

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
ARBAOUI ABDALLAH
DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN
HYDRAULIQUE

Option : CONCEPTION DES SYSTEMES D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE.

THEME :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE DRAINAGE
CONTRE LA REMONTEE DE LA NAPPE
PHREATIQUE DANS LA REGION DE L'OUED-SOUF
W. D'EL-OUED**

PRESENTE PAR :

M^R : CHERFI RACHID

PROMOTEUR :

M^R : OUCIF. M

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

PRESIDENT : M^R RASSOUL ABDELAZIZ

EXAMINATEURS : M^{ME} AZIEZ OUAHIBA

EXAMINATEURS : M^R YAHYAOUI SAMIR

EXAMINATEURS : M^R KERID RACHID

SEPTEMBRE 2015

SOMMAIRE:

	Page
Introduction générale.....	01
Chapitre I : Présentation de la Région d'Etude et Etude hydro climatique.	03
I. Présentation de la Région d'Etude.....	03
I. 1 Situation Géographique de la Région d'El-Oued	03
I. 2 Topographique de la Région d'Etude.....	06
I. 3 Géomorphologie de la région d'Etude.....	08
I. 4 Situation foncière.....	08
I. 5 Développement du secteur d'agriculture dans la région du Souf	09
II. Etude hydro climatique.....	10
Introduction.	10
II. 1 Climatologie.....	10
II. 1.1 Climat de la région.....	10
II. 1.2 La température.....	11
II. 1.3 Le précipitations.....	12
II.1.4 Humidité relative.....	13
II.1.5 L'évaporation.....	13
II. 1.6 L'insolation.....	14
II. 1.7 Les vents.....	14
Conclusion.....	16
Chapitre II : Etude Géologique et Hydrogéologique de la région du Souf.	17
Introduction.....	17
I. Etude Géologique de la Région du Souf.....	18
I.1. Structure géologique général.....	18
I.1.1. Le Secondaire.....	19
I.1.2. Le Tertiaire.....	21
I.1.3. Le Quaternaire.....	22

I.2. Interprétation des coupes.....	22
I.2.1. coupe n° : 01.....	23
I.2.2. coupe n° : 02.....	24
I.2.3. coupe n° : 03.....	25
I.3.Tectonique.....	25
II. Etude Hydrogéologique.....	28
II.1 Cadre hydrogéologique général.....	28
II.2 Présentation des nappes aquifère de la région du Souf.....	29
II.2.1 Nappe du continental intercalaire (C.I).....	30
II.2.2 Nappe du complexe terminal (C.T).....	32
II.2.3 Nappe Phréatique.....	34
Conclusion.....	37
Chapitre III: Présentation de Phénomène et Etude Hydro chimique.	38
Introduction.....	38
I. Historique et Présentation du Phénomène de la remontée des eaux.....	38
I. 1. Avant 1956.....	38
I. 2. De 1956 à 1986.....	39
I. 3. Après 1986.....	39
II. Les principales causes de la remontée des eaux.....	41
II.1 Accroissement des consommations en eau et des rejets d'eaux usées.	41
II.2 Transfert des eaux des nappes profondes vers les nappes phréatiques.....	42
II.3 Eaux météores, infiltration et topographie.....	43
II.4 Etude du suivi des nappes phréatique.....	43
II.5 Pluviométrie exceptionnelle.....	43
II.6 Hypothèse.....	43
III. Détermination du Coefficient de Perméabilité du Sable du Souf.....	45
IV. Etude piézométrique de la nappe phréatique.....	46
IV.1 Carte piézométrique de la nappe phréatique.....	46
IV. 2 Variations des niveaux piézométriques.	51
IV.2.1 entre avril 2002 et avril 2001.....	51
IV.2.2 entre avril 2002 et mars 1993.....	52
V. Etude Hydro chimique.....	54

V.1. Caractéristiques Physico-chimiques des eaux.....	55
V.1.1. Identification des points d'eau.....	55
V.1. 2. Les résultats d'analyse.....	56
V.1. 2.1. Les nitrates.....	56
V.1. 2.2. Les températures.....	57
V.1. 2.3. Le pH.....	58
V.1. 2.4. Conductivité et minéralisation.....	59
V.1. 2.5. les minéraux.....	60
V.1. 2.6. Résidu Sec.....	61
VI. Teneur Admissible.....	61
Interprétation et Discussion des résultats.....	63
Conclusion.....	66
Chapitre IV: Impacte la remontée des eaux sur l'environnement.	67
Introduction.....	67
I. Impacte de la remontée des eaux sur l'agriculture.....	68
I.1. dégâts de la remontée des eaux sur les palmiers.....	68
I.2. dégâts de la remontée des eaux sur les Ghouts.....	69
I.3. Pollution de la nappe.....	71
I.4. La salinité des eaux d'irrigation.....	71
I.5. La salinité du sol.....	71
I.6. L'humidité de sol.....	73
I.7. Le Main d'œuvre dans le domaine agricole.....	75
II. Impacte de la remontée des eaux sur la santé publique.....	81
II. 1. Situation épidémiologique.....	81
II. 2. La pollution microbiologique.....	83
II. 3. Causes d'apparition des maladies à transmission hydrique.....	85
II. 4. Conduites à tenir.....	85
II. 5. Évaluation du coût des MTH.....	86
II. 5. 1. Coût économique.....	86
II.5.2. Coût social.....	86
II.5.3. Autres dépenses.....	86
III. Impacte de la remontée des eaux sur le tourisme.....	87

VI – Impacte de la remontée des eaux sur la vie socio-économique	88
Conclusion	91
Chapitre V : solutions proposées.....	92
Introduction.....	92
I- Solutions proposées en assainissement	93
II - Solutions proposées pour l'épuration.....	94
II.1 Le choix de la filière d'épuration.....	94
II.2 Principales caractéristiques	94
II.2.1 STEP1.....	94
II.2.2 STEP2.....	94
II.2.3 STEP3.....	95
II.2.4 STEP4.....	95
II.3 Dispositions constructives (étanchéité).....	95
II.4 Exploitation.....	96
II.5 Rappel des objectifs de l'épuration.....	96
III. Solutions proposées par le système de drainage	96
III.1 Problématique	96
III.2 Analyse multicritères du système de drainage horizontal/vertical	97
III.3 Choix du système de drainage	99
III.4 Solutions proposées par le système de drainage vertical.....	99
III.5 Description des forages.....	100
IV Création de ceinture d'évaporation (solution biologique).....	101
V Remblaiement des Ghouts	105
VI Calcul hydraulique	107
VII Devis estimatif et quantitatif	140
Conclusion Générale	147
Référence	

Liste des tableaux

Numéro de Tableau.	Chapitre I : Présentation de la Région d'Etude et Etude hydro climatique (Titre de Tableau).	Page
Tableau (I-1)	Données météorologiques de la région de Souf (2000-2006).	11
	Chapitre III : Présentation de Phénomène et Etude Hydro chimique.	
Tableau (III-1)	Les perméabilités de la nappe phréatique.	45
Tableau (III- 2)	Niveau de montée de la nappe phréatique dans différente Commune Entre avril 2002 et avril 2001.	52
Tableau (III- 3)	Niveau de montée de la nappe phréatique entre avril 2002 et mars 1993.	52
Tableau (III-4)	Situation différences des points d'eau.	55
Tableau (III-5)	Taux de Nitrate des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 93, 95, 97, 98, 2000, 01, 02 et 2006.	56
Tableau (III-6)	La Température des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 99, 2001, 02 et 2006.	57
Tableau (III-7)	Le pH des eaux de la nappe phréatique du Souf des années 99, 2001, 02 et 2006.	58
Tableau (III-8)	La conductivité des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 99, 2001, 02 et 2006.	59
Tableau (III-9)	La concentration de quelques éléments analysés (mg/l) de la nappe phréatique de Souf de l'année 2006.	60
Tableau (III-10)	Taux de Résidu sec des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 93, 95, 97, 99, 2001et 2006.	61
Tableau (III-11)	Les Normes Applicables Aux Eaux Destinées à L'Alimentation Humaine, selon (O.M.S).	62
Tableau (III-12)	Les substances chimiques influentes sur la potabilité de l'eau (O.M.S) (Normes Algériennes).	62

Numéro de Tableau.	Chapitre IV : Etude d'impacte sur l'environnement (Titre de Tableau).	Page
Tableau (IV- 1)	Récapitulatif des dégâts de la remontée des eaux (palmiers affectés).	68
Tableau (IV- 2)	Récapitulatif des dégâts de la remontée des eaux (ghouts affectés).	70
Tableau (IV- 3)	Récapitulatif des S.A.U endommagées par la remonté.	74
Tableau (IV- 4)	Récapitulatif démontrant le pourcentage de la main d'œuvre dans le domaine agricole.	76
Tableau (IV-5)	Répartition des cas des maladies à transmission hydrique par communes.	81
Tableau (IV-6)	Analyses bactériologiques effectuées sur échantillons d'eau de boisson.	84
	Chapitre V : Solutions proposées.	
Tableau (V-1)	Problèmes et Solutions proposées de la remontée.	92
Tableau (V-2)	Consistance des travaux par centre d'agglomérations.	93
Tableau (V-3)	Plants servant à fixer le sable et s'adaptant aux exigences climatiques et du sol de la zone du Souf (George Toutin, 1977)	102
Tableau (V-4)	Espèces possibles d'eucalyptus à introduire (<i>Boudy P., 1950</i>).	103
	Chapitre VI calcul hydraulique	
Tableau VI-1	Tableau de dimensionnement du réseau de drainage	109
Tableau VI-2	Tableau de dimensionnement de pompe immergée	122
Tableau VI-3	Résultats de simulation EPANET	125
Tableau VI-4	Tableau de calcul de la conduite de refoulement	134
Tableau VI-5	Calcul du cout d'investissement	136
Tableau VI-6	Comparaison entre les NS	138

Liste des Figures:

Numéro de Figure.	Chapitre I : Présentation de la Région d'Etude et Etude hydro climatique (Titre de Figure).	Page
Figure (I-1)	Situation géographique de la région d'El Oued Souf.	04
Figure (I-2)	Les frontières de la région du Souf.	05
Figure (I-3)	Répartition administratif des communes de la vallée d'oued Souf.	06
Figure (I-4)	carte topographique de la zone d'etude.	07
Figure (I-5)	Moyennes mensuelles des températures moyennes en (°C) (2000-2006).	12
Figure (I-6)	Moyennes mensuelles des pluies en (mm) (2000-2006).	12
Figure (I-7)	Moyennes mensuelles d'Humidité relative en (mm) (2000-2006).	13
Figure (I-8)	Moyennes mensuelles d'évaporation en (mm) (2000-2006).	13
Figure (I-9)	Moyennes mensuelles de l'Insolation (h) (2000-2006).	14
Figure (I-10)	Moyennes mensuelles des vitesses des vents (m/s) (2000-2006).	15
	Chapitre II : Etude Géologique et Hydrogéologique de la Région du Souf.	
Figure (II-1)	Cadre Géologique Régional.	18
Figure (II-2)	COUPE Géologique N° 1.	23
Figure (II-3)	COUPE Géologique N° 2.	24
Figure (II-4)	COUPE Géologique N° 3.	25
Figure (II-5)	carte géologique avec le sens d'écoulement des nappes de CT et CI dans le Sahara septentrional.	26
Figure (II-6)	Forage l'Albien.	27
Figure (II-7)	Coupe Hydrogéologique du Souf.	29
Figure (II-8)	Coupe Hydrogéologique d'EL HAMRAIA ELOUED.	30
Figure (II-9)	carte piézométrique de la nappe du Continental Intercalaire (1960)	31
Figure (II-10)	carte piézométrique de la nappe du Complexe Terminal (1960).	33
Figure (II-11)	Coupes hydrogéologiques de la nappe phréatique dans le Souf.	34
Figure (II-12)	Coupes hydrogéologiques de la nappe phréatique dans le Souf.	35
Figure (II-13)	Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara septentrionale.	36

Liste des schémas :

Numéro de Schéma.	Chapitre II : Etude Géologique et Hydrogéologique de la Région du Souf (Titre de schéma).	Page
Schéma (II-1)	Synoptique des déférents aquifères.	19
	Chapitre III : Présentation de Phénomène et Etude Hydro chimique (Titre de schéma).	
Schéma (III-1)	. Schéma montrant l'Infiltration des eaux usée vers les forages d'eau alimentant les agglomérations.	42
Schéma (III-2)	Schéma Explicatif des processus de nitrification.	65
	Chapitre V : Solutions proposées (Titre de schéma).	
Schéma (V-1)	hydraulique de l'évacuation.	112

Liste des Photos:

Numéro de Photo.	Chapitre IV : Impacte la remontée des eaux sur l'environnement (Titre de Photo).	Page
Photo (I-1)	Forme de l'agriculture nouvelle le mini-pivot de fabrication artisanale	09
Photo (IV-1)	La salinité de sol en Echott.	72
Photo (IV-2)	La salinité de sol en Sidi Mastour.	72
Photo (IV-3)	L'humidité de sol en Echott.	73
Photo (IV-4)	L'humidité de sol en Sidi Mastour.	73
Photo (IV-5)	Photo d'un Ghoot avant la remontée des eaux.	78
Photo (IV-6)	Photo d'un Ghoot au début de la remontée des eaux.	79
Photo (IV-7)	Photo d'un Ghout complètement inondé.	80
Photo (IV-8)	des maisons ruinées en Sidi Mastour.	89
Photo (IV-9)	des maisons ruinées en Sidi Mastour.	89
Photo (IV-10)	décharge sauvage en Echott.	90

Numéro de Figure.	Chapitre III : Présentation de Phénomène et Etude Hydro chimique (Titre de Figure).	Page
Figure (III-1)	La nappe phréatique Avant 1956.	38
Figure (III-2)	La nappe phréatique Entre 1956 à 1986.	39
Figure (III-3)	La nappe phréatique Après 1986.	40
Figure (III-4)	Schéma récapitulatif des différents apports d'eau à la nappe phréatique du Souf.	44
Figure (III-5)	carte des perméabilités de l'aquifère Quaternaire dans le Souf.	46
Figure (III-6)	Carte piézométrique en avril 2002.	47
Figure (III-7)	Situation des profils de la nappe phréatique.	48
Figure (III-8)	Profil nord-sud de la nappe phréatique dans l'axe Foulia – El Oued – Oglâ.	49
Figure (III-9)	Profil est-ouest de la nappe phréatique passant pas Magrane.	49
Figure (III-10)	Profil est-ouest de la nappe phréatique par Taghzout.	50
Figure (III-11)	Profil est-ouest de la nappe phréatique par El Oued.	50
Figure (III-12)	Profil est-ouest de la nappe phréatique par Oglâ.	50
Figure (III-13)	Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et avril 2001.	51
Figure (III-14)	Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et mars 1993.	53
	Chapitre IV : Etude d'impacte sur l'environnement.	
Figure (IV-1)	Pourcentage de palmiers affectés par commune.	69
Figure (IV-2)	Pourcentage de Ghouts inondés, humides et secs.	71
Figure (IV-3)	Pourcentage des surfaces agricoles utiles (S.A.U) endommagées par commune.	75
Figure (IV-4)	Pourcentage de la main d'œuvre dans le domaine agricole par commune.	77
Figure (IV-5)	Situation des maladies Typhoïde en 2005,2006 et 2007.	82
Figure (IV-6)	Le mode de transmission des maladies.	83
Figure (IV-7)	Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de boisson en 2005 ,2006 et 2007.	84
	Chapitre V : Solutions proposées.	
Figure (V-1)	Courbe distance / rabattement.	100



Remerciements

EN CETTE FIN D'ETUDES ET DE FORMATIONS, JE TIENS SINCEREMENT, A REMERCIER VIVEMENT ET AU MEME TITRE.

LES ENCADREURS, PROFESSEURS ET ADMINISTRATION DE L'E.N.S.H, QUI SE SONT TELLEMENT DEVOUES, POUR NOUS INSTRUIRE ET NOUS FORMER.

NOS PARENTS, QUI N'ONT PAS CESSE DE MENER A BIEN LEUR MISSION EDUCATIVE.

L'ETAT DE NOTRE CHERE PATRIE L'ALGERIE, QUI A MIS A NOTRE DISPOSITION TANT DE MOYENS HUMAINS ET MATERIELS.

MES CAMARADES DE CLASSE, AVEC QUI J'AI PARTAGE AUTANT DE MOMENTS INSTRUCTIFS DE PARTAGE ET D'AMITIEE





DEDICACE

*IL M'EST AGREABLE DE DEDIER CE TRAVAIL EN GUISE DE
RECONNAISSANCE*

A MES PARENTS QUI SE SONT BEAUCOUP SACRIFIES.

*A MES FRERES MOHAMED ALI ET ABDELKRIM QUI M'ONT
ENCOURAGE.*

*A CHERFI RACHIDA NEE BENBELKHEIR QUI M'A SOUTENU TOUT
AU LONG DE MON PARCOURS*

*A MA GRAND-MERE CHERFI CHERIFA NEE BOUCHEK QUI MALGRE
SON AGE NE CESSAIT PAS DE ME PRODIGUER DES CONSEILS*

*A MES ONCLES ET MES TANTES QUI M'ONT GUIDE DANS LE CHEMIN
DU SAVOIR*

A MES AMIS ADEL, BOUALEM, HAMZA, SOFIANE.



Plan de réseau de drainage

Profile en longs du collecteur

Coupe type du forage

Plan de déménagement de la station de pompage

INTRODUCTION GENERALE

Nous proposons dans le cadre de notre projet de fin d'étude de montrer les Impacts négatifs de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région du SOUF. Dans ce sujet cinq axes ont été abordés.

- ✓ Présentation générale de notre région d'étude-région du SOUF.
- ✓ Etude géologique et hydrologique de la région du SOUF.
- ✓ Présentation du phénomène de la remontée des eaux : que s'est-il passé au juste pour que cette zone caractérisée par des dunes de sable, subisse l'invasion des eaux ?
- ✓ Impacts de la remontée des eaux sur l'environnement.
- ✓ Solutions proposées.

La nappe phréatique du SOUF dont la profondeur a beaucoup varié avec le temps, se trouve dans cet ensemble sableux. Selon les travaux de DERIVEUX(1956), le niveau piézométrique de la nappe aurait baissé de 50 à 150 cm vers les années 1953-1956. Les premières apparitions du phénomène inverse remontent à 1969. Cependant durant les 15 dernières années, la remontée du niveau piézométrique de la nappe phréatique a été d'abord observé au niveau de certains GHOUTS, puis progressivement, il n'a cessé de s'accroître pour s'étendre à toute la région du SOUF.

Le phénomène a pris des dimensions très alarmantes à partir de l'année 1991. En effet, de véritables mares d'eau se sont formées au niveau de plusieurs GHOUTS et des milliers de palmiers ont ainsi disparu. Au niveau d'EL-OUED ville, le niveau d'eau a dépassé la surface du sol et une bonne partie des constructions se trouve menacée.

En plus une remontée du niveau piézométrique de la nappe phréatique, une détérioration très sérieuse de la qualité chimique et bactériologique des eaux en l'absence d'un réseau d'assainissement adéquat, pose de sérieux problèmes aux pouvoirs publics et particulièrement aux gestionnaires des ressources en eau de la région. Les causes qui ont entraîné cette remontée de la nappe phréatique dans le SOUF ont été abordées.

En ce qui concerne, notre tâche primordiale est d'entreprendre une étude géologique et hydrogéologique de toute la région du SOUF accompagnée d'une étude du comportement de cette nappe en fonction de l'exploitation des autres nappes sous-jacentes complexe terminal et continental intercalaires (CT et CI)

Les données de bases de notre travail ont été collectées auprès des organismes et nous ont permis d'entreprendre une interprétation hydrogéologique appliqué à toute la région du SOUF. Ensuite un historique sur le problème de la remontée des eaux ses causes et ses conséquences. On a ciblé les principaux impacts de la remontée des eaux sur l'environnement, le tourisme, la santé, et l'agriculture. Des solutions ont été proposées afin de réduire de façon provisoire les impacts qui ont causé ce phénomène.

CHAPITRE 1

P R E S E N T A T I O N

DE

LA REGION D'ETUDE

I. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

Région du Souf El-oued

I. Présentation de la région d'étude :

I.1. Situation géographique de la région d'El oued

Le « SOUF » vient du nom berbère désignant rivière ou oued. La région d'El oued ou du Souf occupe une superficie de 44586 Km² avec une population de 652210 habitants donnant ainsi une densité de 15hab/Km. La zone concernée par l'étude s'étend sur 18communes. Soit une superficie d'environ 350000 hectares ou (14518.33 Km²) (O.N.S 2006)

Géographiquement, la région d'El oued fait partie du Sahara septentrional, elle est couverte par d'innombrables dunes. La région d'El oued est limitée

- ✓ Au Nord : La zone des chotts (melghir et Meroune)
- ✓ Au Sud : L'extension de L'Erg Oriental
- ✓ A l'Est : La frontière Tunisienne
- ✓ A l'Ouest : La vallée de l'Oued Rhir

La vallée du Souf est située au Sud-Est de L'Algérie et plus précisément au Nord du grand ERG oriental, elle est situé à l'Est par la Tunisie et à l'Ouest par Oued Rhir , autrement dit elle est limitée au Nord par la Wilaya de Biskra et la wilaya de Tébessa et la wilaya de khanchela , au sud et à l'Ouest par la wilaya de Ouargla et à l'Est par la république Tunisienne (Figure 1,2 et 3) .

Actuellement, les 18 communes du SOUF confrontées par le problème de la remontée des eaux comptent 45876 habitants soit une densité de 31 habitants/km² (figure3).(O.N.S 2006).

