

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS**

Département des Sciences Agronomiques



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

*En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques
Spécialité : Agronomie Saharienne
Option : Mise en valeur des terres Sahariennes*

THEME

***Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité
spatiale du niveau de la phréatique dans les Ghouts de
Oued Souf sur la salinisation des sols***

Présenté et soutenu publiquement par :

M^r BENHOUIDI Smail
Le 29/09/2010

Devant le jury :

Président :	Mr. HAMDY AISSA B.	M.C.A.Univ. K. M. Ouargla
Promoteur :	Mr. DADDI BOUHOUN M.	M.A.A.Univ. K. M. Ouargla
Co-promoteur :	Mr. SAKER M.L.	M.C.A.Univ. K. M. Ouargla
Examineur :	Melle. SLIMANI R.	M.A.B.Univ. K. M. Ouargla

Année Universitaire : 2009/2010

Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité spatiale du niveau de la phréatique dans les Ghouts de Oued Souf sur la salinisation des sols

Résumé

Le présent travail expérimental a porté principalement sur l'étude de l'impact de la variabilité spatiale du niveau de la nappe phréatique dans les Ghouts de Oued Souf sur la salinisation des sols.

L'étude a montré que les Ghouts inondés, présentent une nappe superficielle, très salée, alcaline avec un sol très humide, très salé, alcalin, légèrement gypseux, moins calcaire. Mais dans les Ghouts humides présentent une nappe phréatique moyennement profonde, salée, avec un sol moyennement humide, salée, alcalin, légèrement gypseux, moins calcaire, mais dans les Ghouts secs nous avons enregistré que le niveau de la nappe phréatique est très profond, salée avec un sol peu humide, peu salée, alcalin, légèrement gypseux, moins calcaire.

L'étude spatiale a montré que la salinité varie selon la variabilité spatiale du niveau de la nappe dans les zones d'études, c'est-à-dire il y a un effet de la nappe sur la salinisation des sols.

Mots clés : Souf – Nappe phréatique, ghout, salinisation.

دراسة تأثير تغير مستوى صعود المياه الجوفية في الاغواط بمنطقة وادي سوف على ملوحة التربة.

الملخص

هذا العمل التجريبي قد ركزنا على دراسة تأثير تغير مستوى صعود المياه الجوفية في الاغواط بمنطقة وادي سوف على ملوحة التربة. أثبتت الدراسة أن الاغواط المغمورة بالمياه التي تحتوي على مياه سطحية، ومالحة جدا، وقاعدية، وتربة قاعدية ذات رطوبة عالية، و ملوحة شديدة، قليلة الجبس والكلس.

أما الاغواط الرطبة ذات المياه الجوفية المتوسطة العمق، والمالحة، مع تربة معتدلة الرطوبة، المالحة والقاعدية، قليلة الجبس والكلس، لكن في الاغواط الجافة نسجل فيها مستوى المياه الجوفية شديد العمق، المالحة مع تربة قليلة الرطوبة، قليلة الملوحة والقاعدية، قليلة الجبس والكلس. أثبتت الدراسة تغير مستوى المياه الجوفية أن الملوحة تتغير بتغير مستوى المياه الجوفية، نلاحظ أن الملوحة في الاغواط أو المناطق المغمورة أن نسبة الملوحة تكون مرتفعة أو عالية، هذا ما يفسر على وجود تأثير إرتفاع مستوى صعود المياه الجوفية على ملوحة التربة.

الكلمات الدالة : وادي سوف، المياه الجوفية، الاغواط، الملوحة.

Analysis of palm plantations functioning in the region of Ouargla-

Summary :

The present experimental work focused on the study of flora (phragmites and spontaneous plant), depending on the groundwater and soil? In Souf region .

The study showed that ghout flooded; present a slick surface, very salty, alkaline soil with a very wet, very salty, slightly gypsum, limestone. But in humid ghouts are there moderately deep salty, water table, with a moderately moist soil, salty, alkaline, slightly gypsum, limestone at all, , but in dry ghout, we have recorded that the level of the limestone at all.

Keywords: Souf, groundwater, ghout, salinity.

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant pour son aide durant ces aide durant des longues années d'étude, et nous a permis de réaliser ce travail en nous donnant force et volonté.

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à monsieur promoteur **Mr. DADDI BOUHOUN M.** Pour m'avoir proposé se thème et pour votre encadrement et aussi notre Co-promoteur **Mr. SAKER M.L.** qui nous ont guidés et suivi tout au long de ce travail.*

*Je remercie **Mr. HAMDI AISSA B.** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

*Mes remerciements s'adressent également à tous les membres de jury, composé de **M^{elle}. SLIMANI R.** Maitre assistant à l'université d'Ouargla.*

Je remercie infiniment bon nombre d'enseignements pour leurs apports scientifiques spécieux.

A tous les personnels du laboratoire du département d'agronomie saharienne et laboratoire de l'écosystème

Je remercie enfin toutes les personnes qui ont mis à ma disposition la documentation afférente au sujet et m'ont fait bénéficier de leurs connaissances et compétences.

Table des matières

Introduction

Première partie SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Salinisation des sols

I.1. Définition.....	1
I.2. Origine de la salinisation.....	1
I.3.Types de salinisation.....	2
I.3.1 Salinisation primaire ou naturel.....	2
I.3.2. Salinisation secondaire.....	2
I.4. Répartition et importance géographique des sols salés dans le monde.....	2
I.5. Répartition et importance géographique en l'Algérie.....	2
I.6. Techniques de diagnostic des sols salés et alcalins.....	3
I.7.Classification des sols salés.....	3
I.8. Effets de la salinité sur les propriétés physiques et chimiques du sol.....	3
I.8. 1. Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol.....	3
I.8. 2. Effets de la salinité sur les propriétés chimiques du so.....	4
I.9. Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol.....	4
I.10. Effets de la salinité sur les végétaux.....	5
I.10.1. Notion de plants Halophytes et glycophytes.....	5
I.10.2. Mécanismes d'action de la salinité sur les végétaux.....	5
I.11. Adaptation des plantes à la salinité.....	8
I.11.1. Adaptations morphologiques.....	8
I.11.2. Adaptations anatomiques.....	8
I.11.3. Adaptations physiologiques.....	9
I.11.3.1. L'Ajustement osmotique.....	9
I.11.3.2. La Compartimentation vacuolaire.....	9
I.11.3.3. La Sélectivité de Na.....	10

Chapitre II. La remontée de la nappe phréatique à Oued souf

1. Description du phénomène.....	11
2.Historique de la remontée.....	11
3. Les causes de la remontée de nappe à Souf.....	12
4. Analyse de technique de la remontée de la nappe.....	14
5. Niveau piézométrique de la nappe phréatique.....	15
6. Variations des niveaux piézométriques.....	16
7.Varaitions de peofondeur de l'eau de la nppe phréatique.....	20
8. Effets de la rementée de la nappe phréatique.....	22

Chapitr III. Présentation de région d'étude

1. Situetion géographique	24
2. Les caractéristiques climatiques.....	26
2.1. La température.....	27
2.2. La pluviométrie.....	27
2.3. L'humidité relative de l'air.....	27
2.4. L'évaporatio.....	27
2.5. L'insolatio.....	27
2.6. Le vent	28
2.7. Snthèses climatiques.....	28
2.7.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	28
2.7.2. LE climagramme d'Enber.....	29
3. Géomorphologie.....	31
4. Structure géomorphologique.....	32
5. Topographie.....	32
6. La géologie.....	32
7. Relief	33
8. Hydrogéologie.....	33
9. La flore et la faune.....	34

Deuxième partie

MATERIELS ET METHODES D'ETUDES

Chapitre IV. Matériels d'études

1. Choix de la zone d'étude.....	36
1.1. Critères de choix des zones d'études.....	36
1.2. Présentation des zones d'études.....	37
1.2.1. Zone d'EL-Oued.....	37
1.2.2. Zone de Kouinine.....	37
1.2.3. Zone de Robbah.....	38
2. Choix du site exprementale.....	38
3. Le Ghout.....	38
3.1. Définition du Ghout.....	38
3.2. Particularité du Ghout.....	38
3.2.1 Description du Gout.....	39
3.2.2. La construction du Ghout.....	39
4. Caractéristiques des station d'étude.....	40
4.1. Situation des Ghouts inondés.....	40
4.2. Situation des Ghouts humides.....	41
4.3. Situation des Ghouts secs.....	41

Chapitre V. Méthodes d'études

1. Approches méthodologiques.....	44
1.1. Objectifs	44
1.2. Travail d'enquêtes.....	44
1.3. étude de la nappe phréatique au printemps.....	44
1.3.1. Ghouts inondés.....	45
1.3.2. Ghouts humides.....	45
1.3.3. Ghouts secs.....	46
1.4. Etude des sols.....	46
2. Méthode d'analyses.....	47
2.1. Analyses des échantillons des eaux.....	47
2.2. Analyses des échantillons des sols.....	48

Troisième partie RESULTATS ET DISCUSSIONS

Chapitre VI. Etude d'enquête

1. Enquête administrative.....	49
1.1 Situation de l'assainissement dans la région du Souf.....	49
1.1.1. Assainissement.....	49
1.1.1.1. Assainissement collectif.....	49
1.1.1.2. Assainissement individuel.....	49
1.2. Situation de la nappe phréatique dans la région du Souf.....	50
1.2.1. Anomalies par rapport au niveau général de la nappe.....	50
1.2.1.1. Anomalies hautes.....	50
1.2.1.2. Anomalies basses.....	51
1.2.2. Evolution temporelle des anomalies.....	51
1.2.2.1 Evolution avril 2001-2002.....	51
1.2.2.2 Evolution mars 1993-2002.....	52
2. Enquête agricole.....	52
2.1. Composition variétale.....	52
2.2. Les cultures maraichères.....	54
2.3. Equipement et matériel.....	54
2.4. La main d'œuvre.....	54
2.5. L'aménagement des exploitations.....	55
2.6. Le drainage.....	55
2.7. La conduite et l'entretien de la palmeraie.....	56
2.7.1. La pratique de la matière organique.....	56
2.7.2. L'irrigation.....	56
2.7.3. La toilette.....	56
2.7.4. La polinisation.....	57
2.8. le rendement par pied.....	57
3. Conclusion.....	57

Chapitre VII. Etude de la nappe phréatique

1. Etude du nappe.....	59
1.1. Etude du niveau de la nappe phréatique.....	59
1.2. Etude de la qualité des eaux de la nappe phréatique.....	59
3. Etude spatiale de la nappe.....	60
3.1. Variation spatiale du niveau de la nappes phréatiques;.....	60
3.2. Variation spatiale de pH du la nappe phréatique.....	61
3.3. Variation spatiale de la conductivités électrique du la nappe phréatique.....	62
3.4. Variation spatiale des résidus secs du la nappe phréatique.....	63
4. Conclusion.....	64

Chapitre VIII. Etude du sol (caractérisations physico-chimiques des sols)

1. Salinité global.....	65
1.1. Conductivités électrique du sol.....	65
1.2. Résidus secs du sol.....	66
2. pH du sol.....	67
3. Etudes spatiales du sol (etude des caractérisations physico-chimiques des sols).....	68
3.1. La conductivité électrique du sol.....	68
3.2. Les residue secs du sol.....	70
3.3. Le pH du sol.....	72
4. Conclusion.....	73

Conclusion générale

Référence bibliographique

Annexe

List des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau I.	Niveau de remontée de la nappe phréatique dans les différentes communes (Source O.N.R.G.M, 2002)	18
Tableau II.	Nombre et pourcentage de palmiers affectés par commune. (D.S.A., 1998)	23
Tableau III.	Données météorologiques de la région de Oued souf (1999-2008).	26
Tableau IV.	Etat de la situation des ghouts de Oued Souf (D.S.A., 1998)	36
Tableau V.	La conductivité électrique des sols dans les stations d'études (dS/m)	65
Tableau VI.	Le résidu sec des sols dans les stations d'études (g/l).	66
Tableau VII.	De pH du sol dans les stations d'études	67

List des photos

N°	Titre	Page
Photo 1	Ghout inondé 1 dans la zone de EL-Oued Souf	40
Photo 2	Ghout humide 1 dans la zone de Kouinine	41
Photo 3	Ghout sec 1 dans a zone de Rabbah	42
Photo 4	Mesures du niveau de la nappe (A) et prélèvements des eaux (B)	45
Photo 5	Mesures du niveau de la nappe (A) et prélèvements des eaux (B)	45
Photo 6	Mesures du niveau de la nappe (A) et prélèvements des eaux (B)	46
Photo 7	Prélèvements des échantillons de sols	47

Chapitre V. Méthodes d'études

1. Approches méthodologiques

1.1. Objectifs

Notre approche méthodologique a consisté en l'étude de la situation de la variabilité spatiale du niveau de la nappe phréatique dans les stations d'études (Ghouts) et leurs impacts sur la salinisation des sols dans les Ghouts de Oued Souf, et aussi sur l'environnement hydro-édaphique et agronomique. Cela a été effectué selon les étapes suivantes :

- 1- Travail d'enquête;
- 2- Etude de la nappe phréatique et la qualité des eaux;
- 3- Etude de caractérisation physico-chimique du sol dans les trois types de ghouts.

1.2. Travail d'enquêtes

En fonction des objectifs fixés, notre travail a nécessité la collecte du maximum d'informations pour répondre à d'éventuelles anomalies, avec la collecte des données de septembre 2009 jusqu'à la fin mai 2010, ayant été établie comme suit :

- Localisation des ghouts (commune urbaine ou isolée);
- Nombre et variétés (Déglet Nour, Ghars etc.....) de palmiers dattiers et l'état sanitaire;
- Les systèmes d'irrigation (puits ou nappe phréatique);
- La superficie totale de Ghouts;
- La profondeur des Ghouts.

1.3 Etude de la nappe phréatique au printemps

Pour l'étude de la nappe phréatique dans les stations de ghouts, nous avons prélevé des échantillons au niveau de chaque ghout, selon le type et nous avons mesuré le niveau de la nappe, ces prélèvements sont réalisés pour les:

1.3.1. Ghouts Inondés

Pour les ghouts inondés, nous avons prélevé l'eau directement à la surface, lorsque l'eau est remontée dans ces ghouts (photo), et nous avons mesuré le niveau de la nappe à l'aide d'une règle graduée.



Photo 4. Mesures du niveau de la nappe (A) et prélèvements des eaux (B)

1.3.2. Ghouts humides

Pour les ghouts humides, nous avons mesuré le niveau de la nappe phréatique à l'aide d'une règle graduée et prélevé les échantillons à l'aide d'un tuyau en plastic, parce que le niveau de la nappe est proche du sol.



Photo 5. Mesures du niveau de la nappe (A) et prélèvements des eaux (B)

1.3.3. Ghouts secs

Dans les ghouts secs, nous avons prélevé l'eau au niveau des puits, parce que le niveau de la nappe est très profond, et pour déterminer le niveau de la nappe, nous avons utilisé pour cela la sonde piézométrique.



Photo 6. Mesures du niveau de la nappe (A) et prélèvements des eaux (B)

Nous avons prélevé des échantillons dans des bouteilles en plastic à partir des points d'eau. Ces bouteilles sont rincées par l'eau distillée et égoutées avant de les remplir d'eau, après, prendre les échantillons pour les analyses au laboratoire.

Au niveau de l'étude de la nappe, nous avons effectué les analyses des paramètres physico-chimiques (la C E (dS/m), le R.S (g/l) et le pH).

1.4. Etude des sols

Nous avons procédé à la détermination des couches jusqu'à une profondeur de 1,2 m, en utilisant la tarière pour prélever les échantillons (photo7). Pour cela, nous avons introduit les échantillons dans des sachets en plastic avec des étiquettes sur lesquelles on a noté les numéros de la station et de l'horizon.

Dans cette étude on a basée sur les paramétrés de salinité (paramétrés physico-chimique du sol).

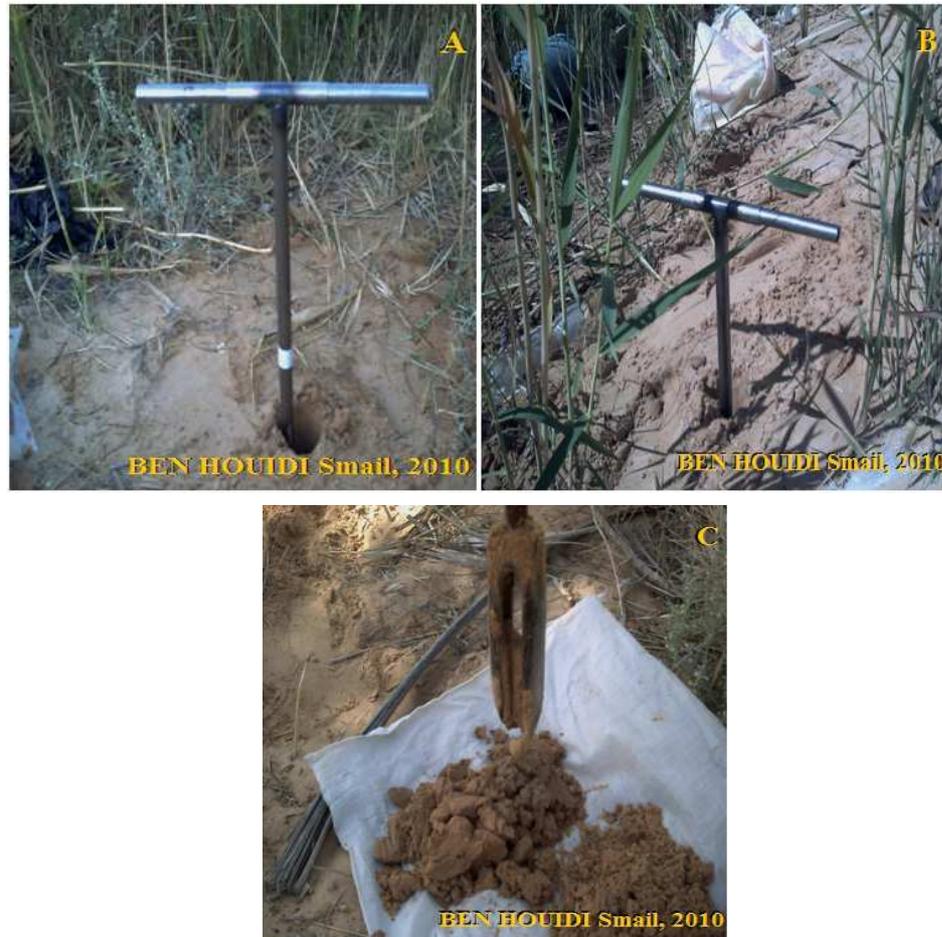


Photo 7. Prélèvements des échantillons de sols

Au niveau du laboratoire, pour la caractérisation du sol, nous avons étudié les caractères physico-chimiques (conductivité électrique (CE), résidu (R.S) et pH).

2. Méthode d'analyses

A fin d'avoir une idée sur les caractères des eaux et des sols, nous avons effectué les analyses ci-dessus:

Les différentes analyses physico-chimiques des eaux et des sols sont effectuées au niveau du laboratoire de l'ITAS de Ouagla.

2.1. Analyses des échantillons des eaux

- Conductivité électrique (CE) à 25° C: mesurée au conductimètre.
- pH: mesuré au pH mètre.
- Résidu sec (RS): par dessiccation à 110° C.

2.2. Analyses des échantillons des sols

Les analyses de sols sont basées sur les paramètres physico-chimiques, puisque ces paramètres déterminent la salinisation des sols, où on utilise l'extrait (2/5).

- a. Conductivité électrique (CE) à 25° C: mesurée au conductimètre.
- b. Résidu sec (RS): par dessiccation à 110° C.
- c. pH: mesuré au pH mètre.

Chapitre IV. Matériels d'études

1. Choix de la zone d'étude

Dans le cadre de ce travail, nous avons essayé de saisir l'impact de la variabilité spatiale du niveau de la nappe phréatique dans les Ghouts de Oued Souf sur la salinisation du sol.

Pour atteindre les objectifs de ce travail, nous avons choisi trois communes (communes : El-Oued, Rabah et Kouinine).

1.1. Critères de choix des zones d'études

Notre choix a porté sur les communes : El-Oued, Robbah et Kouinine. Ce choix repose sur les éléments principaux suivants :

- ✚ La localité dispose d'un nombre important de ghouts (inondé, humide et sec);
- ✚ Un potentiel phoenicicole important;
- ✚ Ces communes sont classées parmi les 18 communes touchées par la remontée de la nappe phréatique dans la region;
- ✚ La situation géographique des communes.

Tableau IV. Etat de la situation des ghouts de Oued Souf (D.S.A., 1998)

Communes	Inondés	Humides	Secs	Total	% Ghouts inondés
Bayadha	249	4	12	265	94%
Kouinine	186	160	66	412	45%
H. Abdelkrim	171	340	375	886	19%
El Oued	164	40	7	211	78%
Robbah	77	27	59	163	47%
Nakhla	29	82	13	124	23%
Ourmes	13	160	133	406	3%
Debila	11	334	296	641	2%
Ogla	6	66	58	130	5%
O. Allenda	4	52	244	300	1%
Mihouansa	3	22	863	888	0,33%
Magrane	1	556	375	932	0%
Taghzout	1	17	393	411	0%
Sidi Aoun	0	76	486	562	
Hassi Khalifa	0	0	1997	1997	
Trifaoui	0	21	476	497	
Reguiba	0	143	594	737	
Total	915	2100	6547	9562	10%

- Zone d'El Oued : située dans la commune d'El Oued, et est caractérisée par un niveau de nappe phréatique superficiel (Ghout inondé).
- Zone de Robbah : située dans la commune de Robbah, et est caractérisée par un niveau de nappe phréatique profond (Ghout sec).
- Zone de Kouinine : située dans la commune de Kouinine, et est caractérisée par un niveau de nappe phréatique moyennement profond (Ghout humide).

Dans chaque zone, nous avons choisi des stations de ghouts (inondé, humide, sec), caractérisés par :

- Accessibles pour les moyens de transport;
- Présence de puits, notamment dans les stations sèches et humides pour effectuer les mesures du niveau de la nappe phréatique;
- Pour obtenir un résultat précis dans chaque zone étudiée.

1.2. Présentation des zones d'études

1.2.1. Zone d'El Oued

La zone d'El Oued est située dans la commune d'El Oued, elle est apparue pendant la période de la colonisation en 1957, sa superficie est d'environ 77,2 km². Elle est limitée par :

Au Nord, par les deux communes de Kouinine et Hassani Abdelkirim, au Sud, par la commune de Bayada à l'est, et les communes de Trifaoui, et Oued Alenda à l'Ouest. Sa population, d'après les dernières statistiques, est estimée à plus de 130984 personnes (NECIB, 2009).

Cette commune est caractérisée par un grand nombre de ghouts inondés par rapport aux autres communes de la wilaya, comme Guemar, Hassi Khalifaetc.

1.2.2. Zone de Kouinine

Kouinine est située au nord d'El Oued, soit à 6 Km du chef lieu de la wilaya. Elle a une superficie de 116 Km², elle est limitée au nord par Taghazout, à l'est par Hassani Abdelkerim, à l'ouest par Ourmès et au sud par la commune d'El Oued.

Malgré son caractère para urbain, Kouinine est considérée comme une région rurale (D.S.A.EL, 1998).

Kouinine se caractérise par son terrain plat, sa nature sablonneuse, avec des dénivellations entre (70, 82 – 77, 02 m), et de ce fait, elle est considérée comme une région basse par rapport au niveau du terrain de la wilaya (D.S.A. EL, 1998).

1.2.3. Zone de Robbah

La zone de Robbah est située dans la commune de Robbah, elle est située au sud de la wilaya d'El-Oued. Elle est limitée par :

Au Nord, par la commune de Bayada, au Sud, par les deux communes d'El Oglia et Douar El Maa, à l'est, par la commune de Nakhla, et à l'ouest par Oued Alenda. Sa population se chiffre à 21828 personnes. Sa superficie est 499,20 km², et est située à 10km de la wilaya d'El Oued.

2. Choix du site expérimental

Pour atteindre l'objectif de ce travail et après le choix des zones d'études (selon les données des tableaux), et après l'estimation du nombre total (après usage de Google Earth), de chaque zone d'étude et stations d'études. Pour notre cas, nous avons choisi les stations des ghouts, selon leur type, avec le choix de 60 ghouts (vingt ghouts dans chaque type de ghout). Les ghouts inondés dans la zone d'El-Oued, humides dans la zone de Kouinine et secs dans la zone de Robbah.

3. Le Ghout

3.1 Définition du ghout

Un ghout est une technique de culture de palmiers dattiers propre à la région du Souf. Les palmiers sont implantés par groupe de 20 à 100 palmiers au centre d'une cuvette artificielle, d'une profondeur de 10 m et d'un diamètre de 80 à 200 m, et dont le fond a été amené à moins de 1 m au-dessus de la nappe phréatique. Les oasisiens creusent progressivement dans le sol, afin que les palmiers aient constamment leurs racines dans l'eau, ils n'ont pas besoin d'irrigation (REMINI, 2004).

3.2. Particularités du système Ghout

Par sa situation topographique et la densité des différents types de strates, ajoutées à la faible profondeur de la nappe, il règne dans le Ghout un microclimat différent de celui de la région.

La température de l'air est inférieure de plusieurs degrés par rapport à la température de la surface hors Ghout, avec des variations selon le degré de recouvrement des sols dans le Ghout. Pour un degré de recouvrement total, la luminosité est très faible, et le degré hygrométrique est très élevé. Si la palmeraie est très clairsemée, les cultures sous-jacentes subissent les conditions climatiques du milieu général (KEDADRA, 1992).

Selon TOUTAIN (1977), dans une palmeraie à degré de recouvrement de 80 à 75%, le climat est favorable à une bonne végétation des cultures sous-jacentes.

De telles conditions:

- éliminent la forte sécheresse de l'air ;
- réduisent l'évaporation des cultures herbacées.

3.2.1. Description du ghuot

Les Ghouts dans la région du Souf sont de véritables petites oasis qui peuvent contenir une dizaine à plusieurs centaines de palmiers. Ces systèmes des Ghouts n'existent que dans la région du Souf en Algérie. Ils sont au nombre de 9000 en 1998 et renferment un peu plus de 500 000 palmiers dattiers, toutes variétés confondues. Ces variétés sont au nombre de 74 : Déglet Nour ; Ghars ; Déglâ Beida ; Tafezouine ; Tinissine (INRA BISKRA, 2005).

Chacune de ces variétés, sélectionnée depuis des siècles répond à un besoin précis pour les populations : consommation fraîche, conservation, transformation ; alimentation du bétail. Elles sont différentes par le goût, la couleur et la forme.

