

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université HAMMA LAKHDAR EL-Oued



Faculté de Technologie

Département de Hydraulique & Génie Civil

MIRMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

OPTION : Conception et Diagnostic des System . A.E.P - ASS.

THEME:

Contribution à l'étude de l'impact de drainage sur la qualité des eaux de la nappe phréatique de la commune d'el oued.

Encadreur :

✚ Miloudi Abdelmonem

Etudiants :

- Fethallah Mourad
- Souid Seifeddine
- Bouguettaya Kamel

Année Universitaire : 2020/2021.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, on remercie Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous donné afin que nous puissions terminer ce travail.

Il s'est agréable de remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail et en particulier :

Monsieur MILOUDI A.monem, qui a accepté de diriger ce travail, nous le remercions infiniment pour son aide pour ses conseils judicieux et ses orientations, afin que nous puissions mener ce travail à terme.

Nos remerciements vont encore à :

Notre Enseignants du département d'hydraulique, pour leur soutien moral et leur accueil chaleureux.

Enfin, Nous remercions par la même occasion notre grandes familles et tous notre amis.

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de la région du Souf (Commune d'El-Oued)	
I.1- Situation géographique de la région d'Oued Souf	3
I.2- Les peuplement du Souf	6
I.3- Le cadre architectural et socioéconomique du Souf	7
I.4- Relief et topographie de la région du Souf	8
I.5- Contexte climatique du Souf	10
I.5.1- Climatologie	11
I.5.1.1- Températures	12
I.5.1.2- Précipitations	12
I.5.1.3- Evaporation potentielle	13
I.5.1.4- Vitesse du vent	14
I.5.1.5- Humidité de l'air	15
I.5.1.6- Insolation	16
I.5.2- Synthèse climatique	17
I.5.2.1-Diagramme Ombrothermique de Gaussen	18
I.5.2.2-Quotient pluviothermique	19
I.5.2.3- Indice d'aridité de DE MARTONNE	21
Conclusion	22

Chapitre II description sur le projet contre la remontée des eaux de la nappe de la commune d'El Oued

Introduction	24
II.1- Historique de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf	25
II.2- Schéma d'assainissement	29
II.2- Schéma d'épuration	30
II.2- Schéma de drainage	32
II.2.1- le réseau de drainage horizontal	32
II.2.2- Réseau de drainage vertical d'El-Oued	32
II.2.3- Les objectifs du système de drainage	35
Conclusion	36

Chapitre III Diagnostique sur les qualités physico-chimiques des eaux de la nappe phréatique la région d'étude

Introduction

III.2. La variation qualitative de la nappe phréatique de la commune d'El-Oued	38
III.2.1. Variation des matières azotées dans les eaux de la nappe de la ville	39
III.2.1.1 L'azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux de la nappe phréatique en Mars 2016	40
III.2.1.2 La variation spatio-temporelle de Nitrite (NO_2^-) des eaux de la nappe	43
III.2.1.3 La variation spatio-temporelle de Nitrate (NO_3^-) des eaux de la nappe	45
Conclusion	46
Synthèse Générale Et Conclusions	48
Références bibliographiques	50

Liste des figures

Figure (I.1) : Situation géographique de la région d'Oued Souf	4
Figure (I.2): Répartition administrative des chefs-lieux des communes de la vallée d'Oued Souf	5
Figure I.3 : Les frontières de la vallée du Souf.....	7
Figure (I.4) : Carte topographique de la région de souf	10
Figure I-5. Variation interannuelle des précipitations (1978-2018) du Souf	13
Figure I-6 : L'évaporation potentielle de la région du Souf (1986-2009)	14
Figure I-7 : <i>Les vitesses du vent dans la région du Souf (1993-2015)</i>	15
Figure I-8 : <i>Humidité de la région du Souf (1978-2015)</i>	16
Figure (I-9): Insolation moyennes mensuelles durant la période 2000/2015.....	17
Figure (I-10): Diagramme Ombrothermique de la région d'Oued Souf (1978-2017)	18
Figure (I-11) : Climagramme d'Emberger pour la région du Souf	20
Figure (II-1): Distribution spatiale de l'agriculture dans le Souf.....	25
Figure (II-2): Le phénomène de remontée de la nappe phréatique par forage	26
Figure (II-3): Première apparition du phénomène de remontée des eaux aux portes de la ville d'El Oued, 1973	27
Figure (II-4): Évolution de la nappe phréatique dans la région d'El Oued en 2000	28
Figure (II-5): un ghouts ennoyée complètement par les eaux polluée de l'année 90 (Cote Marc, 2006)	28
Figure (II-6): Schéma directeur d'assainissement d'El Oued	30
Figure (II-7): Schématisation générale du projet [Khechana S, 2010]	31

Figure (II-8) : drainage horizontal	33
Figure(II-9): Localisation des 58 forages de réseau de drainage vertical	34
Figure (III.1) prélèvement de l'eau au niveau de drain	38
Figure (III.2) laboratoire d'analyses (ADE) d'El Oued	38
Figure (III.3) les flacons des échantillonnages	39
Figure (III.4) : Cycle de l'azote.(Derouiche ;2014)	40
Figure (III.5). Azote ammoniacal (NH⁴⁺) des eaux de la nappe phréatique de la ville d'El Oued en Mars 2016	41
Figure (III.6). Azote ammoniacal (NH⁴⁺) des eaux de la nappe phréatique de la ville d'El Oued en Avril 2021	42
Figure (III.7). La Variation spatio-temporelle de Nitrite (NO₂⁻) des eaux de la nappe phréatique de la commune d'El oued entre Mars 2016 - Avril 2021	44
Figure (III.8). La Variation spatio-temporelle de Nitrate (NO₃⁻) des eaux de la nappe phréatique de la commune d'El oued entre Mars 2016 -Avril 2021	46

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Répartition de la superficie et nombre d’habitant de la zone d’étude par commune	7
Tableau I-2: Données climatiques de la région d’Oued Souf Température & précipitation (1978- 2018)	12
Tableau I-3. Précipitations interannuelles (1978 – 2018) du Souf	13
Tableau I-4. Données climatiques de la région d’Oued Souf-Evaporation-(1986- 2009)	14
Tableau I- 5. Données climatiques de la région d’Oued Souf-Vents-(1993- 2015)	15
Tableau I-6 Données climatiques du Souf- Humidité de l’air-(1978- 2015)	17
Tableau I-7. Données climatiques de la région d’Oued Souf- Insolation -(1997- 2009)	18
Tableau I-8 : Classement en fonction de l’indice d’aridité (de Martonne)	22

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

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.

DRE: Direction des ressources en eau.

DPSB : Direction de la programmation et suivi budgétaires.

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.

Introduction
générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau, une ressource minérale indispensable pour toutes les créatures vivantes, c'est une nécessité pour la vie. Avec l'accroissement démographique, l'homme a dû vivre loin des rivières et autres plans d'eau, par conséquent, d'autres sources comme l'eau souterraine furent découvertes.

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 à la remontée des eaux provenant des nappes phréatiques, qui sont néfastes pour les cultures et les habitations.

La région de Souf est bien connue par 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 CT et le CI) 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.).

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

Face à cette problématique, divers solutions ont été proposées pour limiter l'ampleur de ce phénomène, le plus important a été 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 qui a profité d'un réseau d'assainissement et un réseau de drainage vertical, le premier est pour l'évacuation des eaux domestiques usées vers le point de rejet (Chott El Halloufa) et en but d'améliorer la qualité des eaux souterraines et le dernier est pour l'évacuation des eaux de zones inondées.

Dans cette vue ce travail a été axé principalement sur la rentabilité de ces ouvrages hydrauliques par la détermination des origines probables de la pollution 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 on va décrire le projet contre la remontée des eaux de la nappe et ses objectifs.
- ❖ Le troisième chapitre concerne diagnostique et étude de qualité chimique des eaux de la nappe phréatique de la région d'étude.

Chapitre I
Présentation de la
Région du souf
(commune d'El-Oued)

I.1. Situation géographique de la région d'Oued Souf :

La vallée de Souf est située dans la Wilaya d'El Oued, l'une des principales oasis du Sahara Septentrional Algérien. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à une distance de 650 km de la capitale, au Nord-Est du Sahara septentrional. Elle occupe une superficie de 35.752 km². Elle forme une wilaya depuis 1984.

Elle est limitée (**Figure I.1**):

- au Nord par les wilayas de Biskra, Khenchela et Tébessa.
- à l'Est par la Tunisie.
- à l'Ouest par les wilayas de El Meghaier, et Touggourt.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.

La longueur de sa frontière avec la Tunisie est de 300 Km environ. Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire. La wilaya est divisée en trois principales sous régions : Région du Souf - Régions des dépressions (Hamraia) -zone frontière.

La wilaya d'El-Oued compte actuellement 22 communes regroupées en 10 Daïras (**Figure I.2**).

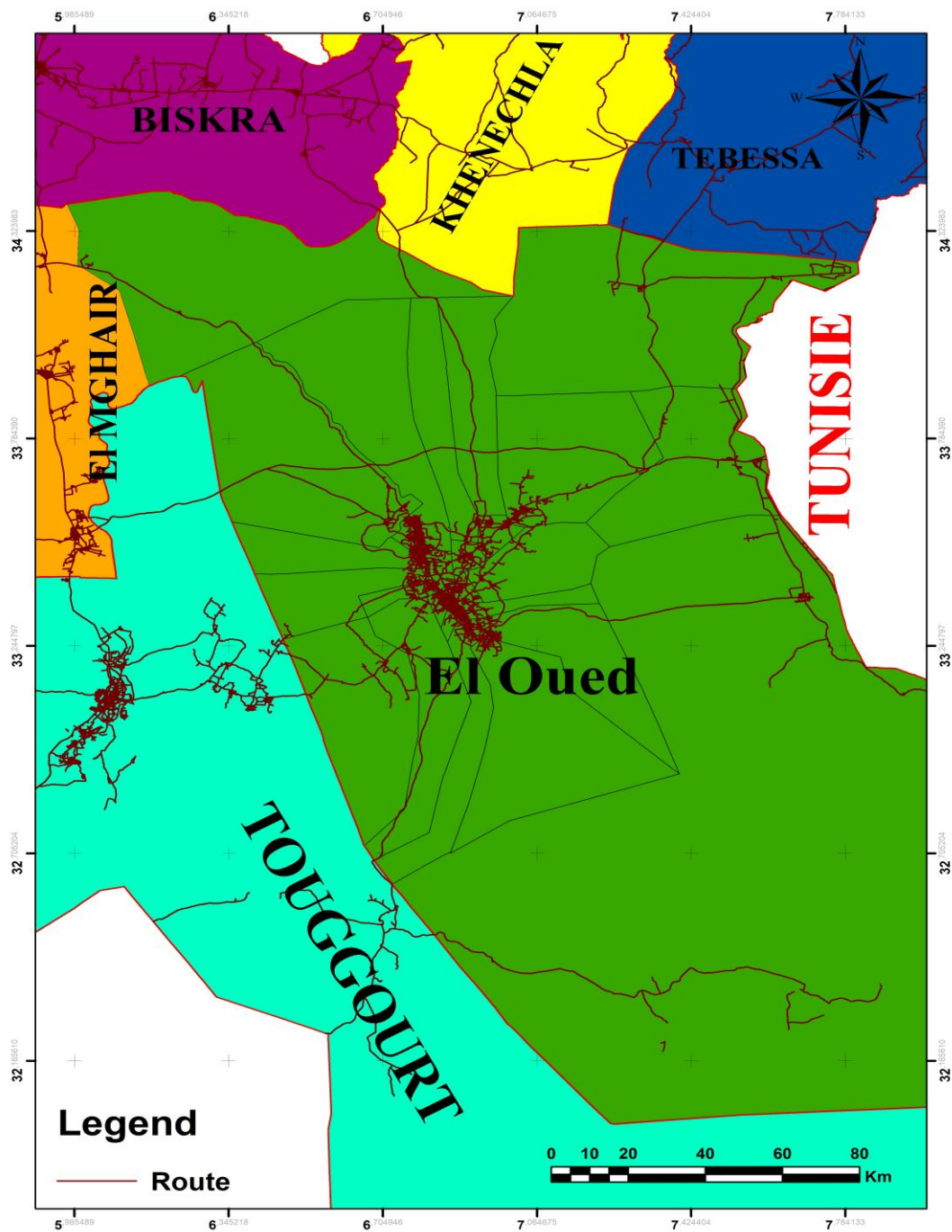


Figure (I.1) : Situation géographique de la région d'Oued Souf

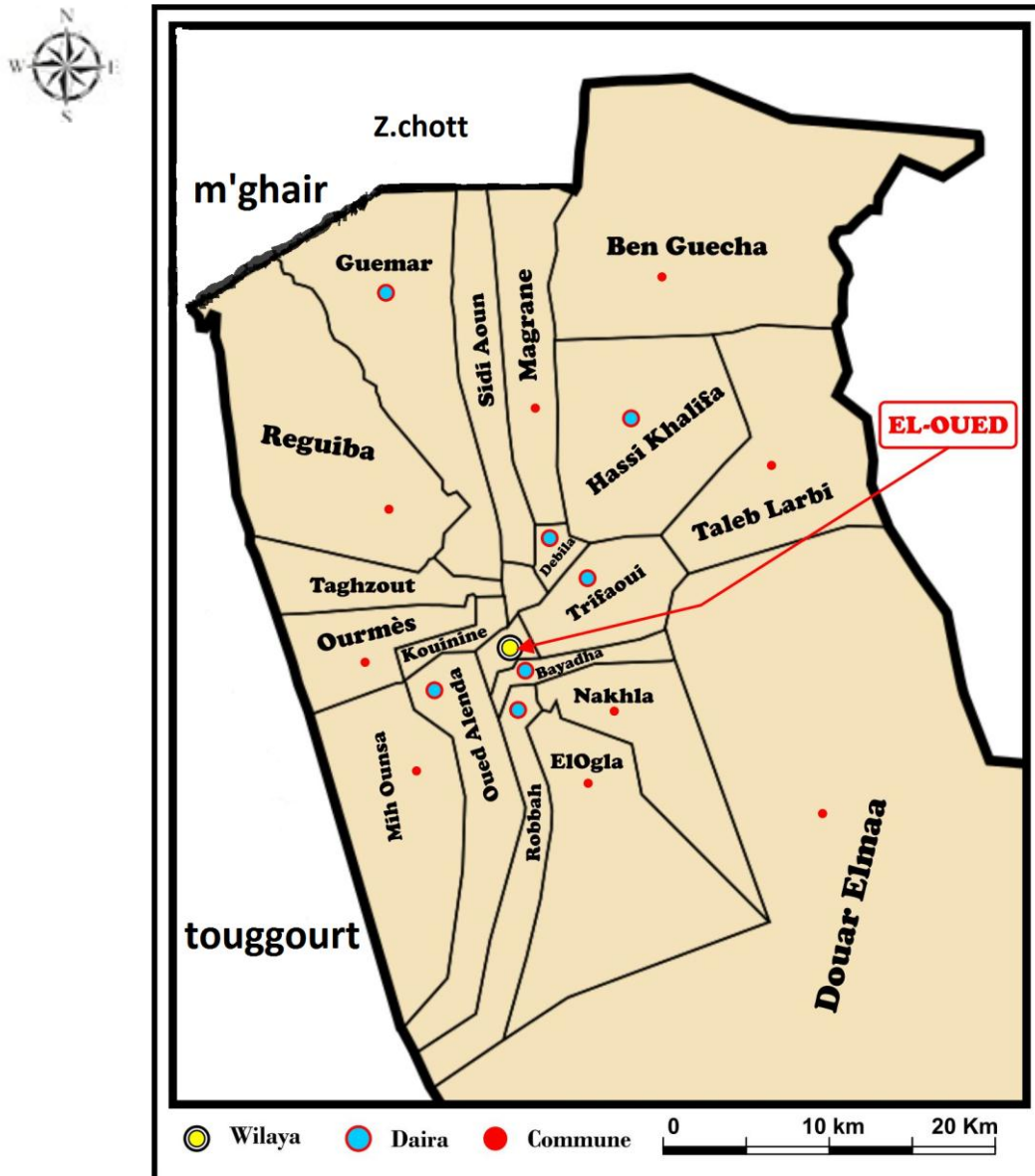


Figure (I.2): Répartition administrative des chefs-lieux des communes de la vallée d'Oued Souf.

