

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université HAMMA LAKHDAR EL-Oued



Faculté de Technologie

Département de : Hydraulique & Génie Civil

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté En vue de l'obtention du diplôme de Master en hydraulique

OPTION : Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement.

THEME:

Détermination de la piézométrie et la qualité
de la nappe du Complexe terminal
- cas la région du Souf -

Présenté par :

- BADI Ahmed Ikbal
- CHERRAD Mohamed EL Hadi

Soutenu publiquement devant le jury:

Mr. MEGA Nabil	M.A.A	Université Hamma Lakhdar	El Oued	Président
Mlle. ZIAIR Nadjet	M.A.A	Université Hamma Lakhdar	El Oued	Examinatrice
Mr. MILOUDI A.monem	M.A.A	Université Hamma Lakhdar	El Oued	Encadreur

Promotion : Mai 2016.

Remerciements

En premier lieu, nous remercions notre DIEU, notre Créateur pour m'avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Nous tenons à notifier un remerciement spécial à tous nos professeurs du département d'hydraulique et génie civil, qui ont contribué à notre formation, et notamment, notre promoteur Mr : **MILOUDI Abdelmounim**.

Nous désirons aussi, exprimer nos remerciements à :

- ✓ Toute l'équipe de laboratoire ADE El Oued, spécialement le chef **MEHAWA Mohamed**.
- ✓ **Mr : ZAIZ Issam** ingénieur en hydraulique - service d'assainissement DRE - El Oued.
- ✓ **Mr : RAMDHANI Nacer** Ingénieur en hydrogéologie - Service d'AEP-DRE El Oued.
- ✓ Enfin nos remerciements tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Dédicace

✚ A ma chère famille du petit au grand.

✚ A mes enseignants et professeurs du primaire à l'université.

✚ A tous mes amis.

✚ Je dédie ce modeste travail.

Mohamed Elhadi CHERRAD

Dédicace

✚ A ma chère famille du petit au grand.

✚ A mes enseignants et professeurs du primaire à l'université.

✚ A tous mes amis.

✚ Je dédie ce modeste travail

Ahmed Ikbal BADI

Résumé :

La vallée su Souf représente une unité de ressource en eau, elle est située au Sud-Est algérien, elle occupe une superficie de 11 738 km², représente 18 communes administrativement et englobe un nombre de population de 566 245 habitants. Elle possède un réservoir très important en matière des ressources hydriques représenté par trois niveaux aquifère qui sont : la nappe phréatique, le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaire (CI). Dont la plus part des eaux destinées à la l'alimentation de la population sont des eaux du complexe Terminal.

La qualité des eaux (C.T) pose un grand problème, tel que la salinité totale, et la conductivité électrique qui dépassent la norme. L'objectif de cette étude est de déterminer la piézométrie et la qualité des eaux du complexe Terminal de la région d'Oued Souf.

Pour cela la réalisation d'une station de déminéralisation est une nécessité pour améliorer la qualité chimique des eaux et garantir sa potabilité selon les normes, avant de la mobiliser aux consommateurs.

Les résultats obtenus et traités par l'outil Système d'Information Géographique, montre qu'une sur exploitation de cette nappe à travers la vallée d'Oued Souf.

ملخص :

إن منطقة وادي سوف تعتبر مخزون للموارد المائية الجوفية تقع في الجنوب الشرقي للجزائر . أهم طبقات المياه الجوفية : طبقة المياه السطحية ، طبقة المتداخل القاري و طبقة المركب النهائي .

تعتبر طبقة المتداخل القاري أكثر الطبقات المزودة للسكان بالمياه الصالحة للشرب و مياه السقي على حد سواء .

من خلال النتائج المتحصل عليها تبين أن :

1- نسبة الملوحة الإجمالية والناقلية الكهربائية لهذه المياه مرتفعة مقارنة بالنظام الجزائري ، مما يتوجب معالجة هذه المياه بإزالة

المعادن زائدة التراكيز والتي تفوق النسب المسموح بها .

2- المستوى البيزو متري لهذه الطبقة يعرف تراجع في مستواه السكوني وهذا يعود للاستغلال اللاعقلاني من ناحية حفر الآبار تلبية

لحاجيات السكان نتيجة التوسع العمراني الكبير وتغطية الإحتياجات الفلاحية في المناطق المخصصة لهذا الغرض .

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	01
Première Partie : Partie théorique	
Chapitre I :Présentation de la Région d'étude -Région du Souf –El-Oued	
1. HISTORIQUE ET SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	04
2. CADRE SOCIAL ET ÉCONOMIQUE DE SOUF.....	07
2.1. L'artisanat.....	07
2.2. Le commerce.....	07
2.3. L'industrie.....	07
2.4. L'agriculture.....	08
2.4.1. Possibilités d'extension.....	08
2.4.2. L'élevage.....	09
3. SITUATION DE LA ZONE D'ÉTUDE (VALLÉE D'OUED-SOUF).....	10
4. SITUATION TOPOGRAPHIQUE.....	12
4.1.Nature topographique de la région d'étude.....	12
4.2. Pente de terrain.....	12
4.3. Relief.....	14
5. Etude hydro-climatique.....	15
5.1. Climat.....	15
5.2. Station météorologique de référence.....	15
5.3.Paramètres Climatologiques.....	15
5.3.1. La précipitation.....	15
5.3.2. La température.....	16
5.3.3. L'Humidité.....	16
5.3.4. Les vents.....	17
5.3.5. L'insolation.....	18
5.3.6. L'évaporation.....	19
CONCLUSION.....	20
Chapitre II : Géologie et Hydrogéologie de la Région du Souf	
1. Géologie de la region du souf.....	22
INTRODUCTION.....	22
1.1. ASPECTS STRUCTURAUX.....	22
1.2. LA PLATE-FORME SAHARIENNE.....	22
1.3.STRUCTURE GÉOLOGIQUE GENERAL.....	23
1.4.CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'OUED SOUF.....	23
1.5.STRATIGRAPHIE RÉGIONALE.....	24
1.5.1. Formations de l'ère Secondaire.....	26
1.5.1.1. Le Barrémien.....	26
1.5.1.2. L'Aptien.....	26
1.5.1.3. L'Albien.....	26
1.5.1.4. Le Vraconien.....	26
1.5.1.5. Le Cénomanién.....	26
1.5.1.6. Le Turonien.....	27
1.5.1.7. Le Sénonien.....	27
1.5.2. Formation de l'ère Tertiaire.....	27
1.5.2.1. L'Eocène.....	27

1.5.2.2.Le Miopliocène	27
1.5.3. Formation du Quaternaire	28
1.6. GÉOMORPHOLOGIE DE SOUS SOL	30
1.7. ANALYSE DES LOGS DES FORAGES.....	31
1.7.1. Les coupes géologiques dans la région d'Oued – Souf.....	31
1.7.1.1. Coupe N°1	32
1.7.1.2. Coupe N°2	32
1.7.1.3.Coupe N°3	33
1.7.1.4. Coupe N°4	33
CONCLUSION.....	34
2. Hydrogéologie de la région du souf	35
INTRODUCTION	35
2.1. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES.....	35
2.1.1. La Nappe phréatique	35
2.1.2. Complexe Terminal C.T	37
2.1.3. Nappe du Continental Intercalaire C.I	39
2.2. Estimation des réserves	43
2.3. Historique Exploitation de la nappe du CT (Etude sass)	44
2.3.1. Situation piézométrique en 2000	44
2.3.1.1. Complexe terminal	44
2.3.1.2. Qualité chimique des eaux	44
2.3.2. Sens de l'écoulement.....	45
2.3.3. Gradient Hydraulique.....	45
2.3.4. Vitesse d'écoulement.....	46
2.3.5. Rayon d'action.....	46
2.3.6. Rabattements (2000- 2050) au CT.....	46
CONCLUSION.....	48
Deuxième Partie : Partie Pratique	
Chapitre III : la piézométrie et qualité de la nappe de complexe terminal	
INTRODUCTION.....	50
1. Définition d'un Système d'Information Géographique (SIG)	50
1.1. Les composants d'un SIG	50
1.2. Comment fonctionne un SIG	51
1.3. Domaines d'application de SIG	51
2. Méthodes et stratégie de travail.....	53
2.1. Echantillonnage.....	53
2.2. Mode de prélèvement.....	53
2.3. Conservation des échantillons.....	53
2.4. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	53
3. Les Choix des points de prélèvement	54
4. Les paramètres d'analyse des eaux souterraines.....	57
4.1. Les paramètres physico-chimiques	57
4.1.1. La température	57
4.1.2. Potentiel Hydrogène (pH).....	59
4.1.3. Résidu sec.....	62
4.1.4. La conductivité électrique	64
4.2. Paramètre de pollution organique [Les nitrates (NO ₃ ⁻)]	66
5. Situation piézométrique.....	69

CONCLUSION	74
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	76
Bibliographie	
Annexes	

Liste des Abreviations

ADE	: Algérienne Des Eaux .
AEP	: Alimentation en Eau Potable .
Déc	: Décembre.
ANRHH	: Agence Nationale des Ressources Hydriques .
CI	: Continental Intercalaire .
CT	: Complexe Terminal .
TDS	: Taux De Salinité.
DSA	: Direction des Services Agricoles .
OMS	: L'Organisation Mondiale de la Santé .
ONM	: Office National Météorologique .
ONS	: Office National de Statistique .
D.R.E	: Direction de Ressources en Eau .
D.H.W	: Direction d'Hydraulique de la Wilaya .
SASS	: Système Aquifère du Sahara septentrional , partagé par trois pays, (Algérie, Libye, Tunisie)
OSS	: L'Observatoire du Sahara et du Sahel .

Liste des Tableaux

		P
Tab-1 :	Répartition de la superficie et nombre d'habitant et la densité apparente par commune de la Wilaya d'El-Oued.....	6
Tab-2 :	Résumé des résultats obtenus.....	9
Tab-3 :	Répartition de la superficie de la zone d'étude par commune (en km ²).....	10
Tab-4 :	Altitude moyenne des différentes communes de la vallée d'Oued-Souf	12
Tab-5 :	Caractéristiques géographiques des stations climatiques.....	15
Tab-6 :	Précipitations moyenne mensuelles de l'ONM d'El Oued (1985/2014).....	15
Tab-7 :	Températures moyennes mensuelles à la station ONM d'El oued (1985/2014).....	16
Tab-8 :	Humidité moyenne mensuelle en (%) de l'ONM (1985/2009).....	16
Tab-9 :	Vitesses moyennes des vents mensuels en (m/s) de l'ONM_(1985/2009).....	17
Tab-10 :	Insolation moyenne mensuelle en (h) de l'ONM (1985/2009)	18
Tab-11 :	l'évaporation moyenne mensuelle en (mm) de l'ONM (1985/2009).....	19
Tab-12 :	Les compositions lithologiques de la région d'étude.....	29
Tab-13 :	Étendue et volume des ressources en eaux souterraines.....	42
Tab-14 :	Récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued.	42
Tab-15 :	Épaisseur moyen des différents aquifères.....	43
Tab-16 :	Rabattements dans la nappe du Complexe terminal (CT) en Algérie	47
Tab-17 :	Les points de prélèvement et les coordonnées des forages d'eau du C.T	54
Tab-18 :	Les paramètres d'analyse d'eau	57
Tab-19 :	Côte piézométrique et la Profondeur du niveau statique de la nappe du complexe terminal (2015-2016).....	70

Liste des Figures

		P
Fig-1 :	Situation géographique de la région d'Oued-Souf.....	5
Fig-2 :	L'extension de la zone agricole du Souf.....	9
Fig-3 :	Carte de découpage administratif de la vallée d'Oued- Souf.....	11
Fig-4 :	Carte topographique de la vallée d'Oued-Souf.....	13
Fig-5 :	Représentation de la topographie (hauteurs x 10).....	14
Fig-6 :	Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) (1985/2014).....	15
Fig-7 :	Variation mensuelle interannuelle des températures en (°C) (1985/2014).....	16
Fig-8 :	Distribution mensuelle interannuelle d'humidité (1985/2009).....	17
Fig-9 :	Variation mensuelle interannuelle de vitesse des vents en (m/s) (1985/2009).....	18
Fig-10 :	Durée moyenne mensuelle interannuelle d'insolation en (h) (1985/2009).....	18
Fig-11 :	Variation de l'évaporation moyenne mensuelle en (mm) (1985/2009).....	19
Fig-12 :	Plan Géologique de Grand Erg Oriental, (Baba Sy.M, 2005).....	23
Fig-13 :	La colonne litho stratigraphique du forage	25
Fig-14 :	Coupe géologique N°01, (A.N.R.H, 1989).....	32
Fig-15 :	Coupe géologique N°02, (A.N.R.H, 1989).....	32
Fig-16 :	Coupe géologique N°03, (A.N.R.H, 1989).....	33
Fig-17 :	Coupe géologique N°04, (A.N.R.H, 1989).....	33
Fig-18 :	Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement.....	36
Fig-19 :	Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et les sens d'écoulement.....	38
Fig-20 :	Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement.....	40
Fig-21 :	Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1972).....	41
Fig-22 :	Carte piézométrique de référence de l'aquifère du Complexe Terminal.....	45
Fig-23 :	Rabattements 2000 – 2050 au CT (en m).....	46
Fig-24 :	forme de couches thématiques	52
Fig-25 :	Points d'eau – échantillonnage - (Avril 2016)	56
Fig-26 :	Appareil Thermomètre et Capsule en porcelaine.....	57
Fig-27 :	Carte de Température (°C) (Avril 2016).....	58
Fig-28 :	Appareil de PH mètre	60
Fig-29 :	Carte de pH (Avril 2016).....	61
Fig-30 :	Capsule en porcelaine Avec Balance analytique.....	62
Fig-31 :	Etuve réglable pour séchage.....	62
Fig-32 :	Carte de Résidu sec (mg/l) (Avril 2016).....	63
Fig-33 :	Appareil Conductimètre.....	64

Fig-34 :	Carte de conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) (Avril 2016).....	65
Fig-35 :	Spectrophotomètre UV-Visible.....	67
Fig-36 :	Carte de NO_3 . (mg/l) (Avril 2016).....	68
Fig-37 :	Carte du Côte piézométrique (m) de la nappe du CT (Avril 2016).....	71
Fig-38 :	Carte de Profondeur du niveau statique (m) de la nappe du CT (Avril 2016).....	73

INTRODUCTION GÉNÉRALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène; H₂O Couvert près des trois quarts de la Terre, l'existence humaine dépend de l'eau. La géosphère, l'atmosphère et la biosphère entretiennent toutes trois des relations étroites avec l'eau. L'eau interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat, et elle transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie sur Terre.

Sans l'eau, la terre ne serait qu'un astre mort, et aucune vie humaine, biologique, ou animale, n'existerait.

L'Algérie reçoit approximativement 90 milliards m³ de pluie par an, dont 85% s'évaporent et le reste s'infiltré dans le sol. En matière de ressources souterraines, le volume exploitable est estimé à 1,8 milliards m³ au Nord (SASS 2003). Au Sud et exactement dans le SAHARA Septentrional d'importantes ressources en eau existent tel que la nappe du Continentale Intercalaire (CI) et celle du Complexe Terminal (CT).

Les études des ressources en eau est un axe principal, pour cela ces dernières années, des nombreuses recherches se sont concentrées sur l'étude de la quantité et la qualité des ressources en eaux souterraines ou superficielles dans l'Algérie.

Le Sahara algérien constitue, jusqu'à présent, l'objet de multi études universitaires et autres.. Diverses études ont également porté sur la qualité physicochimique, et parfois bactériologique, des eaux de ce système aquifère. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

Notre travail à pour contribution et objectif de se focaliser sur l'aspect de détermination de la piézométrie et qualitatif des eaux du complexe terminal de la région d'Oued-Souf.

Afin d'atteindre l'objectif de ce travail, nous avons développés les chapitres suivantes :

❖ **Le premier chapitre** : présentation de la région d'étude

Contient deux parties :

La 1^{ère} partie : est une aperçue historique de la wilaya avec description, de la situation géographique, les populations et leur répartition administratif, la densité, le cadre socio-économique et la délimitation de la zone d'étude et sa situation, la nature topographique de terrain et les reliefs.

La 2^{ème} partie : contient les statistiques climatologies de la région, telle que les différents paramètres climatologique : la précipitation, la température, l'humidité, le vent et l'insolation l'indice d'aridité.

Le deuxième chapitre : Géologie et hydrogéologie

Contient deux parties :

La 1^{ère} partie: le milieu naturel et la géologie de la région ont été présentés depuis l'ère primaire jusqu'à l'ère quaternaire, où nous avons essayé de montrer la structure géologique régionale, les différentes phases lithologiques des étages sédimentaire, géomorphologique et tectoniques liées à l'histoire géologique de la région avec une aperçu sur l'outil géophysique.

La 2^{ème} partie: traite l'hydrogéologie de la région en présentant la succession des différents horizons aquifères et l'historique d'exploitation de la nappe du CT (Etude SASS).

Le troisième chapitre : piézométrie et qualité de la nappe du C.T

C'est la principale partie dans ce travail qui est consacrée à la détermination de la piézométrie et la qualité des eaux de la nappe du Complexe Terminal selon leurs utilisations (eau destinée à la consommation humaine et l'irrigation).

Première Partie

Partie théorique

Chapitre I

*Présentation de la Région d'étude
-Région du Souf –El-Oued*

PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

-Région du Souf –El-Oued-

1. HISTORIQUE ET SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La wilaya d'El Oued se trouve au Sud-est de l'Algérie. 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 54 573 km² divisé en 30 communes avec une population de 791 000 habitants et une densité de 14.49 hab./km², le taux d'accroissement de population égale à 3,4 % selon le recensement de l'ONS de 2015.

Les limites de la Wilaya sont :

- ✓ A l'Est par la république Tunisienne ;
- ✓ Au Nord –Est par Tébessa ;
- ✓ Au Nord par Khenchla et Biskra ;
- ✓ Au Nord-Ouest par Biskra ;
- ✓ A l'ouest par Djelfa ;
- ✓ Au Sud-ouest et sud par Ouargla ;

Géographiquement, la ville d'El Oued est limitée par les coordonnées suivantes :

Longitudes $X_1 = 05^{\circ}30'$ et $X_2 = 07^{\circ}00'$ Est.

Latitudes $Y_1 = 35^{\circ}30'$ et $Y_2 = 37^{\circ}00'$ Nord.

El-Oued c'est la région du bas Sahara, il est un petit morceau d'un immense territoire géomorphologique qui constitue le grand Erg oriental, vaste étendue de sable 200000km², constituée par les alluvions des oueds qui au cours de Quaternaire ont désagrégé les reliefs situés plus au sud (massif central saharien) et ont épandu leurs matériaux sur le grand pan incliné qui s'ouvrait en direction des chotts, c'est matériaux sont remodelés inlassablement sur place par les vents sahariens, en dunes de types variés.

Les contraintes de l'erg sont grandes: pas d'eaux superficielles, pas de sources, difficultés de circulation. Pour le saharien, l'erg est le territoire le moins attractif, dans un Sahara très peu peuplé, l'erg est un territoire vide.

Les Soufis ne se sont pas implantés de localiser n'importe où dans le Grand Erg, ils ont choisi le centre nord dans le secteur qui combine un couvert végétal dense et une nappe phréatique proche et abondante: les eaux souterraines s'y sont progressivement concentrées.

- ✓ Plus au sud, les dunes se dénudent et deviennent vives, la nappe est faible et profonde.
- ✓ Plus au nord, les terrains se salent à proximité des grands Chotts Melrhir et Merouane.

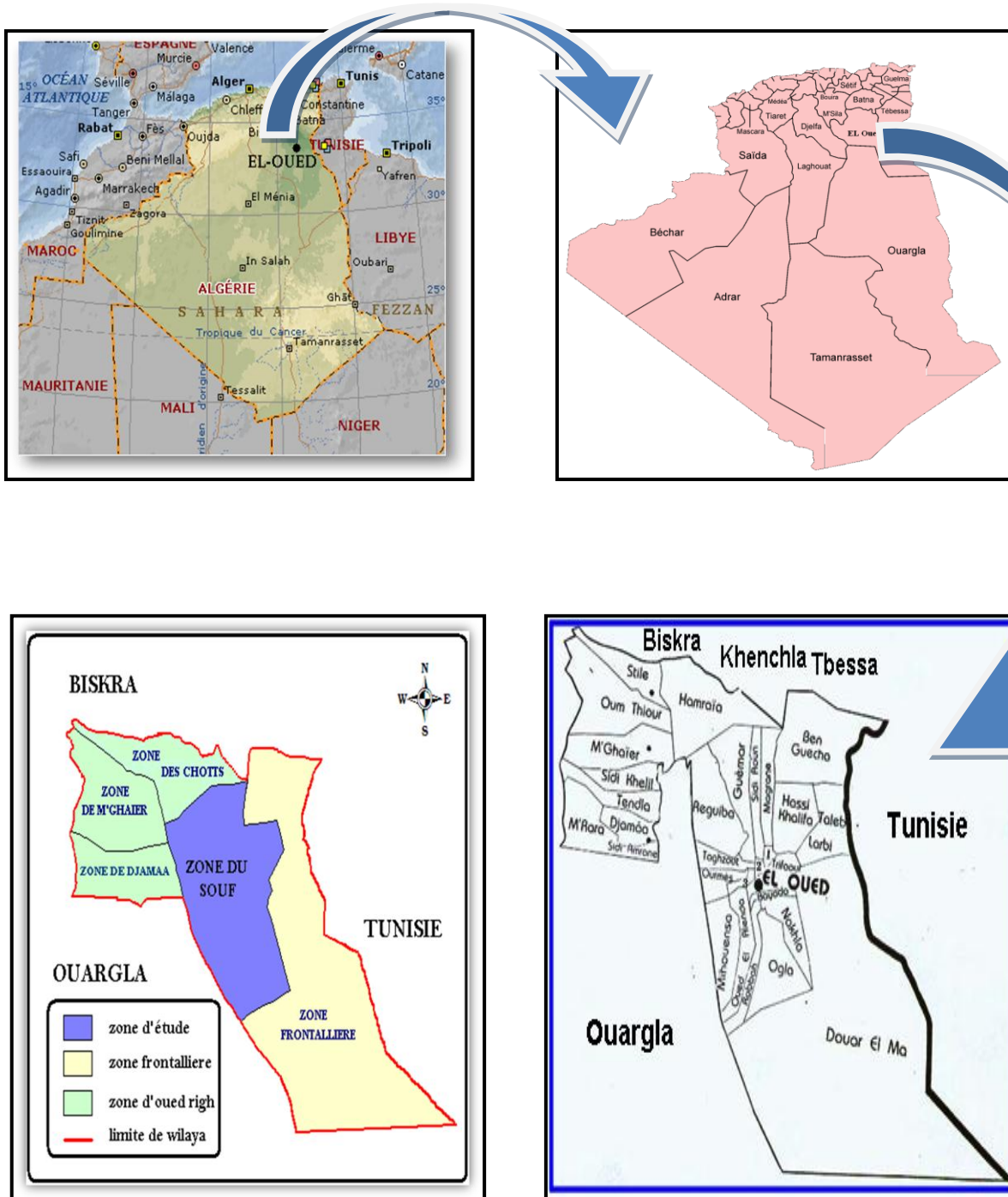


Figure (1) : Situation géographique de la région d'Oued-Souf

Tableau (1): Répartition de la superficie et nombre d'habitant et la densité apparente par commune de la Wilaya d'El-Oued

N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km ²)	Densité hab/km ²	N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km ²)	Densité hab/km ²
1	El Oued	163 555	77	2124,09	16	Bayadha	38 990	139	280,50
2	Kouinine	12 610	116	108,71	17	Oued el Alenda	7 720	712	10,84
3	Réguiba	50 460	1966	25,67	18	Mih Ouensa	20 650	1111	18,59
4	Guemar	49 325	1264	39,02	19	Hamraia	6 405	2443.82	2,62
5	Taghzout	16 600	539	30,80	20	Taleb Larbi	12 070	1110	10,87
6	Ouermés	6 655	443	15,02	21	Ben Guecha	5 035	2642.18	1,91
7	Débila	30 015	78	384,81	22	Douar El Ma	7 905	17852.5	0,44
8	Hassani Abdelkrim	28 335	58	488,53	23	M'ghaier	58 845	1532	38,41
9	Hassi Khelifa	38 235	1112	34,38	24	Sidi Khellil	7 475	840.33	8,90
10	Trifaoui	10 120	474	21,35	25	Still	6 495	904.8	7,18
11	Magrane	28 780	618	46,57	26	Oum Touyour	12 240	2116.37	5,78
12	Sidi Aoun	14 315	480	29,82	27	Djamaa	63 550	780	81,47
13	Robbah	26 570	499	53,25	28	Sidi Amrane	24 470	552	44,33
14	Nakhla	15 845	700	22,64	29	M'Rara	10 055	1131.66	8,89
15	El Oglâ	7 465	1352	5,52	30	Tendla	10 210	977.9	10,44
						Total	791 000	44586	17.74

(ONS : 2015)

2. CADRE SOCIAL ET ÉCONOMIQUE DE SOUF:

Dans le domaine religieux (Islam) et culturel (langue Arabe), le Souf est beaucoup plus riches que sur le plan matériel. ses habitants sont imbus de culture religieuse ; l'art des lettres, beaucoup d'adolescents connaissant le Coran par cœur, des gens voyagent des années pour s'instruire, la langue arabe restée très pur, permet même aux analphabètes, habitants sous la tente, de composer des poésies.

Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale.

Si nous voyons successivement les principales activités, nous donnons un aperçu général sur l'économie du Souf.

Celles-ci s'articulent autour de l'agriculture, qui sera étudiée en premier lieu et les activités des transformations et commerciales qui sont traitées par la suite:

2.1. L'artisanat:

El Oued à toujours était un centre artisanal, notamment pour les objets liés à l'ancienne technologie de l'agriculture.

On note les activités artisanales, il s'agit des tailleurs, des tapissiers, des maçons, des cordonniers, des menuisiers, des bijoutiers, des forgerons.

2.2. Le commerce:

Tout soufi est commerçant dans l'âme, la ville d'el Oued compte 7000 registres de commerces, et 10000 l'ensemble du souf.

Grâce à la position géographique entre trois Etats (Algérie, Tunisie, Libye), le souf a acquis une position stratégique exceptionnelle, on peut dire que la ville d'El Oued est un centre d'échange commercial, très actif, ainsi elle constitue le centre d'achat de toute la région du souf d' où l'importance de son marché.

Cette activité commerciale se traduit également par le grand axe commerçant qui, sur plus de 15km, s'allonge le long de la Route Nationale de Kouinine - Robbah où la densité commerciale y est forte au centre 15 à 20 établissements pour 100 m pour décroître vers les extrémités 4 à 5.

2.3. L'industrie:

Dans la foulée du commerce, un phénomène tout nouveau est apparu au Souf: l'industrie, depuis la décennie 1980, de petites unités privées se sont montées.