Cette diversité non seulement est riche, mais aussi à une production étalée sur plusieurs mois du fait de l'existence de nombreux cultivars précoces qui commencent à mûrir dès le mois de juillet, et des variétés très tardives qui ne sont récoltées qu'en décembre ((INRA BISKRA, 2005).

Sous le palmier poussent des arbres fruitiers, tels que le citronnier, le jujubier, l'amandier, le pêcher, l'abricotier, le pommier, le prunier, l'olivier, le cognassier, le grenadier, le figuier, la vigne et l'oranger.

En périphérie des Ghouts, des Eucalyptus, Tamarix, Cyprès, Pin d'Alep et les Acacias. La strate la plus basse du Ghout est occupée par des cultures potagères : carotte, pomme de terre, navet, courge, melon, pastèque, oignons, poivron et également des fourrages : orge, à double fin, en vert, pour les animaux et en grains pour l'alimentation humaine et animale.

Les habitants sont de grands consommateurs d'épices, c'est pour cela qu'on retrouve dans les Ghouts de petits carrés de coriandre, de fenugrec, d'anis vert et de nigelle.

La région produit également du Henné (variété locale) et du tabac à priser dont les premières plantations remontent à la fin du XVII^e siècle, et à partir du XIX^e siècle le tabac était déjà l'objet d'exportation vers les pays voisins (Maroc, Tunisie) (VOISIN, 2004)

3.2.2 La construction du ghout

- Le ghout est une technique particulière de plantation, qui consiste à planter plusieurs palmiers dans une excavation commune pratiquée dans les sahanes à travers les couches superficielles gypso-salines de tercha, de manière à placer les racines des jeunes plants au contact de l'horizon humide de la nappe superficielle.

- Les déblais de Tetcha et de sable sont disposés en cercles autour de cette excavation qu'on doit protéger de l'ensablement par des haies de palmes, appelées le zerb qui arrête le sable et l'accumulation pour former une immense dune circulaire.

- La construction des ghouts et leur réglementation fait l'objet d'une codification précise dont certains agriculteurs experts sont les dépositaires (DANIEL.D, 1991).

4. Caractéristiques des stations d'études

4.1. Station de Ghouts inondés

Les ghouts inondés sont représentés par 9,67% du total des Ghouts dans la région de Oued Souf. Ce sont des Ghouts caractérisés par la colonisation des roseaux qui prennent la place des palmiers dattiers, et se caractérisent aussi par des palmiers dattiers en très mauvais état, et un nombre important de pieds dépéris. Ces ghouts sont dans la majorité des cas abandonnés. Généralement dans ces ghouts, on trouve une accumulation de déchets et des eaux domestiques.



Photo 1. Ghout inondé 1 dans la zone d'El-Oued

Cette station est localisée dans la commune d'El-Oued, elle a les caractères suivants:

a- La superficie:

b- L'age moyen: 80.

c- Nombre total de palmiers dattiers: 0.

d- Age du phénomène:

e- Coordonnées géographiques: X= 6°76'31" ; Y= 33°13'25" ; Z= 74.6(m).

4.2. Station des Ghouts humides

Les Ghouts humides représentent 22,19 % du nombre total de Ghouts dans la région de Oued Souf. Ces ghouts sont peu envahis par les roseaux et une faible productivité des palmiers dattiers.

Cette station est localisée dans la commune de Kouinine, elle a les caractères suivants:

- a- La superficie: 4900m².
- b- L'âge moyen: 59 ans.
- c- Nombre total de palmiers: 42
- d- Age du phénomène
- e- Coordonnées géographiques: X= 6°42'10" ; Y= 33°76'26" ; Z= 51.21(m).



Photo 2. Ghout humide 1 dans la zone de Kouinine

4.3. Station des Ghouts secs

Les Ghouts secs représentent 68,13% du nombre total de Ghouts à Oued Souf. Ils sont caractérisés par des palmiers dattiers en bon état.

Cette station est localisée dans la commune Kouinine, ayant les caractères suivants:

- a- La superficie: 4900m².
- b- L'âge moyen: 65 ans.
- c- Nombre total de palmiers: 80.
- d- Age du phénomène
- e- Coordonnées géographiques: X= 6°95'30" ; Y= 33°20'42" ; Z= 85.27(m).



Photo 3. Ghout sec 1 dans la zone de

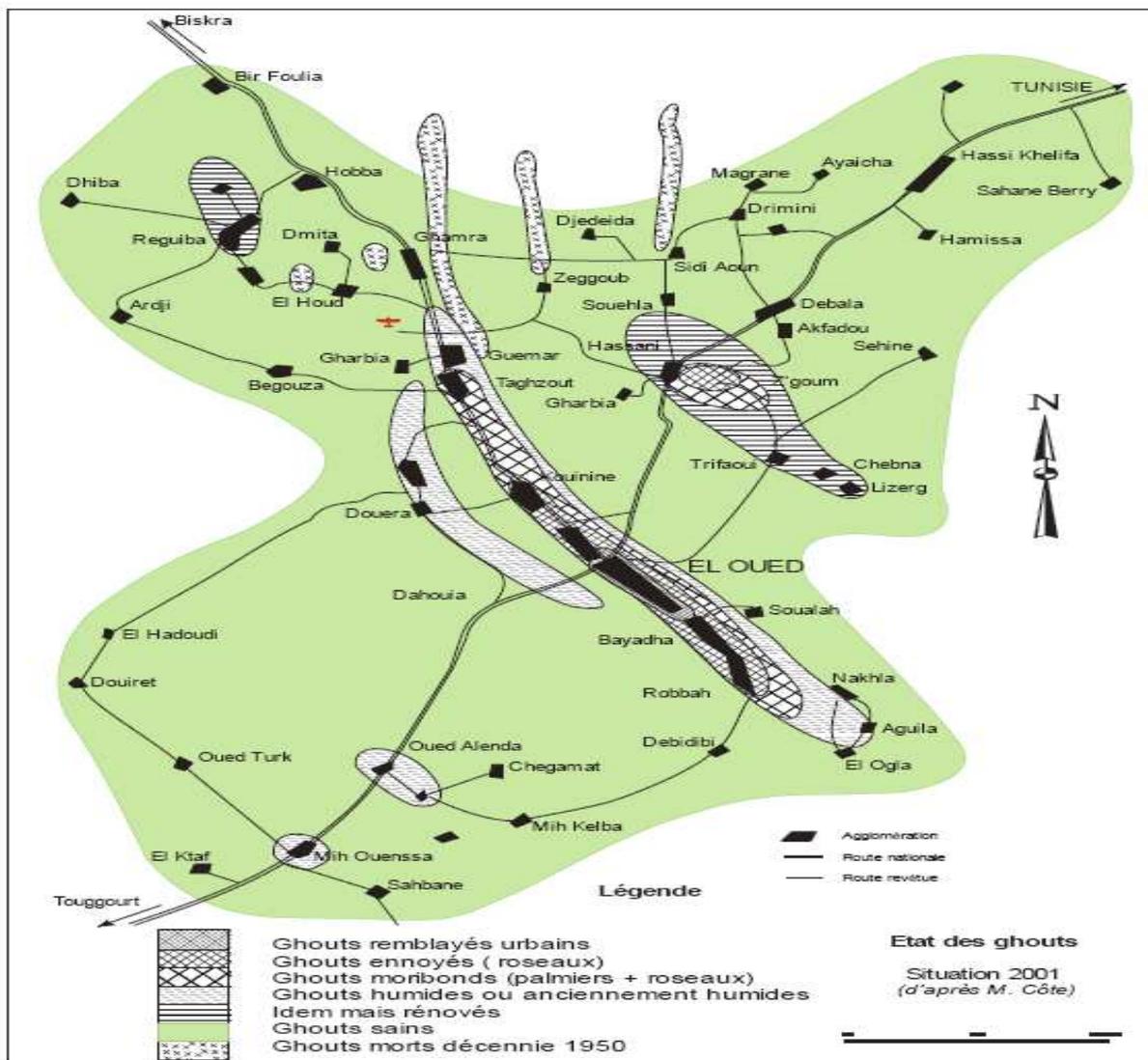


Figure 11. L'état et la situation des Ghouts dans la vallée du Souf d'après CÔTE (in CHEDALA S, et MOULATI H, 2008).

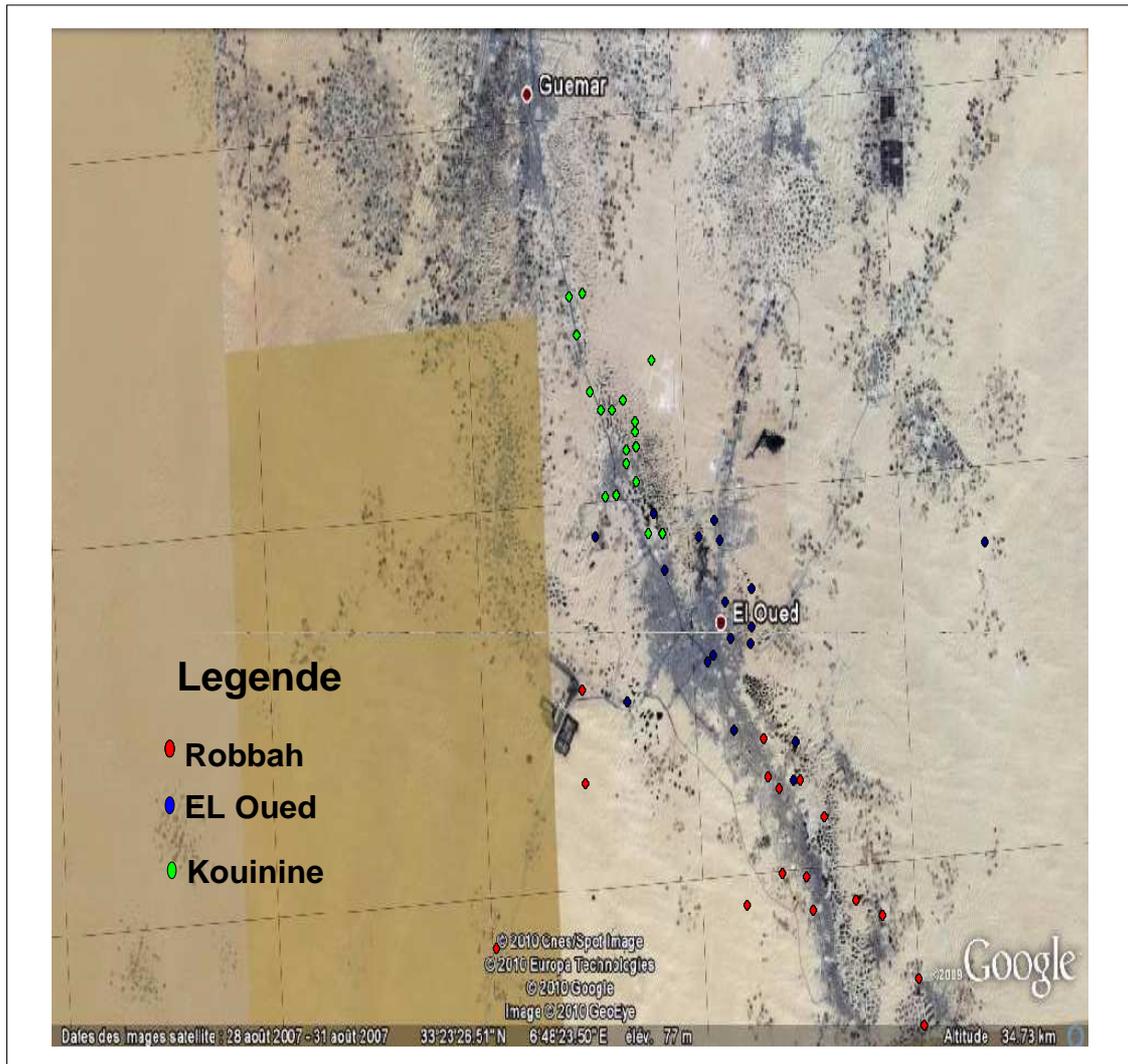


Figure12. Carte présentative des stations (ghouts) d'études dans la région du Souf (Googl Earth, 2009)

Introduction

La vallée de Souf est une région aride, située au sud-est du Sahara algérien, fait partie du Sahara septentrional partagé par la Tunisie, la Libye et l'Algérie, caractérisé par un système aquifère nommé SASS(Système Aquifère du Sahara Septentrional). En Algérie, le système aquifère du Sahara septentrional couvre une étendue de 700,000 km². Ce système renferme des réserves d'eau considérables, il est reconnu et exploité par près de 6500 points d'eau, forages et sources (MEZIANI, 2008).

Dans une oasis, les réserves d'eaux souterraines constituent le support indispensable de toute vie humaine, animale et végétale. Pour pallier l'absence des précipitations, les oasis irriguent leurs palmeraies par les eaux souterraines. Deux procédés traditionnels ont été pratiqués dans le Sahara algérien et qui consistent d'une à remonter l'eau à la surface (foggara et puits balancier), puis descendre d'autre part les racines du palmier dans la nappe de telle sorte les mettre continuellement en contact avec l'eau. L'application de ces deux procédés reste tributaire de la géologie et de l'hydrogéologie de la région. Dans les oasis d'El Oued, c'est plutôt le deuxième procédé qui est appliqué et que les Soufis surnomment les Ghouts. Ils prennent la forme de cuvettes dans les quelles sont implantés les palmiers. Le captage des eaux des nappes profondes (Continental Intercalaire et le Complexe Terminal) par des systèmes hydrauliques modernes (Forages) a provoqué la remontée des eaux et l'inondation des Ghouts, entraînant l'asphyxie des palmiers. Cet article traite les mécanismes et les conséquences de la remontée des eaux et son impact sur la disparition des Ghouts (REMINI, 2006)

D'une manière générale, les eaux destinées à l'alimentation en eau potable, l'irrigation et à l'industrie proviennent uniquement des eaux souterraines, mais la qualité physico-chimique de cette eau (salinité) dans certaines régions est le plus souvent médiocre. Cette salinité, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau et en sols (Salinisation secondaire). Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une pollution le plus souvent d'origine domestique, ce qui rend l'eau impropre à la consommation et parfois même à l'irrigation. En effet, la qualité des eaux dans les différentes régions sahariennes et notamment, celles situées au centre et au nord (Ouargla, El Oued, Biskra) sont de mauvaises qualité et leur teneur en sels peut dépasser les 7 g/l de résidu sec (région de Oued Rhir). Cette forte teneur en sels conjuguée à la présence d'une nappe phréatique proche de la surface du sol, est l'une des principales causes de la salinisation et stérilisation des sols de plusieurs zones agricoles (KHADRAOUI, 2005).

L'objectif de notre travail s'insère dans cette problématique qui consiste à étudier l'impact de la variabilité spatiale du niveau de la nappe phréatique dans les Ghouts de Oued Souf sur la salinisation du sol.

En d'autre terme, deux questions sont posées:

- La variabilité spatiale du niveau de la nappe phréatique est elle la principale cause de de la salinisation du sol dans les Ghouts de Oued Souf ?
- Quelle sont les effets de la remontée des nappes sur la sanilisation du sol et la dégradation des Ghouts de la région de Oued Souf ?

Pour répondre à ces questions, nous avons effectué notre recherche, avec une méthodologie qui consiste à choisir trois zones à différent niveau de la nappe phréatique, et dans chaque zone on a choisi vingt sites expérimentaux (Ghouts inondés, Ghouts humides, Ghouts secs) où nous avons étudié la variabilité spatiale de la nappe phréatique et des sols.

Notre étude comporte trois parties essentielles, à savoir:

- La première partie de notre travail a été consacrée à la synthèse bibliographique, généralité sur la salinisation du sol, la remontée des eaux de la nappe phréatiques et la présentation de la région d'étude.
- La seconde partie a été réservée aux matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.
- Quant à la troisième partie, elle est inhérente aux résultats et discussions de notre travail.

Chapitre I. Salinisation des sols

I.1. Définition

La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium, le magnésium, le calcium, le chlorure, le sulfate, le carbonate, le bicarbonate et le sodium. L'accumulation du sodium est aussi appelée sodification. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent (S.O.C.O., 2009).

Tout d'abord, la salinisation implique une accumulation de sels par des processus naturels du fait d'une forte teneur en sels du matériau parent ou des nappes souterraines. En second lieu, la salinisation est provoquée par des interventions humaines, telles que des pratiques d'irrigation inappropriées, par exemple avec de l'eau d'irrigation riche en sels et/ou par un drainage insuffisant (S.O.C.O., 2009).

I.2. Origine de la salinisation

Les sols salés sont naturellement présents sous tous les climats et sur les continents Szabolcs (in MENNASSER AS, 2009). Ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eau marine). Les processus de formation des sols salés sont associés à la redistribution des sels dans les pédopaysages par divers agents, l'eau mobilisant les sels à l'état dissous, le vent à l'état dissous ou cristallisé...etc.

L'accumulation des cristaux de sels est favorisée sous les climats ou les processus évaporatoires dominants Bresler et al et Chhabra (in MENNASSER AS, 2009).

Par ailleurs, le développement mondial de la culture irriguée entraîne souvent une extension secondaire des terres salées, liée à la dégradation chimique et physique des sols et à ou mauvaise conduite de l'irrigation Ghassemi et al et Cheverry et Bourrie (in MENNASSER AS, 2009).

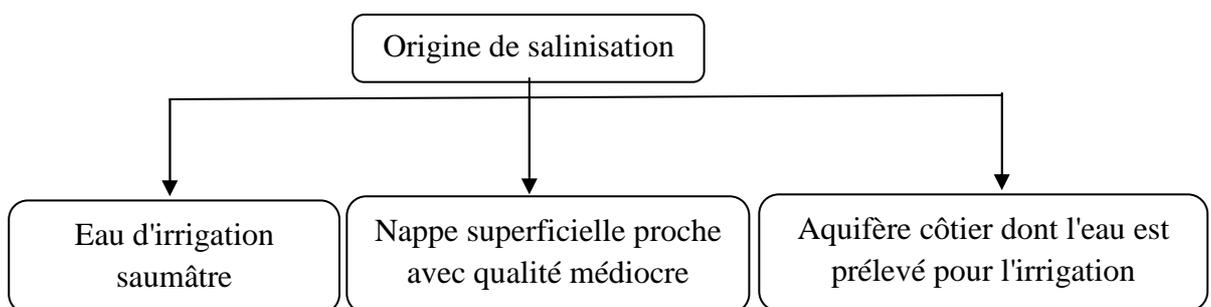


Figure.1. Origine de la salinisation du sol (IPTRID, FAO, CISEAU, 2006).

I.3. Types de salinisation

I.3.1. Salinisation primaire ou naturelle

Elle est due aux sels qui se forment lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes : dans les régions côtières, intrusion d'eau salée ou submersion des terres basses, inondations périodiques par de l'eau de mauvaise qualité.

Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (MEMOUD, 2006).

I.3.2. Salinisation secondaire

Dans ce cas, le sol avait déjà formé et avait acquis une personnalité pédologique. Par exemple, si une partie d'une plaine littorale est envahie par la mer, bien que le contact soit direct, la salinisation reste secondaire. Il en est de même d'un sol alluvial qui se sale sous l'effet de la remontée d'une nappe chlorurée.

Cette distinction tend à faire préciser à quel moment de son histoire, un sol a acquis le caractère halomorphie SANDA (ABBANI B, et ABDE-LALI Y, 2005).

Induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées (MEMOUD, 2006).

1.4. Répartition et importance géographique des sols salés dans le monde

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent un grand problème pour l'agriculture. De l'ensemble des sols cultivés du monde, 23 % sont affectés par des problèmes de salinité (Keren, 2000). En fait, les sols salins couvrent 397 millions d'hectares et les sols sodiques 434 millions d'hectares (FAO, 2005). Leur distribution géographique se superpose presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (Durand, 1983).

I.5. Répartition et importance géographique en Algérie

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (Durand, 1983). Ils sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords des chotts. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Ouargla et au-delà (Durand, 1983).

D'après HALITIM (1988), dans les régions arides, les sols salés représentent environ 25% de la surface cartographiée. Soit 3,2 millions d'hectares (HAMDI, 1999). Les sols situés au Sud sont nettement plus sodiques que ceux du Nord (DAOUD, 1999).

1.6. Techniques de diagnostic des sols salés et alcalins

L'étude d'un sol sur le plan de la salinité se base sur un ensemble de facteurs :

■ **Conductivité électrique** : la salinité est mesurée par la CE de l'extrait de pâte saturée ou l'extrait diluée du sol. Elle est exprimée en dS/m à 25C° (Annexe 6)

■ **pH du sol** : la notion de pH du sol permet de façon commandée et précise de désigner la réaction du sol. Les sols salés ont un pH supérieur à 7. Il augmente en corrélation avec le rapport Na^+/CEC .

■ **ESP** (Taux de sodium échangeable): ce terme permet de caractériser le stade d'alcalinisation d'un complexe d'échange, l'ESP est fonction de la CEC exprimée en (meq/l).

$$\text{ESP} = \text{Na}^+ / \text{Quantité totale des cations absorbées}$$

- **SAR** (Sodium absorption ration): il s'agit d'un paramètre fondamental pour la détermination du niveau de l'alcalinisation de la solution du sol.

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / \text{I} (\text{Mr}; \text{Ca}^{++}) / 2 ; (\text{Na}, \text{Mg}^{++}; \text{Ca}^{++}) \text{ meq/l}$$

1.7. Classification des sols salés

Pour la classification des sols salés, les auteurs utilisent des paramètres de salinité et de sodicité pour obtenir des classes de sols salés basées sur la CE et le ESP (Annexe I)

1.8. Effets de la salinité sur les propriétés physiques et chimiques du sol

L'excès de sels dans un sol modifie les propriétés physiques et chimiques. Cette altération des conditions édaphiques constitue un stress indirect pour la croissance des plantes (Gregory, 2005).

1.8. 1. Effets de la salinité sur les propriétés physiques du sol

C'est par leurs cations que les sels solubles affectent les propriétés du sol. Il s'agit essentiellement de l'ion sodium. L'action défavorable de cet ion à l'état échangeable se traduit par la dispersion des colloïdes du sol et par voie de conséquence :

- Structure dégradée ;
- Réduction de la perméabilité et de l'aération ;

- Mauvaise stabilité structurale.
- Faible disponibilité de l'eau à la plante (Halitim et Duchuffour et Hunin et al (MENNASSER AS, 2009).

1.8. 2. Effets de la salinité sur les propriétés chimiques du sol

- pH (réaction du sol)

La réaction du sol (pH) est influencée par la nature des sels. Alors que certains sels sont acidifiants (CaSO_4 , KCl , MgSO_4), d'autres sont alcalinisants (NaHCO_3 , CaCO_3 , Na_2CO_3).

- ESP (Taux de sodium échangeable)

Le taux de sodium échangeable a une grande importance dans les sols alcalins, vu que ces derniers retiennent de faibles concentrations en sels solubles et la grande quantité de sodium se trouve sous la forme échangeable. Tandis que dans le cas des sols salés, la grande partie de sodium se trouve dans la solution du sol.

1.9. Effets de la salinité sur les propriétés microbiologiques du sol

La teneur excessive en sels présente dans les sols a un impact adverse sur les populations microbiennes et sur leurs activités. La concentration de la solution en sels entraîne une augmentation de la pression osmotique. Celle-ci inhibe le développement des micro-organismes. Toutefois, la sensibilité des micro-organismes à l'égard de la salinité est différentielle suivant les degrés de la salure. En effet, la relation entre la salinité et l'activité

Microbienne n'est apparemment pas une fonction linéaire, mais représente une valeur seuil de salinité au-delà de laquelle, il y a une forte diminution des populations microbiennes Halitim et Dellai (in Oustani, 2006).

Hormis la tension osmotique élevée, caractérisant les sols salés, ces derniers constituent un milieu défavorable pour les microorganismes en raison de la présence des ions toxiques et de leur pH très basique, ainsi que leur structure asphyxiante (Oustani, 2006).

Le blocage de l'activité microbiologique des sols par la salinité influe négativement sur la nutrition des plantes, dans la mesure où c'est cette activité microbienne qui transforme les composés organiques en formes minérales assimilables par les plantes Gobat et al. (In Oustani, 2006).

1.10. Effets de la salinité sur les végétaux

1.10.1. Notion de plantes Halophytes et glycophytes

Le terme halophyte définit un organisme qui vit, croît et se reproduit naturellement dans un milieu salin, alors qu'un glycophyte ne peut croître naturellement en milieu fortement salin Tipirdamaz et al et Gregory (MENNASSER AS, 2009). La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de Na.

Ainsi, il a été démontré que les plantes supérieures, incluant glycophytes et halophytes, n'ont pas un métabolisme tolérant aux excès de sels, même si certains organismes montrent une bonne croissance dans de l'eau de mer. L'avantage essentiel des halophytes sur les glycophytes réside dans la gestion des ions en excès dans l'organisme (Gregory, 2005).

1.10.2. Mécanismes d'action de la salinité sur les végétaux

La salinité constitue avec la sécheresse une des principales contraintes responsables de la perte de rendement des cultures et de la détérioration du couvert végétal (Messedi et Abdelly, 2004).

Le ralentissement de la croissance peut résulter de plusieurs facteurs, à savoir :

- La perte de turgescence des cellules due au stress osmotique, induit par les solutés externes;
- L'utilisation des composés carbonés et azotés à des fins d'osmorégulation au dépens de leur implication dans la production de biomasse;
- L'accumulation excessive d'électrolytes dans les tissus de la plante, entraînant un effet de toxicité;
- Le déséquilibre nutritionnel causé par l'absorption réduite des ions essentiels, comme K^+ ; Ca^{++} ou NO_3^- en liaison avec cette accumulation excessive des ions toxiques.

En fait, le stress salin qui exprime les effets de l'excès de sels sur la plante peut être résumé en trois composantes :

- Un stress hydrique lié à la baisse du potentiel hydrique externe;
- Un stress ionique (toxicité ionique) lié à l'excès de Na^+ et Cl^- ;
- Un stress nutritionnel dont l'origine réside dans le déséquilibre ionique introduit par la présence de Na et Cl^- à fortes concentrations. (Torrecillas et al, 1994).

A/ Effet osmotique

L'excès du sel a des effets comparables à ceux de la sécheresse, les ions présents dans l'environnement réduisent la disponibilité de l'eau pour les racines. Ainsi, la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation réduisent la faculté des racines des plantes à puiser de l'eau du sol. Ceci cause une augmentation de la pression osmotique de la solution du sol et rend encore plus difficile pour les racines d'extraire l'eau du sol. C'est ce qu'on appelle une sécheresse physiologique (Boukachabia, 1993).