Cette population est répartie a travers 18 communes qui sont

Bayadha, Robbah, el oued , Kouinine, Guemmar , Taghzout, Hassani , Abdelkrim , Debila , Sidi Aoun , Megrane , Hassi Khelifa , REguiba, Mihouensa, Oued Alenda ,Ogla, Nakhla ,Oumes et Trifaoui



Figure (I-1) : situation géographique de la région d'El-Oued (Encarta ,2005)

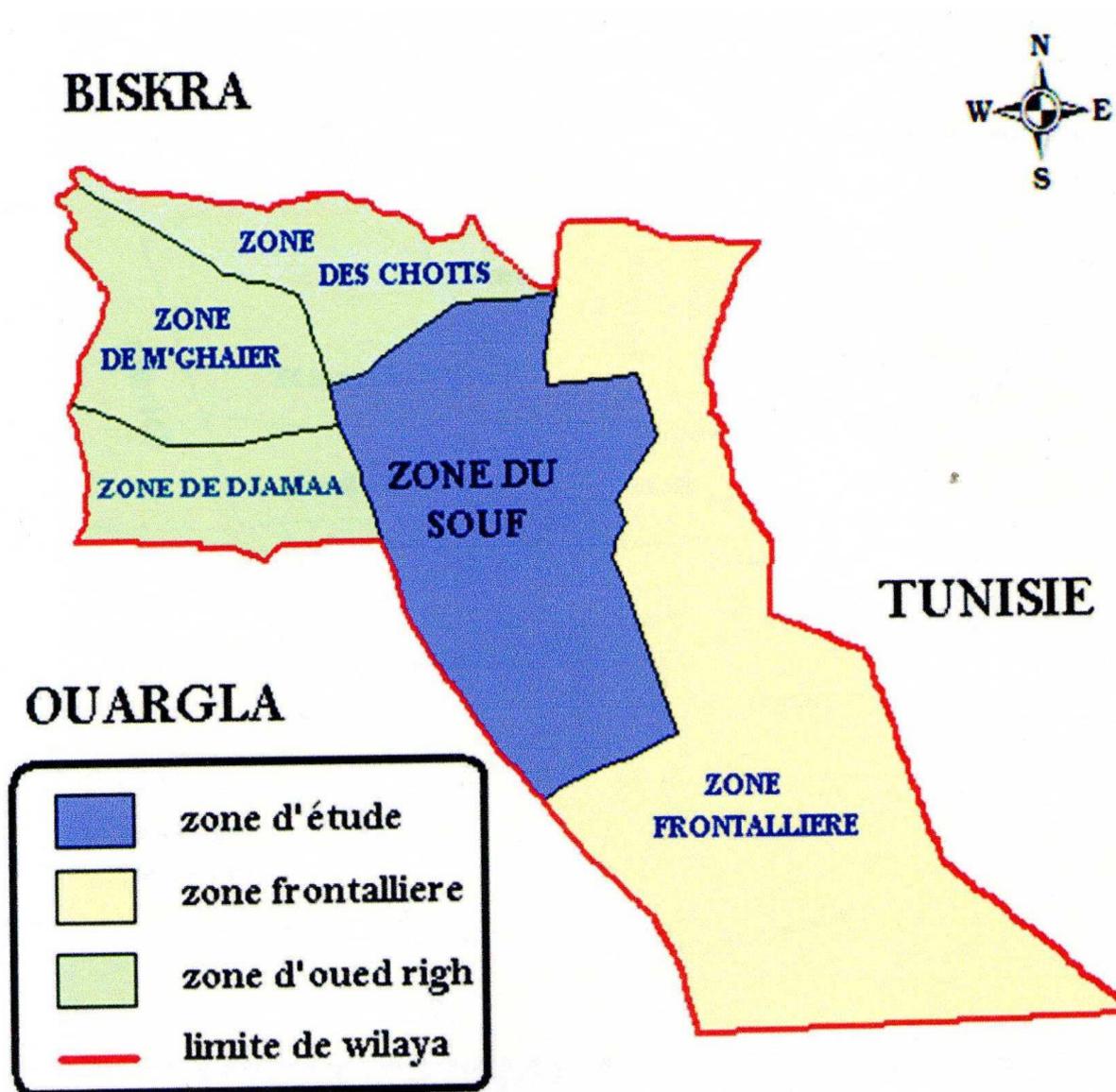


Figure (I-2) : les frontières de la région du Souf (source A.N.R.H 2005)

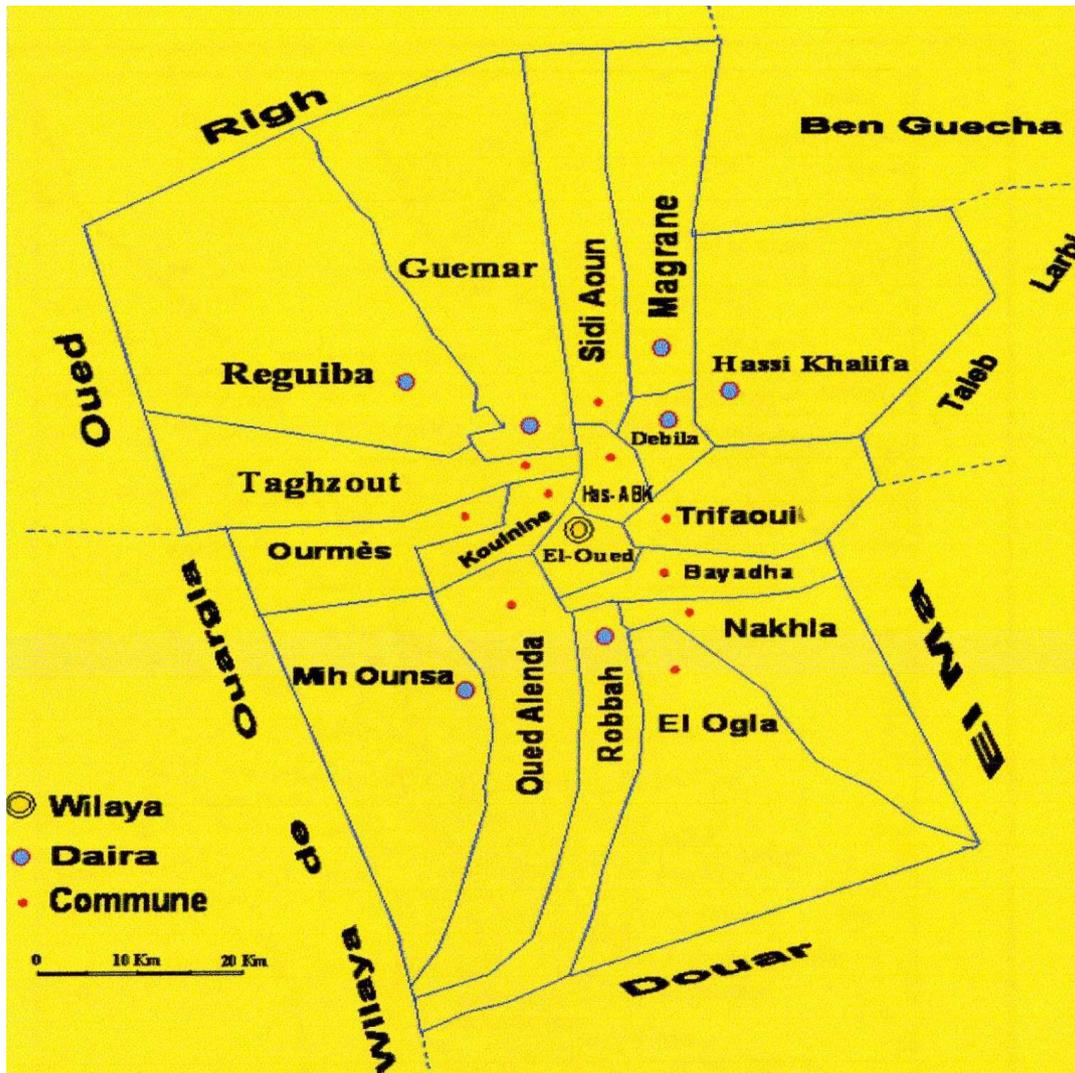


Figure (I-3) : Répartition administratif des 18 communes de la vallée du Souf .

1.2. Topographie de la Région d'Etude :

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

Le relief est très accidenté et couvert de chaines de dunes surtout la partie sud-ouest , atteignant 100 m de hauteur , et reposant sur une formation quaternaire de plusieurs dizaines de mètres de sable fin éolien , compact , homogène et uniforme avec l'existence d'un nombre important de caractères creusés par l'homme (ghouts) et des acquîtes (vides entre les dunes (houds)

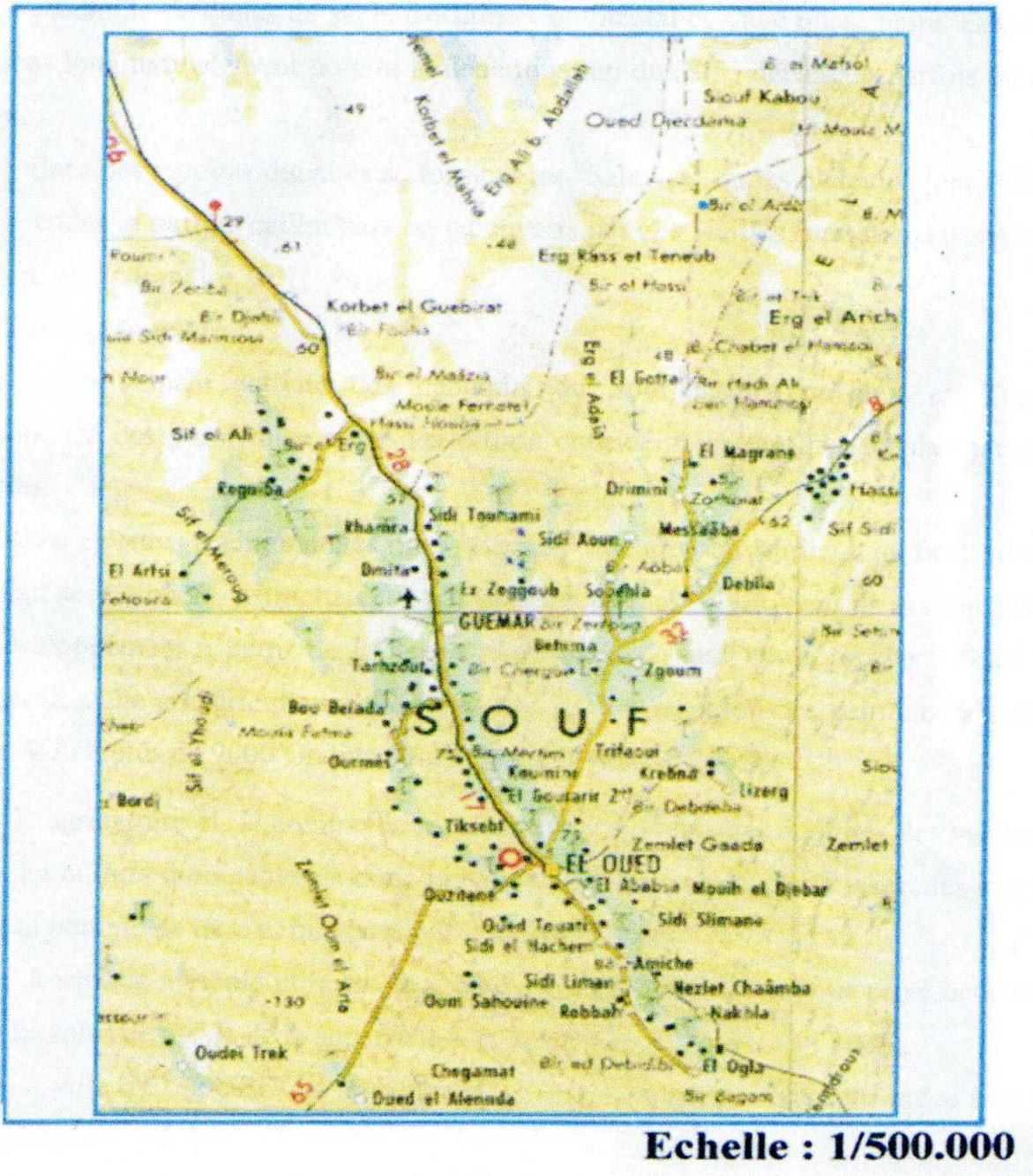


Figure (I-4) : Carte topographique de la zone d'étude.

I.3. Géomorphologie de la région d'Etude :

La région du SOUF se trouve dans la partie du grand Erg Oriental, qui se caractérise par un ensemble des dunes de sable d'origine continentale et d'âge quaternaire. Ces dunes sont déposées longitudinalement portant la dénomination du (SIF) d dépassant parfois 60 mètres de hauteur.

Entre les cordons dunaires se forment les « Sahanes » ou les plateaux déprimés, souvent assez étendus et parfois caillouteux ou recouverts par des vieilles formations d'encroutements gypseux du quaternaire.

I.4. Situation foncière :

La principale activité des habitants du Souf jusqu'à ce jour est l'agriculture. L'agriculture des palmerais a vu des efforts considérables tant sur le plan physique que financier.

Les cuvettes traditionnelles dites « ghouts » que creusait l'agriculteur et dans lesquelles il plantait ses palmiers, permettaient à ces derniers de puiser l'eau dont ils avaient besoin pour leur développement à partir de la nappe phréatique qui était toute proche. Cette méthode facilitait la tâche à l'agriculteur, elle lui évitait donc l'irrigation des palmiers. On dénombre dans le Souf plus de 9000 ghouts (D.S.A d'EL-OUED 2005)

L'agriculture et le commerce représentent les principales activités des habitants de la région .La culture dominante est donc le palmier dattier vient après le tabac, les arachides en derniers la pomme de terre et quelques cultures maraichères.

La surface agricole utile est de l'ordre de 19000 ha .Le secteur privé détient plus de 16000 ha (plus de 84% de la superficie totale) (D.S.A d'OUED, 2005).

La ville d'EL OUED est un centre d'échange commercial très actif grâce à sa position géographique.

En ce qui concerne les activités artisanales, la région du SOUF a toujours été un centre artisanal, connu particulièrement dans la confection des outils de travail destinés a l'agriculture ainsi que pour ses tapis tissés

I.5. Développement du secteur d'agriculture dans la région du SOUF :

Dans cette période, le secteur d'agriculture dans la région du Souf présente une modification dans sa typologie d'agriculture à cause de l'apparition d'un intrus dans le paysage Soufi qu'est le mini pivot.

L'Algérie a fait l'expérience des grands rampes-pivots imitées du système californien, Initiées sur son sol (à Ouargla, Adrar ...) par des entreprises américaines, et irrigant d'un coup 30 à 50ha .Technique donnée lieu dans le Sahara algérien à bien des avatars(Mostefaoui

Les soufis ont vu l'intérêt de reprendre cette technique à leur mode et leur échelle .ils se sont essayés d'abord à bricoler de très petits engins , irrigant 1/4 , 1/3 ou 1/2ha , et fabriquer sur place à partir des tubes , de câbles d'acier , de roulement de voiture, d'engrenage de récupération ,seuls les asperseurs étaient spécifiques. Ces pivots, comportant un bras articulé double dans leurs deux extrémités coudées, et tournent sous la seule pression de l'eau d'arrosage envoyée par la motopompe

Puis les exploitants sont passés à des pivots plus grands, comportant un bras unique, Reposent en son milieu sur une roue au sol, et qui doivent être mus par un petit moteur électrique. Ils permettent d'irriguer 1 à 2ha

Tous ces engins sont fabriqués sur place, par des artisans du Souf, mécaniciens ou ferronniers .certains s'enhardissent à faire construire des pivots qui a la capacité d'irriguer 4 ha, et d'après l'enquête qu'on a fait le pivot de grand périmètre privé de Dahouia irrigue 20 ha c'est le plus grand dans la région de OUED SOUF



Photo (I-1). Forme de l'agriculture nouvelle le mini-pivot de fabrication artisanale

II. Etude hydro climatique :

Introduction :

La connaissance des caractéristiques hydro-climatique est nécessaire pour toute étude hydrogéologique car elles influent sur les apports souterrains (infiltrations, donc sur l'hydrodynamique de ces derniers).

En effet, elle permet d'une part d'évaluer l'alimentation des nappes souterraines (recharge) et d'autre part d'avoir une idée sur la variation climatique caractérisant la région d'étude.

II.1 Climatologie :

II.1.1 Climat de la région

La région d'étude a un climat de type saharien, caractérisé par un été chaud et sec dont la température peut atteindre 54°C et un hiver doux jusqu'à 3°C.

Les principales contraintes climatiques restent la fréquence régulière des vents et leur violence, connus sous le nom de « chehili » ou sirocco ainsi que les vents de sable durant le printemps.

Les données relatives aux différents paramètres climatiques (pluie, précipitations, température, humidité et évaporation...etc.) ont été recueillies auprès de l'office national de la météorologie (**O.N.M**), enregistrées par la station climatologique de l'aérodrome de GUEMMAR EL-OUED.

Pour une caractérisation du climat de la région de SOUF nous avons utilisé les données de la station météorologique de GEMMAR à EL-OUED en se rapportant une période de sept ans (2000-2006).

Le tableau suivant montre les résultats moyens de mesure de la température, humidité, précipitation, insolation, évaporation et vitesse de vent.

Tableau (1-1) : données météorologiques de la région de SOUF (2000-2006).

parameter Mois	Humidité H. (%)	Température T. (°C.)	Précipitation P. (mm)	Insolation I. (h)	Vitesse de vent V. (m/s)	Evaporation E. (mm)
Janvier	63,57	10,4	24,14	240,85	3,04	73,71
Février	54,28	12,78	2,4	247	2,68	94,42
Mars	45,85	18,34	4,32	270,42	4,08	153
Avril	44	21,44	11,1	285,71	4,05	200,28
Mai	37	25,98	2,21	303,71	4,37	241,71
Juin	33,42	30,97	1,56	350,14	3,74	258,42
Juillet	51,28	34,54	0,3	340,57	3,81	315
Août	35,57	33,5	9	316,57	3,22	257,42
Septembre	47	27,95	9,46	281,71	3,3	186
Octobre	51,57	23,75	10,08	242,28	2,33	155,42
Novembre	60,28	16,67	11,05	219,57	2,12	109,28
Décembre	68,14	11,85	12,75	198,85	2,55	100,85
Moyenne annuelle	49,33	22,34	8.19	274,78	3,27	178,79

Source: (O.N.M., 2007).

II.1.2- La température :

La région du Souf est caractérisée par une température moyenne annuelle qui oscille entre 22,34°C. Les mois les plus froids sont janvier et décembre avec 10,40 et 11,85°C. Les températures les plus élevées varient entre 34,54 et 33,5°C, et correspondent aux mois de juillet et août.

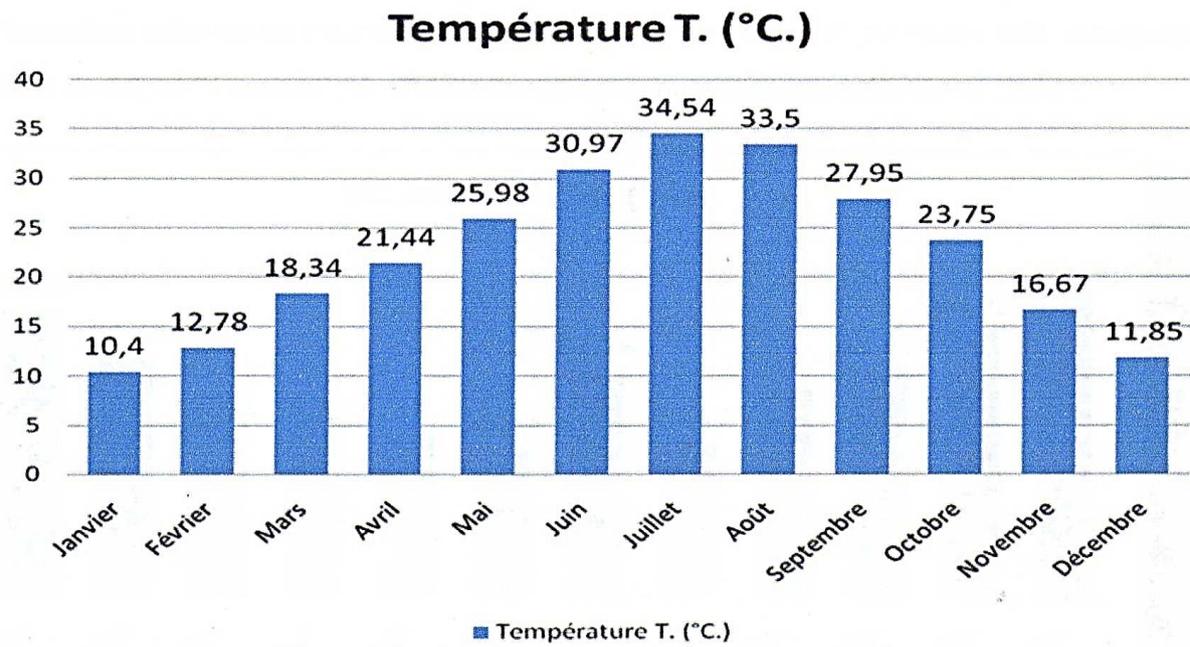


Figure (I-5) : Moyennes mensuelles des températures moyennes en (°C) (2000-2006).

II.1.3 – Les précipitations :

Les précipitations sont très rare et irrégulière (irrégularité mensuelle et annuelle), leur apparition est marquée par une sécheresse quasi absolue du mois de Mai jusqu'au mois d'Août, et un maximum au mois de janvier avec 24,14 mm

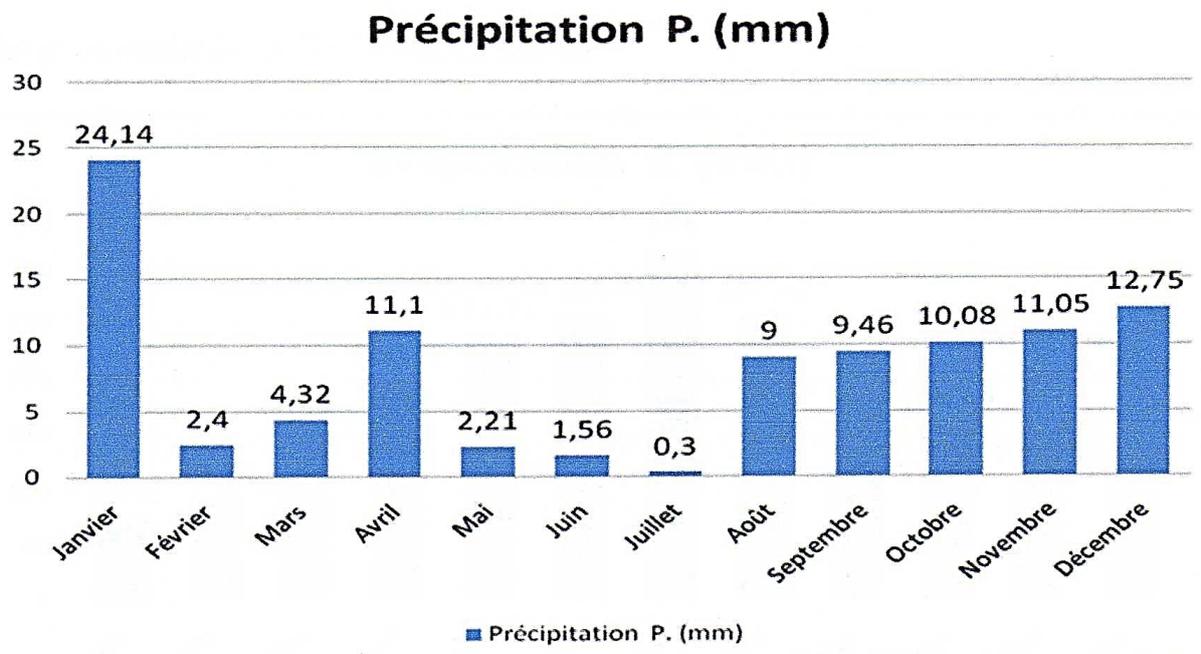


Figure (1-6) : Moyennes mensuelles des précipitations des pluies en (mm) (2000-2006)

II.1.4 –Humidité relative :

L'humidité relative de l'air est faible, elle est de l'ordre de 33,42% en juin, atteignant un maximum de 68,14%en mois de décembre et une moyenne annuelle de 49,33%.

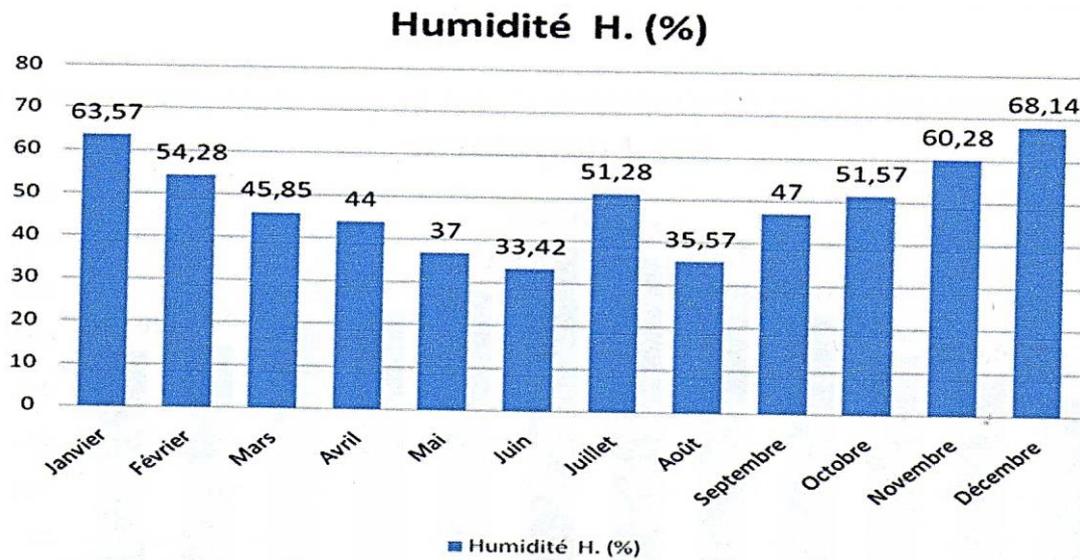


Figure (1-7) : moyennes mensuelles d'humidité relative en (mm) (2000-2006).

II.1.5 – L'évaporation :

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds, elle est de l'ordre de 2145,51 mm/an avec un maximum mensuel de 315 mm au mois de juillet et un minimum de 73,71 mm en janvier.

