

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 & de Génie Civil

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

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

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

THEME:

**La variation de niveau piézométrique de la
nappe phréatique dans la commune
d'El-Oued à l'aide de (SIG)**

Encadreur :

- MILOUDI Abdelmonem

Présenté par :

- Chekima Hamza
- Rahal zakaria

Soutenu publiquement devant le jury:

Melle MEZIANI Assia	M.A.A	Univ. H. Lakhdar El Oued	Président
Mr. MEGA NABIL	M.A.A	Univ. H. Lakhdar El Oued	Examineur
Mr. MILOUDI Abdel Moneim	M.A.A	Univ. H. Lakhdar El Oued	Promoteur

Promotion : Juin 2019

DEDICACES

Je dédis ce modeste travail à ma famille, surtout mes parents, à tous mes camarades de parcours , à tous mes amis et collègues de travail.

Rahal zakaria

DEDICACES

Je dédis ce modeste travail à ma mère et mon père qui ont sacrifié pour mon bonheur, à mes collègues de travail, tous mes camarades de parcours et mes amis.

Chekima hamza

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier avant tout le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage et la force d'élaborer ce travail.

C'est avec beaucoup de reconnaissance que nous adressons nos sincères remerciements à l'égard de notre promoteur **MR.MILOUDI Abdel-Monem** pour avoir proposé ce thème et d'avoir suivi et dirigé ce travail, nous le remercions infiniment, pour son aide, ses conseils, ses orientations ainsi que ses remarques et ses critiques qui nous ont été d'un apport précieux, nos remerciements s'étendront aussi aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

Nous adressons nos vifs remerciements à tous nos professeurs de l'université d'El Oued qui ont contribué à notre formation durant notre parcours universitaire.

Enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Merci encore à tous....

ملخص

المياه الجوفية هي عبارة عن مياه موجودة في تجاويف الصخور الرسوبية تكونت عبر أزمنة مختلفة مصدرها غالبا الأمطار أو الأنهار، وتمثل المياه الجوفية أغلبية المياه العذبة في العالم ولذلك تعتبر مصدرا رئيسيا للمياه خصوصا في المناطق الصحراوية.

إن منطقة الوادي تواجه ظاهرة صعود المياه منذ الأربعين سنة ، حيث تعتبر مدينة الوادي الأكثر تضررا بين كل بلديات منطقة سوف .

لقد أخذت ظاهرة صعود المياه أبعادا مخيفة في العشرينية الأخيرة ، حيث أن استعمال مياه الطبقة العميقة بطريقة مفرطة زاد - بصفة معتبرة من حجم المصاعب ، مع غياب مصب طبيعي لفذف المياه المستعملة سواء كانت منزلية أو صناعية . كل هذه الأسباب مجتمعة خلقت اختلال في التوازن البيئي مما تسبب في خسارة الآلاف من النخيل و غرق العديد من الغيطانات مما انجر عنه نتائج كارثية على المستوى البيئي ، الفلاحي ، الاقتصادي و الصحي لمنطقة الوادي .

لمواجهة هذه المعضلة ، جهزت مدينة الوادي شبكتي صرف : شبكة صرف صحي لتصريف المياه القذرة و شبكة صرف عمودي لتصريف مياه المناطق المغمورة . و في هذا الصدد ؛ نحن مهتمون في هذه الدراسة بمدى فعالية هاتين الشبكتين في القضاء على هذه الظاهرة وذلك بمتابعة المستوى البيزو متري لهذه الطبقة قبل و بعد تشغيل هاتين المنشأتين .

في الفترة ما بين 2014/2008 كان العائد جيدا ومستقرًا. لكنه يعاني من اضطرابات وينخفض خلال الفترة ما بين 2018/2014 بسبب بعض المشاكل (أعطال في المضخات ، وعدم وجود الصيانة الدورية وقطع الغيار....).

الكلمات المفتاحية : الماء ، الطبقة ، صعود ، وادي سوف ، شبكة صرف صحي ، شبكة صرف عمودي

Résumé

La région d'El Oued est confrontée au phénomène de la remontée des eaux depuis une quarantaine d'années et la commune d'El-Oued a été la plus endommagée .

Le phénomène de remontée des eaux de la nappe phréatique a pris des dimensions très alarmantes à ces dix dernières années; l'utilisation des eaux des nappes profonde (le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal) d'une façon excessive a augmenté considérablement le volume des apports, ainsi que l'absence d'un exutoire naturel pour les rejets des eaux d'assainissement domestique et industriel, sont les principales causes de ce déséquilibre écologique ; Contribuant au dépérissement des palmiers et des dépressions (Gouts), entraîne des conséquences mortels tant sur les plans d'environnement, l'agriculture, l'économie et la santé de la région du Souf.

Pour faire Face à cette calamité, la ville d'El-Oued a équipé par un réseau d'assainissement et réseau de drainage vertical pour évacuer les eaux usées domestiques et les eaux des zones inondées.

Dans notre étude, nous sommes intéressées à l'évaluation de la rentabilité de ces ouvrages hydrauliques sur le phénomène de la remontée par le suivi du niveau de la nappe et la qualité de ses eaux avant et après sa mise en service.

A la période entre 2008/2014 le rendement était bon et stable. Mais il subit des perturbations et diminutions durant la période entre 2014/2018 À cause des certains problèmes(en pannes des pompes, l'absence d'entretien périodique et de pièces de rechange) .

Mots clés : Eau, Nappe, Remontée, Oued Souf, réseau d'assainissement, réseau de drainage

Summary

Groundwater is the water found in sedimentary rock cavities formed at different times, often by rain or rivers. Groundwater represents the majority of freshwater in the world and is therefore an important source of water, especially in desert areas.

The region of El-Oued has faced the remounting of water since 40 years ago and which cannot be stopped each year. The phenomenon of the water rising of the phreatic layer has taken very big dimensions these twenty years ago. The use of the water of the profound layer considerably increased the volume of problems, with the absent of a natural exit to the domestic and artificial rejects. These were the principals' causes of this ecological unbalance.

Facing this problematic, El-Oued city was accommodated by a system of declension as net of assainissement and net of vertical declension. In our study, we were interested to the efficacy of these two institutions to put an end to this phenomenon by following the pisometric level of the phreatic layer before and after the working of these constructions.

In the period between 2008/2014 the yield was good and stable. But it undergoes disturbances and decreases during the period between 2014/2018 because of certain problems (in breakdowns of the pumps, the absence of periodic maintenance and spare parts).

Keywords: water, layer, remounting, Oued Souf, solutions.

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

SIG : Système d'Information Géographique.

ANRH : l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.

BG : Bonnard & Gardel.

BNEDR : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural.

CT : Complexe terminal.

CI : Continental intercalaire.

DHW : Direction d'hydraulique de la Wilaya.

DPS : Direction de planification et statistique.

DSA : Direction des Services Agricoles.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

MES : Matières En Suspension.

OMS : L'organisation mondiale de la santé.

ONA : Office National d'Assainissement.

ONM : Office Nationale de Météorologie.

STEP : Station d'Épuration.

Table des matières

DÉDICACES	
REMERCIEMENTS	
RÉSUMÉ	
LISTE DES ABRÉVIATIONS	
TABLE DES MATIÈRES.....	i
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES PHOTO.....	vii
INTRODUCTION GENERAL.....	1
Chapitre I : Présentation générale de la région d'El-Oued	
I.1. Histoire ancienne	5
I.2. Situation géographique.....	6
I. 3. Situation économique.....	7
I. 4. Répartition administratif et démographique.....	7
I.5. topographie.....	9
I.6. climatologie.....	13
I.6.1. Climat de la région	13
I.6.2. Les paramètres climatiques.....	13
I.6.2.1. Précipitations.....	13
I.6.2.2. La Température.	14
I.6.2.3. L'humidité.....	16
I.6.2.4. Evaporation.....	17
I.6.2.5. Vents.....	17
Conclusion	19
Chapitre II : Géologie Et Hydrogéologie	
II .1. géologie de zone d'étude.....	21
II.1.2. Aspects structuraux.....	21
II.1.3. La plate-forme saharienne.....	21
II.1.4. Structure géologique général.....	22
II.1.5. Cadre géologique de la région d'oued souf	22

II.1.6. stratigraphie régionale	23
II.1.6.1. formations de l'ère secondaire	24
II.1.6.1.1. Le Barrémien	24
II.1.6.1.2. L'Aptien	24
II.1.6.1.3. L'Albien	24
II.1.6.1.4. Le Vraconien.....	24
II.1.6.1.5. Le Cénomaniens.....	24
II.1.6.1.6. Le Turonien.....	25
II.1.6.1.7. Le Sénonien.....	25
II.1.6.2. formation de l'ère tertiaire.....	25
II.1.6.2.1. L'Eocène.....	25
II.1.6.2.2. Le Miopliocène.....	25
II.1.6.3. formation du quaternaire.....	26
II.2. hydrogéologie.....	28
II.2.2.1. La Nappe phréatique.....	29
II.2.2.2. Complexe Terminal C.T.....	31
II.2.2.3. Nappe du Continental Intercalaire C.I.....	33
Conclusion.....	36
Chapitre III: La variation de niveau piézométrique de la nappe phréatique	
III.1.Historique de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf.....	39
III.2.Schéma d'assainissement.....	40
III.3.Schéma d'épuration.....	40
III.4.Schéma de drainage.....	42
III.4.1. le réseau de drainage horizontal.....	42
III.4.2.Réseau de drainage vertical d'ElOued.....	44
III.4.3.Les objectifs du système de drainage.....	45
III.4.4. Principe de drainage.....	45
III.5.Définition d'un system d'information géographique (SIG).....	47
III.5.1.Les composants d'un SIG.....	47
III.5.2. Comment fonctionne un SIG.....	48
III.5.3. Domaines d'application de SIG.....	49
III.6. Les cartes de niveau piézométrique.....	50
III.6.1.La carte de niveau piézométrique de la commune d'El Oued en 2008.....	50
III.6.2. La carte de niveau piézométrique de la commune d'El Oued en 2014.....	52

III.6.3.La carte de niveau piézométrique de la commune d'El Oued en 2018.....	53
III.7.Les cartes de niveau statique.....	54
III.7.1.La carte de niveau statique de la commune d'El Oued en 2008.....	54
III.7.2.La carte de niveau statique de la commune d'El Oued en 2014.....	55
III.7.3.La carte de niveau statique de la commune d'El Oued en 2018.....	56
III.8.Les cartes des zones humides.....	57
III.8.1.La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2008.....	57
III.8.2.La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2014.....	58
III.8.3.La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2018.....	59
Conclusion	61
CONCLUSION GENERALE.....	64
BIBLIOGRAPHIE.....	63

Liste des tableaux

Tableau 01 : Répartition de la superficie et nombre d'habitants et la densité apparent par commune de la vallée de Souf	09
Tableau 02 : Altitude des différentes communes d'Oued Souf	10
Tableau 03 : Moyenne mensuelles inter annuelle des précipitations	13
Tableau 04 : Moyenne mensuelle inter annuelle de température	15
Tableau 05 : : Répartition moyenne mensuelle de l'humidité	16
Tableau 06 : Répartition de la moyenne mensuelle des vitesses du vent	18
Tableau 07 : Les compositions lithologiques de la région d'étude	27
Tableau 08 : Étendue et volume des ressources en eaux souterraines	36

Liste de figure

Figure 01 : Situation de La vallée de Souf.....	4
Figure 02 : Situation de la région d'EL-Oued.....	6
Figure 03 : Les communes de la wilaya d'EL-Oued.....	8
Figure 04 : Carte topographique de la zone d'étude.....	11
Figure 05 : Carte des pentes de la zone d'étude.....	12
Figure 06 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (mm).....	14
Figure 07 : Répartition moyenne mensuelle de la température.....	15
Figure 08 : Répartition de la moyenne mensuelle de l'humidité.....	16
Figure 09 : Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle (mm).....	17
Figure 10 : Histogramme de La vitesse du vent moyenne mensuelle (m/s).....	18
Figure 11 Plan Géologique de Grand Erg Oriental:.....	22
Figure 12 : La colonne litho stratigraphique du forage.....	23
Figure 13 : récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued.....	29
Figure 14 : Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement.....	30
Figure 15 : : Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et les sens d'écoulement	32
Figure 16 Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement.....	34
Figure 17 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara.....	35
Figure 18 : La remontée de La nappe phréatique.....	40
Figure 19 : Schéma de principe (plan d'implantation) la station d'épuration.....	41
Figure 20 : Plan de réseaux de drainage horizontal.....	43
Figure 21 : Coupe transversale du tranche de drainage horizontale.....	44
Figure 22 : réseau de drainage planter dans le commun d'El Oued.....	46
Figure 23 : forme de couches thématiques.....	49
Figure 24 : Localisation des 58 forages de réseau de drainage vertical.....	50
Figure 25 :Niveau piézométrique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2008.....	51
Figure 26 : Niveau piézométrique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2014.....	52
Figure 27 : Niveau piézométrique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2018.....	53

Figure 28 : Niveau statique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2008.....	54
Figure 29 : Niveau statique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2014.....	55
Figure 30 : Niveau statique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2018.....	56
Figure 31 : La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2008.....	58
Figure 32 : La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2014.....	59
Figure 33 : La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2018.....	60

Liste des photo

Photo N°:(01) Conduite d'amianteciment utilisée dans le réseau drainage horizontale	44
Photo N°: (02) l'irrigation au tours de drain D52 et D49.....	57
Photo. N°:(03) Élimination de la ceinture verte	61

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Nous vivons sur la planète bleue. L'eau joue un rôle déterminant dans la vie des hommes, des animaux et des plantes. C'est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus.

Dans les régions arides et semi-arides, où la rareté de l'eau est prédominante, l'eau souterraine a joué un rôle essentiel pour satisfaire la demande domestique et répondre aux besoins d'irrigation .

Malheureusement, dans plusieurs régions algériennes, surtout celles situées au Sahara -comme celle de Souf- sont confrontées aujourd'hui à des problèmes liés à des aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eaux, dues essentiellement au phénomène de remontée des eaux de la nappe phréatique. En effet, cette nappe superficielle a entraîné l'inondation de la quasi-totalité des Ghouts et des zones basses de la ville d'El Oued et ses périphéries.

Les premières apparitions de ce phénomène à la région de Souf remontent à l'année 1969 et ont pris de l'ampleur dans les années quatre-vingt. Les principales causes de ce phénomène sont : la forte expansion démographique et le développement urbain très rapide et anarchique venant perturber l'équilibre naturel, qui existe auparavant, l'utilisation des eaux des nappes profondes (le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire) d'une façon excessive, ce qui a augmenté considérablement le volume des apports, ainsi que les fuites des réseaux d'AEP et l'absence d'un exutoire naturel pour les rejets des eaux d'assainissement, l'utilisation accrue et incontrôlée de la ressource particulièrement dans le secteur agricole, surtout par l'irrigation traditionnelle (submersion, raie,...etc.)

Pour résoudre ce problème le gouvernement a décidé plusieurs solutions pour sauver l'état de l'agglomération, tel que le réseau de drainage horizontal, la création une ceinture vert, vers une gestion des ressources en eaux, remblayage des Ghouts et un méga- projet le projet régional « Remontée des eaux d'Oued Souf », qui s'étale la majorité des communes de la vallée dont la commune d'El-Oued, et qui est fondé essentiellement sur quatre (04) schémas:

-Schéma d'assainissement, schéma d'épuration, et schéma de drainage, schéma d'évacuation

La solution de drainage est un système de drainage vertical, composé par un réseau de 58 drains (forages), pour éliminer le surplus par pompage dans ces forages répartis sous la ville d'El-Oued, l'ensemble des eaux drainées aboutit à la station de pompage existante (ST10) qui refoulera ensuite vers le lieu d'évacuation final (Chott El Halloufa).

Dans cette vue ce travail a été axé principalement sur la rentabilité de cette system de drainage par la détermination de variation de niveau piézométrique entre les années dans cette commune .

En mettant sur pied le plan de travail suivant :

- ◆ Le premier chapitre est consacré à l'identification naturelle de la zone d'étude, en définissant la région, et en présentant les caractéristiques géographiques, topographiques et climatologiques.
- ◆ Le deuxième chapitre : géologie et l'hydrogéologie de la région d'étude.
- ◆ Le troisième chapitre concerne les études de la variation de niveaux piézométriques des eaux de la nappe phréatique de la ville d'El-Oued.

CHAPITRE I

PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le "SOUF" vient du nom berbère désignant rivière ou OUED. La région du SOUF se trouve dans la partie du grand Erg Oriental, qui se caractérise par un ensemble de dunes de sable d'origine Continental et d'âge quaternaire. Ces dunes sont déposées longitudinalement portant la dénomination du (SEIF) dépassant parfois 60 mètres de hauteur.

La wilaya d'EL-Oued est une région aride, fait partie du Sahara Septentrional partagé par la Tunisie, la Libye et l'Algérie. Elle est située au Sud-Est du Sahara Algérien.

La wilaya répartie en trois zones bien distinguées qui sont les suivantes.

- La vallée de Souf.
- La vallée d'Oued Rhig .
- La zone frontalière (Taleb Larbi).

Dans cette Partie, nous mettrons en évidence la localisation géographique et les principales activités de la population dans la région d'EL-Oued, en exposant les paramètres climatiques importants et les différentes couches de formation géologique. Nous vous présentons les trois types d'aquifères: la nappe phréatique, complexe terminal et le continental intercalaire dans la Région oued Souf.

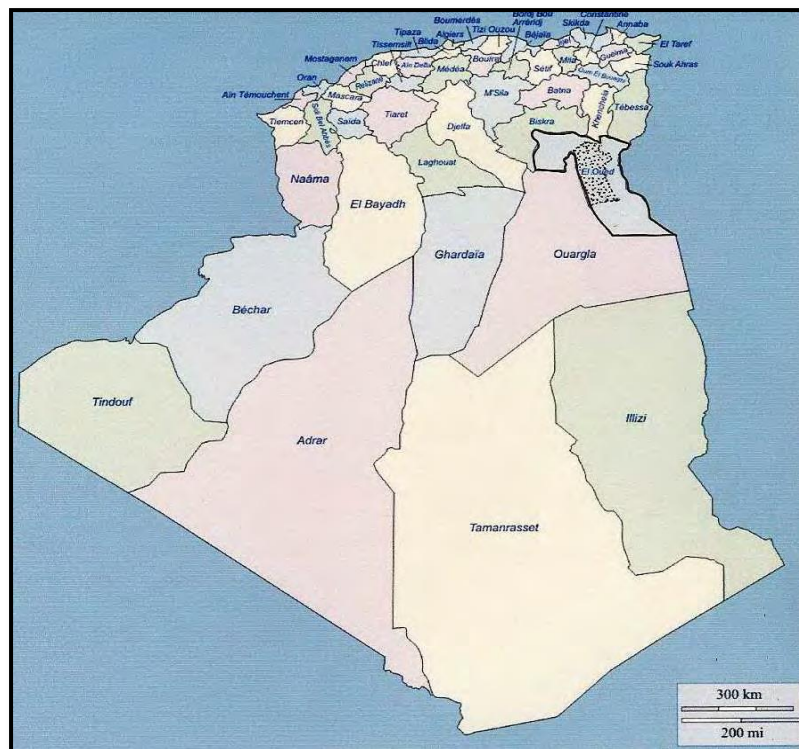


Figure 01: Situation de La vallée de Souf (Khechana S. 2007).

I.1. Histoire ancienne :

Cette région est aussi appelée SOUF, selon le dialecte employé. « Oued en arabe » et « Souf en berbère » signifient tous deux « fleuve » en français . Comme tout le Sahara, Le SOUF a été habité de temps immémorial.

Il est certain que des populations se sont déplacés ici et là à travers les âges.

En effet tout laisse à penser que la région était plus accueillante pour le nomadisme qu'elle ne l'est aujourd'hui .

La faune et la flore étaient bien plus riches. Pour preuve, le sol a permis la préservation des vestiges. En 1957, on a découvert à l'Est de HASSI KHALIFA, un squelette de mammoth en bon état de conservation ; ce qui prouve que la vie existe sur ces terres depuis très longtemps.

D'autres sites comme le terrain actuel de l'aéroport de Guemar ont décèlent des silex, des lames bifaces ou des haches, ce qui démontre l'ancienneté de la vie dans le SOUF .

Selon les restes retrouvés, il semble que la vie fut beaucoup plus développée au Nord d'El-Oued.