I.2. peuplements du Souf:

La vallée du Souf occupe une superficie de 11738.4 km² (**Tableau I.1**) et avec un nombre de population de 643120 habitants selon la DPSB 2019 (**Figure I.3**).

N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km ²)	N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km ²)
01	El Oued	185 615	77.2	10	Bayadha	43 720	139
02	Kouinine	14 395	116	11	Oued el Alenda	8 545	712
03	Réguiba	58 610	1 965,6	12	MihOuansa	23 885	1111
04	Guemar	57 220	1 264,4	13	Trifaoui	11 375	474
05	Taghzout	18 560	539,2	14	Magrane	32 115	618
06	Ourmés	7 540	442,8	15	Sidi Aoun	15 950	480
07	Débila	33 960	78	16	Robbah	29 685	499,
08	Hassani Abdelkrim	32 030	58	17	Nakhla	18 040	700
09	Hassi Khalifa	43 255	1112	18	El Ogla	8 620	1352
Superficie total :		11738.4 Km²		Population total :		643120 hab	

Tableau (I.1):Répartition de la superficie et nombre d'habitant de la zone d'étude par commune (DPSB, 2019)

Elle s'étend sur 18 communes (**Figure I.2**) dont la commune d'El-Oued qui est la chef-lieu de la wilaya et la commune la plus peuplée 185 615habitant avec une densité 2404,34 hab/km², suivie par la commune de Reguiba de 58 610 habitants (29,82 hab/km²), par contre la commune d'El-Ogla 8 620 hab (la plus faible densité de population 6,37 hab/km²).

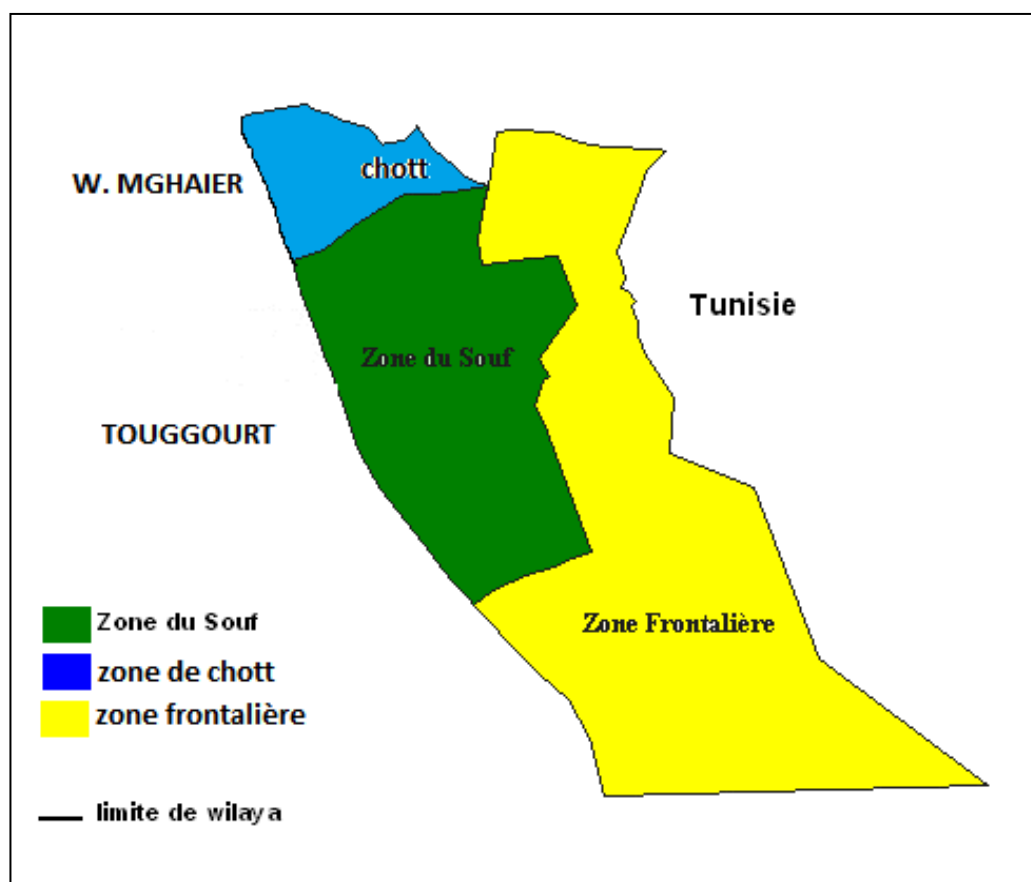


Figure (I.3) : Les frontières de la vallée du Souf.

I.3. le cadre architecturale et socioéconomique du Souf :

El Oued: la ville aux mille coupoles, capitale du Souf, son originalité de son architecture typique, caractérisée par les coupoles qui couvrent les maisons et par ses palmeraies plantées dans les Ghouts.

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

Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale. nous donnons un aperçu général sur l'économie du Souf.

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 contient (DPSB/ 2019) :

- L'élevage : avec 685 000 têtes de toutes espèces confondues.
- Cela permet d'avoir : Une production de viande rouge, blanche, d'œufs et laitière.

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.



I.4. Le relief et topographie de la région du Souf :

- Le relief de la wilaya d'El Oued est caractérisé par l'existence de trois principales formes :
- **Les accumulations sableuses** : les dunes sont loin de recouvrir la totalité du Sahara, mais se localisent généralement dans de vastes régions ensablées appelées les ergs. D'après Gardi 1973, les dunes peuvent avoir des formes différentes en fonction de la direction dominante du vent ; elles couvrent la totalité de la région du Souf, ainsi que les parties Est et Sud de Oued-Righ.
 - **Une forme de plateaux rocheux** : elle s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses.
 - **Une zone de dépressions** : elle est caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est et l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour devenir négative au niveau des chotts (Serraye ; 2014).

Les formations quaternaires occupent tous les niveaux bas sédimentaires et forment des sebkhas

➤ **Situation topographique :**

• **Nature topographique de la région d'étude :**

La région d'Oued Souf appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude est située au Sud-Est du pays- Le point le haut se trouve à la cote 125m à la commune de Bayadha (Soualah), (**Figure I.6**) alors que le point le plus bas se trouve à la cote 29m à la commune de Réguiba (Foulia).

L'altitude moyenne de la région est de 80 mètres et accuse une diminution notable du Sud vers le Nord pour être de 25 mètres au-dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts qui occupent le fond de l'immense bassin du bas Sahara. (ANRH 2005).

• **Pente de terrain :**

Le pendage général de la zone d'étude est orienté Sud/Nord, avec une pente moyenne très faible (au mieux de l'ordre de 0,002 m/m à 0,003 m/m) et des incidents liés à la présence des dunes. (ANRH ; 2005).

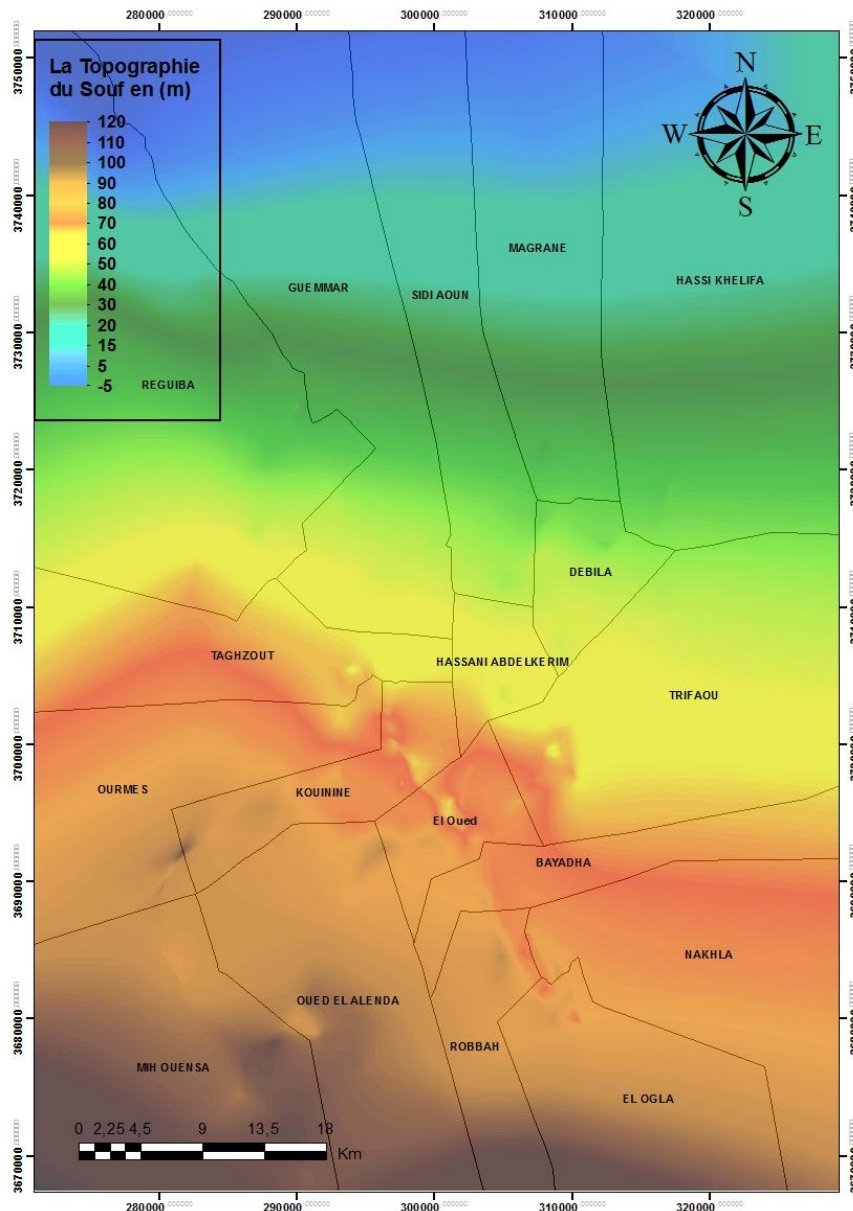


Figure (I.4) : Carte topographique de la région de souf

L'altitude moyenne de la région est de 61 m et dénonce une diminution du Sud vers le Nord pour être de 25 m au dessous du niveau de la mer dans la zone des Chotts (ANRH, 2016).

I.5. Contexte climatique :

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

L'analyse des paramètres climatiques se fait sur la base des données de la station météorologique de l'aéroport d'El-Oued située dans la daïra de Guemar au nord de la ville. Cette station est exploitée par l'ONM.

I.5.1 Climatologie

Le climat de la région est de type saharien caractérisé par un été chaud et sec et un hiver doux. Les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulier 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 la station Météorologique de l'ONM (Office National Météorologique) de l'aéroport de Guemar qui représente la seule station existante dans la zone d'étude. Ces données sont choisies durant une période (1978-2018).

Tableau I-2: Données climatiques de la région d'Oued Souf –Température & précipitation (1978- 2018)

Mois	Température (C°)			Précipitation (mm)
	T _{min}	T _{max}	T _{moy}	
Janvier	9,62	20,76	15,31	14,61
Février	11,51	24,41	18,08	5,30
Mars	15,69	29,52	22,76	8,40
Avril	19,49	34,26	27,02	7,69
Mai	24,37	38,85	31,76	4,56
Juin	28,52	43,52	36,16	1,48
Juillet	30,03	45,31	37,77	0,26
Août	30,18	44,98	37,67	1,87
Septembre	26,79	40,67	33,85	5,80
Octobre	21,89	34,89	28,53	6,82
Novembre	15,87	27,10	21,38	7,51
Décembre	10,32	20,98	15,76	6,41
<i>Moyenne</i>	20,36	33,77	27,06	70,70*

* Cumulé annuel

(D. Transport W. El-Oued , 2020)

I.5.1.1- Températures :

La température moyenne annuelle est de 27,06 °C, avec un maximum en Juillet de 37,77 °C (maxima moyens 45,31 °C), et un minimum en janvier de 15,31 °C (minima moyens 9,62 °C) (Tableau I-2).

Le Souf a des étés brûlants qui sont aussi durs que ceux qui s'observent dans le Sahara septentrional.

Il nous faut préciser que, contrairement au reste de la zone climatique définie, on enregistre dans le Sud des variations importantes de température, entre le jour et la nuit, où le thermomètre indique jusqu'à 55 °C à l'ombre dans la journée pour n'enregistrer dans la nuit que 15 °C ou 16 °C ; car le sable se refroidit beaucoup plus vite que la pierre ou l'argile. Cet écart peut se chiffrer à 30 °C. Mais en hiver par contre la température descend souvent au-dessous de 0°C dans la nuit.

I.5.1.2- Précipitations :

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, la moyenne annuelle de la région est de 70,70 mm/an (Tableau I-2).

Tableau I-3. Précipitations interannuelles (1978 – 2018) du Souf :

Année	P _i (mm)	Année	P _i (mm)	Année	P _i (mm)	Année	P _i (mm)	Année	P _i (mm)	Année	P _i (mm)
1978	73,8	1986	90,2	1994	48,3	2002	32	2010	49	2018	30
1979	86	1987	40	1995	60,1	2003	97,9	2011	29		
1980	106	1988	77,9	1996	105,4	2004	133,5	2012	22		
1981	29,9	1989	18,5	1997	72,2	2005	35,7	2013	64		
1982	88,4	1990	209	1998	79,1	2006	121,3	2014	18		
1983	15,9	1991	47,6	1999	124,3	2007	56,3	2015	13		
1984	45	1992	64	2000	37,3	2008	31,4	2016	103,2		
1985	40,6	1993	46,5	2001	52	2009	233,7	2017	100,1		
<i>P_{moy} (1978-2018)</i>								70,70 mm			

(O.N.M. El Oued Guemmar, 2018)

La variation interannuelle des précipitations pour la période de 1978 à 2018 est présentée dans le tableau I-4 et illustrée sur le graphique (Figure I-5). Pour la station de mesures nous remarquons que la hauteur annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 13 mm en 2015 à 233,7 mm en 2009, tandis que le module pluviométrique interannuel est égal à 70,70 mm.