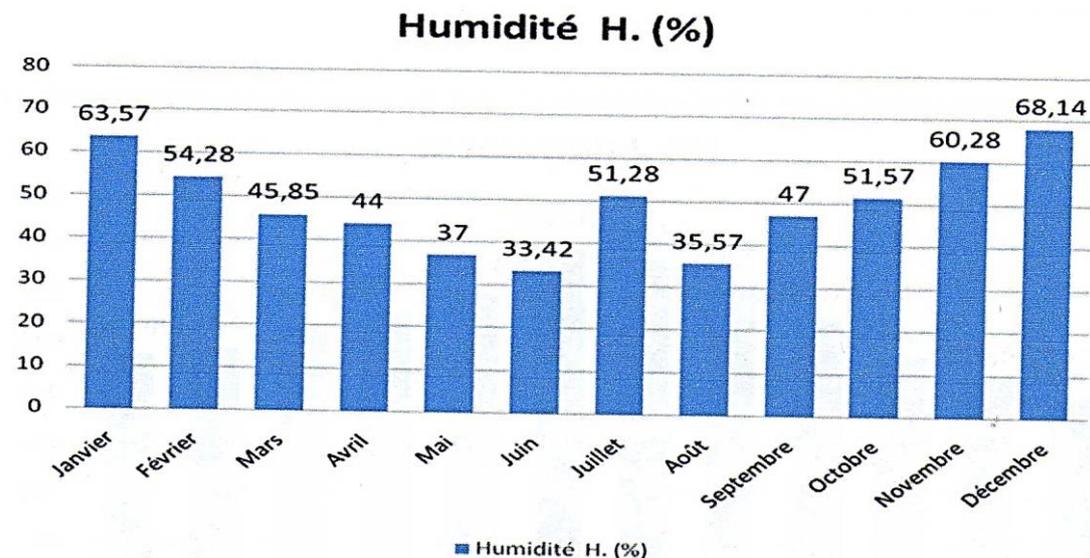


Figure (1-8) : moyennes mensuelles d'évaporation en (mm) (2000-2006).

II.1.6 - L'insolation :

L'ensoleillement est considérable à SOUF avec 274,78 h/mois avec un maximum 350,14 heure en juin et un minimum de 198,85heures en décembre, la durée d'insolation moyenne annuelle entre (2000-2006) est de 3297,36h/an, soit environ 9,03h/jour.

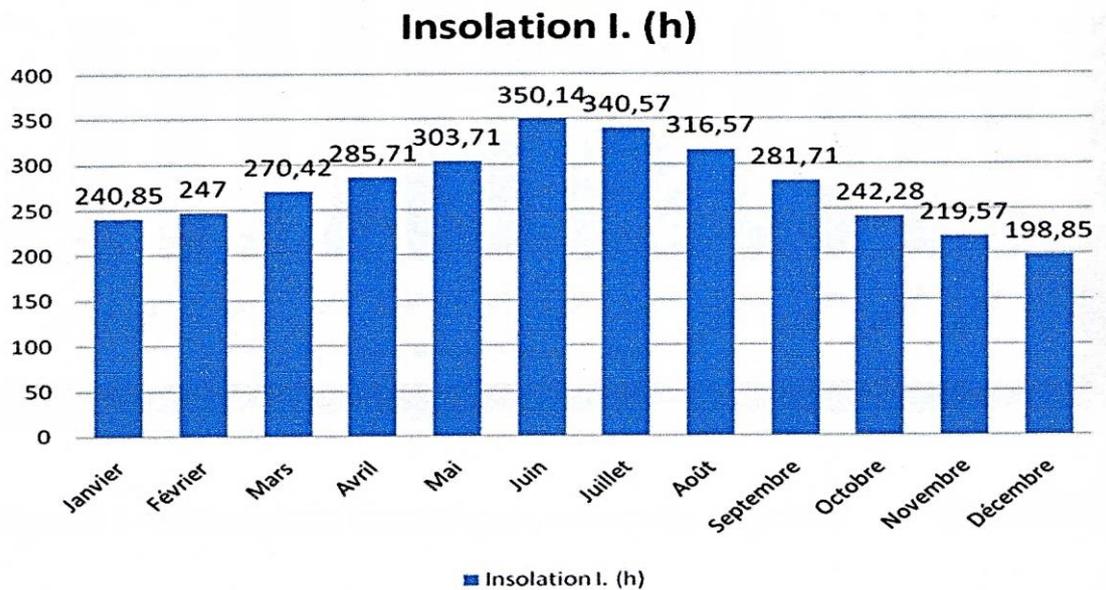


Figure (1.9) : moyennes mensuelles de l'insolation (h) (2000-2006)

II.1.7- Les vents :

La direction des vents dans la région d'EL-OUED est Est, nord-Est prédominant, puis à un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-Ouest, caractérisé par des températures très élevées (sirocco).

Généralement au printemps des vents sont les plus forts (période de pollinisations des palmiers). Ils sont chargés des sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu'à 3 jours consécutifs, avec une vitesse allant de 40 à 50 km/h.

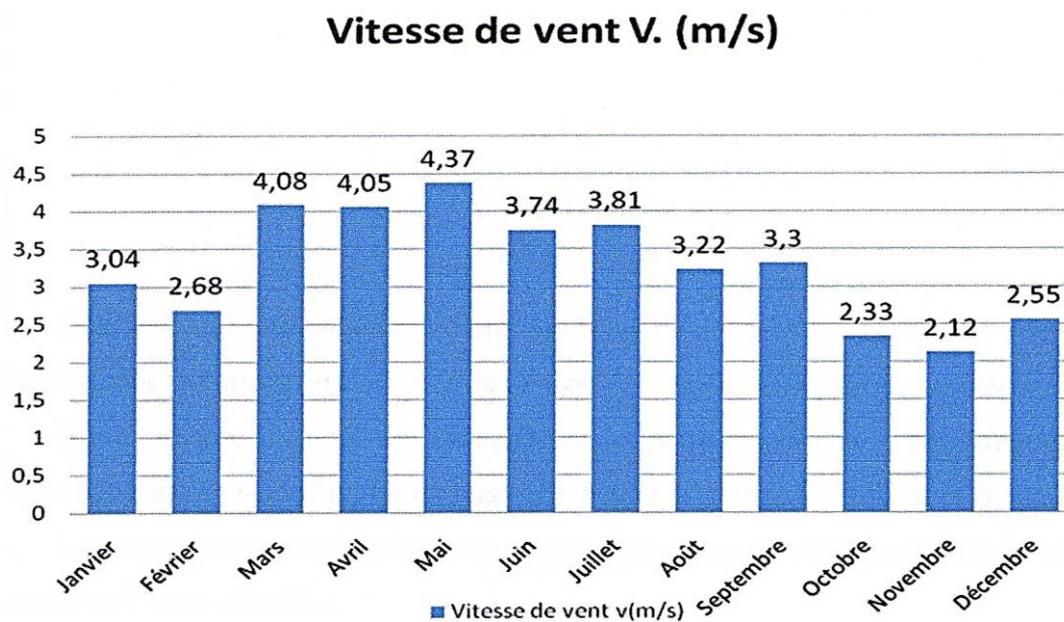


Figure (I-10) : Moyennes mensuelles des vitesses des vents (m/s) (2000-2006)

Conclusion

L'étude hydro-climatique représente les bases de données indispensables pour un bilan hydrique, lequel est indispensable pour la gestion des ressources hydriques souterraines.

Notre région d'étude est caractérisée principalement par une irrégularité des précipitations, ainsi qu'une humidité remarquable qui caractérise l'automne et l'hiver.

Les vents sont généralement doux, mais au printemps ils deviennent violent et donnent naissance aux vents de sables.

Le vent est le paramètre le plus régulier dans la zone d'étude. Généralement le taux d'évaporation est important, elle reprend pratiquement toute l'eau précipitée.

Les infiltrations sont estimées à 40% des valeurs des précipitations et le ruissellement est quasiment nul **(D.H.W.d'EL-OUED ,2005)**.

CHAPITRE II

ETUDE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

DE LA REGION D'ETUDE

Introduction

Nous nous proposons dans le cadre de notre étude de définir le comportement de la nappe phréatique, pour cela nous étudierons plus précisément les formations allant du crétacé inférieur et jusqu'au quaternaire en passant par le miopliocène (figureII-1)

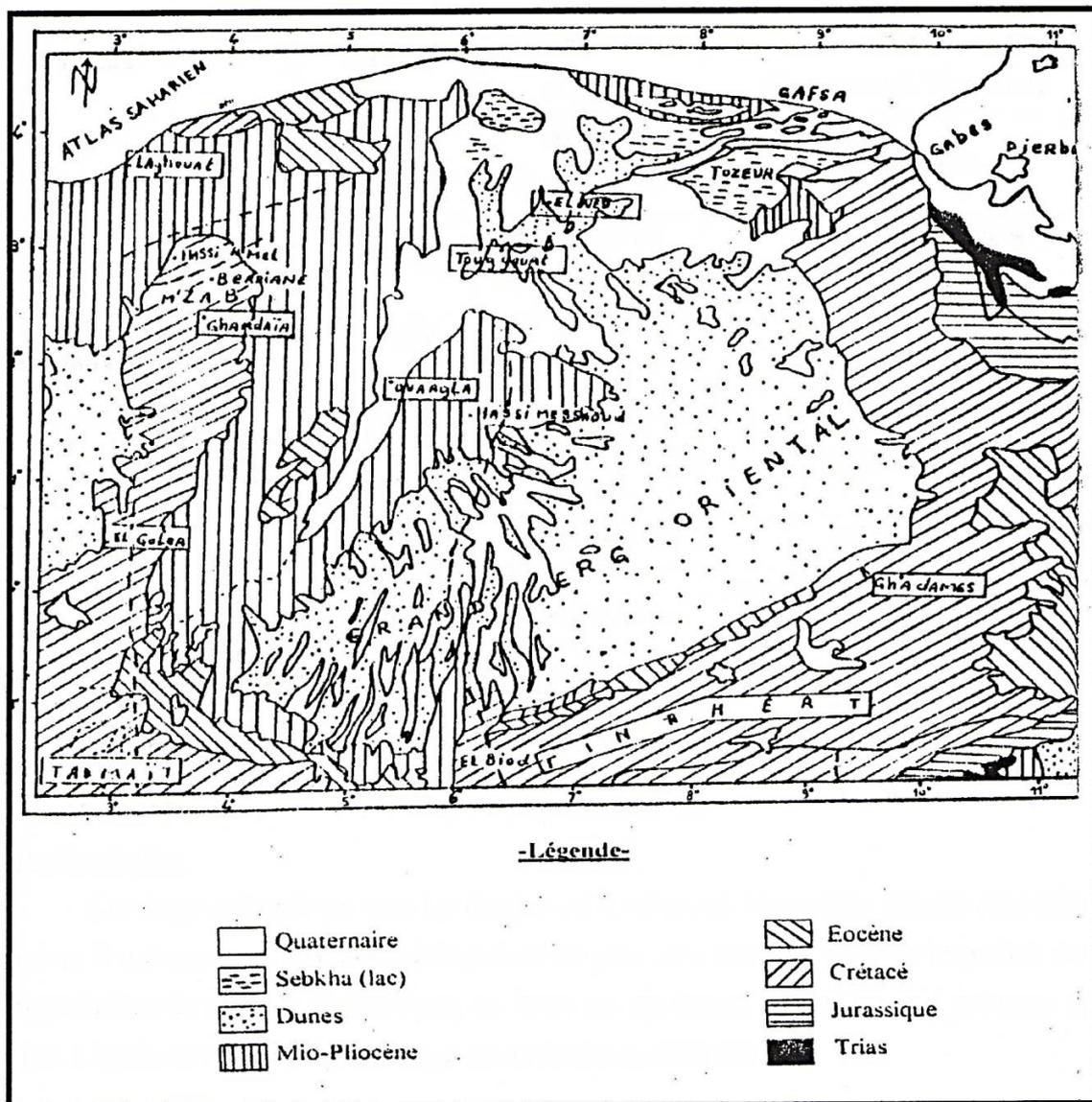
Sur l'ensemble de la région d'EL-OUED, seules les formations miopliocènes sont visibles. Dans la plupart des endroits ces dernières sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts quaternaires présentés sous forme de dunes donnant la naissance à un immense Erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental.

D'après (CORNET1964, BEL 1968), les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à une autre).

I-Etude géologique de la région du souf

I-1.Stucture géologique général :

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



Echelle : 1/5000000

Figure (II-1) : Carte Géologique Régional.

ERE	ETAGE	LITHOLOGIE	NATURE HYDROGEOLOGIQUE	
Quaternaire		Sables.	Nappe superficielle.	
		Argiles, éaporites.	Substratum (imperméable).	
Tertiaire	Mio-pliocène	Sables.	1 ^{ère} nappe des sables (Continental Terminal).	
		Argiles gypseuses	(Semi perméable).	
	Pontien	Sables, graviers et grès.	2 ^{ème} nappe des sables (Continental Terminal).	
	Eocène	Moyen	Argiles Lagunaires	Substratum
		Inférieur	Dolomies et calcaires.	Nappe des calcaires (Continental Terminal).
Secondaire	Crétacé	Sénonien calcaire		
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum.
		Cénomanién	Argile, marnes	Substratum.
		Albien.	Sables et grès.	Nappe Albienne (Continental Intercalaire)

Schéma (II-1): Synoptique des différents aquifères (A.N.R.H., 1993)

I.1.1 Le secondaire :

a. Crétacé inférieur

*Le Barrémien

Cet étage est capté par tous les forages car continental intercalaire réalisés dans cette région ; il présente une lithologie, d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire, dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 m.

*L'aptien

Comme le barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marna-calcaires.

D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse guère 30 mètres.

*L'Albien :

Cet étage est constitué par une alternance de marnes de sables et surtout par des calcaires avec passages de silex et d'argile.

La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition, des faciès argilo carbonatés.

D'après les coupes de sondages des forages albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 m ; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 m.

*Le vraconien :

C'est en fait, une zone de transition entre l'albien sableux et le cénomanien argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et des rares passées de grès à ciment calcaire.

Le plus important dans cet étage, c'est qu'en raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'albien.

L'épaisseur de cet étage, dans toute la zone d'étude varié entre 250et300 mètres (figure II-4).

b. Crétacé moyen :

*le Cénomanien :

Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable.

Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition d'évaporantes et de dolomie qui la distingue nettement, la limite supérieure caractérisée par l'apparition d'évaporantes et de calcaires correspondants à la limite inférieures du Turonien.

*Le tunonien :

Cet étage représente la base du complexe terminal. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes.

Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre ; elle dépasse parfois 650 mètres (figure n°II-.2.3).

crétacé Supérieur :***le sénonien**

La plupart des études biologiques effectuées à travers le Sahara algérien montre que le sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès :

L'un correspond au sénonien lagunaire situé à la base, l'autre au sénonien carbonaté au sommet.

***Sénonien lagunaire**

La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles ou ces derniers sont aisément différenciant, de ceux du Turonien.

Il est constitué également d'anhydrites, de calcaire dolomitique d'argile et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncidant avec la dernière intercalation anhydride.

***le sénonien carbonaté :**

Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations, marno-argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés et des dolomies vacuolaires. Son épaisseur dépasse parfois 300 mètres.

Il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le sénonien carbonaté et Eocène qui présentent tous deux des calcaires de même nature avec présence de nummulites.

I.1.2 Le tertiaire :***L'Eocène :**

Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et ces graviers. Dans cette région l'éocène est carbonaté à sa base sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire.

L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

***Le Miopliocène :**

Il repose en discordance indifféremment sur le primaire d'une part et sur le crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément complexe terminal (TC).

La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montre que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès.

Sur toute l'étendue du Sahara oriental, BEL et DEMARGNE séparent cet horizon en 4 niveaux :

Niveau Argileux

Il est peu épais et existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec

L'Eocène lagunaire, les argiles de la base du Miopliocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du sénono-Eocène carbonatées et celle du pontien sableux.

Niveau Grés sableux

Comparé aux 3 autres, c'est le plus intéressant sur le plan hydrologique. Son épaisseur reste presque régulière sur toute l'étendue du Sahara oriental. A sa base on trouve parfois des graviers alors que le sommet se charge progressivement d'argiles pour passer au 3^{ème} niveau. c'est en fait qu'à ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du complexe terminal.

Niveau argileux

Il ne présente pas un grand intérêt du point de vue hydrogéologique, ce niveau renferme des lentilles sableuses qui peuvent former le quatrième niveau (sableux) du Miopliocène.

Niveau sableux

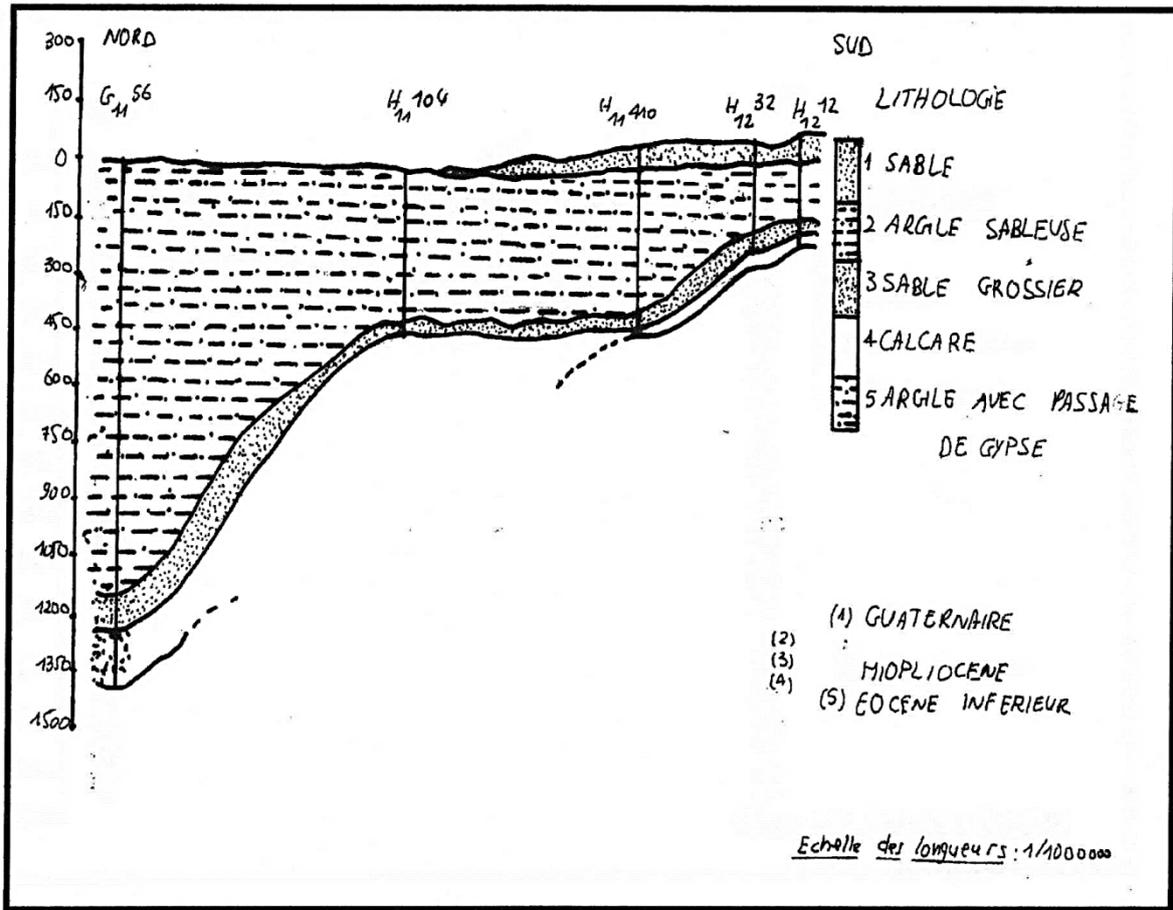
Ce niveau constitue le deuxième horizon aquifère du complexe terminal. Donc du point de vue hydrogéologique, les niveaux sableux (2et4) présentent un grand intérêt, ils correspondent pour ainsi dire à la nappe des sables du complexe terminal.

I.1.3.Le Quartenaire :

On y trouve des dunes récentes à mélange degrés blanchâtres et de sable fin à moyen, beige siliceux il s'agit d'une formation continentale, ceci le retrait total de la mer. L'existence de sable dans les dunes provient essentiellement de l'érosion du Hoggar.

I.2.Interprétation des coupes

Ces coupes ont pour but, d'établir une corrélation lithologique du sous-sol, ainsi que d'identifier l'extension géographique et l'épaisseur utile de la nappe phréatique de la région.



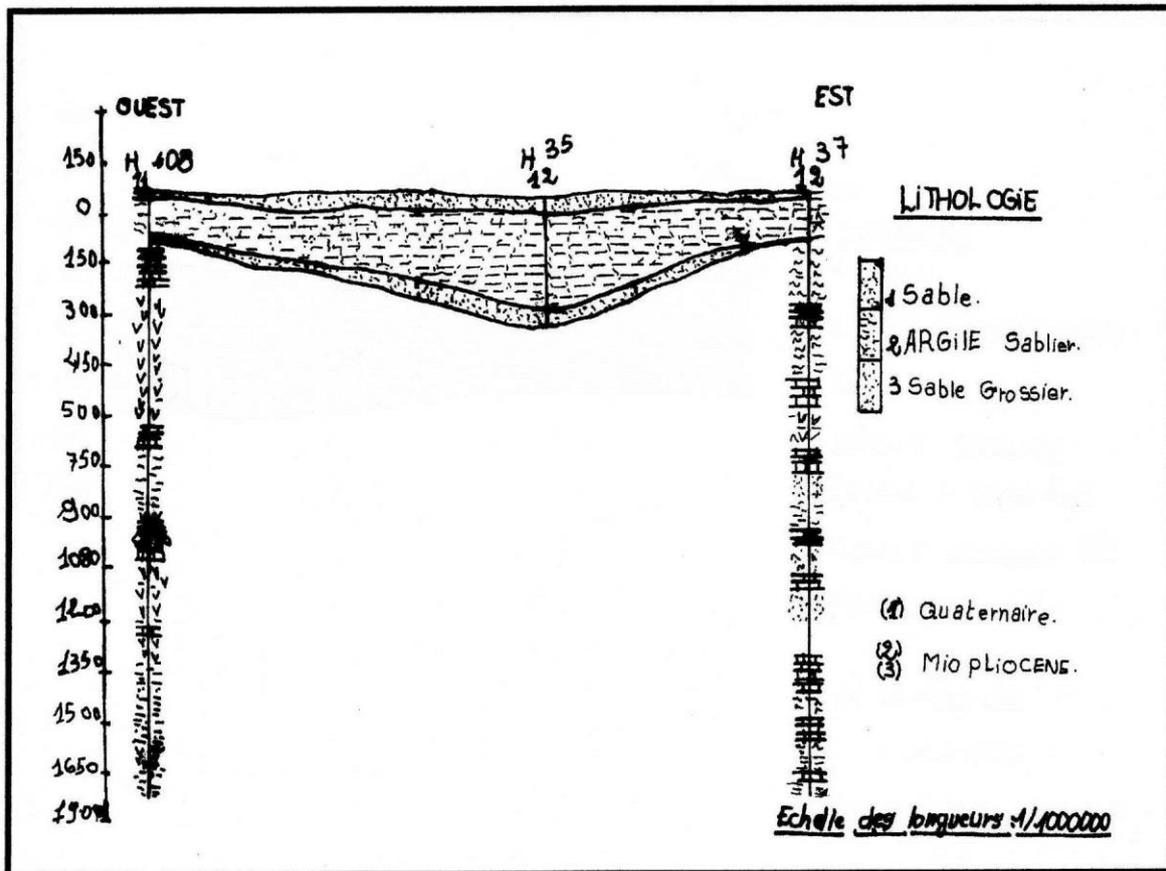
Extraite à partir des logs lithologiques de forage.

Figure (II-2) : Coupe Géologique N° 1 (A.N.R.H, 1989).

I.2.1. Coupe n°1 :

Cette coupe est faite sur la base des coupes de forages, elle est orientée du nord vers le sud.

On remarque que l'épaisseur du Miopliocène qui est constitué par des argiles, de sable et de calcaire diminue du nord vers le sud. Au niveau H₁₁¹⁰⁴ on remarque l'absence des formations quaternaire représenté par des sables ; cette lacune ne peut être expliquée que par l'effet d'une érosion, ces formations tendent à s'épaissir vers le sud (Fig.II-2)



Extraite à partir des logs lithologiques de forage.