Ces habitants sont venus du Yémen et implantés ici depuis environ quatre siècles. Partis de la presqu'île d'Arabie, ils s'installèrent tour à tour en Egypte, puis en Tunisie...Accablés d'impôts par les autorités qui régnaient en Tunisie, ils reprirent leur marche vers l'ouest, traversèrent la contrée qui devait devenir par la suite leur pays mais la jugèrent trop aride à cause de ses immenses dunes de sable, ils poursuivirent leur chemin jusqu'à la région de l'Oued Rhig (Touggourt). Là, ils trouvèrent de l'eau en abondance, mais aussi un ennui redoutable qui devait les décimer : La malaria! Préférant encore les brimades du tunisiens à ce fléau ils rebroussèrent chemin. Or, en repassant par la région d'EL-OUED, ils s'aperçurent qu'en creusant dans le sable, l'eau, une eau plus douce qu'ailleurs, n'était pas loin de la surface. Ils restèrent alors en ces lieux à mi-chemin des moustiques et des percepteurs ; et ils se mirent à creuser. (Khechana S. 2007)

I.2. Situation géographique :

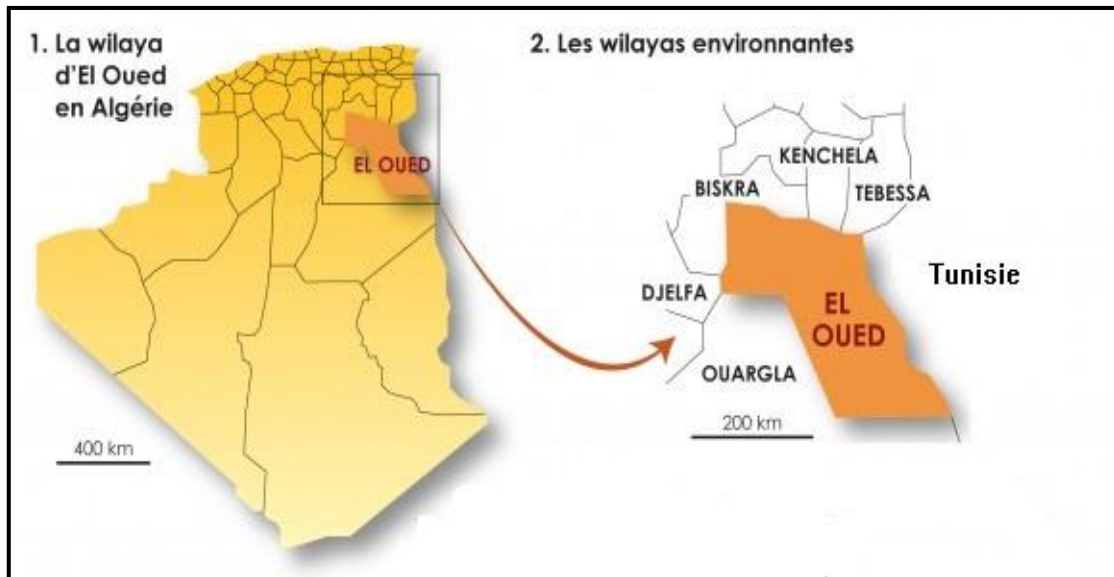


Figure 02: Situation de la région d'EL-Oued.(Cartographie : Fl. Troin • CITERES 2018).

Située à l'est du Pays, la Wilaya d'El Oued s'étend sur une superficie de 44586.8 Km² représentant 1,87% de la superficie du territoire national. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à environ 700 Km au Sud-est d'Alger et à 35 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie), au Nord-est du Sahara septentrional.

Elle est limitée :

- Au Nord-est, par la Wilaya de Tébessa.
- Au Nord, par la Wilaya de Khenchela.
- Au Nord-Ouest, par la Wilaya de Biskra.
- A l'Ouest, par la Wilaya de Djelfa.
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Ouargla.
- A l'Est par la Tunisie.

La Wilaya d'El Oued est loin de la mer 350 Km environ. Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire.

El' Oued est la région du bas Sahara, est un petit morceau d'un immense territoire géomorphologique qui constitue le grand Erg oriental, vaste étendue de sable 200000 km²,

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, ces matériaux sont remodelés inlassablement sur place par les vents sahariens, en dunes de types variés.

I. 3. Situation économique :

La région est caractérisée par une économie agricole liée intimement au palmier dattier. Actuellement il existe près de 2500000 palmiers dattier dont 183000 seulement sont productifs. La moyenne d'exportation est de 40000 tonnes/an. L'élevage est une autre activité qui se répartie comme suit (DSA/ 2016):

- Ovin : 500 000 têtes.
- Caprin : 153 000 têtes.
- Camelin : 27300 têtes.
- Bovin : 4700 têtes.
- Cela permet d'avoir :
- Une production de viande rouge estimée à : 4700 tonnes/an .
- Une production de viande blanche estimée à : 2240 tonnes/an .
- Une production d'œufs estimée à : 27561270 (œufs /an).
- Une production laitière : 44000000 litres/an.

L'agriculture et le commerce représentent les principales activités des habitants de la région. La culture dominante est le palmier dattier viennent après le tabac, les arachides en dernier la pomme de terre et quelques cultures maraîchères. La ville d'EL-Oued est un centre d'échange commercial très actif grâce à sa position géographique.

En ce qui concerne les activités artisanales, la région du Souf a toujours été un centre artisanal, connu particulièrement dans la confection des outils de travail destinés à l'agriculture ainsi que pour ses tapis tissés. Enfin son architecture est admirable, distinctes par les coupes qui coiffent les maisons.

I. 4. Répartition administratif et démographique:

Elle couvre une superficie totale de 44586,8 km divisé en 30 communes avec une population de 771 900 habitants et une densité de 17.31 hab/km (Selon le recensement de D.R.E, 2016).

Notre zone d'étude est la commune d'EL-Oued, qui couvre une superficie de 77,2 km² et un nombre de population de 163555 habitants, et une densité de 2124.09 (hab/km²) (Selon le recensement de D.R.E, 2016).

Quant à elle, La ville d'El Oued est limitée:

- Au Nord par la commune de Kouinine.
- Au Sud par la commune de Bayadha.
- A l'Est par la commune de Trifaoui et Hassani Abdelkrim.
- A l'Ouest par la commune d'Oued Alanda .

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

- Longitudes X1 = 05°30' et X2 = 07°00' Est.
- Latitudes Y1 = 35°30' et Y2 = 37°00' Nord.

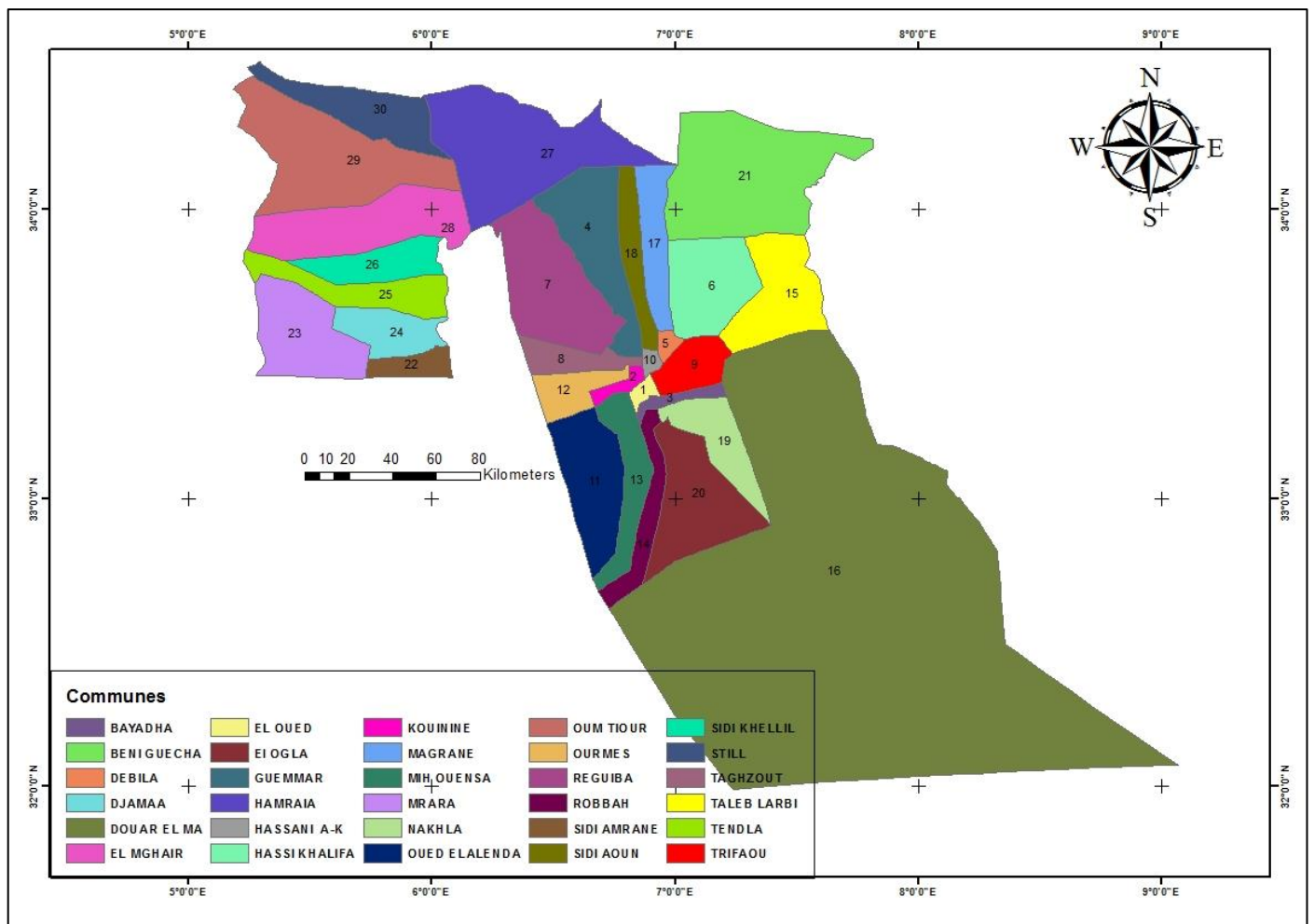


Figure 03 : Les communes de la wilaya d'EL-Oued . (MILOUDI A.) .

Tableau. 01: Répartition de la superficie et nombre d'habitants et la densité apparent par commune de la vallée de Souf.

N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km ²)	Densité populaire hab/km ²
01	Hassi Khalifa	38235	1112	34.38
02	El-Ogla	7465	1352	5.52
03	Mih Ouansa	20650	1111	18.58
04	EL-Oued	163555	77	2124.09
05	Robbah	26570	499	53.24
06	Oued Allenda	7720	712	10.84
07	Bayadha	38990	139	280.50
08	Nakhla	15845	700	22.63
09	Guemar	49325	1264	39.02
10	Sidi Aoun	14315	480	29.82
11	Trifaoui	10120	474	21.35
12	Magrane	28780	618	46.56
13	Ourmes	6655	443	15.02
14	Kouinine	12610	116	108.7
15	Reguiba	50460	1966	25.66
16	Taghzout	16600	539	30.79
17	Debila	30015	78	384.80
18	Hassani Abdelkerim	28335	58	488.53
Totaux		566245	11738	48.24

(DRE d'EL-Oued, 2016)

I.5. Topographie :

La ville occupe une partie importante de la commune d'El Oued dans laquelle la surface topographique a été interpolée partir de 9892 points nivelés au sol pour le réseau d'assainissement dans les zones urbaines et 129 points dans les zones non-urbanisées, soit 10021 points couvrant la zone d'un modèle numérique de terrain (Figure 04).

D'après le MNT (Modèle Numérique du Terrain), cette région a une altitude moyenne de 82 m au-dessus du niveau moyen de la mer et accusée par une diminution notable du Sud-ouest au Nord pour attendre les 66 m d'altitude.

Dans les cités du 19 mars et Errimel-ouest, il existe un dôme dont l'altitude varie entre 94 m et 100 m, il couvre une superficie de 1.2 km² (soit 3% de la superficie de la zone d'étude).

Dans les cités Chott et Nezla , il existe une dépression bien remarquée dont l'altitude varie entre 64 m et 70 m, et couvre une superficie de 3.2 km² (soit 8% de la superficie de la zone d'étude).

Dans la cité 08 mai, il existe également un dôme dont l'altitude varie entre 76 m et 82 m. Ce dôme couvre une superficie de 1.4 km² (soit 3.5% de la superficie de la zone d'étude). Ces caractéristiques topographiques ont été représentées dans le Tableau 02 par tranches d'altitudes.

Tableau 02: Altitude des différentes communes d'Oued Souf « O. N. M, 2010 ».

Tranche d'altitude (m)	Surface (km ²)	Surface %
64 – 70	4.2	10.5
70 – 76	15	37.5
76 – 82	13	32.5
82 – 88	3.6	9
88 – 94	3	7.5
94 – 100	1.2	3

A partir de la carte des pentes (Figure 05), on remarque que cette région a une pente moins de 3‰ couvrant une superficie de 36 km² (soit 90% de la superficie de la zone d'étude).

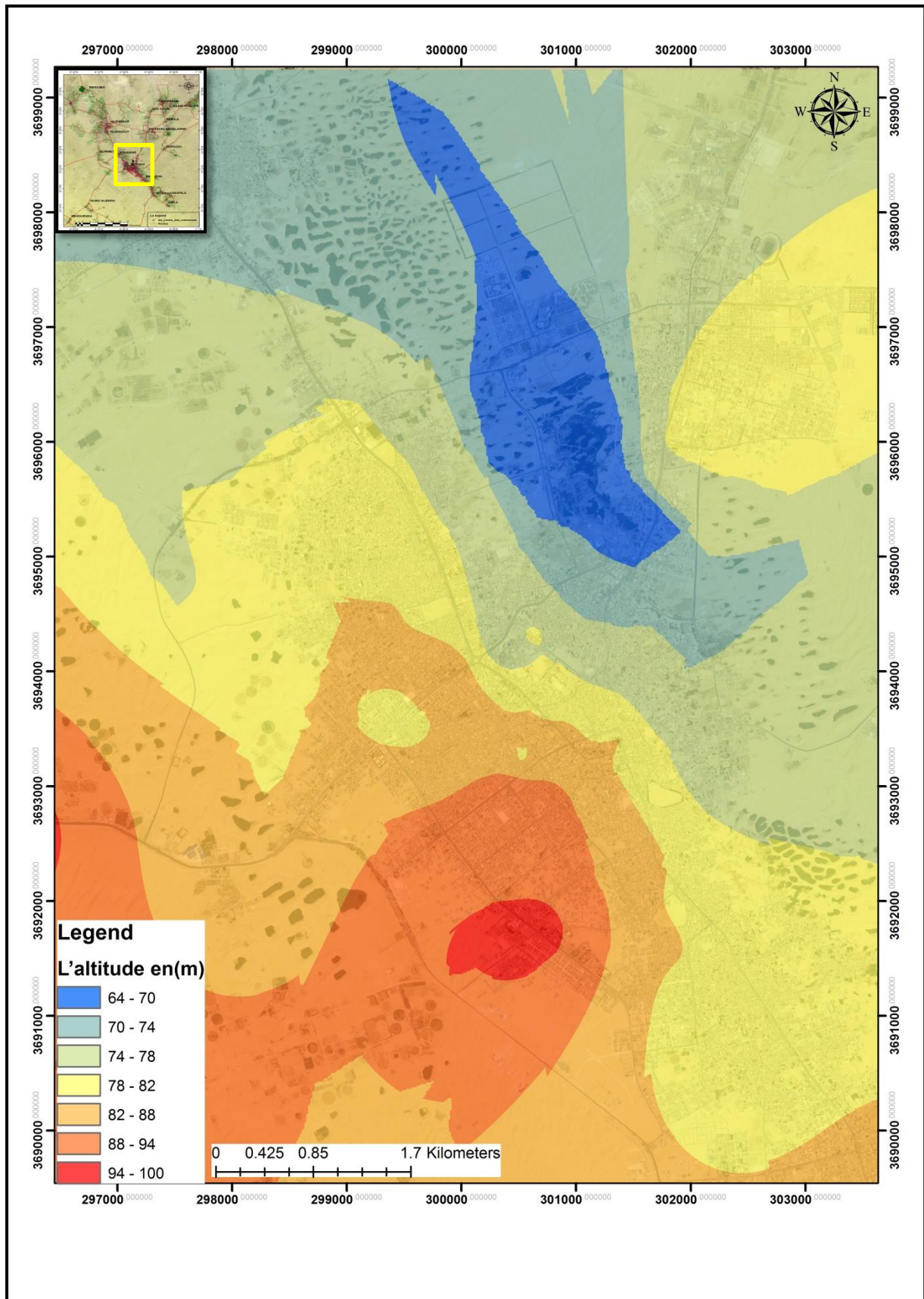


Figure 04 : - Carte topographique de la zone d'étude.

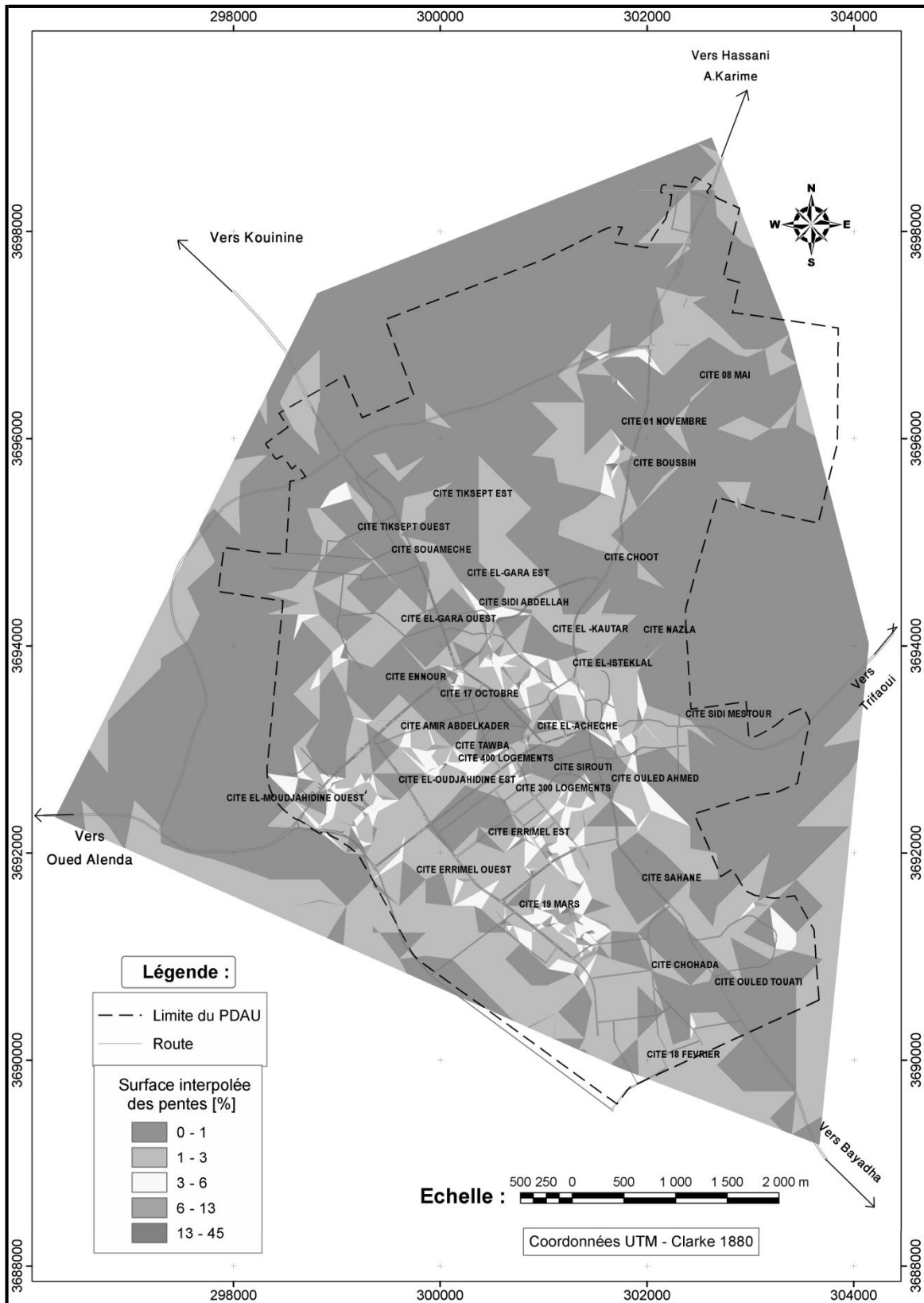


Figure 05 : - Carte des pentes de la zone d'étude (ZINE B.2010).

I.6. climatologie :

L'état de l'atmosphère peut se caractériser par la mesure des différentes grandeurs physiques comme la température, les précipitations, l'humidité, le vent,.....etc..