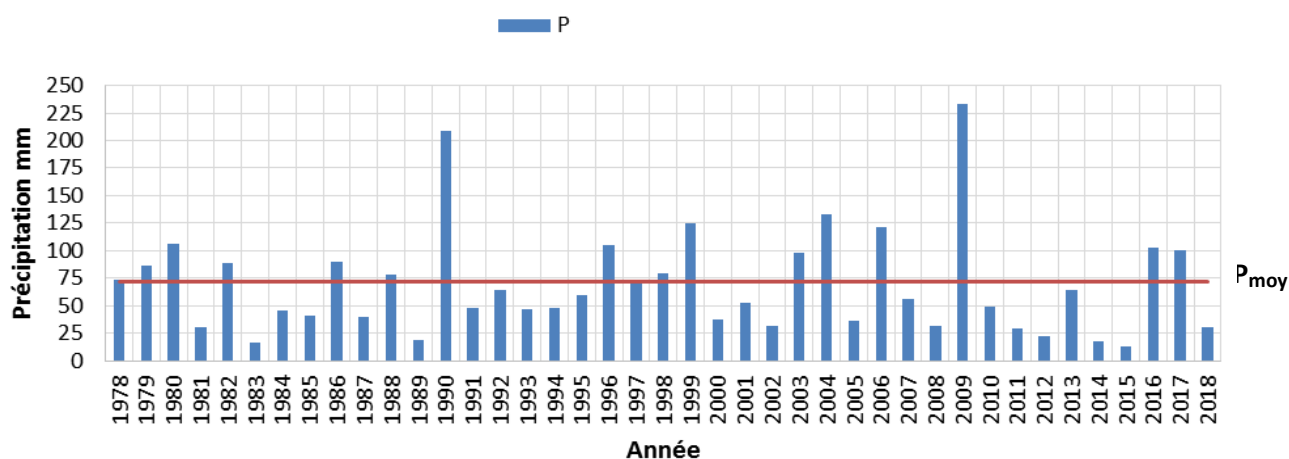


Figure I-5. Variation interannuelle des précipitations (1978-2018) du Souf.

La station météorologique de Guemmar a enregistré 24 années de précipitations inférieures à la moyenne et 17 années au-dessus de la moyenne.

Dans le Souf, la pluviométrie assez capricieuse, satisfaisante dans l'ensemble, les précipitations se produisent généralement d'octobre à février. Le plus souvent fines et modérées, elles deviennent parfois torrentielles, où on a enregistré 146 mm au mois de janvier 2009.

I.5.1.3- Evaporation potentielle :

Tableau I-4. Données climatiques de la région d'Oued Souf-Evaporation-(1986- 2009) :

Mois / Paramètre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Joins	Juillet	Aout	Septembre	Novembre	Octobre	Décembre	Moyenne
	Evaporation (mm)	76,47	99,55	148,93	197,68	252,37	278,76	316,13	278,88	200,08	149,64	99,68	76,00

* Cumulé annuel

(O.N.M. El Oued Guemmar, 2018)

L'évaporation est importante, elle atteint dans le Souf une ampleur considérable car ce phénomène physique rencontre ici les conditions nécessaires optimales : la moyenne annuelle est de 2174,16 mm (Tableau I- 4).

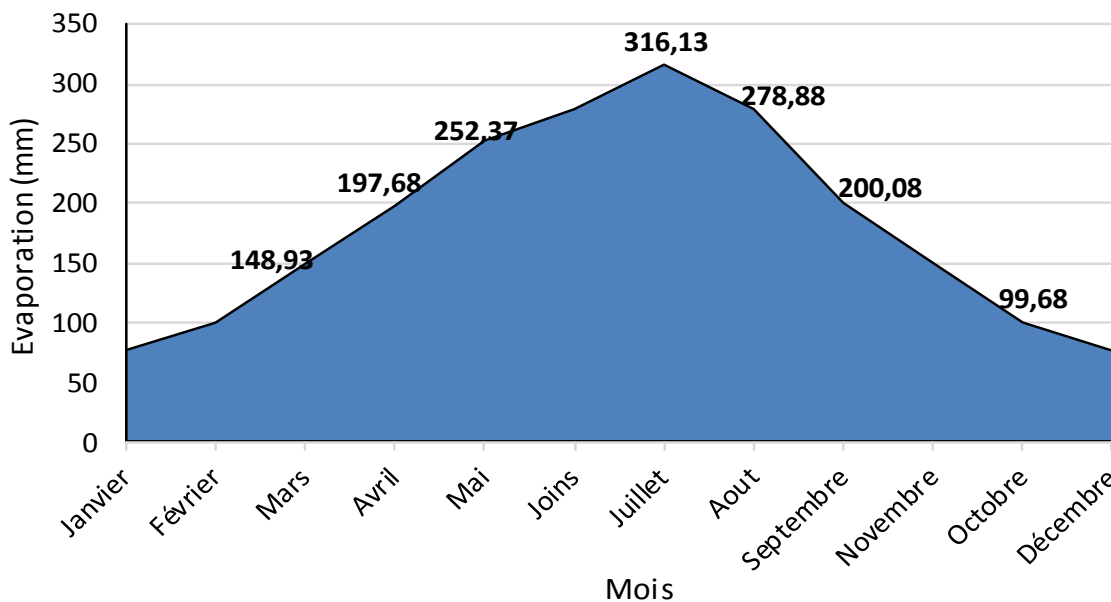


Figure I-6 : L'évaporation potentielle de la région du Souf (1986-2009).

Le maximum est atteint au mois de juillet avec une moyenne de 316,13 mm (Figure I-6). Le minima est enregistré durant le mois de décembre 76 mm.

I.5.1.4- Vitesse du vent :

Tableau I- 5. Données climatiques de la région d'Oued Souf-Vents-(1993- 2015) :

Paramètre	Mois												Moyenne
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Joins	Juillet	Aout	Septembre	Novembre	Octobre	Décembre	
Vents (km/h)	21,13	27,17	31,78	37,83	38,83	38,09	33,22	29,52	29,96	21,17	19,52	19,78	29

(O.N.M. El Oued Guemmar, 2018)

Il est un dernier phénomène qui joue son rôle dans certains aspects de la vie au Souf ; c'est le vent. Selon le Tableau I-5, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant d'Avril jusqu'en Septembre, avec un maximum de $38,83 \text{ km.h}^{-1}$ durant le mois de Mai (Figure I-7).

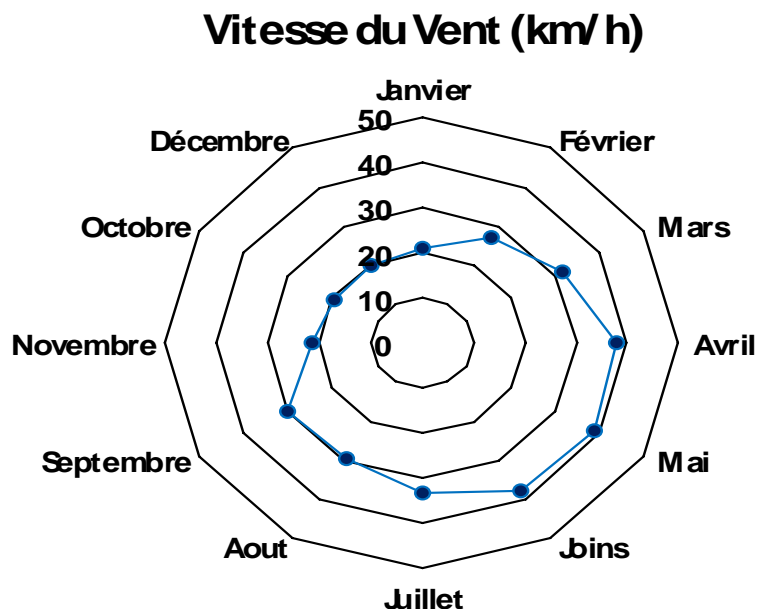


Figure I-7 : Les vitesses du vent dans la région du Souf (1993-2015).

Tout comme les météorologistes, les habitants du Souf ont leur idée sur les vents : chacun a son nom : Le *gharbi* (mot Arabe) c'est-à-dire *d'Ouest*, est de peu d'intérêt. Au contraire, le *bahri*, vent d'Est qu'il faudrait appeler le « marin », en été il apporte de la fraîcheur.

Il faut signaler ; que le période du printemps les vents de sable sont les plus forts. 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 plus 150 à 180 km/h, caractérisés par une température élevée due au "Chihili" ou sirocco, parfois violent : il souffle du Sud, mais plus encore du Sud-Ouest.

I.5.1.5- Humidité :

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace (Vincent Luyet et *al*, 2010). Dans la région d'El-Oued, l'humidité de l'air est faible ; la moyenne annuelle de l'humidité relative est de 47.59%. Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 31.34% pendant le mois de Juillet (**Figure I-8**) ; 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 65.95 % au mois de Décembre

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Joins	Juillet	Aout	Septembre	Novembre	Octobre	Décembre	Moyenne
Humidité (%)	63,95	54,76	48,68	42,84	38,21	34,03	31,34	34,39	44,87	52,66	59,39	65,95	47,59

Tableau I-6 Données climatiques du Souf- Humidité de l'air-(1978- 2015) :

L'humidité de l'air est faible. La moyenne annuelle est de 47,59 % (Tableau I-6). Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année.

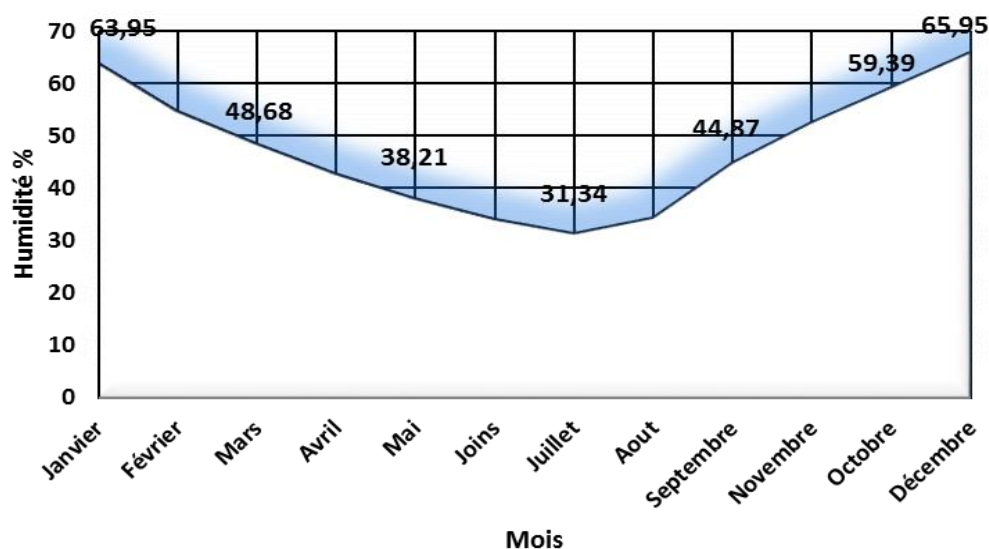


Figure I-8 : Humidité de la région du Souf (1978-2015).

I.5.1.6. Insolation :

La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximale au cours du mois de juillet avec une moyenne de 352.59 heures, et un minimum enregistré pendant le mois de décembre (225.92 heures) (**Figure I -9**).

Dans la région d'El-Oued, le rayonnement solaire est excessif durant l'année avec une moyenne de 3371,15 heures ce qui se traduit par un pouvoir évaporant très élevé.

Tableau I-7. Données climatiques de la région d'Oued Souf- Insolation -(1997- 2009) :

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Joins	Juillet	Aout	Septembre	Novembre	Octobre	Décembre	Moyenne
Paramètre													
Insolation (h)	236,37	247,08	278,39	281,92	308,20	342,09	352,59	329,06	271,82	259,20	238,52	225,92	3371,15*

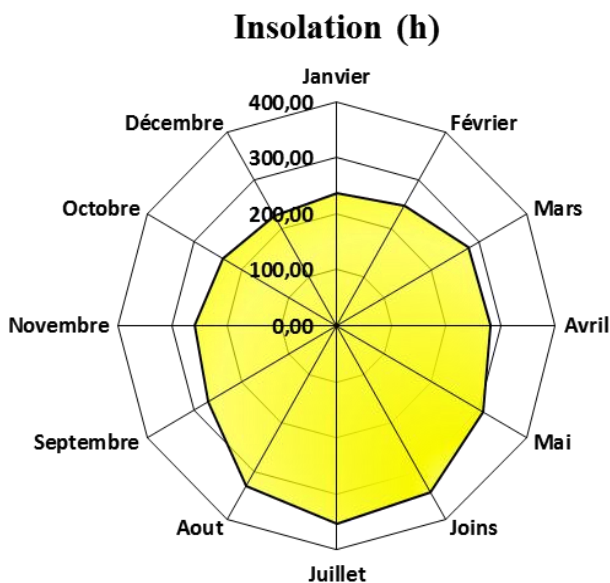
*

Cumulé annuel

(O.N.M. El Oued Guemmar, 2018)

A cause de la faible nébulosité de l'atmosphère, la quantité de lumière solaire est relativement forte, ce qui a un effet desséchant en augmentant la température (Ozenda, 1983)

Figure (I-9): Insolations moyennes mensuelles durant la période 2000/2015.



I.5.2- synthèse climatique :

La combinaison des données des précipitations et celle des températures permet de mettre en évidence :

- les périodes sèches et humides au cours de l'année grâce au diagramme Ombrothermique de Gaussen.
- le domaine climatique ou le type de climat suivant la méthode d'Emberger et/ou le calcul de l'indice d'aridité.

I.5.2.1. Diagramme Ombrothermique de Gausсен :

Le but du diagramme Ombrothermique est de déterminer la période sèche et la période humide d'une région donnée. L'examen de ce diagramme, montre que la région d'étude est caractérisée par une période sèche qui s'étale sur toute l'année (**Figure I-10**) ; la détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation des plantes.