Figure (II-3) Coupe géologique N°2 (A.N.R.H, 1989)

I.2.2 Coupe n°2 :

Cette coupe est effectuée sur une distance de 170 km, allant de Djamaa à l'Ouest vers Bouaroua à l'Est, en passant par Magrane. Nous constatons que les couches d'argile sableuses qui correspondent au substratum de la nappe phréatique sont caractérisées par une épaisseur considérable, cette importance est très remarquable dans la région de Magrane que dans les autre.

C'est ce qui nous donne une formation de cuvette remplie de sédiments sableux d'âge quaternaire correspondant à ceux de la nappe phréatique. Nous constatons aussi que cette formation sableuse diminue progressivement à l'Est et à l'Ouest de Magrane. (Fig.II-3)

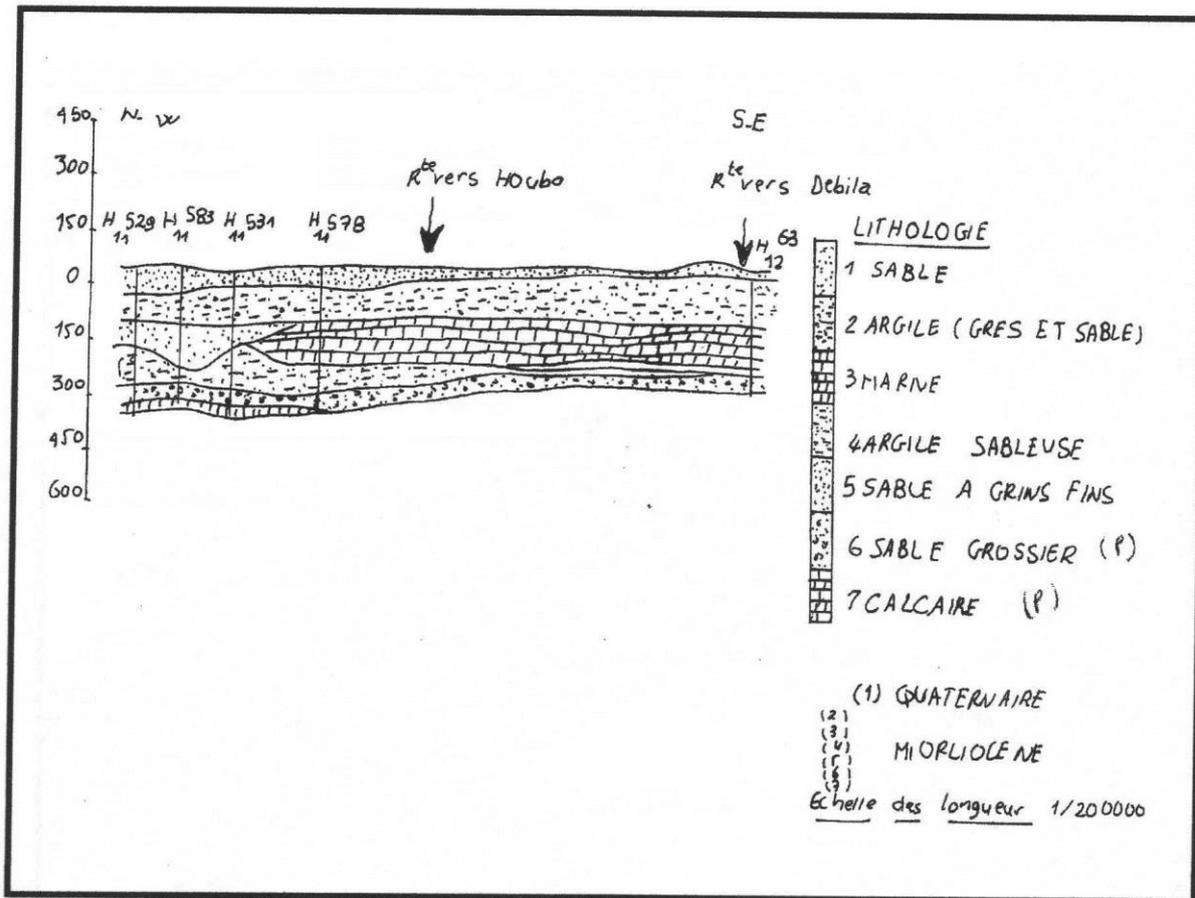


Figure (II-4) : Coupe Géologique N°3(A.N.R.H., 1989)

I.2.3 Coupe n°3 :

La coupe n°3 est orientée du Nord-Ouest vers le Sud-Est, elle est différente des autres surtout du point de vu stratification ; cette dernière entre croisée, ce qui donne naissance à des « biseautages ». Cette situation est bien visible dans les quatre premiers forages. On constate que l'épaisseur des formations quaternaires, est plus importante au Nord-Ouest qu'un Sud-Est (Fig.II-4).

I.3.Tectonique :

La série sédimentaire lagunaire recouvrant la plate-forme crétacée forme un vaste synclinal dont le fond est doté d'un très grand rayon de courbure.

Les courbures sédimentaires semblent s'épaissir du Nord d'EL OUED vers le centre de cette dépression, ce qui montre que l'approfondissement suit de près la sédimentation.

Il faut noter qu'au cours de la phase de sédimentation, de l'immense dépression au début du quaternaire et sous l'effet de la sédimentation, le centre de celle-ci se déplace en fonction du temps vers le Nord tout en donnant naissance à de nouvelles dépressions correspondant actuellement à la zone des Chotts, ou leur naissance ne s'est effectuée qu'à la fin du quaternaire .

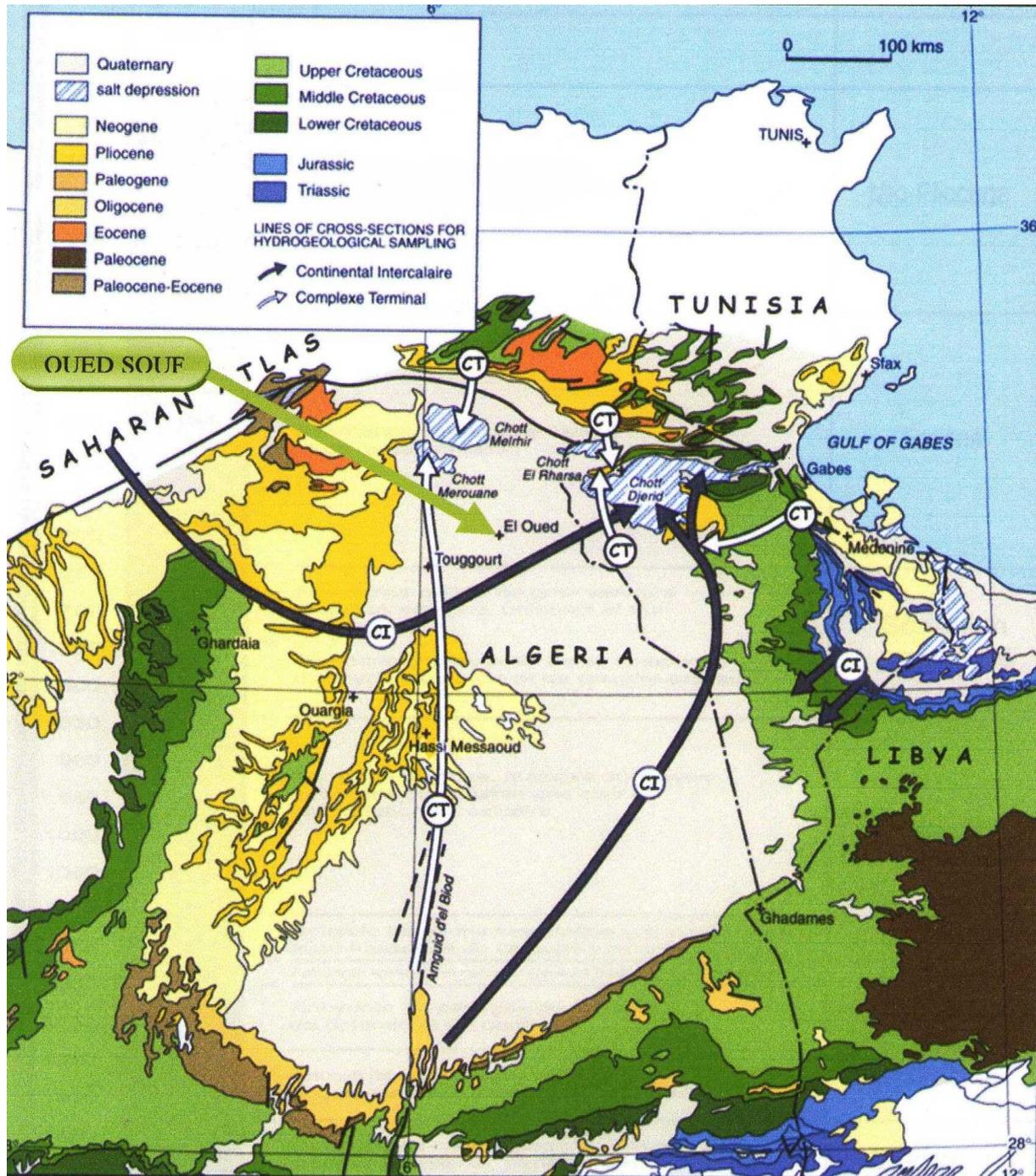


Figure (II-5) : Carte géologique avec le sens d'écoulement des nappes de CT et CI dans le Sahara septentrional (Unesco, 1972) modifiée par (Gendouz et Al ; 2003)

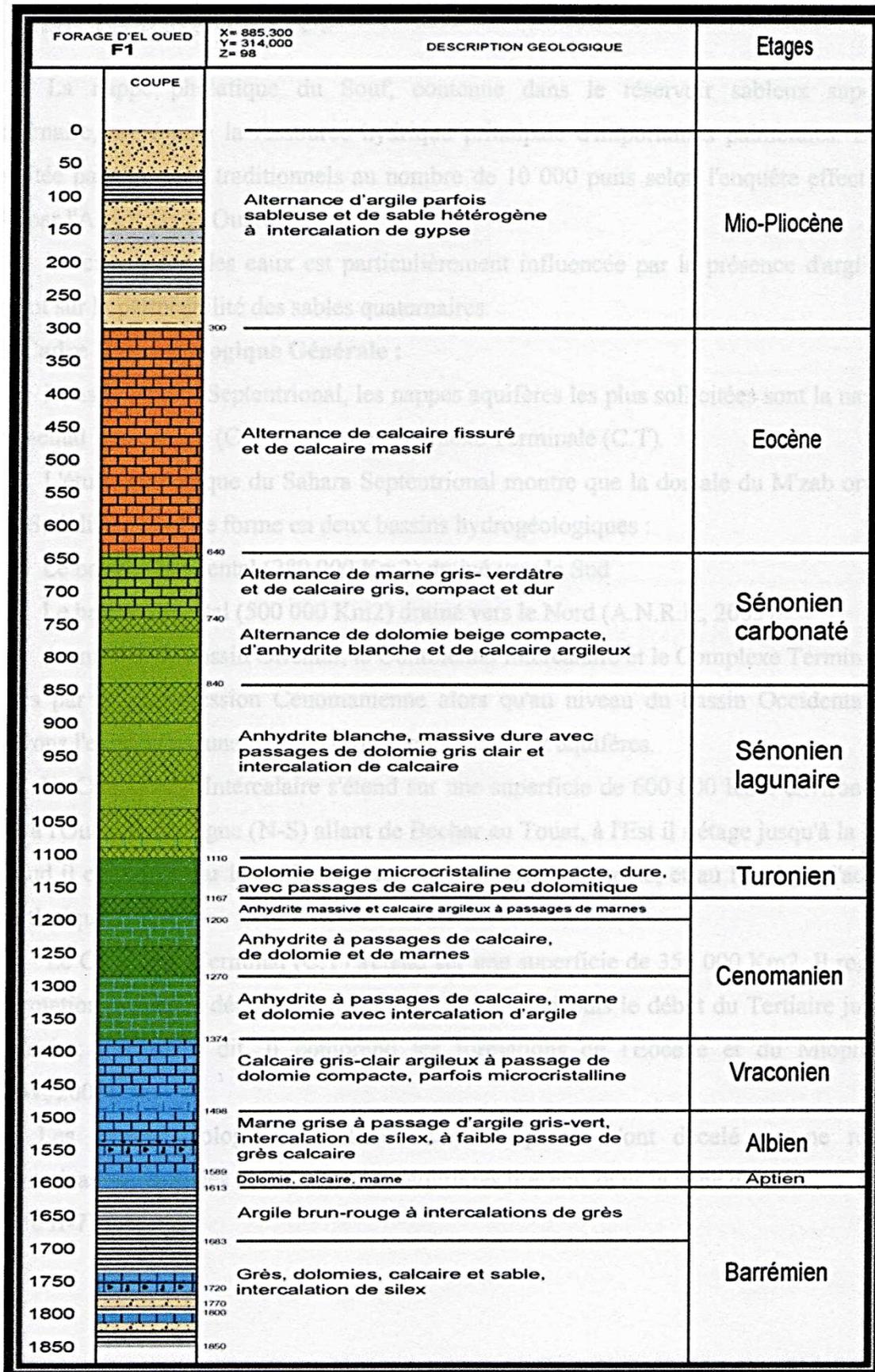


Figure (II-6) : Forage l'Albien (coupe d'après ANRH 1993).

II. Etude hydrogéologique :

La nappe phréatique du Souf, contenue dans le réservoir sableux superficiel quartenaire, représente la ressource hydrique principale d'importantes palmeraies. Elle est exploitée par des puits traditionnels au nombre de 10000 puits selon l'enquête effectuée en 1993 par l'A.N.R.H de Ouargla.

La circulation des eaux est particulièrement influencée par la présence d'argiles qui influent sur la perméabilité des sables quartenaires.

II.I.Cadre Hydrogéologique Général :

Dans le Sahara septentrional, les nappes aquifères les plus sollicitées sont les nappes du continental intercalaire (C.I) et celle de complexe Terminale(TC).

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

- ✓ Le bassin occidental (280 000 km²) drainé vers le Sud.
- ✓ Le bassin oriental (500 000 km²) drainé vers le Nord (A.N.R.H, 2005)

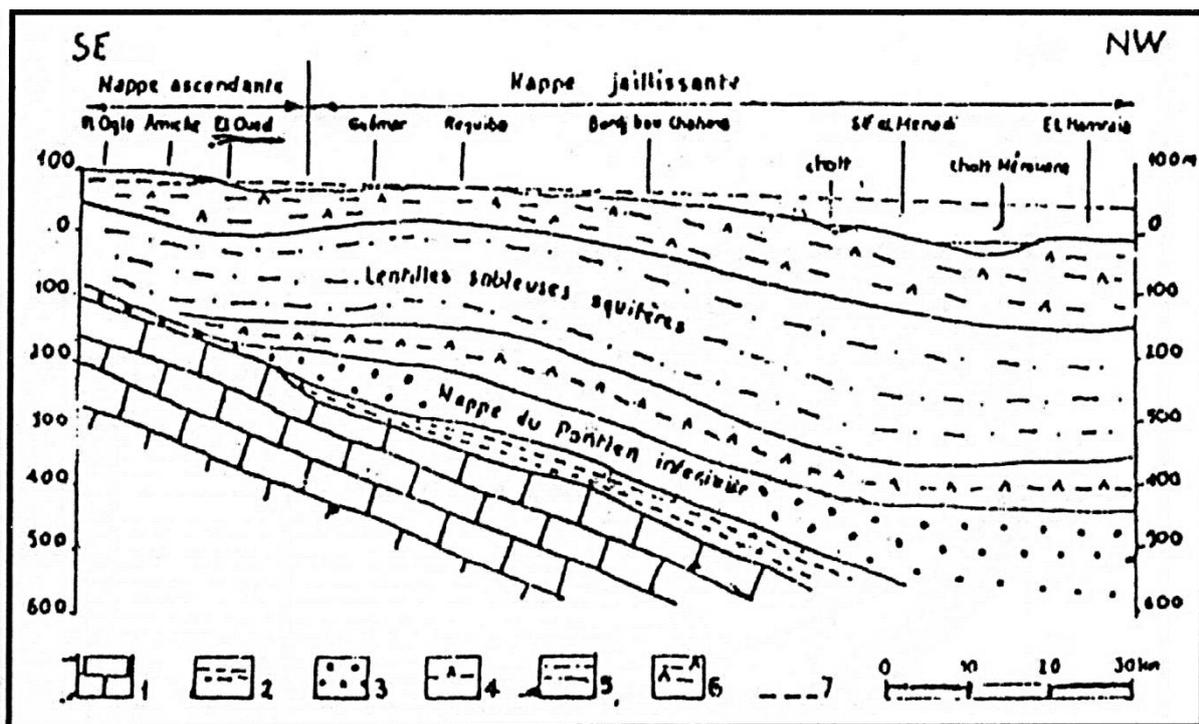
Au niveau du bassin Oriental, le continental intercalaire et le complexe Terminal sont séparés par la transgression cénomanienne alors qu'au niveau du bassin Occidental nous observons l'existence d'une relation directe entre les deux aquifères.

Le continental intercalaire s'étend sur une superficie de 600 000 km² environ, il est limité à l'Ouest par la ligne (N-S) allant de Béchar au Touat, à l'Est il s'étage jusqu'à la Lybie au Sud il est limité par les affleurements du primaire et du socle, et au Nord par l'accident Sud Atlasique.

Le complexe Terminal(CT) s'étend sur une superficie de 350 000 km². Il regroupe les formations récentes déposés dans le bas du Sahara depuis le début du Tertiaire jusqu'au Quartenaire ; autrement dit, il comprend les formations de l'Eocène et du Mioplicène (D.H.W.2005).

Les études géologiques réalisées dans le passé n'ont décelé aucune relation (communication) entre les deux principaux aquifères présents dans la zone d'étude.

(FigureII-7)



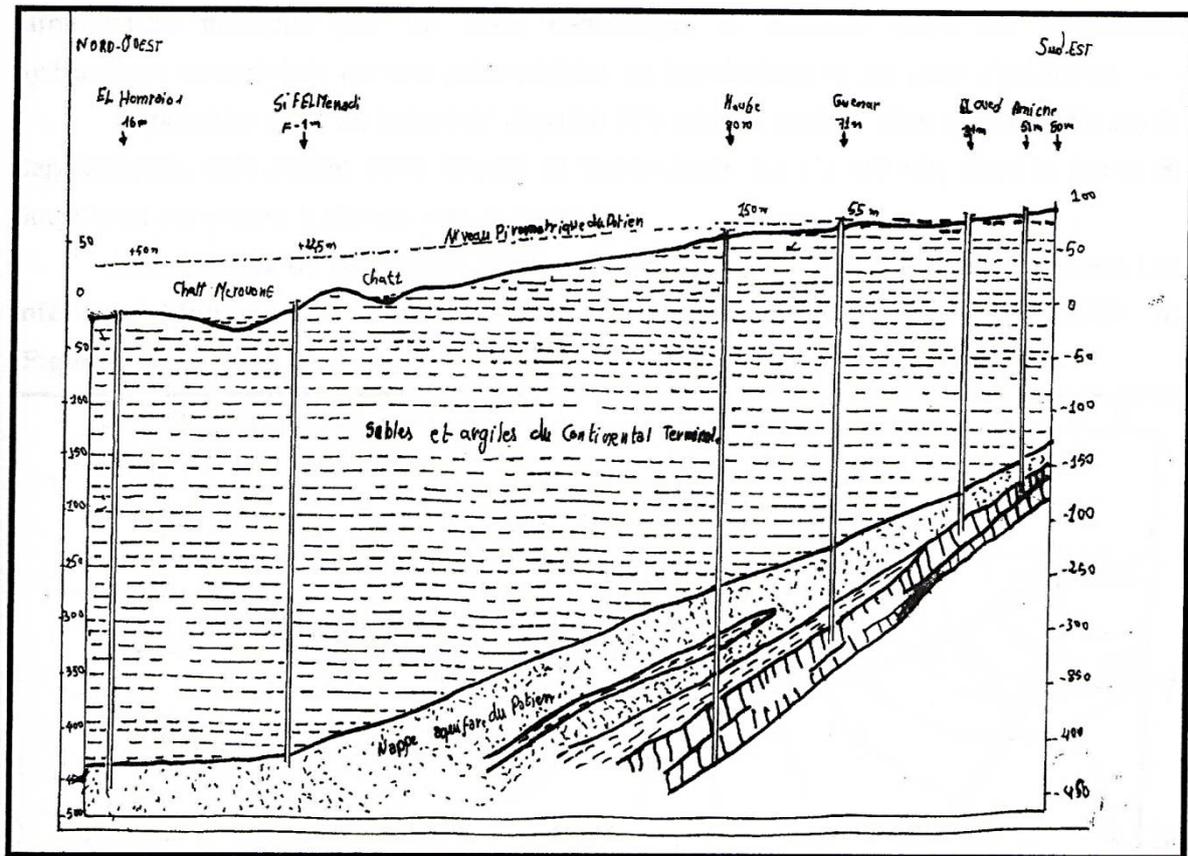
- 1- Calcaire de l'Éocène inférieure marin et de l'Éocène moyen évaporés
- 2- Argiles sableuses et marnes de la base du complexe terminal
- 3- Sables grossiers du Pontien inférieur
- 4- Argiles et gypses dominants
- 5- Argiles et sables dominants
- 6- Argiles, sables, et gypses (les trois derniers étages appartiennent au Miopliocène)
- 7- Niveau hydrostatique de la nappe du Pontien inférieur

Figure (II-7 : Coupe Hydrogéologique du Souf (A.N.R.H1989)

II.2. Présentation des nappes aquifères de la région du Souf :

D'après les études hydrogéologiques effectuées depuis environ 1953 et la coupe schématique (figure II-8) établie à partir des coupes de sondages, nous observons l'existence de deux types de nappes.

- Une nappe phréatique.
- Et les deux autres nappes captives du complexe Terminal et du Continental Intercalaire.



ECHELLE :

H : 1/10000

V : 1/5000

Figure (II-8) : Coupe Hydrogéologique d'EL HAMRAIA EL-OUED

(A.N.R.H ,1989)

II.2.1. Nappe du Continental Intercalaire (C.I) :

Le terme « C.I », correspond ainsi aux formations continentales du crétacé inférieur, et qui correspond à deux cycles sédimentaires : la régression marine suivit d'une transgression du crétacé supérieur.

Le Continental Intercalaire (C.I) coupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien.

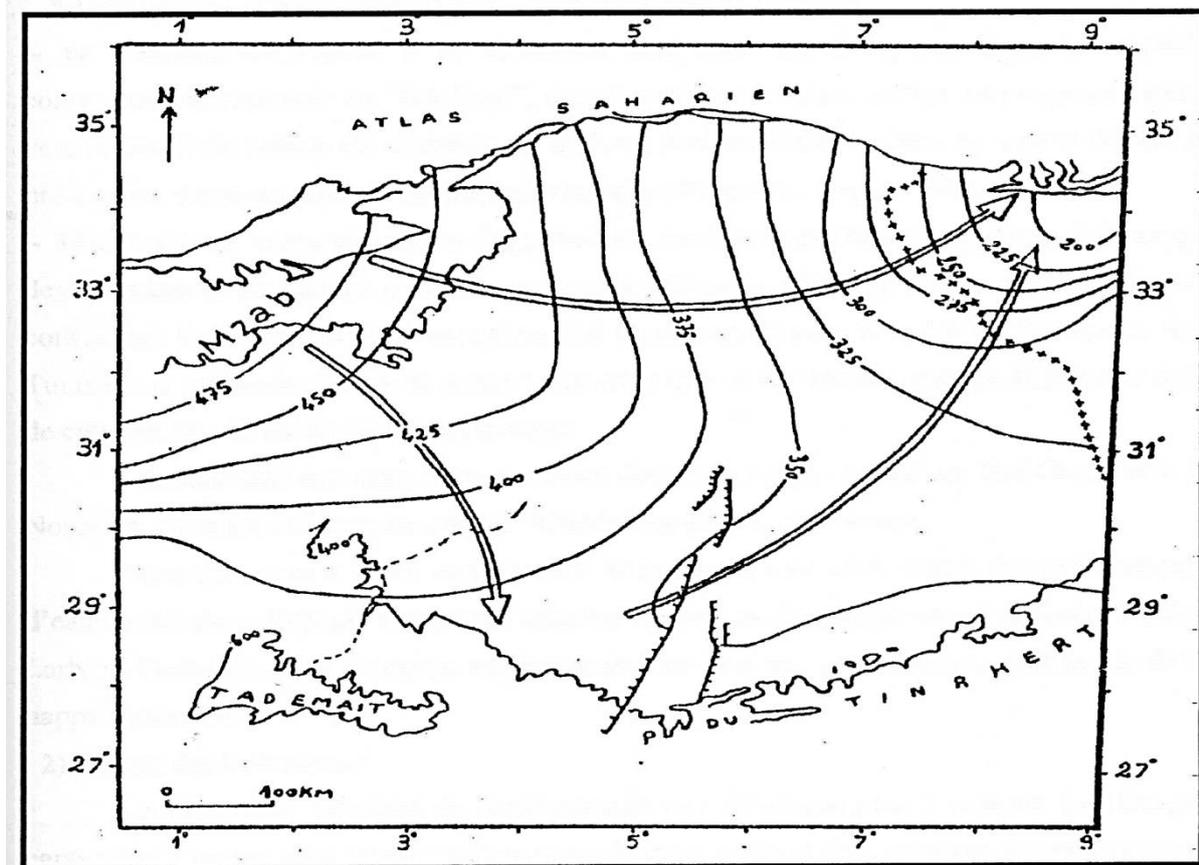
Le trait marquant du réservoir aquifère du Continental Intercalaire est son volume considérable du à son extension (surplus de 6000000 km²) et son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. Bien que l'intérêt majeur de ce système aquifère et qu'il est constitué par de grandes quantités d'eau qui ont été stockées au cours des périodes pluvieuses du quaternaire et peuvent être maintenant exploitées ; il reçoit encore de nos jours une

alimentation *naturelle* par les eaux météoriques et présente donc un fonctionnement hydraulique caractérisé par une alimentation, un écoulement et une série d'exutoires.