I.6.1. Climat de la région:

Le climat de la région est de type saharien caractérisé par un été chaud et sec où la température peut atteindre 54°C et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulière des vents et leur violence connue sous le nom de Sirocco ainsi que des vents de sables durant le printemps.

Les données pluviométriques, (de la température, de l'humidité, de l'évaporation, etc.....) ont été observées par l'Office National de la Météorologie (O.N.M) et enregistrées à la station climatologique de l'aérodrome de Oued Souf, dont ses coordonnées sont:

- Code A.N.R.H: 13 04 14.
- Altitude: 64 m.
- Longitude: 06°47'E.
- Latitude: 33°30 'N.

I.6.2. Les paramètres climatiques :

I.6.2.1. Précipitations:

L'étude de la pluviométrie présente un intérêt considérable dans l'hydroclimatologie qui permet de faire une description des régimes pluviométriques d'une part et d'analyser l'écoulement d'autre part. La lame d'eau globale tombée, a une influence sur la variation des niveaux d'eau souterraine à travers la zone d'étude.

Les évaluations moyennes mensuelles interannuelles des précipitations d'une durée d'observation de 40 ans (1978-2018) sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Moyenne mensuelles interannuelle des précipitations (1978-2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	TOTAL
P(mm)	6.025	7.05	7.95	6.36	14.92	5.435	8.41	7.91	4.793	1.55	0.25	1.94	72.62

Les précipitations sont très faibles et irrégulières.

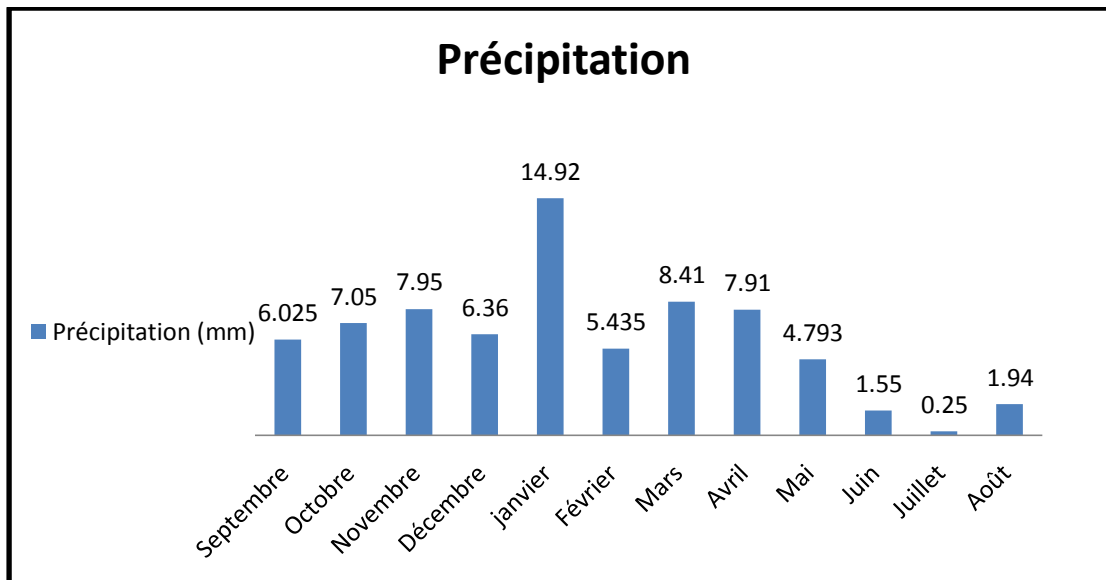


Figure 06 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (mm)
ONM (1978 –2018).

L'histogramme de variation des précipitations montre que ces dernières sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse quasi-absolue du mois de Juin jusqu'au mois d'Août, et un maximum au mois de Janvier avec 14.92 mm, tandis que le module pluviométrique interannuel est égale à 72,62mm.

I.6.2.2. La Température:

L'étude hydrogéologique de la zone d'étude devrait comporter l'analyse du caractère thermique, car l'étude de l'évolution de la température est d'une grande importance dans l'estimation de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Ce paramètre rend compte également de son apport d'énergie à la végétation, au pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et, enfin, il est à l'origine du fonctionnement du cycle de l'eau.

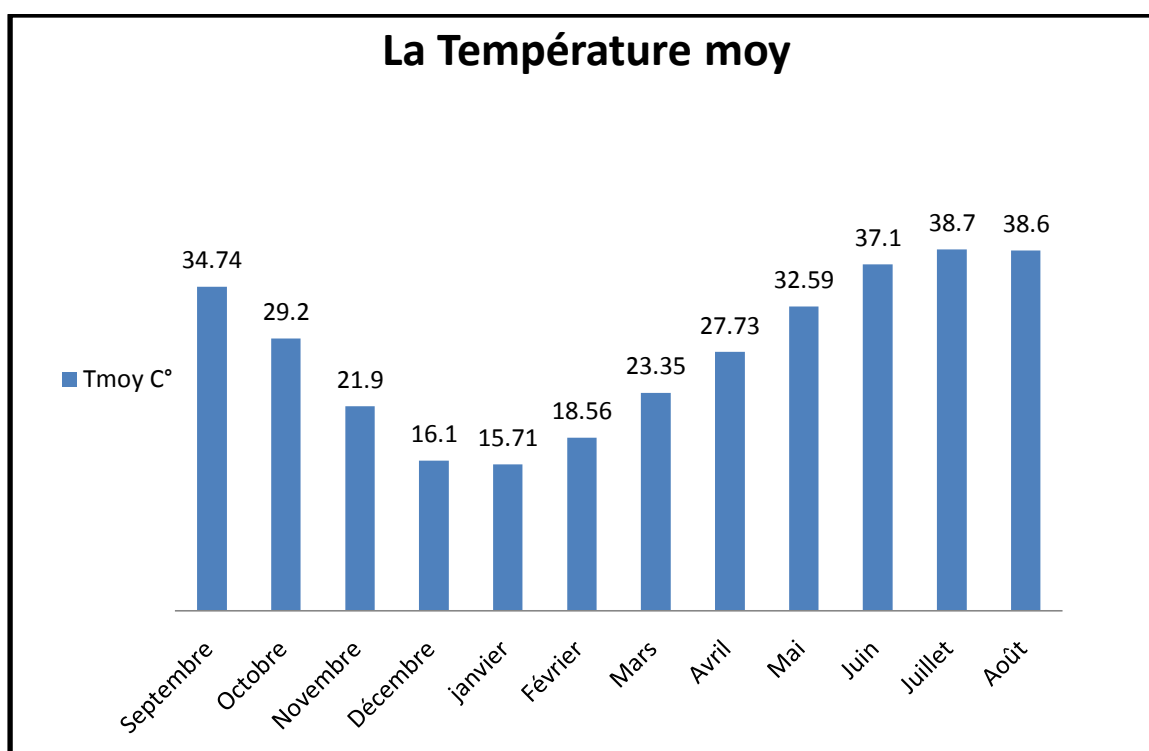
Le Souf est caractérisé par des étés brûlants qui sont aussi durs que ceux qui s'observent dans le Sahara central .

Les températures dans cette région sont constamment variables. Les écarts entre la nuit et le jour dépassent parfois 21°C. A l'ombre, les mini de températures progressent régulièrement de 8 °C à 30 °C, alors que les maximas de 15°C à 40°C et c'est selon la durée de l'ensoleillement.

Tableau .4 : Moyenne mensuelle interannuelle de température (1978-2016) (ONM).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T(°C)	15.7	18.5	23.3	27.7	32.5	37.1	38.7	38.6	34.7	29.2	21.9	16.1	27.88

Ce tableau montre une variabilité de température dans le temps sur une période de 38 ans : La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de janvier 15.71°C, alors que la période chaude commence à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre avec un maximum de température relevé pendant le mois de Juillet et août 38.7°C, la moyenne annuelle est de l'ordre de 27.88°C.

**Figure 07**: Répartition moyenne mensuelle de la température ONM (1978-2016).

I.6.2.3. L'humidité:

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'atmosphère.

Tableau .5 : Répartition moyenne mensuelle de l'humidité (1978-2015)(ONM, 2015).

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moye
Humidité (%)	46.1	54.1	61	67.7	65.7	56.2	50	44	39.2	34.9	32.2	35.3	48.9

L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau ci-dessous, où on remarque Dans la région de Oued Souf l'humidité de l'air est faible et la moyenne annuelle est de 48.9 %. Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 32.20 % pendant le mois de Juillet, et ceci sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds; alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 67.7% au mois de Décembre.

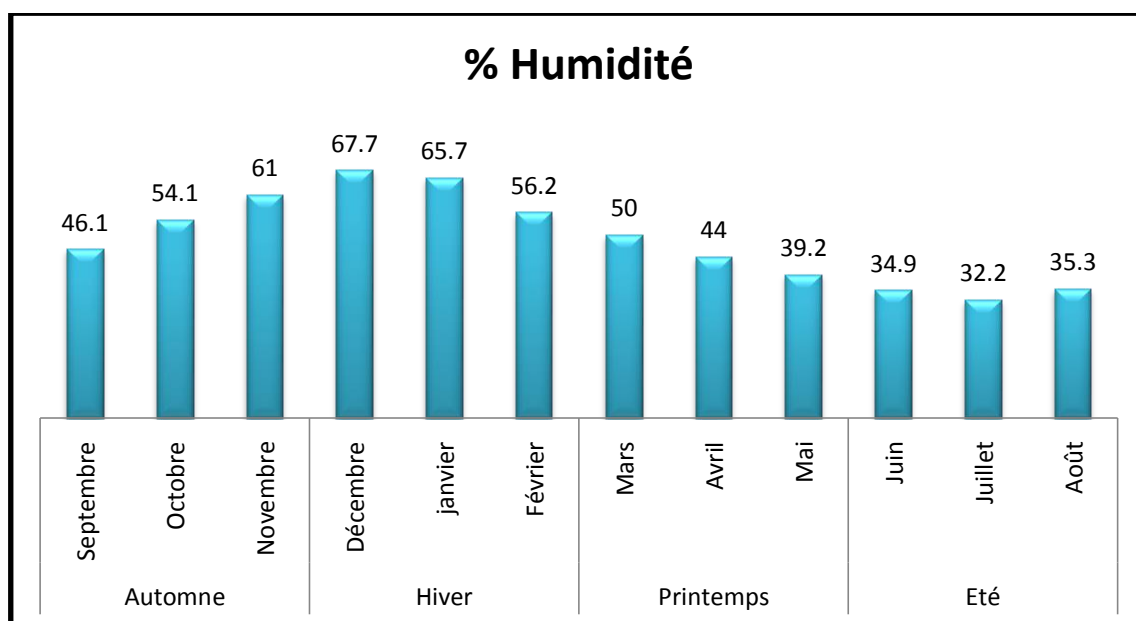


Figure 08 : Répartition de la moyenne mensuelle de l'humidité (1978-2015) ONM.

I.6.2.4. Evaporation :

Les plans d'eau (sebkhas et chotts) situés dans des zones arides présentent une forte évaporation puisque l'ensemble des facteurs se trouvent réunis; une température de l'air souvent élevée pendant les saisons sèches, une forte insolation presque continue durant toute l'année et une présence considérable de vents secs (grande vitesse) surtout durant l'automne et le printemps (Remini, 2005).

Surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds, elle est de l'ordre de 2374.60 mm/ans avec un maximum mensuel de 361.50 mm au mois de Juillet et un minimum de 80.30 mm en Janvier.

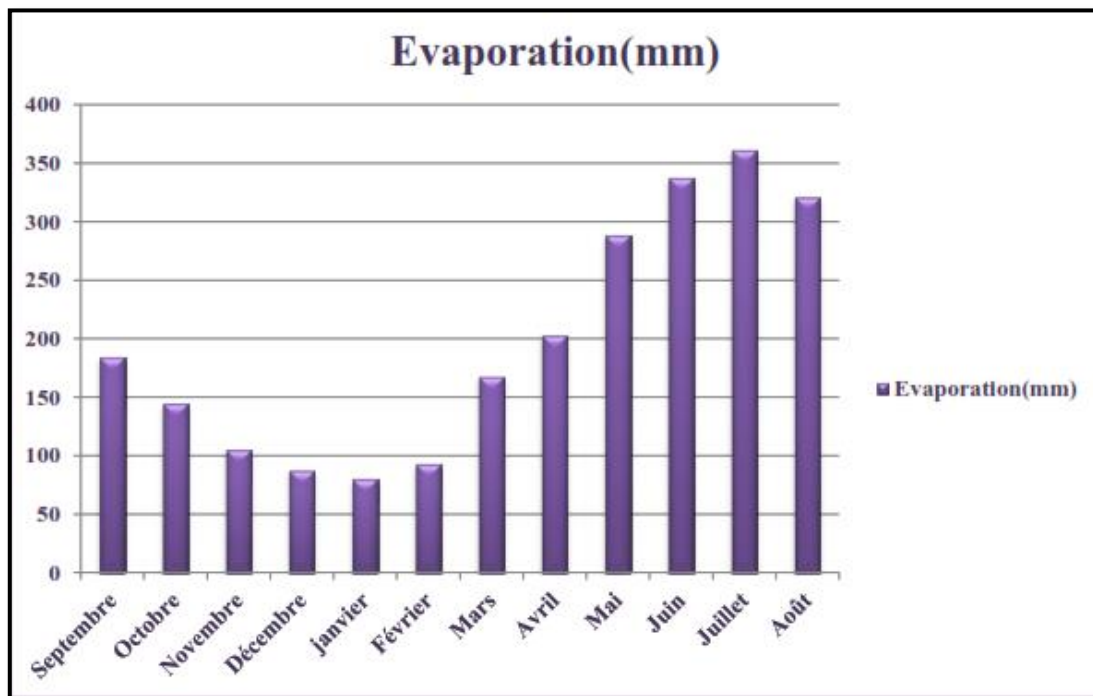


Figure 09: Histogramme de l'évaporation moyenne mensuelle (mm) (ONM) (1978 –2015).

I.6.2.5. Vents:

Les vents du secteur Est et Nord-Est prédominent, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-Ouest caractérisés par une température élevée dû au "Chihili" ou sirocco.

Généralement, au printemps que les vents sont les plus forts (période de pollinisation des palmiers), ils sont chargés de sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse allant de 40 à 60 Km/ h.

Tableau .6 : Répartition de la moyenne mensuelle des vitesses du vent (1978-2015).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moye
V _{vent} (m/s)	2.2	1.69	1.6	1.56	1.83	2.34	2.85	3.08	3.07	2.92	2.45	2.17	2.31

Selon le Tableau ci-dessous , nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de Mars jusqu'en Août, avec un maximum de 3,08 m.s⁻¹ durant le mois d'Avril.

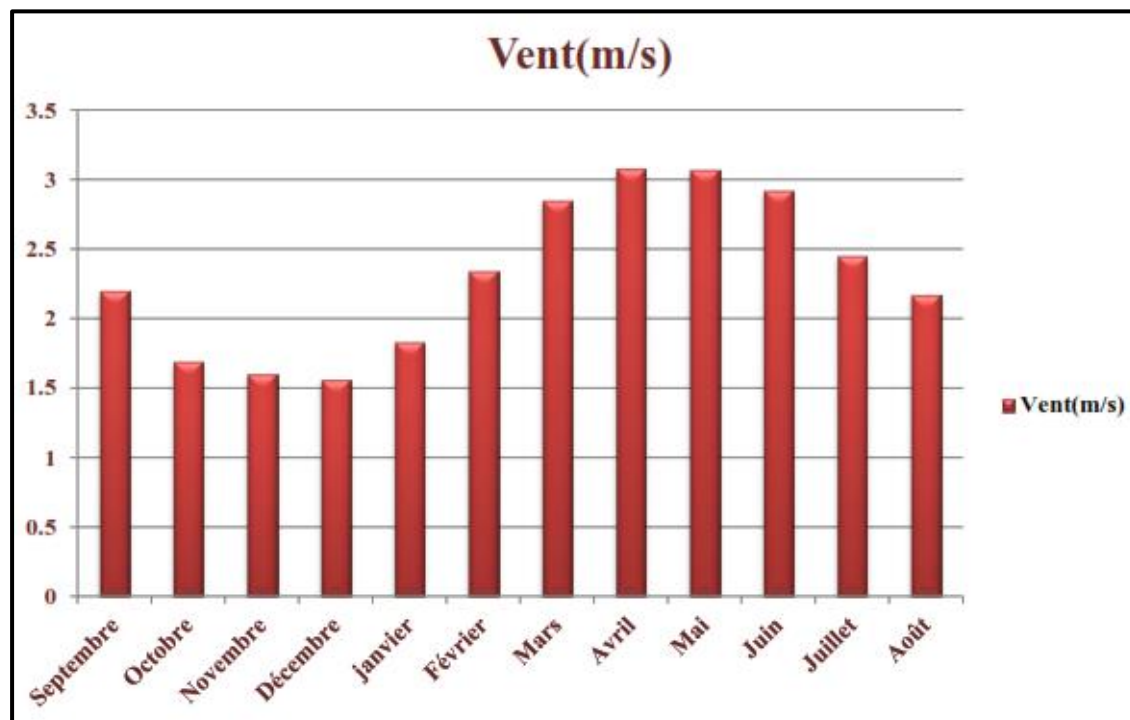


Figure 10: Histogramme de La vitesse du vent moyenne mensuelle (m/s) (ONM) (1978 –2015).

Conclusion :

Notre zone d'étude c'est la commune d'El Oued le chef-lieu de la wilaya, s'étend sur une superficie de 77 Km².

D'après le Modèle Numérique du Terrain (MNT), cette région a une altitude moyenne de 82 m au-dessus du niveau moyen de la mer et accusée par une diminution notable du Sud-ouest au Nord pour atteindre les 66 m d'altitude. Du point de vue topographique l'altitude diminue du Sud vers le Nord.

La zone d'étude est caractérisée par deux dômes importants dans les cités du 19 mars et du 8 mai et par une dépression dans les cités Chott (Hai 1 Novembre 1954) et Nezla. Selon la carte des pentes, cette région se caractérise par une pente de moins de 3% qui couvrent presque toute la zone d'étude.

Le climat de la ville de Oued-Souf est connu par son aridité marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d'autre part. Cette aridité n'est pas seulement due à la rareté de la pluie, mais aussi à la forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région.

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 67.7%) .
- Le mois le plus sec est juillet, il est caractérisé par une faible humidité (environ 32.2 %).
- La précipitation mensuelle interannuelle est de l'ordre de 72.62 mm.
- La température moyenne mensuelle est de l'ordre 27.88C°.

CHAPITRE II

GÉOLOGIE ET

HYDROGÉOLOGIE

II.1. GÉOLOGIE DE ZONE D'ETUDE

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.

II.1.2. 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.

II.1.3. 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.

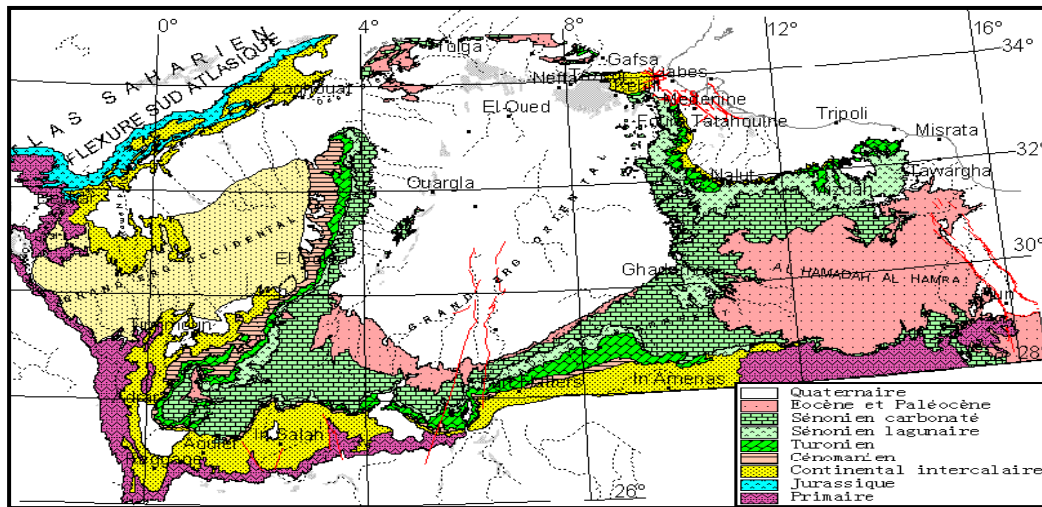


Figure 11 : Plan Géologique de Grand Erg Oriental, (Baba Sy.M, 2005).