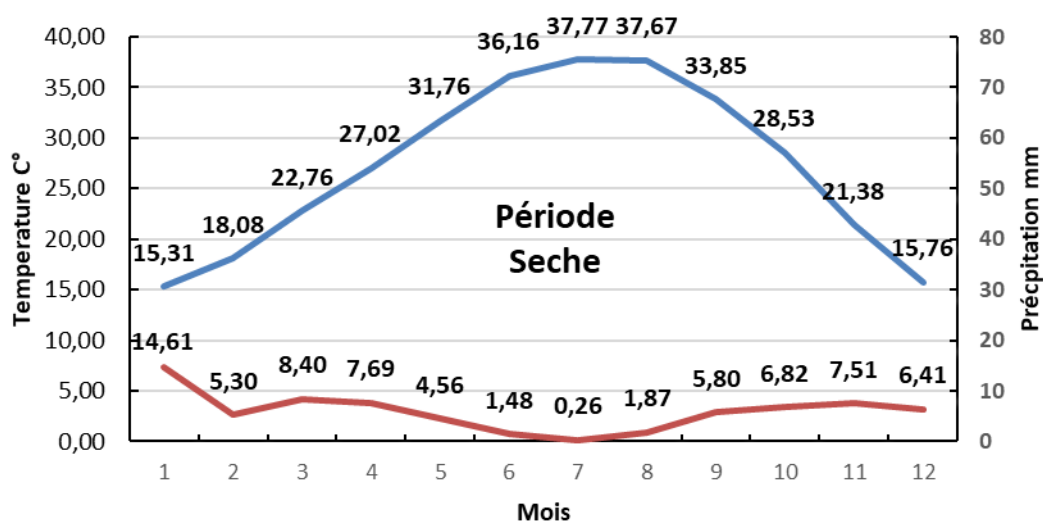


Figure (I-10): Diagramme Ombrothermique de la région d'Oued Souf (1978-2017).

I.5.2.2- Quotient pluviothermique :

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé la formule de **Stewart (1969)** adaptée à l'Algérie qui a la forme suivante :

$$Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

Avec :

Q_2 : Quotient pluviométrique d'Emberger.

P: Précipitation moyenne annuelle (mm).

M: Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (c°). m: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (c°). Pour notre cas :

$$P = 70.70$$

$$M = 49.4^\circ\text{C}$$

$$m = 3^\circ\text{C}$$

$$\text{Donc : } Q_2 = 3.43 * 70.70 / (49.4 - 3) = 5.22$$

Selon le climagramme d'Emberger (**Figure I-11**), le climat de la région d'étude est saharien de type hyper-aride à hiver doux, puisque Q_2 est égal à 5,22.

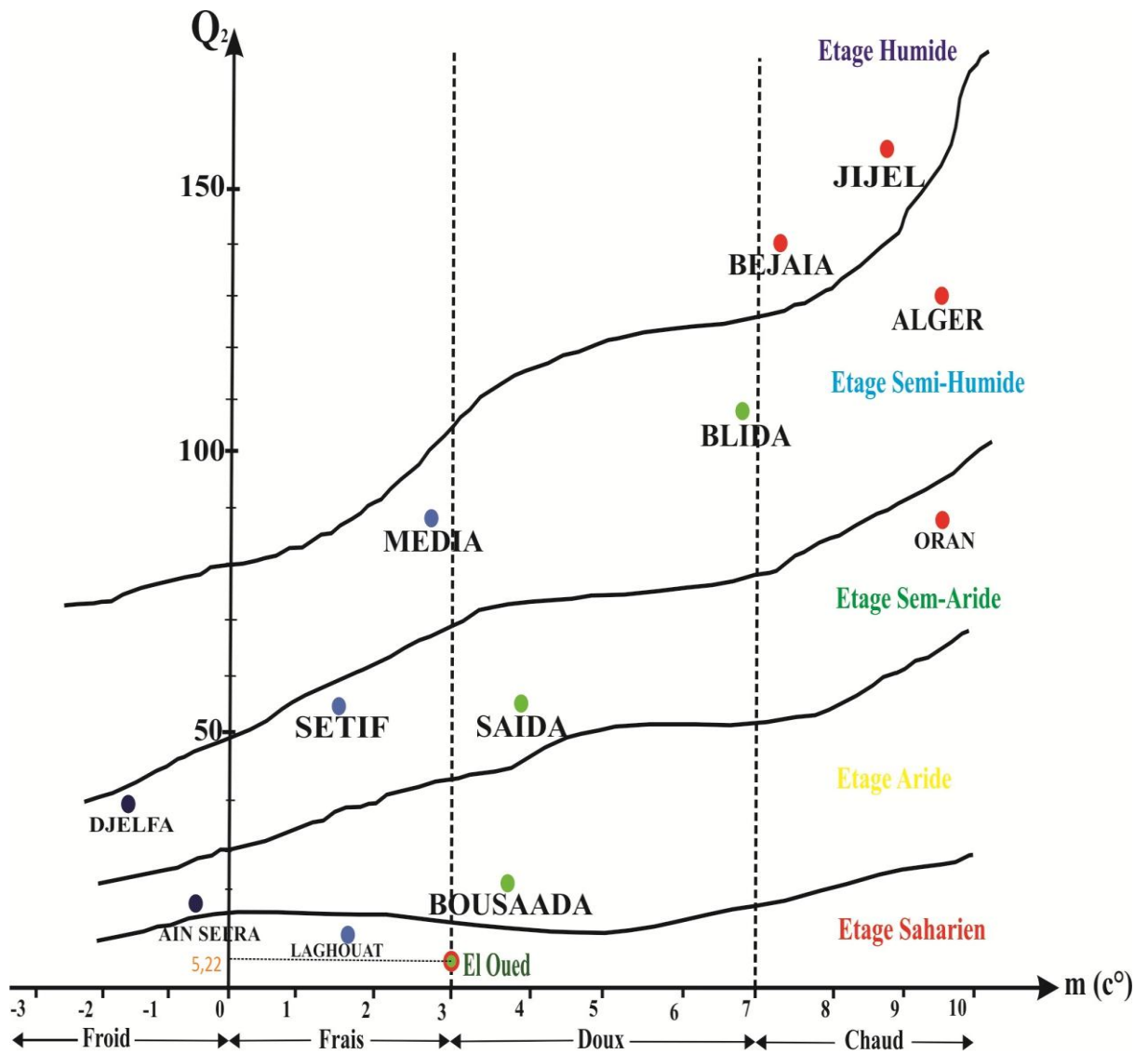


Figure (I-11) : Climagramme d'Emberger pour la région du Souf.

I.5.2.3- Indice d'aridité de DE MARTONNE

Cet indice dépend essentiellement de la précipitation moyenne mensuelle en (mm) et température annuelle en (°C), en appliquant la formule suivant :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

I : indice d'aridité.

P : précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Application numérique

P= 70.7mm

T=27.06°C

Donc : I= 1.90

Tableau I-8 : Classement en fonction de l'indice d'aridité (de Martonne)

Classement de l'indice d'aridité	Type de climat
I<5	Climat hyperaride
5<I<7.5	Climat désertique
7.5<I<10	Climat steppique
10<I<20	Climat semi-aride
20<I<30	Climat tempéré
I>30	Climat humide

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

Conclusion :

El' Oued c'est un coin de désert, un morceau de Sahara, sables, dunes, Oasis et palmiers, située au Sud-Est Algérien au centre d'une grande cuvette synclinale.

Elle est caractérisée par l'existence de trois principales formes de relief qui sont : les accumulations sableuses, la forme de plateaux rocheux et la zone de dépressions , et une topographie plane, monotone et sans exutoire.

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

L'une sèche et chaude, qui s'étale de mars à novembre et l'autre humide et froide pendant le Reste de l'année.

Le mois le plus humide est décembre, il est caractérisé par une forte humidité (environ 65.95 %) et d'un faible rayonnement solaire (environ 225.92 heures). Le mois le plus sec est juillet, il est caractérisé par une faible humidité (31.34% environ). La brillance du soleil est très élevée avec 352.59 heures, ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.

Chapitre II

*Description sur le projet
contre la remontée des eaux
de la nappe de la commune
d'el oued*

INTRODUCTION :

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

Les oasis du Sahara algérien ont conduit à un recours de plus en plus important à l'exploitation des nappes d'eau souterraine, l'absence d'exutoire naturelle, l'accroissement des besoins en eau, l'agrandissement de la superficie agricoles et l'absence d'un réseau d'assainissement collectif (le réseau est partiel à El-Oued et absent dans les autres communes de la région où les eaux utilisées sont collectées individuellement dans les fosses septiques) sont les principales causes qui ont provoqué l'élévation des eaux de la nappe phréatique suivie par une dégradation environnementale.

Dans le but de maîtriser et limiter l'ampleur de la remontée de la nappe phréatique, l'État a mis en place un grand projet d'assainissement (par déffirent Des campagnes et bureaux d'études) contre la remonté de la nappe phréatique suivant un système approprié composé de 2 compartiments : réseau de drainage vertical, réseau d'assainissement des eaux usées.

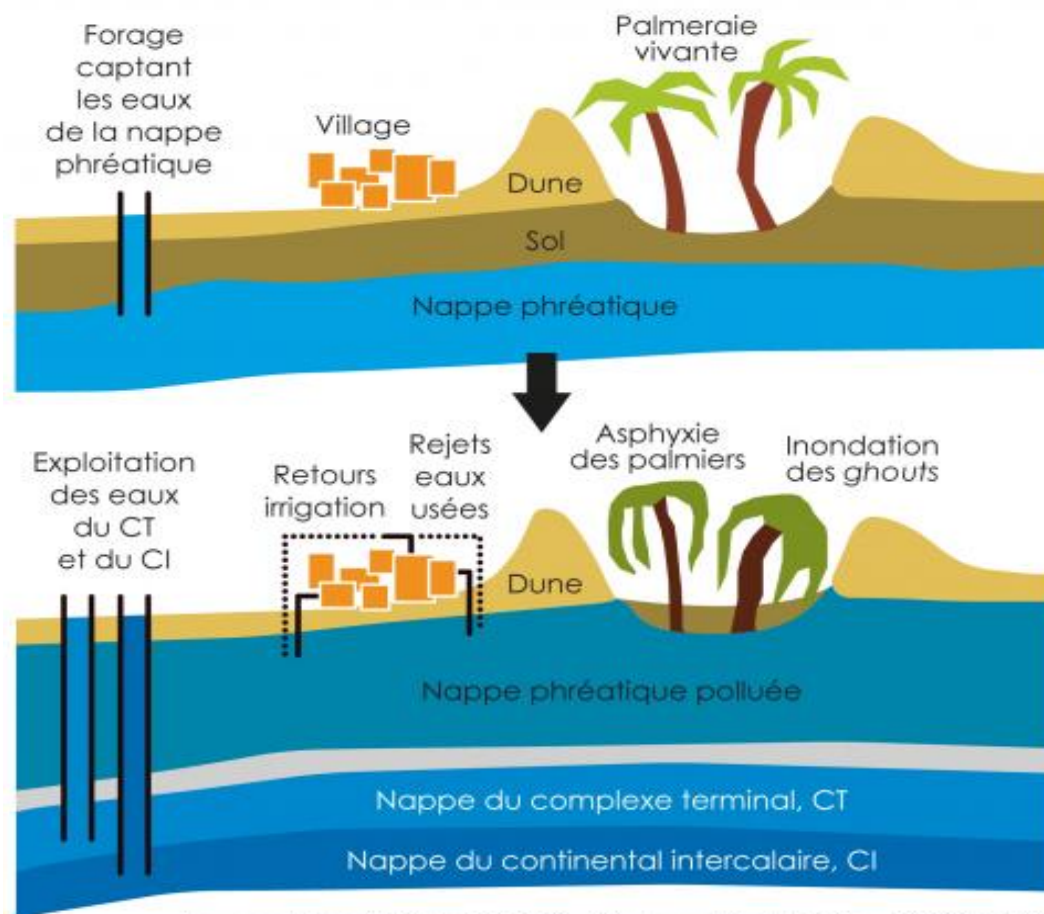
La commune d'El-Oued a bénéficié d'un réseau d'assainissement et un réseau de drainage vertical, le premier est pour l'évacuation des eaux domestiques usées vers le point de rejet (Chott) au Nord de la région du Souf et en but d'améliorer la qualité des eaux souterraines, et le dernier est pour l'évacuation des eaux de zones inondées. Avec tous ces investissements: est-ce que la ville d'El- oued peut sortir de cette critique situation ? et que devons nous faire avec ce volume grandisse ?

Il est important de savoir l'historique et la situation des réseaux hydrauliques (Eaux usées et eaux de drainage) dans la vallée du Souf.

De 1956 à 1993

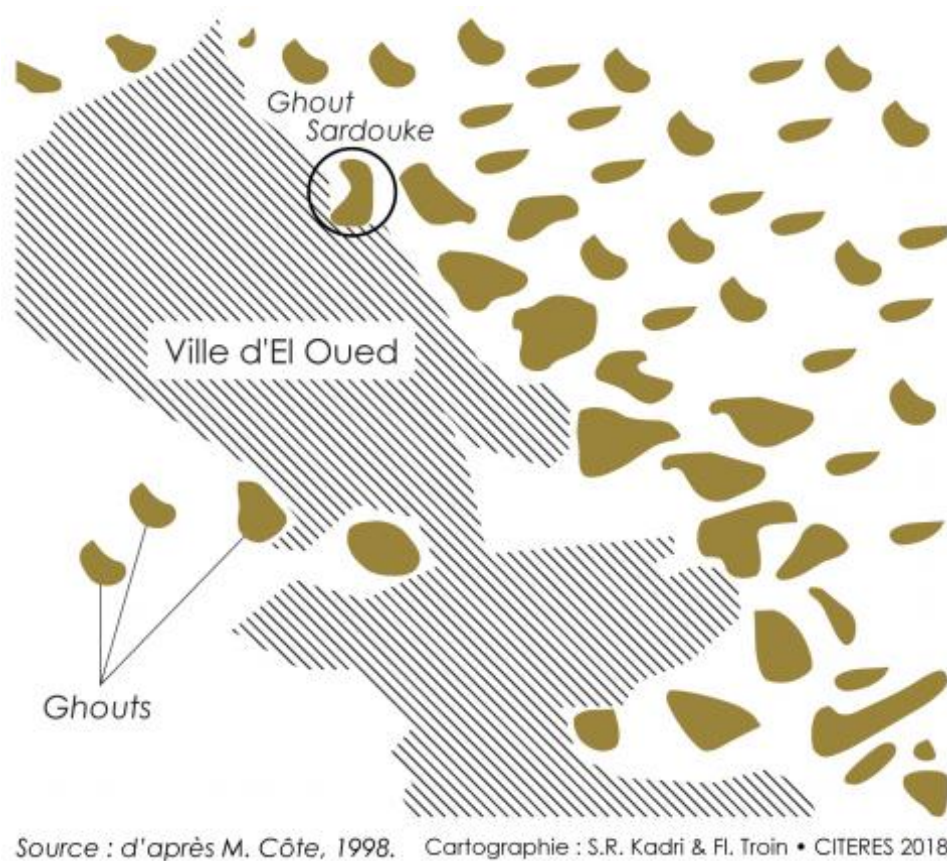
En 1956, un premier forage moyennement profond captant le Complexe Terminal (CT) a été creusé pour l'AEP d'El Oued et entre 1957 et 1969, environ un nouveau forage par année a été exécuté dans le CT (**Figure II-2**).

Figure (II-2): Le phénomène de remontée de la nappe phréatique par forage.