B/ Effet toxique des ions

Dans un phénomène de salinisation et ou d'alcalinisation, il y a toujours accumulation préférentielle d'un ou de quelques ions prédominants, ce phénomène provoque une modification de l'équilibre ionique, créant des conditions défavorables à la croissance.

Selon Kutaiba (1990), la toxicité causée par la salinité peut être à l'origine de deux types de stress :

- **Stress direct** (effet membranaire), par modification de la perméabilité et du transport hydrique et ionique, notamment au niveau des tissus racinaires.
- **Stress indirect**, par altération des différentes fonctions majeures de la plante (respiration, photosynthèse, métabolisme des protéines et acides nucléiques).

Par ailleurs, plusieurs auteurs révèlent que l'effet toxique du stress salin peut avoir comme conséquences :

- L'altération des mécanismes de transport et de sélectivité qui induisent des déficiences ou des excès des ions dans la plante;
- Une décoloration et des nécroses foliaires;
- Une réduction de la croissance, par suite de l'accumulation des ions toxiques dans certains organites de la plante (chloroplastes), et une déficience en ions K⁺. (Lakhdari, 1986; Ghorbel, 1986).

*** Absorption des ions toxiques par les racines**

Les ions chlorites : les ions chlorites peuvent être absorbés par les racines et s'accumuler dans les feuilles. Dès lors, ces ions peuvent provoquer une brûlure des extrémités ou des bords des feuilles, le « bronzage » et le jaunissement prématuré des feuilles.

Les ions sodiques : les symptômes de toxicité typique aux ions sodium sont des brûlures de feuilles, le dessèchement et la mort des tissus sur les bords externes des feuilles. De hautes concentrations en ions sodium dans l'eau d'irrigation peuvent causer des déficiences en ions calcium et potassium (par des phénomènes de blocage) dans les sols déjà déficitaires de ces éléments.

*** Absorption par les feuilles**

Les dommages de la salinité sur les feuilles sont plus importants lorsque l'irrigation se produit par temps chaud et sec et que l'évaporation concentre les sels à la surface des feuilles. Les ions toxiques peuvent développer des symptômes de brûlure au niveau des feuilles.

On peut noter également que la présence excessive d'ions sodiques, chloriques et boriques peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse, nitrates qui sont indispensables pour la croissance des plantes.

Cl Effet nutritionnel

La salinité externe exerce souvent un effet dépressif sur l'alimentation minérale des plantes (Callot et al, 1983). En fait, le déséquilibre nutritionnel des plantes est causé par l'absorption réduite des ions essentiels, comme K^+ ; Ca^{++} ou NO_3^- en liaison avec l'accumulation excessive des ions toxiques.

La culture des plantes en présence de NaCl entraîne d'une façon générale des perturbations au niveau de la nutrition minérale. Les ions Na^+ et Cl^- en excès peuvent entraîner un déficit en certains éléments indispensables, comme Ca^{++} et K^+ (Kutaiba ,1990).

Selon Hjjj et Grignon (1985), la racine est responsable de cette sensibilité à l'NaCl. Les systèmes d'absorption ou de sécrétion dans le xylème ne sont pas directement inhibés, mais le sel diminuant l'absorption des éléments nutritifs, et réduisant ainsi l'efficacité de la racine pour l'alimentation des parties aériennes en Kt

Le chlore est un antagoniste des anions : SO_4 , et NO_3^- indispensables à la croissance. Il inhibe chez les plantes sensibles au sel l'absorption et le transport de NO_3^- vers les parties aériennes (Slama, 1986).

I.11. Adaptation des plantes à la salinité

Les facultés de résistance des plantes aux sels sont nombreuses et encore mal comprises mais sont apparemment liées à :

- La capacité de la plante à restreindre l'entrée des sels par les racines;
- La capacité de la plante à tolérer ou s'adapter au sel une fois entré dans la plante.

En fait, la résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans les conditions de stress salin. Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin qui diffèrent selon la catégorie des plantes (Berthomieu et al., 2003).

Chez les plantes sensibles à l' NaCl , le Na^+ s'accumule dans les racines mais il est exclu des feuilles, ces plantes sont dites (excluser). A l'inverse, les plantes tolérant NaCl sont dites (incluser), car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na^+ que les racines, lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (Haouala et al., 2007).

1.11.1. Adaptations morphologiques

La morphologie et la structure des plantes halophytes sont adaptées dans le sens de l'économie d'eau (Heller et al. 1998). Les caractères liés à cette adaptation sont :

- Une cuticule épaisse;
- Des stomates rares ;
- Des cellules à grandes vacuoles; permettant de stocker le NaCl ;
- Une succulence des feuilles qui deviennent épaisses.

1.11.2. Adaptations anatomiques

Généralement, les plantes répondent à de graves stress hydriques ou salins en fermant leurs stomates, de façon à réguler la perte d'eau par la transpiration des feuilles sur la vitesse d'absorption de l'eau par les racines.

Des modifications anatomiques apparaissent au niveau des différents organes lors d'un stress salin. Au niveau des racines, on observe des modifications du cortex qui chez les

halophytes est constituée de 2 à 3 couches seulement. Les sels induisent également une diminution de la dimension du système vasculaire (Reinoso et al., 2004).

Au niveau des feuilles, les halophytes ont en général un nombre de stomates par unité de surface inférieur à celui des glycophytes.

1.11.3. Adaptations physiologiques

La tolérance à la salinité à la contrainte saline est associée à trois caractéristiques physiologiques essentielles :

- Une utilisation efficace des ions dans l'ajustement osmotique et le maintien de la turgescence;
- Une bonne compartimentation vacuolaire de Na^+ et Cl^- au niveau des feuilles;
- Une sélectivité d'absorption et de transport en faveur de Cl^- malgré l'excès de Na^+ .

1.11.3.1. L'Ajustement osmotique

Les halophytes se caractérisent par une grande capacité d'absorption et d'accumulation préférentielle du chlore et du sodium dans les feuilles. Une conséquence de cette accumulation des ions est l'élévation de la pression osmotique, celui-ci contribue à maintenir le potentiel hydrique total dans la plante, inférieur à celui de la solution du sol, une réduction des pertes d'eau et au maintien de la turgescence cellulaire (Belkhodja, 2007).

L'ajustement se retrouve chez la grande majorité des organismes vivants pour le maintien de l'alimentation hydrique et de la pression de turgescence (Grégori, 2005). Ce processus se fait en modifiant les concentrations de solutés compatibles dans les tissus de façon à maintenir une concentration ionique plus élevée (hypertonique) dans le protoplasme que dans le milieu extérieur (hypotonique) (Niu et al. 1995).

1.11.3.2. La Compartimentation vacuolaire

La compartimentation vacuolaire des ions toxiques est un facteur majeur de la tolérance aux sels. En fait, la compartimentation de Na^+ et Cl^- à l'intérieur des vacuoles est un moyen de prévenir de la toxicité dans le cytosol et contribue à l'ajustement osmotique nécessaire à la tolérance à la salinité (Zhu, 2001).

1.11.3.3. La Sélectivité de Na^+

A l'interface racine/sol, l'excès de Na^+ peut limiter l'approvisionnement de la plante en macroéléments essentiels, tels que K^+ . Une composante de la tolérance à la salinité est l'efficacité avec laquelle le K^+ est adsorbé et utilisé pour les besoins métaboliques (Piri et al. 1994).

En outre, le maintien d'un rapport K^+/Na^+ élevé est une exigence pour assurer la stabilité membranaire et le fonctionnement des enzymes. Une haute concentration de K^+ et une baisse de concentration de Na^+ est nécessaire pour un processus cytoplasmique normal (Ashraf et Ali, 2008).

Le maintien d'un rapport K^+/Na^+ élevé résulte de l'exclusion de Na^+ et /ou de sa compartimentation intracellulaire dans la vacuole.

La principale adaptation des halophytes au stress salin est leur grande capacité d'absorption ionique pour assurer leur ajustement osmotique. Elles accumulent des quantités de Na^+ et Cl^- qui seront toxiques pour les glycophytes. Ces derniers vont au contraire favoriser l'entrée des ions K^+ par rapport au Na^+ par une régulation au niveau canaux à K^+ .

La capacité de sélectionner le K^+ par rapport au Na^+ lors de l'absorption a été décrite comme un critère de tolérance au sel (Ashraf et Mi, 2008).

Le Ca^{++} joue un rôle important dans la réponse à la salinité, puisqu'il augmente la sélectivité du K^+ au dépend de Na^+ (Niu et al., 1995).

Chapitre II. La remontée de la nappe phréatique à Oued souf

1. Description du phénomène

La pente de la nappe phréatique est faible et bien que la transmissivité soit élevée, les qualités d'eau qui s'écoulent vers l'aval sont peu importantes. Les apports d'eaux extérieurs (continentale intercalaire, complexe terminal ou rejets) restent pratiquement sur le site et font monter le niveau de la nappe, en remplissant les fissures du terrain, créant un dôme. La pente de la nappe, augmentant localement permet un écoulement plus important jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse ou que la nappe monte jusqu'en surface des sols, lorsque les apports dépassent les possibilités d'écoulement souterrain.

Les premiers signes d'une remontée de la nappe phréatique sont visibles dans les ghouts, car la profondeur de l'eau y est en temps normal, de l'ordre de 1 à 2 mètres. Une remontée de 1, 5 mètres aura comme conséquence l'apparition de tranches d'humidité (COTE, 2001).

2. Historique de la remontée

A cause des conditions topographiques et hydrogéologiques favorables dans la région, les Soufis ont creusé des cuvettes Ghouts, en enlevant le sable pour le déposer autour des cuvettes, sous forme de dunes pour préservation du Ghout (REMINI., 2004).

Avant les années soixante, les oasiens utilisaient uniquement les eaux de la nappe phréatique pour les besoins en eau potable et agricole; il existe un équilibre entre les prélèvements et les rejets et le niveau piézométrique de la nappe restait stationnaire (D.S.A., 1998). Ce système de culture est bien adapté au milieu (Erg), mais fragile parce qu'il est étroitement lié au niveau de la nappe, et ceci plus que dans la technique d'exhaure de l'eau dès que le niveau de celle-ci s'abaisse (cas au milieu du XX^{ème} siècle), ou s'élève (cas actuellement), le palmier risque de mourir d'insuffisance ou de trop d'eau (COTE, 1998).

La nappe phréatique de la région du Souf subit une remontée progressive de son niveau piézométrique depuis les années soixante, et semble s'aggraver avec les temps (ANRH, 2000). Les premières apparitions de la remontée de la nappe phréatique durant l'année 1969 dans les communes de Magrane et Hassi Khalifa (D.S.A., El Oued, 1998). A partir des années 80, une remontée maxima de la nappe a été observée tout autour de la ville (A.N.R.H., 2003). L'eau qui était de 2 à 3 mètres sous le plancher des ghouts, n'a plus

été qu'a 1m, puis a affleuré en hiver et a fini par noyer en permanence le fond du ghout. Les répercussions sur la palmeraie sont directes : dépérissement des palmiers, puis mort et abandon des ghouts (COTE, 1998).

Le phénomène est apparu aux portes immédiates de la ville d'El Oued, puis l'aurole a grandi, au point de toucher aujourd'hui la moitié sud du Souf, de Kouinine à Nakhla, On peut dire que 515 ghouts sont envoyés et que 120000 palmiers sont morts (VOISIN, 2004).

3. Les Causes de la remontée de la nappe à Oued Souf

Les causes de la remontée de la nappe phréatique ont été rattachées à quelques suppositions, parmi lesquelles :

3.1. La pluviométrie exceptionnelle : généralement, les précipitations dans la zone du Souf on lieu de novembre à février, le plus souvent fines et modérées et de courte durée. Ces pluies deviennent parfois torrentielles et engendrent des dégâts, tels a été le cas en 1969 (D.S.A., 1993).

3.2. Utilisation des forages pour l'irrigation : avant, le mode d'irrigation dans le Souf se faisait directement à partir de la nappe phréatique. Avec la baisse du niveau de la nappe, le recours aux nappes plus profondes (du complexe terminal et du continental intercalaire) a été imposé. Plusieurs puits forés dans le Souf servent aujourd'hui à des périmètres irrigués (Domaine Dhaouia) (L.A.D.E., 2004).

3.3. La topographie de la région : la topographie de la région d'El Oued est très vallonnée avec des zones basses et des dépressions. Cette topographie conjuguée à une très forte perméabilité des sols (90 % de sable) facilite l'infiltration des eaux d'irrigation et de pluie (70 mm/an) vers la nappe phréatique. Cette situation est aggravée par le manque d'exutoire naturel proche de la région (A.N.R.H, 1993).

3.4. Transfert des nappes profondes : l'utilisation des eaux des nappes profondes (CI et CT) pour l'alimentation en eaux potable et l'agriculture contribue fortement à la remontée de la nappe superficielle. Ce transfert est facilité également par la communication inter nappes, qui est due à la vétusté des équipements d'anciens forages et par les eaux usées. Il est à noter que les études techniques réalisées dans le Souf ne mentionnent pas l'existence d'une interaction entre les différences nappes, et ce par des mouvements de sol (failles, perméabilité etc....) (A.N.R.H, 1998).

3.5. Absence d'un exutoire : la zone du Souf n'est pas pourvue d'un exutoire, les eaux usées n'ont qu'un seul chemin, traverser le sable pour atterrir dans la nappe phréatique (ce qui provoque l'asphyxie des palmiers). Au début, le système hydraulique du Souf; alimentation- évacuation était simple et équilibré :

- L'alimentation se faisait à partir de la nappe phréatique;
- L'évacuation des eaux usées se faisait dans les fosses septiques pour rejoindre à la fin la nappe phréatique.

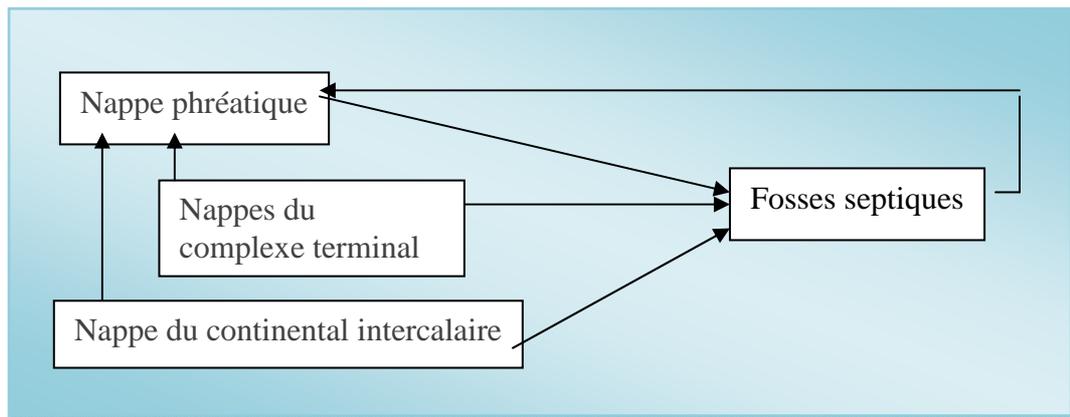


Figure 2. L'évolution des prélèvements à partir du complexe terminal et du continental intercalaire (D.S.A. El, 1993)

Donc, on parle de la rupture d'un système d'équilibre où la nappe phréatique aboutissait directement à la nappe phréatique à un système où trois nappes (nappe phréatique, nappe du complexe terminal et nappe du continental intercalaire) aboutissaient à la nappe phréatique (D.S.A, 1993).

3.6. Absence d'un réseau d'assainissement : de toutes les localités du Souf, seule la ville d'El Oued est dotée d'un réseau d'assainissement, et encore sur un linéaire de 75 km de conduite en béton et amiante, ou 16% seulement sont raccordés, avec un rejet à 4 km à l'extérieur de la ville (ANRH, 1998). De plus, les habitants utilisent toujours les puits abandonnés et les ghouts pour l'assainissement. Ceci influe sur le réservoir de la nappe phréatique et détériore davantage la qualité de l'eau (L.A.D.E., 2004).

4 .Analyse technique de la remontée de la nappe

Solen Moulati A., 2004, le phénomène de remontée de la nappe phréatique dans la région du Souf est complexe et s'étend pratiquement sur un demi-siècle. D'après les données contenues dans les rapports de Marc Côte (1993 - 2001), complétées par celles du

BNEDER (1992-1993 et 1994); ANRH (1993); ANRH (1994), et l'inventaire des forages et des enquêtes sur les débits (ANRH 1999), on peut établir les techniques suivantes:

- Avant 1956, toute l'eau utilisée pour l'alimentation humaine, animale et l'agriculture provenait de la nappe phréatique. L'augmentation de la population et l'extension des cultures ont eu comme conséquences une surexploitation, avec en corollaire un abaissement lent et progressif de la nappe. Dans les années 1940, la baisse était déjà de l'ordre de 0,5 m au sud d'El-Oued, 1m à El-Oued, 1,5m à Kouinine et 2 m au nord de Kouinine.
- En 1956, un premier forage moyennement profond au Complexe Terminal (CT) a été creusé pour l'AEP d'El Oued et entre 1957 et 1969, environ un nouveau forage par année a été exécuté dans le CT.
- En 1969, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec inondation de 150 ha dans la région de Magrane et Hassi-Khalifa. La nappe est progressivement redescendue par la suite (BNEDER, décembre 1993).
- De 1970 à 1980, environ 2 forages par année ont été réalisés dans le CT et en 1980, on observe les premiers ghouts ennuyés à El-Oued et une remontée progressive et persistante de la nappe phréatique aux portes d'El Oued, ce qui en 1985 alarme les autorités.
- 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'AEP d'El Oued, le troisième à Hassi Khalifa, pour l'agriculture est fermé.
- En 1993, la nappe avait ennoyé la palmeraie sur 25 km dans le couloir Kouinine-Robbah. (ANRH, 1993).

Schématiquement, la remontée maximum de la nappe correspond à la zone de concentration des forages pour l'approvisionnement en eau potable, autre de l'agglomération linéaire d'El-Oued. Au-delà, chaque fois que l'on se rapproche d'une A.E.P villageoise, la nappe a tendance à remonter (Fig. n° 4) (COTE, 1998).

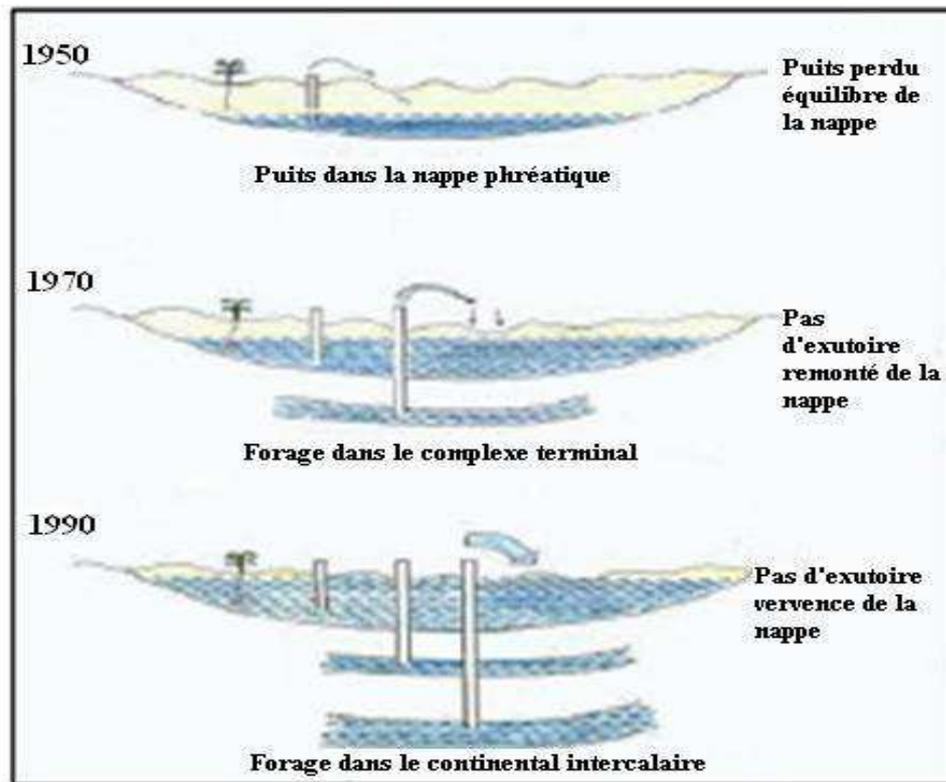


Figure 3. Mécanismes d'alimentation de la nappe phréatique CÔTE ,1998 in (ANRH 2003)

- Entre 1993 et 2000, une série d'investigations ont été entreprises pour connaître les caractéristiques géométriques, géologiques, physicochimiques et bactériologiques de l'aquifère et un important travail de recensement et de supervision des forages existants a été entrepris.

5. Niveau piézométrique de la nappe phréatique

Le niveau piézométrique de la nappe phréatique en avril 2001 (Fig. 8), on observe que la partie Sud de la région d'étude se caractérise par un niveau piézométrique élevé et atteint jusqu'à 96m au niveau de Mouih Ouensat. Cette valeur s'abaisse quand on avance vers le Nord-Ouest et atteint jusqu'à 32m au niveau de Foulia, cette pente exposition vers le Nord-Ouest a conduit à un écoulement dans ce sens.

6. Variations des niveaux piézométriques

6.1. Variations saisonnières : d'après l'A.N.R.H (1999), ces variations représentent les mouvements saisonniers de la nappe phréatique entre mars - avril, et Septembre 2001 (voir annexe n° 01).

⇒ Une remontée de la nappe phréatique au niveau des plantations irriguées à partir de la nappe du complexe terminal, il s'agit du domaine Daouia et de la plantation de foulia, Du rejet de la ville d'El-Oued, des agglomérations d'Ouzitene, d'Ez Zeggoube et de Guemmar.

⇒ Une baisse de la remontée de la nappe phréatique dans les zones agricoles.

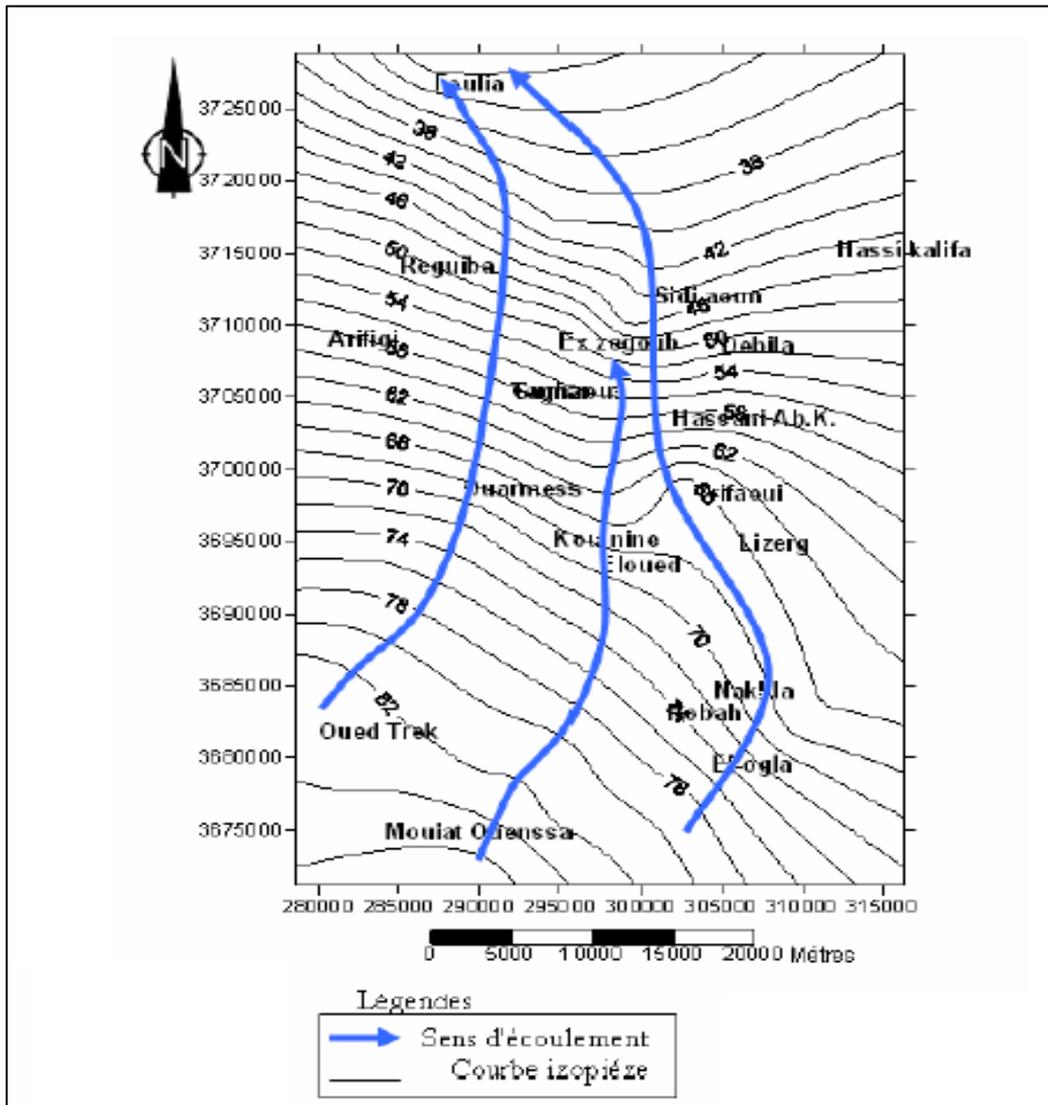


Figure 4. Carte piézométrique de la nappe phréatique en 2001 (ANRH 2003)

6.2. Variations annuelles

Les variations annuelles de la nappe phréatique réalisée en 2 périodes

6.2.1. Période 2001-2002

Ces variations représentent les mouvements annuels de la nappe phréatique, entre avril 2002 et avril 2001, ces variations sont réalisées dans la figure n° 6.