II.1.4. 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.

II.1.5. 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 moi-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.

II.1.6. 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 la plus récente (Fig.II.2).

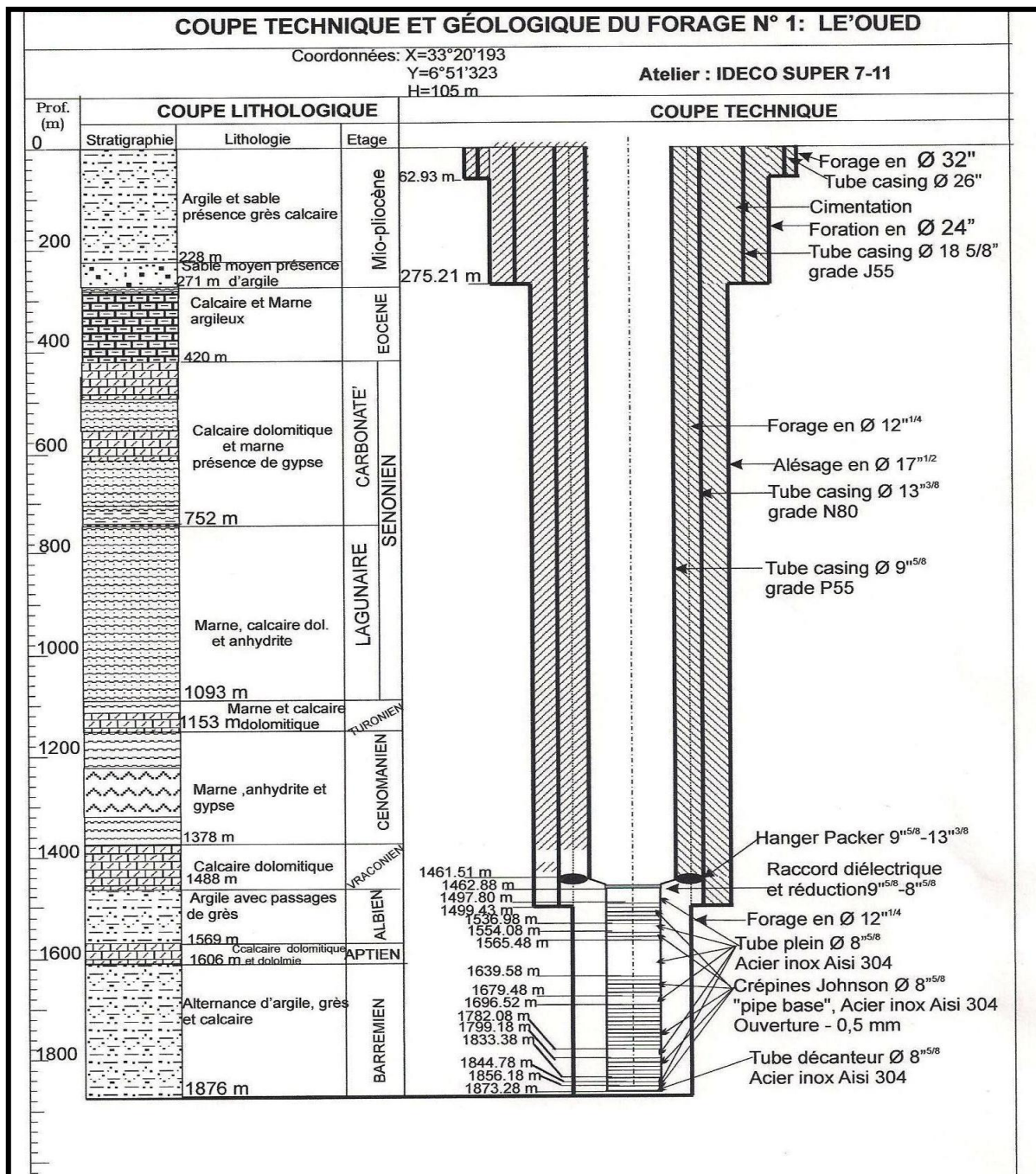


Figure 12 :La colonne litho stratigraphique du forage, (DRE El Oued, 2015).

II.1.6.1. Formations de l'ère Secondaire :

II.1.6.1.1. 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.

II.1.6.1.2. 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.

II.1.6.1.3. 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.

II.1.6.1.4. 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 grés 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.

II.1.6.1.5. 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.

II.1.6.1.6. 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.

II.1.6.1.7. 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.

➤ Sénonienlagunaire :

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.

II.1.6.2. FORMATION DE L'ERE TERTIAIRE :**II.1.6.2.1. 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.

II.1.6.2.2. 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'Éocène lagunaire, les argiles de la base du Miopliocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du Sénon. In the period between 2008/2014 the yield was good and stable. But it undergoes disturbances and decreases during the period between 2014/2018 because of certain problems (in breakdowns of the pumps, the absence of periodic maintenance and spare parts ...). o-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.

II.1.6.3. 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 07 : 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	Argilesgypseuses	
			Miocène	Pontien	Sables grossiers; Graviers.	
		Paléogène	Oligocène		Argileslagunaires ; marnes.	
			Eocène	Moyenne		
				Inférieure		
	Paléocène	Vitrollien		Calcairefissuré		
	Secondaire (Mésozoïque)	Crétacé	Supérieur	Sénonien	Carbonaté	Calcairefissuré
Lagunaire					Evaporites, argiles	≈ 150
Moyenne			Turonien		Dolomie, passage de calcaire peu	≈ 650
			Cénomanién		Argiles, marne	≈ 560
inférieure			Vraconien		Calcaireargileuxdolomie	250 - 300
			Albien		Sables, Grés	100 – 200
			Aptien		Dolomie, calcaire, marne	≤ 30
			Barrémien		Grés, dolomie, calcaire, sable, silex	200 – 230
			Néocomien		Argilessableuses, Sables	

(D'après DRE. El Oued ,2015)

II.2. Hydrogéologie :

L'étude hydrogéologique nous a permis l'identification des différents aquifères, leur géométrie, l'évolution du niveau piézométrique, le sens d'écoulement des eaux, les caractéristiques hydrodynamiques et leur mode d'alimentation.

Cela nous conduit à la réalisation: - Des cartes de substratum de l'aquifère. - Des coupes hydrogéologiques générales, régionales et locales. - Des cartes piézométriques avec sens des écoulements des eaux. - L'évaluation des caractéristiques de l'aquifère/ouvrage de captage (Débit spécifique, débit critique,...). - La détermination des caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère (Transmissivité, Perméabilité, Porosité efficace,...) L'étude hydrogéologique générale a montré l'existence de trois horizons aquifère de bas en haut :

Le Continental Intercalaire (CI) qui s'étend sur une superficie de 600000 km², limité dans sa partie ouest par Bechar et Touat, à l'Est il s'étend sur le territoire Libyen, au Sud il est limité par les affleurements du primaire et du socle et enfin au Nord par l'accident Sud atlasique.

Le Complexe Terminal (CT) s'étend sur une superficie de 350000 km². Il est constitué de formations de la fin du Crétacé supérieur (secondaire) jusqu'à la fin du Mio-Pliocène (Tertiaire);(D.H.W, 2005).

Cet horizon aquifère est constitué de bas en haut par les formations calcaires et dolomies de l'Eocène (aquifère des calcaires), de la deuxième nappe des sables du Pontien et de la première nappe des sables mio-pliocènes.

La nappe superficielle (libre) contenue dans les formations continentales du Quaternaire, se sont des sables fins localement intercalés d'argiles sableuses et gypseuses lenticulaires. Elle couvre toute la région d'étude.

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

Figure 13: récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued (Khechana 2007)

II.2.2.1. 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.14).

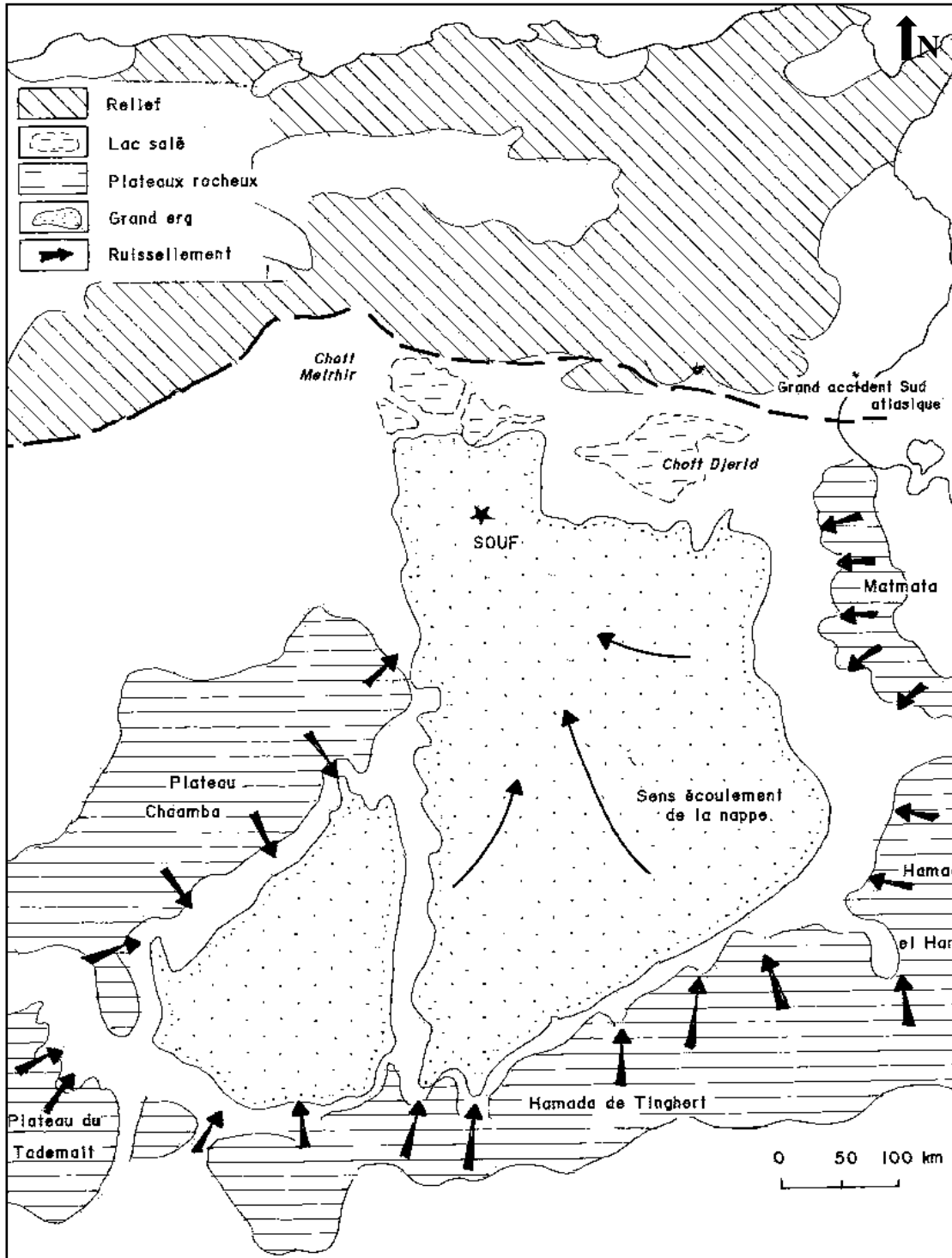


Figure 14: Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement .(Cote Marc, 2006)

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.

II.2.2.2. 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 Cuche (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.II.8) 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). (khechana2014).

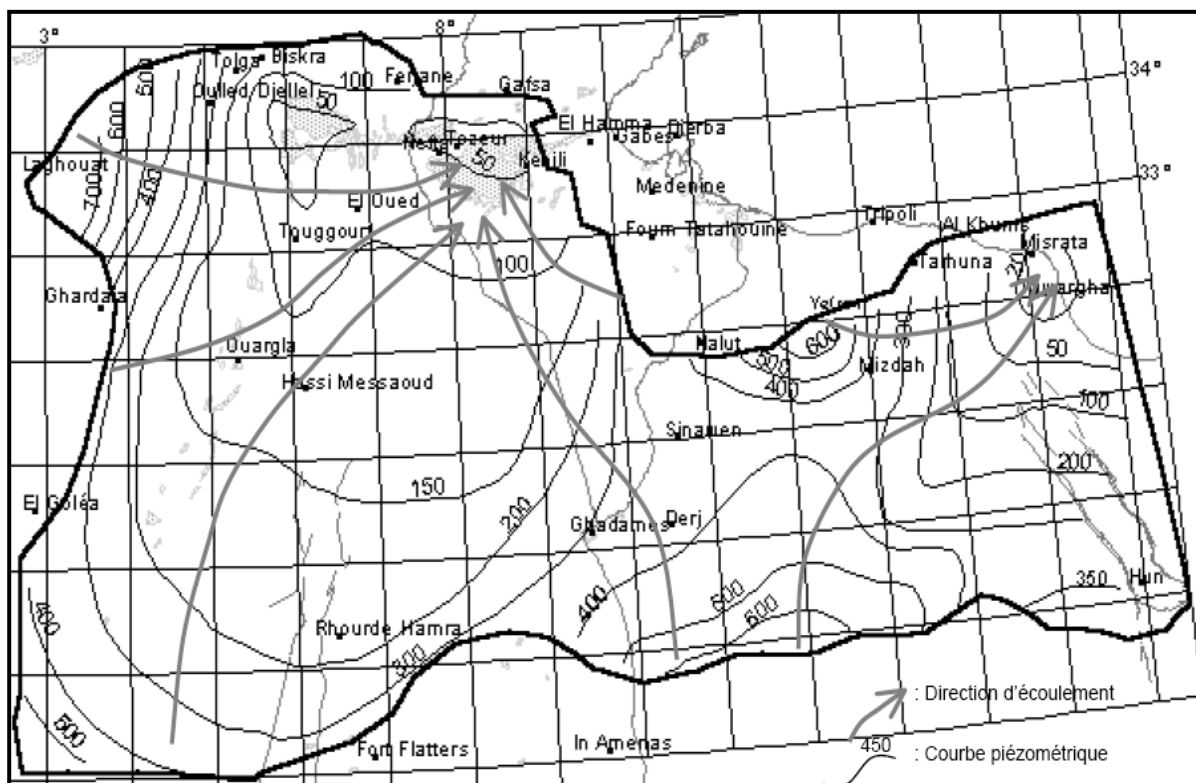


Figure 15: Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométriques et les sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

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, JebelTebaga, Dahar, JebelNefousa. 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.II.8). 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. (khechana2014)

II.2.2.3. 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 Tinherth 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).

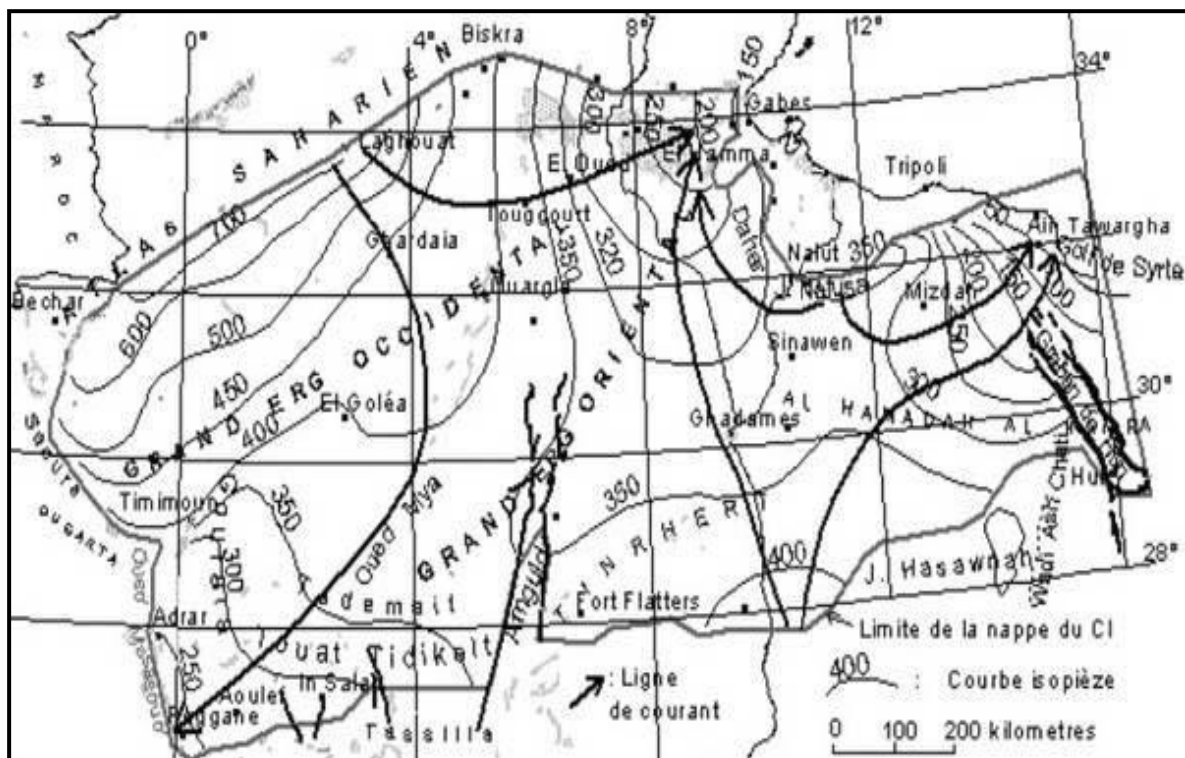


Figure 16: Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

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

a) piémont sud atlasique au Nord-Ouest, b) Tinherth au Sud, c) Dahar à l'Est, d) JebelNafusa au Nord-est, e) JebelHassawna au Sud, où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le Nord par la nappe du Continental Intercalaire (Figure. 16).

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 sebkhas 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. II-10), le toit de la formation, constitué d'une épaisse couche d'argile et d'anhydrite, est parfaitement imperméable 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.

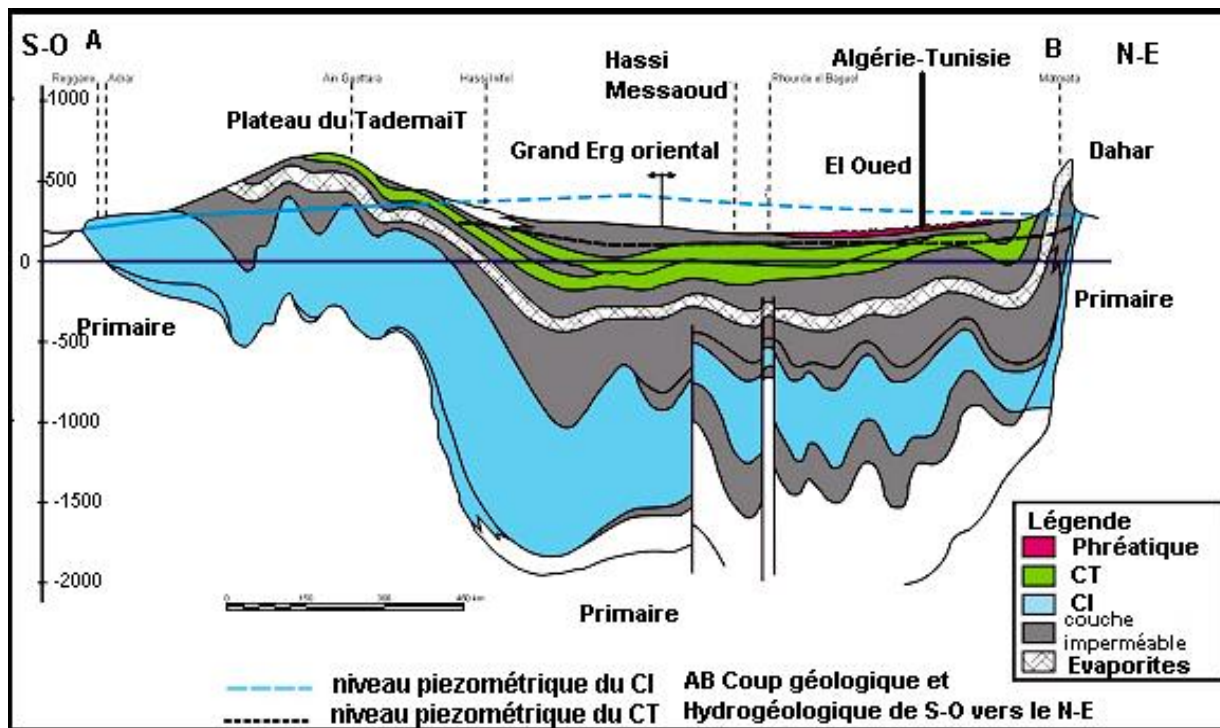


Figure 17 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (UNESCO, 1972)

Tableau 08 : 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

Conclusions :

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

La stratigraphie de la région est caractérisée par la formation de séries sédimentaires allant du Crétacé inférieur jusqu'au Quaternaire.