Une spécialité est apparue, celle des parfums et cosmétique.

Au domaine cosmétique sont venues s'ajouter 3 autres branches d'activité: l'agro-alimentaire, les plastique, les matériaux de construction, les boissons.

Au total, aujourd'hui plus de 1600 personnes travaillent dans l'industrie.

Bref inventaire des unités industrielles du Souf :

- ✓ Parfums et cosmétique 20 unités ;
- ✓ Transformation du plastique 15 unités ;
- ✓ Fabrication carrelage 7 unités ;
- ✓ Transformation aluminium 6 unités ;
- ✓ Insecticides et détergents 4 unités ;
- ✓ Semoulerie, pâtes alimentaire 3 unités ;
- ✓ Unité déminéralisation eau 2 unités ;
- ✓ Unité de fabrication de peinture 1 unité ;
- ✓ Unité de fabrication des boissons 1 unité ;

2.4. L'agriculture:

L'agriculture est la principale activité de la région pour l'homme du souf comme culture dominante, la Pomme de terre, le tabac (Guémar), le palmier dattier dans les ghouts.

Les ghouts saharienne fonctionne comme un agro-système, reposant sur la trilogie eau/habitat/palmeraie; pour faire venir les eaux à eux, les soufis ont imaginé d'aller à elle, d'excaver suffisamment le sable pour que l'épaisseur restante soit 2m, planter alors les palmiers dans sol de façon à ce qu'ils aillent puiser l'eau par leurs propres racine, c'est le principe de la culture Bour (en sec), on n'importe pas d'eau d'irrigation mais le palmiers va chercher lui-même ce dont il a besoin.

Les limites de ces ghouts atteignent la frontière libyenne au sud et voisinent avec les Monts des Nemamchas, suivant une ligne passant par Negrine, s'étire à l'est à la frontière tunisienne et à l'ouest par l'immense oasis d'Oued Righ.

La Wilaya d'El Oued dispose d'une superficie agricole totale égale à 1591869 hectares mais la superficie réellement exploitée est 51437 hectares, la superficie irriguée est égale à 49982hectares. (DSA : Direction de Service Agricole d'El-Oued en 2010).

2.4.1. Possibilités d'extension :

La mise en valeur en irrigué dans la région de Oued Souf est possible le long de la frontière Algéro-Tunisienne, qui ne présente pas actuellement de problèmes particuliers d'aménagement. Quant à l'extension où à la création de zones mise en valeur dans la vallée du Souf, il est à déconseiller dans l'immédiat, car l'irrigation par les nappes du CT et du CI ne font qu'aggraver la situation de la nappe phréatique, mais il est recommandé d'utiliser cette dernière pour l'irrigation de nouvelles parcelles. L'utilisation des eaux de cette nappe pour l'agriculture permettra de rabattre le plan d'eau, qui est actuellement proche de la surface du sol.

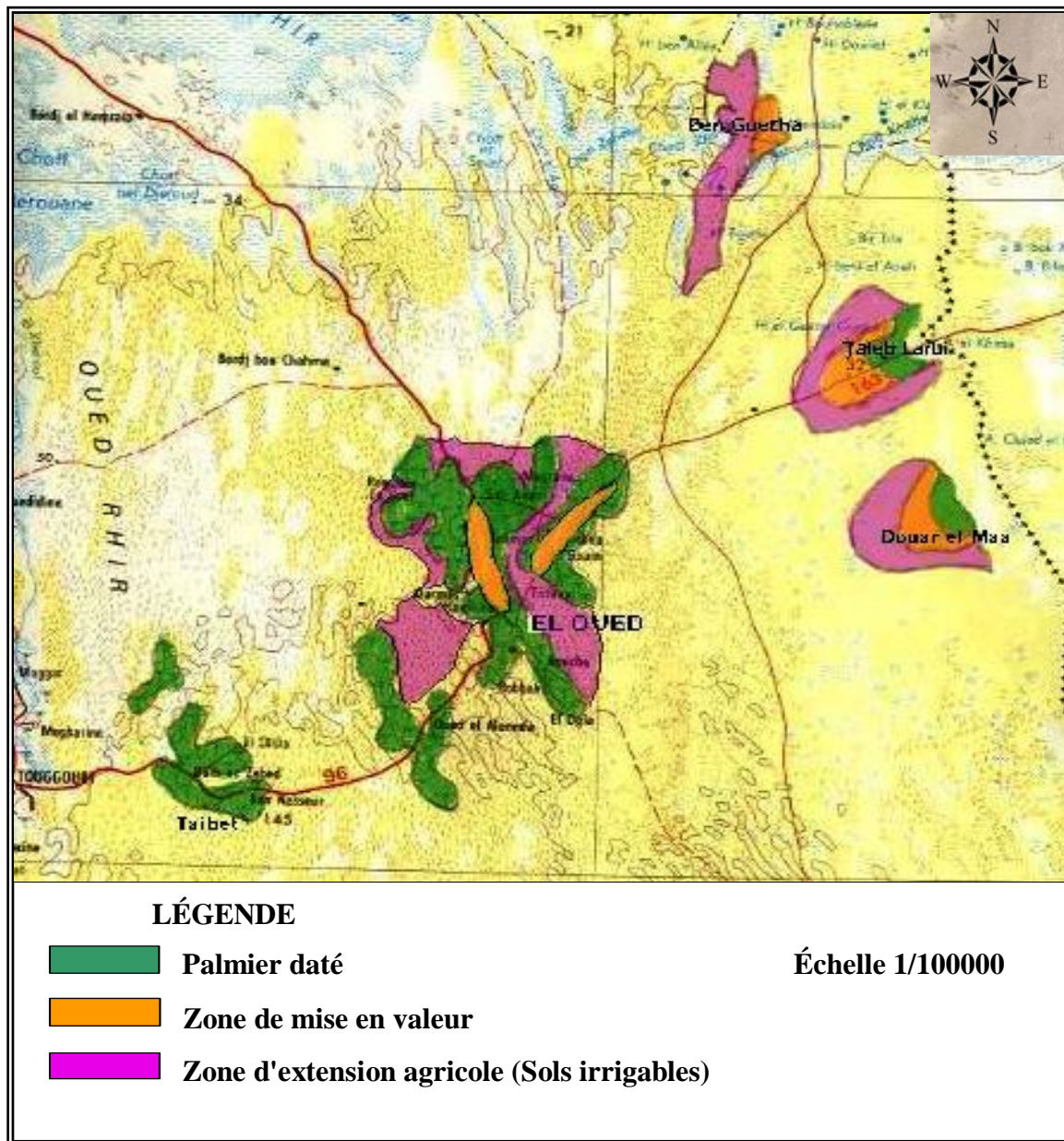


Figure (2) : L'extension de la zone agricole du Souf (DSA : 2005)

2.4.2. L'élevage:

Les animaux domestiques les plus élevés sont: les chèvres, les ovins, les chameaux, les chevaux, les mulets, les ânes les poulets, les pigeons.

Tableau (2): Résumé des résultats obtenus

Souf	Population (Hab)	Superficie (Km ²)	Densité Hab/Km ²	Superficie Agricole Km ²
Total	791 000	44586	17.74	15918.69

3. SITUATION DE LA ZONE D'ÉTUDE (VALLÉE D'OUED-SOUF)

La zone d'étude qui est représentée par 18 communes occupe une superficie de 11738 km² et dont un nombre de population de 566 245 habitants avec une densité de 48,24 hab/km².

La vallée d'oued - Souf est située au Sud-est de l'Algérie et plus précisément au Nord du grand Erg oriental, cette vallée ce n'est pas un bassin versant mais c'est une vallée qui s'écoule du sud vers le nord est délimitée:

- ✓ Au Sud par la mer de dunes du grand Erg oriental,
- ✓ A l'Est par une série des chotts tunisienne
- ✓ Au Nord par la zone de dépression de chotts Mèlghir et Marouane
- ✓ Au Nord-Ouest et l'Ouest par la vallée d'Oued Righ.
- ✓ A l'Ouest et Sud-ouest par Ouargla (Touggourt).

La zone d'étude est délimitée par les coordonnées suivantes :(UTM Clarke 1880, zone 32):

Longitudes : X₁ = 275' 200 - X₁ = 322' 000

Latitudes : Y₁ = 3'665' 000 - Y₁ = 3'743'000

Tableau (3) : Répartition de la superficie de la zone d'étude par commune (en km²)

N°	Commune	Superficie (km ²)	N°	Commune	Superficie (km ²)
01	Hassi Khalifa	1112	10	Sidi Aoun	480
02	El-Ogla	1352	11	Trifaoui	474
03	Mih Ouansa	1111	12	Magrane	618
04	El Oued	77	13	Ourmes	443
05	Robbah	499	14	Kouinine	116
06	Oued Allenda	712	15	Reguiba	1966
07	Bayadha	139	16	Taghzout	539
08	Nakhla	700	17	Débila	78
09	Guemar	1264	18	Hassani Abdelkrim	58
Superficie Total : 11738 km²			Densité : 48.24 hab/km²		

(ONS : 2015)

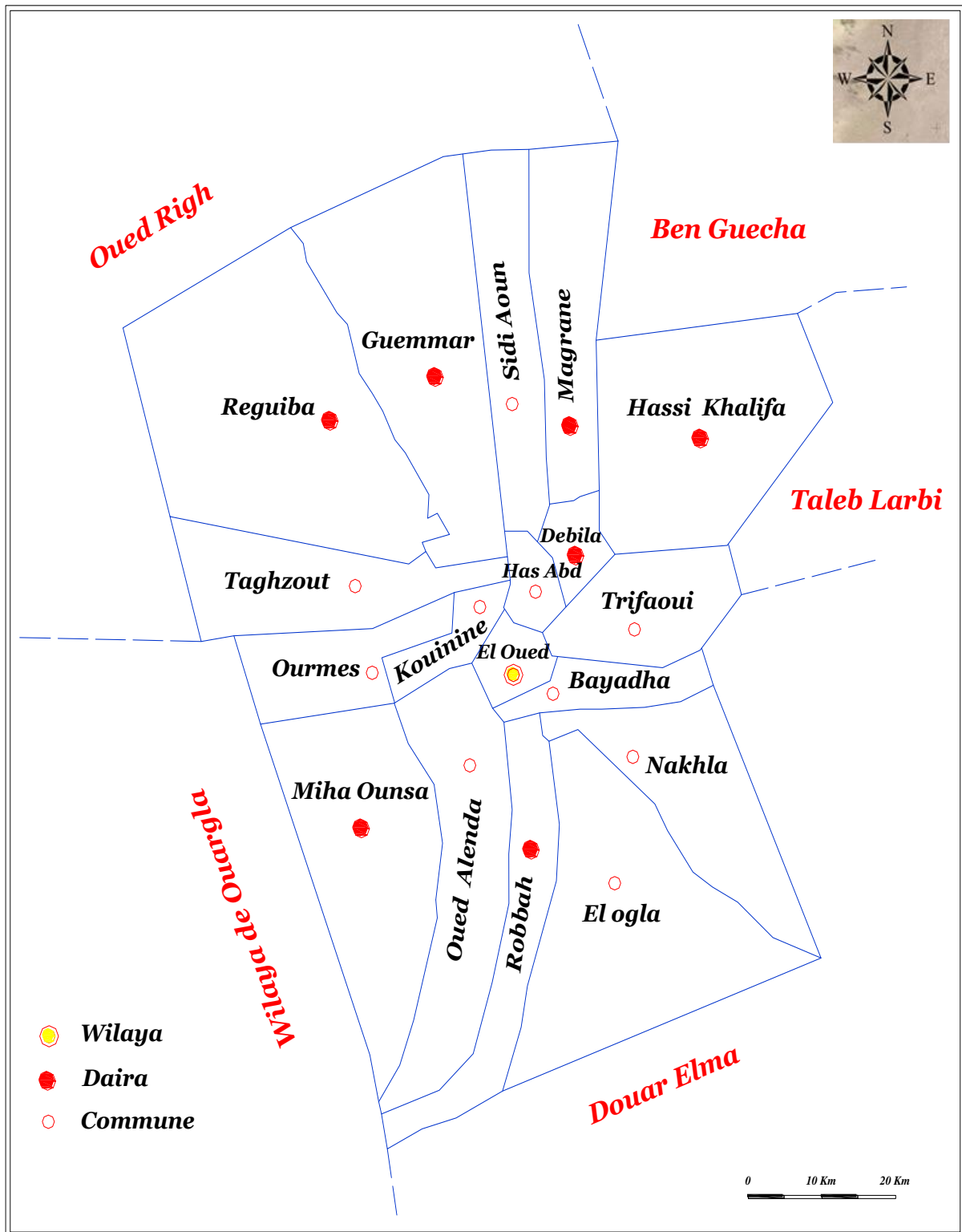


Figure (3) : Carte de découpage administratif de la vallée d'Oued- Souf

4. SITUATION TOPOGRAPHIQUE

4.1. Nature topographique de la région d'étude :

La région d'Oued- Souf appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude est située au Sud-Est du pays- Le point le plus haut se trouve à la cote 125 m à la commune de Bayadha (Soualah), alors que le point le plus bas se trouve à la cote 29m à la commune de Réguiba (Foulia).

L'altitude moyenne de la région est de 80 mètres et accuse une diminution notable du Sud ver le Nord pour être de 25 mètres au dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts qui occupent le fond de l'immense bassin du bas Sahara.

4.2. Pente de terrain

Le pendage général de la zone d'étude est orienté Sud/Nord, avec une pente moyenne très faible (au mieux de l'ordre de 0,002 m/m à 0,003 m/m) et des incidents liés à la présence des dunes.

Tableau (4): Altitude moyenne des différentes communes de la vallée d'Oued-Souf

N°	Commune	Altitude Moy (m)	N°	Commune	Altitude Moy (m)
01	Hassi Khalifa	77	10	Sidi Aoun	54
02	El-Ogla	91	11	Trifaoui	81
03	Mouih Ouansa	91	12	Magrane	60
04	El Oued	77	13	Ourmes	85
05	Robbah	93	14	Kouinine	75
06	Oued Allenda	83	15	Réguiba	57
07	Bayadha	90	16	Taghzout	78.5
08	Nakhla	85	17	Débila	62
09	Guemar	64	18	Hassani Abdelkrim	66

(DRE : 2015)

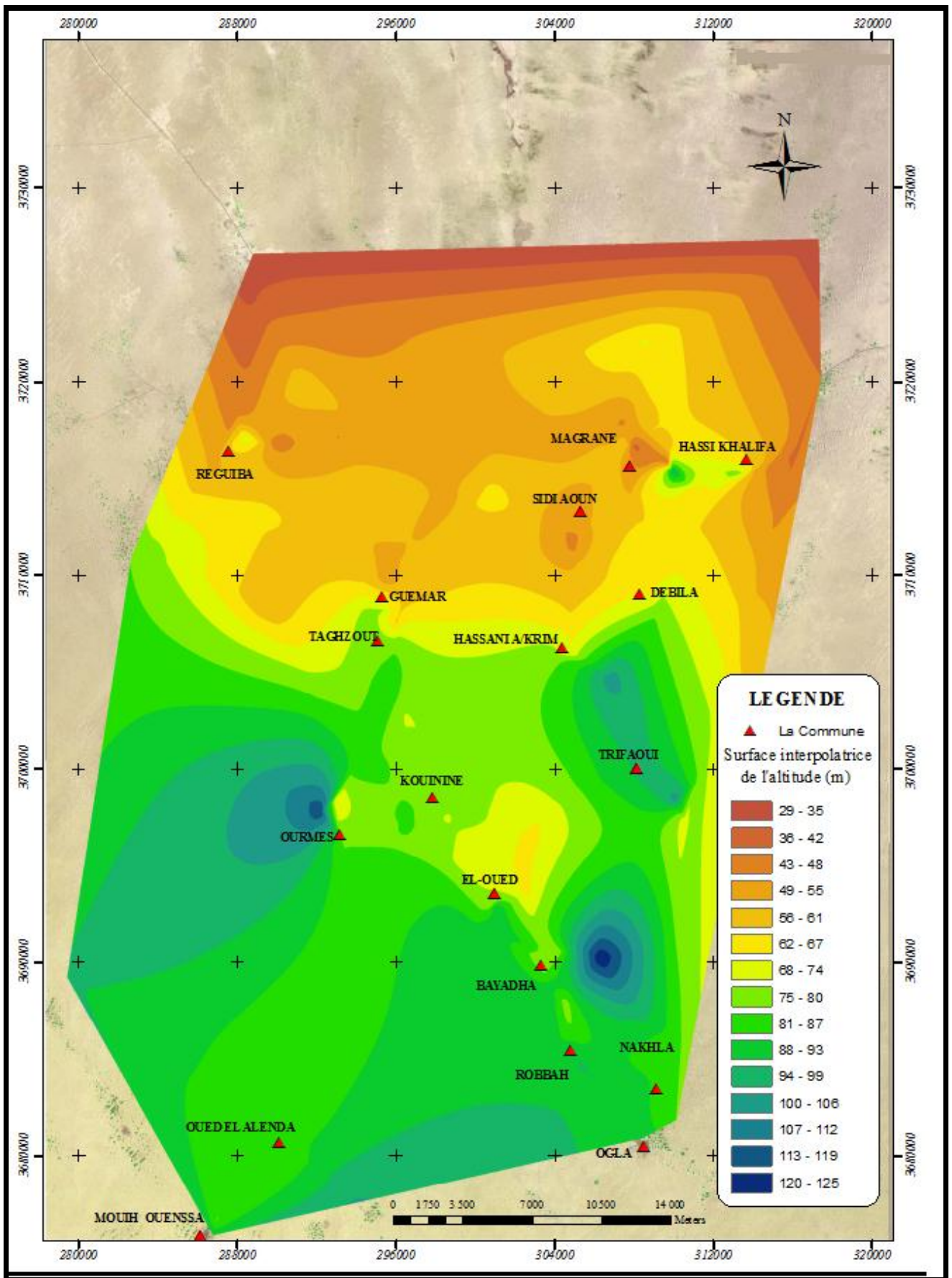


Figure (4) : Carte topographique de la vallée d'Oued-Souf

4.3. Relief :

Le relief est très accidenté et couvert de chaînes des dunes surtout la partie sud ouest, atteignant 100m d'hauteur, et repose sur une formation quaternaire de plusieurs dizaines de mètres de sable fin éolien, compact, homogène et uniforme avec l'existence d'un nombre important de cratères creusés par l'homme (Ghouts) et des acquêtes (vide entre les dunes : hounds).

Dans le sud du Souf, on rencontre des dunes immenses et bien différenciées, atteignant parfois 200m de hauteur; on les appelle les Ghroudes.

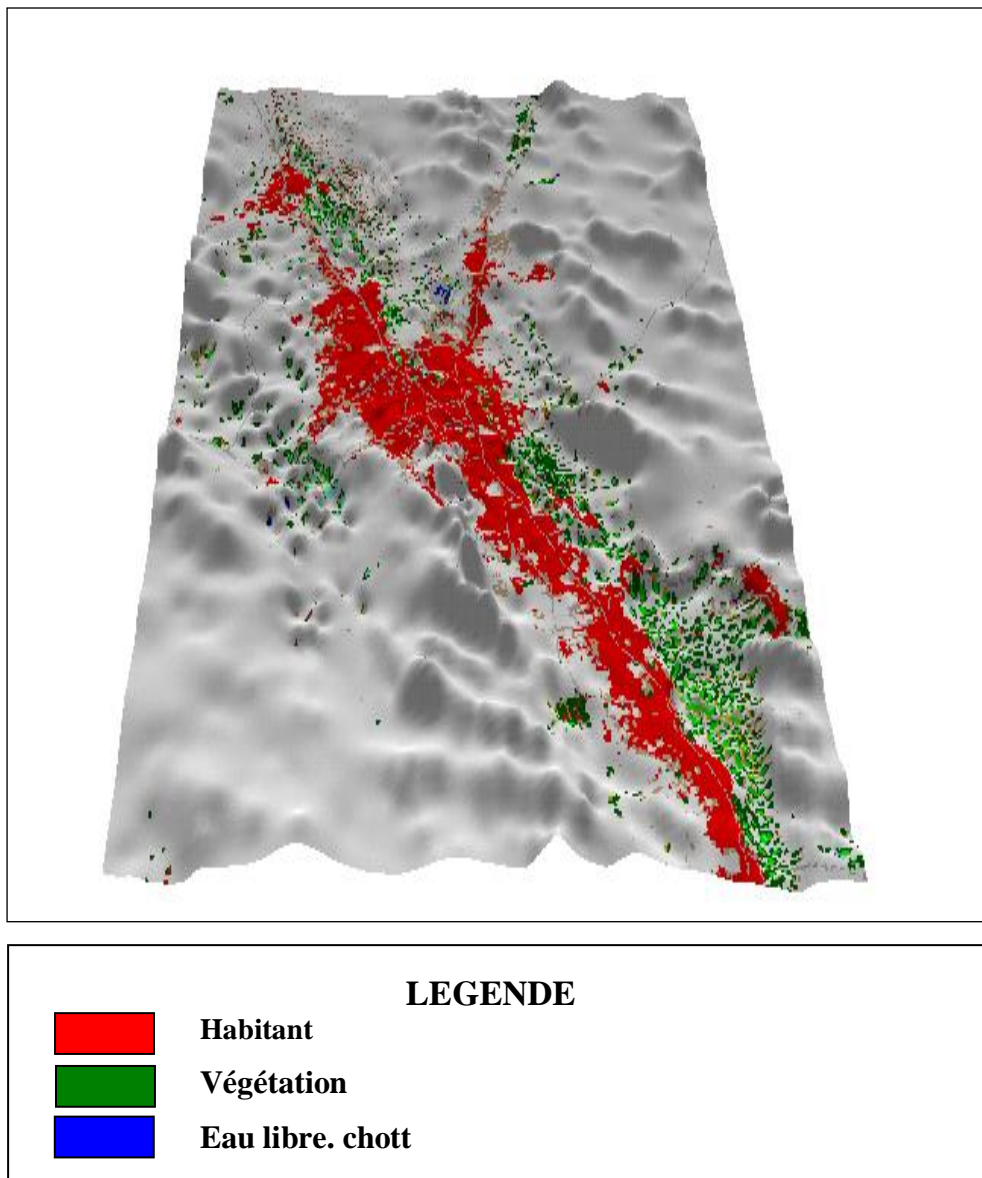


Figure (5) : Représentation de la topographie (hauteurs x 10)

D'après BG 2006.

5. ETUDE HYDRO-CLIMATIQUE:

L'Algérie, est partagée en trois zones climatiques distinctes, la première à climat méditerranéen au Nord, la seconde semi-aride vers l'intérieur du pays (hauts plateaux) et enfin un climat aride qui caractérise le grand Sahara.

5.1. Climat :

La connaissance des caractéristiques 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.

5.2. Station météorologique de référence :

La station climatique (ONM) l'Office National Météorologique est située dans la Daïra de Guemmar au Nord de ville d'El Oued.

Tableau (5) : Caractéristiques géographiques de station climatique.

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

(ONM : 2015)

5.3. Paramètres Climatologiques:

5.3.1. La précipitation :

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue du mois de Mai jusqu'au mois d'Août, et un maximum au mois de Janvier avec 17,6 mm.

Tableau (6): Précipitations moyenne mensuelles de l'ONM d'El Oued (1985/2014).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
P mm	6.3	6.7	7.5	7.3	17.6	2.5	7.5	7.5	4.8	1.4	0.3	1.8

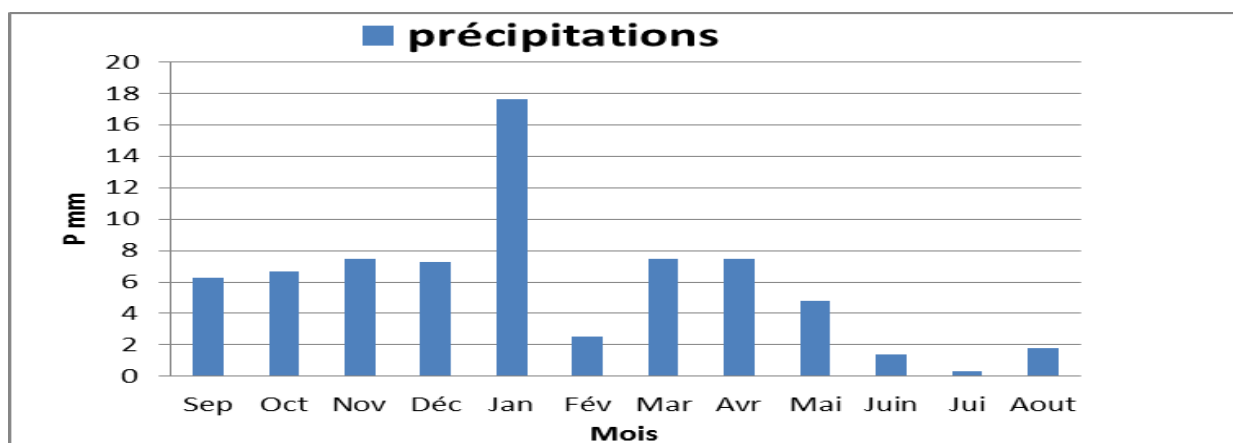


Figure (6) : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) (1985/2014).

5.3.2. La température :

La région du Souf est caractérisée par une température moyenne annuelle qui oscille entre 27,18 °C. Les mois les plus froids sont Janvier et Décembre avec 15,07 et 15,76 °C. Les températures les plus élevées varient entre 37,82 et 37,63 °C, et correspondent aux mois de Juillet et Août.

Tableau (7): Températures moyennes mensuelles à la station ONM d'El oued (1985/2014)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
T(c°)	33.87	28.71	21.79	15.76	15.07	17.87	22.46	27.00	31.98	36.20	37.82	37.63

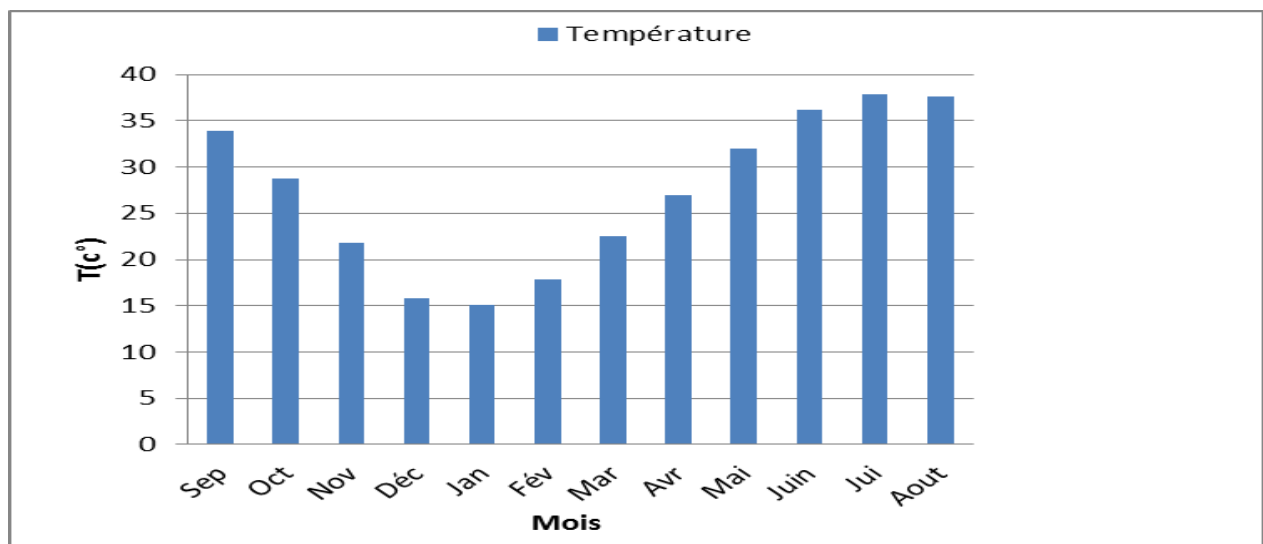


Figure (7) : Variation mensuelle interannuelle des températures en (°C) (1985/2014).