On observe :

- en blanc, des variations de la nappe phréatique entre -0,1 et 0,1 mètres
- en vert, un rabattement de la nappe phréatique entre 0,1 et 2,2 mètres
- en rouge, une remontée de la nappe phréatique entre 0,1 et 0,6 mètres

Une remontée du niveau de la nappe phréatique a été constatée :

- au niveau des centres urbains

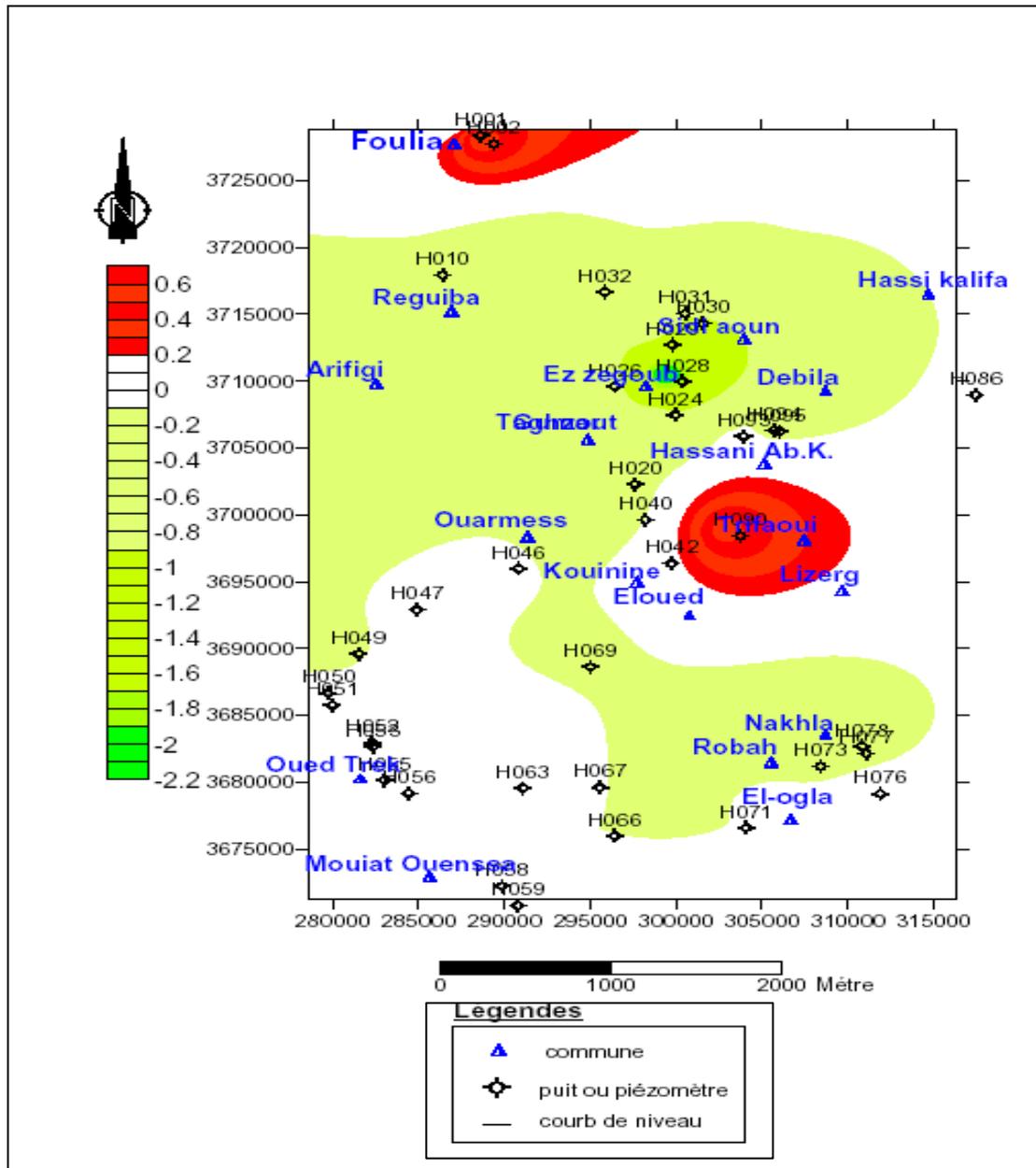


Figure 5. Carte piézométrique de la nappe phréatique (Avril 2001- Avril 2002) (ANRH, 2003)

Tableau I. Niveau de remontée de la nappe phréatique dans les différentes communes (Source O.N.R.G.M, 2002)

Communes	Niveaux de remontée de la nappe phréatique
Reguiba	0,6
Robbah	0,5
El-Oued	0,4
Nakhla	0,3
Kouinine	0,3
Hassi Khalifa	0,2
Magrane	0,1
Oued El Alanda Sud	0,1

- De 1 mètre au niveau du rejet de la ville d'El-Oued
- De 0,6 mètres au niveau de la plantation de Foulia irriguée à partir des forages du CT.

Un rabattement de la nappe phréatique a été constaté en général au niveau des zones agricoles qui exploitent l'eau de la nappe phréatique

6.2.2. Périodes 2002 – 1993

Ces variations des mesures de 55 points du réseau de surveillance en avril 2002 et mars 1993, les fig. 7 et 8 représentent cette variation.

On observe :

- ❖ en blanc, des variations de la nappe phréatique entre -0,15 et 0,15 mètres
- ❖ en vert, un rabattement de la nappe phréatique entre 0,15 et 6 mètres
- ❖ en rouge, une remontée de la nappe phréatique entre 0,15 et 4,5 mètres

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

- ❖ au niveau du piézomètre P17, située près du domaine Daouia, la remontée de 3.01 mètres peut être expliquée par une irrigation du palmier à partir du complexe terminal. Et au niveau du puits H002, situé près de la zone agricole de Foulia (irrigation à partir du complexe terminal), la remontée est à plus de 1.3 mètres.
- ❖ au niveau du rejet de la ville El-Oued, du puits H090, la remontée est plus de 4,5 mètres.

Un rabattement du niveau de la nappe phréatique a été constaté :

- ❖ au niveau des puits H028 (5,8 m), H030 (3,6 m), H029 (3,2 m), H031 (2,85 m),

H024 (2,6 m), situés près de la commune de Guemmar.

- ❖ De 2.1 mètres à Reguiba
- ❖ Au niveau du puits H107 (1,9 m), situé dans la commune de Hassi Khalifa.
- ❖ Au niveau du puits H078 (1,7 m), situé dans la commune de Nakhla.
- ❖ De 1, 7 mètres à Oued Turk.

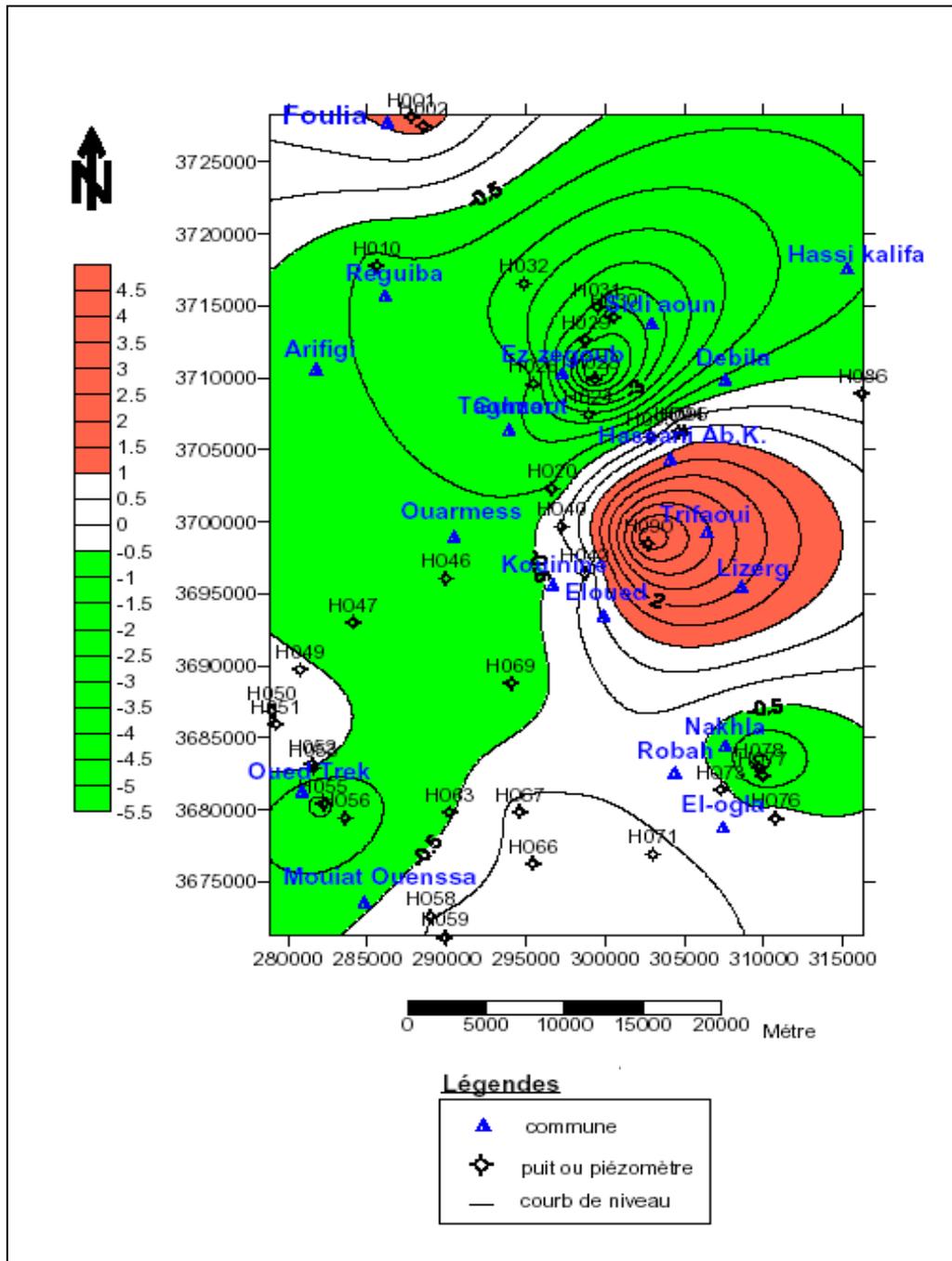


Figure 6. Carte de variations du niveau piézométrique des eaux de la nappe phréatique (Avril 2002-mars 2001) (ANRH, 2003)

7. Variations de profondeur de l'eau de la nappe phréatique

La Fig. 9 résume les variations de la profondeur de l'eau entre les années 2002 et 1993, comme suit :

➤ en rouge, une diminution de la profondeur, c'est dire la remontée d'eau de 03 à 4,5 mètre, au niveau de H090, où se trouve la zone de rejet.

➤ en jaune et orange, une diminution de la profondeur de l'ordre de 03 mètre à cause de l'extensibilité de l'influence des eaux de rejet jusqu'aux zones périphériques, comme TRIFOUI et KOUININE.

Avec deux autres zones en jaune (une diminution de l'ordre de 1 mètre), l'une c'est ELFOULIA où il y a des exploitations agricoles irriguées par les eaux du complexe terminal qui alimentent la nappe phréatique, l'autre au niveau de ROBAH, OUEDALENDA et MIH OUANSA où l'activité agricole est faible devant les quantités des eaux usées rejetées dans les fosses septiques.

➤ en vert, une augmentation de la profondeur au niveau des zones qui sont généralement des surfaces culturales irriguées par les eaux de la nappe phréatique.

➤ en noir, une augmentation de la profondeur de l'ordre de 5,5 mètre, c'est-à-dire un rabattement du niveau d'eau, au niveau de la zone de ZEGOB où l'activité agricole est intense et exploite les eaux de la nappe phréatique, ce qui cause ce rabattement.

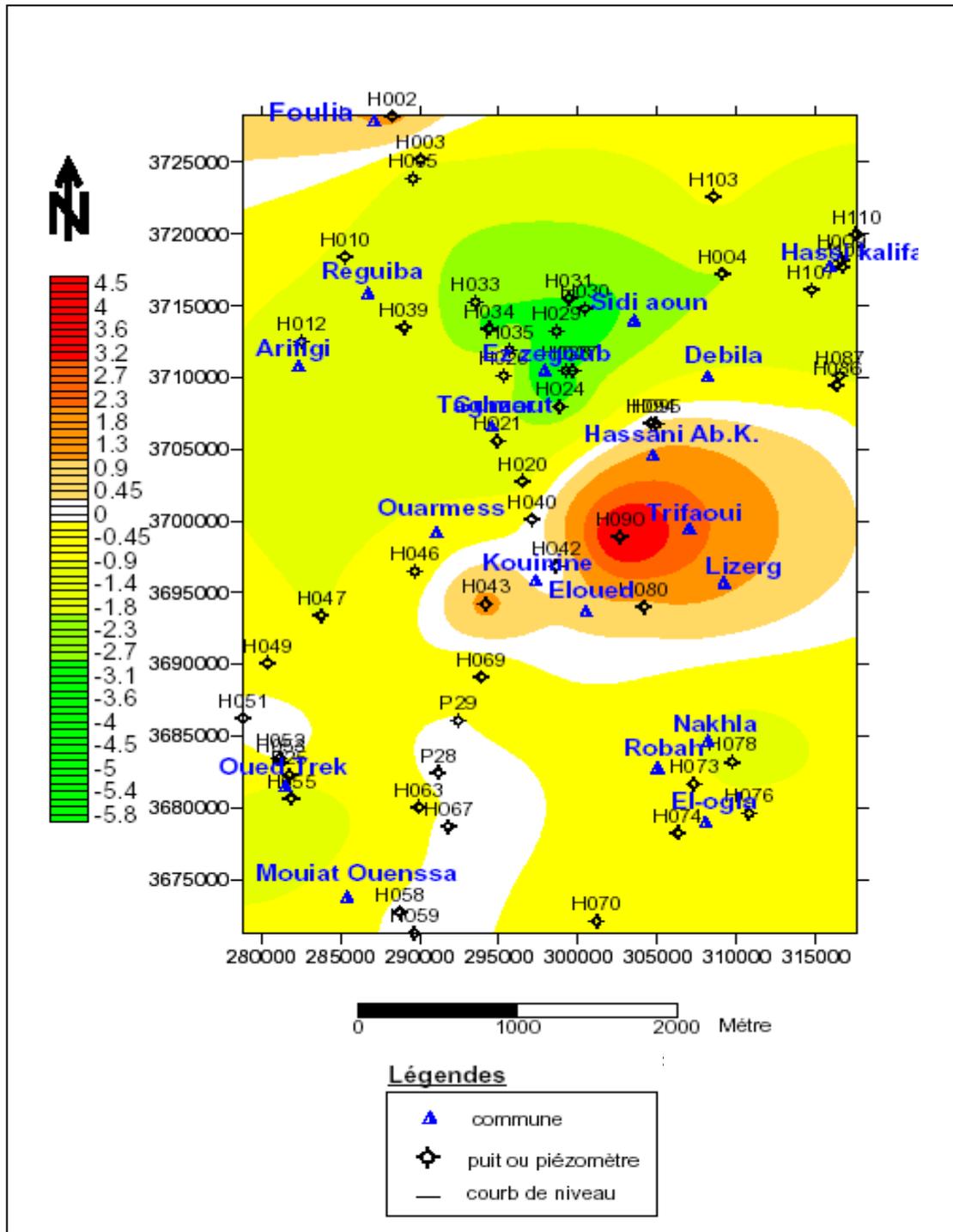


Figure 7. Carte de variations de la profondeur des eaux de la nappe phréatique (2002-1993) (ANRH, 2003)

8. Effets de la remontée de la nappe phréatique

Plusieurs effets on suivi ce phénomène :

8.1. Disparition des ghouts : en 1994, le nombre de ghouts inondés s'élevait à 500 (D.S.A, 1994).

En 2000, ce nombre avoisine 1000 ghouts inondés sur un total de 9500 que détient la région. (D.S.A, 2000).

8.2. Mort des palmiers dattiers

- Les répercussions de ce phénomène sur le palmier sont directes.

Dans la profondeur du ghout, le sol est entièrement gorgé d'eau, ou recouvre momentanément les racines des palmiers, cela asphyxie les racines, ce qui entraîne un dépérissement et la mort de palmiers (VOISIN, 2004).

Le tableau II donne le nombre et le pourcentage de palmiers affectés par commune (D.S.A, 1998).

8. 3. La santé des populations : cette situation critique constitue une véritable menace pour la santé des populations :

- augmentation des maladies à transmission hydrique, dégagement des odeurs, prolifération des moustiques et des insectes nuisibles, ainsi que le danger de noyades d'enfants dans ces ghouts marécageux, puisqu'on a recensé un nombre important de ghouts dont la profondeur d'eau dépasse 1 mètre (VOISIN, 2004).

Aujourd'hui, chaque été connaît une infestation et des maladies à transmission hydrique, transmission par l'eau et les maladies de la peau se multiplient.

Tableau II. Nombre et pourcentage de palmiers affectés par commune. (D.S.A., 1998)

Communes	Nombre de palmiers total	Nombre de palmiers affectés	Pourcentage de palmiers affectés
El Oued	17975	16178	90
Guemmar	72300	10400	14
Reguiba	117 000	5000	4
Taghzout	43000	6000	14
Ouarmas	28000	0	-
Kouinine	20400	9604	47
Robbah	26500	28175	95
Nakhla	75000	22500	30
El Bayadha	35000	35000	100
El Ogla	20000	6000	30
Mih Ouenssa	60000	1037	2
Oued El Allenda	3500	0	-
Debila	59300	41510	70
Massant - A/Krim	51000	30600	60
Hassi Khalifa	65000	6500	10
Trifaoui	59750	4182	7
Magrane	55000	5500	10
Sidi Aoune	42600	3408	8

Chapitre III. Présentation de la région d'étude

Le Souf est le nom berbère d'une rivière, synonyme de «Oued ». A l'origine, les habitants d'El-Oued vivaient de la culture de la terre, où chacun avait sa palmeraie et son potager réalisé à l'issue d'une somme d'efforts considérable. La forme de la culture consistait à creuser des cuvettes pour planter à proximité de la nappe phréatique. Cette situation a fait que l'agglomération soit implantée à travers des entonnoirs ou cratères, rendant tout aménagement planimétrique du terrain difficile et les aménagements plus coûteux (LECHAAR1, 1990).

1. Situation géographique:

La wilaya d'El-Oued est située au Sud-est algérien (fig. 8), et plus précisément au nord du grand Erg oriental. Elle est encadrée à l'est par la Tunisie et à l'ouest par Oued Righ, autrement dit, elle est limitée au nord par la wilaya de Biskra, Tébessa et la wilaya de Khenchela, au sud et à l'ouest par la wilaya de Ouargla et à l'est par la république tunisienne (A.N.R.H, 2005).

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

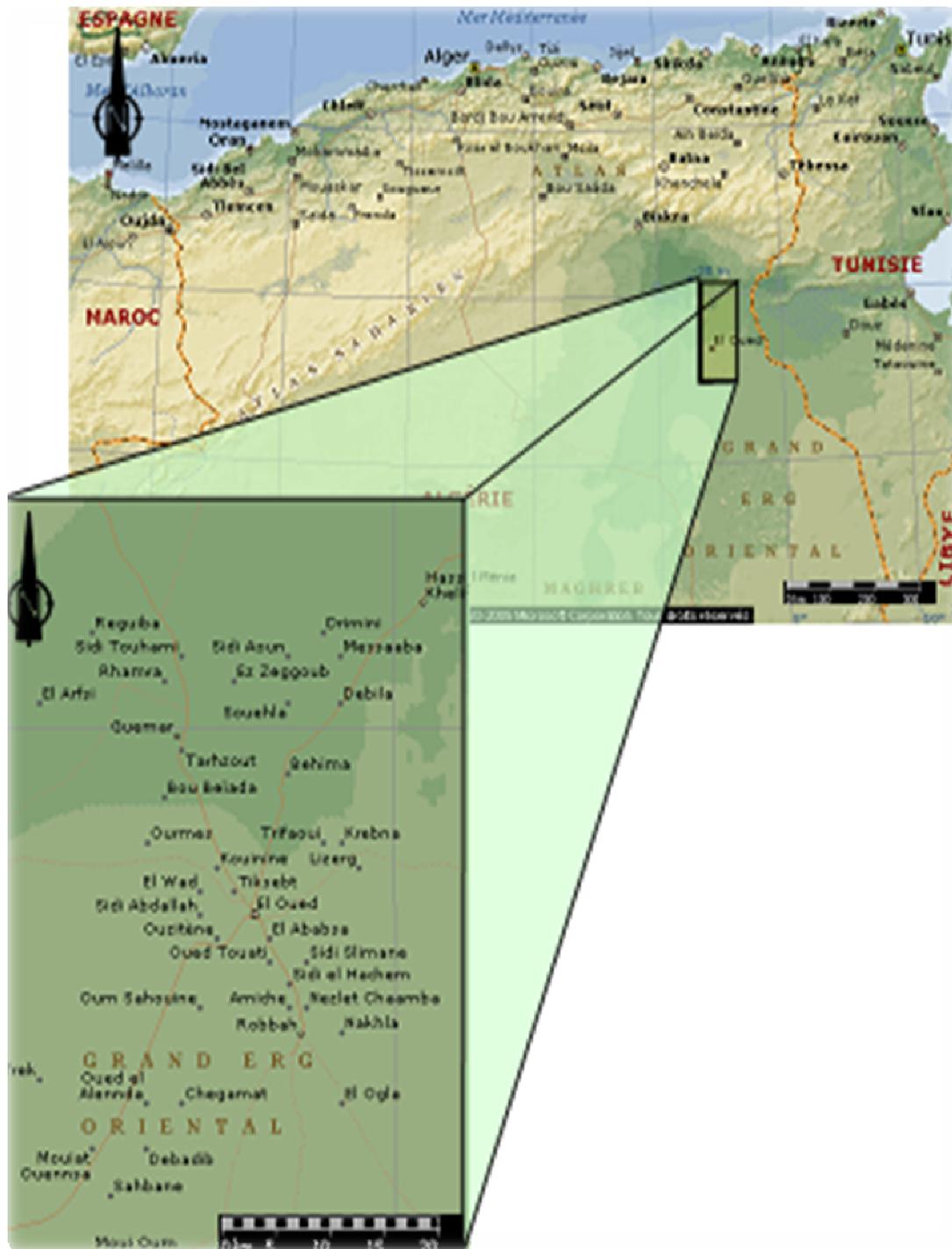
$$X 1= 05^{\circ}30' \text{ et } X2 = 07^{\circ} \text{ Est}$$

$$Y 1= 35^{\circ}30' \text{ et } Y2 = 37^{\circ} \text{ Nord}$$

La wilaya d'El Oued occupe une superficie de 44,586 km², avec une population de 529842 habitants, donnant ainsi une densité de 14 ha/km². La zone concernée par l'étude s'étend sur 18 communes, soit une superficie d'environ 350.000 hectares (O.N.R.G.M, 1999)

La région du Souf est divisée administrativement en 9 daïras et 18 communes qui sont :

1. El Oued: - El Oued - Kouinine
2. Reguiba : - Reguiba
3. Guemar : - Guemar - Taghzout - Ouermes
4. Debite : - Debila - Hassani Abd Elkerim
5. Hassi Khalifa : - Hassi Khalifa -Trifaoui
6. Magrane : - Magrane - SidiAoun
7. Robbah: -Robbah -Nakhla - ElOgla
8. Bayada: - Bayada
9. Mih Oaensa :- Mih Ouensa - Oued El Alenda



Figur 8. Situation géographique de la région du Souf (Encarta, 2006)

2. Les caractéristiques climatiques

La connaissance des caractéristiques climatiques est fondamentale pour permettre une meilleure évaluation des besoins en eau des différentes cultures, et une détermination des facteurs qui ont un effet néfaste sur la production et le rendement. (B.N.E.D.E.R., 1992).

L'analyse des données climatiques enregistrées durant 10 ans, de 1999 à 2008, donne les résultats suivants :

Tableau III. Données météorologiques de la région de Oued souf (1999-2008).

Paramètres climatiques	Températures moyenne. (°C)	Humidité Relative(%)	Insolation par mois (h/mois)	Evaporation en (mm).	Précipitations en (mm).	Vitesses de Vents (m/s).
Mois						
Janvier	10,76	64,40	238,90	7,67	12,88	2,64
Février	12,92	53,70	239,10	10,44	1,82	2,58
Mars	17,84	45,10	274,60	16,02	5,06	3,90
Avril	21,56	42,80	278,40	21,28	9,15	4,02
Mai	26,45	39,20	301,10	26,53	1,96	4,09
Juin	31,30	32,70	344,90	28,80	0,62	3,87
Juillet	34,43	30,90	337,00	33,44	0,22	3,59
Août	33,83	34,80	327,60	28,09	2,91	3,08
Septembre	28,67	45,60	263,60	20,23	5,21	3,28
Octobre	25,33	52,30	245,00	15,57	7,01	2,26
Novembre	16,18	59,50	226,10	10,79	7,19	2,10
Décembre	12,65	67,70	204,50	9,58	11,61	2,32
Moyenne annuelle	22,66	47,39	3289.8*	19,04	65.64*	3,14

(O.N.M. Ouargla, 2009)

*Total annuelle

2.1. La température

La température est un paramètre très important pour la détermination et la caractérisation d'un climat d'une région donnée. Les données climatiques enregistrées dans le tableau ci-dessus montrent :

- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 22,66° C.
- Le mois le plus chaud est juillet, avec 34,43° C.
- Le mois le plus froid est janvier, avec 10,76° C.
- Une période froide, s'étalant de novembre à avril, avec une moyenne de 15,31° C.
- Une période chaude, s'étalant de mai à octobre, avec une moyenne de 30° C.

2.2. La pluviométrie

La pluviométrie constitue une donnée fondamentale pour caractériser le climat d'une région. De ce fait, on remarque à travers le tableau n° 1 que les précipitations sont peu abondantes et irrégulières. Les précipitations annuelles moyennes (1999-2008) sont de l'ordre de 65,64mm. La période pluviale de l'année est très courte (2 à 3 mois) par contre, la période sèche s'étale presque sur toute l'année (Fig. n° 9).

2.3. L'humidité relative de l'air

Dans la région du Souf, l'humidité relative est faible et varie beaucoup plus dans la journée et dans l'année par les effets des températures élevées et des amplitudes thermiques importantes. L'humidité moyenne annuelle est de l'ordre de 47,39% (1999-2008).

La valeur de l'humidité moyenne maximale dans la région du Souf est enregistrée pendant le mois de décembre avec 67,70%, et la valeur de l'humidité moyenne minimale dans cette région est enregistrée pendant le mois de juillet, avec 30,90% (Tabl. N° III) (O.N.M, 2009).

2.4. L'évaporation

Elle est importante durant la période chaude de l'année. La valeur maximale est de 33,44mm au mois de juillet, et la valeur minimale est de 7,67mm au mois de janvier. Le cumul annuel est de l'ordre de 228, 44mm (Tabl. N°III) (O.N.M., 2009).

2.5. L'insolation

Les radiations solaires sont importantes au Sahara, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année (TOUTAIN, 1979).

Dans la région du Souf, le pic est marqué pour le mois de juin avec un volume horaire de 344,90 heures. La moyenne annuelle de l'insolation est de 273,40heures/mois (Tabl. N° III) (O.N.M., 2009).