Les formations récentes du Quaternaire forment l'aquifère détritique de la nappe superficielle, cet aquifère est sableux à gréseux parfois il devient gypseux et argileux.

Ces dernières formations sont localisées particulièrement dans la partie nord-est du terrain où elles se terminent par une croûte gypseuse, son substratum est argileux imperméable parfois très peu sableux à son sommet ou alors gypsifère en totalité.

Selon la coupe d'un forage de l'Albien, les principaux étages repérés dans cette région sont : le Barrémien, L'Aptien, L'Albien, Le Vraconien, Le Cénomaniens, Le Turonien, Le Sénonien, L'Eocène et Le Mio pliocène. Parmi ces étages, seuls le Cénomaniens et l'Eocène jouent le rôle d'écran imperméable.

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 nappe phréatique représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui sont en nombre de 10000

puits (BG, 2001) , et cette nappe a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée d'El Oued.

L'importance de les aquifères CT et CI représente à la satisfaire des besoins en eaux qui sont provenus de l'augmentation de la population et l'extension des cultures après le rabattement de niveau de la nappe traditionnelle.

CHAPITRE III

LA VARIATION DE NIVEAU

PIÉZOMÉTRIQUE DE LA

NAPPE PHRÉATIQUE

III.1. Historique de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf:

La région d'Oued Souf c'est un coin de désert, un morceau du Sahara, dunes et palmiers.

On se trouve étonné de découvrir en ce coin de terre une population aussi importante, une vie aussi intense. L'économie de la région est essentiellement basée sur la phoeniciculture dont une grande partie est localisée dans les ghouts qui avoisinent le nombre de 10 000.

Avant les années soixante, les Oasiens utilisaient uniquement les eaux de la nappe phréatique pour leurs besoins en eau pour les différents usages (pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et pour l'industrie...), assurait un équilibre entre les besoins et les ressources en eau.

La rareté des précipitations et l'augmentation de la demande en eau avec le développement rapide, nécessite le recours aux ressources en eau profondes, les prélèvements des eaux du complexe terminal et de continentale intercalaire augmentent chaque année.

En 1956 est creusé le premier forage au Complexe Terminal (CT) pour l'AEP d'El Oued, entre 1957 et 1969, environ un nouveau forage par an a été exécuté dans le CT, de 1970 à 1980, environ 2 forages par an ont été réalisés dans le CT. Entre 1980 et 1987 une centaine de nouveaux forages sont réalisés dans le CT et trois forages dans Continental Intercalaire (CI), ses derniers sont fortement artésiens, et leur débits est de 200 l/s, soit de 5 à 10 fois plus importantes que ceux de CT.

Les quantités d'eaux prélevées sont rejetées directement dans la nappe phréatique sans aucun traitement, avec l'absence de réseau assainissement et un exutoire naturel, à provoquer une augmentation de niveau piézométrique, jusqu'à la surface de sol, où près de la surface, qui engendre un problème très complexe le problème de remontée des eaux de la nappe phréatique. Les premiers signes de la remontée de la nappe phréatique sont visibles dans les ghouts car la profondeur de l'eau y est, en temps initial, de l'ordre de 1 à 2 mètres. Une remontée de 1,5 mètre aura comme conséquence l'apparition de traces d'humidité.

On observe les premiers ghouts ennoyés à El Oued et une montée progressive et persistante de la nappe phréatique aux portes d'El Oued, ce qui en 1985 alarme les Autorités. Les communes les plus touchées sont celles situées aux alentours et au Sud de la ville d'EL Oued.

Les communes d'EL Oued, Bayadha et Robbah sont les plus affectées. Plusieurs paramètres contribuent à la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf, ayant des conséquences négative sur l'environnement et le cadre de vie.

Donc l'atténuation du phénomène et de son impact négatif devient une nécessité.

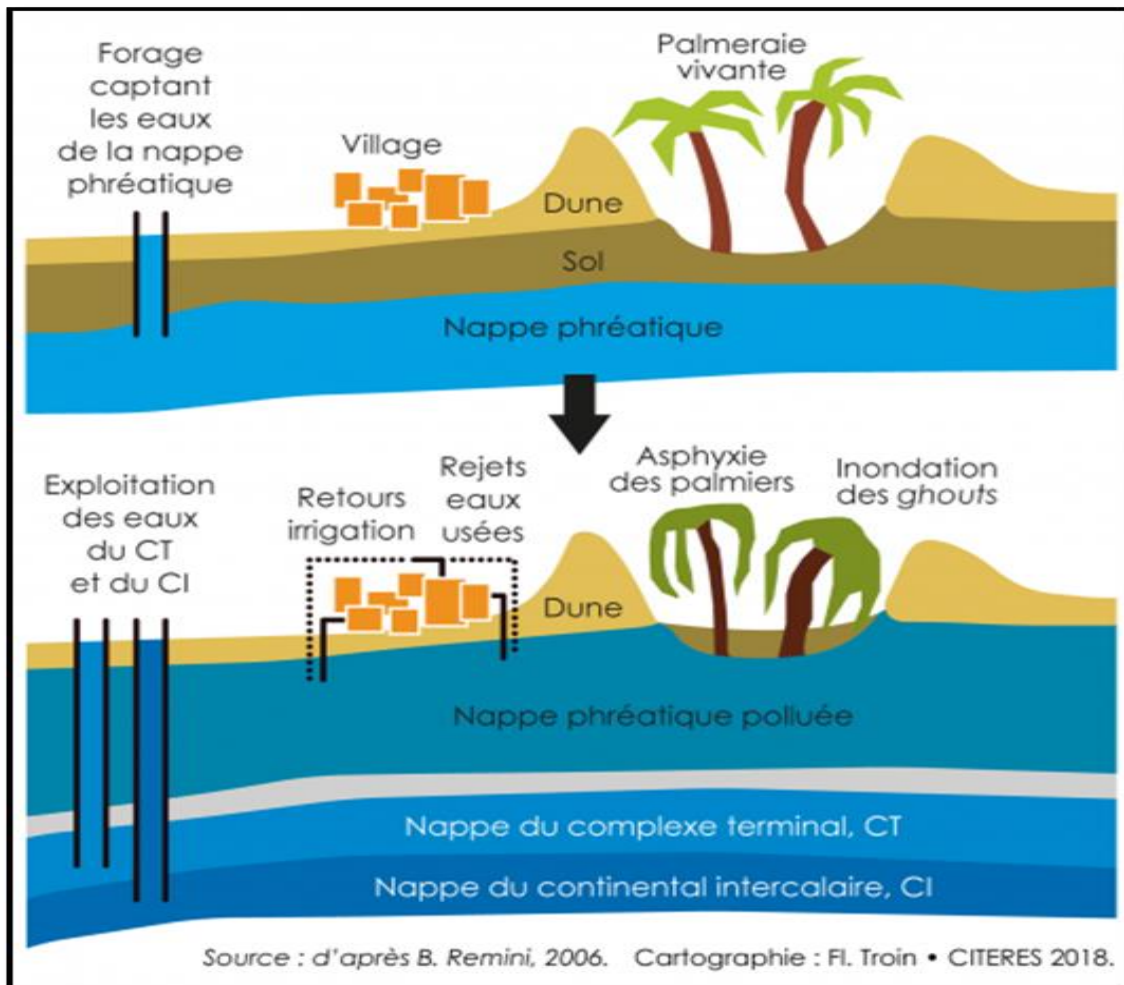


Figure 18: La remontée de La nappe phréatique (Remini, 2006).

III.2. Schéma d'assainissement :

Dans les grandes agglomérations de la vallée (12 communes), le mode d'assainissement utilisé est de type collectif avec un réseau de collecte de 750 km et 57 stations de pompes (relevage et refoulement), le reste (les 6 communes) en assainissements autonomes améliorés.

III.3. Schéma d'épuration :

Les 12 communes sont regroupées en quatre (04) sous-ensembles, une station d'épuration est proposée pour chaque centre. La filière d'épuration choisie est le lagunage aéré parce qu'elle est la plus adaptée aux objectifs attendus au contexte de ce projet.

Et Le groupement des agglomérations entrant dans le cadre de nouveau réseau d'assainissement est comme suit :

- Groupe 1: Robbah, Bayada, El Oued et Kouinine. (STEP 1) (Figure 19).
- Groupe 2: Taghzout, Guemar, Hassani Abdelkrim et Debila. (STEP 2).
- Groupe 3: Sidi Aoun, Magrane et Hassi Khalifa. (STEP 3).
- Groupe 4: Reguiba. (STEP 4).

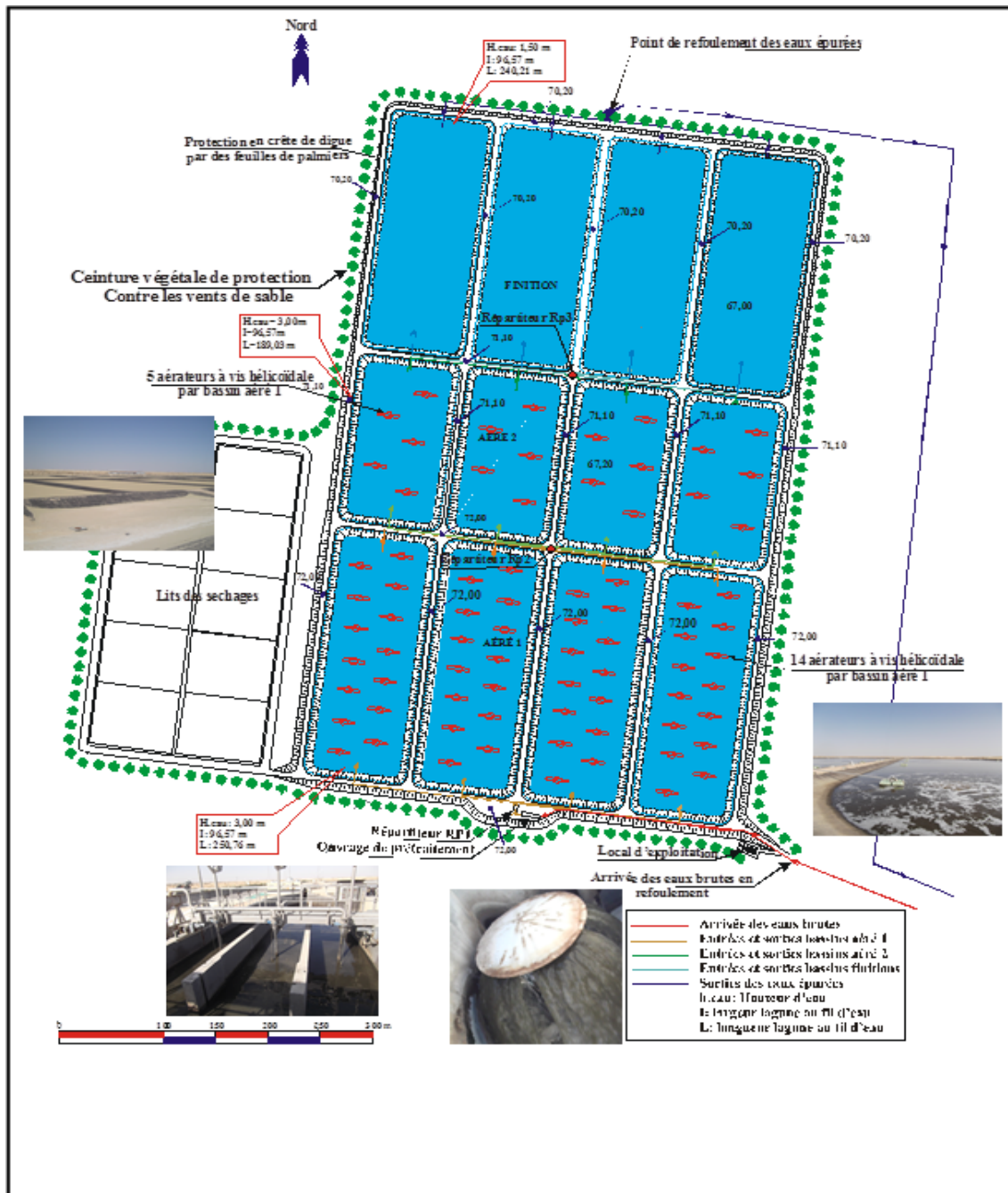


Figure 19: Schéma de principe (plan d'implantation) la station d'épuration (Bonnard & Gardel, 2004).

III.4.Schéma de drainage :

Dans l'aire d'étude, la solution de drainage proposée est par le système de drainage Verticale composé par un réseau de 58 drains (forages) connectés à 34 km de conduites, l'ensemble des eaux drainées aboutit à la station de pompage existante (ST10) qui refoulera ensuite vers le lieu d'évacuation final.

La ville d'El Oued souffre d'un gros problème de remontée des eaux en surface, qui affectent la vie des habitants.

Les autorités locales ont soutenu la mise en œuvre d'un grand projet fondé principalement sur le principe de l'élimination de l'eau excédentaire par un système de drainage vertical composé par 58 forages. Selon le bilan d'eau, l'excès d'eau estimée à $22185\text{m}^3/\text{j}$.

L'objectif de ce système est de drainer cet excès, tels afin que la nappe phréatique est à 3 m de profondeur dans les cités les plus basses (Chott et Sidi-Mestour), pour assurer l'auto d'égouts et augmentant le pouvoir épurateur du sol.

III.4.1 le réseau de drainage horizontal :

Au début des années 1990 on a enregistré le démarrage des travaux de réalisation du réseau de drainage, qui est devenu opérationnel en 2001. Actuellement, seule la commune d'El Oued possède un réseau de drainage horizontal.

Ce réseau du drainage est destiné essentiellement pour les cités touchées par l'inondation (cité Chott, Nazla et Sidi Mastour). Le réseau de drainage excédentaires (de la nappe phréatique) présente 4050 m de longueur, (Le collecteur drainant le plus long est le drain principal de la cité Sidi Mastour de longueur de 2504 m). La quantité d'eau à drainer environ de $6\ 2003\ \text{m}^3/\text{jour}$ (débits totale – débits de drains verticale), les collecteurs sont des conduites d'amiantes ciments DN 200 mm perforées des trous de diamètres 2 cm, la distance entre deux trous, distribuée sur un angle 120° orienté vers le haut (Figure. 20), les côtés et le dessous de conduite sont dépourvue des trous. La collecte est gravitaire et aboutit à une station de pompage située dans la même enceinte que la station de relèvement ST10 pour les eaux usées, à partir de laquelle les eaux de drainage sont évacuées vers l'extérieur de la ville via une canalisation de 400 mm parallèle à celle des eaux usées. Selon les renseignements obtenus, ces drains seraient posés à l'intérieur d'un enrobage de graviers (Figure. 21), mais

sans géotextile, ce qui explique qu'ils s'ensablent de manière chronique et qu'ils requièrent un curage périodique. Cela explique aussi en partie l'usure anormalement rapide des roues des pompes de la station ST10. Cependant, il est à signaler que les services d'hydraulique rencontrent des problèmes d'entretien, dû à la forte agressivité des eaux de drainage provoquant une corrosion rapide des pompes. Le drainage horizontal est assuré par des drains horizontaux de tel sorte que:

- L'eau drainée sous la partie haute de la ville est rejetée directement dans le réseau d'assainissement où elle se mélange avec les eaux usées.
- Les eaux de basses parties (Chott et Sidi Mastour) sont salées, leur drainage est collecté dans un réseau séparée et rejetées vers le Nord-Ouest par un conduite distincte de celles des eaux usées.
- L'eau collectée est évacuée vers le Nord par la conduite de rejet des eaux assainies par un branchement effectué à la sortie de la station de traitement.
- L'eau qui ne serait pas utilisée pour l'irrigation devrait être évacuée vers le Nord, par un branchement au-delà de la station d'épuration au prix d'un surdimensionnement de la conduite d'évacuation des eaux d'assainissement et des pompes.

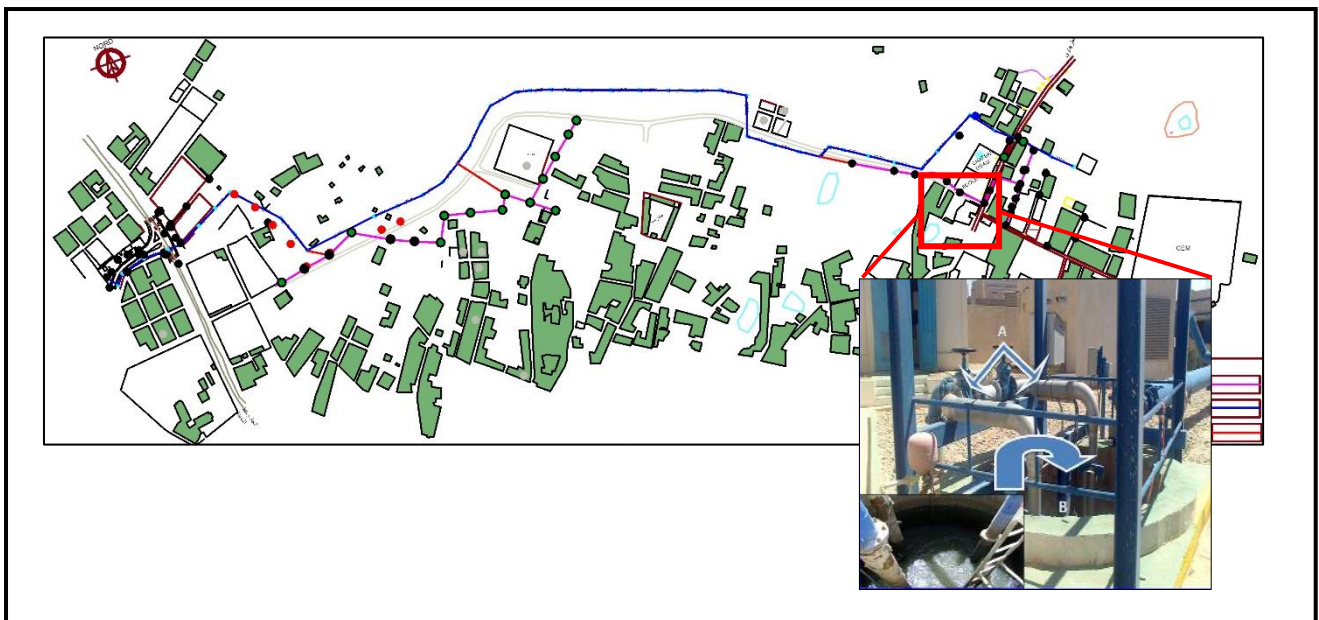


Figure 20: Plan de réseaux de drainage horizontal.

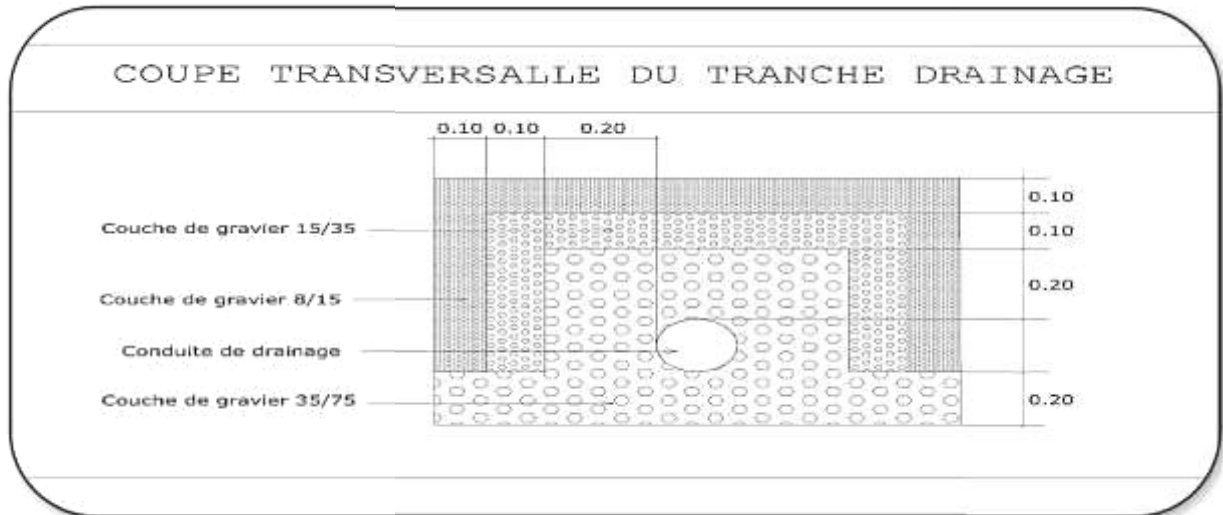


Figure 21: Coupe transversale du tranche de drainage horizontale. (ONA 2008)



Photo. N°: (01) Conduite d'amiante ciment utilisée dans le réseau drainage horizontale.