5.3.3. L'Humidité Relative :

L'humidité représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère sous forme de vapeur ou bien le nombre de gramme de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air. L'humidité est mesurée au moyen de l'hygromètre.

Tableau (8) : Humidité moyenne mensuelle en (%) de l'ONM (1985/2009).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Humidité (%)	45.45	53.548	60.533	66.5	64.4	55.9	48.87	43.3	38.8	34.23	32	34.8

Les données représentées dans le (Tableau 8), permet d'établir une représentation graphique de l'humidité sous forme de bâtons. (Figure 8) .

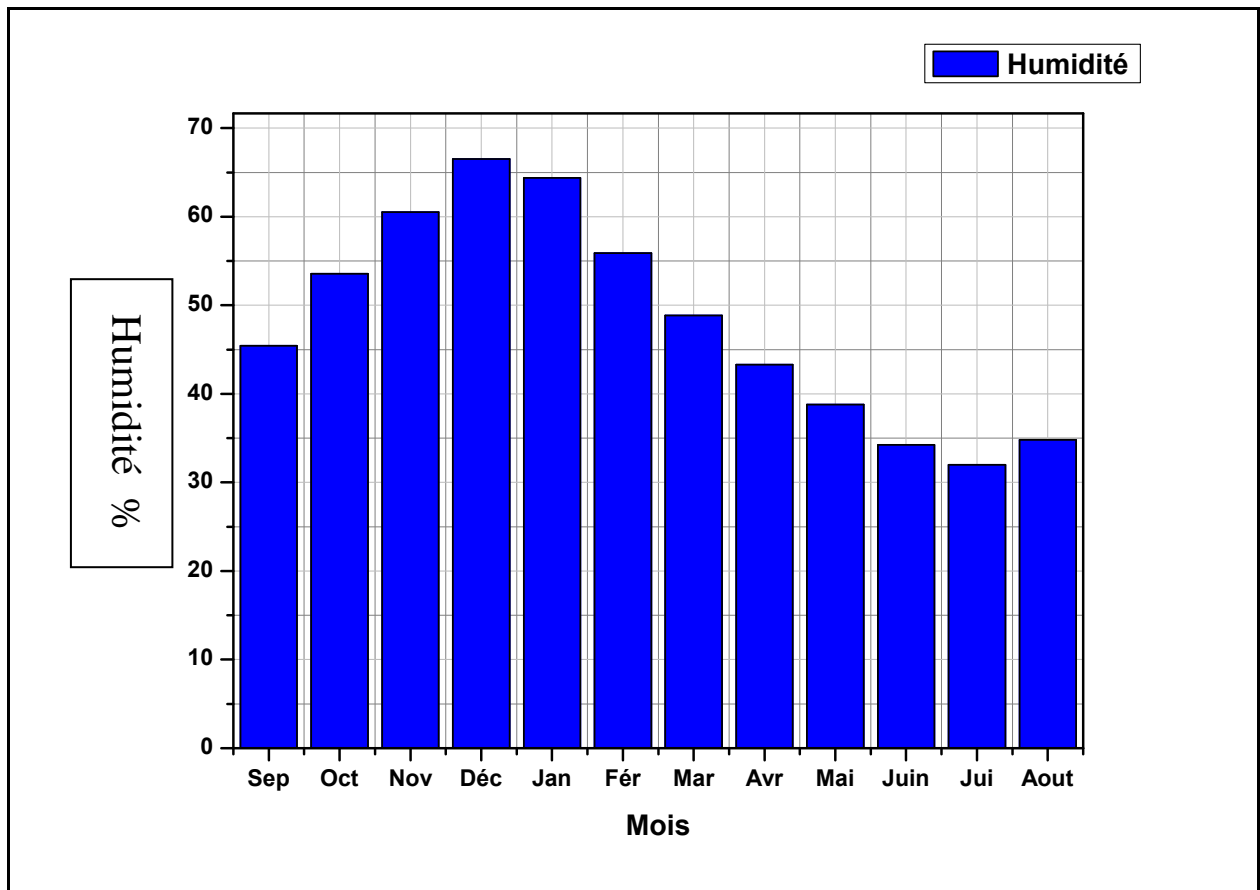


Figure (8): Distribution mensuelle interannuelle d'humidité % (1985/2009)

La moyenne la plus forte pour la période d'étude est celle du mois de décembre (66,36%), et la plus faible est celle de juillet (de 31,76%.)

5.3.4. Les vents :

La direction des vents dans la région d'El-Oued est Est, Nord-Est prédominant, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-Ouest, caractérisé par des températures très élevés (Sirocco).

Généralement au printemps les vents sont les plus forts (période de pollinisations des palmiers). Ils sont chargés des sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu' à 3 jours consécutifs, avec une vitesse allant de 30 à 40 km/h.

Tableau (9) : Vitesses moyennes des vents mensuels en (m/s) de l'ONM_(1985/2009).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Vitesse (m/s)	3.21	2.31	2.16	2.33	2.18	2.73	3.38	4.15	4.27	4.06	3.6	3.12

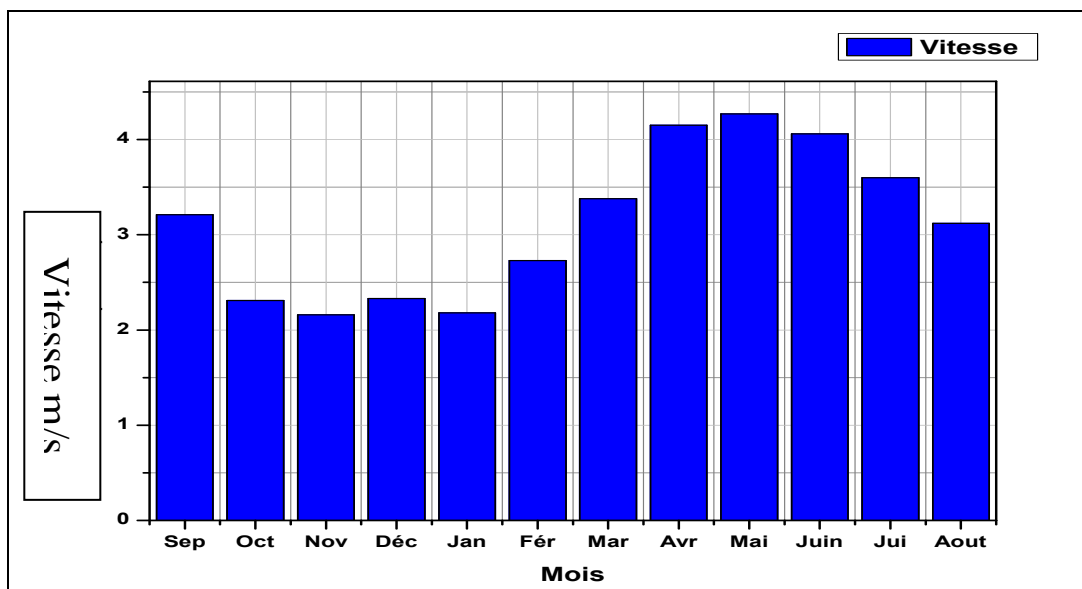


Figure (9) : Variation mensuelle interannuelle de vitesse des vents en (m/s) (1985/2009).

5.3.5. L'insolation :

cause de la faible nébulosité, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui est en effet desséchant en augmentant la température.

En effet, La durée d'insolation est très importante au Sahara et varie avec d'une manière très importante d'une année à l'autre et même au cours de la même année.

Tableau (10) : Insolation moyenne mensuelle en (h) de l'ONM (1985/2009)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Moy
Temps d'insolation (h)	275	261.2	237	225	237.9	247.9	281.5	284	312	341.2	352	329	281.98

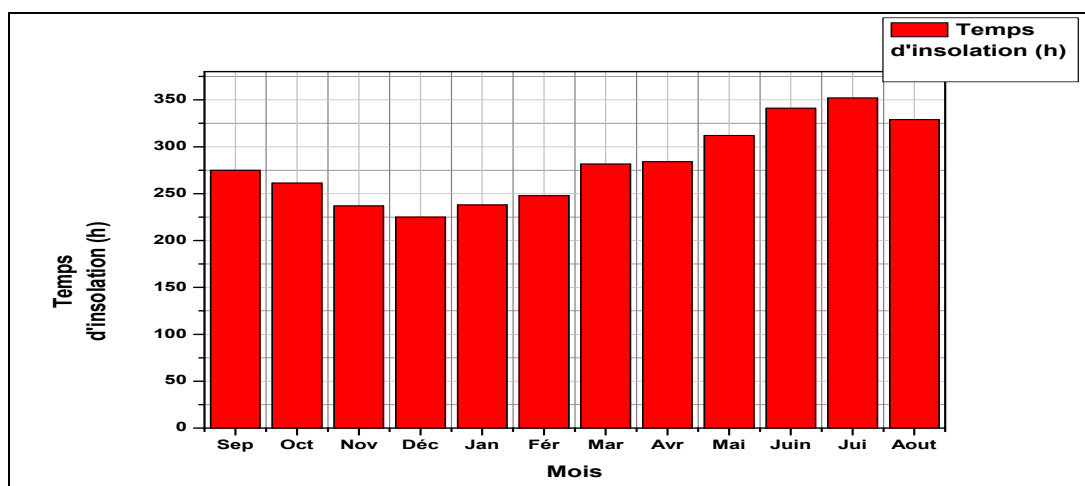


Figure (10) : Durée moyenne mensuelle interannuelle d'insolation en (h) (1985/2009).

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois de juillet avec une moyenne de 352 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 225 heures.

Dans la région, le rayonnement solaire est excessif (le moyen annuel est de 3383,87 h/ans) ce qui traduit par un pouvoir évaporant élevé.

5.3.6. L'évaporation :

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds, elle est de l'ordre de 2360.6 mm/an avec un maximum mensuel de 309 mm au mois de Juillet et un minimum de 73 mm en décembre

Tableau (11) : l'évaporation moyenne mensuelle en (mm) de l'ONM (1985/2009)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Moy
Eva (mm)	198	148	99	73	76	101	148	196	248	276	309	274	2360.6

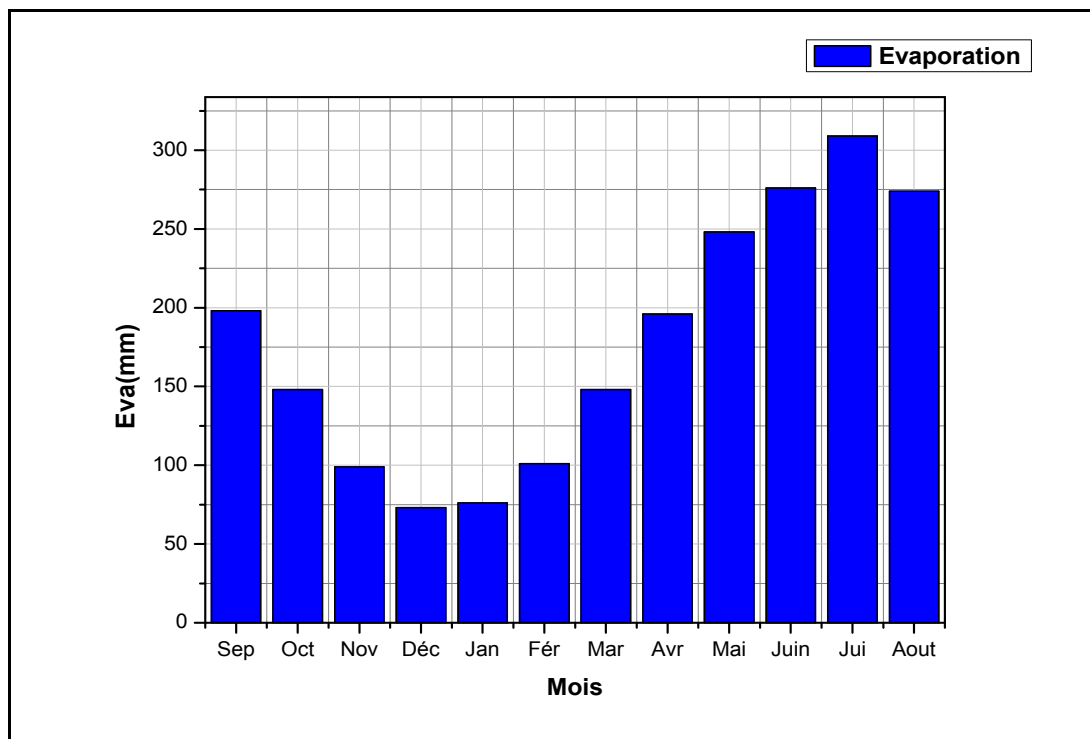


Figure (11) : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle en (mm) (1985/2009).

CONCLUSION

El' Oued c'est un coin de désert, un morceau de Sahara, sables, dunes, Oasis et palmiers. on se trouve étonné de découvrir en ce coin de terre une population aussi importante, une vie aussi intense.

Le Souf a engendré des particularismes, à la conjonction d'un milieu physique particulier (Erg), et la ténacité d'une population, forme une société avec son histoire.

Une société constitue une vie particulière du monde saharien, faite de solide organisation sociétal, de forte pratique religieuse, des humains conviviaux.

La synthèse des données climatiques nous permet de dire que la région est caractérisée par un climat hyper-aride, caractérisé par une irrégularité pluviométrique annuelle et interannuelle. Ce climat est caractérisé par l'existence de deux périodes différentes :

- ✓ L'une sèche et chaude, qui s'étale de mars à novembre et l'autre humide et froide pendant le reste de l'année.
- ✓ Le mois le plus humide est décembre, il est caractérisé par une forte humidité (environ 66.55%) et d'un faible rayonnement solaire (environ 225 heures). Le mois le plus sec est juillet, il est caractérisé par une faible humidité (32 % environ). La brillance du soleil est très élevée avec 352 heures, ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.

Chapitre II

*Géologie et hydrogéologie de la
region du Souf*

GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DU SOUF

1. GÉOLOGIE DE LA REGION DU SOUF :

INTRODUCTION

L'Algérie comprend quatre grands domaines géologiques du nord au sud:

- L'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est.
- Les Hauts Plateaux.
- L'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés **SO-NE** s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie.

Le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet. Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forment, pratiquement la limite méridionale du Sahara algérien.

1.1. ASPECTS STRUCTURAUX

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique

- ✓ Le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine.
- ✓ La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

1.2. LA PLATE-FORME SAHARIENNE:

Elle est constituée d'un socle précambrien recouvert de sédiments phanérozoïques transgressifs.

Différents éléments tectoniques délimitent des bassins sédimentaires dans lesquels la lithostratigraphie est plus ou moins complète.

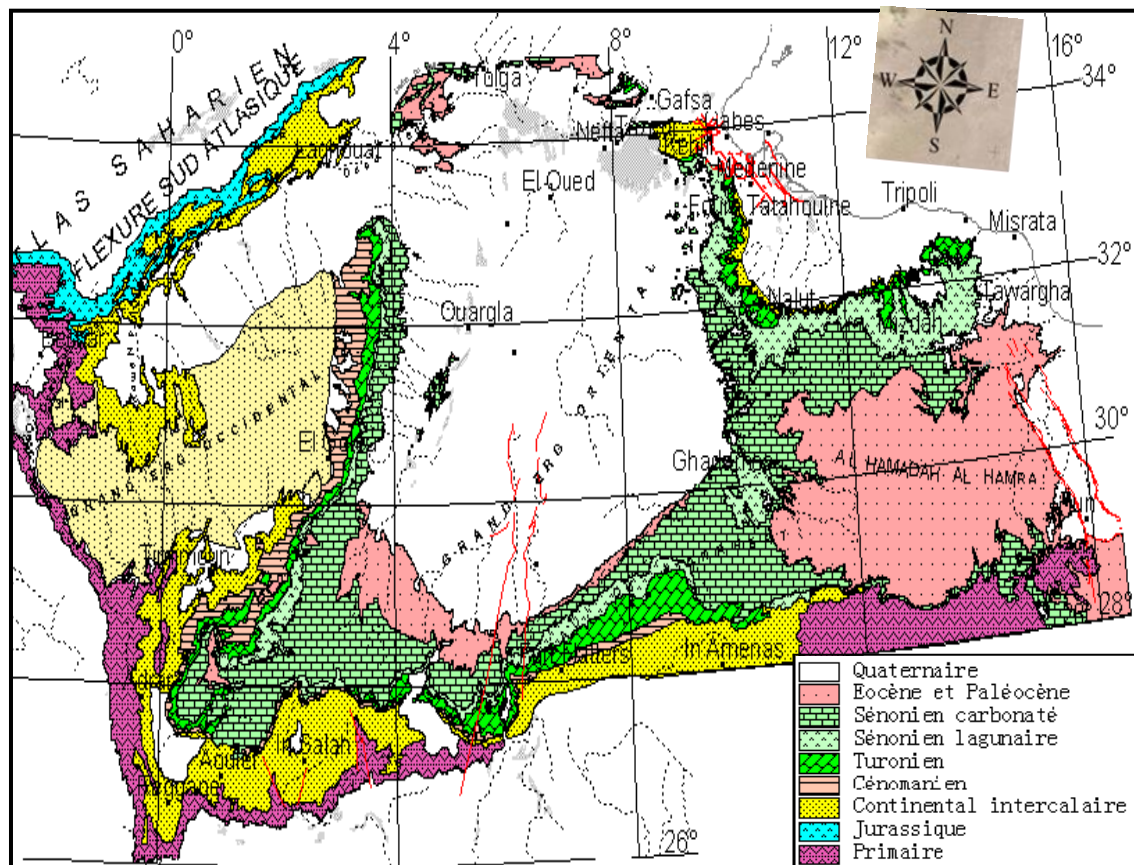


Figure (12) : Plan Géologique de Grand Erg Oriental, (Baba Sy.M, 2005)

1.3. STRUCTURE GÉOLOGIQUE GENERAL:

À la base de l'édifice sédimentaire il y a des terrains paléozoïques marins contenant des niveaux aquifères salés et les gisements d'hydrocarbure au-dessus, et en discordance on rencontre des formations d'âge Secondaire et Tertiaire qui peuvent dépasser 3000 m de profondeur dans le centre du bassin (régions d'Ouargla, Touggourt, El Oued ainsi que sur la bordure des Aurès Ziban). Le Quaternaire représenté essentiellement par des sables dunaires, atteint parfois plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur.

L'existence de sable éoliens dans les dunes provient essentiellement de l'érosion du Hoggar.

1.4. CADRE GEOLOGIQUE DE LA REGION D'OUED SOUF :

La région d'étude est située exactement dans la partie Nord-est de la plate forme saharienne cette région a fait l'objet de plusieurs études géologiques.

Ces études montrent l'existence d'un seul type de terrain sédimentaire caractérisé par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti-dunes .

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

1.5. 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'DRE (2015) sur la région d'Oued-Souf, nous pouvons citer les principales couches repérées dans cette région, en allant de la plus ancienne vers le plus récente (Fig1 13).

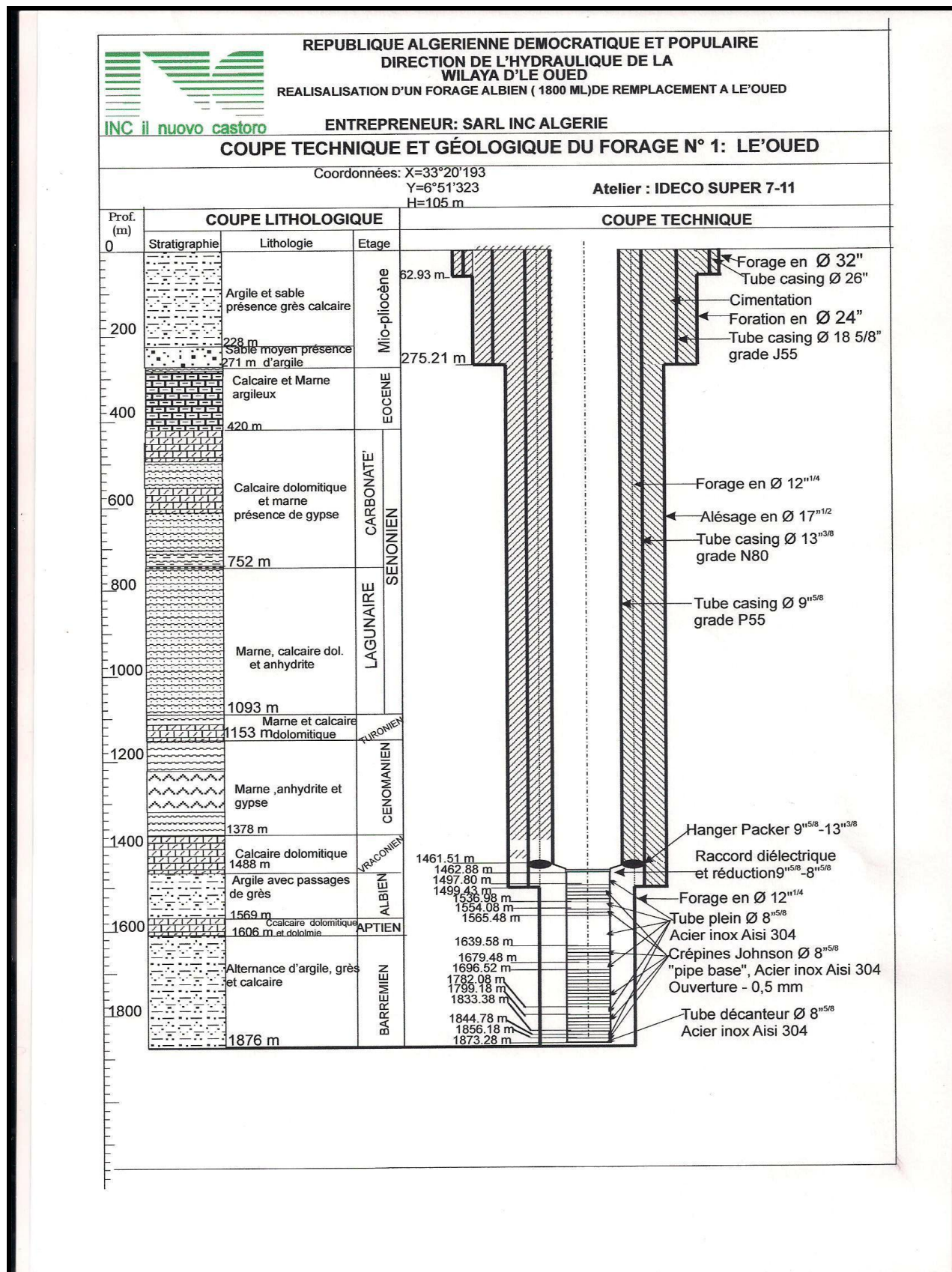


Figure (13): La colonne litho stratigraphique du forage, (DRE, 2015).

1.5.1. Formations de l'ère Secondaire :

1.5.1.1. Le Barrémien :

Cet étage est capté par tout le forage du continental intercalaire réalisé dans cette région; il présente une lithologie d'alternance de grès 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.

1.5.1.2. 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.

1.5.1.3. 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.

1.5.1.4. Le 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 peut trouver 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.

1.5.1.5. 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.

1.5.1.6. 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.

1.5.1.7. 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 et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.

➤ *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.

➤ *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.

1.5.2. FORMATION DE L'ERE TERTIAIRE :

1.5.2.1. 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.

1.5.2.2. 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:

➤ *Niveau 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 Sénono-Eocène carbonatées et celle du Pontien sableux.

➤ *Niveau 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 ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.

➤ *Niveau 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.

1.5.3. FORMATION DU QUATERNAIRE :

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 localise 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.

Tableau (12): Les compositions lithologiques de la région d'étude

Ere		Système			Lithologie	Epaisseur Moy en(m)	
Cénozoïque	Quaternaire	Supérieur			Sables	54	
		Inférieur			Argiles	150-260	
	Tertiaire	Néogène (Moi-pliocène)		Pliocène	Plaisancien	Sables	150 – 200
					Tabianien	Argiles gypseuses	
				Paléogène	Miocène	Pontien	
		Oligocène				Argiles lagunaires ; marnes.	
			Moyenne				
		Eocène	Inférieure				
	Paléocène	Vitrollien		Calcaire fissuré			
	Secondaire (Mésozoïque)	Crétacé		Supérieur	Sénonien	Carbonaté	Calcaire fissuré
Lagunaire						Evaporites, argiles	≈ 150
Moyenne				Turonien		Dolomie, passage de calcaire peu Dolomitique	≈ 650
				Cénomaniens		Argiles, marne	≈ 560
inférieure				Vraconien		Calcaire argileux dolomie	250 - 300
				Albien		Sables, Grés	100 – 200
				Aptien		Dolomie, calcaire, marne	≤ 30
				Barrémien		Grés, dolomie, calcaire, sable, silice	200 – 230
				Néocomien		Argiles sableuses, Sables	

(D'après DRE , 2015)

1.6. GÉOMORPHOLOGIE DE SOUS SOL :

Le sous-sol présente des contrastes frappants. C'est ainsi qu'au Sud, à 6 km d'El-Oued et jusqu'à El-Ogla 24 Km plus loin, on remarque l'absence totale de « Tefza » (pierre à plâtre calcaire), alors que la roche de louss ou gypse se raréfie au fur et à mesure qu'on avance vers le sud d'atteindre le Reg ou plateau crétaqué, dénudé, non couvert de sable.

D'El Oued jusqu'au Nord de Ghamra, tout au long des villages le louss forme une masse rocheuse plus ou moins compacte et profonde alors que, parallèlement, à l'Ouest, la tafza dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 3 ou 4 mètres, occupe tout le terrain s'étendant de Tiksebt à Hobba, soit 25km.