2.6. Le vent

Le vent est le composant climatique le plus marquant dans la région du Souf, c'est un facteur important à considérer dans l'agriculture. Il joue un rôle essentiel dans le phénomène de pollinisation, comme il peut provoquer le flétrissement de certaines espèces végétales sensibles.

Les vents dominants dans le Souf sont de direction Est-Nord, provenant de la méditerranée libyque (DUBIEF, 1964), chargés d'humidité appelés (El-Bahri), et qui soufflent très forts au printemps. Ils sont peu appréciés malgré leur fraîcheur, car ils provoquent de la poussière (vents de sable) dans l'air et donnent une couleur jaune au ciel. Tandis que les vents du Sirocco ou "Chihili" apparaissent pendant la période estivale et ont une direction Sud-Nord et Sud-Ouest, ils se manifestent par des chaleurs excessives.

La vitesse moyenne annuelle du vent est de l'ordre de 3,14m/s. (Tabl. N° III) (O.N.M, 2009).

2.7. Synthèse climatique

2.7.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN permet de suivre les variations mensuelles de la période sèche, il est représenté à travers une échelle où :
 $P = 2T$.

L'aire comprise entre les deux courbes (Fig. N° 10) représente la période sèche. Dans la région du Souf, cette période s'étale sur toute l'année.

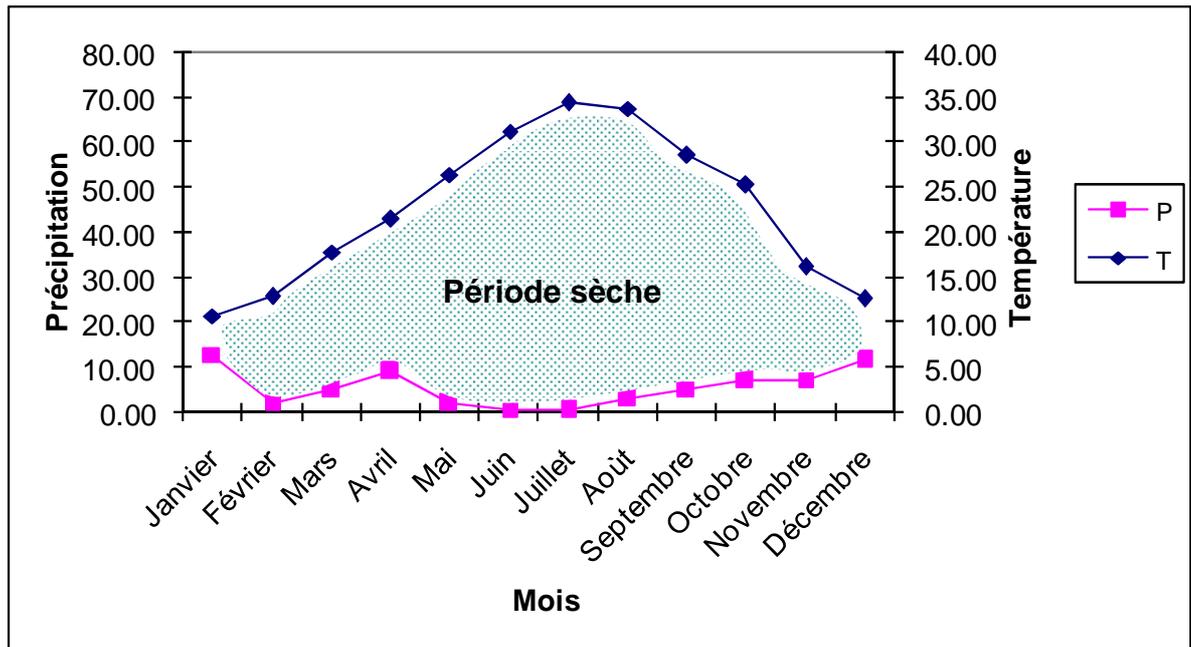


Figure 9. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliquée à la région du Souf (1999-2008)

2.7.2. Le climagramme d'Emberger

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude et de donner une signification écologique du climat.

En abscisses, sont représentées les moyennes des minimums des mois les plus froids.

En cordonnées, on a les valeurs du quotient pluviométrique Q_2 (Fig. N° 10). Sur le climagramme sont portés les différents étages bioclimatiques sahariens, arides, semi-arides, sub-humides et humides.

D'après la formule de STEWART, adaptée pour l'Algérie et le Maroc, qui se présente comme suit:

$$Q_3 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Où :

Q_3 : facteur de précipitation d'Emberger

P : précipitation annuelle

M : la température du mois le plus chaud

m : la température minimale du mois le plus froid.

Et d'après les données de la période de 10 ans, on a :

P: 65,64mm

M: 314,84calven

m: 277,81calven

Donc $Q_2 = 6,08$.

Et après la position sur le Diagramme d'Emberger, on trouve que la région d'étude est située dans la partie caractérisée par un climat saharien, avec un hiver doux.

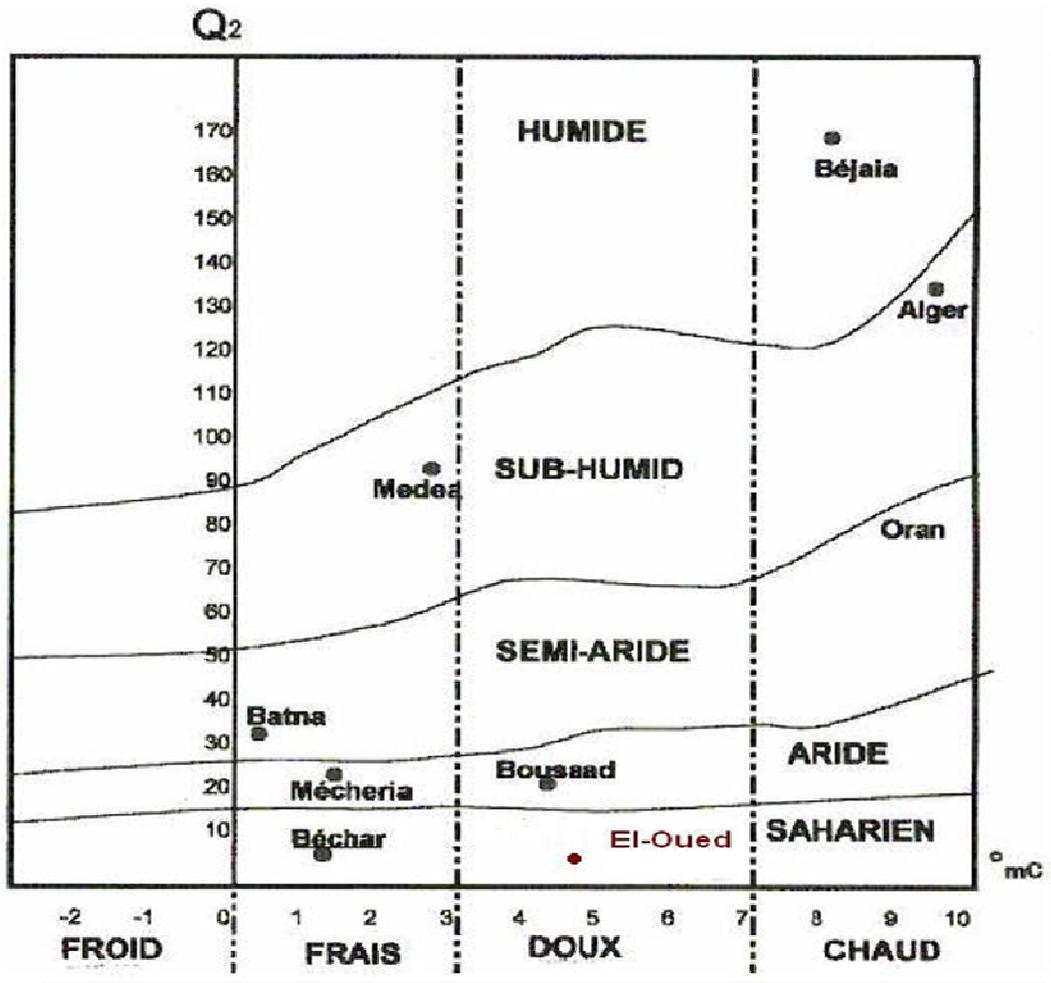


Figure 10. Climagramme d'Emberger (1999 - 2008) de la région du Souf

3. Géomorphologie

Le Souf est la partie nord orientale du grand Erg oriental, elle englobe l'aire dépressionnaire des grands chotts (NADJAH ,1971).

La géomorphologie et les paysages permettent de distinguer trois sous régions du nord au sud (NADJAH ,1971).

➤ Au nord des chotts, les vastes piémonts parcourus par les oueds descendant des Aurès, correspondant au sud Némemcha, et constituant une zone traditionnelle de parcours pour les Soufis.

➤ Au sud des chotts, on trouve dans les marges de l'Erg des placages de sable dans une grande épaisseur, mais modelés en bras Nord-Est / Sud-Ouest, séparés par des dépressions riches en végétation. Les oasis sont limitées par des cordons de dunes, qu'on appelle des sahanes.

En dessous du 33° parallèle Nord, commencent les grandes accumulations sableuses en pyramides, formant de grandes dunes, les Ghroudes. Elles sont moins nombreuses et séparées par de larges sahanes au sud-ouest, dans la zone dite des Loudje, dont la végétation psammophile est abondante et offre de bons pâturages. Au sud-est, dans le Zemoul El Akbar, les Ghroudes sont plus resserrées et plus nombreuses et la circulation y devient très difficile (E.N.A.G.E.O., 1993).

4. Structure géomorphologique

Le Souf est la partie nord orientale du grand erg oriental, elle englobe les terrains dépressionnaires des grands chotts (NADJAH, 1971).

La géomorphologie est les paysages du Souf permettent de distinguer trois sous régions du nord au sud :

➤ Au nord des chotts, les vastes piémonts parcourus par les oueds descendant des Aurès et correspondant au sud Némemcha, constitue une zone traditionnelle de parcours pour les Soufis.

➤ Au sud des chotts, on trouve dans les marges de l'erg des placages de sable dans une grande épaisseur», mais modelés en bras nord-est / sud-ouest, séparés par des dépressions riches en végétation. Les oasis sont limitées par des cordons de dunes, qu'on appelle des sahanes.

➤ En dessous de la 33° parallèle nord, commencent les grandes accumulations sableuses en pyramides, formant de grandes dunes, les Ghroudes. Elles sont moins nombreuses et séparées par de larges sahanes au sud-ouest, dans la zone dite des Loudje, dont la végétation halophile est abondante et offre de bons pâturages. Au sud-est, dans le Zemoul El Akbar, les Ghroudes sont plus resserrés et plus nombreux et la circulation y devient très difficile (E.N.A.G.E.O., 1993).

5. Topographie

L'altitude moyenne de la région du Souf est de 80 mètres avec une diminution notable du sud au nord pour atteindre 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 (A.N.R.H., 2005).

6. La géologie

La région d'étude est située exactement dans la partie nord de la plate forme saharienne, caractérisée par des formations détritiques, particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme de dunes et anti-dunes.

D'après les log-stratigraphiques des forages dans la région de Oued Souf, on constate qu'il existe les différents étages des formations géologiques (A.N.R.H., 1993).

7. Relief

Le relief du Souf est caractérisé par l'existence de trois principales formes :

- Une zone sableuse qui se présente sous un double aspect l'Erg et le Sahara.
- Une forme de plateau rocheux qui s'étend vers le sud, avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses.
- Une zone de dépression caractérisée par la présence d'une multitude de Ghouts qui prolongent vers l'est (NADJAH, 1971).

8. Hydrogéologie

Seule, la série allant du crétacé au quaternaire présente un intérêt hydrogéologique. Elle est constituée d'une alternance de grès, de sables argileux et d'argiles, de dolomies et de marnes, ainsi que d'évaporites. Cette série comporte deux systèmes aquifères : la nappe du continental intercalaire (C.I) et la nappe du complexe terminal (C.T.) qui se terminent par une nappe phréatique superficielle et libre (KHADRAOUI, 2000).

❖ La nappe phréatique

La nappe phréatique s'étale sur presque la quasi-totalité du territoire de la vallée, elle est exploitée par environ 10.000 puits traditionnels, à une profondeur moyenne de 40 m. (A.N.R.H., 2005).

Elle est comprise dans les dépôts sableux fins, de type éolien, localement intercalés de lentilles d'argiles sableuses et gypseuses. Elle est limitée par un substratum argileux imperméable. Son épaisseur est variable et peut atteindre localement une centaine de mètres. (D.H.W in Côte, 2001).

❖ La nappe du Complexe Terminal

Les formations du complexe terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Miopliocène. En fait, il est possible d'y distinguer trois ensembles aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables. Ces trois ensembles sont représentés par les calcaires et dolomites du Sénonien et de l'Eocène inférieur, par des sables, grès et gravier du Pontien, et par les sables du Miopliocène. La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 100 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 mètres. Elle est exploitée par 129 forages dans toute la wilaya, dont 84 dans la zone

d'étude, d'après l'inventaire des forages et une enquête sur les débits extraits de la wilaya d'El-Oued (A.N.R.H., 1999).

La zone de production de cette nappe se situe entre 200 et 500 m, le débit moyen par forage varie entre 25 et 35 l/s, avec une qualité chimique de 2 à 3 g/l de résidu sec. Le niveau hydrostatique de la nappe oscille entre 10 et 60 mètres, selon les zones. (A.N.R.H., 2005).

❖ **La nappe du Continental Intercalaire**

La formation du continental intercalaire est représentée par des dépôts continentaux sablo gréseux et sablo argileux du crétacé inférieur. C'est un système aquifère multicouche dont la profondeur atteint localement 2000 mètres, et dont la puissance varie entre 200 et 400 mètres. Elle est exploitée par deux forages artésiens pour l'A.E.P d'El-Oued (1850 mètres pour le forage F1). La pression en tête de forage est de 22 à 23 bars et le débit artésien de 222 litres /seconde (GUERISSI, 2007).

La nappe du Continental Intercalaire est captée à une profondeur moyenne de 1900 m, l'eau de cette nappe se distingue par sa température très élevée, atteignant plus de 60 °C et un résidu sec de 2 à 3 g/l (A.N.R.H., 2005).

9. La flore et la faune

9.1. La flore

Des arbustes rabougris et des touffes d'herbes espacées croissent aux pieds des dunes : le Souf n'est pas une région stérile mais une région aride. La flore spéciale est caractérisée par un certain nombre de traits déterminés qui sont : la rapidité d'évolution, l'adaptation au sol et au climat, le petit nombre des espèces, le caractère discontinu du matériel végétal (OZENDA, 1977).

Les principales plantes caractéristiques du Souf sont : Le Drinn (*Aristida pungens*), l'Alenda (*Ephédra alata*), l'Arta (*Calligonum comosum*), le Retem (*Retama retam*), l'Adhide (*Euphorbia guyoniana*), le Genêt (*Genista saharae*), l'Ethel (*Tamarix articulata*), le Saxaoul (*Anabasis ammodendron*)

9.2. La faune

Les deux principaux embranchements représentés dans le Souf, sont les articulés (insectes, arachnides) et les vertébrés (mammifères, oiseaux, reptiles). Si tout le monde connaît le lézard, le scarabée, le scorpion, le fennec et la gerboise, on est plutôt surpris d'apprendre qu'il existe plus de 20 espèces d'oiseaux, 32 espèces de reptiles, (23

lézards et 9 serpents), dont 7 sont liées aux sables vifs des massifs des dunes et 25 sont de formes sahariennes vraies, 55 espèces de mammifères dont 24 sont proprement sahariennes. Parmi les 20 espèces d'oiseaux de passage ou sédentaires dans le Souf, 15 sont spécifiques au Sahara.

On y voit également des papillons, des cigales, des grenouilles, des foulques... etc. (VOISIN, 2004).

Chapitre VI. Etude d'enquête

1. Enquête administrative

1.1. Situation de l'assainissement dans la région du Souf

1.1.1 Assainissement

D'après HPO-BG (2003), l'assainissement des eaux résiduaires dans la vallée est caractérisé par la prépondérance d'un assainissement individuel (ou autonome) pour toutes les agglomérations de la Vallée du Souf. Les seules agglomérations pour lesquelles il existe un réseau d'assainissement des eaux usées sont Guemmar et El Oued.

1.1.1.1 Assainissement collectif

Pour Guemmar, le réseau qui concerne les quartiers nord de la ville a une longueur de 6 km environ.

En l'absence de station de pompage à l'aval, ce réseau n'a pas été mis en service.

Pour El Oued, l'ossature du réseau (diamètres de 200 à 600 mm) a une longueur de 23 km environ.

Selon les analyses effectuées en bout de réseau, une fraction de la population, de seulement 10% environ serait raccordée à ce réseau.

Les eaux provenant de ce réseau sont refoulées au N de la ville, ainsi que les eaux de drainage, pour être déversées dans des espaces inter dunaires, en bordure de la route vers Hassani Abdelkrim.

1.1.1.2 Assainissement individuel

Parmi les dispositifs utilisés pour l'assainissement individuel dans la vallée du Souf, on peut distinguer

- Les fosses non étanches "traditionnelles", avec des parois en maçonnerie, de roses des sables ("louss"), l'eau s'infiltrant par le fond après un séjour plus ou moins long dans la fosse.
- Les fosses non étanches "modernes", avec des parois constituées de viroles préfabriquées en béton armé, mises en place par havage, avec infiltration par le fond, comme avec les fosses "traditionnelles".

- Les fosses étanches (moins répandues), en maçonnerie ou en béton, ainsi que quelques variantes plus rares (fosses doubles par exemple, avec séparation des eaux usées, selon leur nature).

1.2. Situation de la nappe phréatique dans la région du Souf

D'après l'étude de HPO-BG 2003, la situation de la nappe phréatique dans la vallée du Souf et son évolution sont fortement variables selon le contexte. Deux phénomènes sont à considérer : les "anomalies" par rapport au niveau général de la nappe et l'évolution de ces anomalies.

1.2.1 Anomalies par rapport au niveau général de la nappe

1.2.1.1 Anomalies hautes

Les anomalies hautes sont localisées au droit :

des agglomérations (l'analyse de ces anomalies montre qu'elles sont comprises entre 2 et 14 mètres pour 12 des 18 chefs-lieux de commune, et qu'elles sont inexistantes pour Ourmes, Sidi Aoun, Hassi Khalifa, Taghzout, Mihouensa, et Oglà à cause d'une activité agricole dans ces agglomérations et/ou de restrictions sévères dans la dotation en eau).

- 14 mètres à El-Oued
- 5 mètres à Bayadha
- 4 mètres à Oued Alenda Sud et 2 mètres à Oued Alenda Nord
- 3 mètres à Nakhla
- 2 mètres à Robbah
- 2 mètres à Kouinine
- 2 mètres à Guemmar
- 2 mètres à Trifaoui
- 2 mètres à Magrane
- 2 mètres à Reguiba
- 2 mètres à Debila
- 2 mètres à Hassani Abdelkrim (Zgoum)

- Des périmètres irrigués à partir du CT (5 mètres pour le domaine Daouia et 3 mètres à Foulia).
- Du rejet de la ville d'El Oued (7m)
- Entre Debila, Hassani Abdelkrim et Trifaoui sans doute en relation avec la plantation d'Akfadou irriguée jusque vers la fin des années 90 par des forages au CT

1.2.1.2 Anomalies basses

Des anomalies basses significatives (3m) ont été localisées au niveau des zones agricoles :

- Oglia – Aguila
- Guemmer – Djedida nord – Ghour Debaa et Dmitha

Cette analyse montre, s'il en était besoin, que les niveaux hauts de la nappe sont localisés là où il existe des apports importants des nappes du CT et du CI, liés soit à l'activité humaine, soit à l'agriculture.

1.2.2 Evolution temporelle des anomalies

Il est intéressant d'examiner ensuite l'évolution dans le temps de la nappe et de ses anomalies.

1.2.2.1 Evolution avril 2001-avril 2002

Une première comparaison entre les deux campagnes d'avril 2001 et avril 2002 montre

- Une montée de la nappe de :
 - 0,6 mètres à Reguiba
 - 0,5 mètres à Robbah
 - 0,4 mètres à El-Oued
 - 0,3 mètres à Nakhla
 - 0,3 mètres à Kouinine
 - 0,2 mètres à Hassi Khalifa
 - 0,1 mètres à Magrane
 - 0,1 mètre à Oued Alenda Sud

- 1 m au niveau du rejet de la ville d'El Oued
- 0,6 m au niveau de la plantation de Foulia
- Une descente de la nappe de :
 - 2.2 m pour les zones agricoles au nord-est de Guemmar
 - 2.4 m à l'est de Z'goum
 - 20 cm environ au nord et au sud du domaine Daouia
 - 30 cm environ aux alentours de Nakhla, Nakhla Gharbia, Hai Nasr et Hai Badr

1.2.2.2 Evolution mars 1993-avril 2002

Cette comparaison fait cependant ressortir :

- Une remontée au niveau de la plantation de Foulia (1.4m), du domaine Daouia (3m) et du rejet de la ville d'El Oued (4.5 m au piézomètre H090, certainement plus au rejet lui-même)
- Un rabattement généralisé dans le reste de la zone d'étude atteignant :
 - 5,8 m au NE de Guemmar
 - 2,1 m dans la région de Reguiba
 - 1,9 m dans la région de Hassi Khalifa
 - 1,7 m au S de Nakhla
 - 1,7 m dans la région de Oued Turk

Aucune information ne peut être tirée de cette comparaison au niveau des agglomérations.

La tendance à la baisse du niveau dans le quasi totalité de la zone d'étude est liée aux mesures prises par l'agriculture pour lutter contre les phénomènes de remontée, notamment fermeture de forages au CT et puits améliorés.

2. Enquête agricole

Nous avons fait cette enquête pour avoir une idée sur les ghouts étudiés.

2.1. Composition variétale

Les résultats de notre enquête montrent que les exploitants s'intéressent beaucoup

Plus à la plantation de la variété Deglet Nour, parce que c'est la variété la plus commercialisable.

Le palmier dattier est la première source de revenu et de subsistance, il ne compte pas moins de cent cinquante à deux cents variétés. Selon le travail de LEGRISSE (2007), les phoeniculteurs du Souf classent en cinq catégories de palmiers dattiers :

a. Les Nehouch :

Comprennent toutes les variétés femelles peu exigeantes dont les fruits ne peuvent être conservés longtemps sans s'altérer, ce sont des variétés qui poussent à partir du noyau, il s'agit de pieds plus ou moins sauvages.

b. Les dégoul :

Désignent des variétés quelque peu voisines des premières. Cet arbre est fin, et élancé, son fruit se conserve assez longtemps. Les Dégoul ne se reproduisent que par la plantation d'un rejet et sont toujours désignés par un nom significatif qui rappelle souvent la forme ou la couleur du fruit : Déglà Beida (palmier à dattes blanches). En un mot, ce sont des variétés sélectionnées.

c. La variété Ghars :

C'est la variété la plus rustique qui s'adapte en principe à tous les terrains, à tous les emplacements dans la palmeraie et dont les fruits emmagasinés à l'abri de l'air, compressés en pots, en sacs ou en jarres conçues à cet effet, se conservent plusieurs années.

d. La variété Déklet Nour :

C'est la variété la plus cultivée au Souf, ses fruits plus fins, plus succulents, sont bien plus chers à la vente et ne sont consommables qu'entièrement mûrs. La Déklet Nour produit tous les ans. Très rares sont les années où il n'offre pas de récolte, alors que pour un quelconque phœnix dactylefera, il est assez normal de le voir produire une année sur deux. (NAJAH, 1971)

Aussi bien pour ses qualités et sa délicatesse, la Déklet Nour revendique un terrain riche, sablonneux ou calcaire, une eau douce, un emplacement très ensoleillé, privilégié dans la palmeraie, à l'abri des vents. Ainsi, se trouve-t-il bien à son aise dans le Souf, en sol Sahane. Sa production atteint le double de celle fournie dans l'Oued Righ.

Le ghout fournit les meilleures dattes au monde de par la qualité biologique et sa résistance dans le transport et autres conservations (NAJAH, 1971).

e. Les Dokkar

Les palmiers mâles ou Dokkars existent en nombre très limité, ils produisent du pollen utilisé en brins épillets pour la fécondation.

2.2. Les cultures maraîchères

On signale la présence de cette culture chez les 90 % de nos enquêtes et l'absence chez les restes, car ils n'ont pas assez de temps pour suivre leurs cultures qui demande beaucoup de soins culturaux et ils pratiquent une autre activité, telle que le commerce, l'industrie, l'artisanat ... etc.

Les agriculteurs du Souf se livrent à quelques cultures maraîchères pour la consommation familiale et même pour la vente sur les marchés. Parmi ces cultures maraîchères, on trouve ; pastèques, melons, courges, courgettes, potirons aubergines, piments, tomates, oignons, ails, ... etc.

Après la remontée de la nappe phréatique on enregistre que 10 % des enquêtes pratiquent cette culture dans les Ghout que dans la période printanière pour avoir les fruits et les légumes d'été, tels que les melons, pastèques, courges.

2. 3. Equipement et matériel

Le matériel possédé par les exploitants est de type traditionnel, il est nécessaire pour les opérations culturales légères (taille, labour superficiel), comme (faucille, houe, râteau, charrette. pelle, couffin ou "Zembil" pour le transport du sable, balancier ou "Khattara" pour avoir de l'eau). Avec la topographie spécifique du système Ghout, on note l'absence totale de machines agricoles.

Suite à une remontée inquiétante de la nappe et avec l'affleurement des eaux qui sont l'origine de la propagation de quelques insectes nuisibles, surtout les moustiques. On signale que la majorité des exploitants qui ont perdu un nombre important de palmiers ont vendu leurs outils agricoles qui étaient utilisés précédemment dans les Ghout au marché ou utilisés dans les jardins potagers. On note alors que les dizaines d'années d'efforts qu'il a fallu pour construire ces cratères sont remplacées simplement par des dizaines de jours de travail des bulldozers pour le remblaiement des Ghouts.

2.4. La main d'œuvre

La main d'œuvre était classée en deux classes :

Familiale :

Elle est due en grande partie par la relation de solidarité qui caractérise l'exploitant du Souf qui est toujours aidé par la taille importante de son ménage et par l'entraide ("Aouana") de ses voisins.

Familiale+saisonnrière :

L'intégration entre la main d'œuvre familiale et saisonnière représente un pourcentage faible ; elle est due à la faible taille du ménage de ce genre d'exploitant, ce qui l'oblige à recruter la main d'œuvre saisonnière pour combler ce vide.

Actuellement, on enregistre l'existence de la main d'œuvre familiale dans quelques Ghouts qui possèdent un certain nombre de palmiers vivants, les visites des membres de la famille ne dépassent pas deux ou trois fois par an (pollinisation, visite de prospection, récolte).