L'épaisseur totale du réservoir dépasse 250 mètres dans la plus grande partie du Sahara septentrional. Elle atteint 1000 mètres au Nord-Ouest. Le C.I affleure dans la partie Sud et Sud-Ouest par contre il plonge vers le Nord-Est.

La puissance de l'ensemble des formations aquifères existantes dans la région (crétacé inférieur, Miopliocène, Eocène et nappe phréatique) dépasse parfois 2000 mètres

(Figure II-9)



Légende :

- Niveau piézométrique (en mètre)
- Sens d'écoulement des eaux
- Frontière Algéro- tunisienne
- Failles de Amguid El Biod

Figure (II-9) : Carte piézométrique de la nappe du Continental Intercalaire (1960)

II.2.2 Nappe du Complexe Terminale (C.T)

Ce terme (C.T) regroupe sous une même dénomination un ensemble de nappes aquifères qui sont situées dans des formations géologiques différentes. D'après (D.H.W2005), nous rappelons l'existence de 3 nappes dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge Miopliocènes et Pontien, alors que la dernière correspond à la nappe des calcaires d'âge Sénonien à Eocène supérieur (FigureII-9).

1) Nappe des Sables :

Au sein de ces niveaux sableux constituent deux nappes captives :

- La première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal appelé communément réservoir du « Sub-Souf », dont les sables grossiers affleurent progressivement vers le nord du Sahara en direction de la fausse Sud au Rustine .Dans la région d'étude la profondeur moyenne de cette nappe peut atteindre 208 mètres (FigureII-8).

- Une deuxième nappe des sables d'âge Pontien .Au-dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires et en contact avec les marnes de l'Ecocène inférieurs et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du Pontien au Sud Tunisien ,la profondeur de cette nappe varie entre 400 et 450 mètres, quant à l'épaisseur utile de cette nappe elle est de 50 mètres environ.

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

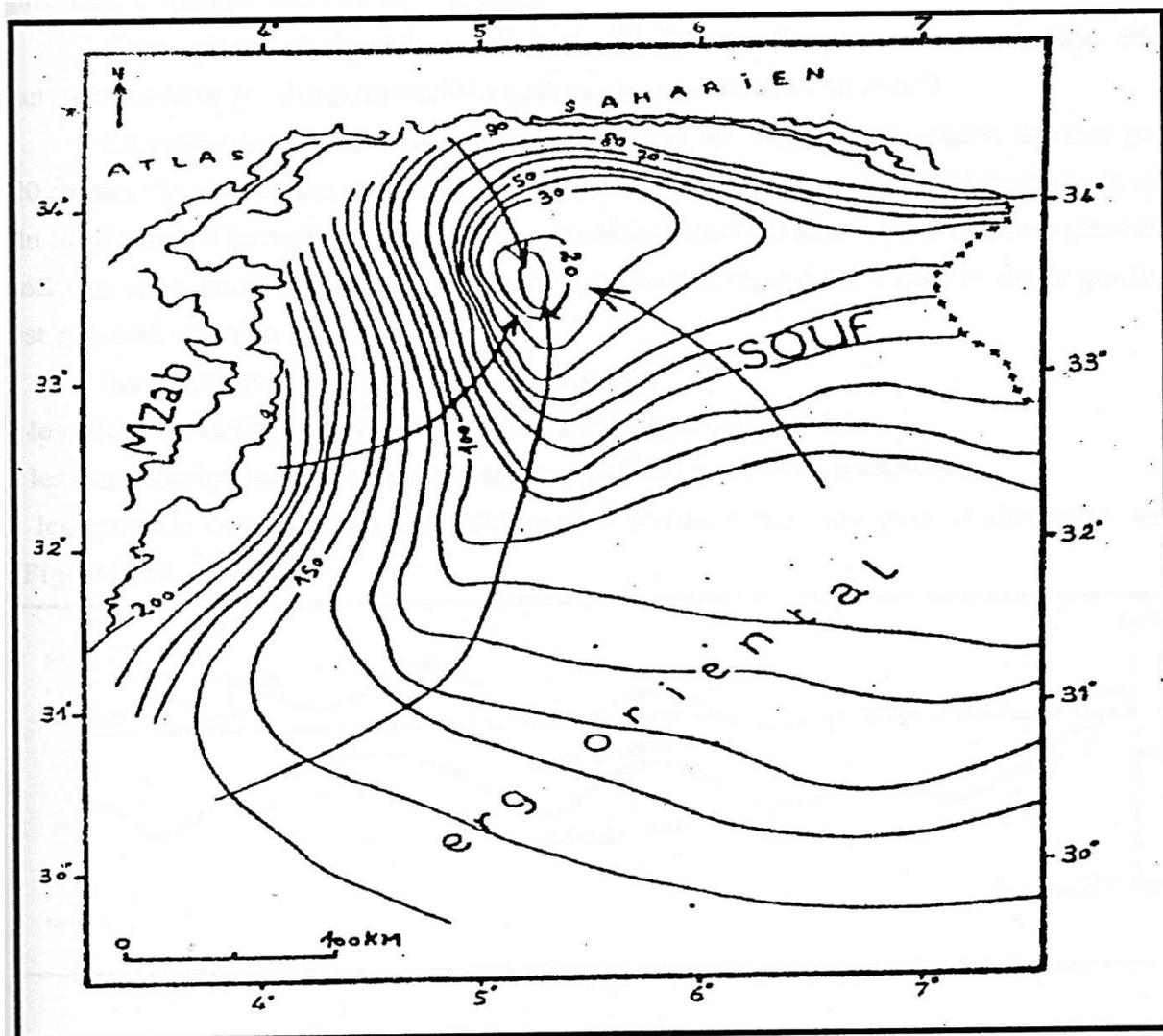
Dans les zones à fortes exploitations telle que la ville d'EL-OUED, des prélèvements d'eau se font par pompage. Par contre dans les régions où l'exploitation est moindre à Taleb Larbi et Douar El Maa, la nappe est exploitée à ce jour par artésianisme : c'est le cas de la nappe Pontienne.

2) Nappes des Calcaires :

Le Complexe Terminal du Souf possède une lithologie plus complexe. Les forages captant cette nappe nous montrent l'existence de deux niveaux durs servants de repères pour la classification des eaux souterraines. Du Sud au Nord nous observons l'existence d'un premier niveau calcaire mieux individualisé, parfois il est purement calcaire quelquefois il est formé par des calcaires gypseux et correspond ainsi au niveau inférieur.

Le niveau supérieur, constitué par des calcaires siliceux est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables .Dans l'ensemble ces deux niveaux sont séparés par des formations tantôt sableuse en passant par des argiles (rouge).

Les forages profonds captant cette nappe, nous montre que sa profondeur varie entre 500 et 800 mètres, mais il faut mentionner également que cette dernière n'est pratiquement pas exploitée dans la région du souf.



Légende :

Niveau piézométrique (en mètre)

Sens d'écoulement des eaux.

Frontière Algéro-Tunisienne

Figure (II-10) : Carte piézométrique de la nappe du Complexe terminal (1960).

II.2.3 Nappe Phréatique

La nappe phréatique présente dans toute l'oasis du Souf correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du quaternaire, avec une profondeur variable entre 10 et 40 mètres.

Cette nappe est la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui sont au nombre de 10000.

La profondeur du toit de cette nappe, d'après les coupes géologique, dépasse parfois 20 mètres. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente sur toute la région du Souf particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables. Excepté dans la région des chotts la nappe phréatique est présente sur toute la zone d'étude.

La recharge de cette nappe est assurée par :

- Les pluies torrentielles, viennent s'ajouter depuis quelques années.
- Les eaux d'irrigation, provenant des nappes profondes (Pontien Barrémien°)
- Les eaux de rejets dues à l'inexistence d'un réseau d'assainissement et d'exutoire naturel

(Figure II.11, 12)

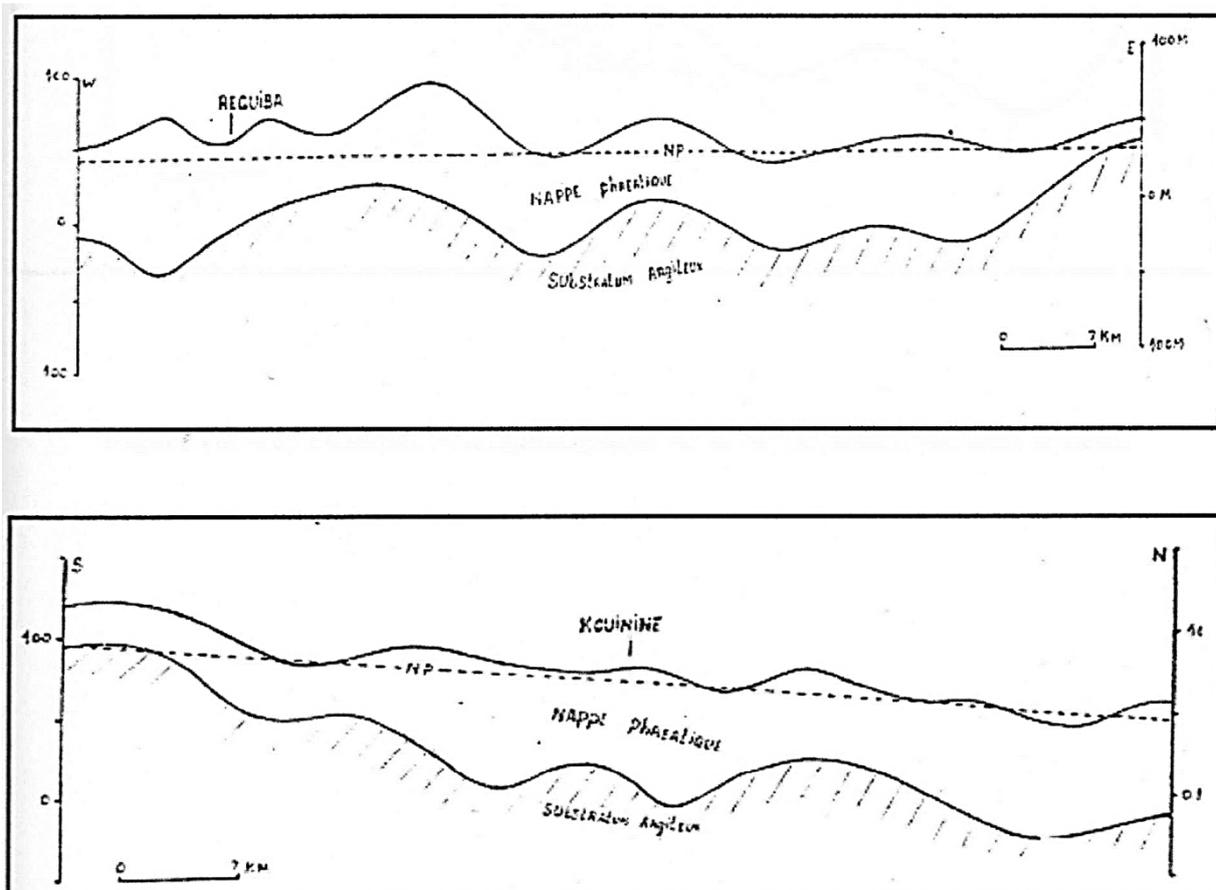
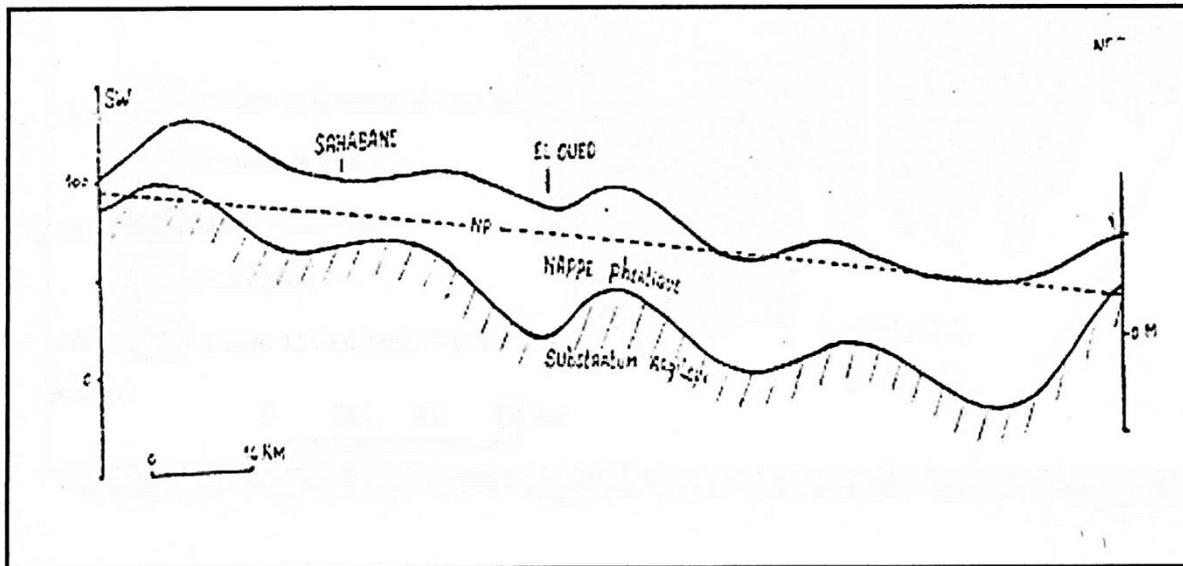
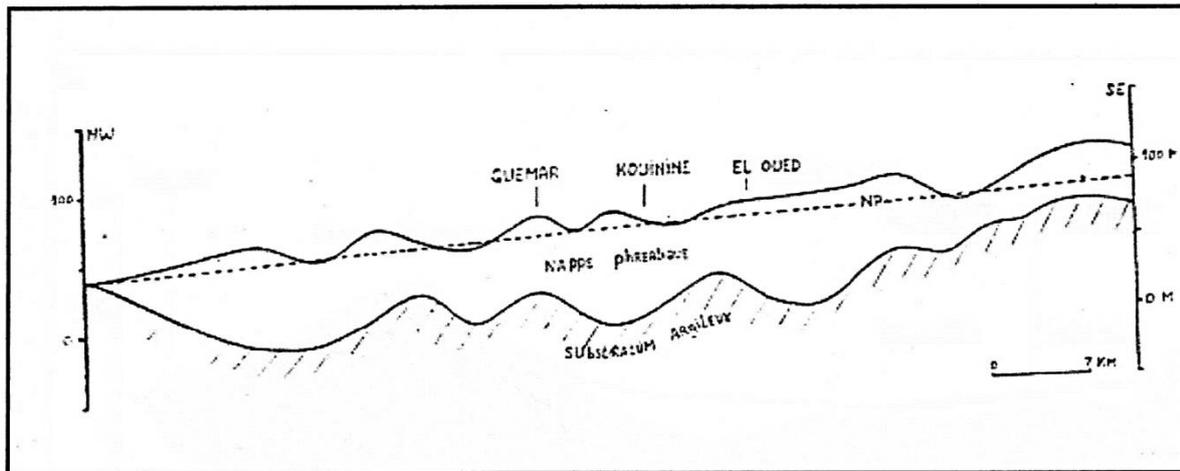


Figure (II-11) : Coupes hydrogéologiques de la nappe phréatique dans le Souf.



Figure(II.12) : Coupes hydrogéologiques de la nappe phréatique dans le Souf

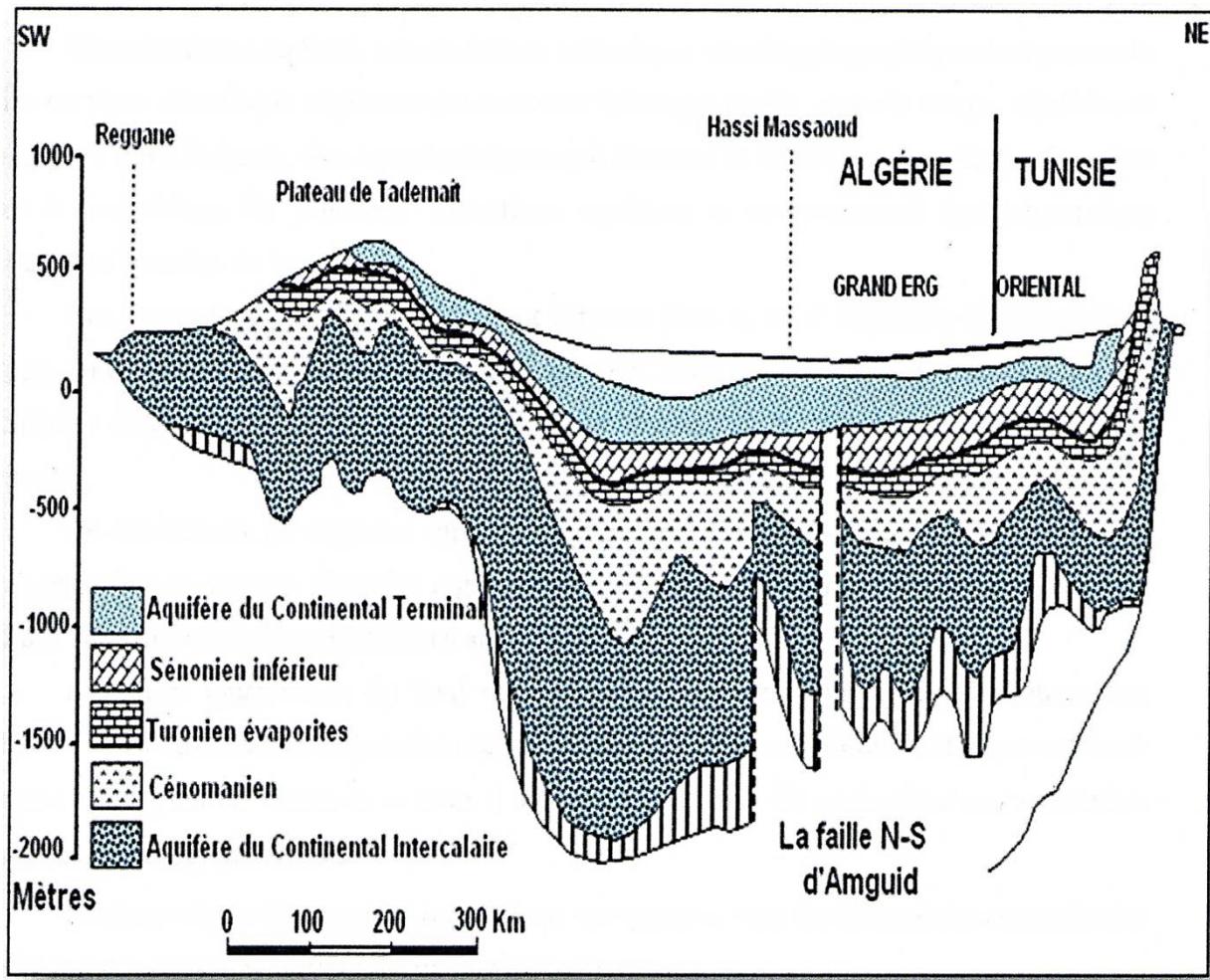


Figure (II-13) : Coupe hydrogéologique synthétique du Sahara septentrional

Conclusion

Dans la région du souf les conditions techniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire avec une lithologie variée dans le temps, régulière et homogène dans l'espace. Ces caractéristiques ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs formations aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leur faciès.

Les formations du quaternaire récent forment dans le souf l'aquifère détritique de la nappe phréatique. Il est surtout sableux à gréseux avec parfois du gypse et des argiles localisés surtout dans la partie Nord-Est de la région, où il se termine par une croûte gypseuse.

Le substratum est argileux imperméable et peu sableux à son sommet ou alors gypsifère en totalité. Dans la région Sud-Est (Nakhla, Robbah, El Ogla), il se termine par des calcaires sableux ou gypsifères au toit.

L'aquifère quaternaire du Souf présente une épaisseur moyenne de 40 mètres. Son substratum est structuré en de nombreuses dépressions, dômes et sillons. Il affleure au Nord-Est de la région d'étude.

Le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales des horizons sableux et argileux gréseux du crétacé inférieur.

Le réservoir du Complexe Terminal groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes. Cette nappe peut circuler dans l'une ou les trois formations géologiques différentes. Cette nappe peut circuler dans l'une ou les trois formations litho-stratigraphiques suivantes : Sémonien et Eocène carbonatés ; Mio-pliocène sableux (Continental Terminal) ; Quaternaire, sables dunaires, sables argileux et gypseux.

CHAPITRE III

PRESENTATION DU PHENOMENE DE LA REMONTÉE DES EAUX.

III. PRESENTATION DU PHENOMENE DE LA REMONTEE DES EAUX DANS LE SOUF

Introduction

La nappe phréatique du Souf subit une remontée progressive des eaux provoquée par plusieurs facteurs.

L'apport en eau alimentant cette nappe devient de plus en plus important et entraînant par conséquent l'inondation de nombreux « ghouts » et des dépressions.

A ce jour on dénombre plus de 500 ghouts touchés (D.S.A EL-OUED, 2004) les premières apparitions de ce phénomène remontent à 1969 et continuent à ce jour. Cette situation a entraîné une baisse considérable du rendement des palmiers puis leur dépérissement progressif. Afin de régler le problème des eaux résiduaires, les habitants de la région utilisent des fosses septiques, ainsi ils participent involontairement à la destruction de leur environnement.

Il est important de noter que l'équilibre naturel qui existait, il y a plusieurs années a été détruit à cause de l'explosion démographique, la surexploitation des nappes profondes d'une part et d'un développement anarchique de l'habitat d'autre part.

I-Historique et Présentation du Phénomène de la Remontée des Eaux :

I.1 Avant 1956 :

Jusqu'en 1956, toute l'eau utilisée pour l'alimentation humaine, animale et l'agriculture provenait de la nappe phréatique. L'augmentation de la population et l'extension des cultures ont eu comme conséquence une surexploitation avec en corollaire un abaissement lent et progressif de la nappe. Dans les années 1940, la baisse était déjà de 0,5 m au Sud d'EL-OUED, 1m à El-Oued, 1,5 à Kouinine et 2 m au Nord de Kouinine.