Ce phénomène géologique se manifeste très distinctement suivant que l'on étudie l'Ouest ou l'Est des agglomérations qui s'alignent d'El'Oued à Hobba ; prenons donc cette orientation Sud-Nord, Tiksebt Kouinine, Taghzout, Guemar, Ghamra et Hobba.

Ainsi, sur une distance de 25km environ, tous les terrains calcaires se trouvent à notre gauche. Le gypse (roche louss) ne s'y rencontre que par ilots. Par contre, il abonde par endroit au Nord-est des villages où l'on ne trouve aucune trace de tafza. Ici, la formation gypseuse apparaît sur une bande 2 à 4 km de large dans la direction Nord, puis Nord-Est. à l'Est de cette bande, le sous sol ne renferme guère de gisement, hormis quelques agglomérés de gypse et de terre, ressemblant à de minuscules roses de sable ; la terre de tercha; c'est le terrain «Sbekh» ou chotteux, suivi à l'Est par une bande uniquement, à eau; douce; puis un «Sahane» calcaire, aboutit non loin de béhima, le louss prend alors la relève avec saumâtre, jusqu'à 3 ou 4 km à l'Est et Sud-est de Z'goum. Au Nord de ces villages, c'est la tafza qui prédomine sauf à l'Est, et au Nord-est à «Hassi Khalifa» (36 km à l'Est d'el' Oued)-où le gypse revient compact et profond. Il est à préciser que le louss et la tercha sont de formation très différente.

➤ **Le Louss:**

Est une roche géologique de formation de cristaux de gypse en fer de lames imbriqués, elle se rencontre sous forme de couches continues, très dure et résistante de réseaux mélangés au sable, de bancs isolés ou de colonnes qui semblent être constituées autour d'anciennes racines gypseuses.

S'émoussent et se brisent à vouloir l'extraire ou la traverser. Des cultivateurs aisés utilisent parfois des cartouches de dynamite pour faire éclater ces gisements et réaliser l'épierrage du terrain. La pierre louss est utilisée pour sa solidité et son imperméabilité, dans la construction. On le rencontre surtout entre les deux routes el Oued-Ghamra et el Oued-Magrane ainsi qu'à l'est de Z'goum .

➤ **La Tercha:**

Concrétion de grains de gypse et de sable agglomérés aux formes et tailles variées, formé de fins cristaux qui lui donnent un aspect de grès ; se rencontre en plaques continues ou en bancs extrêmement durs, il est composé de cristaux en fer. On le rencontre surtout à l'ouest de route Béhima-Sidi Aoun

Elle se présente soit sous la forme d'une rose de sable isolée ou amalgamée à d'autres, soit sous la forme de cristaux de la grosseur d'une phalange, poreux, arrondis et aplatis. C'est cette dernière variété qu'on rencontre sur les terrains salés, en surface et en profondeur; friable, elle donne, après passage au four, un plâtre en tous points comparable au plâtre de paris: blancheur, facilité de prise, manque de granulation et résistance

dans les sous sol, drainés par le ruissellement des eaux, les grains de tercha s'agglutinent aux racines des palmiers ou aux dépôts résiduels.

Ainsi, deux bandes de terrain sédimentaires, de formation bien distincte, renfermant des roches dissemblables, dont dépend la qualité de la nappe aquifère, longent de part et d'autre les principaux villages du Souf; de plus, il convient de noter l'alternance de bandes calcaires et gypseuses à l'Est.

La présence abondante de tercha, en surface, constitue un très important indice de terrains plus ou moins gypseux.

Il convient de remarquer dans ces formations la disposition en couches diffuses et compactes de la tafza ainsi que le caractère quelque peu discontinu de pierres gypseuses.

Une coupe dans le sol, nous permet de distinguer :

➤ **Salsala ou Smida :**

Se trouve en plaques continues ou en bancs extrêmement durs, il est composé de cristaux en fer comme le Louss, mais c'est plus fins et plus serrés.

➤ **Tefza :**

Ou pierre à plâtre c'est un grès blanc assez dur, et constitue la pierre à chauffer qui donnera le plâtre. Il se rencontre surtout à l'ouest de la route el Oued-Ghamra, ainsi qu'à l'est de Débila et Magrane.

(Tercha, Louss, Salsala, Smida et Tefza sont les appellations locales, utilisés pour les différentes couches géologiques).

1.7. ANALYSE DES LOGS DES FORAGES:

1.7.1. Les coupes géologiques dans la région d'Oued - Souf :

1.7.1.1. Coupe N°1 :

La coupe orientée SE-NW, en allant de la région EL-Ogla vers Sahan-Merdoum, on remarque les formations de MioPliocène est représenté par sable et argile, avec un épaisseur de 309m et les formations de Eocène est constituées d'argile sableuse et gypse, sable grossier et calcaire. L'épaisseur de l'aquifère superficielle oscille entre 30m et 100m.

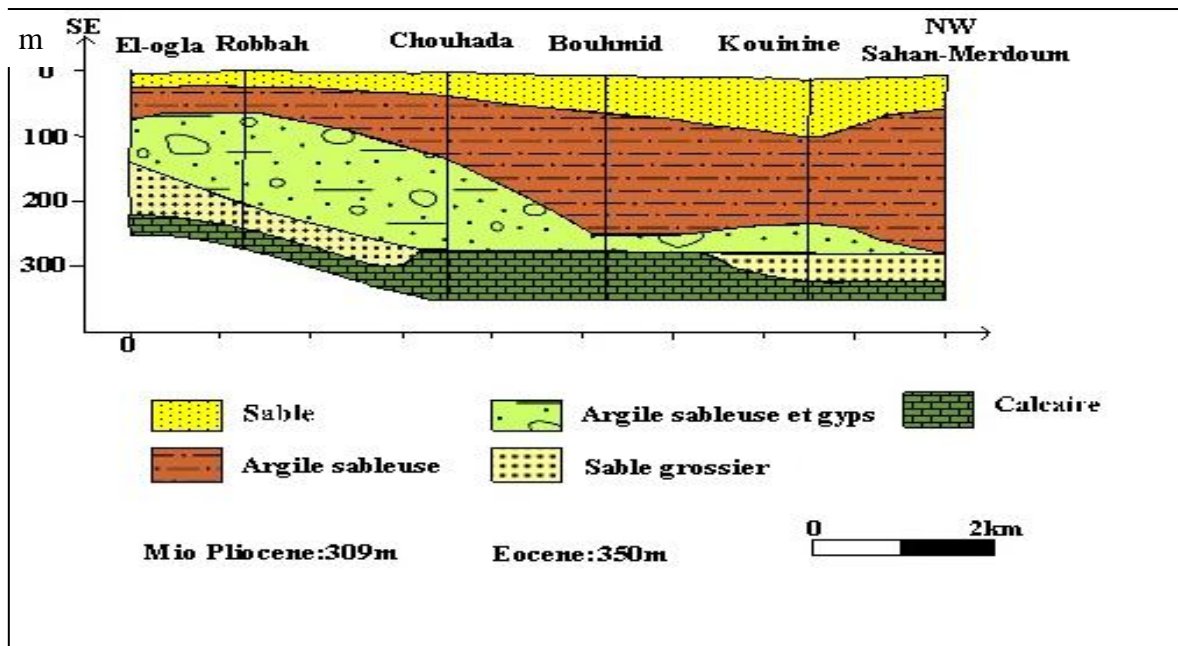


Figure (14): Coupe géologique N°01. (A.N.R.H, 1989)

1.7.1.2. Coupe N°2 :

La Coupe géologique N°02 est établie sur la base des coupes de forages, elle est orientée du SE vers le NW. On remarque que l'épaisseur du Miopliocène qui est constitué par de sable, d'argile sableuse, et argile, l'Eocène est représenté par les sables grossier et le calcaire. L'épaisseur de l'aquifère libre est oscille 60m et 105m.

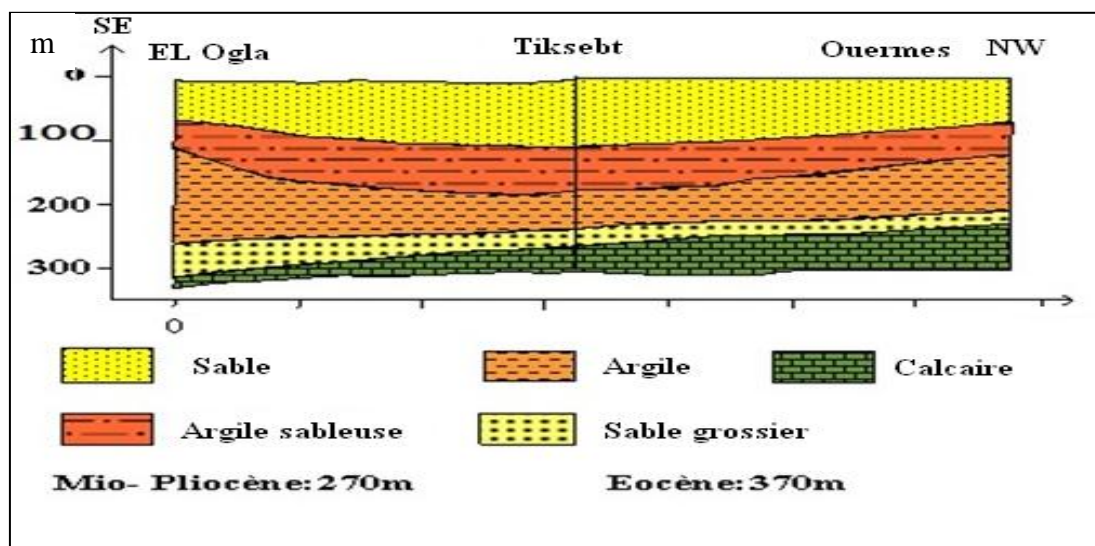


Figure (15): Coupe géologique N°02. (A.N.R.H, 1989)

1.7.1.3. Coupe N°3 :

La coupe est orientée du NE vers le SW. On remarque que l'épaisseur du Miopliocène qui est constitué par de sable, d'argile sableuse et argile, avec une épaisseur oscille entre 30 m et 110m. L'Eocène est constitué d'argile et marne, de sable grossier et de calcaire. Nous remarquons dans cette coupe la présence de marne dans les formations superficielles de l'Eocène.

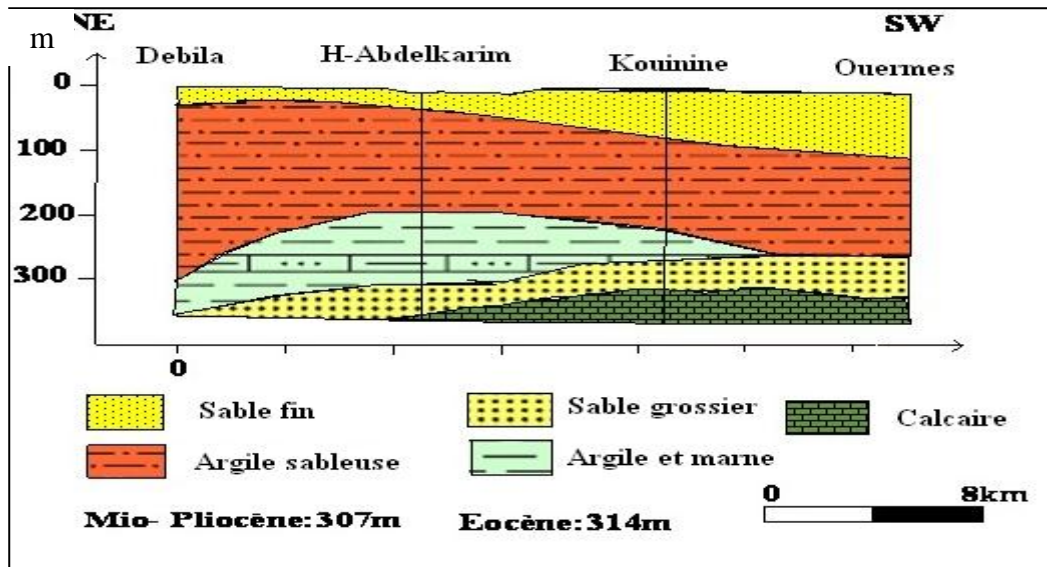


Figure (16): Coupe géologique N°03. (A.N.R.H, 1989)

1.7.1.4. Coupe N°4 :

La coupe est orientée du vers Sud le Nord, on remarque que l'épaisseur du Miopliocène qui est constitué par des sables et des argiles, l'Eocène est constitué de sable grossier, le calcaire est présent dans la partie nord Alor qu'il né pas atteindre dans la partie sud.

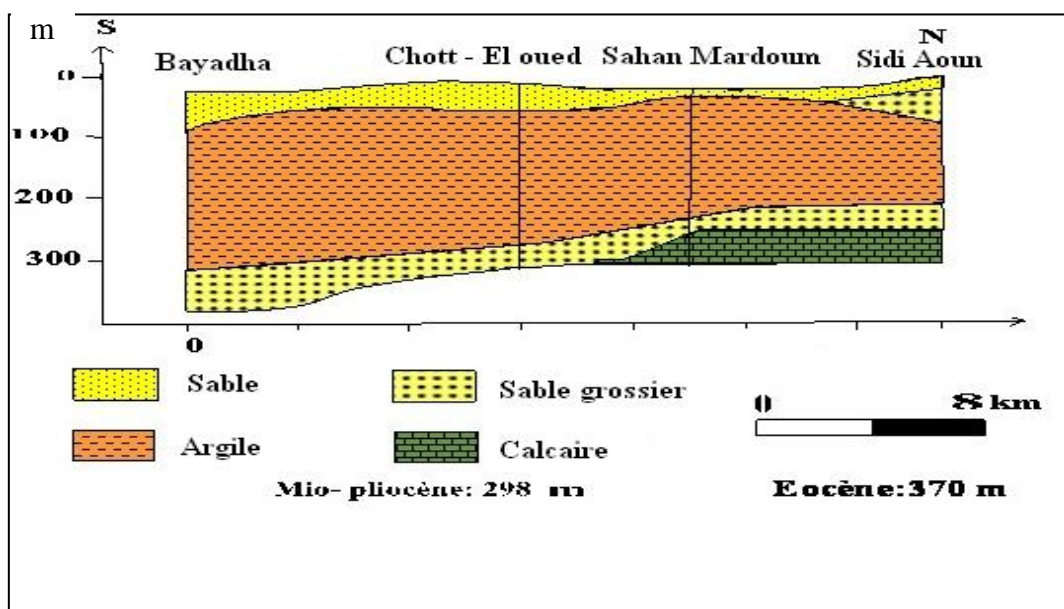


Figure (17): Coupe géologique N°04. (A.N.R.H, 1989)

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

2. HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DU SOUF

INTRODUCTION :

La vallée du Souf, regroupe un certain nombre d'oasis au sein du Grand Erg oriental, et comme dans la plupart des oasis du Sahara septentrional, les seules ressources hydriques disponibles pour l'irrigation, sont les nappes souterraines. Celles de la région du Souf, sont contenues dans des formations aquifères de natures différentes. A l'échelle régionale et du pays, les auteurs (*Baba SY, 2005 ; BRL-BNEDER, 1992 ; Cornet, 1961; Castany, 1982 ; UNESCO, 1972a*) distinguent généralement deux ensembles géologiques qui contiennent les ressources en eau souterraine d'épaisseur et de caractéristiques hydrogéologiques variables.

2.1. RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES :

La wilaya d'El Oued présente des potentialités en eau assez importantes, représentées par trois types d'aquifères, l'un libre correspondant à la nappe phréatique, les deux autres sont captifs, correspondant aux nappes multicouche du complexe terminal et la nappe du continental intercalaire.

2.1.1. La Nappe phréatique :

La nappe phréatique partout dans le Souf, repose sur le plancher argilogypseux du Pontien supérieur. La zone d'aération qui sépare la surface de cette eau de la surface du sol, ne dépasse pas une profondeur moyenne de plus de 40 m de sable non aquifère (Voisin A.R, 2004).

L'alimentation de la nappe phréatique dans la zone d'étude est assurée par l'infiltration des eaux de forages profonds (CT et CI) et par les rares et faibles précipitations typiquement sahariennes.

Les études passées montrent d'une manière générale, comme d'ailleurs dans tout le Bas-Sahara que le sens de l'écoulement des eaux de la nappe libre suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est-à-dire du Sud vers le Nord (Fig 18).

L'aquifère quaternaire du Souf présente une épaisseur moyenne de 40 m. 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 m de profondeur à l'extrémité Nord-est de la région d'étude. Cette nappe a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée.

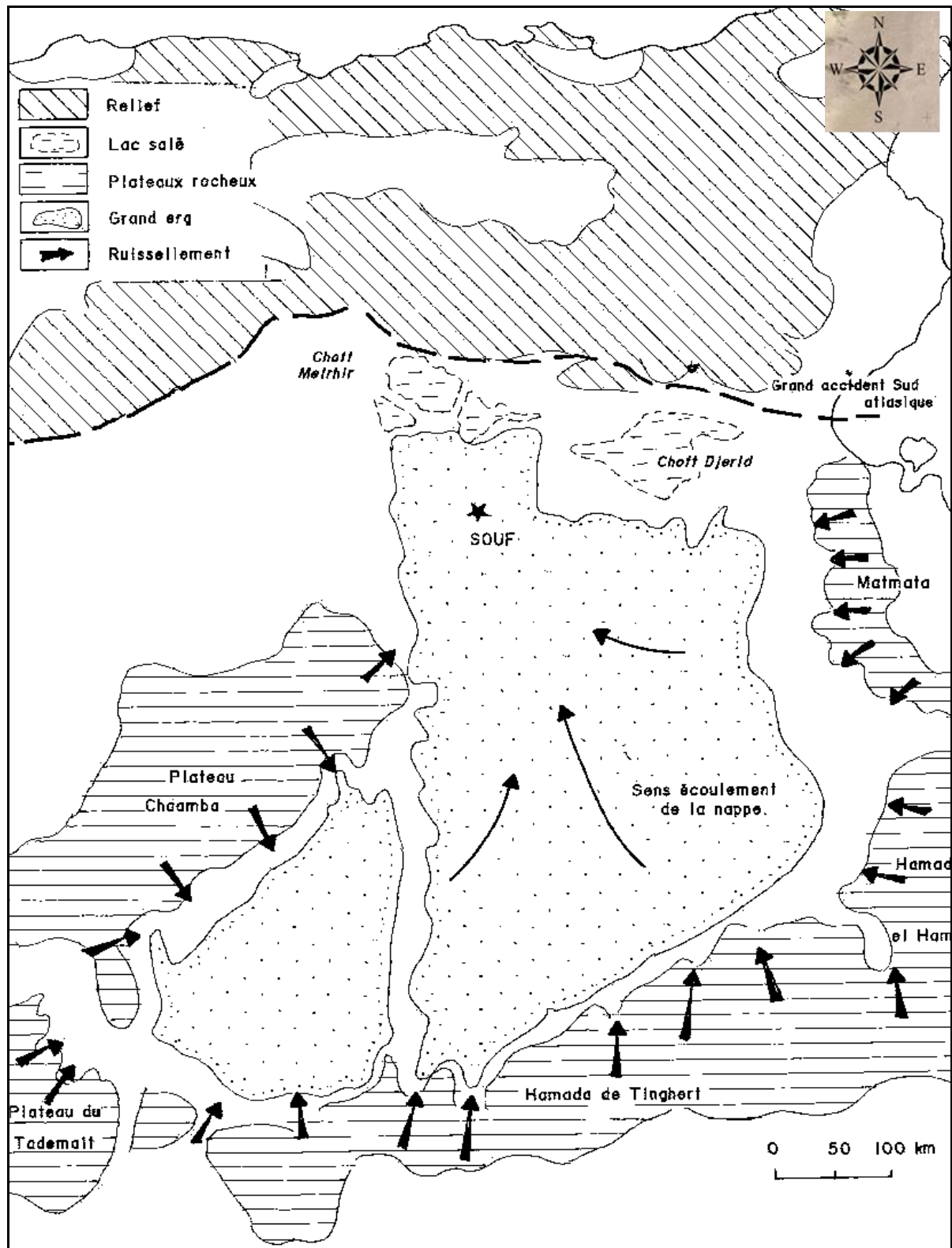


Figure (18): Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement.

(Cote Marc, 2006)

2.1.2. Complexe Terminal C.T :

Le terme « Continental terminal » désignait les formations continentales, argileuses et sableuses du Miopliocène. Mais d'après BEL et DEMARGNE (1966) : « La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Miopliocène est 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, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, celle du Continental Terminal, par opposition à celle du Continental Intercalaire ».

C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du « Complexe Terminal », appellation publiée pour la première fois par BEL et Cuhe (1969) : ce terme de « nappe du Complexe Terminal » qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique. Les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Miopliocène sont évidentes sur l'ensemble du Bassin, à l'exception de la région des Chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler. La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien lagunaire. Cependant, ces niveaux concordent avec ceux du Sénonien ou du Miopliocène sur la bordure du bassin.

Les terrains constitutifs du Complexe Terminal s'étendent sur une superficie de 350 000 km² d'environ (Fig 19) en Algérie et en Tunisie couvrant ainsi essentiellement la majeure partie du bassin oriental et l'ensemble du Sahara septentrional, depuis la Saoura à l'Ouest jusqu'au Graben de Hun (et même jusqu'au Golfe de Syrte) à l'Est, depuis l'accident Sud-Atlantique au Nord jusqu'au flanc Nord des plateaux de Tademaït et du Tinhert en Algérie, de Gargaf (Nord du Fezzan) en Libye. Son extension longitudinale est donc au moins égale à celle du Continental Intercalaire (1600 km), tandis que sa hauteur dans le sens Nord-Sud est plus réduite (600 km) (BRL-BNEDER, 1992).

L'écoulement dans le bassin Occidental se produit dans des zones d'affleurement du piedmont vers le Sud (limite Sud du Grand Erg et zone d'affleurement du Continental Intercalaire). A l'extrême Ouest, une partie de cet écoulement est interceptée vers le sillon de la Saoura. Et à partir de la dorsale du M'Zab, l'ensemble de l'écoulement converge vers la zone des Chotts (c'est-à-dire qu'il se renverse et s'effectue du Sud vers le Nord sous le Grand Erg Oriental).

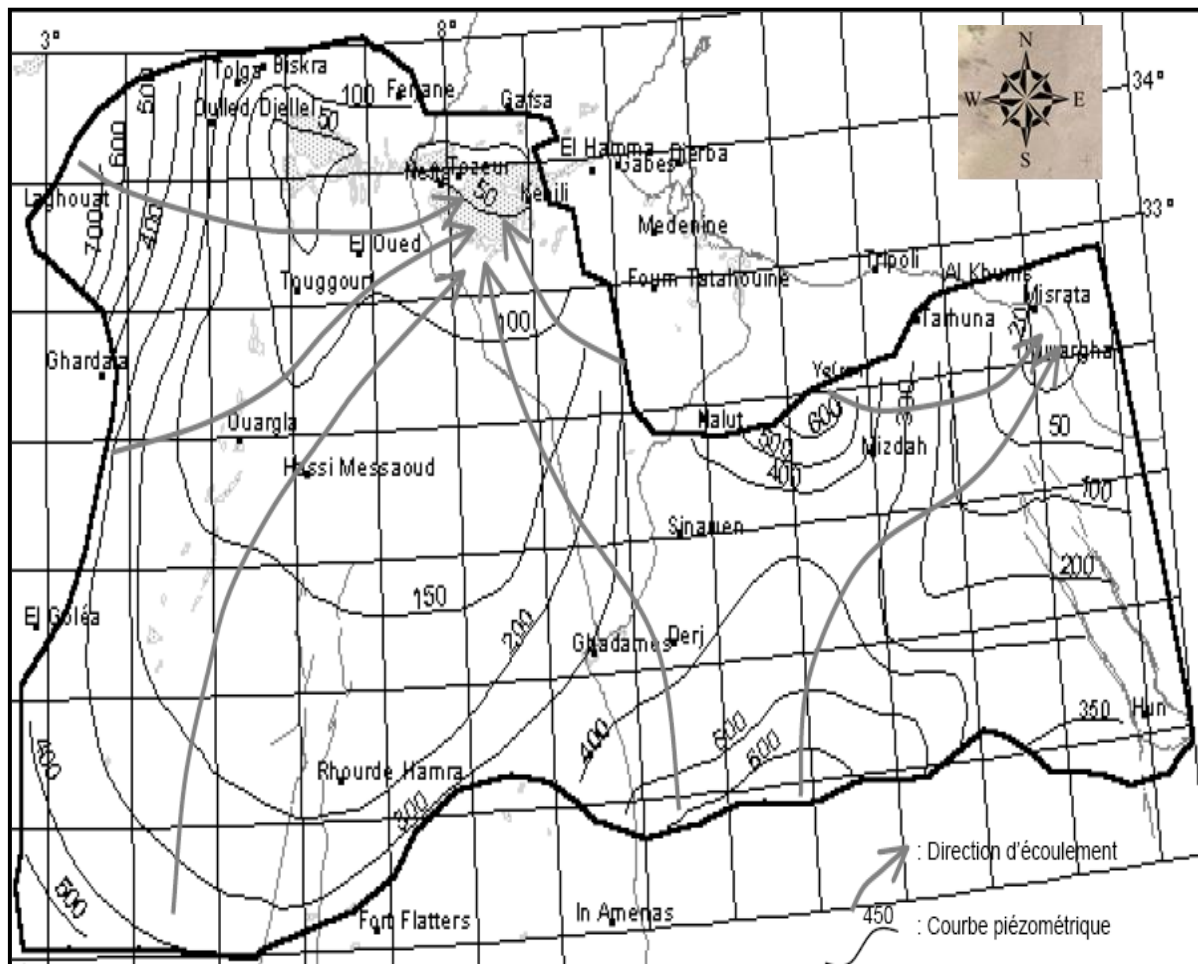


Figure (19): Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et les sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

Dans le Sud tunisien et en Libye cette direction d'écoulement vers le Nord-Ouest puis vers le Nord se poursuit, avec un fort gradient en Libye par suite de la réduction de transmissivité du réservoir (BRL-BNEDER, 1992).

D'après Baba SY (2005), les nappes du Complexe Terminal sont essentiellement alimentées sur les bordures relativement arrosées du bassin, par infiltration directe sur les affleurements calcaires (Sénonien, Eocène inférieur, Turonien), ou à travers des nappes d'inféro-flux des oueds : bordure Sud- Atlasique, M'Zab, Jebel Tebaga, Dahar, Jebel Nefousa. Dans les deux grands ergs (Occidental et Oriental), par infiltration de pluies exceptionnelles à travers des formations dunaires perméables (BRL-BNEDER, 1992). Et à l'Est du Djérid, la partie nord de la "chaîne" des Chotts est considérée comme source de recharge potentielle.

Les zones d'exutoire sont principalement centrées sur les Chotts Algéro- Tunisiens et sur le Golfe de Syrte, où les nappes sont artésiennes sous couverture semi-perméable peu épaisse (Fig 19). Les sources constituent également un autre exutoire. La plupart d'entre elles ont

aujourd'hui disparu à cause de la baisse du niveau des nappes, et les seules qui subsistent, se localisent dans les chotts.