En 1969, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec l'inondation de 150 ha dans la région de Magrane et Hassi-Khalifa. La nappe est progressivement redescendue par la suite. De 1970 à 1980, environ 2 forages par année ont été réalisés dans le CT et dès 1980, on observe les premiers ghouts envoyés à El Oued et une montée progressive et persistante de la nappe phréatique aux portes d'El Oued (**Figure II-3**), ce qui en 1985 alarme les autorités locales.

Figure (II-3): Première apparition du phénomène de remontée des eaux aux portes de la ville d'El Oued, 1973.



Entre 1980 et 1997 une centaine de nouveaux forages sont réalisés dans le CT. En 1986 et 1987, trois forages profonds, au Continental Intercalaire (C.I.), ont été exécutés, deux d'entre eux sont exploités pour l'alimentation en eau potable (AEP) d'El Oued, le troisième à Khalifa, pour l'agriculture, est fermé. Ils sont fortement artésiens, et les débits, de l'ordre de 200 litres/seconde, sont de 5 à 10 fois plus importantes que ceux des forages dans le CT.

En 1993, la nappe avait ennoyé la palmeraie sur 25 km dans le couloir Kouinine – Robbah **Figure (II-5)**. Un réseau de surveillance de la nappe phréatique est mis en place et une série de recommandations émises (recommandations, reprises de l'Etude hydrogéologique de la région d'El Oued – Contributions au problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique, ANRH 1993) .

Figure (II-4): Évolution de la nappe phréatique dans la région d'El Oued en 2000.

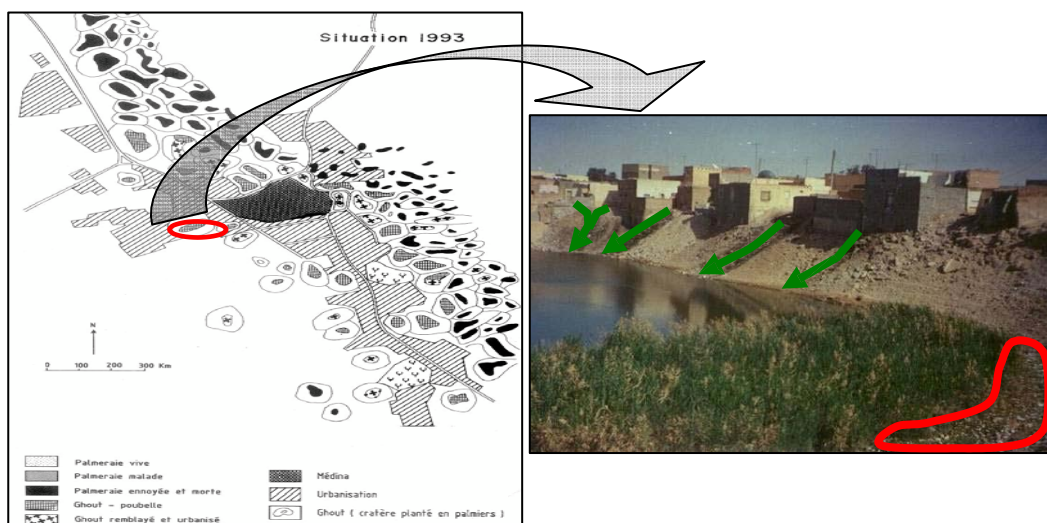
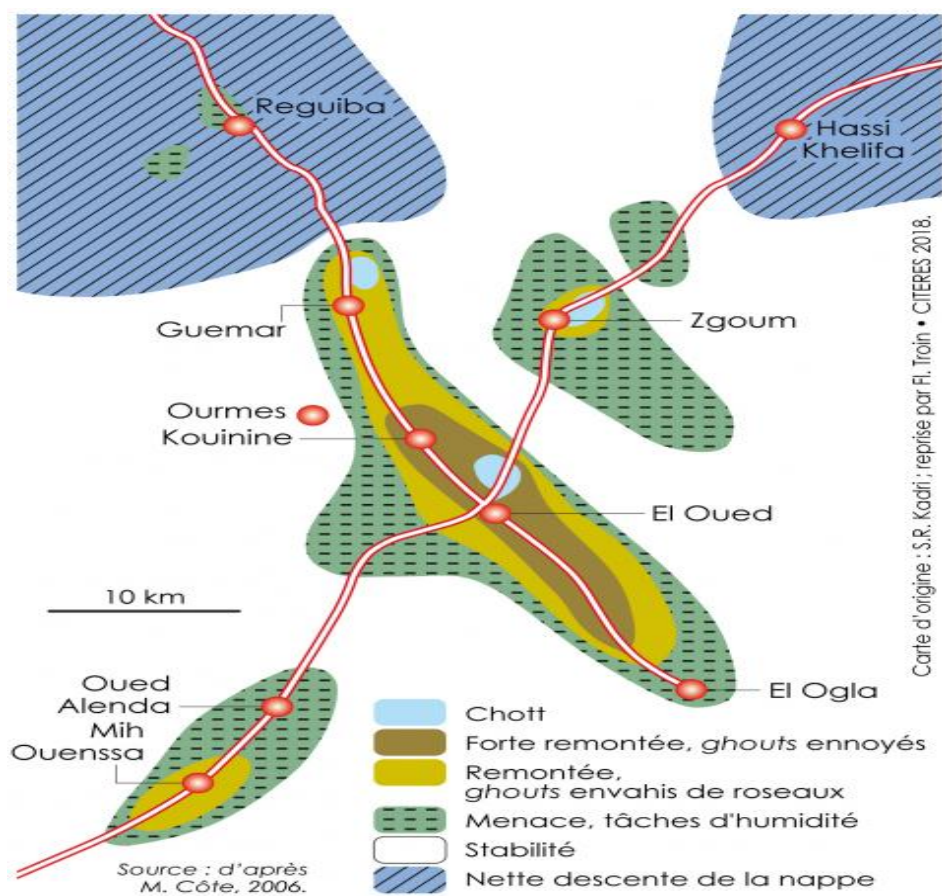


Figure (II-5): un ghouts envoyée complètement par les eaux polluée de l'année 90 (Cote Marc, 2006).

II.2 - Schéma d'assainissement :

Le nouveau réseau d'assainissement de la vallée du Souf est constitué par différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées ((12 communes), le mode d'assainissement utilisé est de type collectif 750 km et 57 stations de pompages (relevage et refoulement), le reste (les 6 communes) en assainissements autonomes améliorés) par groupes de localités limitrophes dans des stations d'épuration (STEP). A la fin de cette opération l'eau traitée est renvoyée vers le collecteur principal pour être rejetée à 45Km au Nord de la vallée du Souf (**Figure II-6**).

Et pour notre zone d'étude la commune d'el oued Le taux de raccordement Des logements au réseau d'assainissement est de l'ordre de 92% en 2019 d'après (DRE d'El Oued.) avec un réseau de collecte de 23 km et Une (1) station de pompage (refoulement) refoule les eaux usées et les eaux de drainage de la ville d'El Oued à une distance de 4 km de longueur vers le Nord-Est de la ville, et 8 station de relevage, six en marche et deux en panne depuis les années 80 (DRH. El Oued, 2007).

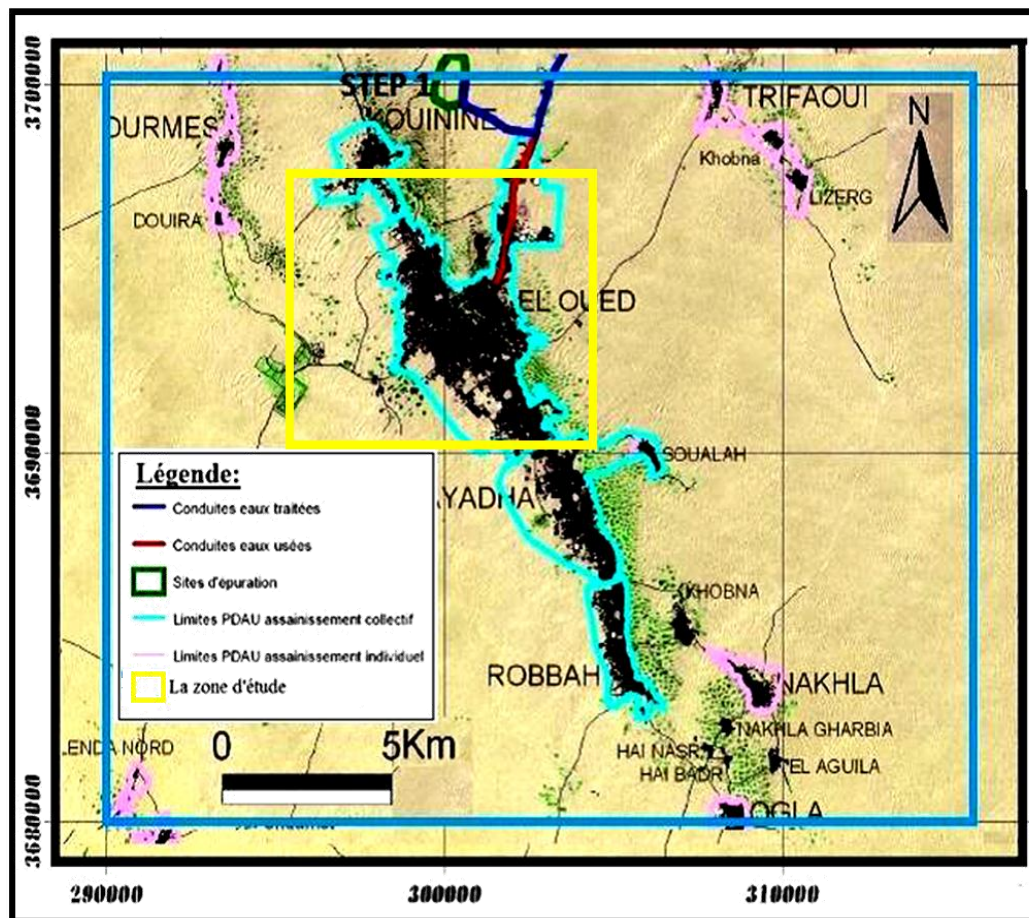


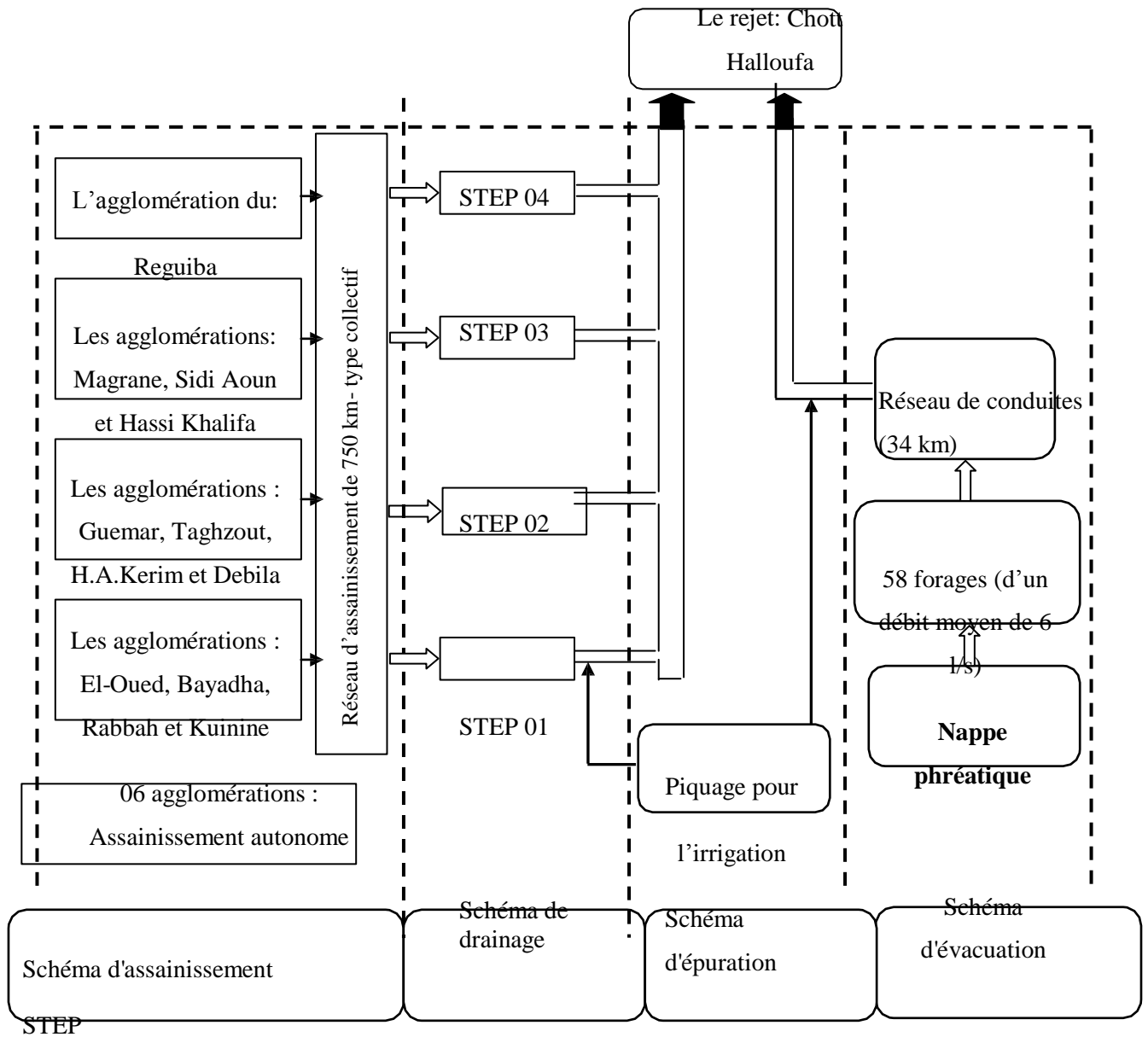
Figure (II-6): Schéma directeur d'assainissement d'El Oued

II.2 - 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 **Figure (II-7)** :

- Groupe 1: Robbah, Bayada, **El Oued** et Kouinine. (STEP 1).
- 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 (II-7): Schématisation générale du projet [Khechana S, 2010]



II.2 - Schéma de drainage :

Dans l'aire d'étude, la solution de drainage est par le système de drainage vertical et horizontal 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.

II.2.1- Réseau de drainage horizontal :

Au début des années 90, on a enregistré le démarrage des travaux de réalisation du réseau de drainage horizontal, ce réseau du drainage est destiné essentiellement pour les zones touchées par l'inondation (cité Choot, El-coutar, Nazla et Sidi mestour). Le réseau de drainage horizontal présente 4050 m de longueur, les collecteurs sont des conduites d'amiantes ciments des trous perforées. La collecte est gravitaire et aboutit à un puits équipé par deux pompes qui ont refoulé les eaux vers la bache à eaux de la station de relèvement ST10 pour les eaux usées (**Figure II-8**), à partir de laquelle les eaux de drainage sont évacuées vers l'extérieur de la ville via une canalisation de 600 mm parallèle à celle des eaux usées.