III.04.2. Réseau de drainage vertical d'El Oued :

Dans l'aire d'étude, la solution de drainage proposée est par le système de drainage vertical, composé par un réseau de 58 drains (forages) de 21 à 40 mètres de profondeur, équipés de pompes submersibles pouvant débiter 6 l/s, à une distance de 500 mètres entre eux, avec un réseau de conduites de 34 km. D'autres forages ont été réalisés par COSIDER TP (2007) (dans le cadre du projet de lutte contre la remontée du niveau de la nappe phréatique- lot « drainage vertical »), situés dans leur totalité au niveau de la ville d'El Oued. Le bilan d'eau sera équilibré en éliminant le surplus par pompage dans ces forages répartis sous la ville d'El- Oued.

Le réseau de drainage devient opérationnel depuis 2011, l'ensemble des eaux drainées aboutit à la station de pompage existante (ST10) qui refoulera ensuite vers le lieu d'évacuation final « Chott Halloufa ».

III.4.3. Les objectifs du système de drainage :

Le système de drainage a été installé pour ces objectifs :

- L'eau peut être réutilisée localement.
- Les drains verticaux qui sont des puits de pompage ne nécessitent pas d'entretien s'ils sont bien réalisés et ne risquent pas de se boucher contrairement aux drains horizontaux.
- Le niveau de l'eau peut être abaissé suffisamment pour permettre à l'assainissement autonome d'être efficace.

III.4.4. Principe de drainage :

Le principe du drainage est de récupérer l'ensemble des eaux d'infiltration sous l'agglomération d'El Oued par pompage dans 58 puits forés (il y a sept forage non active à cause du faible débit), d'utiliser une part aussi grande que possible de ces eaux sur place pour l'irrigation d'espaces verts, de collecter le solde des eaux au niveau de la station de pompage ST 10 (réseau de collecte ramifié en plus le Collecteurs et conduites en PRV (matériau plastique) ,puis de les refouler sur environ 4 200 m ver le nord jusqu'un la premier cheminé d'équilibre (MC3) à partir de ce point l'eau de drainage refoulé vont être mélonge avec les eaux traité de la STEP et vont être achenée jusqu'à le rejet final Sur une distance de 47 km .

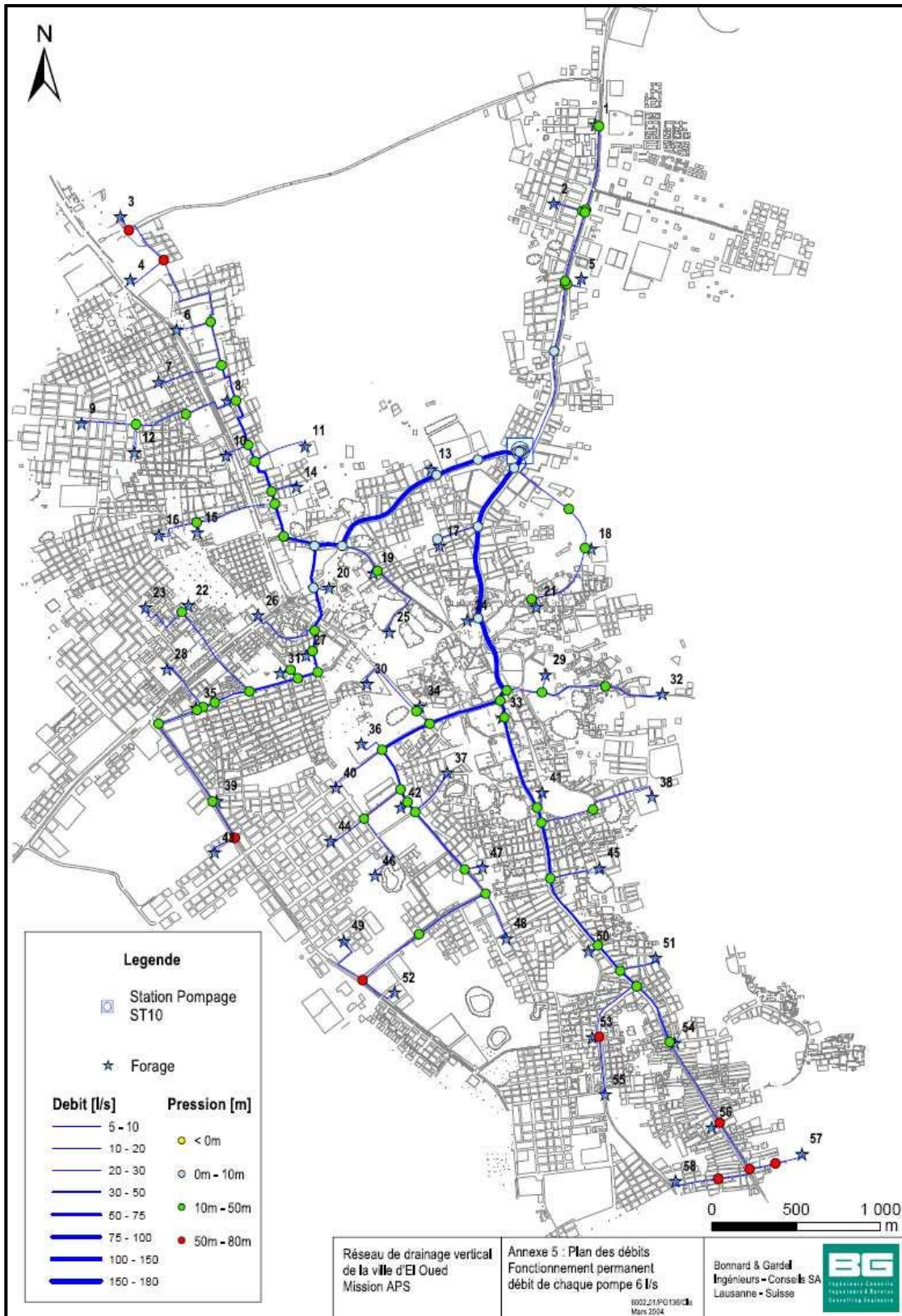


Figure 22: Le réseau de drainage planter dans le commun d'El Oued (Bonnard & Gardel, 2004).

Pour déterminer l'évolution du niveau piézométrique et connaître la variation piézométrique avec les temps, nous avons exploitées les campagnes des mesures piézométriques d'Office National d'Assainissement en 2008 et les campagnes des mesures piézométriques de Mr MILOUDI A., en 2014 et 2018, par le traitement de ces données à l'aide de SIG (Systèmes d'Information Géographique) –Arc GIS 10.1.

En 2019, nous avons prévu un rendez-vous avec l'ONA en Mars 2019 pour prendre des mesures piézométriques à partir de 58 puits. Mais malheureusement, nous n'avons pas trouvé plusieurs obstacles présentés par :

- Des problèmes internes dans l'Office National d'Assainissement
- Les situations politiques actuelles et la perturbation du travail de certaines institutions d'État.
- Manque d'équipement nécessaire à la mesure (sonde électrique piézométrique. GPS).
- Certains puits ont été fermés en raison des pannes, à cause de l'absence d'entretien périodique et de pièces de rechange.

III.5. 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, au 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'adressant à une très grande variété d'applications.

III.5.1. Les composants d'un SIG :

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

- 1- 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.

- 2- 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.
- 3- 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.
- 4- 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.
- 5- Méthodes : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

III.5.2. 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.

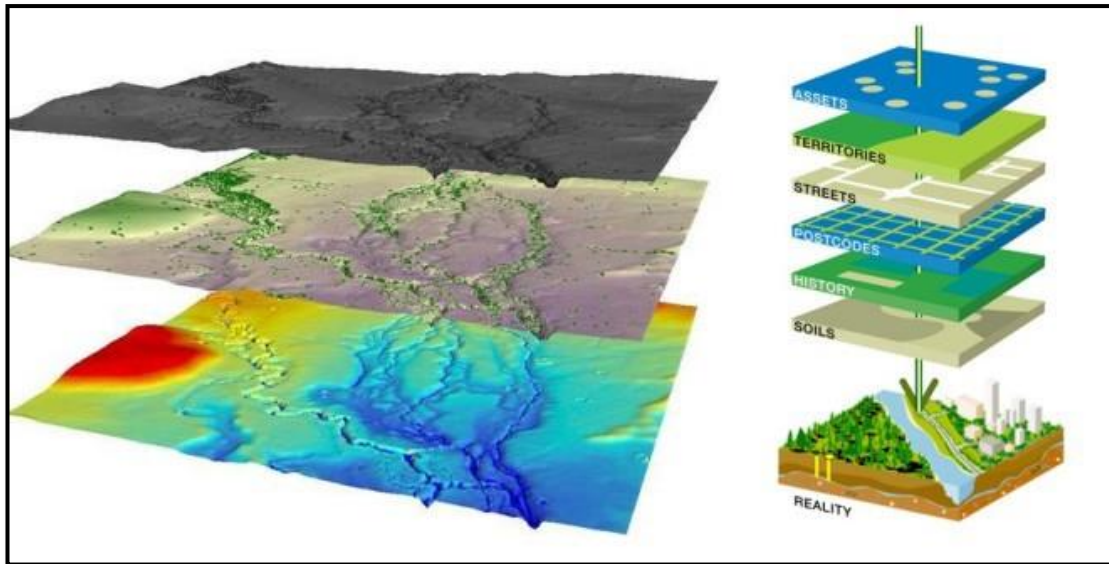


Figure 23: forme de couches thématiques.

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

- 1- Le modèle vecteur 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 polygyne. Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par des polygone
- 2- Le modèle raster Le modèle raster, quant à lui, est constitué d'une matrice de points pouvant tous être différents les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol...

III.5.3. 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

III.6. Les cartes de niveau piézométrique:

le basses des données qu'on a utilisées est composée par 58 forages des drains verticales de l'office national d'assainissement d'El Oued:

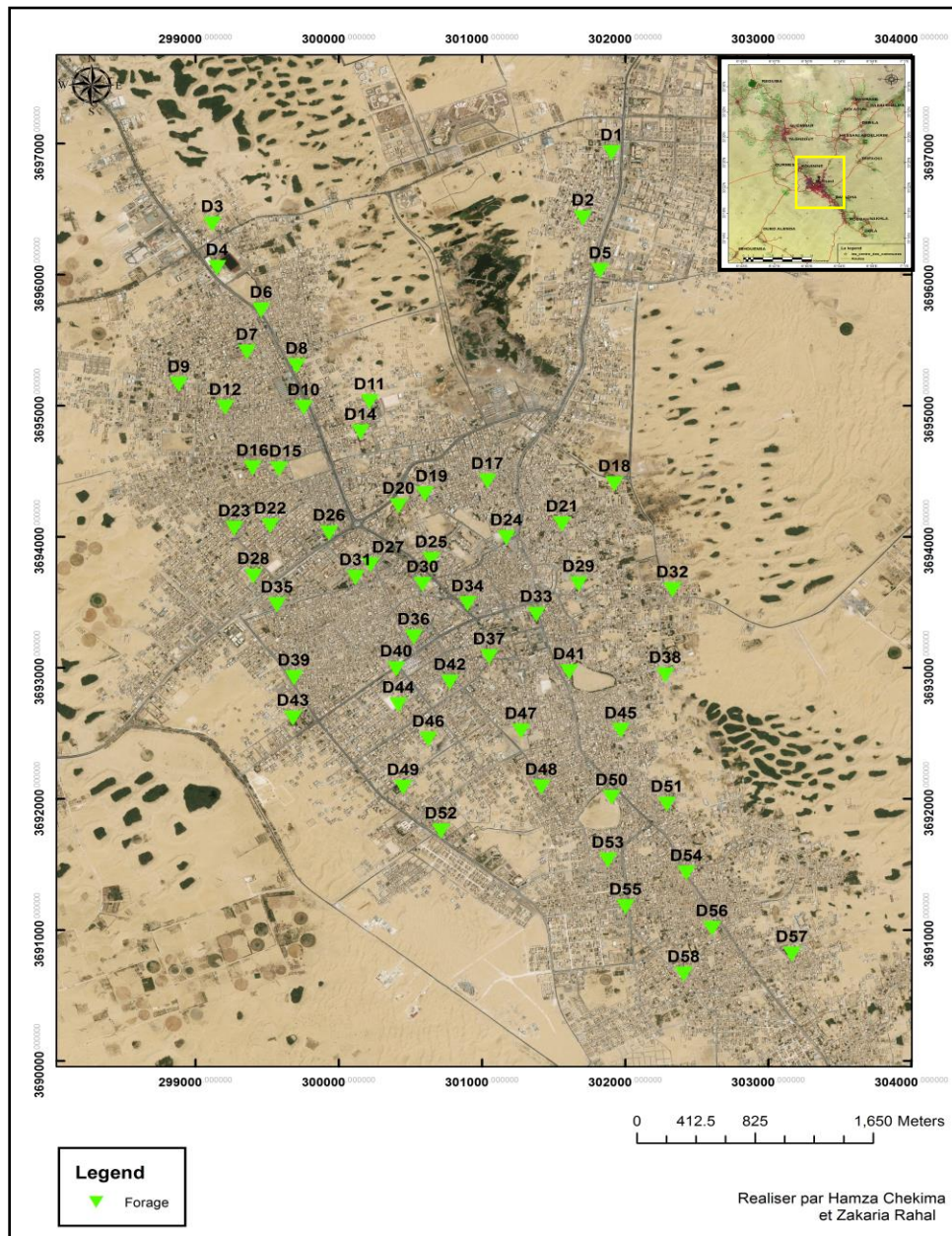


Figure 24: Localisation des 58 forages de réseau de drainage vertical

* Nous avons traité les basses des données par l'ArcGIS 10.1 pour extrait les cartes.

III.6.1. La carte de niveau piézométrique de la commune d'El Oued en 2008 :

Les mesures piézométriques qui ont été réalisées en 2008 par l'ONA, nous ont permis d'établir une carte piézométrique des eaux de la nappe phréatique.

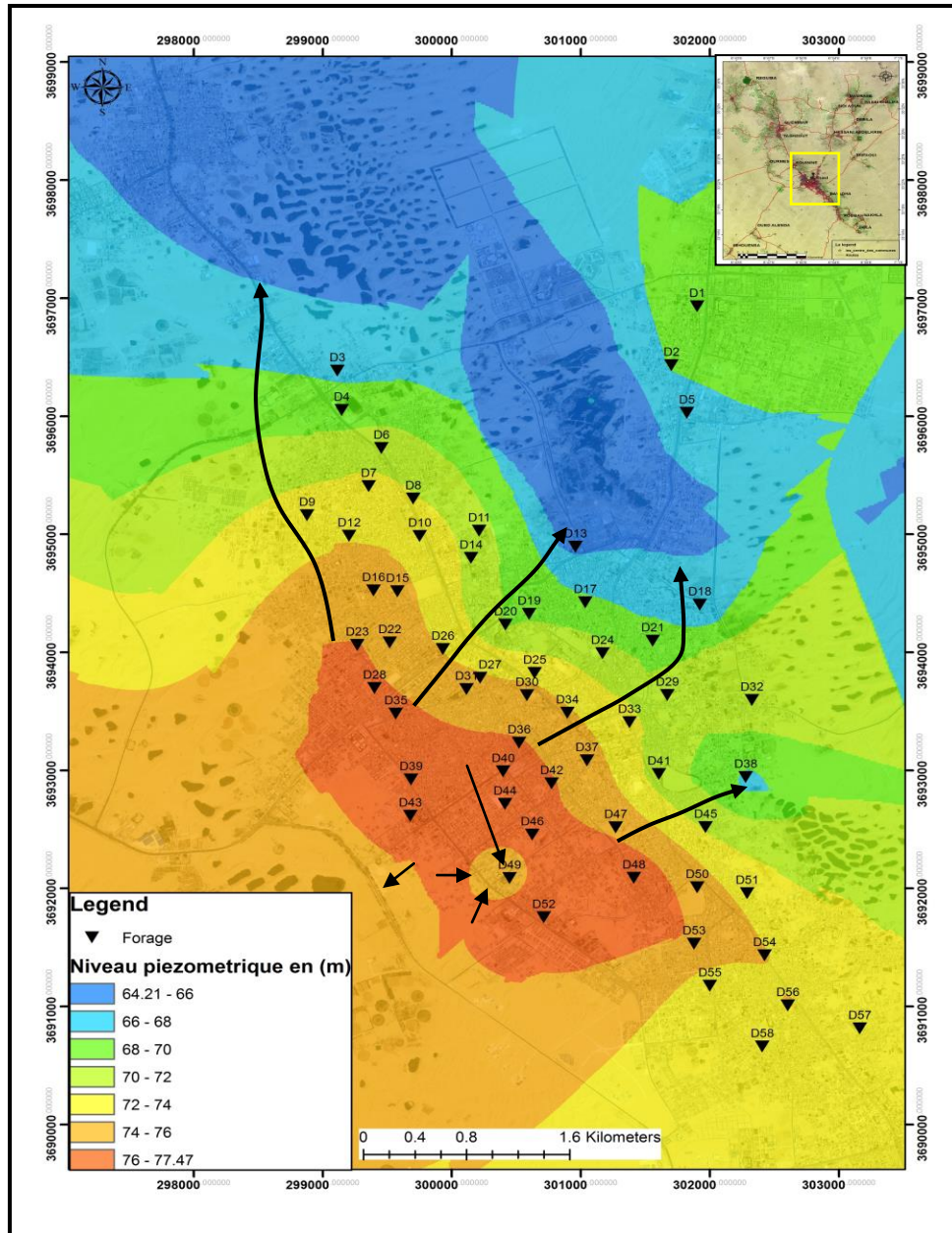


Figure 25: Niveau piézométrique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2008.

On remarque que la nappe phréatique est caractérisée par l'existence de deux zones importantes:

- Un dôme piézométrique situé dans le Sud-Ouest de la commune d'El Oued présente par l'intervalle piézométrique 76.14 à 77.47m; donc on peut considérer cette zone comme une source d'alimentation de la nappe phréatique.
- Zone Chotteuse située dans la partie Nord est caractérisée par une dépression piézométrique inondée allant entre 64.21 m et 66 m.

Le sens d'écoulement de la nappe phréatique de la ville d'El-Oued est généralement du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

III.6.2. La carte de niveau piézométrique de la commune d'El Oued en 2014 :

Pour suivre l'évolution de la nappe phréatique, nous avons utilisé les mesures piézométriques qui ont été déjà fait en mai 2014 par l'ONA, après la mise en marche de réseau de drainage vertical en Octobre 2012. Nous ont permis d'établir une carte piézométrique en 2014.