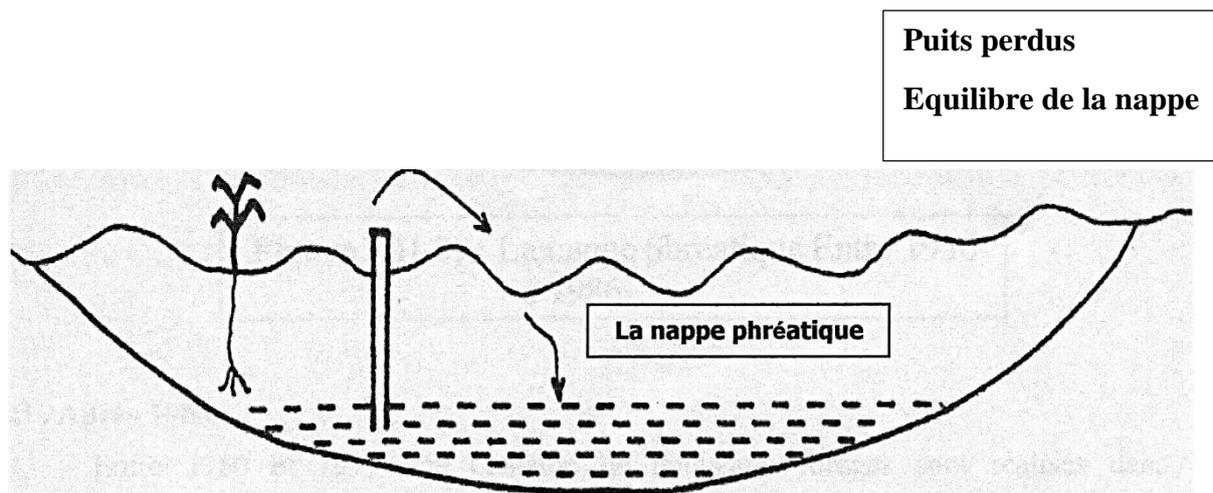


Figure (III-1) : La nappe phréatique avant 1956.

1.2 De 1956 à 1986 :

- En 1956, un premier forage moyennement profond atteignant le Complexe Terminal (CT) a été creusé par les autorités d'EL-OUED et entre 1957 et 1969, environ un forage par année a été exécuter dans le CT.
- En 1969, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec inondations de 150 ha dans la région de Magrane et Hassi-Khalifa. La nappe est progressivement redescendue par la suite.
- De 1970 à 1980, environ deux forages par année ont été réalisés dans le CT et dès 1980, on observe les premiers ghouts envoyés à El Oued et une montée progressive et persistante de la nappe phréatique aux portes d'El-Oued.

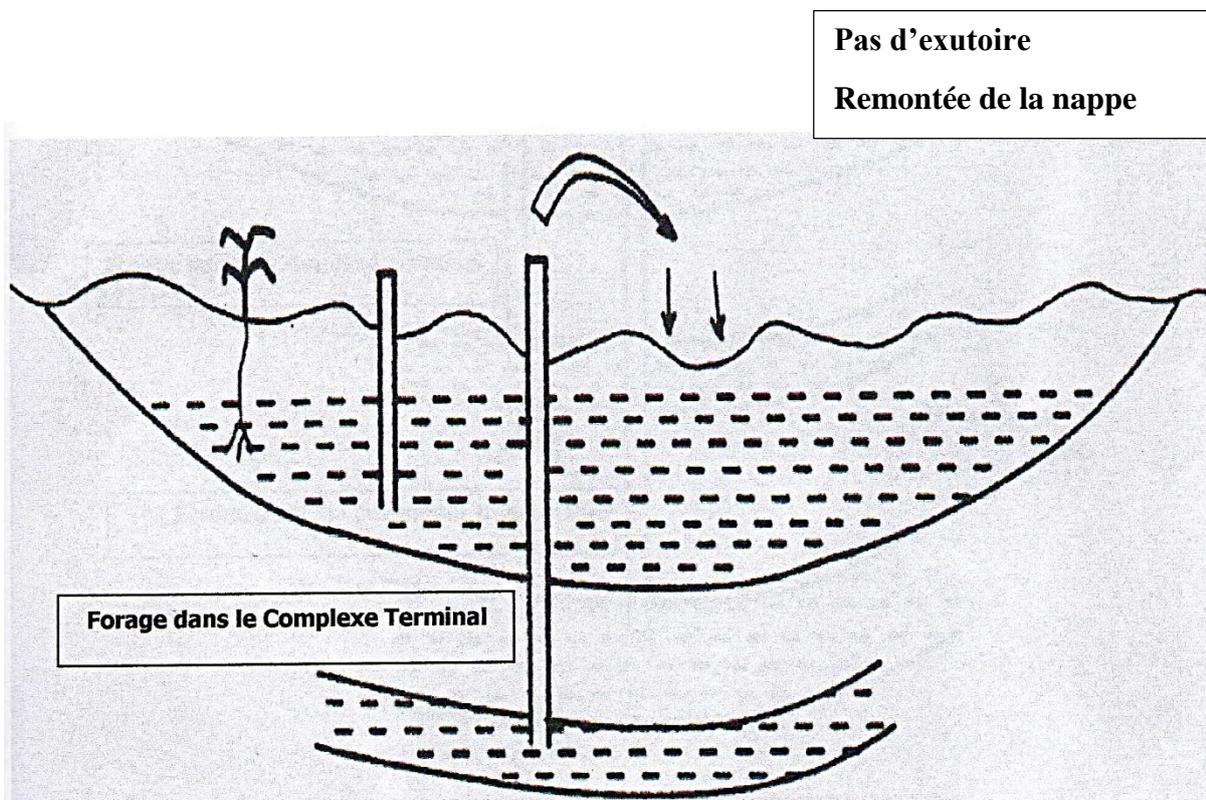


Figure (III-2) : La nappe phréatique entre 1956 à 1986.

I.3. Après 1986 :

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.

Ils sont fortement artésiens et les débits (de l'ordre de 200 l/s) sont de 5 à 10 fois plus importants que ceux des forages dans le CT.

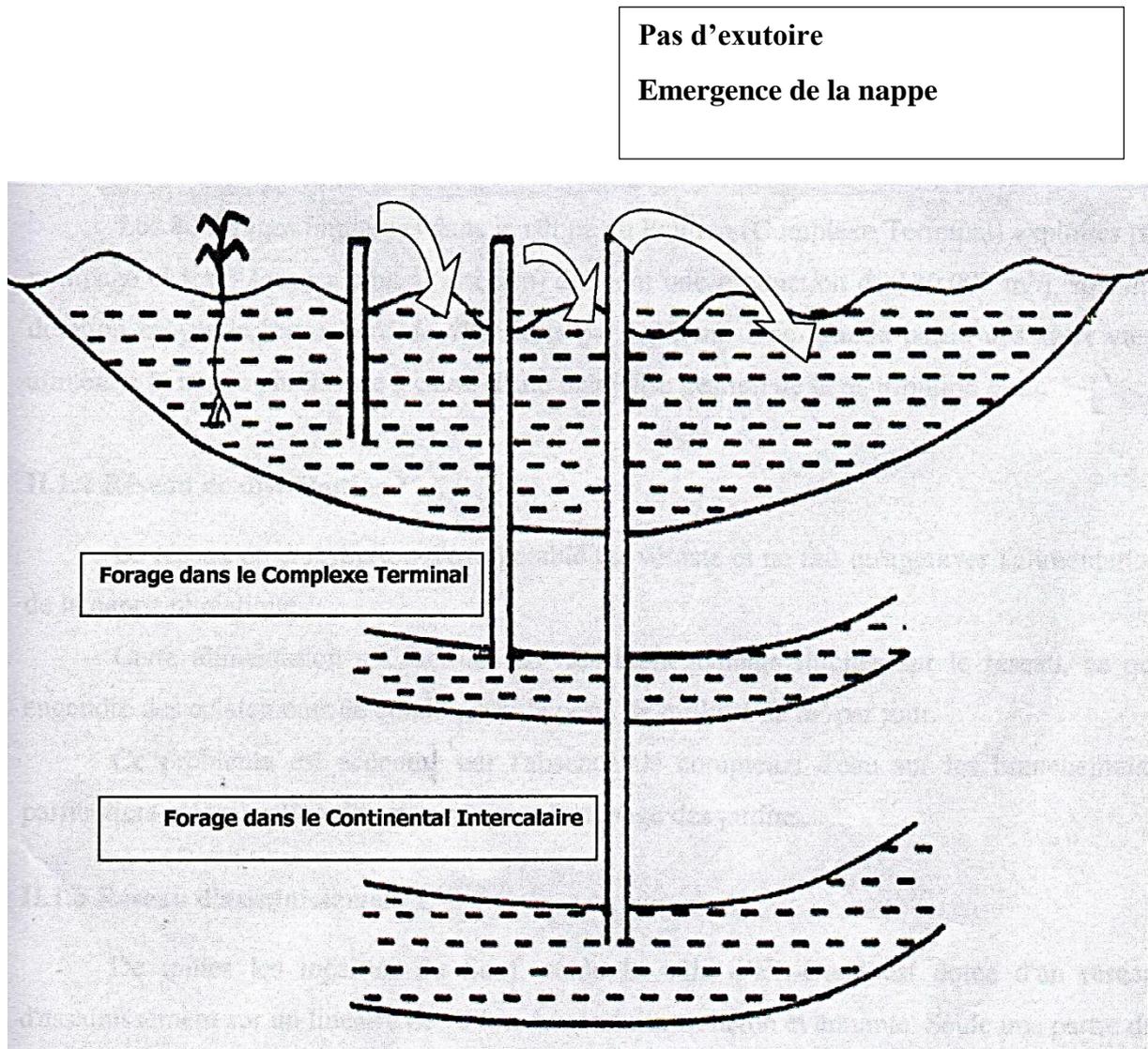


Figure (iii.1) : La nappe phréatique après 1986

Pourquoi la nappe remonte-t-elle ?

Plusieurs causes ont contribué à la remontée des eaux de la nappe phréatique dans le souf :

II. Les principales causes de la remontée des eaux :

Les causes de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf sont multiples. Les principales sont : l'accroissement des consommations en eaux et des rejets d'eaux usées, le transfert des eaux des nappes profondes vers les nappes phréatique à cause de la vétusté des forages anciens, le manque d'exutoire naturel proche de la région.

II.11 Production d'eau potable :

Les 81 forages implantés dans la nappe du pontien (Complexe Terminal) exploités par pompage et les 3 forages albien (artésien) donnent une production de 180.000 m³/soit une dotation moyenne journalière de 480 litres par habitant. Une grande partie des eaux vient alimenter la nappe phréatique à cause d'une mauvaise gestion de la distribution d'eau.

II.1.2 Réseau de distribution :

Le réseau de distribution d'eau potable est vétuste et ne fait qu'aggraver l'alimentation de la nappe phréatique.

Cette alimentation est facilitée par des branchements illicites sur le réseau, ce qui engendre des éclatements de conduites et la perte de milliers de m³ par jour.

Ce problème est accentué par l'absence de compteurs d'eau sur les branchements particuliers et l'utilisation de cette eau pour l'arrosage des jardins.

III.3 Réseau d'assainissement :

De toutes les localités du Souf, seul la ville d'El-Oued est dotée d'un réseau d'assainissement sur un linéaire de 75 km de conduite en béton et amiante. Seule une partie du réseau est opérationnelle, avec un rejet à 4 km à l'extérieur de la ville. Cette concentration d'eau va vers les nombreuses fosses septiques (eaux usées) et qui est directement versée dans la nappe phréatique ce qui provoque la pollution de celle-ci.

II.1.4 L'absence d'exutoire :

L'évacuation des eaux usées se fait par les fosses septiques et aussi par un réseau d'assainissement (environ 30% de la ville d'El-Oued).

La zone du Souf n'étant pas pourvue d'un exutoire. Les eaux usées n'ont qu'un seul chemin, traverser le sable pour atteindre la nappe phréatique.

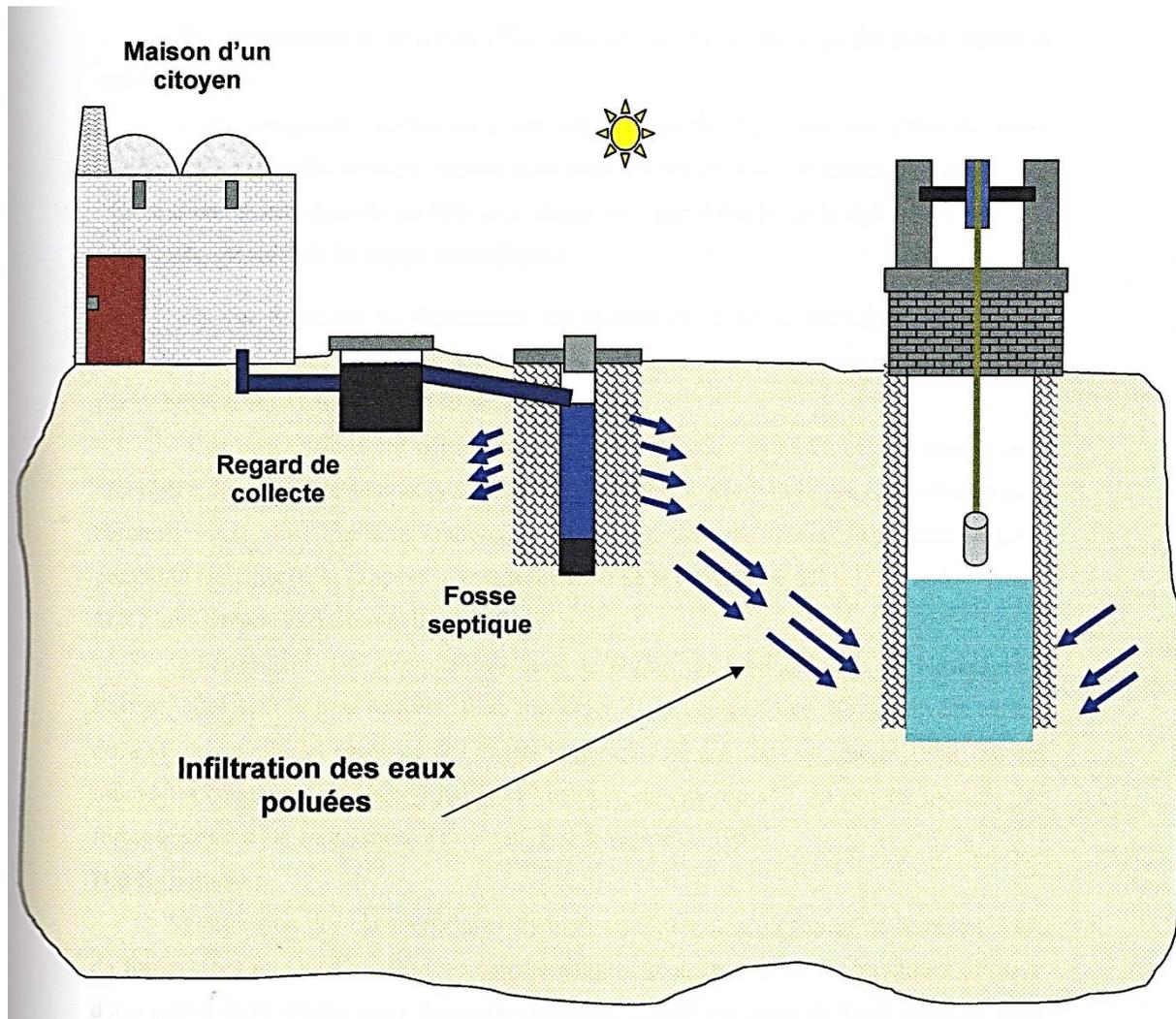


Schéma (III-1) : Schéma montrant l'infiltration des eaux usées vers les forages d'eau alimentant les agglomérations.

II.2 Transfert d'eaux profondes vers les nappes phréatiques :

L'utilisation des nappes profondes (CI et CT) pour l'alimentation en eau potable et l'agriculture contribue fortement à la remontée des eaux des nappes superficielles. Ce transfert est facilité par la communication inter-nappes, due à la vétusté des équipements des forages. Il est à noter que les études réalisées dans le Souf ne mentionnent pas l'existence d'une interaction entre les différentes étapes.

III.3 Eaux météores infiltration et topographie.

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 la pluie (70 mm/an) vers la nappe phréatique.

Cette situation est aggravée par l'absence d'exutoire naturel proche de la région.

II.4 Etude du suivi de la nappe phréatique :

En vue de suivre les fluctuations des niveaux dans la nappe phréatique dans le Souf ainsi que la variation chimique des eaux des campagnes piézométriques ont été effectuées par l'ANRH/DRS/ Ouargla sur 140 points de mesure.

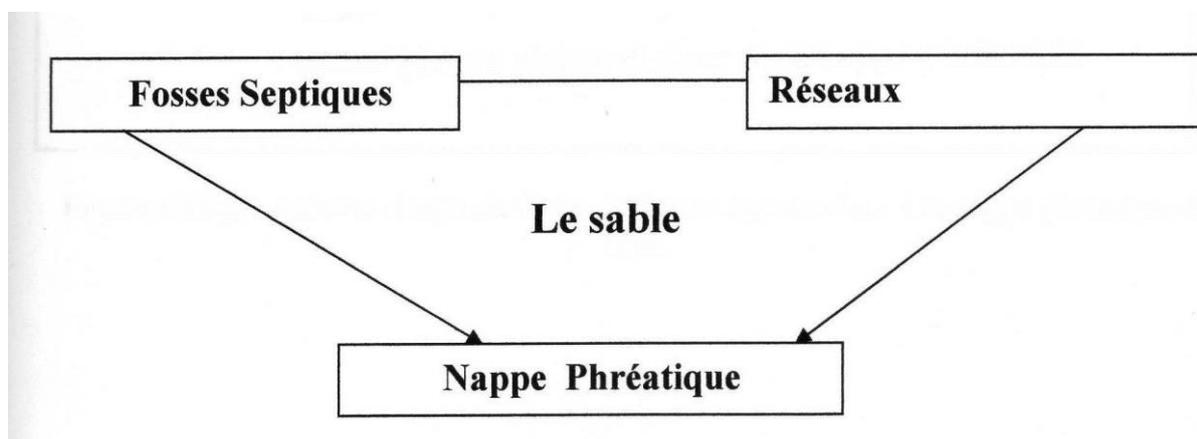
Ces observations ont permis de préciser les niveaux hydrauliques de chaque zone homogène, le sens d'écoulement général de la nappe (Sud-Nord) avec des particularités pour certaines zones, ainsi que la répartition quantitative des éléments dissous, l'appréciation sur la potabilité des eaux de la nappe et la compréhension de la dynamique des sels.

II.5 Pluviométrie exceptionnelle :

Généralement, les précipitations dans la région du Souf ont lieu de novembre à février, elles sont le plus souvent, fines modérées et cette courte durée. Elles peuvent parfois devenir torrentielles et engendrer des dégâts importants tel que ceux de l'année 1969, qui ont touché les communes de Hassi-Khelifa et Magrane où environ 150 hectares ont été inondés. De fortes pluies ont été enregistrées à nouveau dans la région en 1988.

II.6 Hypothèse :

Modification des caractéristiques hydrodynamiques et géologiques de la nappe. Lors de fortes crues un Oued modifie ses caractéristiques géométriques ou hydrauliques (érosion d'une part et dépôt d'autre part). La nappe phréatique (Oued souterrain du Souf) peut elle aussi modifier les caractéristiques des sols traversés (migration des particules fines, colmatage de certaines couches) entraînant la remontée d'un côté et éventuellement une baisse de l'autre.



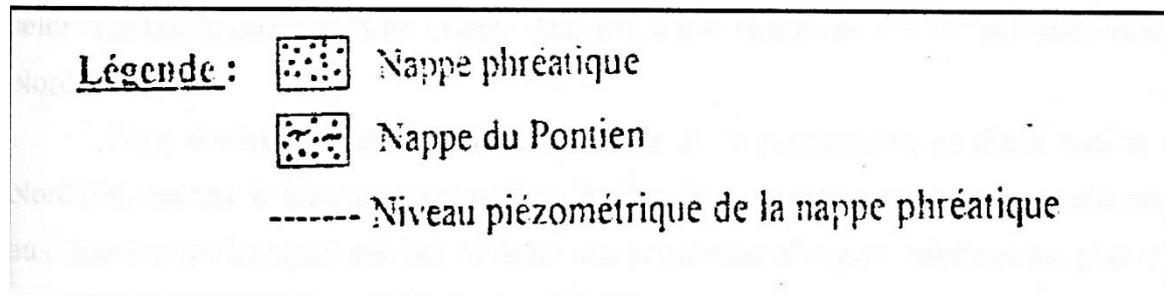
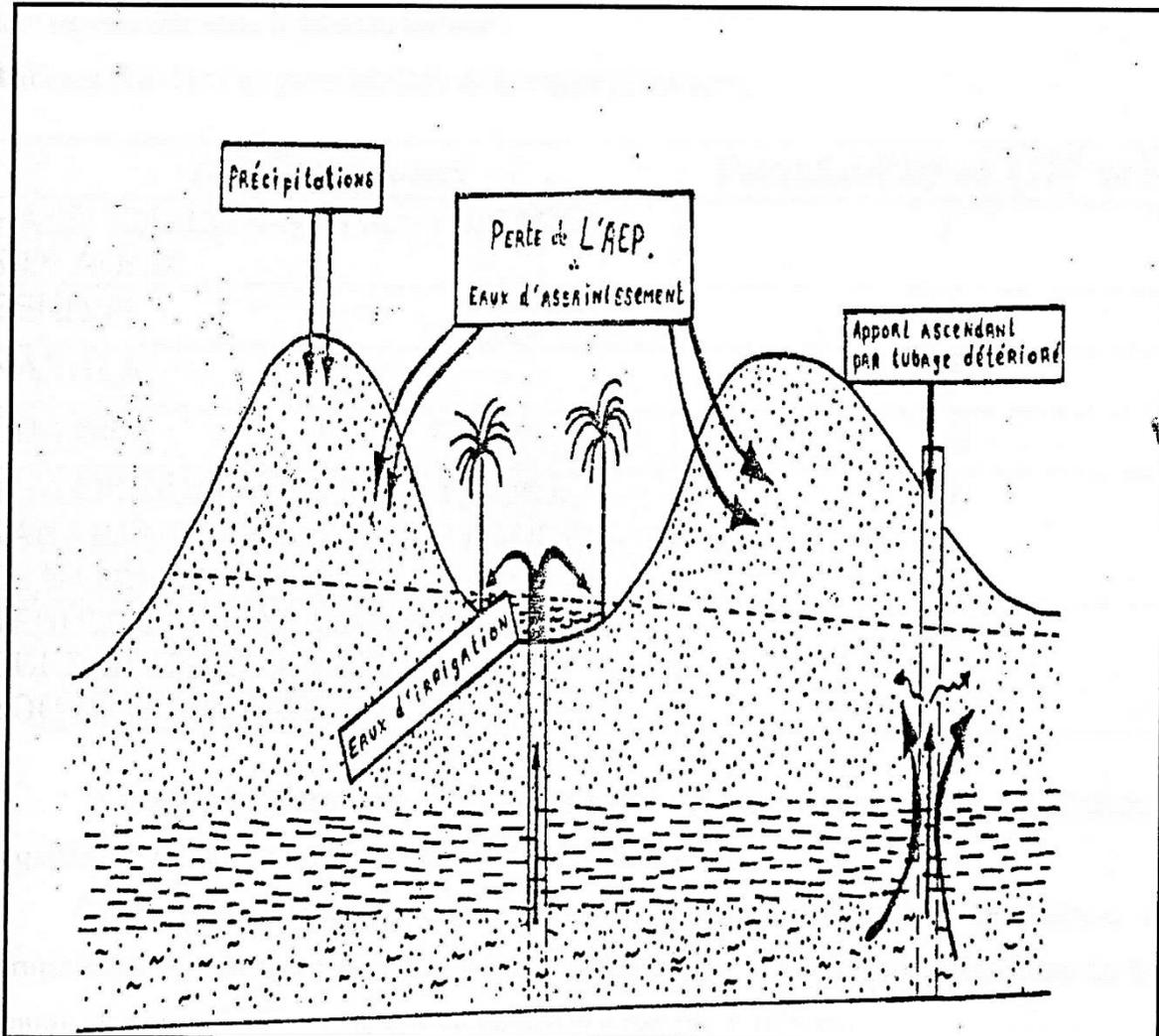


Figure (III-4) : Schéma récapitulatif des différents apports d'eau phréatique du Souf.

III. Détermination du Coefficient de Perméabilité du Sable du Souf : les seules mesures de perméabilité, ont été réalisées en laboratoire. Des échantillons représentatifs du terrain superficiel quaternaire (sablo-gypsifère), ont été prélevés à travers les localités du Souf et soumis à des essais à l'aide de perméamétries. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau (III.1) : Les perméabilités de la nappe phréatique.