II.2.2. Réseau de drainage vertical :

C'est un système complémentaire de drainage considéré comme une solution appliquée dans le projet d'assainissement contre la remonté de la nappe phréatique. Il consiste à évacuer les eaux excédentaires agricoles par un réseau de 58,(dont 51 sont fonctionnels) puits forés de 21 à 40 mètres de profondeur, équipés de pompes submersibles pouvant débiter 6 l/s, à une distance de 500 mètres entre eux (**Figure II-9**), connectés à 37 km de conduites.

Actuellement le réseau de drainage est géré par l'Office National d'Assainissement d'El-Oued. Il a été mis en service en Octobre 2011.

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 et collecter le solde des eaux au niveau de la station de pompage ST 10, puis de les refouler sur environ 4200 m jusqu'à le collecteur des eaux usées traitées (CET) (**Figure II-9**), au point MC3 où ce dernier collecteur, en provenance de la station d'épuration STEP 1, entame son tracé sur la route principale. (BG : 2004)



(a) Conduite d'amiante ciment utilisée dans le réseau de drainage



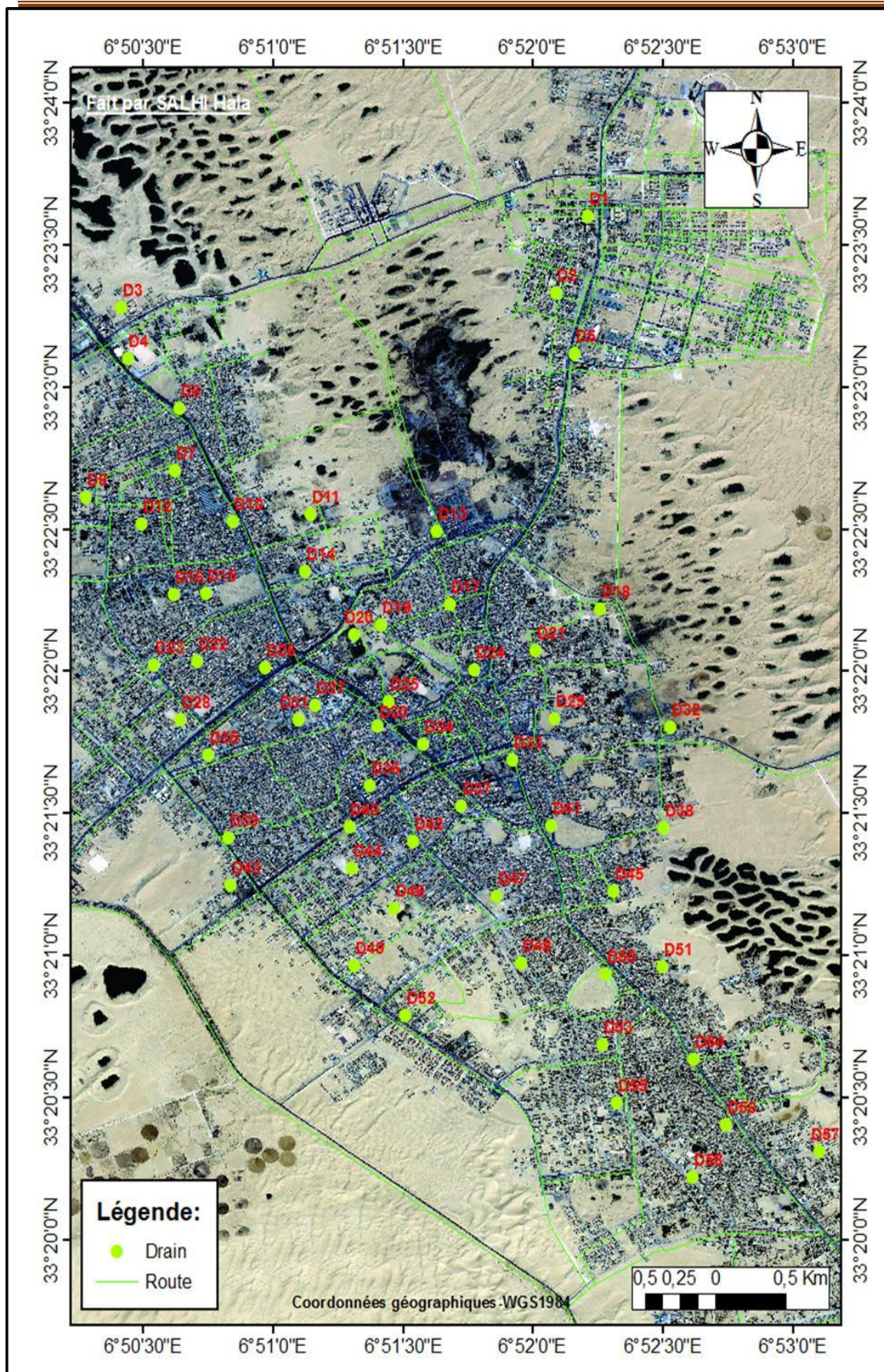
(b) Puisard

Conduite de refoulement de puisard



(c) L'entrée de bache à eau de station (ST10)

Figure (II-8) : drainage horizontal



Figure(II-9): Localisation des 58 forages de réseau de drainage vertical

II.2.3 - les objectifs du système de drainage:

Le système de drainage est l'un des principales solutions envisagées pour lutter contre la remontée de la nappe phréatique dans la vallée de Oued – Souf. Son but consiste à traiter les impacts négatifs de cette remontée. Selon (Serraye : 2014), la réalisation de ce grand projet a pour but de :

- stabiliser et assurer une profondeur minimum de la nappe phréatique de 1,5m dans les quartiers inondés et inverser le phénomène de remontée dans le reste de la ville et éviter que de nouvelles zones ne soient pas inondées , assurer un rabattement général entre 5 et 10m de profondeur, ce qui autorise l'assainissement autonome des zones non raccordables. (BG, 2004).
- récupérer les eaux d'infiltration sous l'agglomération d'El Oued et utiliser une part aussi grande que possible de ces eaux sur place pour l'irrigation d'espaces verts et agriole.
- Augmentation du pouvoir épurateur du sol .
- Maintient écologique et sanitaire du site de rejet.

Conclusion :

Dans notre étude on a présenté le phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique de la région du Souf et leur historique qu'il effectivement a posé des problèmes qui touchent tous les secteurs dans la région du Souf, et surtout la commune d'el oued notre zone d'étude.

L'état a essayé de traiter cette situation critique par un projet est l'une des principales solutions envisagées pour lutter contre la remontée qui représente :

- réseau de drainage horizontal présente 4050 m de longueur, les collecteurs sont des conduites d'amiantes ciments des trous perforées, un réseau de drainage vertical de 58 puits forés de 21 à 40 mètres de profondeur, équipés de pompes submersibles pouvant débiter 6 l/s, à une distance de 500 mètres entre eux, connectés à 37 km de conduites. et un réseau d'assainissement est de l'ordre de 92% avec un réseau de collecte de 23 km et Une (1) station de pompage refoule les eaux usées et les eaux de drainage de la ville d'El Oued à une distance de 4 km de longueur vers le Nord-Est de la ville (STEP 01), Les eaux traitées et les eaux de drainage dirigées vers le Nord du Souf, 45 km Nord de la commune d'El Oued, qui forme un lac de 10,67 km.

Chapitre III

*Diagnostic sur les qualités
physico-chimiques des eaux de
la nappe phréatique la région
d'étude*

III.2. La variation qualitative de la nappe phréatique de la commune d'El-Oued :

Dans le cadre de cette étude, on a effectué un échantillonnage au niveau de vingt-trois points d'eau sélectionnés (**Figure III.1**). parmi cinquante-huit points trouvés dans le réseau de drainage vertical durant le mois d'Avril 2021. Ces analyses ont été effectuées au sein de laboratoire d'analyses physico-chimiques de l'Algérienne Des Eaux d'El Oued (ADE) (**Figure III.2**).

Les paramètres à analyser sont choisis en fonction de l'objectif recherché, et fonction de la disponibilité du matériel.



(**Figure III.1**) prélèvement de l'eau au niveau de drain



(**Figure III.2**) laboratoire d'analyses (ADE) d'El Oued

Les indicateurs de pollution : NO_2^- , NO_3^- et NH_4^+ .

Les prélèvements sont effectués dans des flacons bien propres en polyéthylène stérilisés, étiquetés sur lesquels on a mentionné le lieu, la date et l'heure du prélèvement de l'eau. Après l'étiquetage des prélèvements (**Figure III.3**), ils sont transportés au laboratoire dans une glacière à une température comprise entre 4°C et 6°C dans les 24 heures afin d'assurer une conservation satisfaisante du Sud-Ouest vers le Nord-Est.



(Figure III.3) les flacons des échantillonnages

III.2.1-Variation des matières azotées dans les eaux de la nappe de la ville:

- **Cycle de l'azote :**

Le cycle de l'azote est caractérisé par trois réservoirs : azote organique (acides aminés, protéines...), azote minéral (NO_3^- ...) et composés gazeux (N_2 , NH_3 , N_2O ...) et est régi par des processus chimiques et biologiques permettant le passage d'une forme azotée à l'autre (**Figure III.4**).

Le transfert de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates se fait par oxydation, cette réaction est rapide en présence de l'oxygène. La forte teneur en CO_2 et la faible teneur en oxygène accroissent la concentration en ammonium dans l'eau. (Rodier et al ; 2005).

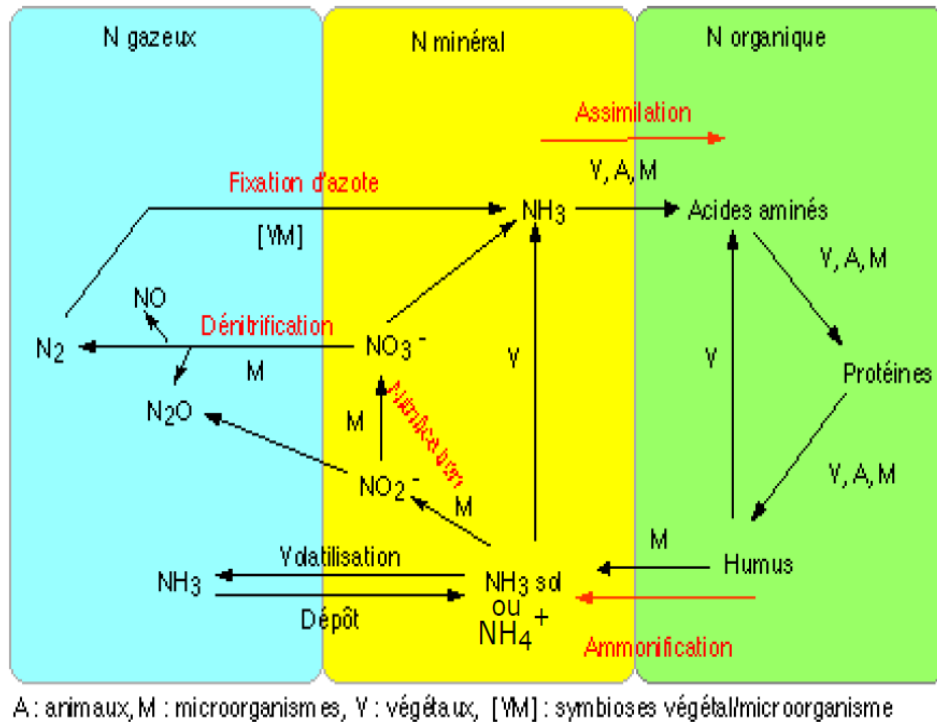


Figure (III.4) : Cycle de l'azote.(Derouiche ;2014)

III.2.1.1 L'azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux de la nappe phréatique en Mars 2016 :

Les concentrations d'ammoniaque dans les fleuves et les réservoirs d'eau potable indiquent la présence de pollution agricole et urbaine. Une haute concentration d'ammoniaque peut changer l'odeur et le goût de l'eau.

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (Rodier, 2009; Derradji et al., 2005; Polan et al., 1998).

La présence d'azote ammoniacal dans la nappe phréatique doit être soulignée, une origine géologique est exclue, cette pollution azotée peut provenir soit des fertilisants utilisés dans les périmètres irrigués, soit d'une contamination par les matières organiques humaines (Chippaux et al., 2002). L'habitude a été prise de désigner sous le vocable ammoniac des formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3). L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

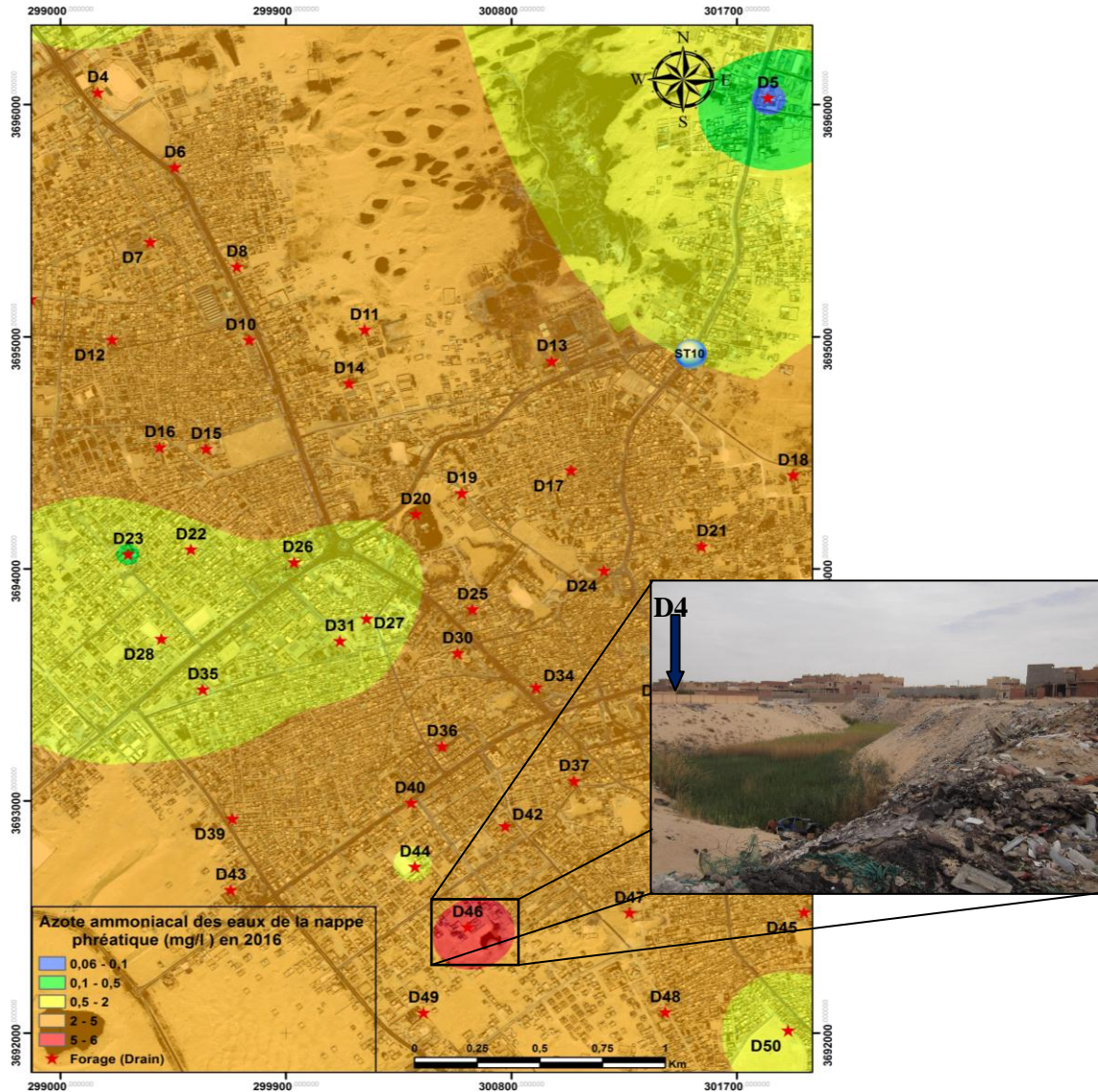


Figure (III.5). Azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux de la nappe phréatique de la ville d'El Oued en Mars 2016 (Miloudi A.M)

La majorité des teneurs en azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux de la nappe traditionnelle de la commune d'El Oued ont dépassé la norme ($\leq 0,5 \text{ mg.l}^{-1}$), qui présentées dans la carte en mars 2016 (Figure III.5) par les couleurs des classes jaune, orange et rouge. La valeur maximale enregistré au niveau du drain D46 par une valeur de $6,05 \text{ mg.l}^{-1}$, dû que le ghout à proximité du drain D46 considéré comme un point de décharge public et point de rejet des eaux domestiques, malgré qu'il soit dans le centre-ville d'El Oued. On remarque ici dans la carte (Figure III.5) qu'il y a une zone caractérisée des eaux à faible teneur en NH_4^+ (de $0,06$ à $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$) localisée autour du drain D05 au Nord-Est de la ville.