Le premier forage profond artésien de prospection fut exécuté en 1953 à Sif El Menadi (90 Km N.O d'El Oued). Foré à 435 m de profondeur, il a débité quelques 4 m³ par minute et a permis la première plantation de palmiers irrigués (Najah A, 1970).

Dans la région du Souf, l'eau jaillit depuis le printemps 1956 d'un forage exécuté à El-Oued, à près de 300 m de profondeur; le débit est assez faible (3,3 litres/seconde) et la pression au sol est assez réduite (+2,4 mètres) (Voisin A.R, 2004).

Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En effet, il est possible d'y distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables.

Ces trois corps sont représentés par les calcaires et les dolomies du Sénonien et de l'Eocène inférieur, par les sables, les grès et les graviers du Pontien, et par les sables du Mio-Pliocène.

2.1.3. Nappe du Continental Intercalaire C.I :

On appelle du " Continental Intercalaire " englobe au sens large l'ensemble des dépôts sédimentaires d'un long épisode continental intercalé entre les deux cycles marins du Paléozoïque et du Crétacé supérieur. A cette définition stratigraphique, qui présente l'inconvénient d'englober des épisodes lagunaires, voire franchement marins, nous préférons emprunter la définition hydrogéologique plus classique d'un continental intercalaire au sens strict réduit aux seuls dépôts clastiques (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 Néoconien 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 algériens et tunisiens, 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 (BRL-BNEDER, 1992).

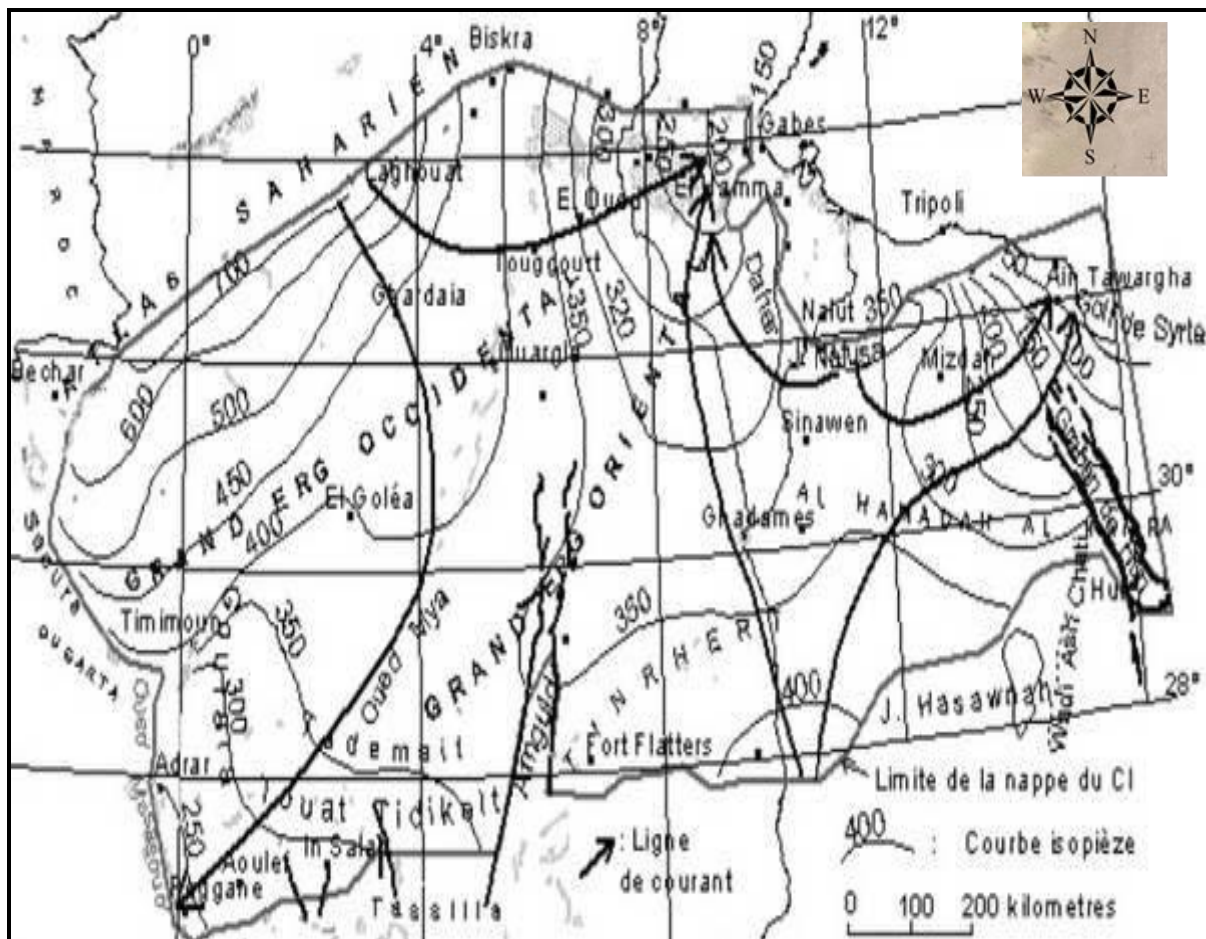


Figure (20): Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

Baba SY et al., (2006) met en évidence les zones d'alimentation qui sont:

a) piémont sud atlasique au Nord-Ouest, b) Tinrhert au Sud, c) Dahar à l'Est, d) Jebel Nafusa au Nord-est, e) Jebel Hassawna au Sud, où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le Nord par la nappe du Continental Intercalaire (Fig 20).

L'exutoire naturel principal de l'aquifère est situé en Tunisie. Il consiste en des remontées verticales par failles dans la zone du Chott Fedjaj et grâce à un écoulement vers la nappe de la Geffara tunisienne par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine. Les bordures occidentales et méridionales du Tademaït constituent également une zone d'exutoire naturelle importante, probablement jalonnée anciennement par des sources, dont les foggaras ont pris la relève. L'eau non captée s'évapore dans un chapelet de sebkhass qui occupent le fond des dépressions du Gourara, du Touat et du Tidikelt. Par ailleurs, des transferts verticaux à partir du Continental Intercalaire vers le Complexe Terminal existent peut-être à la faveur des fractures qui jalonnent la dorsale d'Amguid - El Biod. Sur le reste du domaine, mis à part la zone de communication possible avec le Complexe Terminal sur le Grand Erg Occidental (Fig 20), le toit de la formation, constitué d'une épaisse couche d'argile et d'anhydrite, est parfaitement

impermeable et isole complètement les deux réservoirs, L'exploitation du Continental Intercalaire s'est d'abord effectuée, depuis de longs siècles des exutoires artificiels, par le système traditionnel des foggaras, introduit sur la bordure du plateau du Tademaït dès le Xe siècle (UNESCO, 1972a ; BRL-BNEDER, 1992).

La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. Elle est exploitée par trois forages artésiens.

La commune d'El-Oued exploite cet aquifère par deux forages artésiens pour l'AEP d'un débit cumulé de 340 l/s et une température avoisinant les 70 °C.

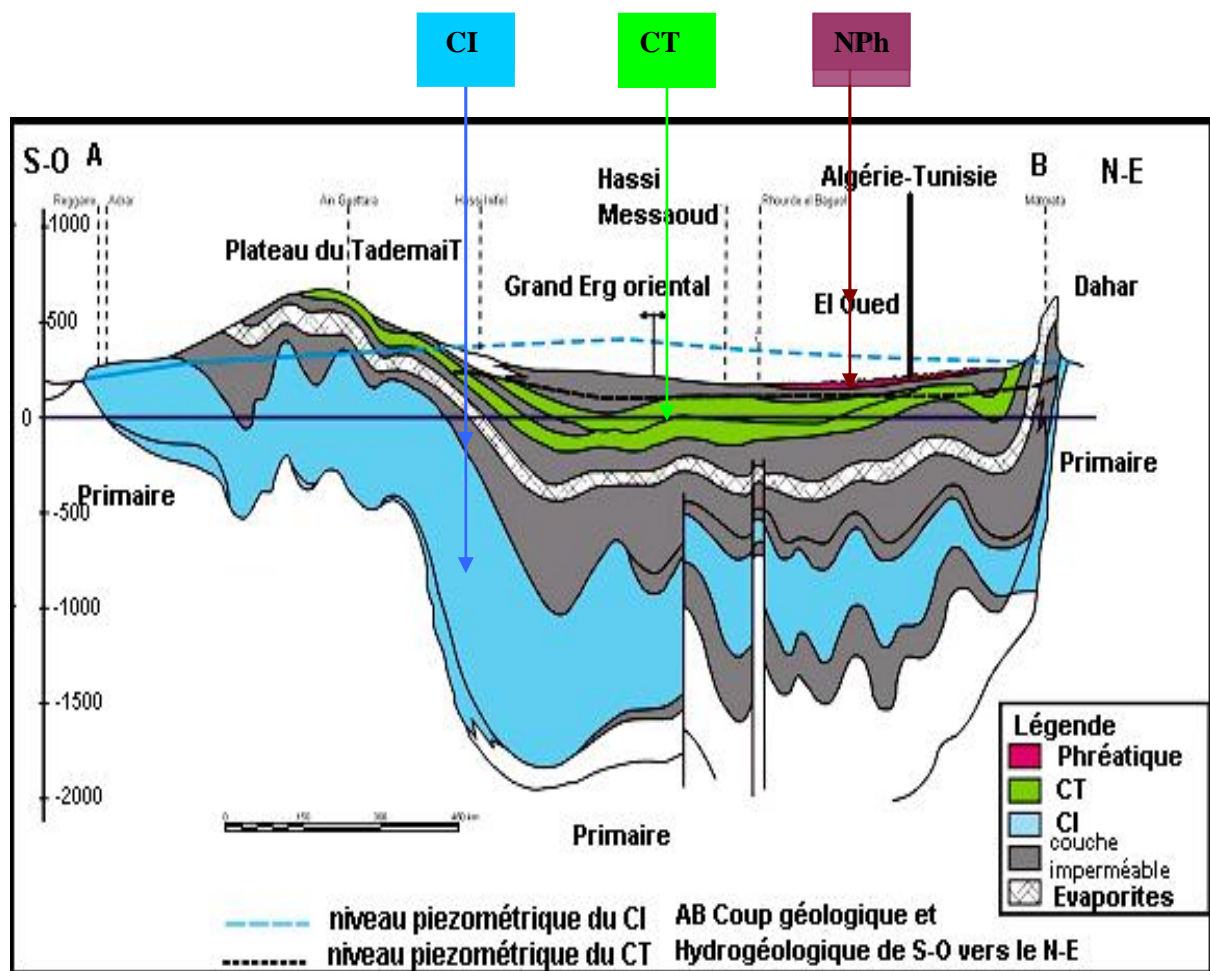


Figure (21) : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1972)

Tableau (13) : Étendue et volume des ressources en eaux souterraines

La nappe souterraine	La superficiel (l'étendue)	Le volume	Le temps de renouvellement
La nappe phréatique	250 000 km ²	/	6 000 ans
La nappe du complexe terminal	350 000 km ²	/	/
La nappe du continental intercalaire	600 000 km ²	60 000 .10 ⁹ m ³	70 000 ans

Source : ANRH 2005

Tableau (14) : Récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued.

Nature hydrogéologique	Nature lithologique	Etage		Ere	
Nappe phréatique	Sables	Quaternaire			
Niveau imperméable	Argiles				
1 ^{ere} nappe des sables	Complexe Terminal	Pliocène		Tertiaire	
Semi-perméable					Argiles gypseuses
2 ^{eme} nappe des sables		Sables grossiers, graviers	Pontien		Miocène
Niveau imperméable		Argiles lagunaires, marnes	Moyen		Eocène
Nappe des calcaires (perméables)		Calcaire fissuré	Inférieur		
Semi-perméable	Evaporites, argiles	Sénonien lagunaire	Crétacé	Secondaire	
Niveau imperméable	Argiles, marne	Cénomanién			
Nappe de Continental Intercalaire	Sables et Grés	Albien			

Source : DRE 2016

2.2. ESTIMATION DES RESERVES :

Les études hydrogéologiques montrent que le Sahara renferme d'énormes réserves d'eaux souterraines, constituée par des grès de porosité 25%, le bassin considéré ayant 600 000 Km² (en Algérie), l'étude UNESCO (1972) évalue approximativement la réserve d'eau moyenne de l'ensemble des aquifères du CI et du CT à $60000 \times 10^9 \text{ m}^3$.

MARGAT (1992), sans détail précis sur la méthode de calcul, fait état de $40000 \times 10^9 \text{ m}^3$ de réserves aquifères du CI. Il évalue la réserve du CT (couvrant 350 000 Km²) à $20\,000 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Nous tentons, ici, d'évaluer la ressource dans les aquifères du Sahara septentrional au dessous de la région du Souf. Les réserves totales contenues dans le réservoir représentent le volume total des formations aquifères, auquel est appliquée la porosité efficace (OSS 2002).

L'estimation des réserves, des aquifères de la nappe phréatique, du CT et du CI est rendue possible après la connaissance de l'épaisseur moyen de chaque aquifère

Le volume utile ou la réserve est calculée par la formule :

$$V = e \times s \times n_e .$$

Où e : épaisseur moyen (m)

s : la superficie (m²)

n_e : la porosité efficace

- Estimation des épaisseurs mouillées :

Les études faites par l'ANRH concernant les caractéristiques des aquifères du Sahara septentrional sont présentées par les valeurs suivantes (Tableau 15) :

Tableau (15) : Épaisseur moyen des différents aquifères

Aquifère	Nappe phréatique	CT	CI
Épaisseur mouillée	20 à 25 m	50 à 60 m	350 à 380 m
Superficie (S) m ²	11738 km ² = 11738000000 m ²		
porosité efficace (ne)	12.49×10^{-2}	5×10^{-2}	5×10^{-2}
Réserves en m ³	$65.97 \times 10^9 \text{ m}^3$	$200 \times 10^9 \text{ m}^3$	$226 \times 10^9 \text{ m}^3$

ANRH : 2005

2.3. Historique Exploitation de la nappe du CT (Etude SASS) :

2.3.1. Situation piézométrique en 2000 :

2.3.1.1. Complexe terminal :

La piézométrie de la nappe du Complexe Terminal pour l'an 2000 présente une allure similaire à celle de 1950 avec, toutefois, un rabattement généralisé de la surface piézométrique qui est plus accentué au niveau des zones de forte exploitation. Cette baisse est particulièrement constatée dans les trois principales zones suivantes :

La Bas-Sahara entre Touggourt au Sud et Biskra au Nord, où se localisent les principales oasis et agglomérations exploitant cette nappe, la région des chotts en Tunisie (Nefzaoua et Djérid) où se cantonnent les principales Oasis tunisiennes, le flanc oriental de la Hamada El Hamra en Libye (Oued Zemzem – Ain Tawargha) où ont été créés entre 1972 et 1985, les principaux champs captants du développement agricole basés sur l'eau des aquifères du Crétacé supérieur et du Tertiaire.

A travers la configuration de cette piézométrie, les chotts algériens (chotts Marouen et Melghir) et tunisiens (chotts Djérid et Fedjej) continuent à être des exutoires de cette nappe avec, toutefois, une faible charge ayant enregistré de 30 à 70m de rabattement par rapport à 1950.

2.3.1.2. Qualité chimique des eaux :

La salinité de l'eau est un paramètre hydrogéologique qui ne cesse de prendre de l'importance dans le fonctionnement des nappes du SASS à cause des changements que l'accroissement des prélèvements a introduit dans l'équilibre de la piézométrie et des conditions d'écoulement souterrain. La composition chimique de ces eaux et leur classement en familles peut contribuer à mieux décerner les parentés chimiques entre les différents niveaux aquifères du système et à appréhender qualitativement les phénomènes d'alimentation des nappes et d'échange entre aquifères.

La qualité de l'eau est un aspect qui conditionne son utilisation dans les régions arides. Dans le cadre des aquifères du SASS, cet aspect est devenu, avec l'intensification de l'exploitation, un facteur susceptible de profondes modifications résultant de l'appel d'eau sur-salée à partir des sources potentielles de pollution (chotts, eau de drainage et niveau aquifères à eau salée .

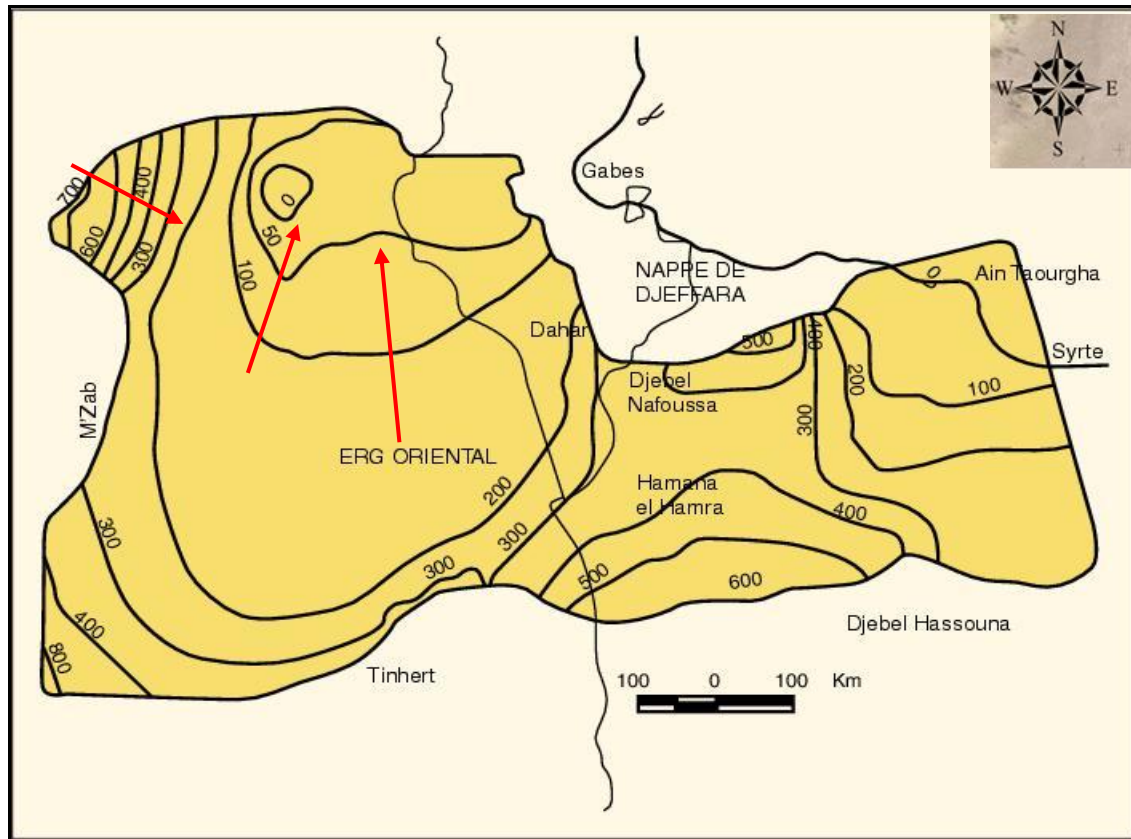


Figure (22): Carte piézométrique de référence de l'aquifère du Complexe Terminal (OSS, 2003).

La comparaison entre la carte piézométrique de la zone d'étude et la carte piézométrique de référence de l'aquifère nous permet de noter que les niveaux piézométriques sont identiques.

2.3.2. Sens de l'écoulement:

L'étude hydrodynamique et les cartes piézométriques nous a permis de constater que le sens d'écoulement des eaux souterraines est orienté suivant une direction générale est Sud-Ouest vers le Nord-Est dans la nappe du complexe terminal de la vallée d'Oued-Souf.

2.3.3. Gradient Hydraulique :

Le gradient hydraulique est la différence de niveau piézométrique entre deux points de la surface piézométrique, par unité de longueur, mesurée le long d'une ligne de courant. Il est assimilable à la pente de la surface piézométrique .

L'écartement des courbes piézométriques est fonction du gradient hydraulique, qui est d'autant plus fort que les courbes sont plus serrées ($I = 4.1.10^{-3}$) , c'est notamment le cas à la partie centrale de la région. Il a été évalué à ($I = 7.4.10^{-4}$) dans la partie N.E de la plaine où les courbes isopièzes présentent un espacement un peu large.

Ce gradient est directement lié à la perméabilité du milieu, à la vitesse d'écoulement et au débit.

2.3.4. Vitesse d'écoulement :

La vitesse d'écoulement des eaux demeure variable d'une région à une autre. La légère variation constatée au niveau des équipotentiels

$$V = K \times I .$$

Pour calculer la vitesse d'écoulement, on doit tirer la valeur de gradient hydraulique à partir la carte piézométrique et multiplier cette valeur à la perméabilité.

2.3.5. Rayon d'action :

Les études faites par la DHW en 2002 montrent que le rayon d'action dans les différentes aquifères égales :

- Nappe phréatique : Ra=300m.
- Nappe de CT : Ra compris entre 500 et 600m.

2.3.6. Rabattements (2000- 2050) au CT :

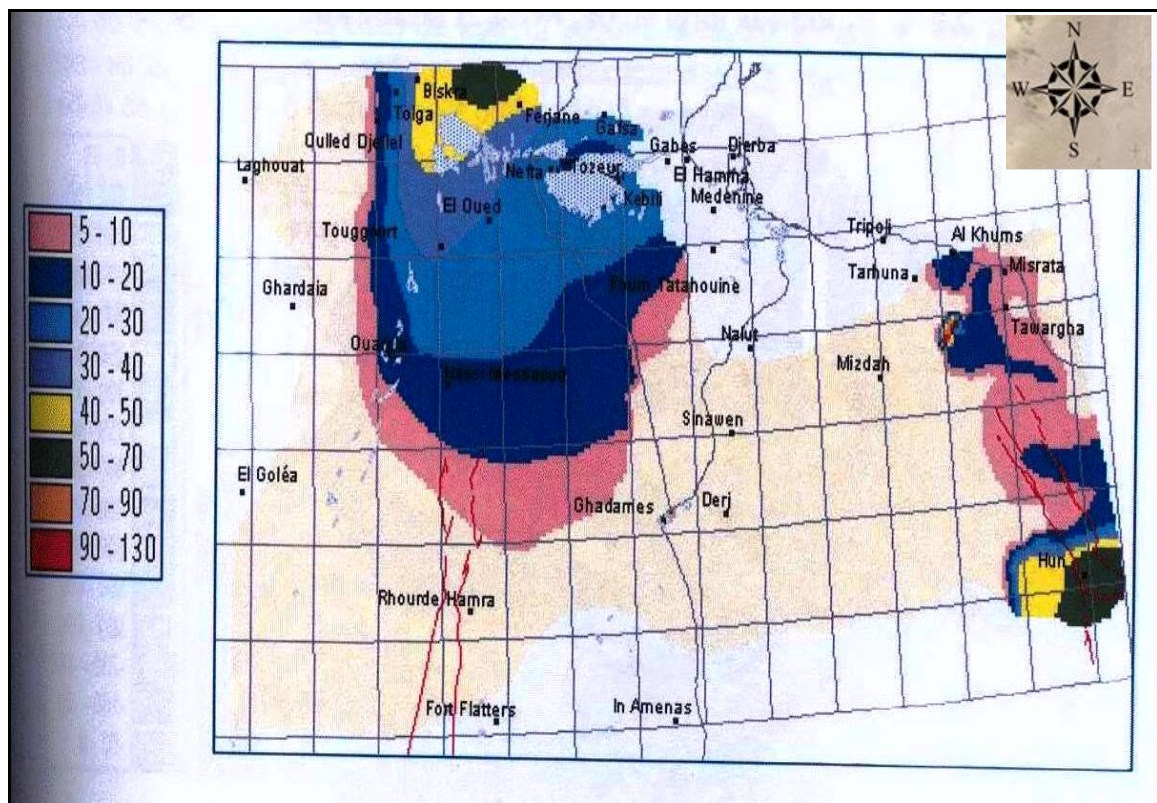


Figure (23) : Rabattements 2000 – 2050 au CT (en m)

(D'après simulation SASS 2003)

❖ Interprétation

On remarque qu'il y a un rabattement de CT dans la région d'étude ce rabattement compris entre 30 à 40 m, cette nappe connaissait le phénomène d'artésianité pendant les années quatre-vingt.

Ces baisses ont pour conséquence que de nouvelles ressources devront être substituées à celles actuellement exploitées et que pour le moins le niveau des pompes devra être abaissé dans les forages, lorsque cela sera possible, sinon de nouveaux forages plus profonds devront être réalisés. Les hauteurs de refoulement et les coûts de production vont augmenter autant pour l'AEP que pour l'irrigation.

Tableau (16) : Rabattements dans la nappe du Complexe terminal (CT) en Algérie

Wilaya	Zone Dénomination du Forage	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattem ent (m)
El Oued Oued Rhir	Nord Sidi Ahmed Tidjani	H01100356	1952-1995	32,14
El Oued Oued Rhir	Nord Chemora	H01100412	1955-91	25.70
El Oued Souf	Guemar 1	H01100413	1957-91	15.40
El Oued Souf	Ain Cherguia	H01100479	1963-91	10.76
El Oued Souf	Kouinine	H01100530	1961-95	26.50
El Oued Souf	Masri	H01100840	1969-91	23.57
El Oued Souf	Guemar	H01100909	1957-93	12.00
El Oued Souf	Débila N1	H01200021	1960-77	8.17
El Oued Oued Rhir	Nord Sidi Mestour Bis	H01200059	1984-91	25.00
El Oued Oued Rhir	Sud Zemlet El Kha.2 K 1	J01300009	1961-70	0.20
Ouargla Ouargla	Daira De Touggourt F	I01100549	1978-97	8.40
Ouargla Ouargla	F Soviet Bouroubia	J01000518	1966-97	5.46
Ouargla Ouargla	A.El Cadi Djedida D4	J01000526	1968-97	4.94
Ouargla Ouargla	Nouvelle Wilaya D1 F	J01000531	1970-97	3.77
Ouargla Ouargla	Garet Chemia D1 F113	J01000533	1970-97	4.14
Ouargla Ouargla	Cherif D4 F80	J01000536	1970-97	9.06
Ouargla Ouargla	Ngoussa Recon D6F50	J01000599	1983-97	6.30
Ouargla Ouargla	Ain-El-Arch Djedida	J01000809	1986-97	5.83
Ouargla Hassi Messaoud	Puits D'eau Ns I.H.I	K01100022	1960-90	0.40
Ouargla Hassi Messaoud	Gt M1	L01100026	1969-90	5.50
Ouargla Hassi Messaoud	Allenda Nord N 1	L01100028	1962-90	0.50

CONCLUSION :

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

la carte piézométrique nous a permis de constater que le sens d'écoulement des eaux de la nappe du complexe terminal est orienté suivant une direction générale Sud-Ouest vers le Nord-Est de la région d'étude.