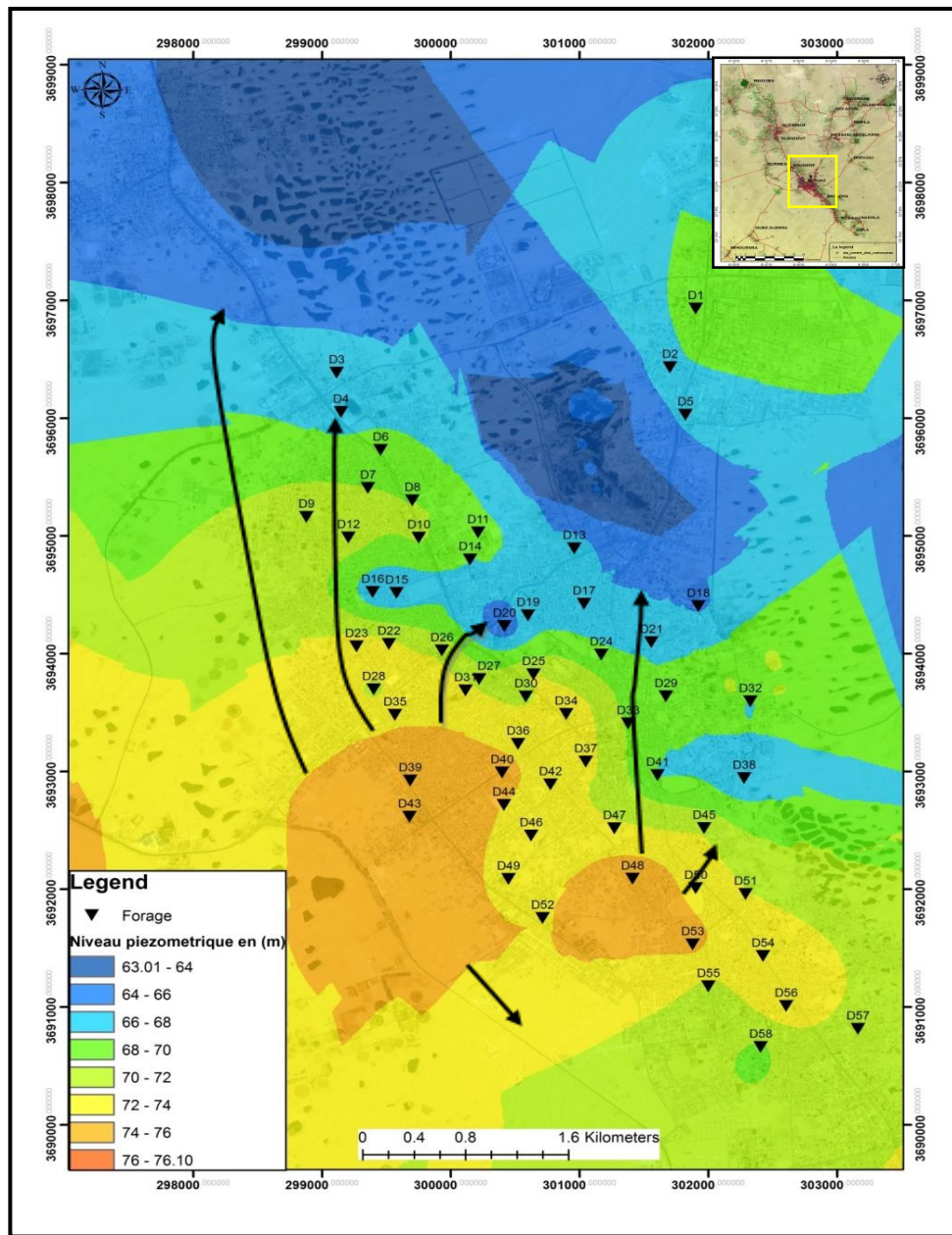


Figure26: Niveau piézométrique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2014.

On remarque que la nappe phréatique est caractérisée par l'existence de deux zones importantes:

- Un dôme piézométrique situé dans le Sud-Ouest de la commune d'El Oued présente par l'intervalle piézométrique 76 à 76.1m.; donc on peut considérer cette zone comme une source d'alimentation de la nappe phréatique.

➤ Zone Chotteuse située dans la partie Nord est caractérisée par d'une dépression piézométrique inondée allant entre 63.01 m et 64m.

Le sens d'écoulement de la nappe phréatique de la ville d'El-Oued est généralement du Sud-Ouest vers le Nord-Est

III.6.3. La carte de niveau piézométrique de la commune d'El Oued en 2018:

D'après les mesures piézométriques de Mr. MILOUDI A, qui ont été réalisées en 2018, nous avons établi une carte piézométrique des eaux de la nappe phréatique.

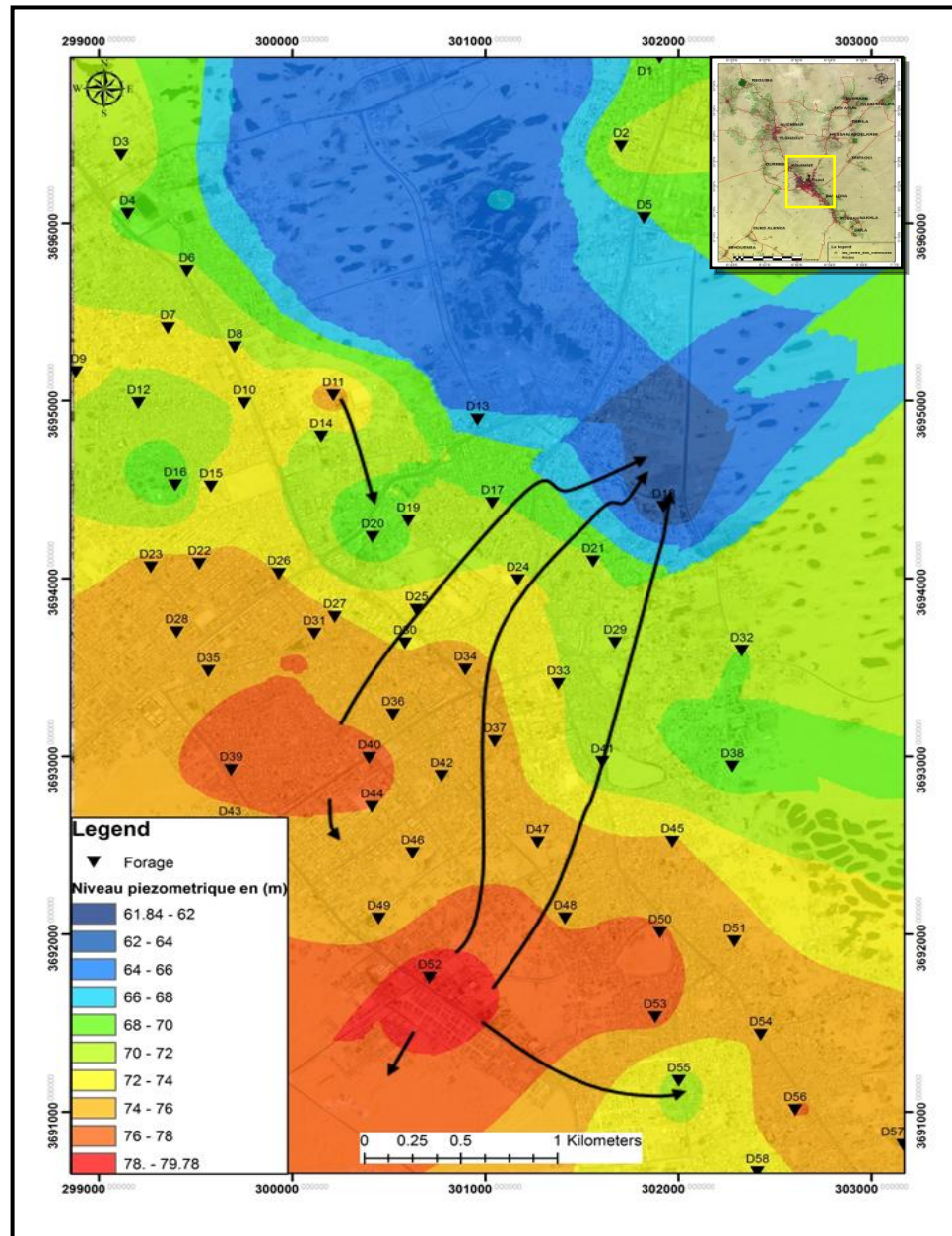


Figure 27: Niveau piézométrique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2018.

On remarque que la nappe phréatique est caractérisée par l'existence de deux zones importantes :

➤ Un dôme piézométrique situé dans le Sud-Ouest de la commune d'El Oued présenter par l'intervalle piézométrique 78 à 79.78.m. ; donc on peut considérer cette zone comme une source d'alimentation de la nappe phréatique.

➤ Zone chotteuse située dans la partie Nord est caractérisée par une dépression piézométrique inondée allant entre 61.84 m et 62m.

Le sens d'écoulement de la nappe est généralement du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

III.7.Les cartes de niveau statique:

III.7.1.La carte de niveau statique de la commune d'El Oued en 2008 :

D'après Les mesures de niveau statique qui ont été réalisées en 2008 par l'ONA, nous ont permis d'établir une carte de niveau statique des eaux de la nappe phréatique.

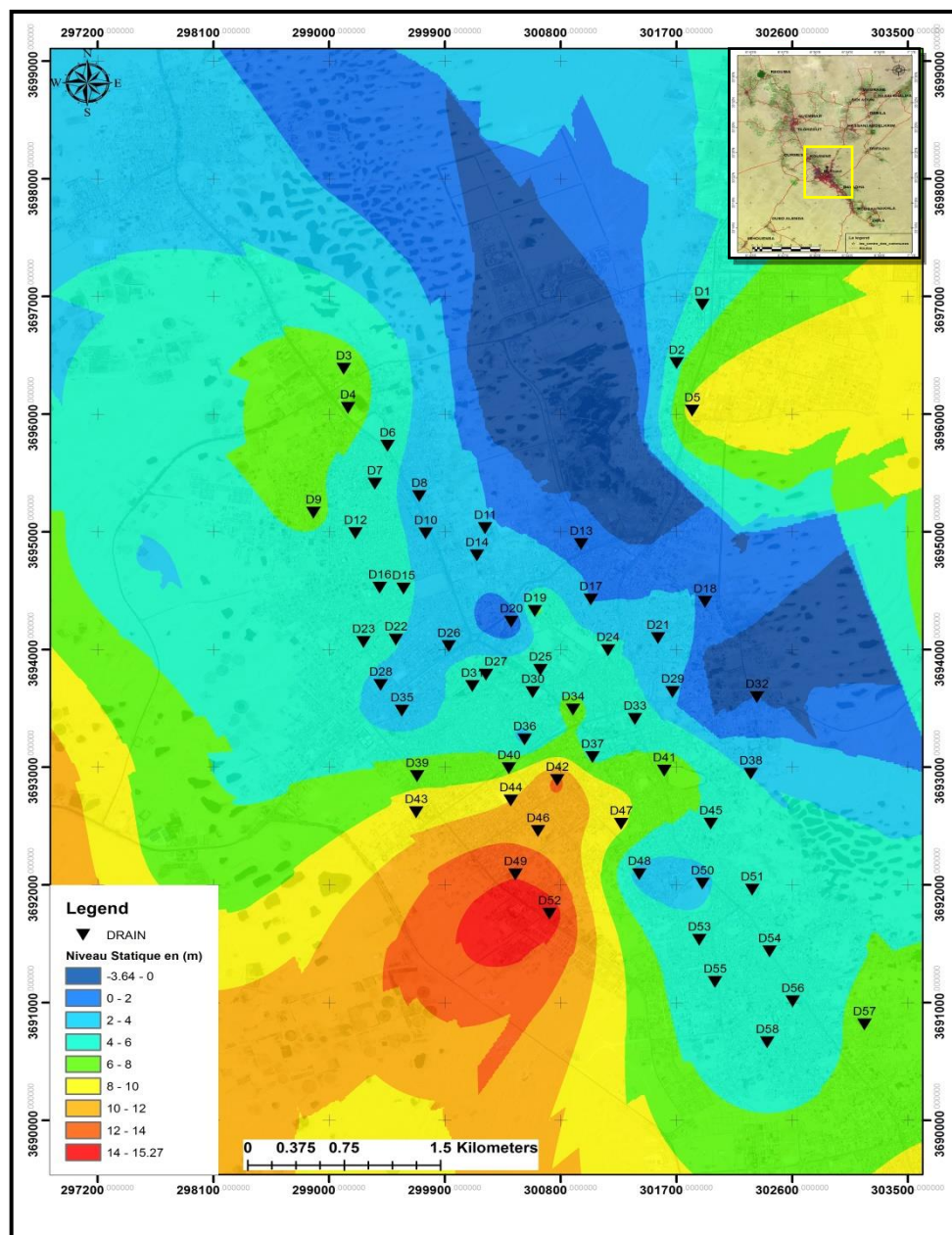


Figure 28: Niveau statique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2008.

On remarque :Le niveau statique rabatte d'environ D49 et D52; et Il y a des zones inondées d'environ D13, D18 et D32.

III.7.2.La carte de niveau statique de la commune d'El Oued en 2014 :

Pour suivre l'évolution de la nappe phréatique, nous avons utilisé les mesures de niveau statique qui ont été déjà fait en mai 2014 par l'ONA. après la mise en marche de réseau de drainage vertical. Elles nous ont permis d'établir une carte de niveau statique des eaux de la nappe phréatique en 2014.

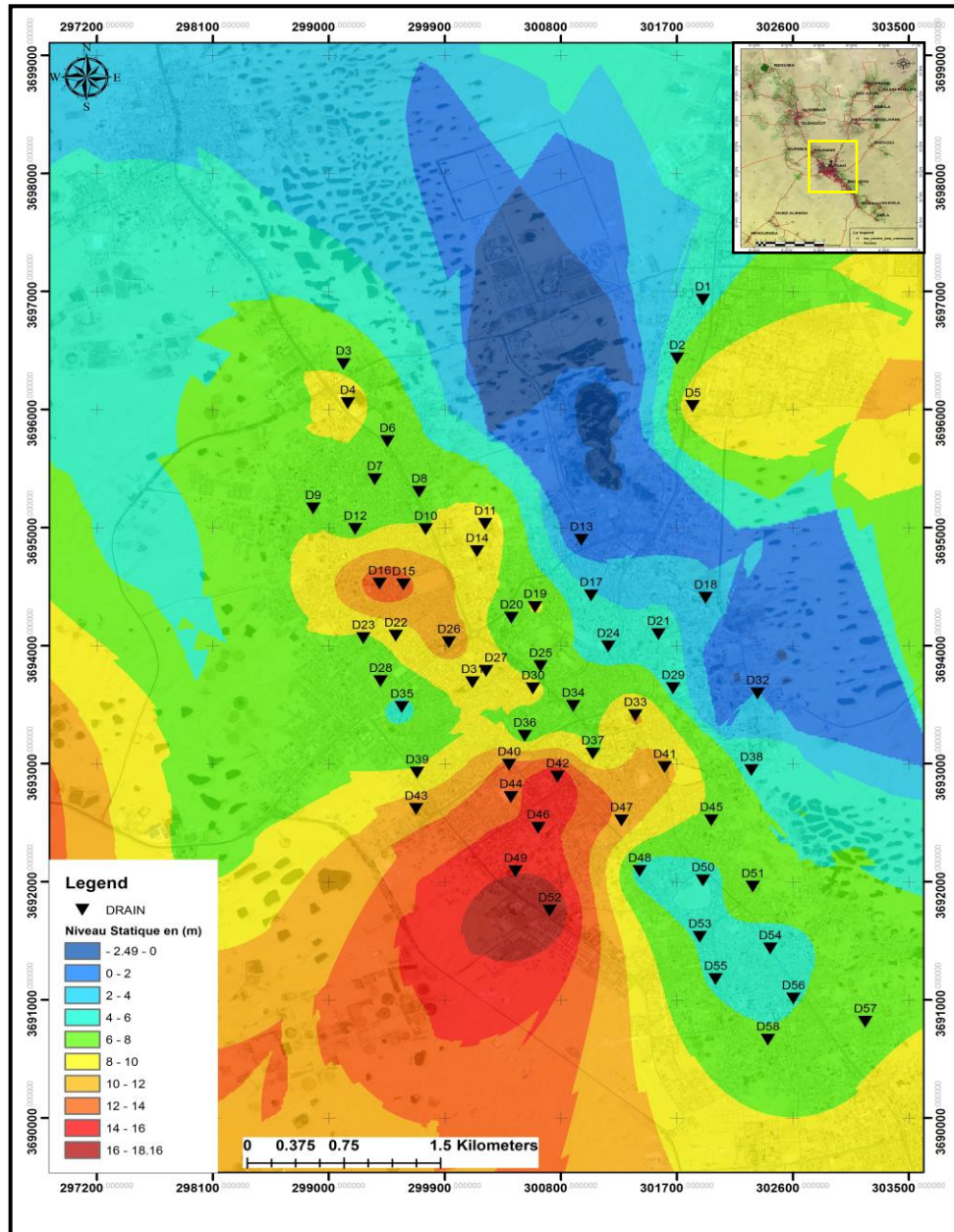


Figure 29: Niveau statique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2014.

L'examen de la carte en 2014 montre que le niveau statique plus rabattre que le niveau précédent enregistré en 2008 d'environ D49 et D52 à cause de la consommation agressive pour l'irrigation. Il y a des zones inondées d'environ D13.

III.7.3. La carte de niveau statique de la commune d'El Oued en 2018 :

D'après les mesures de niveau statique de Mr MILOUDI A., qui ont été réalisées en 2018, nous ont permis d'établir une carte de niveau statique des eaux de la nappe phréatique.

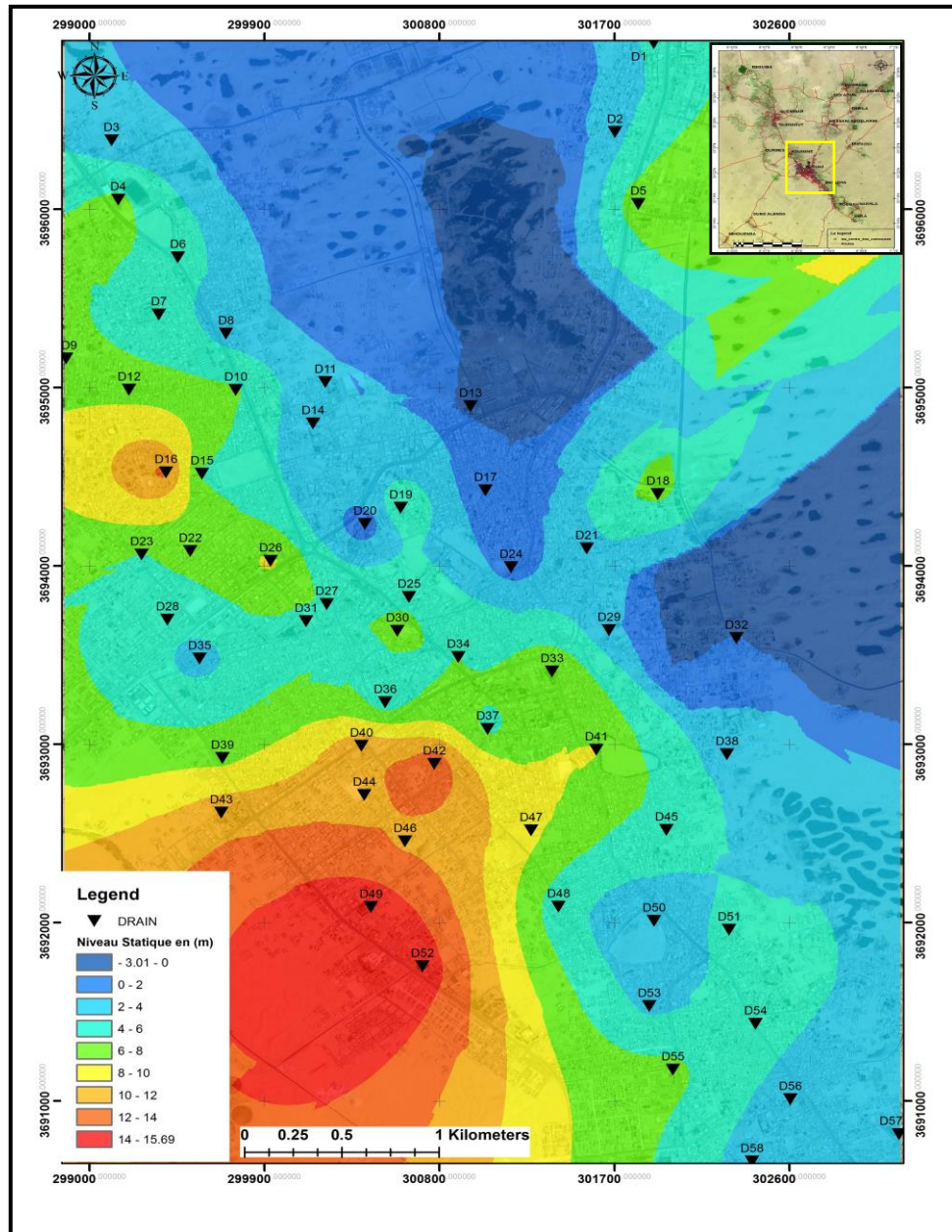


Figure 30: Niveau statique de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en 2018.

La carte des niveau statique de la commune d'El Oued nous indique que le Niveau statique plus rabatte de la niveau précédente enregistrée en 2014 d'environ D49 et D52, à cause de les irrigations agressifs .Il y a des zone inondée d'environ D13 et D32.



Photo N°: (02) l'irrigation au tours de drain D52 et D49.

III.8. Le cartes des zones humides:

III.8.1. La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2008 :

Les mesures de niveau statique qu'ont été réalisées en 2008 par l'ONA, nous ont permis d'établir une carte de zone humide.

On trouve que la profondeur de l'eau dans cette zone inondée est atteinte d'environ de 3m avec une superficie de 4.41 km².