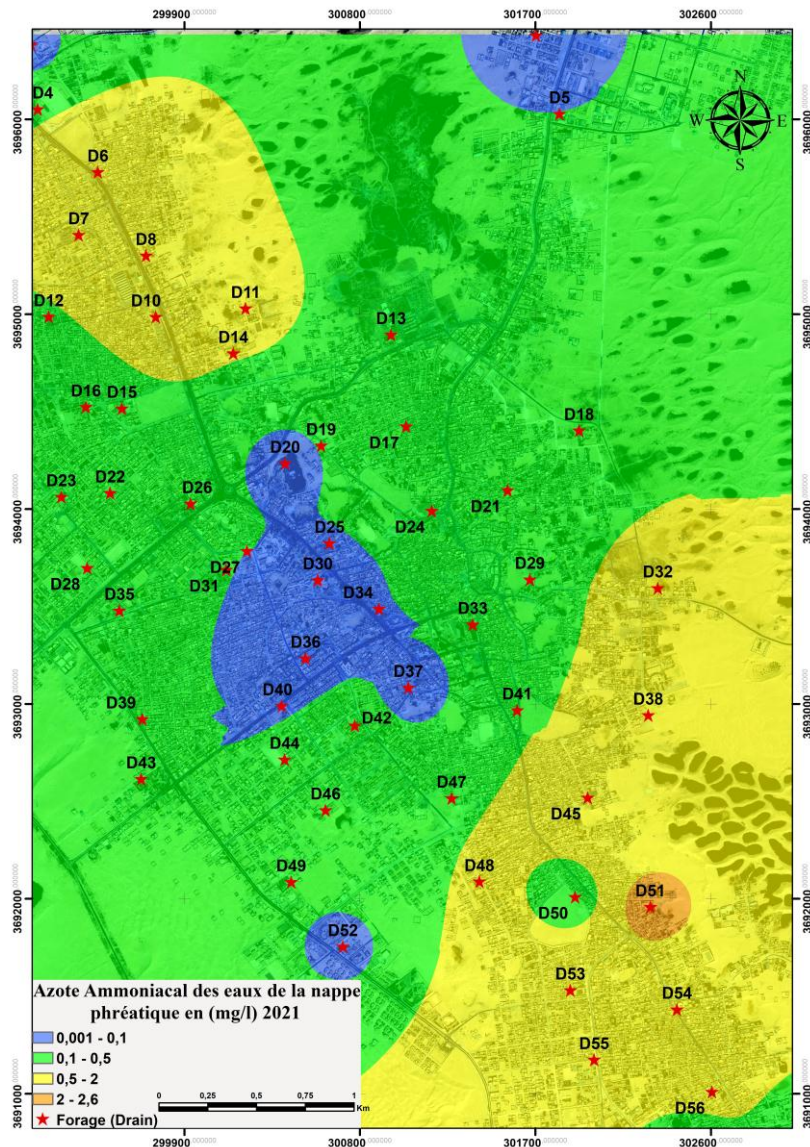


Figure (III.6). Azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux de la nappe phréatique de la ville d'El Oued en Avril 2021

Pour la carte de taux de azote ammoniacal des eaux de la nappe traditionnelle en 2021 donne un autre scenario, dans la majorité du surface de la commune d'El Oued est inférieure ou égale à la norme ($\leq 0,5 \text{ mg.l}^{-1}$) OÙ presque les 65 % de la surface de la ville la teneur de azote ammoniacal varie entre $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$ à d'environ $0,46 \text{ mg.l}^{-1}$. Les valeurs minimales enregistrées au niveau des drains D30, D20, D02 et D36 par une teneur de $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figure III.6).

Au niveau des drains D17 (centre-ville d'El Oued) cité Nezla par une concentration de $0,46 \text{ mg.l}^{-1}$, D42 (sud de la ville d'El Oued) avec une teneur $0,24 \text{ mg.l}^{-1}$.

Les zones enregistrées une teneur dépassé ou égale à la norme ($\leq 0,5 \text{ mg.l}^{-1}$), qui présentées dans la carte (Figure III.5) sont :

- La partie Nord de la commune les drains D06 par une teneur de $0,93 \text{ mg.l}^{-1}$ et D10 de valeur $0,916 \text{ mg.l}^{-1}$. Et autour du drain D11 est une concentration de $0,587 \text{ mg.l}^{-1}$.
- La partie Sud de la commune d'El Oued, nous avons enregistré au niveau du drain D32 une teneur de $0,643 \text{ mg.l}^{-1}$, et $0,59 \text{ mg.l}^{-1}$ pour le drain D38 avec le drain D54 de teneur azote ammoniacal $1,36 \text{ mg.l}^{-1}$, le drain D55 enregistré valeur de $1,68 \text{ mg.l}^{-1}$ et la drain D51 marqué de concentration élevée de $2,61 \text{ mg.l}^{-1}$ de azote ammoniacal.

L'examen de la carte d'azote ammoniacal (NH_4^+) (Figure III.5) montre qu'il y'a une importante baisse du charge en azote ammoniacal touchant toutes les zones de la ville.

III.2.1.2 La variation spatio-temporelle de Nitrite (NO_2^-) des eaux de la nappe :

D'après l'OMS, le nitrite est extrêmement toxique pour la santé. L'effet de toxicité des nitrites est plus rapide que par celle de l'ammoniaque, car elle entraine la dégradation de l'hémoglobine des globules rouges.

L'OMS a clarifié aussi que les nitrites réagissent avec l'hémoglobine dans les érythrocytes pour former la méthémoglobine, affectant la capacité du sang à transporter suffisamment d'oxygène jusqu'aux cellules de l'organisme.

La carte de taux de nitrite en Mars 2016 (Figure III.7) caractérisée de dépassement de la norme, dans la majorité du surface de la commune d'El Oued ($> 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$). Où presque les 90 % de la surface de la ville la teneur de nitrite varie entre $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ à d'environ 5 mg.l^{-1} . Les valeurs maximales enregistrées au niveau des drains D30 au centre de la ville d'El Oued (Figure III.6) par une teneur de $2,84 \text{ mg.l}^{-1}$, dû des travaux d'aménagement le ST-06 où pendant les travaux au février 2016 a cause d'une grande fuite des eaux usées de la bêche à eau de la station.

Dans le drain D06 au Nord-Est de la commune d'El Oued le teneur de nitrite est $1,24 \text{ mg.l}^{-1}$ et à l'Est de la ville le drain D28 de taux de nitrite $1,81 \text{ mg.l}^{-1}$, au Sud-Est de la commune d'El Oued le taux de nitrite enregistrée est $1,85 \text{ mg.l}^{-1}$ au niveau de drain D53.

Les zones enregistrées une teneur inférieure ou égale à la norme ($\leq 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$), sont :

- La partie Nord-Est de la commune les drains D05 par une teneur de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ et D02 de valeur $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$. Et au Nord-Ouest de la ville ont enregistré une trace de nitrite ($\leq 10^{-4} \text{ mg.l}^{-1}$) autour du drain D03 et une concentration de $0,026 \text{ mg.l}^{-1}$ au niveau du drain D04.
- Centre-ville d'El Oued, au niveau des drains D17 cité Nezla par une concentration de $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$, D19 avec une teneur $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ et le drain D20 par $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrite. Avec une trace ($\leq 10^{-4} \text{ mg.l}^{-1}$) de nitrite au niveau du drain D15, et une concentration de $0,086 \text{ mg.l}^{-1}$ autour du drain (Figure III.7).

➤ La partie Sud de la commune d'El Oued, nous avons enregistré au niveau du drain D39 une teneur de $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$, et $0,08 \text{ mg.l}^{-1}$ pour le drain D43 avec le drain D37 de teneur nitrite $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$ et le drain D52 de concentration faible de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrite.

➤ A l'Est de la ville d'El Oued, le drain D32 enregistre une valeur de $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrite et le drain D38 de teneur de $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figure III.7).

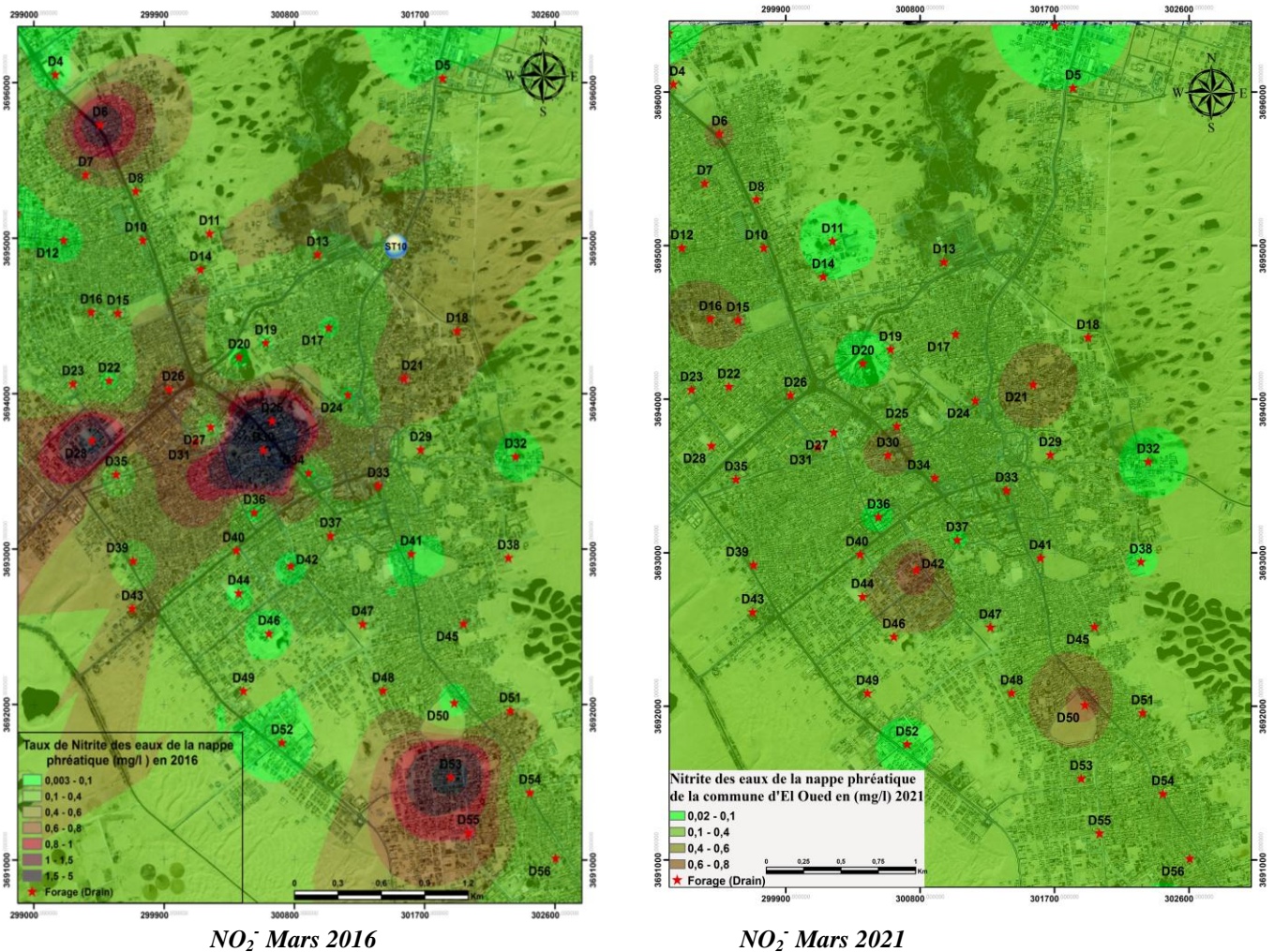


Figure (III.7). La Variation spatio-temporelle de Nitrite (NO_2^-) des eaux de la nappe phréatique de la commune d'El oued entre Mars 2016 (Miloudi A.M) et Avril 2021.

Pour la carte de taux de nitrite des eaux de la nappe traditionnelle en 2021, la majorité du surface de la commune d'El Oued dépassent la norme ($> 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$). Où presque les 56,52 % de la surface de la ville la teneur de nitrite varie entre $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ à d'environ $0,764 \text{ mg.l}^{-1}$. Les valeurs maximales enregistrées au niveau des drains D42 au sud de la ville d'El Oued (Figure III.7) par une teneur de $0,764 \text{ mg.l}^{-1}$. dans le drain D06 au Nord de la commune d'El Oued le teneur de nitrite est $0,416 \text{ mg.l}^{-1}$ et à Nord -Est de la ville le drain D16 de taux de nitrite $0,585 \text{ mg.l}^{-1}$, au centre de la ville d'El Oued le taux de nitrite enregistrée est $0,504 \text{ mg.l}^{-1}$ au niveau de drain D30.