La profondeur moyenne de cette nappe du CT varie entre 200 et 600 mètres. Quant à l'épaisseur utile de cette nappe, elle est de 50 mètres environ, avec une réserve estimée à 200×10^9 m³.

Deuxième Partie

Partie Pratique

Chapitre III

LA PIEZOMETRIE ET QUALITE DE LA NAPPE DE COMPLEXE TERMINAL

PIEZOMETRIE ET QUALITE DE LA NAPPE DE COMPLEXE TERMINAL

INTRODUCTION :

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou pour d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

La chimie des différentes sources en eau (eaux souterraines) est souvent influencée par la dissolution des formations géologiques, des rejets industriels et l'activité agricole. En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin de contrôler l'état actuel de la chimie des eaux souterraines de l'aquifère de Miopliocène de la vallée d'Oued Souf, son évolution dans le temps et dans l'espace.

Un plan de travail a été adopté pour atteindre ces buts, il consiste au début à faire un suivi des différents points d'eau appartenant à la zone d'étude, pendant la période de (Avril 2016).

Dans cette partie, après prélèvement et analyses dans le laboratoire de l'ADE nous avons obtenus des résultats. Ces derniers sont intégrés dans le logiciel de système d'information géographique (S I G).

1. Définition d'un Système D'Information Géographique (SIG) :

Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent.

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) et ce, à travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes. Ces capacités spécifiques font du SIG un outil unique, accessible à un public très large et s'adresse à une très grande variété d'applications.

1.1. Les composants d'un SIG :

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :

Matériel : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

Logiciels : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations. Principaux composants logiciel d'un SIG : Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques. Système de gestion de base de données. Outils géographiques de requête, analyse et visualisation. Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

Données : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

Utilisateurs : Un Système d'Information Géographique (SIG) étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique.

Méthodes : La mise en oeuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

1.2. Comment fonctionne un SIG :

Un SIG stocke les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets.

Références géographiques L'information géographique contient soit une référence géographique explicite (latitude & longitude ou grille de coordonnées nationales) ou une référence géographique implicite (adresse, code postal, nom de route...). Le géocodage, processus automatique, est utilisé pour transformer les références implicites en références explicites et permettre ainsi de localiser les objets et les événements sur la terre afin de les analyser.

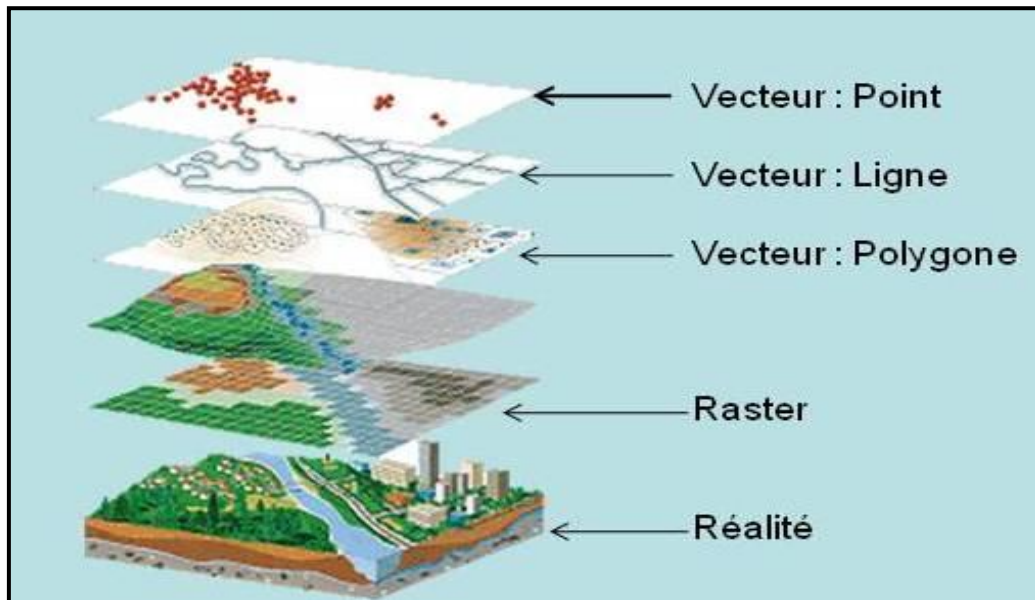


Figure (24) : forme des couches thématiques.

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques :

1- Dans le modèle vecteur, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées x, y. Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par polyligne. Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par des polygones

2- Le modèle raster, quant à lui, est constitué d'une matrice de points pouvant tous être différencier les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol...

1.3. Domaines d'application de SIG :

Les SIG aident à la prise de décision, à la planification et à la gestion dans un environnement de résolution de problèmes. Les exemples suivant, montrent les possibilités d'applications des SIG.

- | | |
|----------------------------------|------------------------|
| * Hydraulique | * Risques d'inondation |
| * Urbanisme | * Collecte des déchets |
| * Mine et pétrole | * Militaire |
| * Agriculture | * Géomarketing |
| * Gestion durable des ressources | * Santé Publique |

2. METHODES ET STRATEGIE DE TRAVAIL :

2.1.Echantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, il convient que le préleveur est une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytique.

Il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable.

Concernant ce travail, les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques (37 échantillons) dont nous avons les prélevé dans des flacons.

Afin d'avoir des analyses représentatives et fiables, la méthode d'échantillonnage exige une réflexion préalable et une précaution attentive de prélèvement.

2.2.Mode de prélèvement :

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau. Pour notre travail, les échantillons prélevés de robinets placés spécialement pour le prélèvement d'eau de forage, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn.

Au moment du prélèvement, pour l'analyse chimique, les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

2.3. Conservation des échantillons :

Les prélèvements subiront obligatoirement un certain temps de transport et une attente au laboratoire avant la mise en route analytique. D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante.

2.4. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements au laboratoire et comportera les renseignements suivants :

- Identité du préleveur.
- Date et heure du prélèvement.
- Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- Motif de la demande d'analyse.

- Ville ou établissement que l'eau alimente.
- Nom du point d'eau et localisation précise.
- Origine de l'eau (source, puits, etc...).
- Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement.

Condition météo logiques.

- Débit approximatif à la minute ou à la seconde. Dans le cas d'une nappe souterraine, préciser la profondeur et l'épaisseur de cette nappe
- Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.

3. Les Choix des points de prélèvement :

Notre zone d'étude présente un certain nombre de forages qui sont dispersés dans la vallée d'Oued-Souf et qui sont destinés à l'alimentation en eau potable, à l'irrigation et aux autres usages domestiques.

Afin de réaliser cette étude, nous avons sélectionné **37** points d'eau exploitant le nappe du complexe terminal, les prélèvements se situent à la vallée d'Oued Souf. (Tab 17).

Tableau (17) : Les points de prélèvement et les coordonnées des forages d'eau du C.T.

(WGS - UTM Zone 32)

N°	NOM_DE_FORAGE	NUM	X (m)	Y (m)	Z (m)
01	TIKSEBT EL GHARBIA	F06	298033	3695244	79
02	CHOTT HAÏ NADOR	F08	302897	3696684	66
03	HAI ENNASSIM	F10	301085	3692808	92
04	CHATEAU D'EAU 300 LGTS	F11	300776	3692876	76
05	AEP MOUIH OUENSA F01Bis	F12	286799	3675852	91
06	A E P MOUIH OUENSA F02	F13	286971	3676588	80
07	A E P OUED EL ALEND A F02	F15	291235	3682135	83
08	AEP OUED EL ALEND A F03	F16	291902	3679409	89
09	KHOBNA	F18	310467	3685871	80
10	GHENABZIA	F20	308015	3682283	90
11	BEGHAZLIA	F21	306107	3683985	93
12	ROBBAH 1BIS PARC	F23	305222	3685019	93
13	EL OGLA 3	F26	308480	3680887	91
14	EL AGUILA F2	F27	310207	3681839	80
15	LEFTAHZA	F30	304750	3687278	77
16	AEP ABABSA	F33	304246	3690524	77
17	OURMES 4	F34	293370	3696082	80
18	EL HADHOUDI	F39	279432	3689208	94
19	KOUININE 2 Bis	F41	299772	3745043	78

20	KOUININE F3 ZONE	F45	296698	3701836	75
21	CITE EL-ISTIKLAL	F47	294823	3706036	77
22	BAGHOUSA	F48	289370	3708250	56
23	AEP SIDI AOUN Nord	F53	305650	3713979	50
24	EL-DJEDAÏDA (Nord)	F55	300658	3717163	51
25	El Hamadine 01 Bis	F58	307613	3716682	61
26	Bellila Ayacha	F63	309881	3716575	60
27	El Menchia	F66	317387	3727339	30
28	Hassi khalifa 01	F70	314192	3715382	53
29	Debila Est	F74	310260	3710898	63
30	AEP HAÏ EN NASR	F78	308207	3710230	67
31	Khobnet Lizerg 1	F80	310143	3698419	103
32	Aéroport	F85	294308	3709746	60
33	El-Houd	F87	295011	3711241	54
34	Zgoum 2 Bis	F93	304920	3705981	69
35	Doukkar	F96	304786	3708264	60
36	Foulia 3	F98	288817	3726570	29
37	Hobba 18 février	F100	289865	3716746	46

N.B : Nous avons utilisé pour l'interprétation des résultats obtenus le décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.
(Annexe N°04 - Les concentrations admissibles dans l'eau potable).

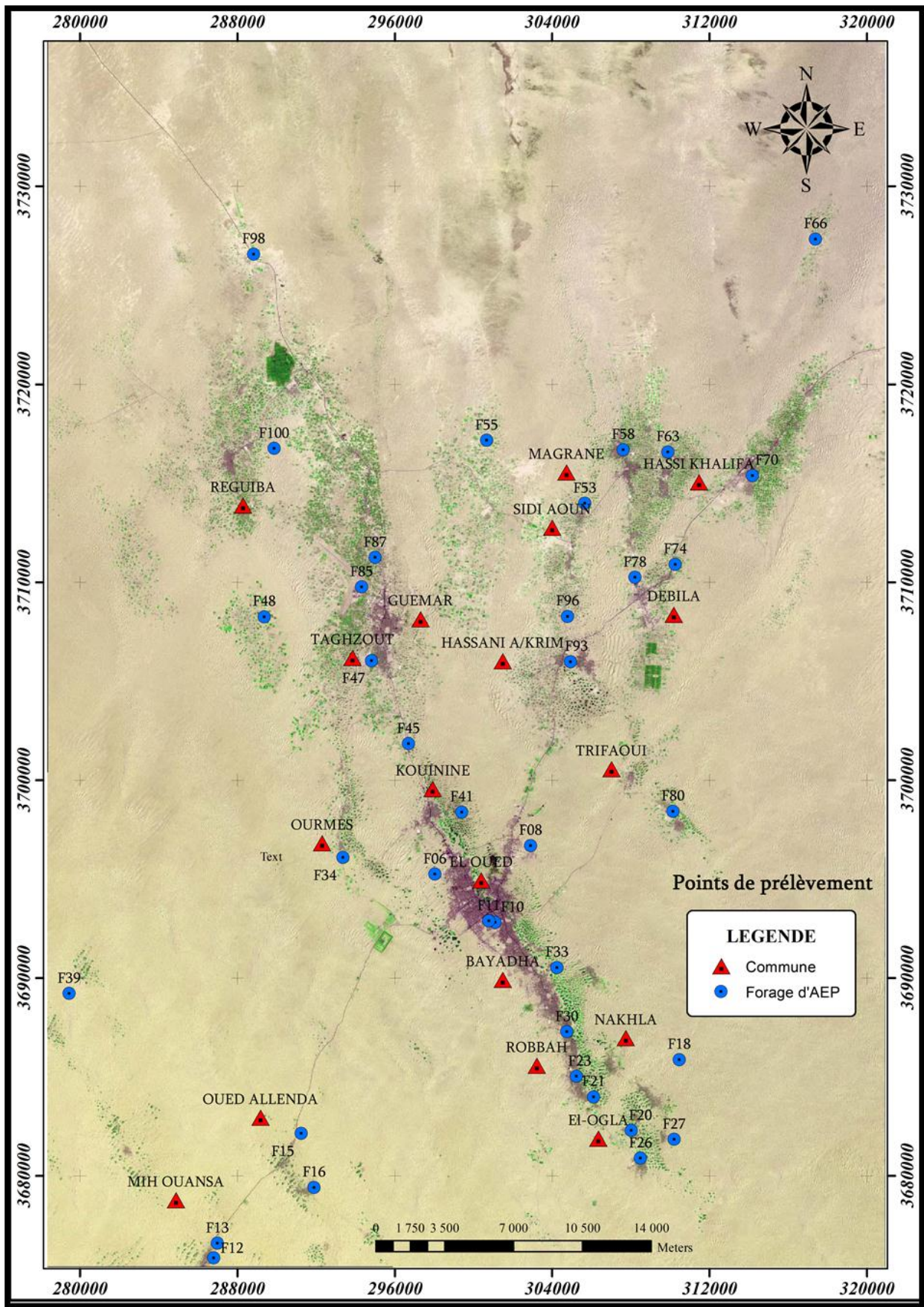


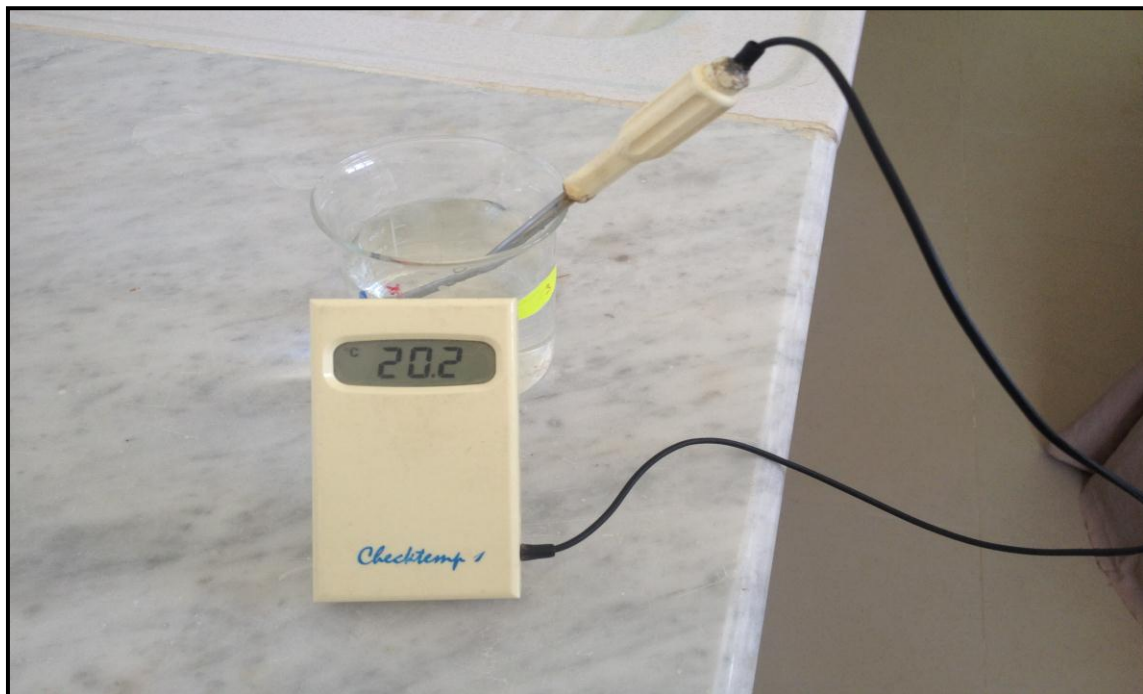
Figure (25): Points d'eau – échantillonnage - (Avril 2016)**4. Les paramètres d'analyse des eaux souterraines :****Tableau (18) :** Les paramètres d'analyse d'eau .

Les paramètres physiques	Le Paramètre de pollution organique
<ul style="list-style-type: none">- Température- pH- Conductivité à 25°C- Résidu sec (TDS)	<ul style="list-style-type: none">- Nitrate (NO₃-)

4.1. Les paramètres physiques :**4.1.1. La température :**

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux souterraine ou superficielles.

La mesure de la température de l'eau et même de l'air sur le lieu du prélèvement de l'échantillon est une partie de l'analyse des eaux, car de cette température dépend la solubilité de gaz et les vitesses des réactions dans l'eau.

**Figure (26):** Appareil Thermomètre et Capsule en porcelaine

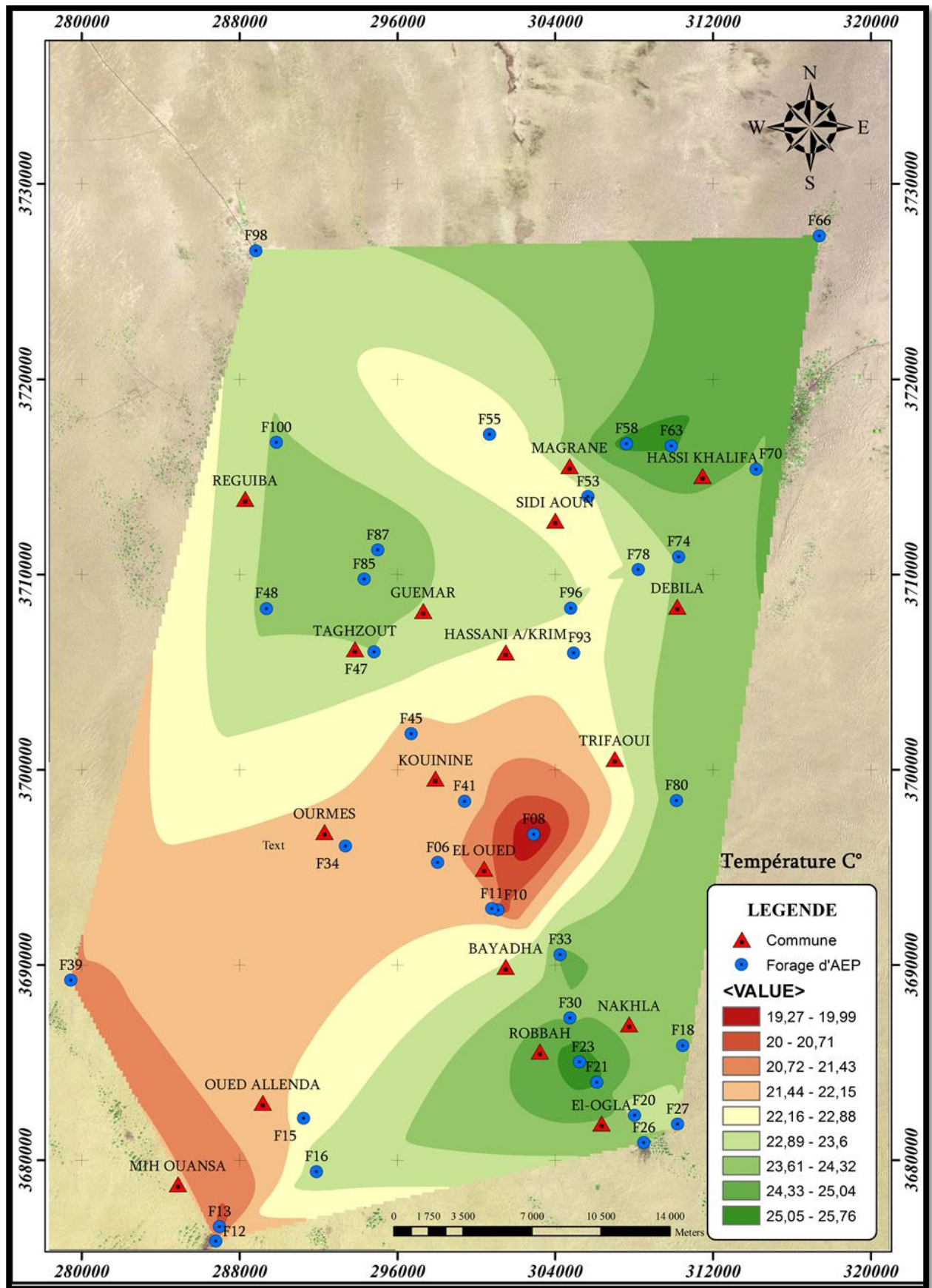


Figure (27): Carte de Température (°C) (Avril 2016)

❖ Interprétation des résultats :

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz et par conséquent sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface, donc sur son origine. La quasi-totalité des eaux de la nappe du complexe terminal présente une température qui varie entre 19.20°C et 25.80°C.

Cette variation thermique des eaux souterraines peut être en fonction de la profondeur de l'aquifère:

L'aquifère est profond comme dans notre cas, les eaux ne sont influencées que par le gradient géothermique, elles ne présentent pas donc une grande variation de température.

4.1.2. Potentiel hydrogène (PH) :

C'est une échelle logarithmique qui varie de 0 à 14 et qui traduit l'acidité ou l'alcalinité d'une solution, la neutralité étant à pH 7. Le pH des eaux naturelles varie entre 6,5 et 8,2 en moyenne .

Les solutions de bases fortes comme la soude ont un pH variant entre 12 (à 0,4 g /l) et 14 (à 40g/l).

Le pH est un des paramètres importants influençant la tendance entartrant ou agressive d'une eau naturelle : d'une manière générale une baisse du Ph favorisera la tendance agressive et une élévation du pH, le caractère entartrant.

- **Principe :**

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H+] présent dans l'eau ou les solutions.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H +.

- **Réactifs :**

Tampon pH = 7

Tampon pH = 4

Tampon pH=9

- **Mode opératoire :**

- **Étalonnage de l'appareil :**

- ❖ Allumer le pH Mètre.

- ❖ Prendre dans un petit bœcher, la solution tampon pH = 4

- ❖ Touche sur Read attendre quelque temps pour lire
- ❖ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- ❖ Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- ❖ Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- ❖ Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- ❖ Ré étalonné de la même manière avec les solutions tampon pH = 9.
- ❖ Le PH mètre il afficher la valeur de la ponte.
- ❖ Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.
- **Dosage de l'échantillon :**
- ❖ Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- ❖ Rincer l'électrode dans l'échantillon on lie le pH avec une simple touche sur READ



Figure (28): Appareil de PH mètre .

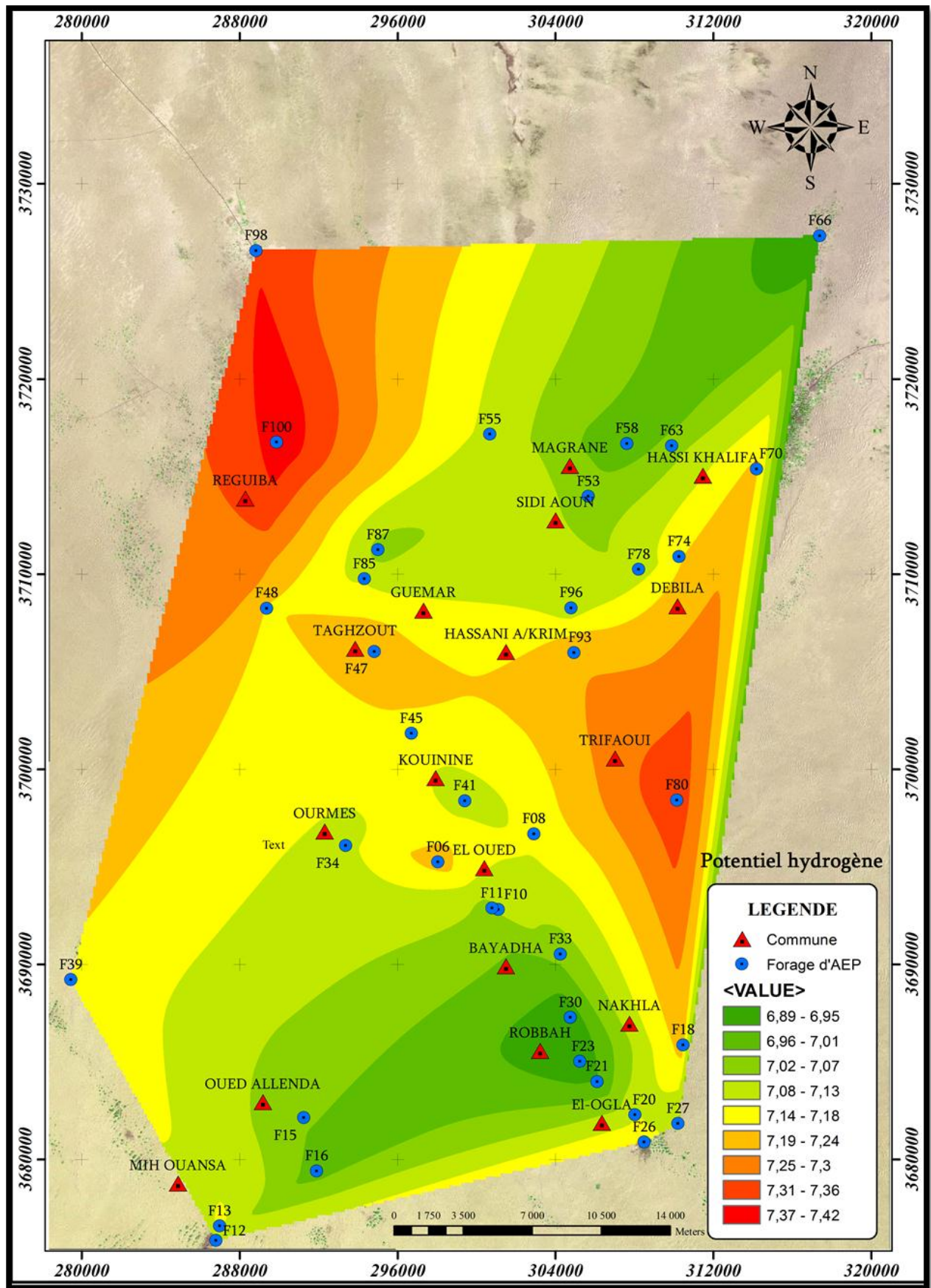


Figure (29): Carte de pH (Avril 2016) .

❖ **Interprétation des résultats :**

D'après les mesures qu'on a effectuées sur les échantillons d'eau prélevé, la teneur minimale de pH est enregistrée au forage F23 avec $\text{pH} = 6.89$, et la teneur maximale est enregistrée au forage F100 avec $\text{pH} = 7.42$, ce qui reflète un caractère basique des eaux de la région. Ces valeurs sont acceptables d'après la norme.

4.1.3. Résidu sec :

• Principe :

La détermination des résidu sec permet d'estimer la teneur en matières dissoutes d'une eau.

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

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

• Matériel :

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

• Mode opératoire :

- ❖ Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- ❖ Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- ❖ Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.
- ❖ Laisser refroidir pendant $\frac{1}{4}$ d'heure au dessiccateur.
- ❖ Peser immédiatement et rapidement.

