya de l'Oued Souf, est caractérisée par une activité économique basée principalement sur le commerce et la culture de palmiers dattiers, et dernièrement la pomme de terre.

La région est caractérisée par climat sub saharien avec des étés très chauds et avec une pluviométrie relativement très faible de l'ordre de 37,84 mm.

L'analyse lithostartigraphique montre que le système hydrogéologique de la région est composé de trois nappes aquifères, la première correspondant au continental intercalaire d'âge Albien, la deuxième est représentée par le complexe terminal d'âge Mio-pliocène et la dernière qui surplombe les deux premières et qui correspond à la nappe libre.

Les eaux de la nappe phréatique d'El-Oued ayant dans la plupart des cas un faciès sulfaté calcique ou sulfaté sodique, à cause de leur salinité élevée. Elles sont défavorables à l'irrigation.

La chimie des eaux de la nappe libre d'Oued Souf possède des valeurs élevées de la conductivité, due à l'existence de certains éléments chimiques à concentrations élevées (Cl⁻, Na⁺, Ca⁺⁺, SO₄⁻⁻) ce qui rend les eaux de la nappe impropre à l'irrigation. Cet excès est dû d'une part à la dissolution des terrains (formation salifères, argile, formations évaporitiques), et d'autre part à la forte évaporation des eaux surtout dans les Ghouts.

La concentration de nitrate est au-dessus des normes de l'OMS (50 mg/l), pour l'eau de boisson à cause des rejets des eaux usées, les activités agricoles et des fosses septiques. Les faibles valeurs sont mesurées dans les zones isolées non exploitées. L'analyse microbiologique, montre que les majorités des forages analysés, sont contaminé par les germes microbiens pathogènes, ce qu'ils rendre inaptes à la consommation humaine.

Annexe

Non du forage	X	Y	NP
CEM Tiksebt Nord	299116,65	3696392	66,99
Ecole Ferhat Benamara	299740,4	3695301	72,09
Direction El Moudjahidine	300947,51	3694906	66,42
CEM Tiksebt Est	300169,59	3694799	71,39
Cem Ghandir Omar	301919,56	3694393	66,4
Ecole Serrouti Med	299961,36	3692929	76,14
Ecole Nedjmouh Med Tahar	300391,24	3693007	75,95
Hotel des Finances	299684,99	3692621	75,98
Ecole Meiaci Abdel Ouahab	301958,7	3692512	73,29
Mosquée Sahane 2	302427,91	3691424	74,2

N	X	Y	NP
H1	871,6	349,5	25,4
H2	872	348,9	18,7
H4	874,8	344,8	25,8
H5	873,9	344,6	25,55
H6	872,3	341,5	19,5
H7	876,3	341,2	30,2
H9	873,1	337,6	40
H13	867,4	331,2	49
H15	869,7	328,5	49
H23	882,7	328,8	32,6
H24	884,1	329,3	31,5
H25	879,1	329,3	32
H26	880,5	331,2	38
H27	884,8	331,8	33,8
H28	884,4	331,8	36,4
H30	885,3	336,2	27
H32	879,5	338,2	25,6
H33	878,4	336,3	30,85
H34	879,4	335,5	36
H35	880,7	333	39,9
H36	878,2	332,6	30,5
H37	876,9	333,1	33,8
H38	874,6	334,1	35
H40	882,9	321,4	67,5
H43	880,3	315,3	63,52
H45	879,7	317,2	57,35

Annexe

H50	865,2	307,3	78,26
H52	868,1	304,5	74,77
H53	868	303,5	74,4
H54	869,5	303	76,77
H55	869,8	301	83,36
H70	889,3	294,3	78,2
H74	893,4	300,1	63
H78	896,5	305,2	64,7
H80	890,3	315,7	59,7
H84	895,8	322,6	52
H85	896,8	324	45,25
H88	894,2	324,5	50,65
H90	888,5	320,5	59,9
H91	888,9	322,3	57,85
H97	889,8	332	43,5
H98	893,4	332,5	36
H99	890,2	333,6	34,5
H100	890,4	334,3	33,6
H101	892,4	337,8	38,8
H103	893,3	344,5	22,65
H107	899,5	338,4	33,08
H109	901,2	340,6	36
H111	915	348,4	27,8
H112	920,5	372,8	17