Les Communes	Perméabilité en 10^{-2} m/s)
HASSI-KHELIFA-SEHINE-TRIFAOUI-SIDI AOUN	1
BEHIMA	1.4
NAKHLA	1.5
GAMRA	1.8
EL ARFI –OUED ALLENDIA-HOUBA-SAHABANE-FOULIA-OUED ETOURK-EL HADHOUDI- EL- OGLA	1.9
REGUIBA-GUMAR-KOUININE-EL OUED BAGOUZA –EL GUEDACHI –BOUGOUFA KHOBNA	2

A partir de ces mesure, nous avons tenté d'établir une carte des perméabilités de l'aquifère de la nappe phréatique dans le Souf (Figure III.5)

Cette carte montre un caractère homogène dans l'évolution des valeurs des perméabilités à travers la région, entre $1,10^{-2}$ et $2,10^{-2}$ m/dans la moitié Sud-Ouest du Souf central, les perméabilités ne dépassent jamais la valeur de $2,10^{-2}$ m/s.

Dans la deuxième partie Nord Est du Souf, les perméabilités passent progressivement selon une bande médiane Nord-Ouest – Sud Est, à des valeurs de $1,5 10^{-2}$ m/s dans la région Nord- Est.

Cette diminution notable dans les valeurs de la perméabilité en allant vers le souf Nord-Est, marque le passage progressif au faciès sablo-gypsifère et argileux conformément aux donnée géologiques qui ont révélées une proportion d'argiles relativement plus élevée dans toute la partie Nord-Est du Souf. On observe par ailleurs des gradients hydrauliques plus élevés dans la cette zone.

Ce caractère argileux des sables gypsifères va jouer un rôle de barrière moins perméable, perpendiculairement au sens d'écoulement de la nappe. Cette situation va contribuer à ralentir les eaux souterraines et donc favoriser la remontée de la nappe.

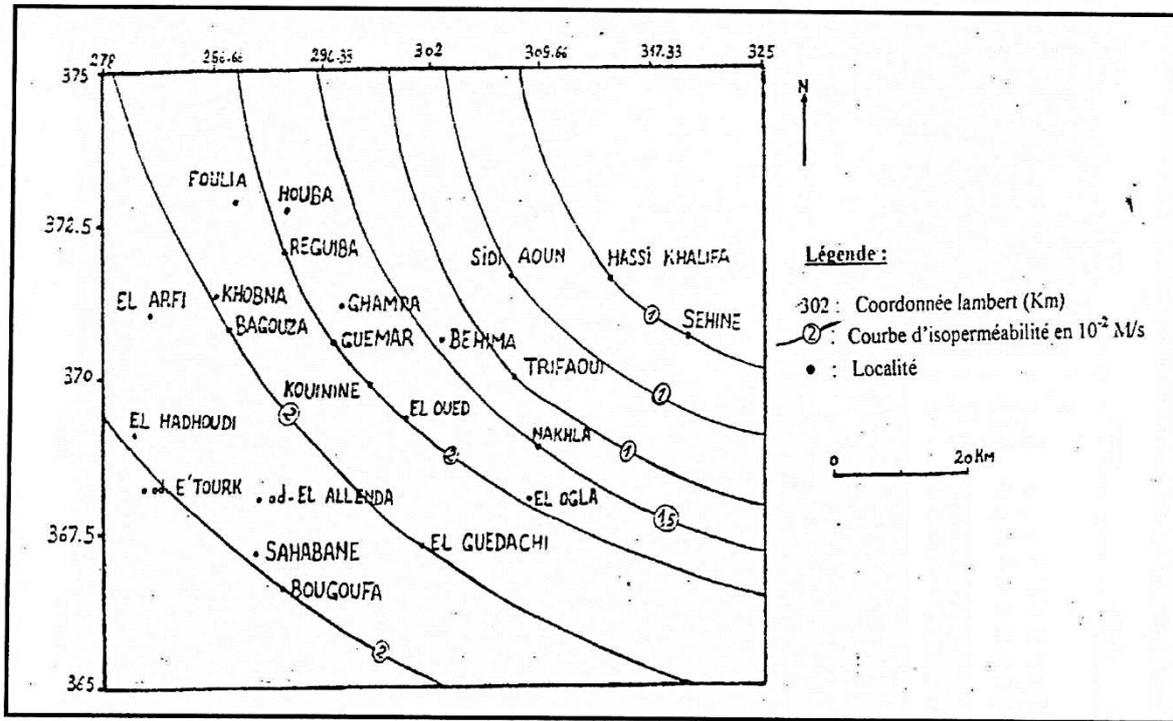


Figure (III-5) : Carte des perméabilités de l'aquifère Quaternaire dans le Souf .

IV- Etude piézométrique de la nappe phréatique :

IV.1 Carte piézométrique de la nappe phréatique :

Les relevés portant sur le nombre le plus élevé de points de mesures datent d'avril 2002 .Ils comprennent 207 points opérationnels.

Le niveau piézométrique a été relevé sur les 177 puits qui n'étaient pas en pompage, dont une centaine de nouveaux points situés dans les zones urbanisées.

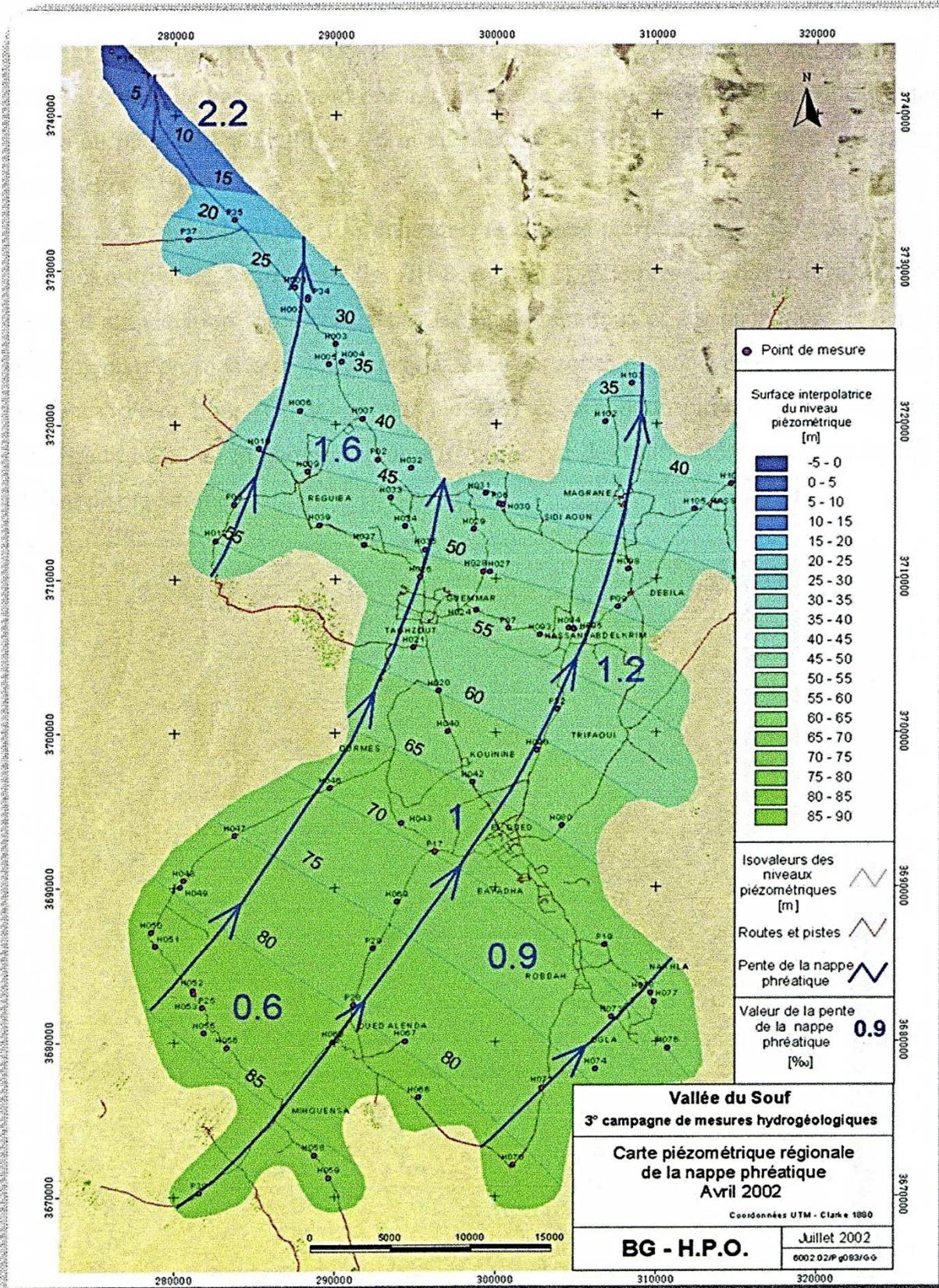


Figure (III-6) : Carte piézométrique en avril 2002

La partie haute de la nappe, représentée en vert, est située au Sud-Ouest avec une cote de près de 90 mètres au piézomètre P039 implanté dans la route de Touggourt au Sud-Ouest de Mihouensa. Une zone basse au Nord-Ouest, représentée en bleu avec une cote d'une trentaine de mètres au puits H01 à Foulia et - 6 m au piézomètre P036 à la limite Nord-Ouest, sur la route de Biskra.

Ainsi qu'on peut facilement le constater, la surface piézométrique n'est pas régulière (Figure III-6) profil 1 à 5 ci-après – Figure (III-8 à III.12). Elle présente des points hauts dans les zones d'alimentation représentées par les agglomérations et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des points bas dans les zones de prélèvement par évaporation des surfaces d'eau libre (Chotts, ghouts inondés) et évapotranspiration de la végétation (cultures traditionnelles en ghouts, cultures irriguées pas des puits traditionnels ou améliorés dans la nappe phréatique).

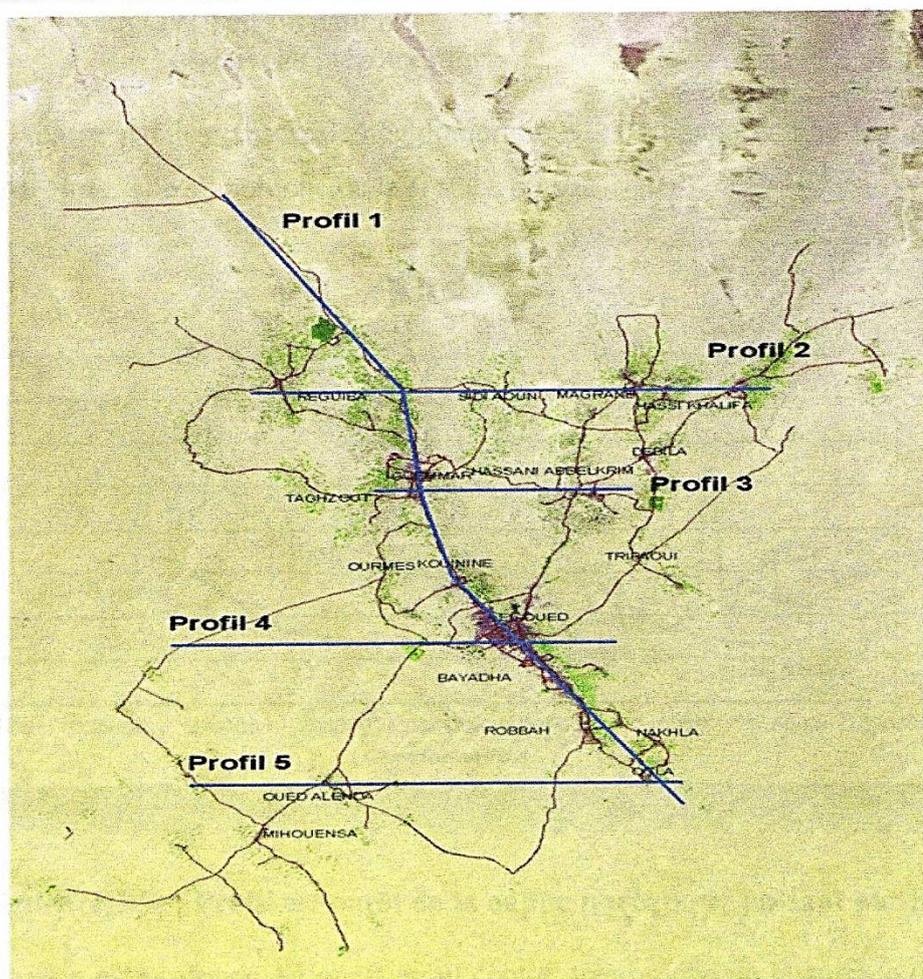


Figure (III-7) : Situation des profils de la nappe phréatique

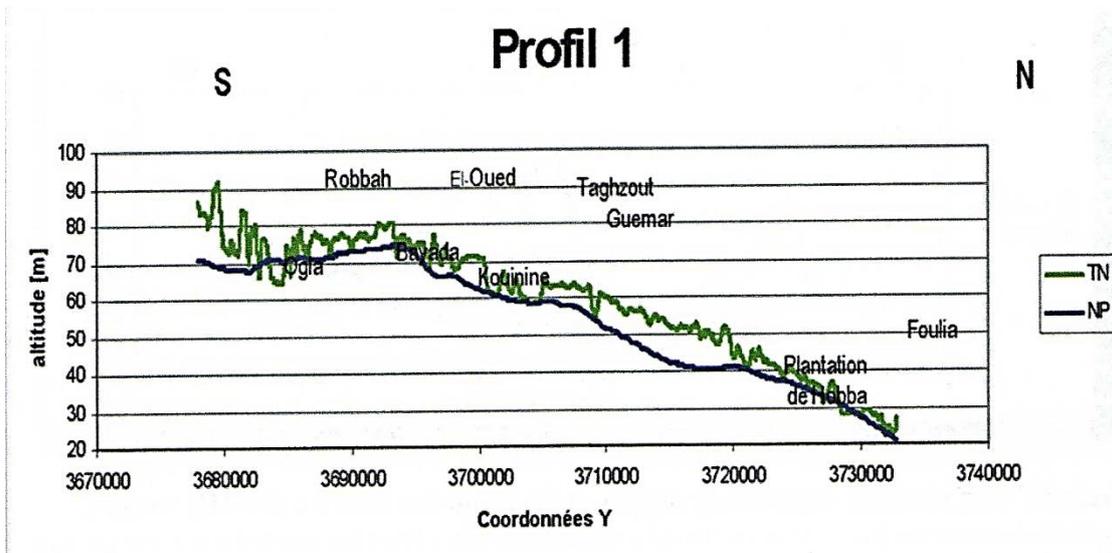


Figure (II-8) : Profil Nord-Sud de la nappe phréatique dans l'axe Foulia – El-Oued – Oglia.

TN Terrain Naturel

NP Niveau piézométrique

Le profil 1 passe par les principales agglomérations. la nappe ennoie les ghouts près de celles-ci .Au Nord, elle d'approche de la surface du sol.

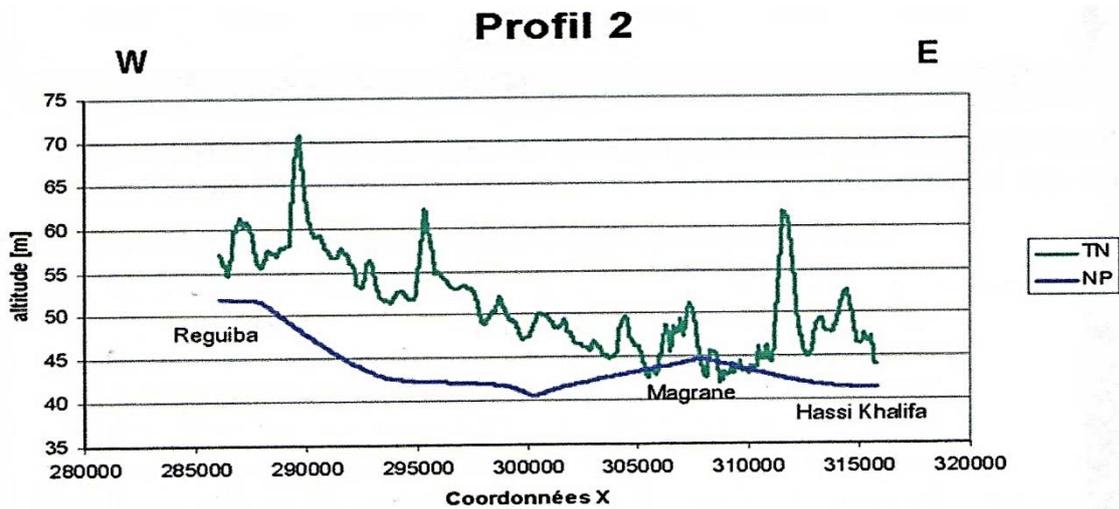


Figure (III-9) : Profil Est-Ouest et au centre, très proche de la surface du sol près de Magrane.

Elle est déprimée sous les zones de cultures.

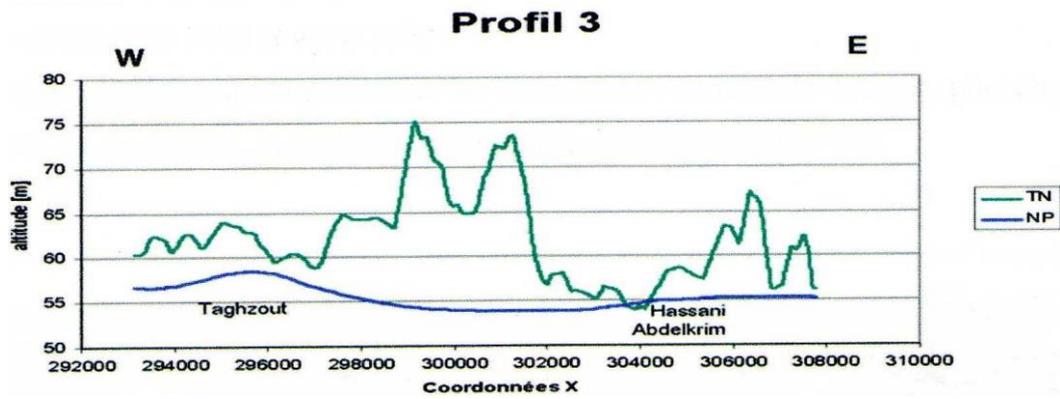


Figure (III-10) Profil Est-Ouest de la nappe phréatique passant par Taghzout.

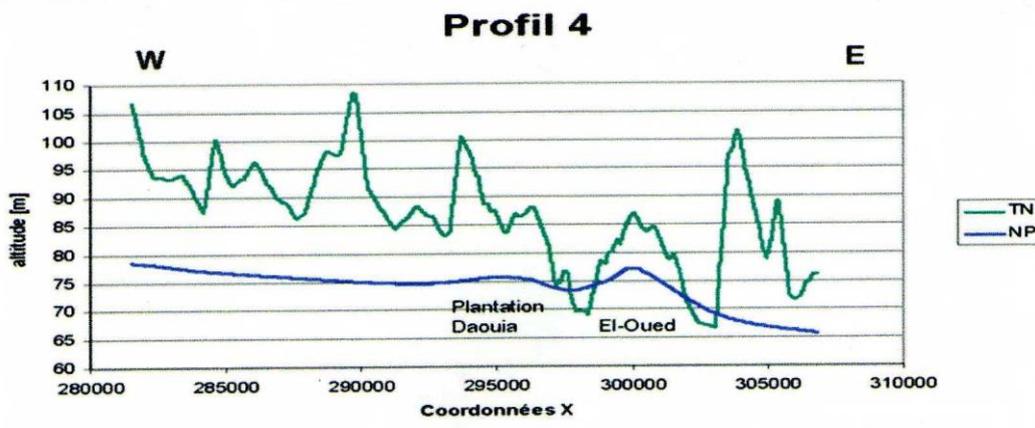


Figure (III-11) ; Profil Est-Ouest de la nappe phréatique passant par El-Oued

Ce profil met en évidence la remontée sous les zones d'alimentation que sont la plantation Daouia (irriguée à partir du CT) et l'agglomération d'El-Oued.

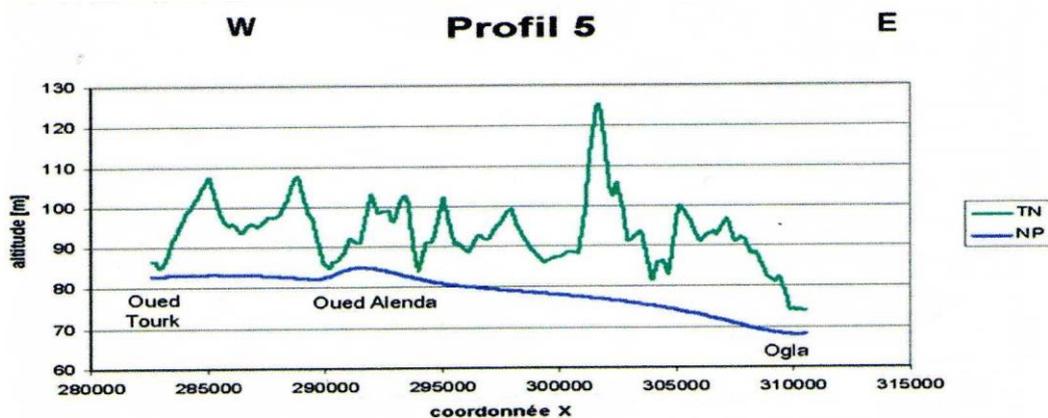


Figure (III-12) : Profil Est-Ouest de la nappe phréatique passant par Ogla.

Ce profil, situé le plus au Sud, présente la nappe à son état quasi naturel, mis à part l'AEP d'Oued Alenda qui fait monter la nappe localement.

IV.2. Variations des niveaux piézométriques entre avril 2002 et mars 1993.

IV.2.1- Entre avril 2002 et avril 2001

Ces variations sont représentées par les mouvements annuels de la nappe phréatique entre Avril 2002 et Avril 2001, ces variations sont réalisées dans la figure.

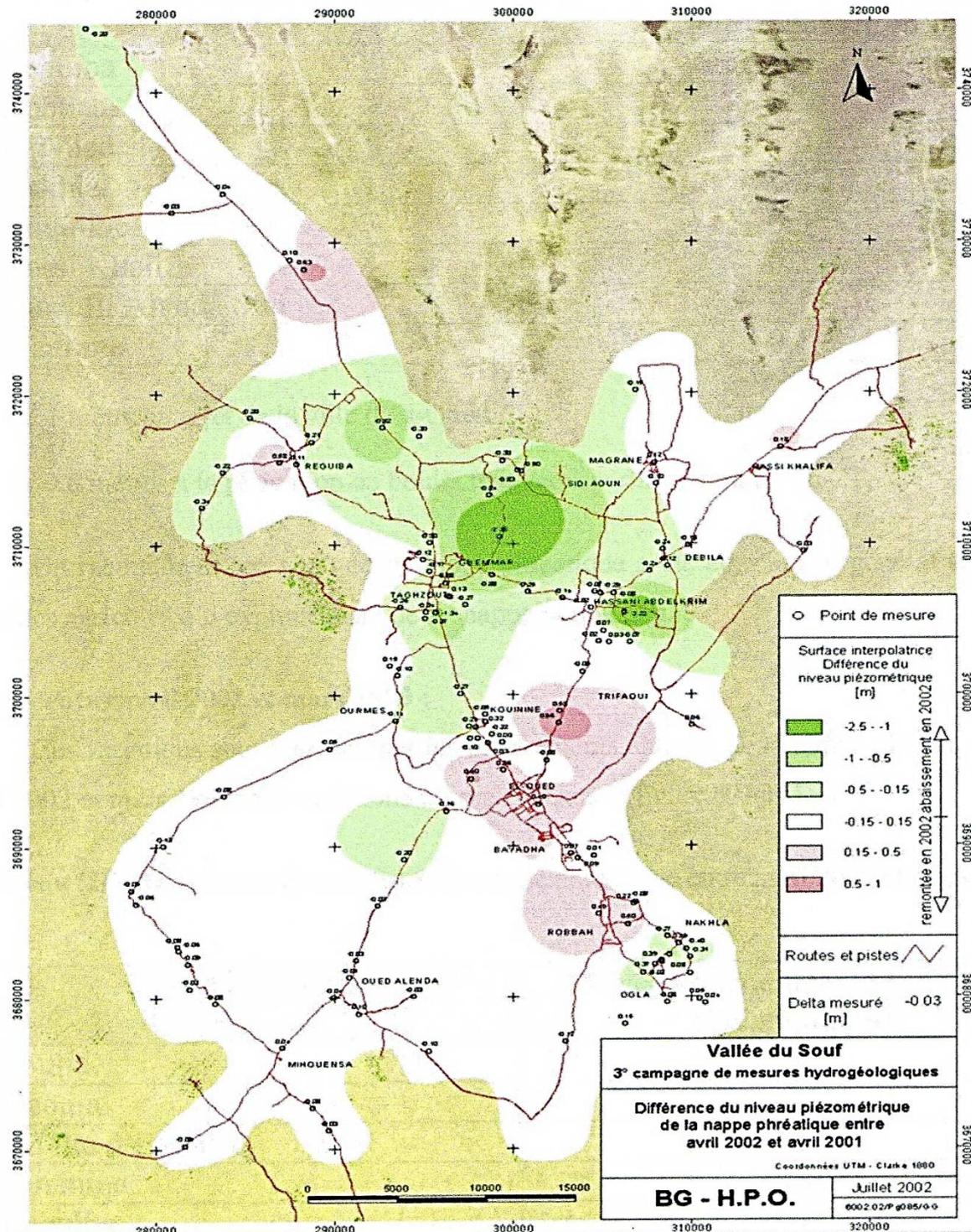


Figure (III-13) : Carte des différences du niveau piézométrique entre avril 2002 et avril 2001

Entre avril 2002 et avril 2001, une montée en rouge) du niveau de la nappe phréatique a été constatée.