• Expression des résultats :

Les résultats sont donnés en mg/l , D'où PP: est le poids plein de la capsule

PV: est le poids vide de la capsule - $(\text{PP} - \text{PV}) \times 1000 = \text{mg/l}$ de RS.



Figure (30): Balance analytique

Figure (31): Etuve réglable pour séchage.

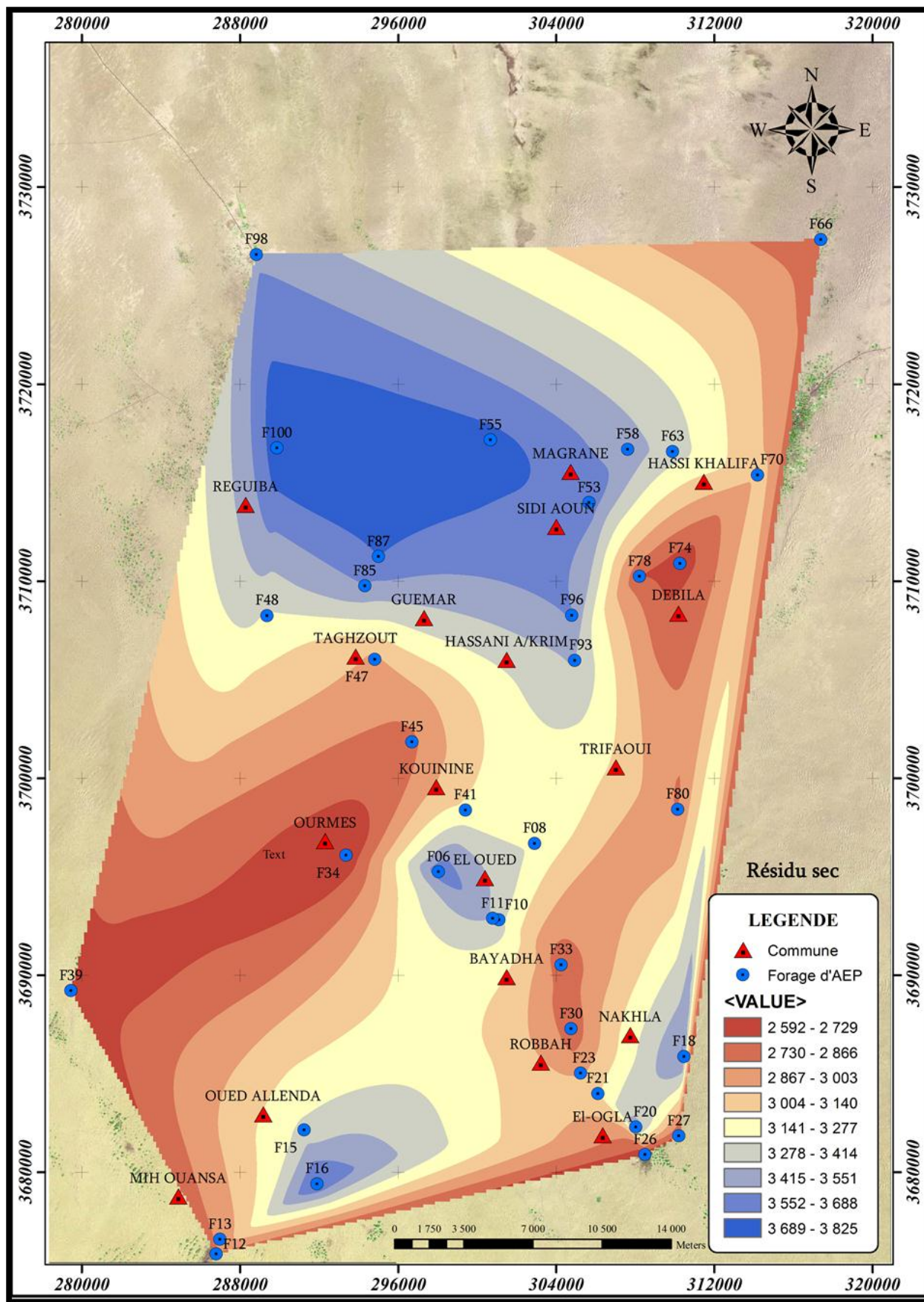


Figure (32): Carte de Résidu sec (mg/l) (Avril 2016)

❖ Interprétation des résultats :

Les concentrations en résidu sec sont très élevées, elles montrent des eaux assez chargées en roches sédimentaires.

Ils varient entre 2587 mg/l : forage F34, et 3827 mg/l : forage F100.

Probablement le taux de salinité élevé dus à la composition géologique de la nappe.

4.1.4. Conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.

Elle dépend de la concentration en sels dissous conducteurs, sa mesure qui est simple et rapide est très utile pour le suivi dans le temps d'une même eau car elle permet de détecter immédiatement une variation de sa composition, il est indispensable de préciser la température de référence à laquelle se rapporte la mesure, il augmentant avec la température.

La conductivité est généralement mesurée en micro-Siemens par cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ; approximativement la valeur en $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspond à la salinité en mg / l.

On utilise également la résistivité, inverse de la conductivité, mesurée en ohms.cm

Résistivité (ohms.cm) = 1 000 000 / Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

- **Mode opératoire :**

On rince l'électrode dans la solution de calibration. On tape sur READ, attendre la pipe.

Le résultat de la conductivité est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure (33): Appareil Conductimètre.

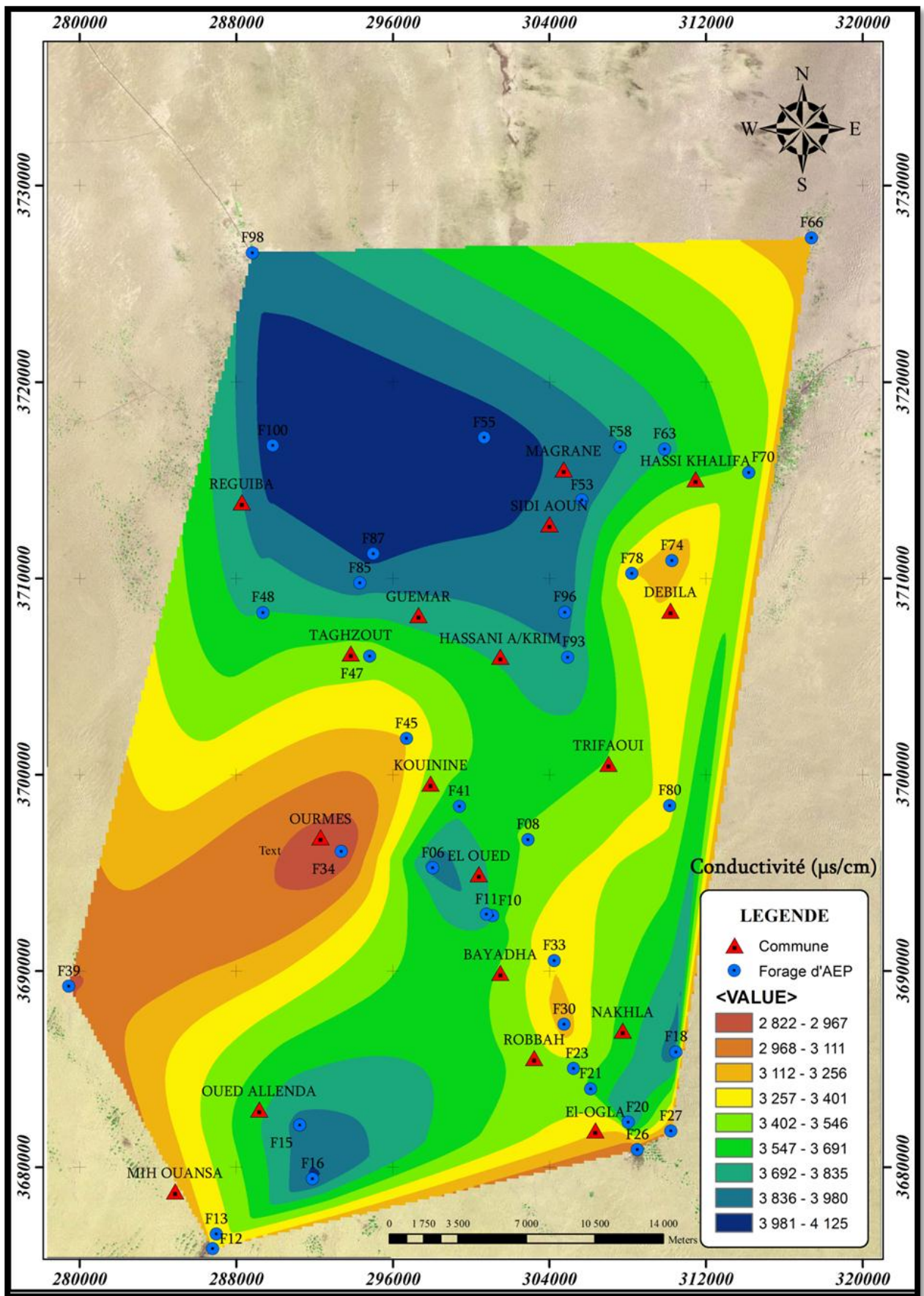


Figure (34): Carte de conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$) (Avril 2016)

❖ **Interprétation des résultats :**

La conductivité, ou son inverse la résistivité, permet donc une estimation de la minéralisation des eaux. On sait qu'une eau salée est très conductrice, par contre une eau pure est très résistante.

Nos résultats montrent que la majorité des eaux de la nappe du complexe terminal du vallée d'Oued- Souf ont une forte conductivité, donc un degré de minéralisation élevée.

La carte montre que la teneur minimale de la conductivité électrique est enregistrée au forage F34 avec 2814 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et la teneur maximale est enregistrée au forage F100 avec 4127 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.2. Paramètre de pollution organique [Les nitrates (NO_3^-)]:

❖ **Nitrates (NO_3^-) :**

• **Objet :**

Cette méthode d'essai a pour objet le dosage spectrométrique des nitrates par la méthode au salicylate de sodium.

• **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

• **Echantillonnage :**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre et doivent-être analysés dès que possible après leur prélèvement. Ils sont conservés entre 1 et 5 °C (voir INQ-LAB 05).

• **Méthode de travail :**

• **Réactifs et matériel**

1- Réactifs

a) Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans une bouteille en verre ou en polyéthylène. Préparer cette solution chaque jour au moment de l'emploi.

b) Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.

Dissoudre 30 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

c) Solution de tartrate double de sodium et de potassium

Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et potassium, laisser refroidir et compléter avec de l'eau distillée. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

d) Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré.

e) Solution mère de nitrate à 1000 mg/l

Dissoudre 1.37 g de nitrate de sodium dans de l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

f) Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l

Diluer 10 ml de la solution mère à 1000 mg/l et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

2- Matériels

- ✓ Balance analytique de laboratoire précision 0.1 µg .
- ✓ Capsules de 100 ml.
- ✓ Pipettes 10ml, 5ml, 2ml, 1ml.
- ✓ Paires à pipeter.
- ✓ Etuve pour séchage.
- ✓ Spectrophotomètre UV-Visible.

Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm.

• Dosage

- Introduire 10ml d'eau à analyser.
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30% (b).
- Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 % (a).
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C.
- Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré (d).
- Laisser reposer 10 minutes.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium (c).
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.
- **Mesures et calcul du résultat :**

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.



Figure (35): Spectrophotomètre UV-Visible.

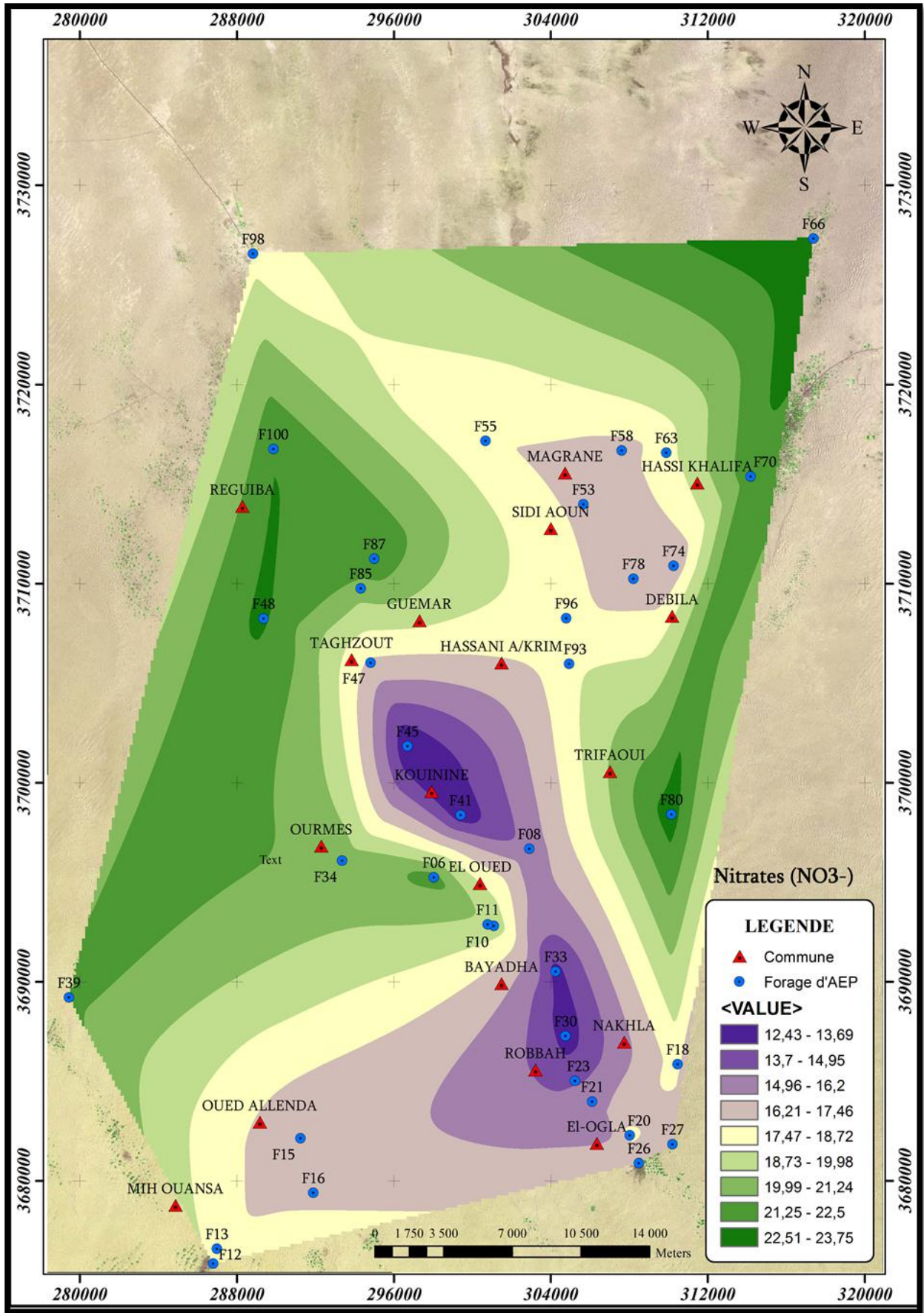


Figure (36): Carte de Nitrates NO₃- (mg/l) (Avril 2016)

❖ Interprétation des résultats :

Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote organique et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. L'augmentation du taux de nitrates dans les eaux souterraines est due pour une large part à l'enrichissement des sols par des engrais chimiques ou organiques. Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé, c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac qui peut être toxique.

D'après les mesures qu'on a effectuées sur les échantillons d'eau teneur minimale du nitrates est enregistrée au forage F45 avec 12,41 mg/l, et la teneur maximale est enregistrée au forage F66 avec 23,79 mg/l.

En Généralement les résultats des concentrations en Paramètres de pollution organique au niveau des eaux souterraines de la vallée d'Oued Souf montrent des valeurs acceptables (toujours dans les normes).

5. Situation piézométrique de la région d'étude :

Afin de réaliser cette situation, nous avons sélectionné **37** points d'eau exploitant le nappe du complexe terminal pour le piézométrie effectuée d'après la direction de ressources en eau en fin de 2015 et début de 2016 (Tab 19).

La mesure de niveau des eaux souterraines, est effectuée à l'aide d'une sonde dont le capteur est réactif à la conductivité de l'eau. Lorsque la sonde atteinte le niveau de l'interface air/eau, un contact électrique est établie entre deux tiges métalliques, déclenchant un signal sonore et lumineux.

D'après les mesures piézométriques ont été fait en Avril 2016 par DRE d'EL-Oued on obtient les résultats suivants :

Tableau (19) : Côte piézométrique et la Profondeur du niveau statique de la nappe du complexe terminal (2015-2016)

N° Forage	Altitude (m)	Côte piézométrique (m)	Profondeur du niveau statique (m)	N° Forage	Altitude (m)	Côte piézométrique (m)	Profondeur du niveau statique (m)
F06	79	36.70	42.30	F45	75	40.70	34.30
F08	66	31.00	35.00	F47	77	44.20	32.80
F10	92	58.20	33.80	F48	56	22.00	34.00
F11	76	34.00	42.00	F53	50	12.40	37.60
F12	91	59.25	31.75	F55	51	17.20	33.80
F13	80	44.50	35.50	F58	61	30.00	31.00
F15	83	45.50	37.50	F63	60	28.61	31.39
F16	89	52.00	37.00	F66	30	16.45	13.55
F18	80	49.00	31.00	F70	53	24.54	28.20
F20	90	52.00	38.00	F74	63	24.30	38.70
F21	93	51.50	41.50	F78	67	32.20	34.80
F23	93	53.30	39.70	F80	103	62.50	40.50
F26	91	58.30	32.70	F85	60	28.60	31.40
F27	80	48.65	31.35	F87	54	30.04	23.96
F30	77	43.50	33.50	F93	69	58.40	10.60
F33	77	45.00	32.00	F96	60	30.35	29.65
F34	80	44.00	36.00	F98	29	9.00	20.00
F39	94	44.00	50.00	F100	46	22.30	23.70
F41	78	42.20	35.80				

Source : DRE 2016

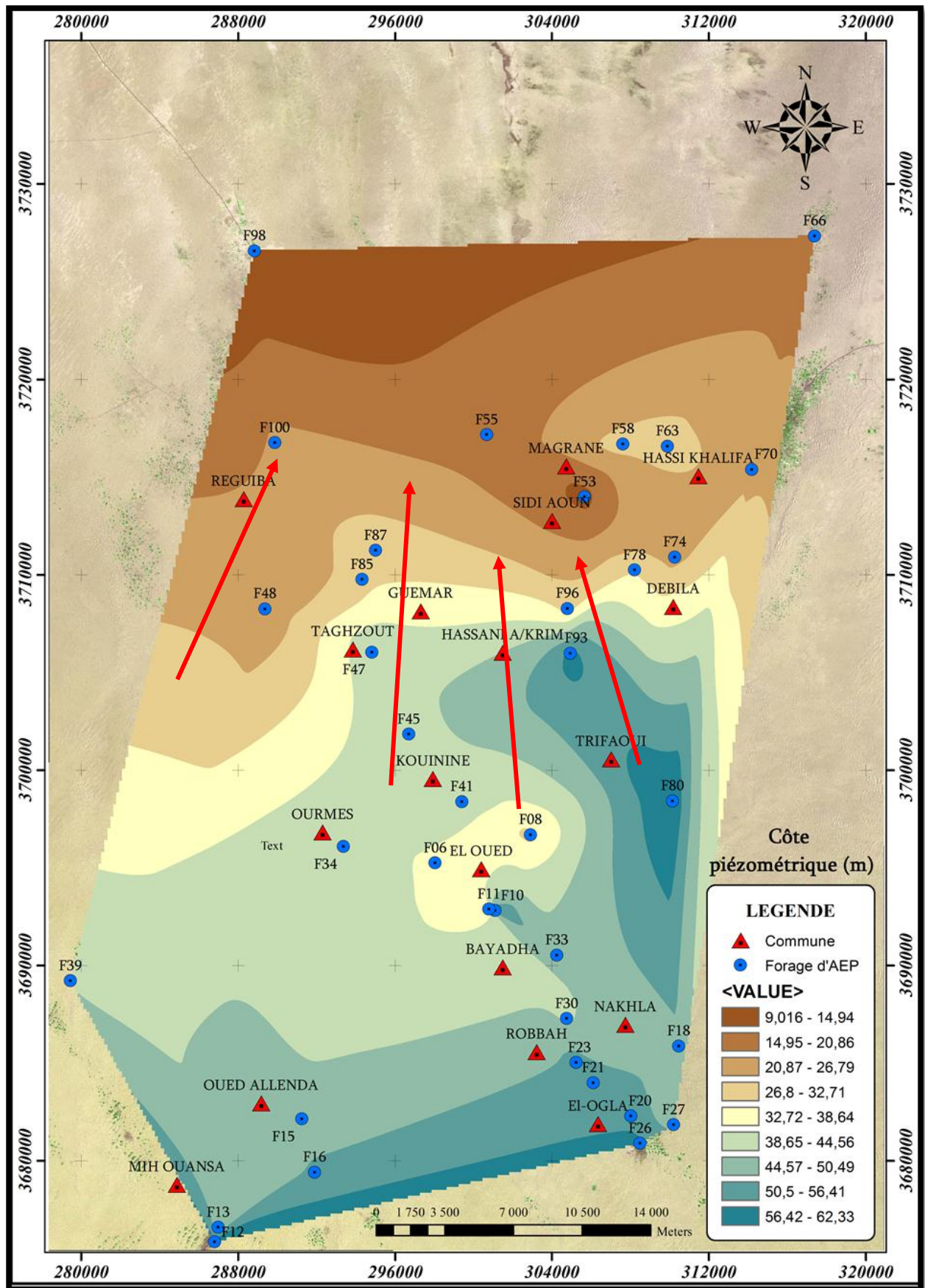


Figure (37): Carte du Côte piézométrique (m) de la nappe du CT (Avril 2016).

❖ Interprétation :

Les hauts niveaux piézométriques de la nappe est située à Oglâ 58.30 m et Mouih Ouensa et Trifaoui qui marqué une valeur de 59.25 m et 62.50 m, une zone basse située au Nord-Ouest à Sidi Aoun et Magrane où le niveau piézométrique est compris entre 15 et 21 m, on remarque aussi que le niveau piézométrique dans la commune d'El-Oued varie entre 32.72 et 44.56 m, On constate que la surface piézométrique n'est pas régulière.

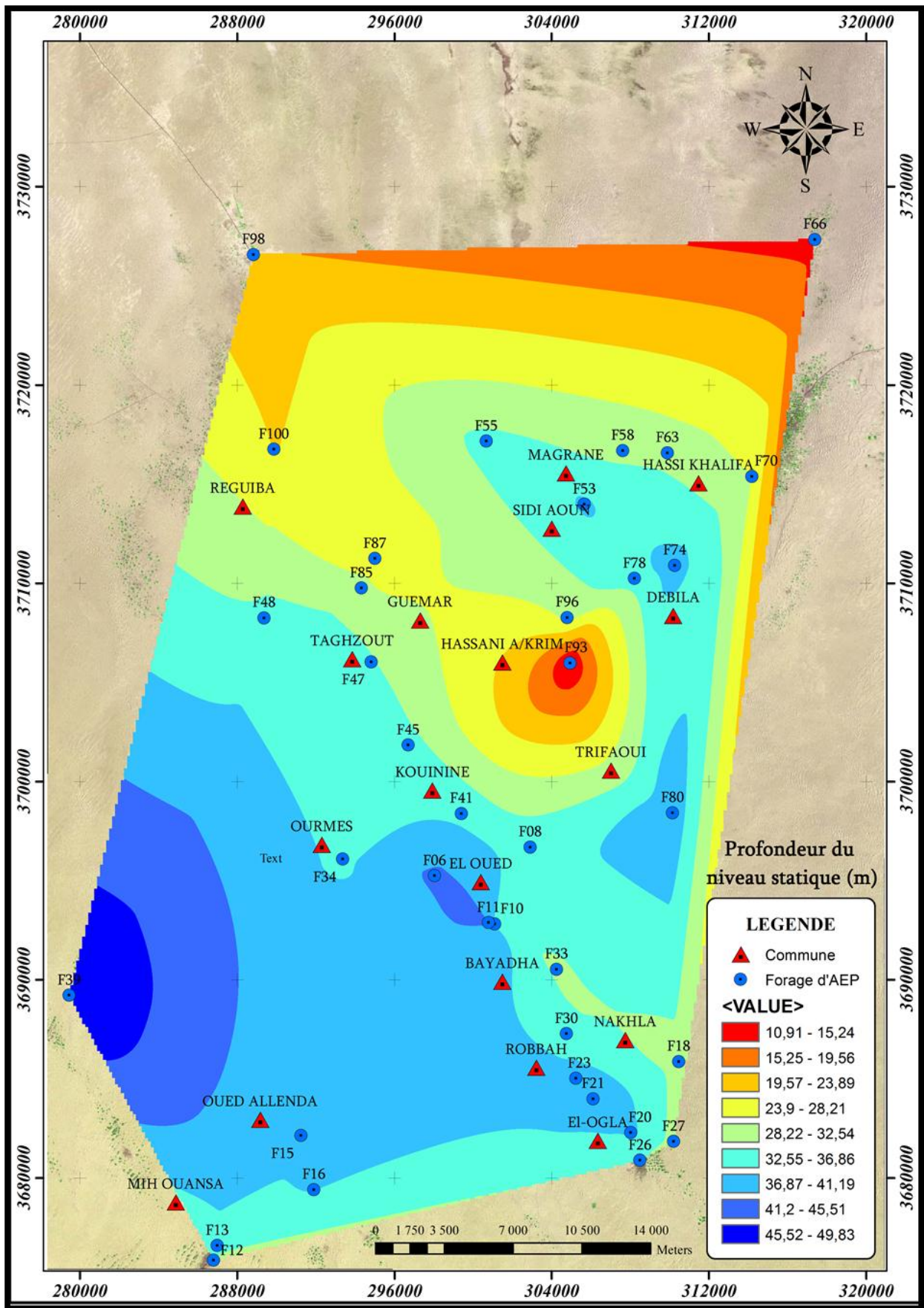


Figure (38): Carte de Profondeur du niveau statique (m) de la nappe du CT (Avril 2016).

❖ Interprétation :

D'après les mesures des profondeurs du niveau statique, nous avons constaté qu'une sur exploitation au niveau :

- Chef-lieu de la wilaya du au concentration d'habitation et population, (centre de carte).
- Côté sud-ouest du à l'irrigation des périmètres agricoles (centaines des périmètres pomme de terres, olives, palmiers, etc ...)

CONCLUSION:

L'interprétation des résultats a montré que les eaux de la nappe du complexe terminal sont caractérisées par une augmentation des valeurs de conductivité électrique et TDS.

La dominance de ces faciès est liée d'une part à la géologie locale de la région et d'autre part probablement à la situation des quelques forages du complexe terminal qui présentent des perforations au niveau de tubages, ceux-ci favorises la communication entre les nappes en particulier avec la nappe phréatique qui est trop minéralisée.