2.5. L'aménagement des exploitations

Généralement, la forme du Ghout offre un bon aménagement contre les aléas climatiques. Pour diminuer le phénomène d'ensablement et l'effet agressif du vent de sable, les exploitations ont la tendance à installer des haies de palmes sèches et pour stabiliser la localisation des dunes environnantes.

Malgré toutes les opérations de haute technicité dans le but d'assurer un bon aménagement des palmeraies contre les aléas climatiques (haies de palmes sèches, brises vents vivants ...etc.), ces opérations n'ont pu avoir un aménagement idéal contre les aléas climatiques, comme celles existant dans le système, par conséquent les exploitants souffrent des problèmes du vent de sable, les vents chauds (Sirocco) qui est la principale cause du dessèchement des fruits des dattes.

2.6. Le drainage

Dans ce cas, le problème de drainage n'était jamais posé, car la structure du sol est bénéfique pour ce dernier avec une pénurie en eau qui est constatée pour l'irrigation des cultures maraîchères et les arbres fruitiers.

Actuellement, le problème de drainage est le seul problème qui entrave les Ghouts, suite à une remontée inquiétante de la nappe superficielle. On signale que ce problème a engendré une grande destruction du patrimoine phœnicicole, surtout pour la variété Déglet Nour, qui était plantée à grande échelle.

2.7. La conduite et l'entretien de la palmeraie

2.7.1 La pratique de la matière organique

A l'époque, la première fumure était très faible, elle est dite d'élevage. Elle a lieu deux ou trois ans après la mise en place du palmier dattier. Elle se situe dans un arc de cercle, à une certaine distance du palmier dattier. Cette opération s'accompagne d'une nouvelle façon de labour ou "Azg" dans l'eau, puis l'enfouissement de trois charges (chaque charge pèse 20 Kg) de crottin de dromadaire, judicieusement mélangés à la terre. Une nouvelle fumure est nécessaire quatre ans après et doit être conséquente, de l'ordre de dix charges. Elle sera suivie par un autre enfouissement deux ans après et représentant cinq charges de fumure, n'intéressant qu'un palmier dattier. Elle sera localisée dans un demi-cercle. Les façons doivent être reprises de l'autre côté de l'ordre de cinq ou six ans après. On note que l'utilisation des engrais minéraux est absente chez tous les enquêtés, absence probablement justifiée par la méconnaissance des agriculteurs de ce type de fertilisation et de son mode d'utilisation.

Maintenant, la fumure organique est totalement absente dans les Ghout touchés par la remontée de la nappe, même s'il y a des palmiers dattiers vivants. Ceci est dû à la rentabilité de cette opération, du côté financier.

2.7.2 L'irrigation

Généralement, le palmier n'a pas besoin d'irrigation, car il est planté à la nappe phréatique. Mais pour les cultures intercalaires, on note l'installation des puits traditionnels pour avoir de l'eau.

2.7.3 La toilette

On note que cette dernière était pratiquée à grande échelle (élagage, le ramassage des cornafs, désherbage, le nettoyage du Ghout et son entretien) pour assurer le déroulement des activités et accéder facilement au Ghout.

Après la remontée de la nappe et suite à l'abandon des Ghout par leurs propriétaires, on enregistre que toutes les techniques de toilette n'étant plus pratiquées, car la majorité des pieds étaient détruits.

2.7.4 La pollinisation

Le contact entre les agriculteurs avec leur Ghouts après la remontée est très limité, il ne dépasse pas deux ou trois fois par an, parmi lesquelles, on trouve l'opération de pollinisation qui se réalise avec peu de soins.

2.8. Le rendement par pied

Pour évaluer le rendement d'un palmier dattier, nous prendrons successivement un palmier Déglet Nour et un palmier de variété Ghars.

D'une manière générale, la production annuelle de la variété Déglet Nour, quand l'arbre est bien entretenu, abstraction faite des calamités plus ou moins fréquentes : sauterelles, pluie d'automne avant la récolte, est plus stable que celle des autres espèces, et notamment du "Ghars" moins régulier, quoique produisant parfois plus que la Déglet Nour.

En prenant comme exemple, une palmeraie modèle, là où la Déglet Nour fournit 100 Kg par arbre et où l'on récolte 150 Kg pour le Ghars.

Logiquement, la remontée va influencer sur le patrimoine phœnicicole et le rendement, selon le taux très élevé des pieds détruits et le degré d'abandon des Ghouts.

On constate que les rendements ont connu une chute brutale, illustrée par les chiffres effrayants, parfois nulle.

3. Conclusion

Le palmier dattier dans le Souf repose sur un mode de culture particulier (le ghout), ce dernier qui a perduré depuis les temps les plus lointains, se trouve aujourd'hui dans une mauvaise situation. Beaucoup d'entraves compromettent la survie de ce système, et donc un patrimoine phœnicicole en péril. Ces contraintes sont comme suit :

L'absence d'un réseau de drainage, ce qui a entraîné une remontée de la nappe phréatique en surface des ghouts.

Cette remontée a eu une répercussion négative sur le bon fonctionnement des ghouts dont on a enregistré :

- un abandon des Ghouts par les agriculteurs, suite à une mauvaise rentabilité des palmiers;
- les opérations culturales devient difficile à pratiquer au sein des Ghouts inondées;
- la mort d'un nombre important de palmiers dattiers suit à la pourriture racinaire;
- l'envahissement des palmeraies par les mauvaises herbes et manque entretien;
- la prolifération des maladies transmissible par l'eau.

Chapitre VII. Etude de la nappe phréatique

1. Etude de la nappe

1.1. Etude du niveau de la nappe phréatique

Les mesures du niveau de la nappe phréatique ont été effectuées en parallèle avec les échantillons du sol en printemps, et à la lumière des résultats enregistrés dans la figure 13.

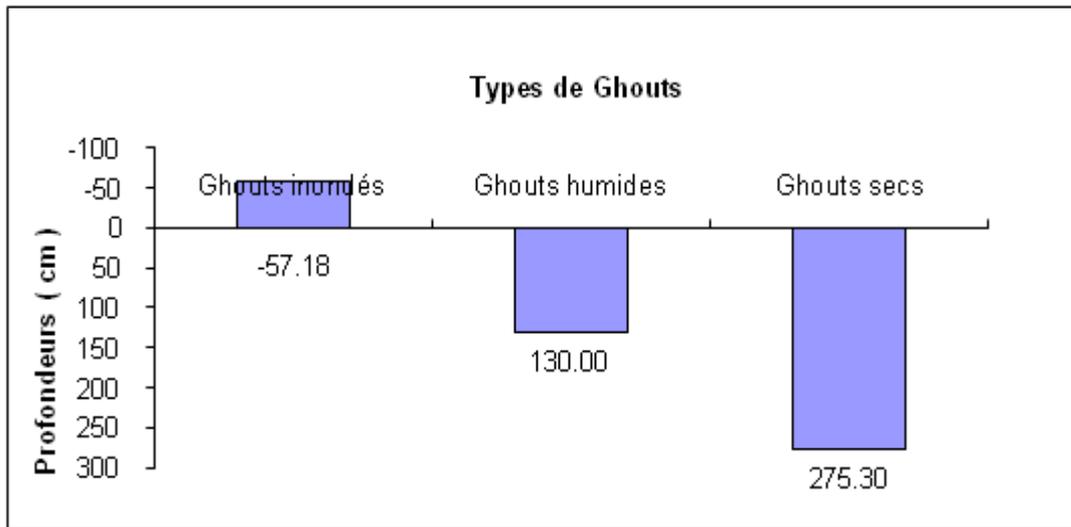


Figure 13. Moyenne des mesures du niveau de la nappe phréatique

Le niveau de la nappe phréatique dans les stations des ghouts inondés est remonté à la surface du sol, et il est de -57.18cm. Dans les ghouts humides, le niveau de la nappe est proche de la surface du sol que dans les ghouts secs. Il atteint dans les ghouts humides et secs, respectivement 130.00 cm et 275.30 cm.

1.2. Etude de la qualité des eaux de la nappe phréatique :

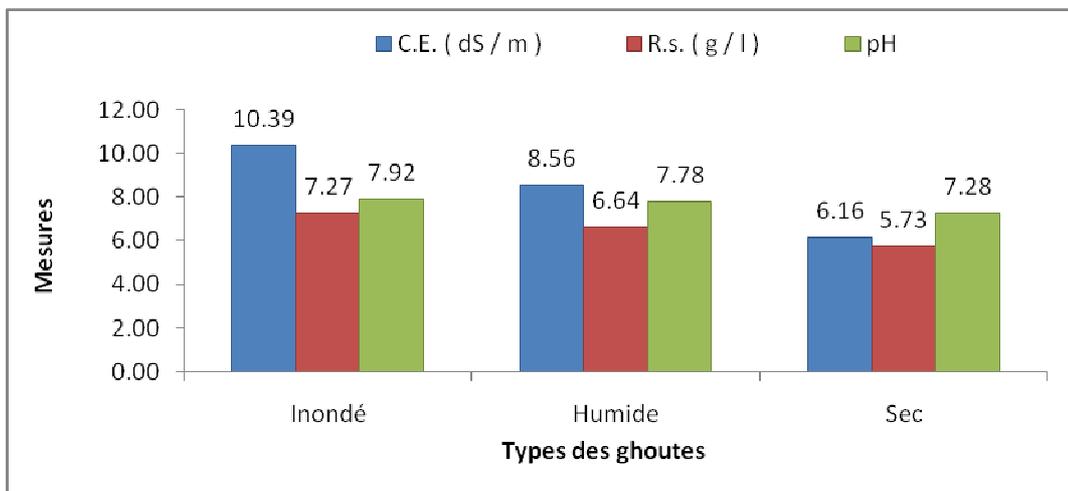


Figure 14. Salinité des eaux de la nappe phréatique

L'eau de la nappe phréatique est à salinité excessive dans les ghouts inondés (R.s =7,27 g/l, C.E.=10,39 ds/m), que dans la station des ghouts humides (R.s =6,64 g/l, C.E.= 8,56 ds/m) et des ghouts secs (R.s = 5,73 g/l, C.E.=6,16 ds/m). L'eau est très à forte salinité (Fig 14.).

Le pH des eaux phréatique est alcalin dans tous les stations d'études (Annexe.1)

3. Etude spatiale:

3.1. Variation spatiale du niveau de la nappe phréatique:

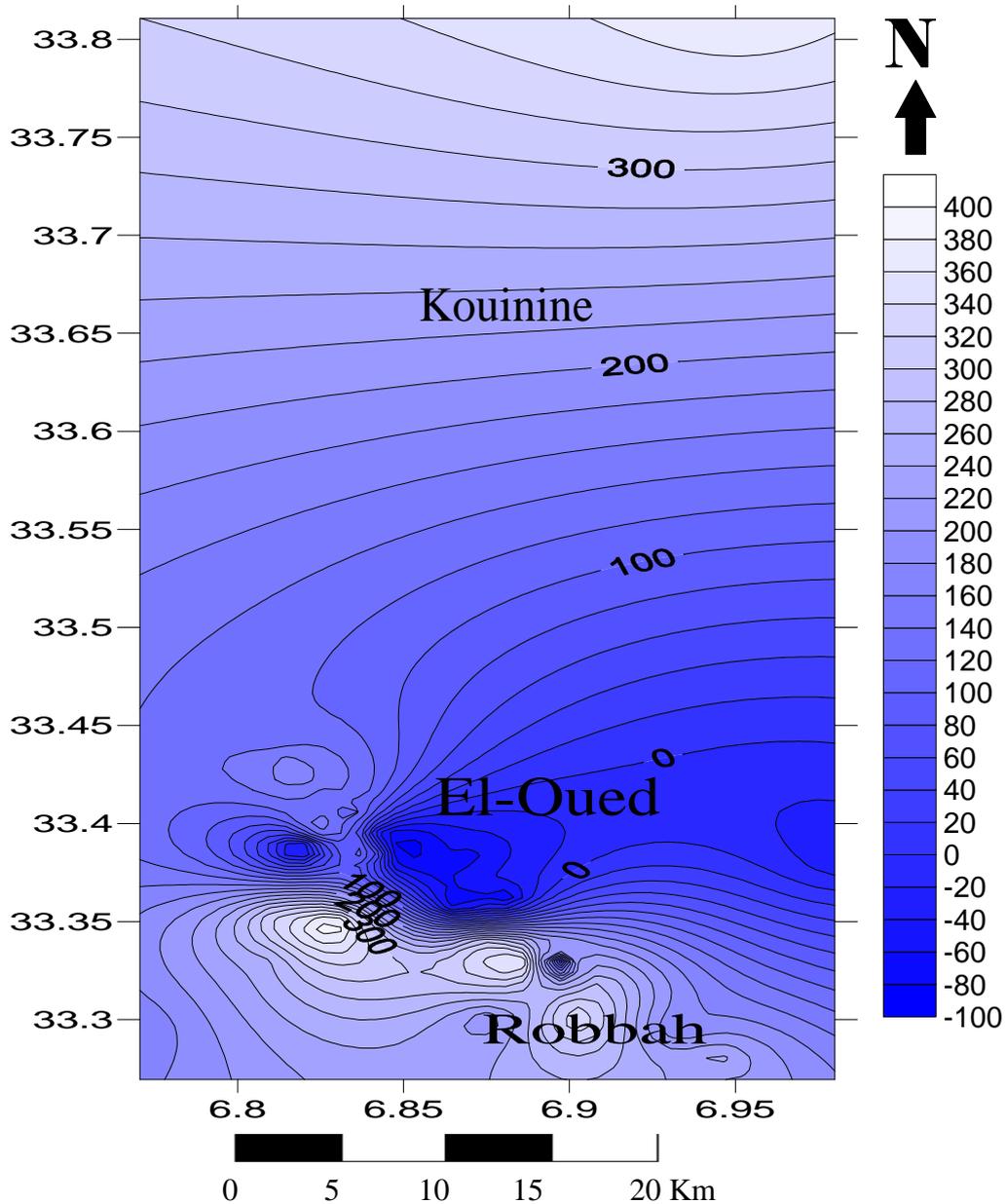


Figure 15. Variations spatiales des niveaux de la nappe phréatique

La figure au-dessus représenté de carté de la variabilité spatiale de piézométrie du niveau de la nappe phréatique de trois zones étudié.

La zone de niveau de la nappe phréatique la plus haute sont coloré à couleur bleu fonce (zone situe de EL-Oeud centre).

La zone de niveau de la nappe phréatique moyenne est colorée à couleur bleu claire, que représente la zone de Kouinine.

La zone de niveau de la nappe phréatique la plus basse est colorée à couleur bleu transparent, que représente la zone de Robbah.

3.2. Variation spatiale de pH du la nappe phréatique:

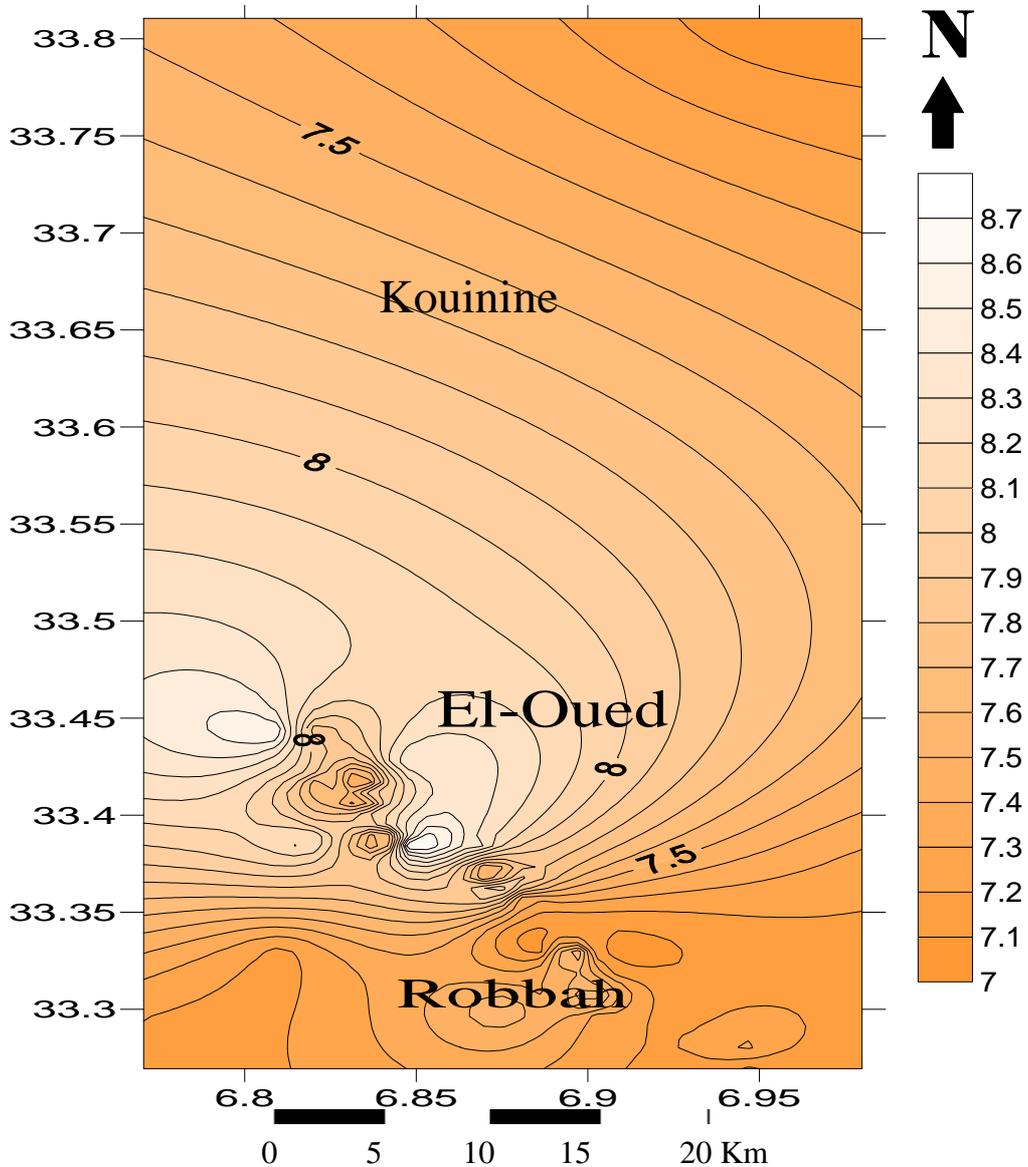


Figure 16. Variations spatiales du pH de la nappe phréatique

La figure 16, montre que le pH est généralement entre 7 et 8.7. Les valeurs élevées, entre 8 et 8,7 ont été mesurées dans la zone d'ElOud, Kouinine (zone d'agglomération), et les

valeurs basses 7 à 7.9 ont été mesurées dans la zone de Robbah, le pH varie a zone de pH alcalin vers la zone a de pH trees alcalin.

3.3. Variation spatiale de la conductivités électrique du la nappe phréatique:

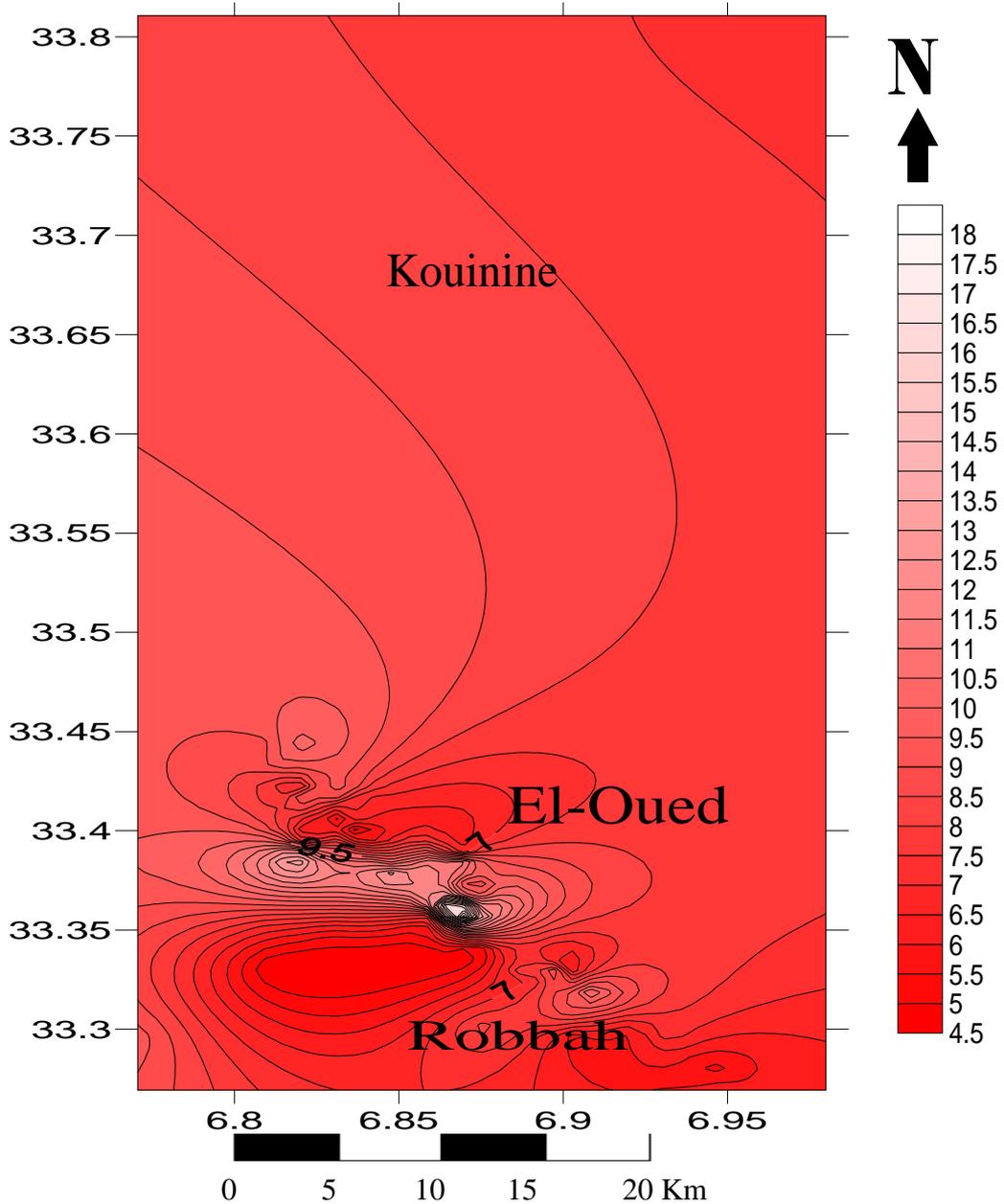


Figure 17. Variations spatiales de la conductivité électriques du la nappe phréatique

La Figure 17, represente de carte de la variabilité spatiale de la conductivité électrique de la nappe phréatique.

La zone d'EL-Oued et kouinine a forte conductivité électrique a cause de l'approche de la nappe phréatique.

La zone Robbah a basse conductivité électrique a cause du niveau de la nappe très loin a la surface du sol.

3.4. Variation spatiale des résidus secs du la nappe phréatique:

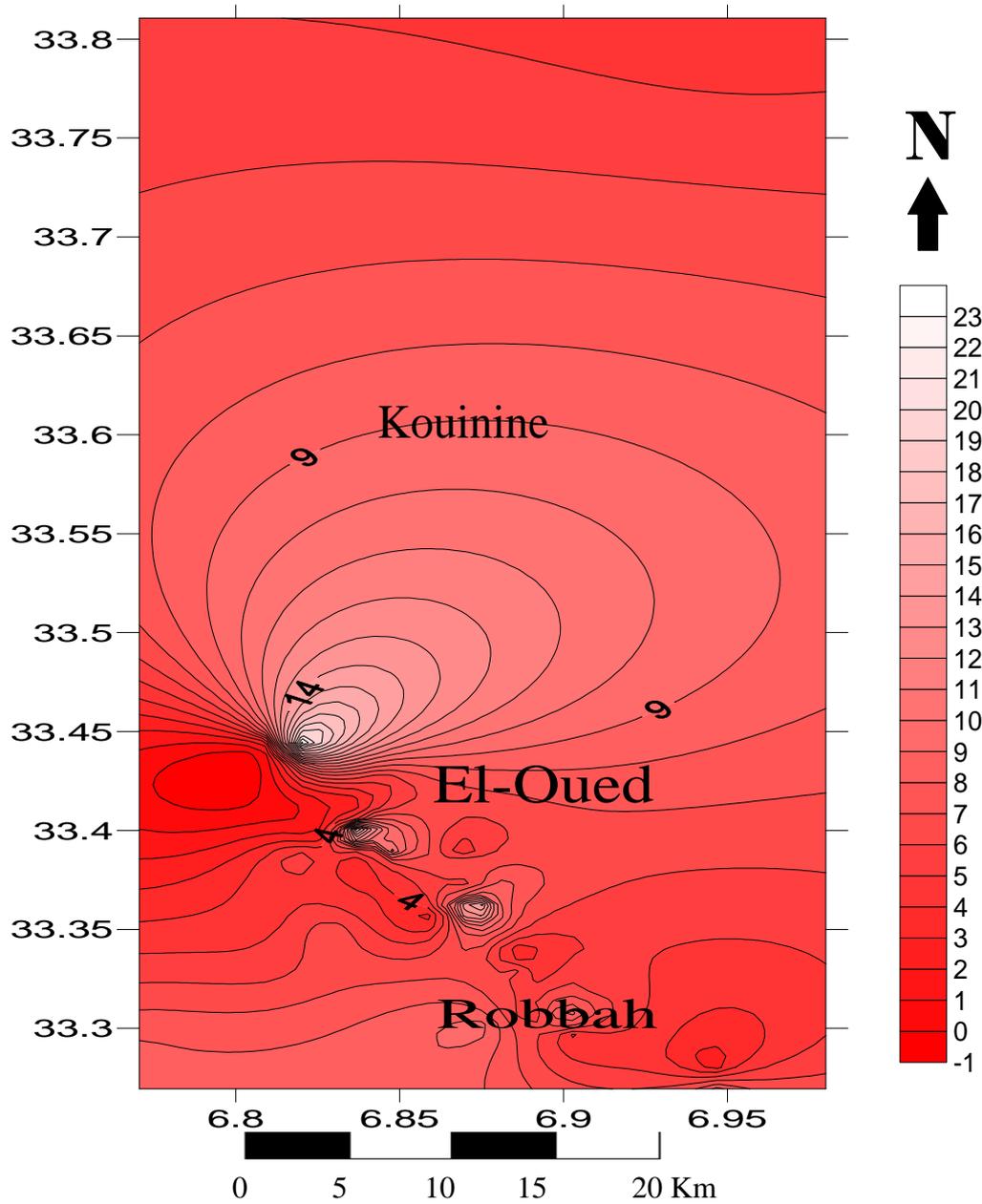


Figure 18. Variations spatiales des résidus secs

A partir de la Figure 18 qui montre les variations spatiales des résidus secs, nous avons remarqué :

Les valeurs élevées, entre 2 et 20(g/l) ont été mesurées dans des ghouts inondés et humide, principalement dans la zone d'ElOud, et Kouinine. On peut expliquer l'élévation de charge du sel dans ces communes par la contamination de la nappe phréatique par les eaux résiduelles, à cause de l'urbanisation.