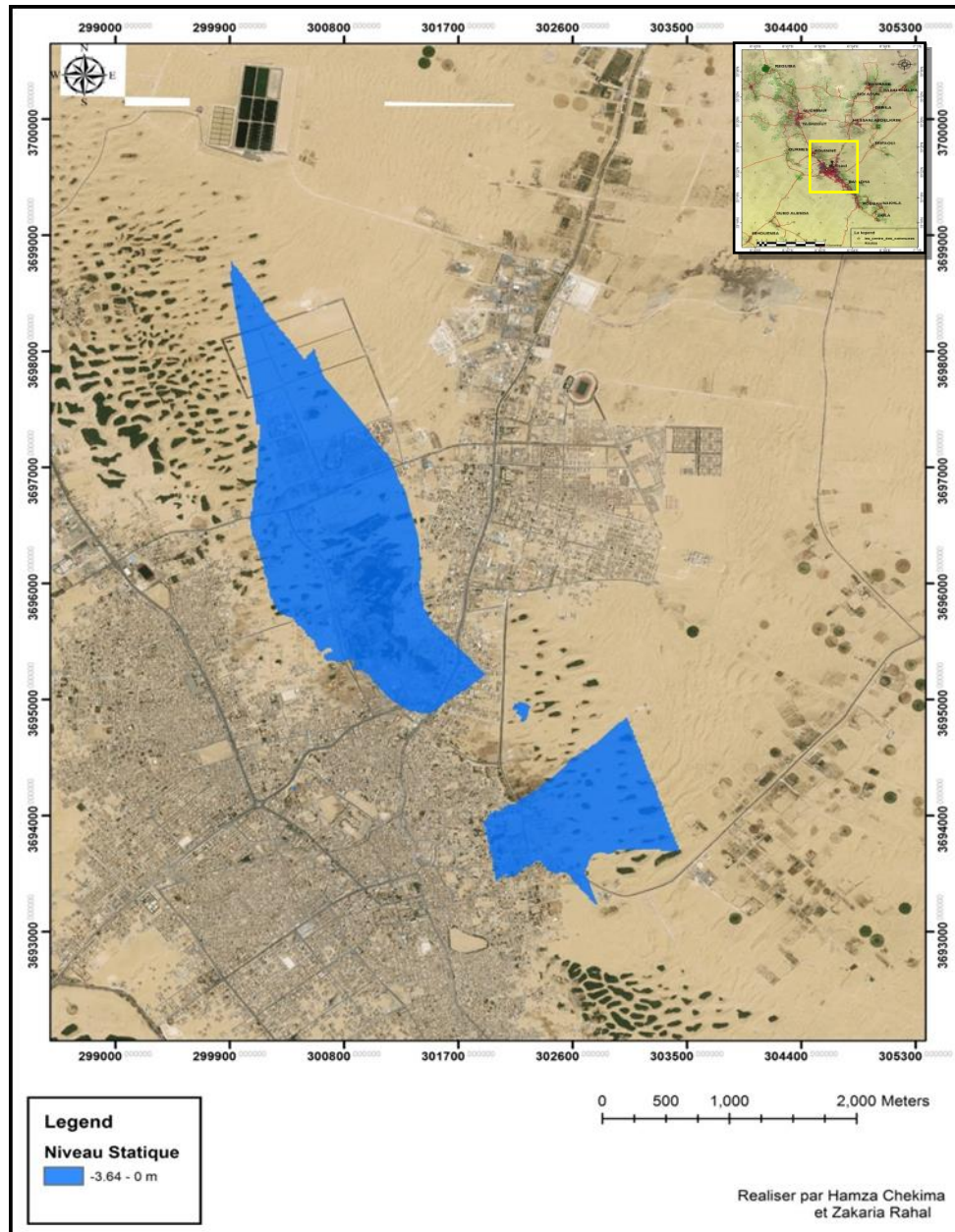


Figure 31: La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2008

III.8.2. La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2014 :

Pour suivre l'évolution de la nappe phréatique, nous avons utilisé les mesures de niveau statique qui ont été déjà fait en mai 2014 par l'ONA. Après la mise en marche de réseau de drainage vertical. Elles nous ont permis d'établir une carte de zone humide en 2014 (Figure.32).

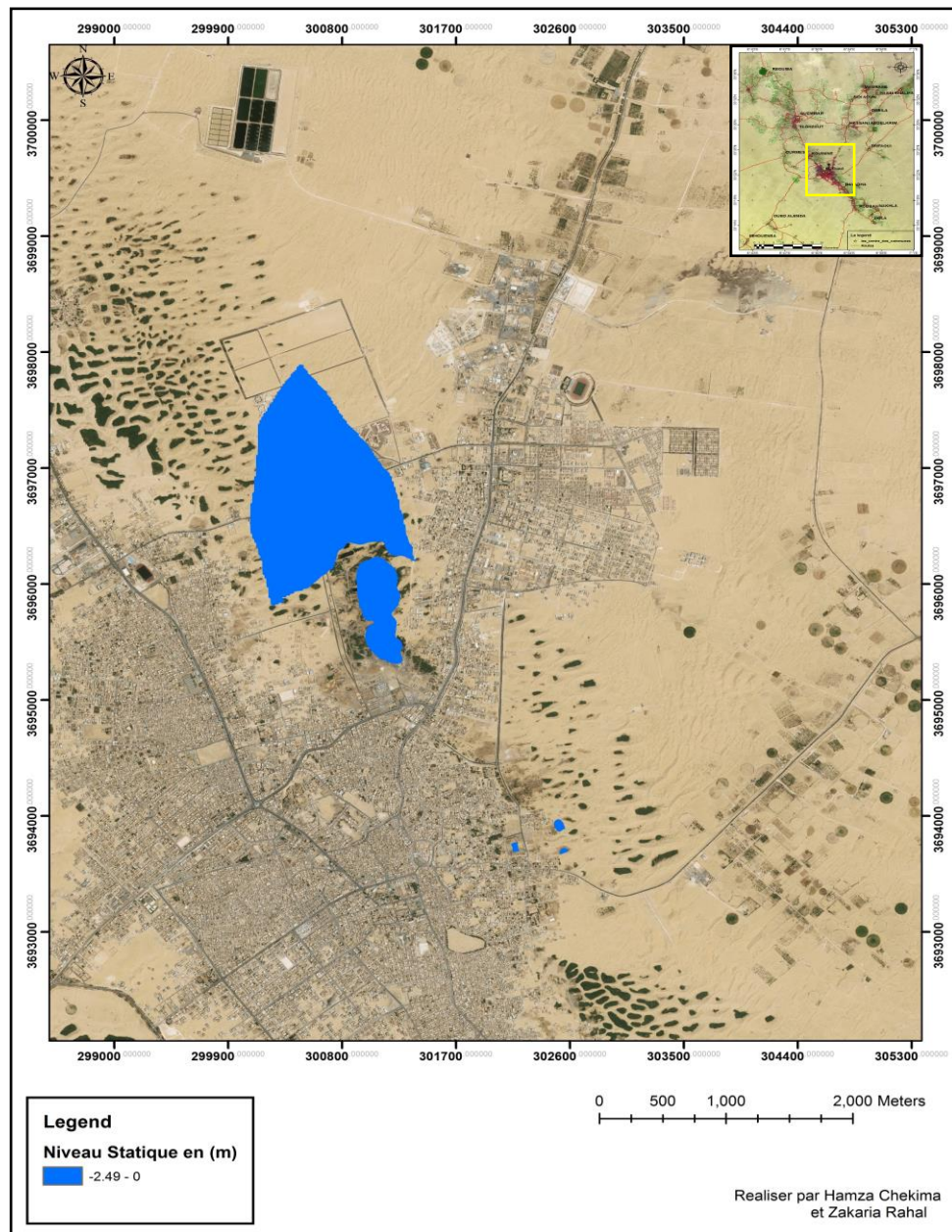


Figure 32 : carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2014

On remarque que la profondeur de l'eau dans cette zone inondée est atteinte d'environ 2.80 m. Avec une superficie 60% plus moins de la surface précédente enregistrée en 2008, elle est estimée d'environ 1.77 km².

III.8.3. La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2018 :

D'après les mesures de niveau statique de Mr MILOUDI A., qui ont été réalisées en 2018, nous ont permis établir une carte zone humide.

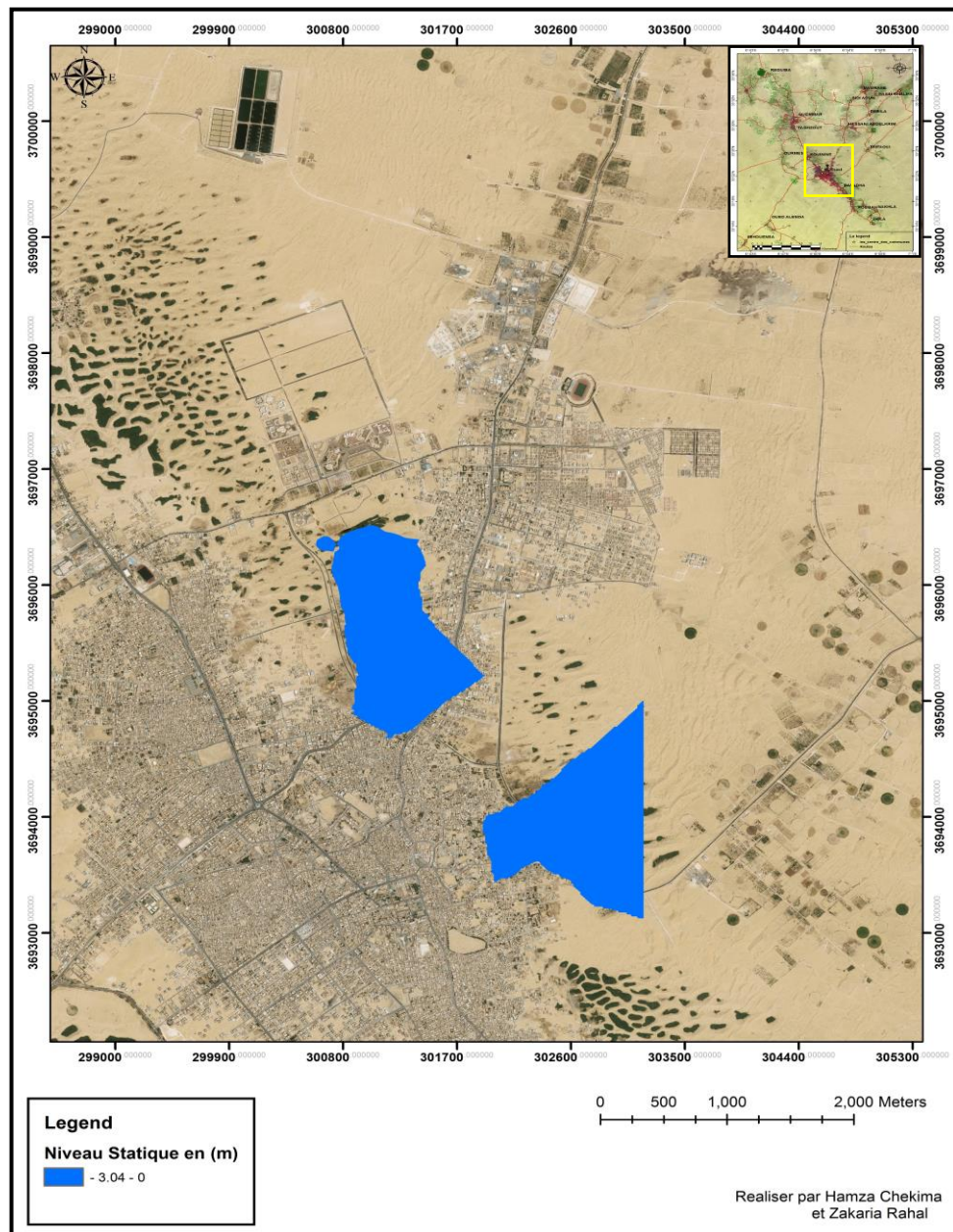


Figure 33: La carte des zones humides de la commune d'El Oued en 2018.

La carte des zones humides de la commune d'El Oued nous indique que la profondeur de l'eau dans cette zone inondée est atteinte d'environ 3.01m , Avec une superficie de 44% plus grande de la surface précédente enregistrée en 2014, c'est à dire d'environ 2.55 km² à cause de:

- Élimination de la ceinture verte (Rampement urbain , abattage des arbres).
- Les empannes des drains verticaux.
- Manque des pièces de rechange.



Photo N°(03): Élimination de la ceinture verte.

Conclusion :

Le phénomène de remontée des eaux de la nappe phréatique. En effet, cette nappe superficielle a entraîné l'inondation de la quasi-totalité des Ghouts et des zones basses de la ville d'El Oued et ses périphéries.

Les premières apparitions de ce phénomène à la région de Souf remontent à l'année 1969 et ont pris de l'ampleur dans les années quatre-vingt. Les principales causes de ce phénomène sont : la forte expansion démographique et le développement urbain très rapide et anarchique venant perturber l'équilibre naturel, qui existe auparavant, l'utilisation des eaux des nappes profondes (le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire) d'une façon excessive, ce qui a augmenté considérablement le volume des apports.

Pour attaquer ce problème le gouvernement à décidé un méga- projet le projet régional « Remontée des eaux d'Oued Souf », qui s'étale la majorité des communes de la vallée dont la commune d'El-Oued, et qui est fondé essentiellement sur quatre (04) schémas :

- Schéma d'assainissement, schéma d'épuration , schéma d'évacuation et schéma de drainage. le système de drainage vertical composé par 58 forages. L'objectif de ce système est de drainer l'excès, tels afin que la nappe phréatique est à 3m de profondeur dans les cités les plus basses (Chott et Sidi-Mestour).

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un logiciel informatique capable d'organiser et de présenter des données alphanumériques spatialement référencées. Le SIG

permet d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter et de restituer des données géographiques sous forme de plans et cartes (cartographie intuitive et évolutive).

La surface piézométrique n'est pas régulière et elle présente des dômes piézométriques dans les zones d'alimentation représentées par les agglomérations et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des dépressions piézométriques dans les zones des surfaces d'eau libre (Chott, ghouts inondés) . Ces dernières sont le siège d'une remontée des eaux souterraines accentuée surtout par le déversement des eaux usées.

Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est du S-W vers le N-E.

L'évolution du niveau statique de la nappe phréatique de la ville d'El-Oued entre l'année 2014 et l'année 2018 montre que cette nappe a gardé la même structure certaines zones et elle a connu un rabattement ou une remontée en autres.

La superficie de les zones inondées pour la période s'étalant de l'année 2008 à l'année 2014 révèle une diminution générale touchant pratiquement tous les quartiers de la ville d'El Oued ; par contre la superficie de les zones inondées de l'année 2018 révèle une augmentation pour 2014 à cause de : élimination de la ceinture verte (Rampement urbain , abattage des arbres), les empanne des drains vertical , manque les pièces de rechange.

CONCLUSION GÉNÉRALE

El' Oued c'est un coin de désert, un morceau de Sahara, sables, dunes, Oasis et palmiers, située au Sud-Est Algérien. Notre zone d'étude La commune de Oued Souf s'étend sur une superficie de 77 Km². Elle est limitée au Nord par la commune de Kouinine, au Sud par la commune de Bayadha, l'Est par la commune de Trifaoui et l'Ouest par la commune de Oued Alenda. Du point de vue topographique l'altitude diminue du Sud vers le Nord.

Le climat de la ville d'El Oued est arid marquée notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations d'une part, et par les amplitudes thermiques et les températures trop élevées d'autre part. Cette aridité n'est pas seulement due à la rareté de la pluie, mais aussi à la forte évaporation qui constitue l'un des facteurs climatiques majeurs actuels qui règnent dans la région. 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.

La géologie d'El-Oued est masquée par une épaisse couche de terrains quaternaires. La description a été effectuée grâce à l'interprétation des logs stratigraphiques des forages d'eau, elle est représentée par des terrains allant de Crétacé au Quaternaire. La lithologie des formations est détritique et évaporitique pour la Quaternaire, détritique, évaporitique et carbonatée pour le Tertiaire et le Crétacé supérieure.

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 nappe phréatique représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui sont en nombre de 10000 puits (BG, 2001), et cette nappe a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée d'El Oued.

L'importance de les aquifères CT et CI représente à la satisfaire des besoins en eaux qui sont provenus de l'augmentation de la population et l'extension des cultures après le rabattement de niveau de la nappe traditionnelle.

le système de drainage vertical composé par 58 forages. L'objectif de ce système est de drainer l'excès, tels afin que la nappe phréatique est à 3m de profondeur dans les cités les plus basses (Chott et Sidi-Mestour).

La surface piézométrique n'est pas régulière et elle présente des dômes piézométriques dans les zones d'alimentation représentées par les agglomérations et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des dépressions piézométriques dans les zones des surfaces d'eau libre (Chott, ghouts inondés) . Ces dernières sont le siège d'une remontée des eaux souterraines accentuée surtout par le déversement des eaux usées.

Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est du S-W vers le N-E.

L'évolution du niveau statique de la nappe phréatique de la ville d'El-Oued entre l'année 2014 et l'année 2018 montre que cette nappe a gardé la même structure certaines zones et elle a connu un rabattement ou une remontée en autres.

La superficie des zones inondées pour la période entre l'année 2008 et 2014 révèle une diminution générale touchant pratiquement tous les quartiers de la ville d'El Oued ; par contre la superficie des zones inondées de l'année 2018 révèle une augmentation pour 2014.

Entre les années 2008 et 2014 la rentabilité de réseau de drainage vertical est claire présenté dans la rabattement de niveau piézométrique et la régression de la surface inondée surtout cité SIDI MESTOUR et cité NEZLA

Mais il subit des perturbations et diminutions durant la période entre 2014/2018 À cause des certains problèmes (élimination de la ceinture verte (Rampement urbain, abattage des arbres) en pannes des pompes, l'absence d'entretien périodique et de pièces de rechange) .

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

ANRH, 2005. Inventaire des forages d'eau de la wilaya d'El Oued. La Direction régionale Ouargla.

Baba Sy M., 2005. Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional, Thèse Doct., Université de Tunis El Manar, Tunisie.

Baba Sy M., Besbes M., 2006. Holocene recharge and present recharge of the Saharan aquifers. A study by numerical modelling, Colloque international - Gestion des grands aquifères - 30 mai-1er juin 2006, Dijon, France.

KHECHANA S., 2007. Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée d'Oued souf (Sud-Est Algérien), Mémoire magistère en Hydrogéologie. Université BADJI MOKHTAR Annaba.

D.R.E. (Direction des ressources hydriques Wilaya d'El-Oued) (2016), Enquête sur l'exploitation et le besoin en AEP de la commune de Guemar Wilaya d'El-Oued.

DSA (Direction Des Services Agricoles) (2010), Rapports et canevas (1999-2009).07 p .

Miloudi A ; 2008. Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région d'Oued Souf, L'impact sur l'environnement de la région, mémoire Magistère Hydrolitique. Univ Kasdi Merbah. Ouargla.

O.N.M. (Office National de la Métrologie d'El-Oued)., 2016. Bulletins mensuels de relevés des paramètres climatologiques en willaya d'El-Oued de 2000 à 2015.

Zine B., 2010. La remontée des eaux souterraines en surface: mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas d'Oued Souf). Mémoire Magistère en Hydraulique. Univ El Hadj Lakhdar –Batna.

UNESCO, 1972 a. Projet ERESS: Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final (ERESS project: study of the northern Sahara water resources. Final report). United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris.

Bonnard et Gardel., 2004. Vallée du Souf. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Avant-projet sommaire, réseau de transfert et collecte. Mission IC, Rapport de synthèse. 555/011/B.

Bonnard et Gardel., 2004. Vallée du Souf. Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique, APS du système de drainage vertical. Mission II- 6002.01/RN061.

REMINI B., 2005. L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi arides, exemple Algérien, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04.

Najah A., 1970. Le Souf des Oasis. Edition Maison des livres, Alger.

Cote M., 2006. Si le Souf m'était conté, comment fait et se défait un paysage. Édition Média-plus, Constantine.

Cornet A, 1961. Initiation à l'hydrogéologie saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires sahariennes. S.E.S. Birmandreis, Alger.

Cornet A., 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Rev. Géogr.Phys. & Géol. Dyn., Vol. VI, France.

BNEDR, 1992. Etude du schéma directeur de développement de l'agriculture de la wilaya d'El Oued. Alger.

Voisin A.R., 2004. Les Souf monographie, Edition El-Walid, El Oued-Algérie.

KHECHANA Salim (2014), Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien), Mémoire présente pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences, Université de Annaba.

(O.N.A) Office National d'Assainissement 2008.rapports techniques.

Cartographie : Fl. Troin • CITERES 2018. « La remontée des eaux dans la région du Souf : une menace sur un écosystème oasien », Les Cahiers d'EMAM [En ligne], 30 | 2018, mis en ligne le 01 juin 2018, consulté le 17 juin 2019. URL : <http://journals.openedition.org/emam/1554> ; DOI : 10.4000/emam.1554.