Sur le plan de la qualité chimique et la potabilité, les eaux de la nappe du complexe terminal sont trop minéralisées. La potabilité reste loin à normes algériennes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION GÉNÉRALE

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), le réservoir de la nappe de complexe terminal est constitué de formations très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En effet, il est possible d'y distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables.

D'une manière générale la profondeur moyenne de cette nappe du CT varie entre 200 et 600 mètres. Quant à l'épaisseur utile de cette nappe, elle est de 50 mètres environ.

Nous avons entamés les travaux d'analyses : données, prélèvements et divers analyses des échantillons afin de déterminer la piézométrie et la qualité des eaux du C.T à travers la vallée d'Oued Souf. Nous avons constaté ce que suit :

- ❖ Après analyse de la carte des côtes piézométriques nous avons constaté que le sens d'écoulement de dite nappe démarre du sud-ouest vers le nord. A savoir le sens d'écoulement dans la zone d'Oued Righ et la zone de Taleb El Arbi.
- ❖ Les valeurs des différents éléments physiques et la teneur en nitrates sont en augmentation vers le sens d'écoulement de la nappe du C.T probablement dû aux nombreuses zones des agricultures vers le nord (influence des produits chimiques et organiques destinées pour l'agriculture), et l'ancienneté des tubages des forages.
- ❖ Après les analyses, nous avons observé que le taux de salinité total de la majorité des échantillons a dépassé les valeurs admissibles selon la norme.

En résumé, d'après les résultats obtenus il est obligatoirement de traiter l'eau destiné à l'usager humain avant consommation.

ANNEXES

Annexe N°01 : INVENTAIRE DES FORAGES-AEP- WILAYA D'EL OUED

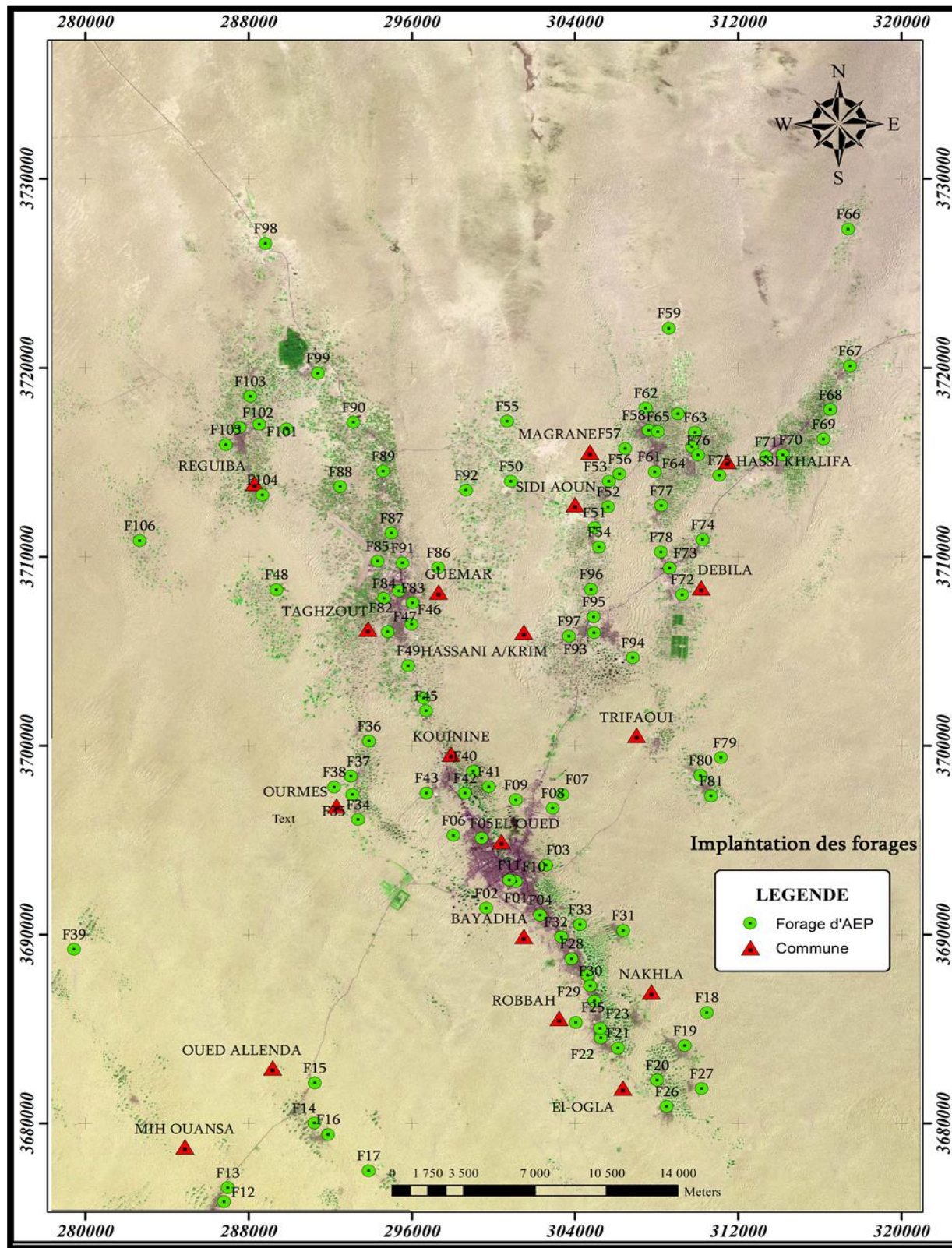
N° FORAGE	NOM DE FORAGE	COORDONNEES- UTM			PROF (m)	ETAT
		X	Y	Z		
COMMUNE D'EL-OUED						
F01	EL ASNAM 400 LGTS Bis	301085	3692807	92	300	Bon
F02	HAÏ 19 MARS	299634	3691389	92	280	Bon
F03	SIDI MESTOUR	302577	3693671	65	265	Bon
F04	CHOUHADA	302290	3691026	87	350	Bon
F05	TIKSEBT 2	299426	3695091	71	280	Bon
F06	TIKSEBT EL GHARBIA	298033	3695244	79	278	Bon
F07	AEP CHOTT	303377	3697414	68	280	Bon
F08	CHOTT HAÏ NADOR	302897	3696684	66	284	Bon
F09	AEP UNIVERSITE	301096	3697122	71	280	Bon
F10	HAI ENNASSIM	301085	3692808	92	266	Bon
F11	CHATEAU D'EAU 300 LGTS	300776	3692876	76	277	Bon
COMMUNE DE MOUIH OUENSSA						
F12	AEP MOUIH OUENSA F01Bis	286799	3675852	91	219	Bon
F13	A E P MOUIH OUENSA F02	286971	3676588	80	220	Bon
COMMUNE DE OUED EL ALENDIA						
F14	A E P OUED EL ALENDIA F01	291215	3680009	83	260	Bon
F15	A E P OUED EL ALENDIA F02	291235	3682135	83	247	Bon
F16	AEP OUED EL ALENDIA F03	291902	3679409	89	219	Bon
F17	AEP MOUIH EL GHAZALA	293881	3677487	100	219	Bon
COMMUNE DE NAKHLA						
F18	KHOBNA	310467	3685871	80	252.5	Bon
F19	NAKHLA	309371	3684105	85	270	Bon
F20	GHENABZIA	308015	3682283	90	240	Bon
COMMUNE DE ROBBAH						
F21	BEGHAZLIA	306107	3683985	93	254	Bon
F22	AMIR AEK ROBBAH 4	305264	3684525	93	242	Bon
F23	ROBBAH 1BIS PARC	305222	3685019	93	253	Bon
F24	LAOUACHIR	304941	3686473	82	254.4	Bon
F25	HAÏ EZZAOUIA	304038	3685351	91	280	Bon

COMMUNE D'EL OGLA						
F26	EL OGLA 3	308480	3680887	91	242	Bon
F27	EL AGUILA F2	310207	3681839	80	248	Bon
COMMUNE DE BAYADHA						
F28	AEP BAYADHA 1 BIS	303822	3688715	90	253	Bon
F29	LEBBAMA	304606	3687836	76	265	Bon
F30	LEFTAHZA	304750	3687278	77	251	Bon
F31	SOUALAH	306361	3690205	125	260	Bon
F32	LEGH DAMSI	303327	3689865	73	260	Bon
F33	AEP ABABSA	304246	3690524	77	270	Bon
COMMUNE DE OURMES						
F34	OURMES 4	293370	3696082	80	305	Bon
F35	OURMES 3 Bis (Haï ABEÏDI)	293089	3697413	73	315	Bon
F36	OURMES 2	293898	3700231	85	376	Bon
F37	OURMES 1Bis	293006	3698370	67	294	Bon
F38	OURMES 5	292192	3697802	118	316	Bon
F39	EL HADHOUDI	279432	3689208	94	297	Bon
COMMUNE DE KOUININE						
F40	EL GAOUARIR	299008	3698644	77	286	Bon
F41	KOUININE 2 Bis	299772	3745043	78	300	Bon
F42	KOUININE 1	298596	3697482	73	295	Bon
F43	CHIKH ECHARAE F5	296710	3697490	81	289	Bon
F44	USINE DIA ABDELHAMID	296583	3702517	72	295	Bon
F45	KOUININE F3 ZONE	296698	3701836	75	314	Bon
COMMUNE DE TAGHZOUT						
F46	AEP TAGHZOUT 2	295993	3706412	78.5	345	Bon
F47	CITE EL-ISTIKLAL	294823	3706036	77	382	Bon
F48	BAGHOUSA	289370	3708250	56	349	Bon
F49	EL MAMBAE EL DJANOUBI	295818	3704228	85	329	Bon
COMMUNE DE SIDI AOUN						
F50	EL-DJEDAÏDA GHARBIA F03	300850	3713985	65.3	360	Bon
F51	SOUIHLA F02	304955	3711528	44	386	Bon
F52	AEP SIDI AOUN	305623	3712623	54	350	Bon
F53	AEP SIDI AOUN Nord	305650	3713979	50	365	Bon
F54	AEP LADOUAOU	305167	3710506	55	354	Bon
F55	EL-DJEDAÏDA (Nord)	300658	3717163	51	290	Bon
F56	EL-DJEDAÏDA CHERGUIA	306174	3714369	59	383	Bon

COMMUNE D'EL MAGRANE						
F57	Magran Centre	306459	3715719	60	394.6	Bon
F58	El Hamadine 01 Bis	307613	3716682	61	386	Bon
F59	Oued el Maleh	308598	3722086	68	420	Bon
F60	Menanaa	309049	3717547	61	419	Bon
F61	O.P.G.I Magrane	307905	3714488	53	386	Bon
F62	Nezlet Lahmadi (hamad)	307456	3717856	47	388	Bon
F63	Bellila Ayacha	309881	3716575	60	391	Bon
F64	Oum el zbed	309737	3715808	44	380	Bon
F65	Haï El Malaâb (Stade)	308051	3716612	39	368	Bon
COMMUNE DE HASSI KHALIFA						
F66	El Menchia	317387	3727339	30	411	Bon
F67	Merzaka	317481	3720095	42	460	Bon
F68	Chouaeiha	316508	3717772	46	427	Bon
F69	El Adhal	332433	3725831	40	436	Bon
F70	Hassi khalifa 01	314192	3715382	53	385	Bon
F71	Hassi khalifa 02	313365	3715275	77	385	Bon
COMMUNE DE DEBILA						
F72	Akfadou 4	309247	3707990	79	348	Bon
F73	Debila centre	308629	3709389	62	350	Bon
F74	Debila Est	310260	3710898	63	362	Bon
F75	Edjedeida 2 (Zoughbiet)	311075	3714302	61	392	Bon
F76	Edjedeida 1	310038	3715370	99	386	Bon
F77	Drimini	308231	3712694	61	390	Bon
F78	AEP HAÏ EN NASR	308207	3710230	67	358	Bon
COMMUNE DE TRIFAOUÏ						
F79	AEP TRIFAOUÏ	311144	3699355	81	299	Bon
F80	Khobnet Lizerg 1	310143	3698419	103	285	Bon
F81	AEP LIZERG	310665	3697331	69	285	Bon
COMMUNE DE GUEMAR						
F82	Guemmar 3	295385	3708182	74	359	Bon
F83	Guemmar 2	296043	3707551	60	353	Bon
F84	Gharbia	294628	3707797	78	372	Bon
F85	Aéroport	294308	3709746	60	360	Bon
F86	Dahraouia	297296	3709405	57	367	Bon
F87	El-Houd	295011	3711241	54	363	Bon
F88	Demitha	292483	3713699	60	398	Bon

F89	Guemra 2	294591	3714517	60	377	Bon
F90	Mouih-Attia	293150	3717106	48	382	Bon
F91	AEP Parc APC	295546	3709658	52	380	Bon
F92	Mouih Salah	298647	3713507	53	380	Bon
COMMUNE DE HASSANI A/KRIM						
F93	Zgoum 2 Bis	304920	3705981	69	335	Bon
F94	Zgoum 3 (Sahan Gablaoui)	306831	3704648	103	324.5	Bon
F95	Hassani A/krim F01Bis	304911	3706813	66	328	Bon
F96	Doukkar	304786	3708264	60	376	Bon
F97	El-Gharbia	303703	3705790	78	338	Bon
COMMUNE DE REGUIBA						
F98	Foulia 3	288817	3726570	29	404	Bon
F99	Hobba 5	291400	3719702	60	390	Bon
F100	Hobba 18 février	289865	3716746	46	376	Bon
F101	Reguiba Cherguia 2 Bis	288529	3716991	72	373	Bon
F102	Reguiba 1 Bis	287545	3716827	57	372	Bon
F103	AEP Cité Radhaouine	288072	3718480	44	386	Bon
F104	Khobnet Aouissa	288679	3713258	63	355	Bon
F105	Chorfa Route El Arefdji	286880	3715917	52	362	Bon
F106	El-Arfdji	282662	3710834	80	336.4	Bon

Annexe N°02 : CARTE D'INVENTAIRE DE FORAGE DU CT SUR LA VALLEE D'OUED-SOUF



Annexe N°03 : FICHE TECHNIQUE DE FORAGE ET LES COUPES GEOLOGIQUES

LITHOSTRATIGRAPHIQUE

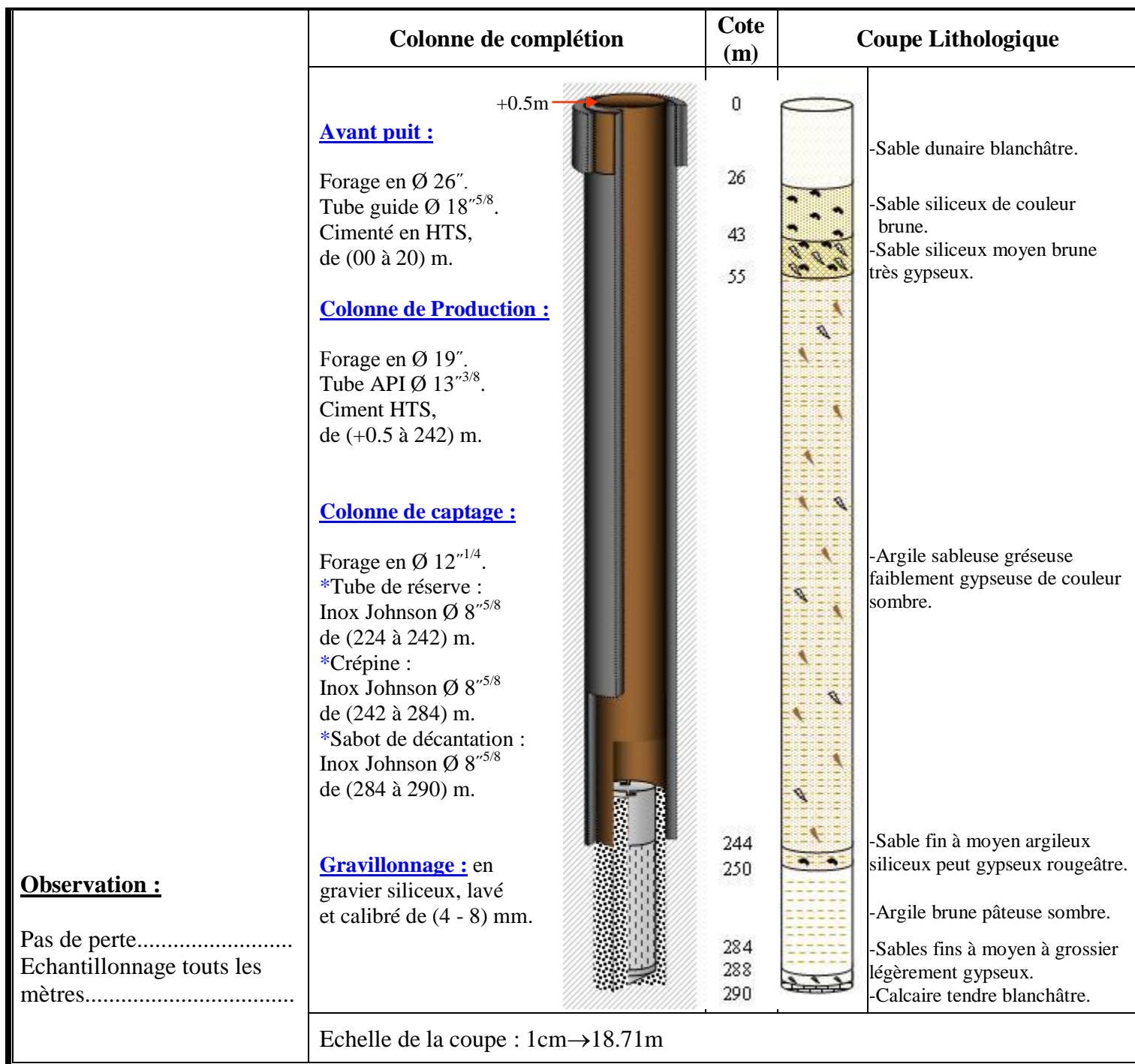
1- Rue Tiksebt El-GharbiaCommune: El-Oued-Destination de Forage : A.E.P.

	Colonne de complétion	Cote (m)	Coupe Lithologique		
	<p>Avant puit :</p> <p>Forage en Ø 30". Tube guide Ø 24". Cimenté en HTS, de (00 à 20) m.</p> <p>Colonne de Production :</p> <p>Forage en Ø 19". Tube API Ø 13^{3/8}. Ciment HTS, de (+0.5 à 236) m.</p> <p>Colonne de captage :</p> <p>Forage en Ø 12^{1/4}. *Tube de réserve : Inox Johnson Ø 8^{5/8} de (212 à 233) m. *Crépine : Inox Johnson Ø 8^{5/8} de (233 à 275) m. *Sabot de décantation : Inox Johnson Ø 8^{5/8} de (275 à 278) m.</p> <p>Gravillonnage : en gravier siliceux, lavé et calibré de (4 - 8) mm.</p>		<p>0 m</p> <p>12 m</p> <p>55m</p> <p>99m</p> <p>172m</p> <p>212m</p> <p>233m</p> <p>236m</p> <p>275m</p> <p>278 m</p>	<p>0 m</p> <p>12 m</p> <p>55m</p> <p>99m</p> <p>172m</p> <p>212m</p> <p>236m</p> <p>275 m</p> <p>278 m</p>	<p>-Sable fin quartzeux gypseux.</p> <p>-Sables argileux.</p> <p>-Argile marneux - sableuse.</p> <p>-Argile brune.</p> <p>-Sable à gravier siliceux.</p> <p>-Argile vert à blanc.</p>
<p>Observation :</p> <p>Pas de perte.....</p> <p>Echantillonnage tous les mètres.....</p>	Echelle de la coupe : schématique				

2- Bis 1 Kouinine

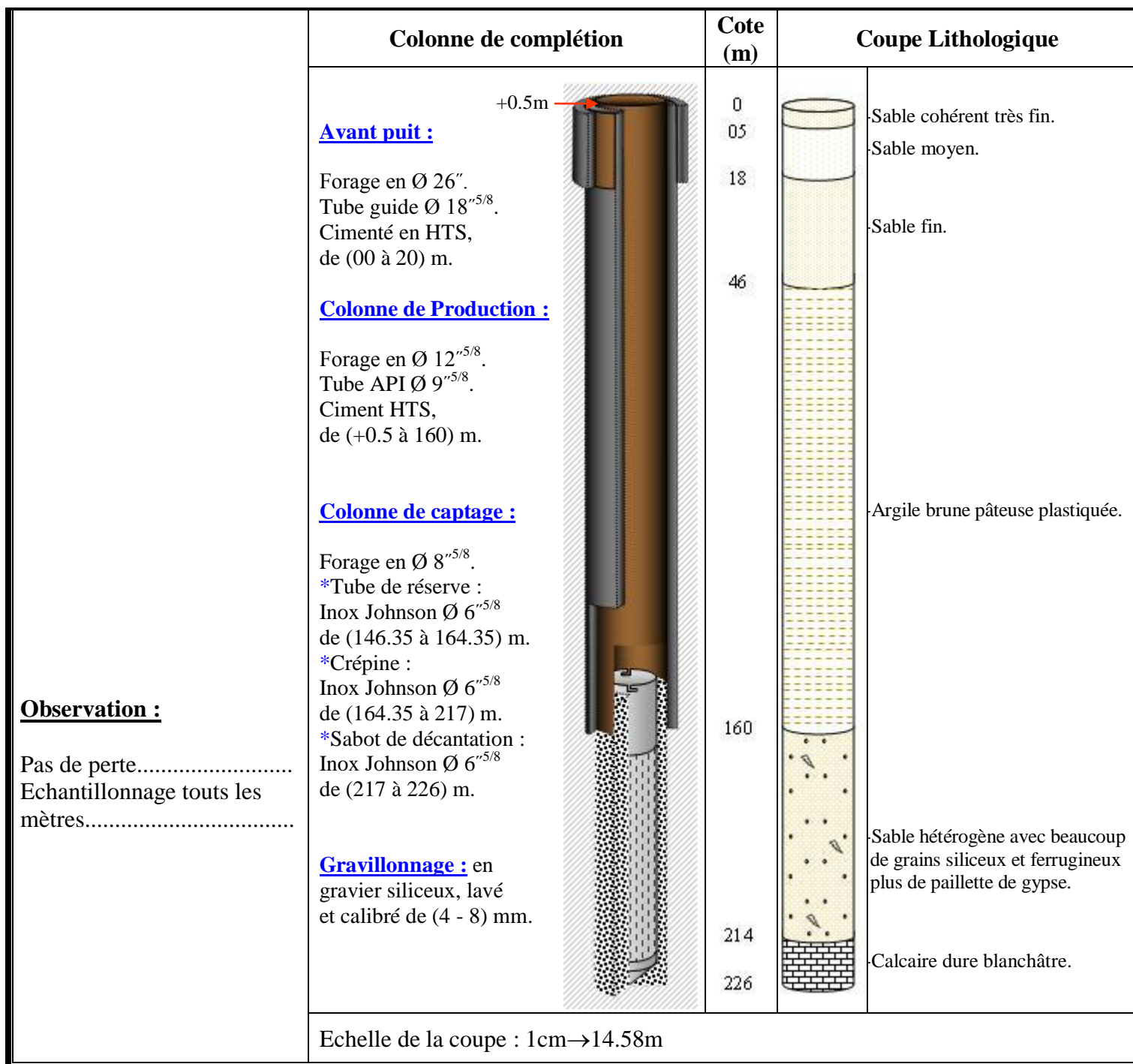
Commune: Kouinine

-Destination de Forage : A.E.P.



Observation :

Pas de perte.....
 Echantillonnage tous les mètres.....

3- SahabanCommune: Mouih Ouenssa-Destination de Forage : A.E.P.

***Annexe N°04 : LES CONCENTRATIONS ADMISSIBLES AUX
APPROVISIONNEMENTS PUBLICS EN EAU POTABLE.***

Paramètres	Unité	Valeurs
Température (T)	°C	25
Potentiel d'Hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
Conductivité électrique	μS/cm à 20°C	2800
Nitrates (NO₃ -)	mg/l	50
Résidu sec – TDS -	mg/l	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 2000 mg/l

Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations.

Annexe N°05 : PHOTO PRELEVEMENT D'UNE ECHANTILLON



Annexe N°06 : PHOTO LA SONDE DE NIVEAU D'EAU



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

- [01] **BEL F, & Demargne F, 1966** : Étude géologique du Continental Terminal ; DEC, ANRH, Alger, Algérie,
- [02] **ZAIZ I, 2014** : Etude qualitative des eaux de la nappe du complexe terminal dans la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien),). Thèse de Magister, option: Aménagement Hydraulique En zones arides. Univ. Ouargla.
- [03] **DIB.I, 2009**: L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de plaine de Gadaine – Ain Yaghout (EST ALGERIEN) .Thèse de Magister, option: Géologie. Univ. Constantine.
- [04] **ZINE .B, 2008** : La remontée des eaux souterraines en surface: mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas d'Oued Souf). Thèse de Magister, option: Construction hydro-technique et environnement. Univ. Batna.
- [05] **HABES. S, 2006**: Pollution saline d'un lac, cas du lac Fetzara, Est Algérienne. Mémoire de Magister, option: hydrogéologie. Univ. Annaba, 65 – 66 p.
- [06] **KHECHANA. S ; 2007** : Etude de la gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'Oued souf (sud est Algérie).Mémoire de magister en hydrogéologie, université d'Annaba ,133 p
- [07] **KHADRAOUI. A** : L'excès d'eau dans les zones agricoles et urbaines et leur impact environnemental dans les régions Sahariennes.
- [08] **KORIBA.B, 2007**: Prévention et lutte contre le phénomène d'entartrage dans les conduites d'eau dans la région de Ouargla – Touggourt. Thèse de Magister, option: Génie chimique. Univ. Ouargla
- [09] **LECHAARI. M. B, 1990** : Contribution a l'étude hydrogéologique des nappes superposées de la région d'El-Oued. Thèse d'ingénieur, option: Hydrogéologie. Univ. Constantine.
- [10] **MEGDOUD.M. 2003** : Qualité des eaux du Sahara septentrional. Journées techniques et scientifiques sur la qualité des eaux du Sud, El Oued, les 19 et 20 mai 2003.
- [11] **Merabet. A., & Righi. S., 2011** : Reconnaissance hydrodynamique de Complexe Terminal dans la région de Touggourt. Mémoire d'ingénieur. Univ. Ouargla, 71 p.
- [12] **OSS (2003)** : Système Aquifère du Sahara Septentrional. Volume 4 : Modèle Mathématique. Projet SASS ; Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie..
- [13] **SAIBI H. (2003)** : Analyse qualitative des ressources en eaux de la vallée du Souf et impact sur L'environnement, région aride à semi - aride d'El Oued. Mémoire de magister en hydrogéologie. IST. USTHB.
- [14] **ZIANI.D, 2009** :
Etude de la pollution minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla, Sud – Est Algérien. Thèse de Master en Génie des Procédés, option: Génie de l'environnement. Univ. Ouargla.