4. Conclusion:

Les eaux de la nappe phréatique sont des eaux à salinité forte, avec une variance entre les différents types des ghouts, les eaux dans les ghouts inondés sont plus salées que dans les ghouts humides et secs.

D'après les cartes des variabilités spatiales on peut conclure qu'il y a une relation entre le niveau de la nappe et la salinité des eaux, les zones où le niveau de la nappe est au dessus du sol (inondées) ou proche du sol correspondent aux zones à salinité forte.

Les eaux de la nappe phréatique sont des eaux alcalines dans toutes les stations d'études, mais le pH est plus élevé dans les stations inondées.

On peut conclure que le phénomène de la remontée de la nappe pose le problème de salinité des eaux de la nappe phréatique.

En plus de ça on peut conclure aussi d'après la fig. que les stations inondées sont concentrées aux alentours des communes d'El Oued, c'est-à-dire aux alentours des grandes agglomérations.

L'étude spatiale montre que la remontée de niveau piézométrique de la nappe phréatique ressentie au niveau des centres urbains, l'élévation de niveau de la nappe phréatique est accompagnée par une élévation des salinités globale et alcalinité cette élévation et par le temps entraîne la dégradation du système agricole (Ghout).

D'après l'analyse statistique (Annexe10) nous avons remarqué qu'il y a une négative très hautement significative entre le niveau de la nappe phréatique et leur salinité globale.

Chapitre VIII. Etude du sol (Etude des caractérisations physico-chimiques des sols)

1. Salinité global

1.1. Conductivités électrique des sols

Tableau V. La conductivité électrique des sols dans les stations d'études (dS/m)

profondeur	Rabbah	Oued	Kouinine
0-40	1.56	1.75	2.35
40-80	1.77	1.55	2.36
80-120	2.31	1.64	2.08

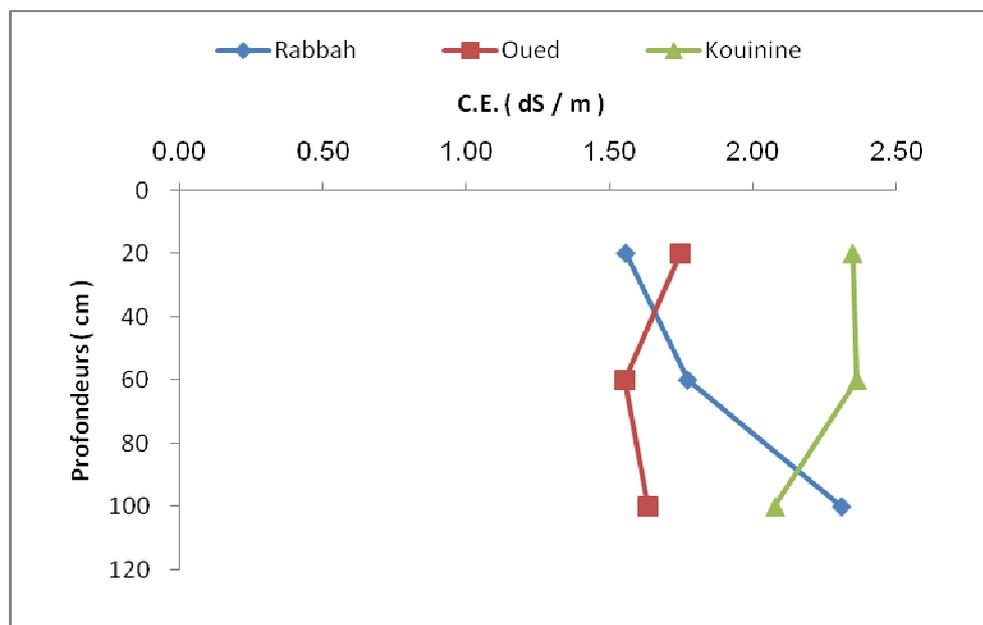


Figure 19. Variations de la conductivité électrique du sol dans les zones d'études

Selon AUBERT (1978) (annexe). La conductivité électrique du sol (figure 19.) dans la zone de El-Oued est augmentée en surface, et diminue en profondeur ($1.55 \text{ dS/m} < \text{CE} < 1.75 \text{ dS/m}$). Donc le sol est peu salé, et aussi pour la zone de Kouinine ($2.08 \text{ dS/m} < \text{CE} < 2.36 \text{ dS/m}$). Le sol est salé. Mais pour la zone de Rabbah, le sol est peut-être salé à sol salé ($1.55 \text{ dS/m} < \text{CE} < 2.31 \text{ dS/m}$).

La conductivité électrique a montré que les sols à deux stations est augmentée en surface et diminuée en profondeur. Dans les ghouts inondés et humides, les sols sont salés par rapport à la station des ghouts secs, car le niveau de la nappe est proche de la surface du sol, ce qui favorise la remontée de la nappe en surface.

1.2. Résidus secs des sols

Tableau VI. Le résidu sec des sols dans les stations d'études (g/l).

Profondeur	Rabbah	Oeud	Kouinine
20	3.20	5.19	4.20
60	2.90	3.57	4.70
100	3.70	3.40	4.20

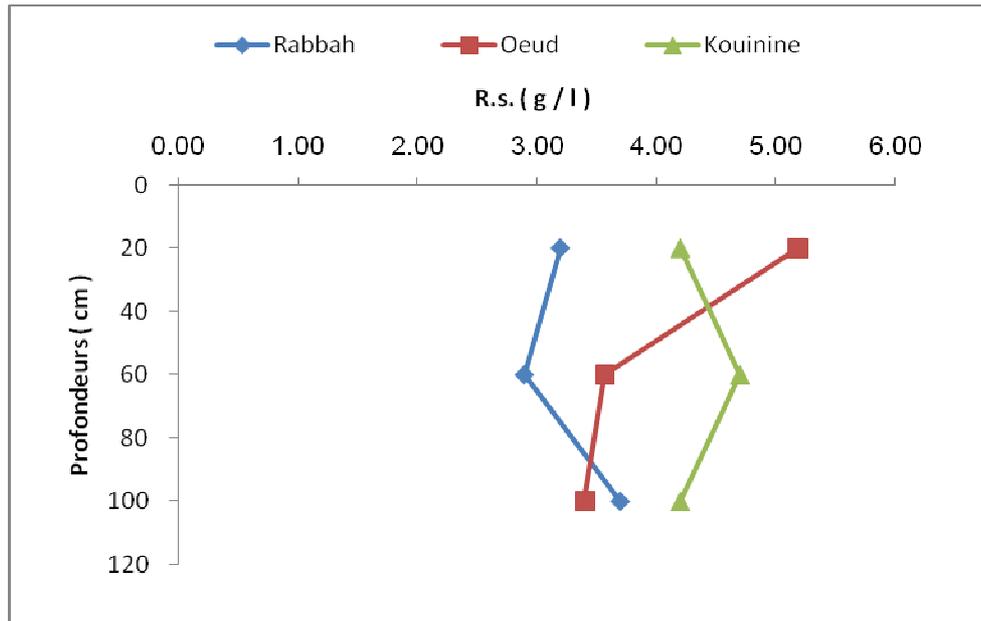


Figure 20. Variations du Résidus secs du sol dans les zones d'études

D'après la figure 20, la teneur du résidu sec dans la zone de El-Oued entre (3.40 à 5.19g/l), et dans la zone de Kouinine entre (4.20 à 4.70g/l), et dans la zone de Rabbah entre (2.90 à 3.70g/l).

Dans les zones d'études, le résidu sec est augmenté en surface et faible en profondeur. Mais dans la de El-oued, le résidu sec est élevé par rapport aux d'autre zones.

2. pH des sols

Tableau VII. De pH du sol dans les stations d'études

Profondeur	Rabbah	EL-Oeud	Kouinine
20	7.64	7.70	8.25
60	7.68	7.77	8.15
100	7.68	7.77	8.16

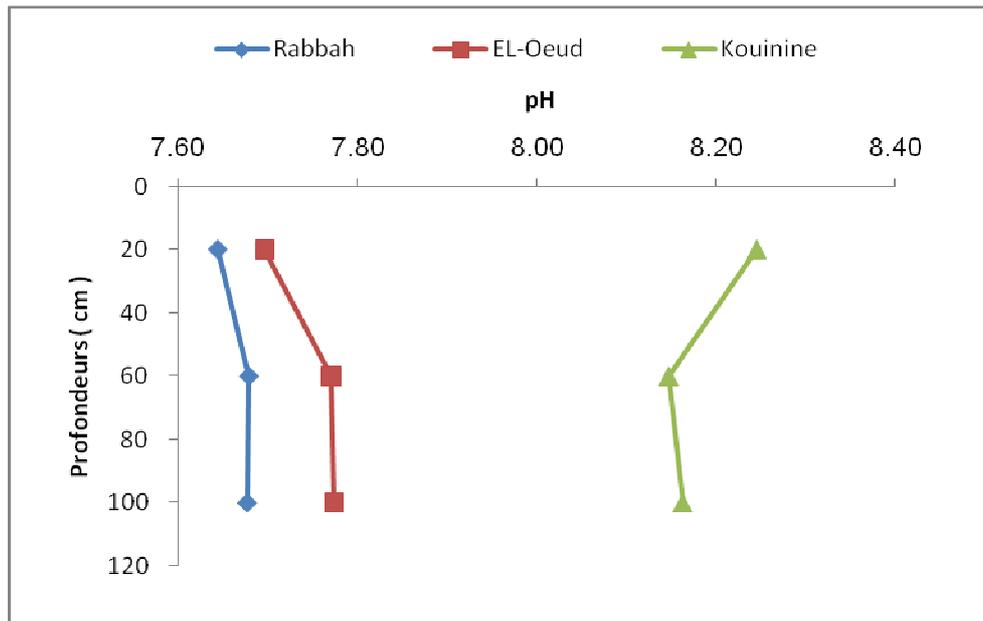


Figure 21. Variations du pH du sol dans les zones d'études.

D'après les résultats obtenus (Fig. 21), on peut classer selon l'échelle du pH de l'extrait 1/5, selon SOLTNER (1989), sont présentés en annexe 3.

Le pH du sol dans la zone de El-Oued est alcalins ($7.70 < \text{pH} < 7.77$), et régulier en profondeurs.

Le pH du sol dans la zone de Kouinine est très alcalin ($8.15 < \text{pH} < 8.25$), il est variable selon les profondeurs.

Le pH du sol dans la zone de Rabbah est aussi alcalin ($7.64 < \text{pH} < 7.68$) et régulier en profondeurs.

D'une manière générale, le pH du sol dans les trois stations, il est alcalin à très alcalin ($7.64 < \text{pH} < 8.25$).

3. Etudes spatiales du sol (étude des caractérisations physico-chimiques des sols)

3.1. Conductivité électrique du sol:

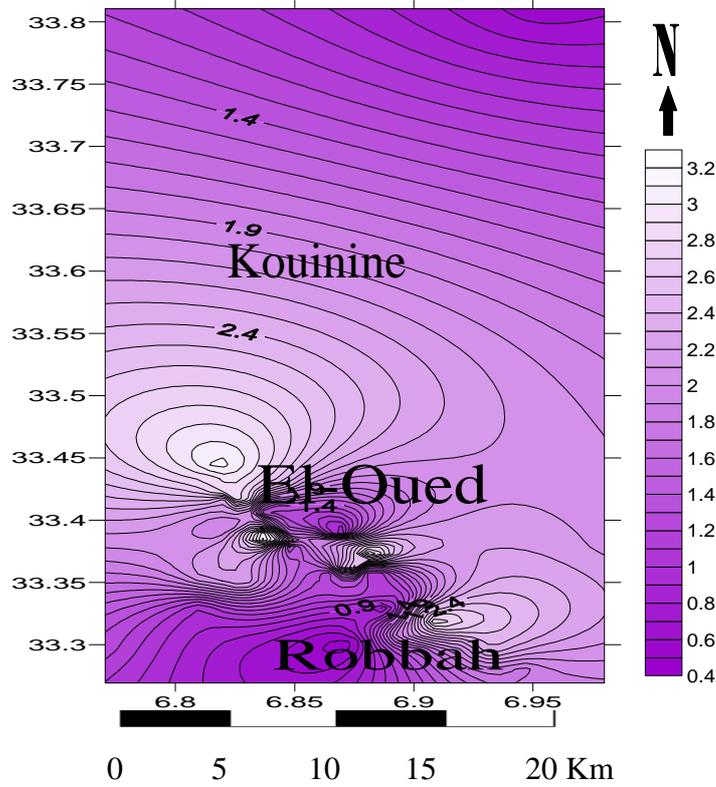


Figure 22. Variations spatiales de la conductivité électrique (profondeur 0-40cm).

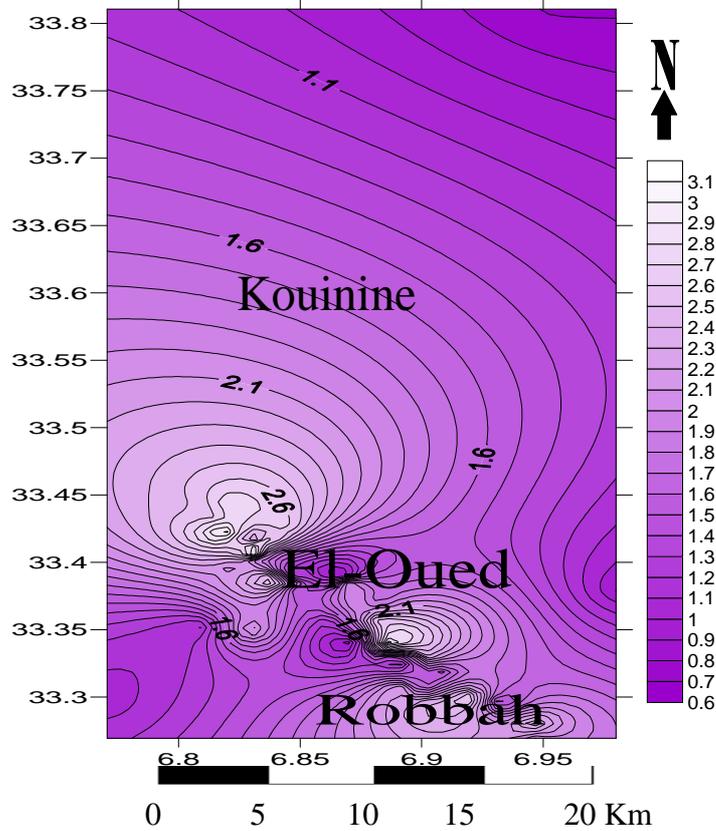


Figure 23. Variations spatiales de la conductivité électrique (profondeur 40-80cm).

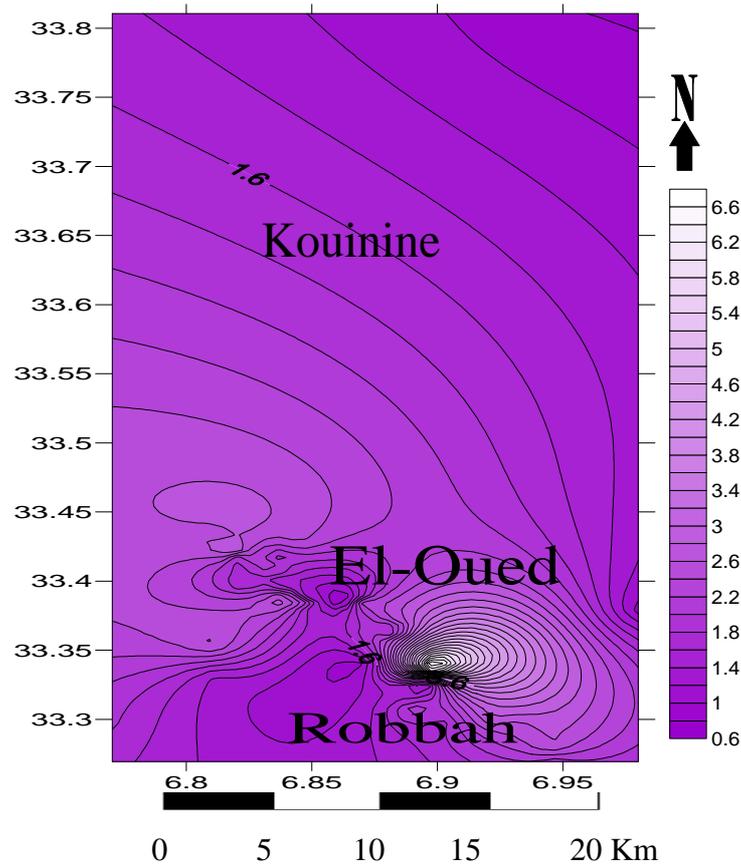


Figure 24. Variations spatiales de la conductivité électrique (profondeur 80-120cm).

La figure (22, 23, 24), représente variations spatiales de la conductivité électrique a trios couche dans les station d'etudies.

Dans la première et deuxième couche , On peut dire que la salinité augment de la zone de Kouinine par rapport la zone d'EL-Oued et Robbah, cette zone connue par un nombre important des ghouts humides, expliquent que l'origine de la salinité dans cette zones est l'accumulation des sur la surface du sol par la capillarité.

Dans la troisième couche la salinité augmente dans la zone d'EL-Oued par rapport la zone de Kouinine et Robbah, , cette zone connue par un nombre important des ghouts inondés, on peut dire que l'origine de la salinité dans cette zone est la nappe phréatique, la zone d'EL-Oeud zone d'agglomiration.

3.2. Residue secs du sol:

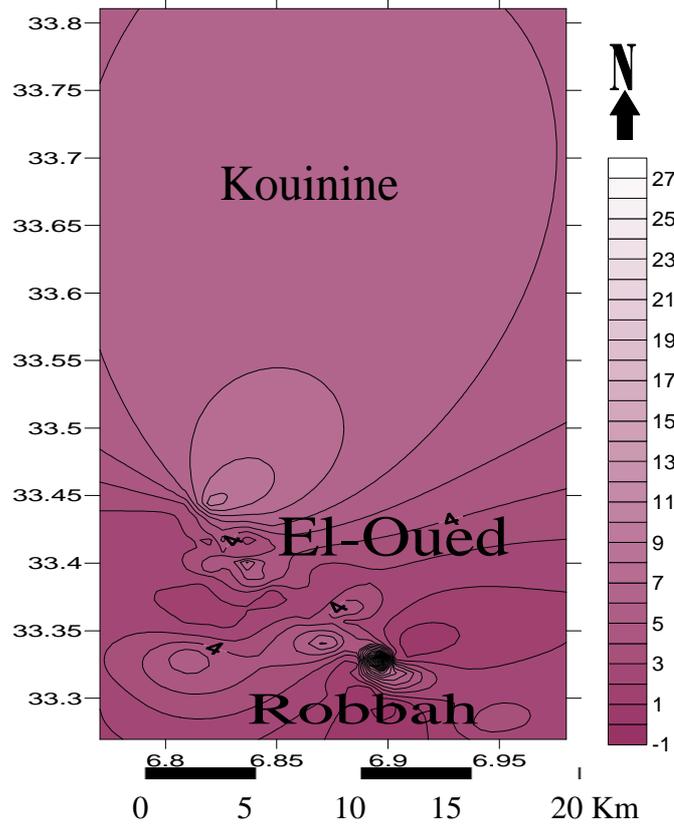


Figure 25. Variations spatiales de résidus secs (profondeur 0-40cm).

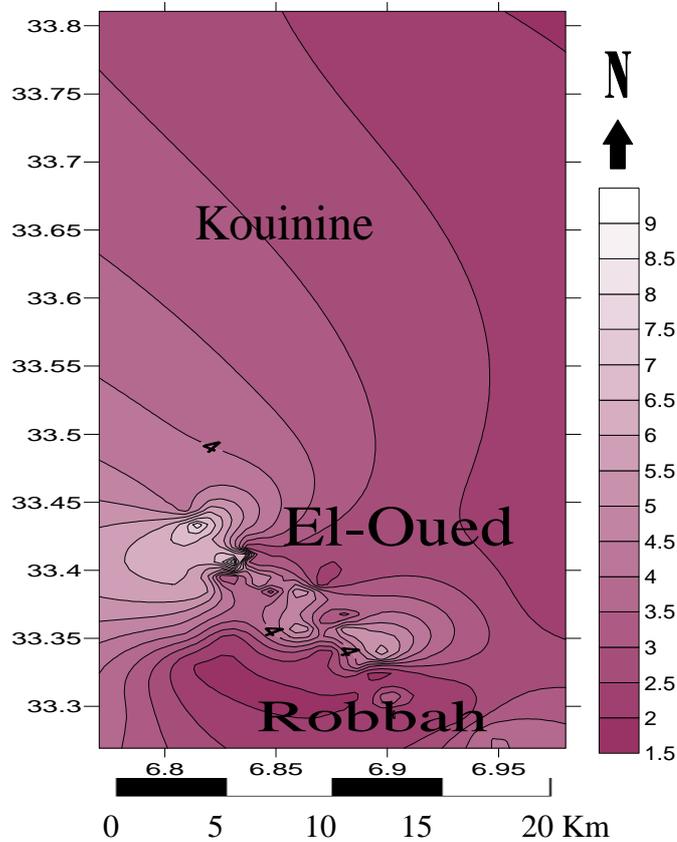


Figure 26. Variations spatiales de résidus secs (profondeur 40-80cm).

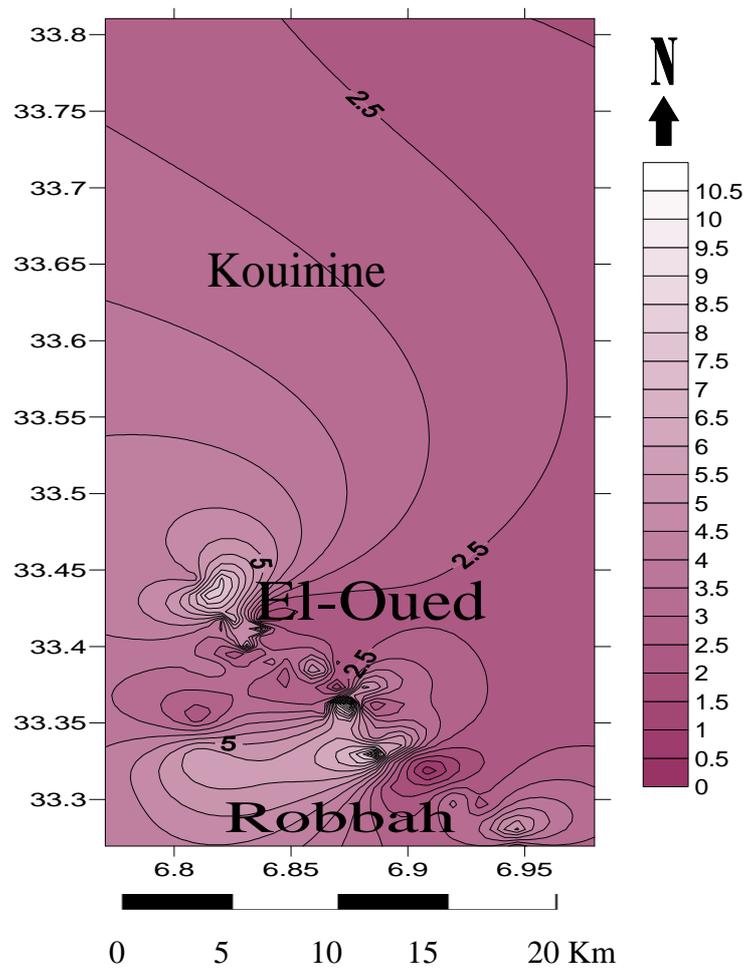


Figure 27. Variations spatiales de résidus secs (profondeur 40-80cm).

A partir de la figure (25,26,27), qui présentent les variations spatiales du résidu sec nous avons remarqué que l'extension maximale rencontrée dans la première couche à cause de l'accumulation des sels sur la surface du sol sous l'effet de l'évaporation. D'autre cote, on peut dire que la zone d'extension des résidus secs correspondent la zone inondées(El-Oued) et humides(Kouinine).

3.2. pH du sol:

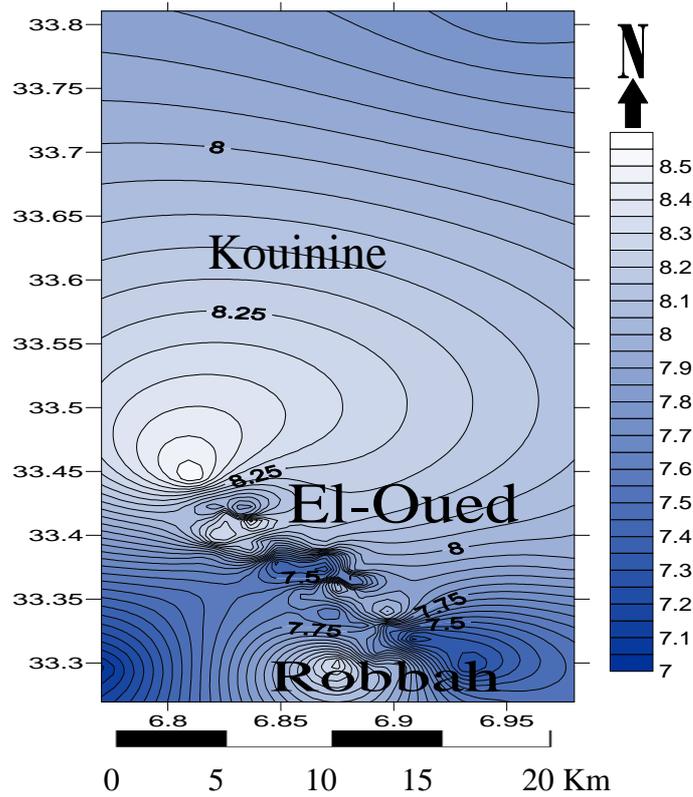


Figure 28. Variations spatiales de pH (profondeur 0-40cm).