Les zones enregistrées une teneur inférieure ou égale à la norme ($\leq 0,1 \text{ mg.l}^{-1}$), sont :

- La partie Nord-Est de la commune le drain D02 de valeur $0,057 \text{ mg.l}^{-1}$ et D11 de concentration faible de $0,028 \text{ mg.l}^{-1}$. Et au Nord-Ouest de la ville ont enregistré une concentration de $0,056 \text{ mg.l}^{-1}$ au niveau du drain D03.
- Centre-ville d'El Oued, au niveau des drains : D20 par une concentration de $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$, et D36 avec une teneur $0,03 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrite (Figure III.7).
- La partie Sud de la commune d'El Oued, nous avons enregistré au niveau du drain D52 une teneur de $0,063 \text{ mg.l}^{-1}$, et $0,07 \text{ mg.l}^{-1}$ pour le drain D58 de nitrite.
- A l'Est de la ville d'El Oued, le drain D32 enregistre une valeur de $0,046 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrite et le drain D38 de teneur maximal de $0,088 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figure III.7).

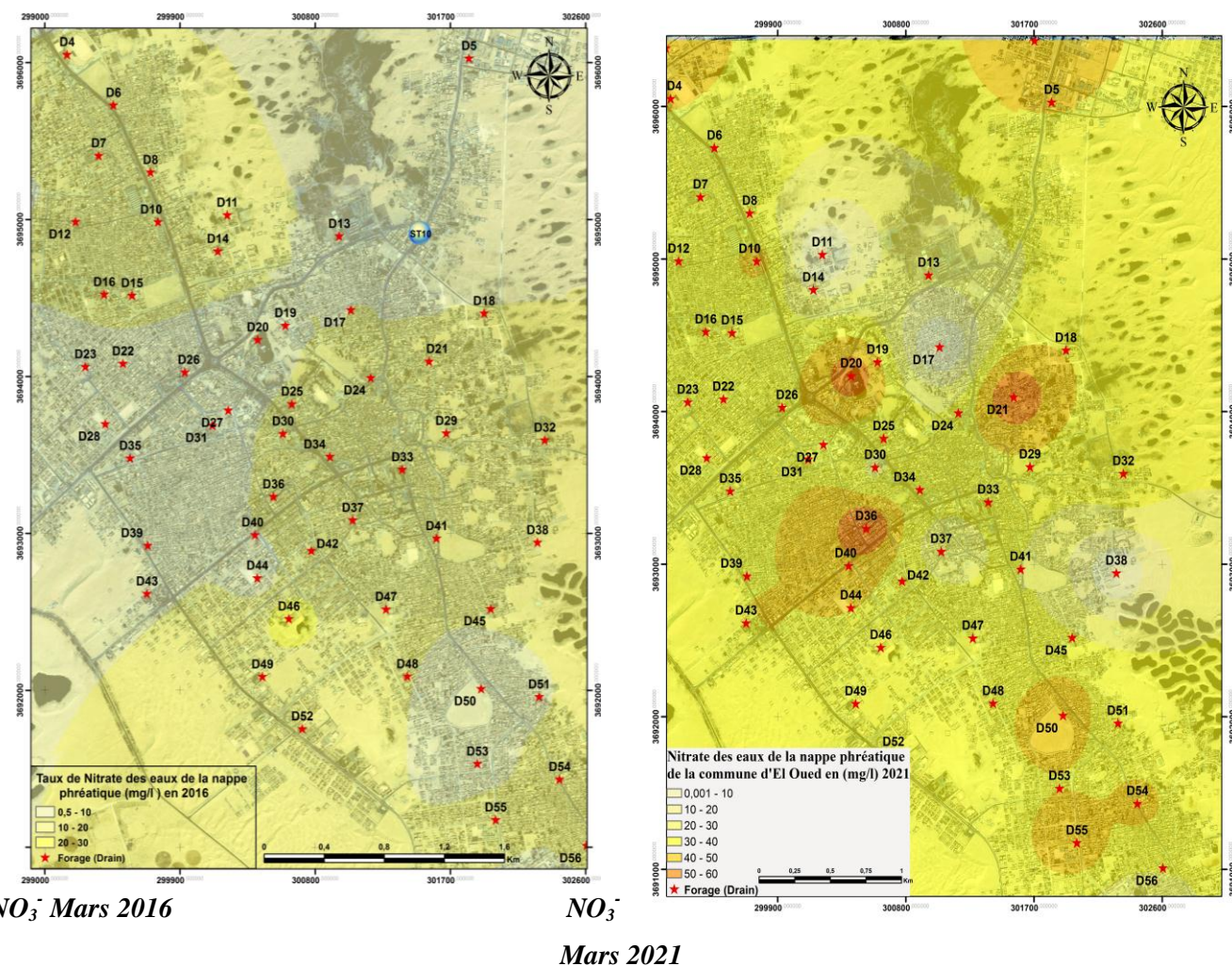
L'examen de la carte de nitrite des eaux (Figure III.6) montre qu'il y'a une baisse de la charge en nitrite et la majorité des valeurs de nitrates sont supérieures aux normes de potabilité (0.1 mg/l), mais elles sont conformes aux normes de rejet Selon l'OMS 1999 ($>1 \text{ mg/l}$).

III.2.1.3 La variation spatio-temporelle de Nitrate (NO_3^-) des eaux de la nappe :

Les nitrates (NO_3^-) résultent de l'oxydation de l'azote organique et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. L'augmentation du taux de nitrates dans les eaux superficielles et souterraines est due pour une large part à l'enrichissement des sols par des pesticides et des engrais chimiques ou organiques utilisés dans les régions agricoles, ainsi qu'aux rejets d'eaux usées ou mal traitées dans les cours d'eau. Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé (L'OMS a éclairci qu'il ne doit pas y en avoir plus de 50 mg.l^{-1} dans l'eau du robinet), c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac puis se transformer en nitrosamines toxiques et réputées cancérigènes.

En Mars 2016 les teneurs de nitrate (Figure III.8) dans la commune d'El Oued varient de $0,26$ à $24,2 \text{ mg.l}^{-1}$, avec une moyenne $9,77 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrate. Dans la totalité de la ville (100 % de la surface de commune) la concentration de nitrate ne dépasse pas la norme ($\leq 50 \text{ mg.l}^{-1}$).

La carte de distribution du taux de nitrate des eaux de la nappe phréatique de la commune d'El Oued en Mars 2021 (Figure III.8), présente un autre scénario différent où les classes de teneurs supérieures $>30 \text{ mg.l}^{-1}$ de NO_3^- ont apparu dans la carte de nitrate en Mars 2021. les concentrations de nitrate varie de $0,001$ à $59,38 \text{ mg.l}^{-1}$ avec une teneur moyenne de $34,50 \text{ mg.l}^{-1}$ de nitrate, la valeur maximale enregistrée au centre de la ville d'El Oued (D36) avec une teneur de $59,386 \text{ mg.l}^{-1}$, et la valeur minimale au Nord-Est de la commune (D11 et D17) avec une teneur de $0,001 \text{ mg.l}^{-1}$ (Figure III.8).



(Figure III.8). La Variation spatio-temporelle de Nitrate (NO_3^-) des eaux de la nappe phréatique de la commune d'El oued entre Mars 2016 (Miloudi A.M) et Avril 2021.

Conclusion :

D'après L'étude de les résultats des analyses chimiques des eaux de la nappe phréatique, nous pouvons montrer la qualité des eaux de la nappe libre par la mesure des indicateurs de pollution qui montraient que toutes les mesures enregistrées sont conformes aux normes algériennes (Arrêté de 02/01/2012) et les normes internationales (FAO ; 2003) pour l'utilisation à des fins d'irrigation.

L'étude de la qualité des eaux en question a montré qu'elles sont insalubres pour l'alimentation en eau potable et ne conviennent pas à l'irrigation dans des conditions normales et peuvent être utilisées dans les sols particulièrement bien drainés.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

La vallée de Souf est située dans la Wilaya d'El Oued, l'une des principales oasis du Sahara Septentrional Algérien .Elle se trouve au Sud-Est de l'Algérie à environ 700 Km au Sud-Est occupe une superficie de 35.752 km² et dont un nombre de population de 643120 habitants

La vallée s'étend sur 18 communes dont la commune d'El-Oued est la commune la plus agglomérée et le chef-lieu de la wilaya d'El Oued.

Le relief d'El-Oued est caractérisé par trois principales formes: une région sableuse, une forme de plateau rocheux, et une zone de dépression. Du point de vue topographique l'altitude diminue du Sud vers le Nord.

Le climat de la région est de type saharien se caractérisant par des températures élevées, un faible taux des précipitations, d'une évaporation intense et d'un rayonnement solaire excessif

La qualité des eaux de la nappe phréatique nous permet de conclure que la rentabilité du réseau d'assainissement est adéquate et performante ce qui permet l'amélioration qualitative des eaux de la nappe superficielle et la diminution du taux de pollution ; fait confirmés par les résultats des échantillons analysés.

Ce pendant on ne peut nier ou négliger le rôle prépondérant joué par le réseau de drainage vertical pour le maintien et la sauvegarde d'un niveau bas des eaux de la nappe libre.

Pourtant, avec tous les aléas et les problèmes techniques rencontrés ; la hausse de coût de maintenance du réseau et des équipements ; la consommation élevée d'énergie électrique la question posée est la suivante : Jusqu'à quand va-t-il résiste ce réseau ?

RECOMMANDATIONS

- ❖ Réalisation d'un réseau de drainage horizontal dans les zones basses (inondées) ; basée sur des normes, critères et études scientifiques des caractéristiques de la région (géologique, hydrologique...etc).
- ❖ L'augmentation de la plantation des arbres d'Eucalyptus.
- ❖ La création des nouveaux périmètres agricoles irrigués à partir de la nappe phréatique avec l'utilisation des nouvelles techniques d'irrigation (goutte à goutte, aspersion et capillarité...)
- ❖ Renforcer la surveillance et le contrôle de la qualité des eaux de la nappe phréatique pour les paramètres prioritaires comme les nitrates et la bactériologie.
- ❖ sensibiliser les agriculteurs sur l'utilisation des engrais et pesticides.
- ❖ Contrôle des fuites de réseau d'AEP.

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 .

Bel F., & Demargne F., 1966. Etude géologique du Continental Terminal ; DEC, ANRH, Alger, Algérie, 24 planches.

BEL, F., CUCHE, D. (1970), « Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la reconstruction du modèle mathématique », Rapp. Tech, Direction de l'Hydraulique de la Wilaya d'Ouargla, Algérie.

Bisson G., 1971. Principe, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Thèse. Paris VI,

BG (Bonard et Gardel). 2002. Vallée du Souf : Etudes d'assainissement des eaux résiduares, pluviales et d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II. (2002).

Bonnard et Gardel., 2004. Vallée du Souf. Etudes d'assainissement des eaux résiduares, 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 résiduares, 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.

BNEDER (1993), « Schéma directeur de mise en valeur de la wilaya. Projet type d'exécution (zone du Souf) », Rapport DE/302/93/08, Wilaya d'El Oued, Direction des services agricoles. Bureau national d'études pour le développement rural.

Castany G., 1982. Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du continental intercalaire et du complexe terminal. Bull. BRGM 2 III, Vol. 2.

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.

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

Monographie de wilaya d'eloued 2019.

Derouiche ; 2014. Impact de la remontée des eaux sur la qualité des eaux de la nappe phréatique et sur l'environnement dans la vallée du Souf (sud-est algérien). Thèse de Doctorat en Géologie appliquée. UNI BADJI Mokhtar-Annaba.

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

BOUSELSAL B et BELKSIER M S Gestion du phénomène de la remontée des eaux dans la région d'El Oued (SE Algérie) et la possibilité d'utilisée les eaux usées épurées en irrigation. International journal of envirenement & water Vol 7, Issue 2, 2018.

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

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

Meziani et al, 2012. La réutilisation des eaux usées dans la région de Souf-Sahara Algérien, Canadian Journal of Technology and Scientific Management, Vol. 1, Issue 1.

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 Hydrolique. Univ Kasdi Merbah. Ouargla.

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

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.

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,

Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et rodi l., 2005. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Ed. Dunod, Paris

Rodier J, Legube B, Merlet N, 2009. Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed.DUNOD, Paris.

Savary, 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. territorial .

Serraye ; 2014. La problématique de gestion des excédents hydriques dans la ville d'El-Oued Impacts environnementaux et recommandations, mémoire Magistère Ecologie et Environnement. Univ Kasdi Merbah. Ouargla.

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.

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

Zaiz I., 2015.Etudes qualitative des eaux de la nappe du complexe terminal dans la vallée d'Oued Souf (Sud-Est algérien). Mémoire magistère en Hydraulique. Uni kasdi Merbah ,Ouargla.

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.

SALHI H,2016. Détermination de la piézométrie et la qualité des eaux de la nappe phréatique dans la zone urbaine (Cas de la commune d'El-Oued) Mémoire Master en hydraulique Université HAMMA LAKHDAR EL-Oued

CHERRAD M H - BADI A I, 2016 Détermination de la piézométrie et qualité de la nappe de Complexe terminal (Cas la région du Souf) Mémoire Master en hydraulique Université HAMMA LAKHDAR EL-Oued

MESSEKHER.I , CHABOUR N, MENANI M R Remontée de la nappe phréatique du souf. conséquences et solutions envisagées. p185 et 186.

A.D.E. (2021), Fiche d'analyses physico-chimiques des forages.

Résumé

L'eau est un élément cosmique, au même titre que le soleil et la terre. Et l'eau souterraine était comme le sang de la terre. Mais lorsque on parler d'excédent d'eau en milieu désertique peut paraître aberrant à première vue.

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 (Ghouts), 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. Drainage

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 la qualité de ses eaux pendant sa mise en service.

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

ملخص:

الماء عنصر كوني ، مثله مثل الشمس والأرض. وكانت المياه الجوفية مثل دم الأرض. ولكن عندما نتحدث عن المياه الزائدة في بيئة صحراوية قد يبدو الأمر شاذًا للوهلة الأولى.

تواجه منطقة الواد ظاهرة صعود المياه إلى السطح منذ أربعين عامًا وكانت بلدية الواد الأكثر تضررًا.

لقد اتخذت ظاهرة ارتفاع المياه من منسوب المياه الجوفية أبعادًا مقلقة للغاية خلال السنوات العشر الماضية ؛ أدى الاستخدام المفرط للمياه من طبقات المياه الجوفية العميقة إلى زيادة كبيرة في حجم التدفقات ، فضلاً عن عدم وجود منفذ طبيعي لتصريف مياه الصرف الصحي المنزلية والصناعية ، من الأسباب الرئيسية لذلك. اختلال التوازن البيئي المساهمة في تراجع النخيل والمنخفضات (الغوط) ، له عواقب وخيمة على البيئة والزراعة والاقتصاد والصحة في منطقة سوف.

ولمواجهة هذه الكارثة ، جهزت مدينة الواد بشبكة صرف صحي وشبكة صرف عمودية لتصريف مياه الصرف الصحي المنزلية والمياه من مناطق الفيضانات. تصريف المياه

في دراستنا ، نحن مهتمون بتقييم فعالية هذه الهياكل الهيدروليكية على ظاهرة ارتفاع المياه من خلال مراقبة جودة المياه أثناء التشغيل.

الكلمات المفتاحية : مياه ، طبقة ، صعود ، واد سوف ، شبكة صرف صحي ، شبكة صرف عمودية.