TABLEAU 03 NIVEAU PIEZOMETRIQUE EN 2010			
N	X	Y	NP
H1	871,6	349,5	16
H2	872,4	348,9	19,75
H4	874,8	344,8	24,75
H6	872,3	341,5	22
H7	876,3	341,2	29,4
H9	873,1	337,6	40,75
H24	884,1	329,3	39
H25	879,1	329,3	37
H26	880,5	331,2	37
H28	884,4	331,8	35,65
H35	880,7	333	46
H36	878,2	332,6	32
H37	876,9	333,1	39
H38	874,6	334,1	35
H40	882,9	321,4	68,05
H45	879,7	317,2	57,2
H50	865,2	307,3	77,35

Annexe

H52	868,1	304,5	76,15
H53	868	303,5	73,35
H55	869,8	301	83,75
H70	889,3	294,3	78,45
H74	893,4	300,1	61,5
H78	896,5	305,2	67
H80	890,3	315,7	59,25
H84	895,8	322,6	52,5
H85	896,8	324	45,25
H88	894,2	324,5	74
H90	888,5	320,5	60,4
H91	888,9	322,3	58,6
H97	889,8	332	45,15
H98	893,4	332,5	36,25
H99	890,2	333,6	34,97
H100	890,4	334,3	33,75
H101	892,4	337,8	39,05
H103	893,3	344,5	23,5
H107	899,5	338,4	33,25
H111	915	348,4	29
H112	920,5	372,8	19

TABLEAU 04 NIVEAU PIEZOMETRIQUE (2010-2009)

N	X	Y	NP10	NP10- NP9
H1	871,6	349,5	16	-9,4
H2	872	348,9	19,75	1,05
H4	874,8	344,8	24,75	-1,05
H6	872,3	341,5	22	2,5
H7	876,3	341,2	29,4	-0,8
H9	873,1	337,6	40,75	0,75
H24	884,1	329,3	39	7,5
H25	879,1	329,3	37	5
H26	880,5	331,2	37	-1
H28	884,4	331,8	35,65	-0,75
H35	880,7	333	46	6,1
H36	878,2	332,6	32	1,5
H37	876,9	333,1	39	5,2
H38	874,6	334,1	35	0
H40	882,9	321,4	68,05	0,55
H45	879,7	317,2	57,2	-0,15
H50	865,2	307,3	77,35	-0,91
H52	868,1	304,5	76,15	1,38
H53	868	303,5	73,35	-1,05

Annexe

H55	869,8	301	83,75	0,39
H70	889,3	294,3	78,45	0,25
H74	893,4	300,1	61,5	-1,5
H78	896,5	305,2	67	2,3
H80	890,3	315,7	59,25	-0,45
H84	895,8	322,6	52,5	0,5
H85	896,8	324	45,25	0
H88	894,2	324,5	74	23,35
H90	888,5	320,5	60,4	0,5
H91	888,9	322,3	58,6	0,75
H97	889,8	332	45,15	1,65
H98	893,4	332,5	36,25	0,25
H99	890,2	333,6	34,97	0,47
H100	890,4	334,3	33,75	0,15
H101	892,4	337,8	39,05	0,25
H103	893,3	344,5	23,5	0,85
H107	899,5	338,4	33,25	0,17
H111	915	348,4	29	1,2
H112	920,5	372,8	19	2

Bibliographie :

- ❖ ANRH, 1993 : Coupe lithologique du forage F1. Direction regionale de Ouargla. Algerie.
- ❖ ANRH,2012 : Coupe lithologique du forage F1. Direction regionale de Touggourt. Algerie.
- ❖ A CORNET 1964, 1964 : Introduction à l'hydrogéologie saharienne.
- ❖ DOUCHE MED ALI et YOUNCI H 2011 : Impact de l'activité humaine sur la nappe phreatique d'El-Oued.Memoire d'ingenieur Univ d'ouargla
- ❖ DHW (Direction d'hydraulique de la Wilaya d'El-Oued), Enquête sur les exploitations et les besoins en AEP dans la wilaya d'El-Oued..
- ❖ (DROUICH 2008) Impact des eaux du rejet sur la qualité des eaux de la nappe libre d'Oued Souf
- ❖ ONM (Office National Météorologique) Station de Guemar et de Touggourt, données climatiques.
- ❖ HPO – Bonnard et Gardell ; 2003 : Rapport sur les essais de pompages dans la nappe phréatique du souf.
- ❖ RECIOUI Ibrahim , Contribution à l'étude qualité des eaux et l'évolution piézométrique de la nappe phréatique du oued soufe