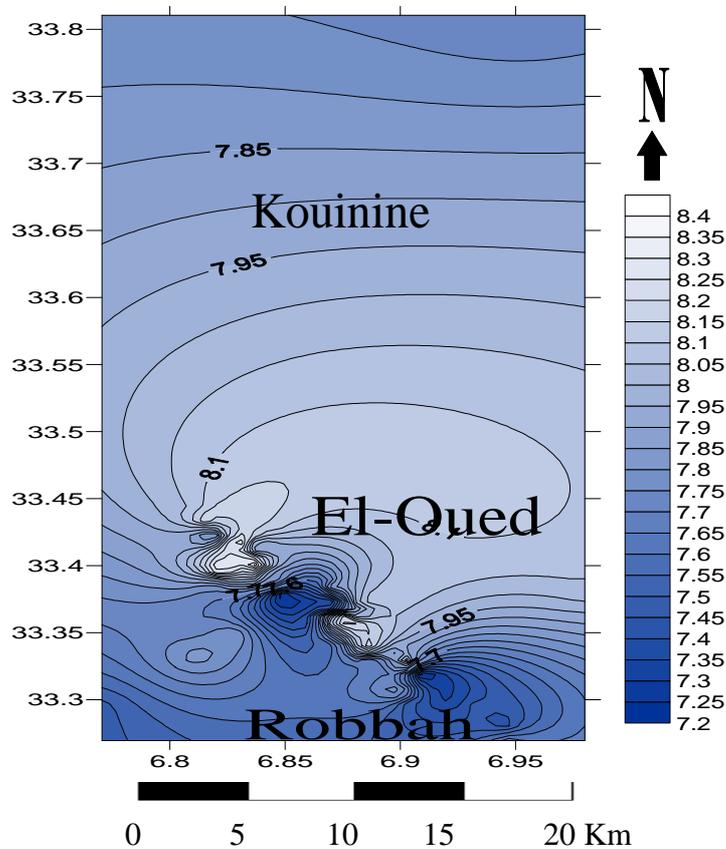


Figure 29. Variations spatiales de pH (profondeur 40-80cm).

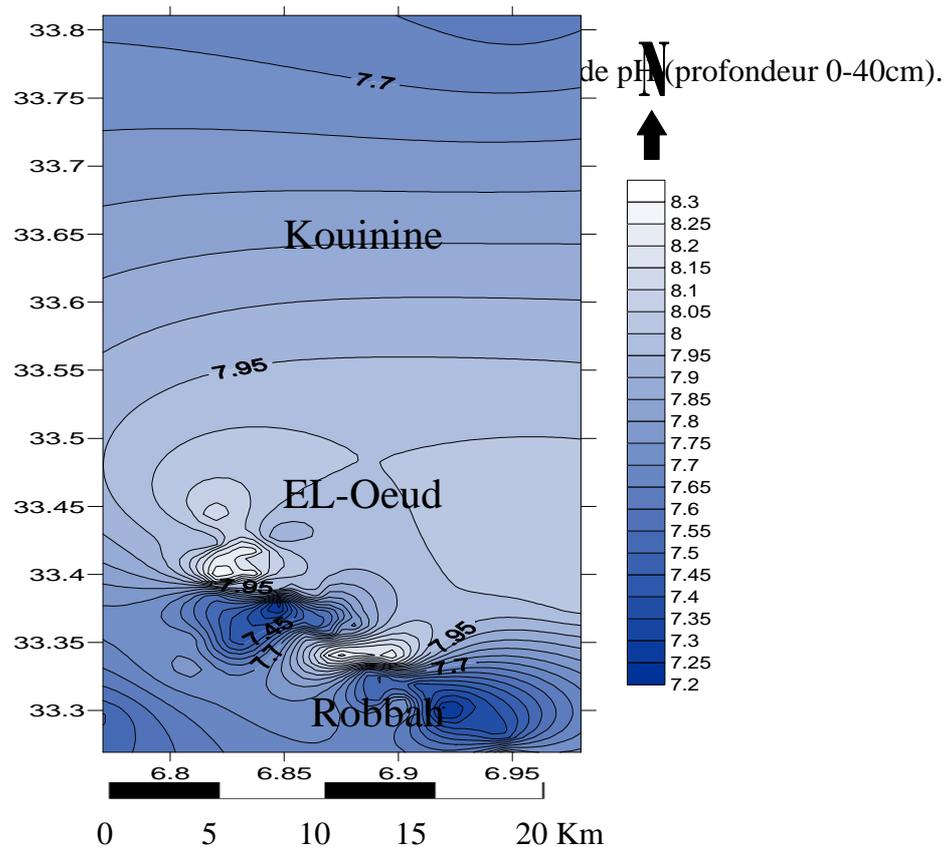


Figure 30. Variations spatiales de pH (profondeur 80-120cm).

A partir de la figure (28, 29, 30), qui présentent les variations spatiales du pH dans les trois zones étudiées nous avons remarqué:

Les sols dans les trois zones, dans la zone de d'EL-Oeud et Kouinine est alcalin à très alcalin, et mais dans la zone de Robbah est un sol alcalin, à cause de l'approche de la nappe phréatique.

On peut dire que les variations spatiales du pH sont semblables entre les trois couches.

4. Conclusion:

D'après les études des caractérisations physico-chimiques du sol, on peut annoncer les jugements suivants:

- Les sols dans les zones inondées sont les plus salés suivis par les sols humides puis les sols secs, cette salinité est interprétée par la salinité de la nappe et par l'évaporation aussi.

Le pH du sol de toutes les stations est de alcalin à très alcalin, avec des variations spatiales correspondant à la profondeur de la nappe.

Les cartes des variabilités spatiales permettent de conclure que la salinité des sols se concentre dans les zones touchées par le phénomène de la remontée de la nappe phréatique

Selon les travaux de BERRAH.S (2009)

Propriétés physique et chimiques du sol

- Dans les zones d'études l'humidité du sol est maximale dans les ghouts inondés où le sol est immergé dans les eaux phréatiques, ces eaux remplissent la porosité du sol ce qui augmente son humidité.
- Dans les zones d'études la fraction sableuse est dominée, au niveau de cette fraction il y a une alternance de dominance entre le sable fin et le sable grossier.
- Les sols dans toutes les stations d'études sont légèrement gypseux.
- Les sols sont modérément calcaires dans toutes les stations d'études.
- Le taux de matière organique est très faible à faible dans les stations d'étude

Conclusion général

Au terme de cette étude il ressort que la vallée du Souf est confrontée à un problème grave de la remontée des eaux phréatique, existant depuis de nombreuses années. L'étude a mis en évidence deux causes principales : l'exploitation importante et la mauvaise gestion des eaux des nappes profondes et le rejet des eaux en absence d'un réseau d'assainissement adéquat. Son impact a été négatif sur la dégradation des sols et des palmeraies des Ghouts.

Notre étude sur l'impact de la remontée de la nappe phréatique sur la salinisation des sols dans les Ghouts d'Oued souf montre l'interaction nappe phréatique-sol-état végétatif. Elle mit en évidence les effets de la remontée de la nappe phréatique sur la salinité du sol.

L'étude de la nappe phréatique montre que :

- d'après notre étude spatiale, nous constatons que la remontée du niveau piézométrique de la nappe phréatique est généralement ressentie proche des centres urbains. Le rabattement de la nappe phréatique a été constaté en général au niveau des zones agricoles qui exploitent les eaux de la nappe phréatique.
- d'après les données traitées, on note que les eaux de la nappe phréatique du souf se caractérisent par un pH alcalin à dans toutes les stations et une salinité extrême dans les Ghouts inondés dépassant celle des Ghouts humides et sèches.

L'étude du sol montre que :

- Les sols sont en général alcalins et de salinité variable. Ils sont plus salés en zone inondé par rapport à ceux des deux zones humide et sec.
- La présente étude montre également qu'il y a une variation spatiale de salinité du sol qui augmente avec le niveau de la nappe phréatique.

D'après l'étude de la nappe phréatique et du sol on conclure qu'il y a un effet de la nappe sur la salinisation des sols où la remontée des eaux produit la dégradation des sols et la dépérissement des palmeraies des Ghouts.

A travers le travail expérimentale et les enquêtes sur terrain, il ressort que cette remontée a engendré plusieurs contraintes, telles que:

- un abandon des Ghouts par les agriculteurs, suite à une mauvaise rentabilité des palmiers;
- les opérations culturales devient difficile à pratiquer au sein des Ghouts inondées;
- la mort d'un nombre important de palmiers dattiers suit à la pourriture racinaire;
- l'envahissement des palmeraies par les mauvaises herbes et manque entretien;
- la prolifération des maladies transmissible par l'eau.

En effet, on peut dire que l'hydromorphie et l'halomorphie enregistrés sont des paramètres de dégradation. Ils constituent une menace pour l'environnement hydro-agricole du système Ghout à Oued Souf. Si ce fléau n'est pas stoppé et pris en charge dans un proche avenir, aussi bien par les responsables du secteur que par les pouvoirs publics, avec des moyens appropriés, les conséquences seront plus graves sur le système Ghout et les oasis de cette région qui risqueront de disparaître avec un risque réel de désertification de toute la région.

Pour sauvegarder cet héritage il est indispensable de condenser les efforts entre les différents secteurs concernés. Dans ce sens, et en visée aux résultats obtenues on a vue de terminer ce modeste travail par certaines recommandations:

- Trouver une solution efficace et durable pour le problème de drainage qui se pose actuellement dans les Ghouts
- Sensibiliser les habitants à l'importance de l'eau.
- Interdire les forages profonds que par un autorisation
- Continuer l'installation des réseaux d'assainissement déjà déclenché
- Contrôler sévèrement et régulièrement le débit d'exploitation des forages
- Installer des compteurs adéquats sur les branchements particuliers
- Mettre en place un système de suivi et de contrôle de niveau de la nappe

Enfin, ce travail reste préliminaire, nécessite d'autres études complémentaires au niveau de la région de souf. Ces études vont nous permettre d'étudier l'impact des propriétés hydro-édaphiques non encore étudiées sur l'état de dégradation du système des Ghouts de la région du souf.

Références bibliographiques

ANRAH, Mars 2000: Note relative à la remontée des eaux dans la vallée du Souf.

ANRH, Janvier 2005. Inventaire des forages d'eau de la wilaya d'El-oued.

ASHRAF NI, ALI, 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes the key determinants of salt tolerance in canola. Environmental and experimental Botany vol.63.266-273p.

ABBANI B, et ABDE-LALI Y, 2005. Contribution à l'étude de la qualité des eaux phréatiques sur l'état de dégradation de la palmeraie de la de Ouagla. Mémoire ing. Univ de Ouargla. p 21.

BENHAMIDA S, et BENZEGUIR A, 1993. Contribution à l'étude de problème de la remontée de la nappe phréatique A.N.R.H. Ouargla, 1993. 89p.

BELKHODJA M, BIDAI Y, 2007. Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte *Atriplex halimus* L à la salinité.

BOUKACHABIA E, 1993. Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur. Thèse de magistère en production et physiologie. 108p.

BERRAH S, 2009. Contribution à l'étude spatiale de la remontée de la nappe phréatique : Problèmes posés et conséquences sur le système agricole " Ghout" à Oued Souf. Mémoire ing. Univ de Ouargla. pp 40-47.

CHEDALA S, et MOULATI H , 2008. Contribution à l'étude de l'impact de la remontée de la nappe phréatique à Oued Souf sur le changement floristique des Ghouts. Mémoire ing. Univ de Ouargla. pp 11-40.

COTE M, 1998 . Des oasis malades de trop d'eau. Revue sécheresse. N° 02 Vol 03. pp 123-130

D.H.W, 2004-2005. Inventaire de forages.

D.S.A. a, 1998. La remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région de oued Souf. Rapport de synthèse. 10p.

D.S.A. b , 1998 . Schéma directeur de mise en valeur de la wilaya d'El-Oued. 188 p

D.S.A, 2000. Fiche des données de la région de Souf D.S.A. El-Oued 2000.

- DURAND J.H, 1983.** Les sols irrigables, étude pédologique. Edit. Imprimerie, Paris 339 p.
- DURANTJ H, 1983.** Les sols irrigables .Etude p2dologiaue, Edimpremerie Parie, 339p.
- E.N.A.G.E.O, 1993.** Entreprise nationale de géophysique division exploitation sismique extension de l'étude géophysique par sondage électrique de le région du Souf.
- F.A.O, 2005:** Annuaire statistique de la FAO
- GREGORY B, 2005.** Ecophysiologie de semis de coniferes ectomycorhizes en milieu salin et sodique. Thèse de doctorat en science forestières 190p.
- HALITIM A, 1988.** Sols des régions arides. Edit. OPU, 1988.
- HAMDI A, 1999.** Saline irrigation and management for sustainable use In: Advanced Short Course on saline irrigation Proceeding, Agadir.152-227.
- HAOUALA F, FERDJANI H, BEN ELHADJI S, 2007.** Effets de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺, et Ca⁺⁺) et du chlore (CL⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anglais et du chiendent. Biotechnology, Agronomie, Société et Environnement, vol .11, N°. 3:235-244.
- HELLER R, ESNAILT R, LANCE C, 1998.** Physiologie végétal, Tome1, Nutrition, 6 ieme édition, Dunod, Paris:134-135.
- HELLER R, 1998.** Physiologie végétale.l-nutrition 4eme 2éds-Masson et CieParis., 266p.
- KHADAAOUI A, 2000 .** Les ressources en eau dans le Sahara septentrional congrée scientifique Arabe El Oued 2000. pp 20-28.
- KHADRAOUI.R, 2005.** L'excès d'eau dans les zones agricoles et urbaines
- LE CHAARI M B, 1990.** Contribution à l'étude hydrogéologique des nappes superposées de la région d'El-oued. Mémoire Ing. Univ de Constantine. 100p.
- LAKHDARI F, 1986.** Influence de la salinité sur la croissance et la nutrition minérale chez une sollanacée (la tomate) thèse de Doctorat , USTL Acad Montpellier 182,p
- MERMOUD A. Prof, 2006.** Cours de physique du sol, Maitrise de la salinité des sols
- MEZIANI A, MEZIANI S, DRIDI H & KALLAM, 2005.** La rement des eaux profondes

dans souf-sahara Algerien; consequence de la mauvaise gestion des ressources en eaux souterraines, 1p

MESSEDI D, ABDELLY C, 2004. Physiologie de la tolérance au sel d'une halophyte de recouvrement .Revue des régions arides, tome 1, N° spécial : 192-199-

MENNASSER AS, 2009. Essais d'optimisation de fertilisation organique dans les conditions salins cas de Ouargla. Mémoire ing. Univ Ouargla. pp 1-10.

NIU X, BRESSAM R, HASEGAWA PM, 1995. Ion homeostasis in NaCL stress environment .Plant Physio. 109:735-742.

NAJAH A, 1971. Le Souf des oasis. Edit la maison du livre. Alger. 1971. 174p.

O.N.R.G.M, 1999. Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie.

OUSTANI M, 2006. Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla) .Thèse Magister.Uuniversité .Ouargla. 187p

REMINI B, 2004. La remontée des eaux dans la région d'El-Oued. Revue vecteur environnement Canada.

REMINI A, 2006. La disparition des ghouts dans région d'El-Oued (Algerie).1page. et leur impact environnemental dans les régions Sahariennes. 1page.

S.O.C.O, 2009. Sustainable Agriculture and soil conservation: Salinisation et sodification : <http://soco.jrc.ec.europa.eu>

VOISIN R, 2004. Le Souf monographie, Edit El Walid. 319p.

ZHU J.K, 2001. Plant Salt tolerance. Trends in plant science, vol.6, N°.2:66-71

Annexe.1. Classification des eaux (DURAND J.H, 1958)

Résidus secs en g/l	Différents types des eaux
< 0.25	Eaux non salines
$0.25 < RS \leq 0.75$	Eaux à salinité moyenne
$0.75 < RS < 2.25$	Eaux forte salinité
$2.25 < RS < 5$	Eaux très forte salinité
> 5	Eaux à salinité excessive

Annexe.2. Echelle de pH des eaux phréatiques (GAUCHER, 1968 in SOLTNER, 1992)

pH eau	Sols
$6.75 < \text{pH eau} < 7.25$	Neutre
$7.25 < \text{pH eau} < 8.5$	Alcalin
>8.5	Très alcalin

Annexe.3. Echelle de pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER, 1989)

pH _{1/5}	Classes
5 à 5.5	Très acide
5.4 à 5.9	Acide
6 à 6.5	légèrement acide
6.6 à 7.2	Neutre
7.3 à 8	Alcalin
> 8	Très alcalin

Annexe.4. Echelle de salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5 (Aubert, 1978).

C.E (ds/m) à 25°C	Degré de salinité
≤ 0.6	Sol non salé
$0.6 < C.E < 2$	Sol peu salé
$2 < C.E \leq 2.4$	Sol salé
$2.4 < C.E \leq 6$	Sol très salé
$C.E > 6$	Sol extrêmement salé

Annexe 5. Echelle d'interprétation des résultats du pH de l'extrait 1/5 (SOLTNER 1989)

pH	Classes de sols
5 à 5,5	Très acide
5,5 à 5,9	Acide
6 à 6,5	Légèrement acide
6,6 à 7,2	Neutre
7,3 à 8	Alcalin
> 8	Très alcalin

Annexe 6. Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 (AUBERT, 1978)

C.E.(dS/m) à 25 c°	Degré de salinité
< 0,6	Sol non salé
0,6 < C.E. < 2	Sol peu salé
2 < C.E. ≤ 2,4	Sol salé
2,4 < C.E. ≤ 6	Sol très salé
> 6	Sol extrêmement salé

Annexe 7. Echelle de pH des eaux phréatiques (GAUCHER, 1968 in SOLTNER, 1989)

pH eau	Sols
6,75 < pH eau < 7,25	Neutre
7,75 < pH eau < 8,25	Alcalin
> 8,5	Très alcalin

Annexe 8. Echelle Classification des eaux (DURAND J.H., 1958).

Résidus secs en g/l	Différents types des eaux
< 0,25	Eaux non salines
0,25 < R.s ≤ 0,75	Eaux à salinité moyenne
0,75 < R.s < 2,25	Eaux forte salinité
2,25 < R.s < 5	Eaux très forte salinité
> 5	Eaux à salinité excessive

Annexe.9. Classification des sols salés

	Sols salins (Solontchaks)	Sols salés à alcalis (Solontchaks Solonetz)	Sols alcalins (Solonetz)
CE ds/m (à 25C°)	> 4ds/m	> 4ds/m	< 4ds/m
pH	<8.5	<8.5	>8.5
ESP(%CEC)	<15 %	> 15 %	> 15 %

Annexe10. Relations entre les analyses des sols et des nappes phréatiques à

Oued Souf n=60 k(n-1)=59

	Pn	pHn	C.E.n	R.s.n	pHs1	pHs2	pHs3	C.E.s1	C.E.s2	C.E.s3	R.s.s1	R.s.s2	R.s.s3
Pn	1.0000												
pHn	-	1.0000											
C.E.n	0.5251***	0.3709**	1.0000										
R.s.n	-0.1693	0.2323	0.1735	1.0000									
pHs1	0.0258	0.2976	-0.0196	0.1508	1.0000								
pHs2	-0.0542	0.1600	0.0631	0.3064*	0.6709***	1.0000							
pHs3	-0.0460	0.0861	-0.0873	0.1224	0.6992***	0.7052***	1.0000						
C.E.s1	-0.0609	0.2407	0.1089	0.1162	0.2548*	0.2931*	0.1908	1.0000					
C.E.s2	0.1300	0.0429	0.1181	-0.1680	0.3807**	0.2955*	0.1985	0.3852**	1.0000				
C.E.s3	0.2379	-0.1397	-0.0853	-0.1815	0.1099	0.0308	0.0347	0.2550*	0.5108***	1.0000			
R.s.s1	-0.1223	0.1574	0.0351	-0.0007	-0.0780	0.0029	0.0301	0.0208	-0.0907	-0.0860	1.0000		
R.s.s2	-0.1430	0.2269	0.1100	-0.0473	0.3431**	0.2661*	0.2752*	0.1924	0.3506**	0.2406	0.0078	1.0000	
R.s.s3	0.0647	0.1797	-0.0381	0.0925	0.3359**	0.1974	0.1270	0.2072	0.1074	0.2024	0.1412	0.4432***	1.0000

*: Significatif

** : hautement significatif

***: très hautement significatif

Annexe11. Relations entre les analyses des sols et des nappes phréatiques à la station de

Robbah n=20 k(n-1)=19

	Pn	pHn	C.E.n	R.s.n	pHs1	pHs2	pHs3	C.E.s1	C.E.s2	C.E.s3	R.s.s1	R.s.s2	R.s.s3
Pn	1.0000												
pHn	0.2002	1.0000											
C.E.n	-0.4524*	0.5163*	1.0000										
R.s.n	-0.1016	0.4419*	0.3793	1.0000									
pHs1	0.2296	0.3260	0.0307	0.0971	1.0000								
pHs2	0.1207	0.0202	-0.0890	-0.0027	0.3794	1.0000							
pHs3	0.0648	-0.1173	-0.0945	0.1191	0.4402*	0.5468**	1.0000						
C.E.s1	-0.0934	0.1630	0.3779	-0.0140	-0.5206*	-0.2484	-0.3333	1.0000					
C.E.s2	-0.1322	-0.0452	0.1874	-0.3073	0.3038	0.2557	0.0320	0.2045	1.0000				
C.E.s3	-0.2162	-0.1803	0.1450	-0.2928	0.1647	0.1248	0.3020	0.1574	0.5085*	1.0000			
R.s.s1	0.1742	-0.2121	-0.3933	0.0054	-0.1034	-0.0170	0.3880	-0.1692	-0.4168	-0.0697	1.0000		
R.s.s2	-0.0990	-0.0310	0.1288	0.0169	0.1054	0.1801	0.4208	-0.1019	0.2021	0.6713***	-0.0333	1.0000	
R.s.s3	0.1050	-0.1698	-0.4831*	-0.0586	0.1409	0.0706	0.1987	-0.5711**	0.0079	0.1542	0.1682	0.3330	1.0000

*: Significatif

** : Hautelement significatif

***: Très hautement significatif

Annexe12. Relations entre les analyses des sols et des nappes phréatiques à la station de El

Oued n= 20 k(n-1)=19

	Pn	pHn	C.E.n	R.s.n	pHs1	pHs2	pHs3	C.E.s1	C.E.s2	C.E.s3	R.s.s1	R.s.s2	R.s.s3
Pn	1.0000												
pHn	-0.2970	1.0000											
C.E.n	-0.4106	0.1581	1.0000										
R.s.n	-0.1249	0.1258	0.3418	1.0000									
pHs1	0.1924	0.1887	-0.2007	0.3013	1.0000								
pHs2	0.0533	-0.0166	0.1560	0.5300*	0.6281**	1.0000							
pHs3	0.4426*	-0.1033	-0.5011*	0.1128	0.5766**	0.4846*	1.0000						
C.E.s1	0.2083	0.1909	-0.0769	0.3432	0.3126	0.3922	0.2255	1.0000					
C.E.s2	-0.4265	0.0389	0.3064	0.1875	-0.1160	0.2241	-0.2884	0.2527	1.0000				
C.E.s3	-0.2137	0.0228	0.1203	0.0593	0.1108	0.3360	-0.1319	0.3760	0.7870***	1.0000			
R.s.s1	0.1520	0.0719	0.0145	-0.0784	-0.2308	-0.0622	-0.0537	-0.0900	-0.0743	-0.1941	1.0000		
R.s.s2	-0.3200	0.1870	0.1959	0.0294	0.2881	-0.0340	0.0049	-0.0257	0.3458	0.1507	-0.1659	1.0000	
R.s.s3	0.0281	0.3321	0.1079	0.5105*	0.5977**	0.4351*	0.1368	0.5764**	0.0536	0.0952	0.0779	0.1542	1.0000

*: Significant

** : hautement significative ***: très hautement significatif

Annexe13. Relations entre les analyses des sols et des nappes phréatiques à la station de

Kouinine n=20 k(n-1)=19

	Pn	pHn	C.E.n	R.s.n	pHs1	pHs2	pHs3	C.E.s1	C.E.s2	C.E.s3	R.s.s1	R.s.s2	R.s.s3
Pn	1.0000												
pHn	-0.0279	1.0000											
C.E.n	0.4488*	-0.0806	1.0000										
R.s.n	0.2989	0.1302	-0.3699	1.0000									
pHs1	-0.2523	0.3713	-0.1344	0.1273	1.0000								
pHs2	-0.1440	-0.0304	-0.3771	0.3888	0.1231	1.0000							
pHs3	-0.1089	-0.3003	-0.0243	0.1621	0.2523	0.5207*	1.0000						
C.E.s1	0.2321	0.1017	0.0635	-0.0622	-0.0725	-0.1717	-0.3952	1.0000					
C.E.s2	0.1664	0.1199	0.2484	0.4397*	-0.1207	0.5385*	-0.3362	0.2704	1.0000				
C.E.s3	0.1974	0.2871	0.0376	-0.2547	0.0941	0.5420*	0.6706***	0.7290***	0.5501**	1.0000			
R.s.s1	-0.1337	0.3676	-0.2509	0.1132	0.2286	0.1669	-0.1233	0.4847*	0.0806	0.3600	1.0000		
R.s.s2	-0.1631	0.1065	-0.1705	-0.1978	0.0369	0.0605	-0.1906	0.1249	0.2554	0.1929	0.3531	1.0000	
R.s.s3	-0.0333	0.2773	-0.0183	-0.2300	0.3459	-0.0764	-0.1410	0.3797	0.0992	0.4772*	0.5327*	0.7034***	1.0000

*: Significatif

** :hautement significative

***: très hautement significative

List des abréviations

Abréviation	Signification
A.N.R.H	Agence Nationale des Ressources Hydriques.
S.A.S.S	système aquifère du Sahara septentrional
S.O.C.O	Sustainable Agriculture and soil conservation
C.E	Conductivité électrique
C.E n	Conductivité électrique de la nappe phréatique
C.Es	Conductivité électrique du sol
C.I.	Continental intercalaire.
C.T.	Continental terminale.
D.S.A.EL.	Direction des Services Agricoles El Oued.
E.N.A.G.E.O.	Entreprise nationale de géophysique.
O.N.R.G.M	Office national de recherche géologique et minière
O.N.M.	Office Nationale de Météorologie.
pHn	pH de la nappe phréatique
pHs	pH du sol
FAO	
ESP	Taux de sodium échangeable
SAR	Sodium absorption ration
CEC	Capacité des changes cationiques
L.A.D.E	Laboratoire d'Algérie d'eau.
B.N.E.D.E.R	Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural.
D.H.W.	Direction d'hydraulique de la wilaya.