- Au niveau des centres urbains.

Tableau (III-2) : Niveau de montée de la nappe phréatique dans différentes communes entre avril 2002 et avril 2001.

Les communes	Niveau de la montée de la nappe phréatique(m)
Reguiba	0,6
Robbah	0,5
El-oued	1,0
Nakhla	0,3
Kouinine	0,3
Hassi Khalifa	0,2
Oued El Anda Sud	0,1
Magrane	0,1

- de 1 mètre au rejet de la ville d'El-Oued

- de 0.6 mètres à la plantation de Foulia irriguée à partir de forage au CT.

Un rabattement (en vert) de la nappe phréatique a été constaté en général au niveau des zones agricoles qui exploitaient l'eau de la nappe phréatique.

IV.2.2- entre avril 2002 et mars 1993 :

Ces variations sont représentées par les mouvements annuels de la nappe phréatique entre avril 2002 et mars 1993. Elles sont réalisées dans la figure (III-14).

Tableau (III-3) : Niveau de montée de la nappe phréatique entre avril 2002 et mars 1993.

Les communes	Niveau de montée de la nappe phréatique (m)
Foulia	1,4
Daouia	3
La ville d'El-Oued	4,5
Guemmar	5,8
Reguiba	2,1
Hassi Khelifa	1,9
Nakhla et la région de Oued Turk	1,7

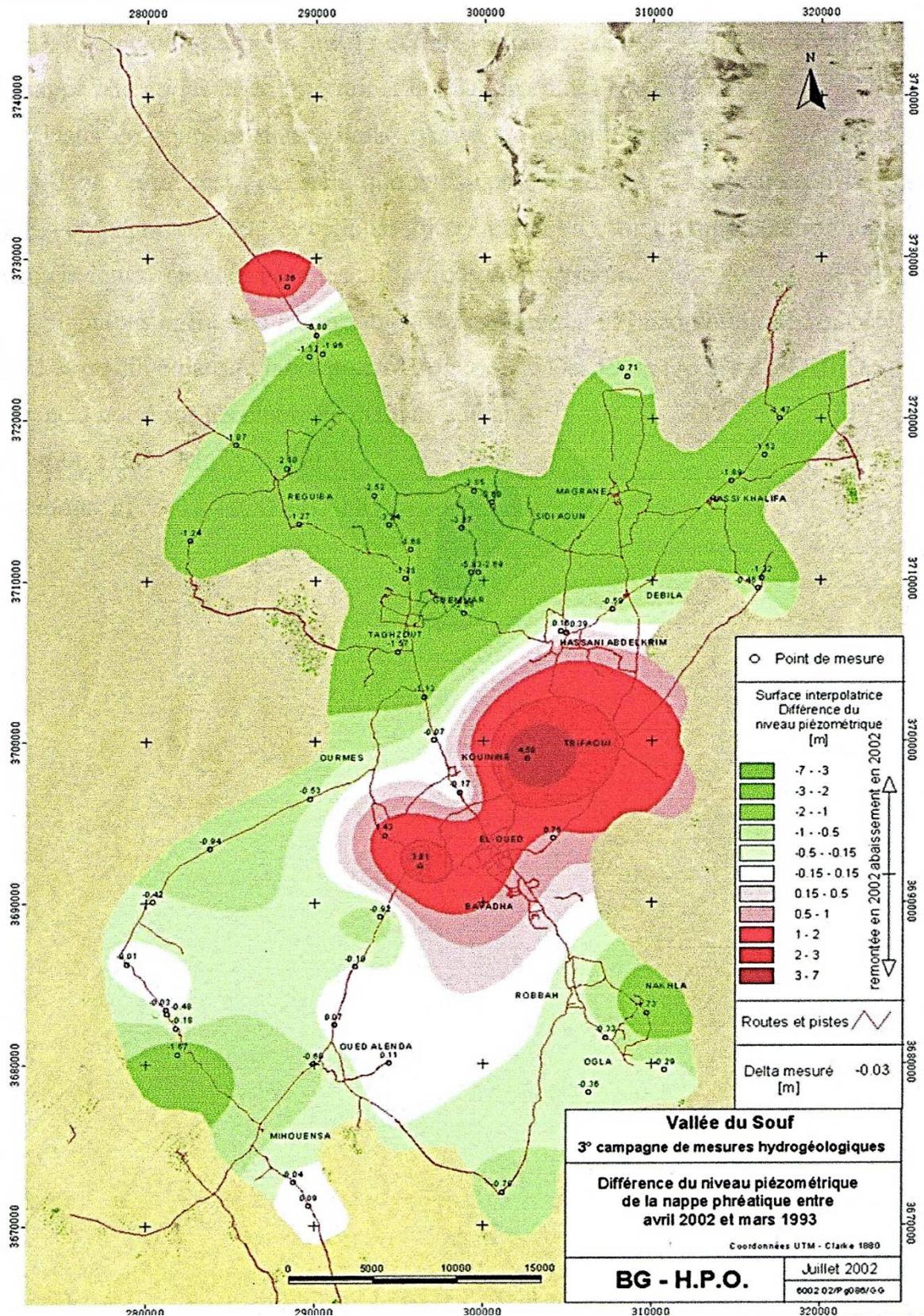


Figure (III-14) : Carte des différents niveaux piézométrique entre avril 2002 et mars 1993

V- Etude Hydro-chimique

L'hydrochimie a pour but de définir les caractéristiques physico-chimique des eaux de la nappe phréatique et de déterminer la relation entre l'eau et le sol.

Dans ce chapitre nous allons essayer de quantifier les divers éléments chimiques dissous dans l'eau, c'est pour cela que nous procédons à la comparaison de ces derniers entre la campagne de 1993 et celle de 2006, qu'on va estimer l'appréciation de la probabilité des eaux et leurs aptitudes pour les utilisations en irrigation.

Signalons enfin que les mesures des paramètres physico-chimiques ont été effectuées en 1993 et en 2006 dans le laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE) EL-Oued.

Le dosage a porté sur les éléments majeurs suivants :

- Cation : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^{++} et k^+
- Anions : Cl^- , SO_4^- , HCO_3^- ET NO_3^-

V.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux :**V.1.1. Identification des points d'eau :****Tableau (III-4) :** situation de différences des points d'eau.

N°de puits D'eau	Commune	Type D'ouvrage	Altitude d'eau En (m)	Profondeur en (m)
H01	Gemmar	Sonde	9.7	51.48
H02	Reguiba	Puit traditionnel	8.1	66.62
H03	Thaghzout	Sonde	10.71	68.05
H04	Kounine	Sonde	7.35	72.28
H05	El-Oued	Piézomètre	9.35	66.78
H06	Ourmes	Puit traditionnel	13.19	92.42
H07	Gumar	Puit traditionnel	10.5	93.62
H08	Oued Alenda	Puit traditionnel	14	95.24
H09	Robah	Puit traditionnel	14.75	96.4
H10	El Ogla	Puit traditionnel	12.06	81.64
H11	Nakhla	Puit traditionnel	12.06	81.64
H12	Tifraoui	Puit traditionnel	12.06	81.64
H13	Debila	Sonde	6.27	54.95
H14	Debila	Sonde	6.27	54.95
H15	Sidi Aoun	Sonde	8.35	49.76
H16	Magrane	Sonde	4.63	45.43
H17	Magrane	Sonde	4.63	45.63

V1.2. Les résultats d'analyse :**V.1.2.1. Le nitrate :**

Le nitrate constitue le composant final du cycle d'oxydation de l'azote. Leur toxicité pour l'homme réside dans le fait qu'ils se transforment facilement en nitrites par dénitrification.

Les résultats d'analyses de 17 points sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau (III-5) : Taux de Nitrate des eaux de la nappe phréatique du Souf des années 1993, 95, 97, 98, 2000, 2001, 2002 et 2006.

N°point D'eau	NO ₃ (mg/l)							
	1993	1995	1997	1998	2000	2001	2002	2006
H1	-	-	02	02	3.8	4	4.6	5.7
H2	-	-	26	40	75	95	112	118
H3	-	-	-	30	55	120	159	160
H4	-	20	38	39	80	88	90	115
H5	-	29	37	40	59	90	100	105
H6	24	32	60	58	78	80	83	132
H7	81	88	90	95	100	121	132	241
H8	-	-	-	30	35	37	70	119
H9	-	-	89	93	102	120	131	160
H10	-	-	49	55	67	72	84	93
H11	-	34	45	59	61	63	65	85
H12	20	21	40	60	97	95	140	160
H13	-	29	27	34	40	49	79	104
H14	25	38	45	61	80	83	101	176
H15	-	45	50	56	58	75	85	90
H16	30	66	67	90	100	104	140	143
H17	30	60	64	86	99	104	121	140

V.1.2.2. La température :

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles : les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie plusieurs facteurs.

L'eau potable à une bonne fraîcheur si sa température varie entre 9 et 12°C une température élevée des eaux dans les réseaux de distribution peut être à la base d'un développement planctonique important dans les conduites ou d'une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres.

Les résultats d'analyse de 17 points sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (III-6) : La température des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 1999, 2001, 2002, 2006.

N° : point d'eau	T ^{ure} (°C) 1999	T ^{ure} (°C) 2001	T ^{ure} (°C) 2002	T ^{ure} (°C) 2006
H1	20.1	20.7	21	24.3
H2	24.2	24	23.9	25
H3	22.4	22.1	21.6	23.5
H4	18	18	20.4	22
H5	24.4	24	22.4	24.8
H6	18	20	23	24.3
H7	20	22	23.6	23.9
H8	18	20	21.1	22
H9	20	20.7	21	23.1
H10	18.5	19.4	26	26.2
H11	18	18	19.8	20
H12	21	20	22.2	22.5
H13	21	21.4	22.9	24.3
H14	22	23.7	24	25.2
H15	22	22.3	22.6	23.7
H16	25	26.1	25	26.4
H17	23	24	24.5	25

t

V.1.2.3 Le PH :

Le PH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ion d'hydrogène $[H_3O^+]$. Il est inférieure ou supérieur a sept (7) suivant l'eau si elle est acide ou basique .Le PH n'as pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau .pour les eaux naturelles, le pH est compris entre 6 et 8.

Les résultats d'analyse de 17 points sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (III-7) : Le PH des eaux de la nappe phréatique du Souf des années 1999, 2001,2002et 2006

N°: point d'eau	PH 1999	PH 2001	PH 2002	PH 2006
H1	7.9	7.5	6.4	6.3
H2	7.7	7.5		7.4
H3	7.5	7	7	7.1
H4	8.2	7.4		7.3
H5	7.8	7.6	7.7	7.8
H6	7.6	7.6	7.7	7.8
H7	7.6	7.4	7.7	7.9
H8	8	9.8	8.5	8.7
H9	7.4	7.5	7.7	7.8
H10	7.5	7.5	7.7	7.7
H11	7.6	7.6	7.6	7.7
H12	7.9	7.5	7.3	7.8
H13	7.8	7.6	7.6	7.5
H14	7.5	7.5	7.6	7.6
H15	7.8	7.3		7.6
H16	7.8	7.3	7.1	7.5
H17		7.2	6.8	7

V.1.2.4 Conductivité et minéralisation :

La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissous. Une conductivité élevée traduit soit des PH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée, comme elle peut conduire à un entartrage des conduites si l'excès est dû aux ions de calcium. Elle est mesurée avec un conductimètre.

On peut classer les eaux selon leur conductivité, si celle-ci est :

- ✓ Inférieure à 100 $\mu\text{S/cm}$, l'eau a une conductivité, très faible
- ✓ Comprise entre 200 et 333.33 $\mu\text{S/cm}$ l'eau a une minéralisation faible.
- ✓ Comprise entre 333.33 et 666.66 $\mu\text{S/cm}$, l'eau a une minéralisation moyenne
- ✓ Comprise entre 666.66 et 1000 $\mu\text{S/cm}$, l'eau a une minéralisation importante.

Supérieure à 1000 $\mu\text{S/cm}$, l'eau a une minéralisation excessive.

Les résultats d'analyse de 17 points sont résumés dans le tableau suivant

Tableau (III-8) : La conductivité des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 1999, 2001, 2002 et 2006.

N° : point d'eau	C ($\mu\text{S/cm}$) 1999	C ($\mu\text{S/cm}$) 2001	C ($\mu\text{S/cm}$) 2002	C ($\mu\text{S/cm}$) 2006
H1	6190	8700	8850	4580
H2	3840	4500		4870
H3	5500	5940	6190	6190
H4	5790	5840		5500
H5	7050	7890	7610	7610
H6	3450	3660	3690	3690
H7	3300	4340	5000	5000
H8	3350	3460	3700	3700
H9	5980	5870	3120	3120
H10	2530	2610	3270	3270
H11	3040	3070	3130	2130
H12	3220	3170	3690	3690
H13	4070	4900	3830	3830
H14	5160	4700	4310	4310
H15	5670	6200		7340
H16	7270	7090	7760	7760
H17	4530	4800	4550	4550

V.1.2.5. Les minéraux :

Les résultats d'analyse de 17 points sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (III-9) : La concentration de quelques éléments analysés (mg/l) de la nappe phréatique de Souf de l'année 2006

N° : point d'eau	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻
H1	242	568	639	30	1025	2391	367
H2	208	464	280	29	706	1736	168
H3	168	384	245	17	406	1396	110
H4	220	577	230	03	45	50	05
H5	250	650	260	22	985	1401	324
H6	186	223	195	24	438	961	212
H7	246	523	25	07	37	51	11
H8	220	525	258	10	1014	2512	230
H9	138	244	197	24	431	987	215
H10	228	408	307	23	610	1808	138
H11	196	307	195	25	300	1529	209
H12	197	420	220	19	640	1409	133
H13	202	407	137	27	591	942	109
H14	255	532	512	19	1250	2584	264
H15	243	567	473	20	1137	2300	272
H16	222	563	342	29	1400	2100	168
H17	170	343	203	17	306	1554	205

V.1.2.6. Résidu Sec :

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Les résultats d'analyse de 17 points sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau (III-10) : taux de résidu sec des eaux de la nappe phréatique de Souf des années 1993, 1995, 1997, 1999, 2001 et 2006

VI. Teneur Admissible :

N : point d'eau	RS (g/l)					
	1993	1995	1997	1999	2001	2006
H1	3.2	3.4	3.92	3.73	3.72	4.86
H2	5.56	5.92	6.58	6.91	3.72	7.006
H3	-	4.41	3.50	4.63	4.790	4.65
H4	-	3.92	3.27	3.32	3.466	4.35
H5	-	2.916	3.23	3.24	3.52	4.20
H6	-	-	2.52	2.61	2.95	3.32
H7	2.18	2.25	2.24	2.29	2.55	2.731
H8	-	2.42	2.52	2.66	2.83	3.29
H9	2.12	2.26	2.24	2.302	2.59	2.733
H10	-	2.95	3.59	3.646	3.73	3.93
H11	3.211	3.12	3.56	3.627	3.76	3.94
H12	-	3.52	3.42	3.662	3.79	4.47
H13	-	2.42	2.501	2.69	2.89	3.28
H14	2.152	2.26	2.258	2.35	2.61	2.78
H15	-	3.95	3.955	3.96	3.87	4.17
H16	3.21	3.12	3.521	3.60	3.704	3.910
H17	-	3.55	2.468	3.62	3.75	4.405

Nous remarquons que dans tous les puits (échantillons) le PH est situé dans la norme maximale est acceptable. La concentration des résidus secs et la conductivité est généralement supérieur a la concentration maximale (selon les normes (O.M.S))

Tableau (III-11) : les normes applicables aux eaux destinées a l'alimentation humaine selon l'O.M.S

Substance	Concentration Maximale acceptable (mg/l)	Concentration Maximale admissible (mg/l)
Résidu Sec	500	1500
PH	7 a 8.5	6.5 a 9.2
Conductivité	200	1000

La qualité d'une eau est en fonction de ses caractéristiques physico-chimiques selon l'O.M.S, les normes sont les suivantes :

Tableau (III-12) : Les substances chimiques influentes sur la potabilité de l'eau (Normes Algériennes).

Substance	Concentration maximale acceptable (mg/l)	Concentration maximale admissible (mg/l)
Ca ⁺⁺	15	200
Mg ⁺⁺	50	150
SO ⁻⁴	200	400
Cl ⁻	200	600
K ⁺⁺	15	20
NO ⁻³	50	100

Selon RODIER (1979) la concentration maximale acceptable se limite a partir de laquelle la qualité d'une eau est diminuée et peut provoquer chez le consommateur une certaine réticence tolérées, des teneurs supérieures peuvent être dangereuse pour la santé

Nous remarquons que dans tous les puits (échantillons) le PH est situé dans la norme maximale est acceptable. Le résidu sec et conductivité sont généralement supérieurs à la concentration maximale (selon les normes (OMS) voir tableau (III-11))

Tableau(III-11). Les normes applicables aux eaux destinées à l'alimentation humaine .Selon l'(OMS).

Substance	Concentration Maximale Acceptable (mg/l)	Concentration Maximale Admissible (mg/l)
Résidu Sec	500	1500
PH	7 à 8, 5	6,5 à 92
Conductivité	200	1000

La qualité d'une eau est fonction de ses caractéristiques physico-chimiques selon l'OMS, les normes sont les suivantes.

Tableau (III-12) : Les substances chimiques influentes sur la potabilité de l'eau (OMS) (Normes algériennes.

Substance	Concentration Maximale Acceptable (mg/l)	Concentration Maximale Admissible (mg/l)
Ca⁺⁺	15	200
Mg⁺⁺	50	150
SO₄⁻	200	400
Cl⁻	200	600
K⁺⁺	15	20
NO₃⁻	50	100

Selon RODIER (1979) la concentration maximale acceptable se limite à partir de laquelle la qualité d'une eau est diminuée et peut provoquer chez le consommateur une certaine réticence tolérées, des teneurs supérieures peuvent être dangereuses pour la santé.

- Interprétation et discussion des résultats :

Il faut rappeler que l'action de la qualité de l'eau sur la santé est déjà relativement bien connue. La composition de l'eau de boisson doit répondre à certaines normes, de caractéristiques physiques, organoleptiques bactériologiques et chimiques. Notre étude concerne le dernier critère.

Par rapport aux précipitations dont elles sont issues, les eaux de la nappe montrent un enrichissement en ions majeurs dû très probablement au contact avec les sables sur lesquels se déposent les sels issus des embruns marins. Les faciès chimiques sont donc acquis précocement lors de la percolation dans la zone non saturée du sol.

Lorsqu'on compare les concentrations des ions mesurés dans les 17 points, on observe que globalement, il y a une augmentation des teneurs en nitrates et les résidus secs. En effet, elles constituent un risque pour la santé de ceux qui consomment directement l'eau de la nappe. La corrélation entre la profondeur de la nappe et les teneurs en NO_3^- indiquent qu'il n'y a pas de relation globale précise.

Les teneurs en nitrates dans les eaux de la nappe phréatique sont élevées et dépassent les normes admises (supérieures à 50mg/l) dépassent même en certains endroits les 200mg/l.

Ces quantités excessives présentent un risque pour la santé publique, en effet, elles constituent un risque d'une maladie qui touche le plus les nourrissons : la méthémoglobinémie, qui peut engendrer la formation de nitrosamine chez les personnes ayant une faible acidité gastrique, un rapport spécial sur le problème des nitrates dans les eaux de la nappe phréatique est en cours de préparation, il permettra aux autorités concernées de prendre les mesures d'hygiène préventive qui s'imposent.

Les valeurs de conductivité électrique des eaux de la nappe indiquent que celles-ci sont moyennement à fortement minéralisées avec des valeurs de conductivité électrique comprises entre 3000 et 7000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Lorsque les valeurs de la conductivité électrique dépassent 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les eaux présentent des effets laxatifs chez les consommateurs (OMS, 1986).

Le pH indique que les eaux sont légèrement acides, sur les 17 points, captant la nappe phréatique (qu'on a fait analyser), les valeurs du pH varient entre 6 et 9. Les valeurs moyennes de pH mesurées sont compatibles avec le milieu silicaté qui constitue l'aquifère.

Les températures mesurées sont comprises entre 18° et 26°C avec une moyenne de 22°C. Elles correspondent aux températures atmosphériques ambiantes et indiquent l'ouverture du système aquifère, donc sa vulnérabilité vis-à-vis de la pollution. Hydro-chimique.

Les eaux de la nappe phréatique sont moyennement minéralisées et présentent généralement un faciès chloruré sodique avec une forte tendance vers le pôle nitraté. Tous les d'eau sont affectés par une forte évolution de pollution en nitrates.

- En conclusion, on peut affirmer que : La variation de l'ensemble des éléments chimiques étudiés dans ce dernier chapitre permet de dire que la pollution de la nappe phréatique est acquise par dissolution (mise en solution) et par lessivage.

- Les teneurs en éléments chimiques dépassent les limites des normes admises et posent le problème de la qualité chimique des eaux (potabilité). La bonne corrélation obtenue entre les CL^- et les NO_3^- l'eau interstitielle du sol semble indiquer (en attendant la réalisation de plusieurs autres profils) que celle-ci provient de la matière organique d'origine anthropique .

- Lorsque l'azote existe dans le sol, il est essentiellement intégré à des molécules organiques avec environ 95% d'azote organique pour 5% d'azote minéral. Au cours de son cycle biogéochimique.

- Les teneurs en nitrates sont très élevées et dépassent largement les normes internationales admises de 45mg/l (OMS, 1985).

En effet, les sables dunaires très perméables peuvent être assimilés à milieu aérobie (contact permanent avec l'atmosphère), les rejets des eaux usées (azote organique) se transforment en nitrites puis en nitrates en consommant l'oxygène par nitrification selon le diagramme suivant :

- En conclusion, on peut affirmer que : La variation de l'ensemble des éléments chimiques étudiés dans ce dernier chapitre permet de dire que la pollution de la nappe phréatique est acquise par dissolution (mise en solution) et par lessivage.

- Les teneurs en éléments chimiques dépassent les limites des normes admises et posent le problème de la qualité chimique des eaux (potabilité). La bonne corrélation obtenue entre les CL^- et les NO_3^- l'eau interstitielle du sol semble indiquer (en attendant la réalisation de plusieurs autres profils) que celle-ci provient de la matière organique d'origine anthropique .

- Lorsque l'azote existe dans le sol, il est essentiellement intégré à des molécules organiques avec environ 95% d'azote organique pour 5% d'azote minéral. Au cours de son cycle biogéochimique.

- Les teneurs en nitrates sont très élevées et dépassent largement les normes internationales admises de 45mg/l (OMS, 1985).

En effet, les sables dunaires très perméables peuvent être assimilés à milieu aérobie (contact permanent avec l'atmosphère), les rejets des eaux usées (azote organique) se transforment en nitrites puis en nitrates en consommant l'oxygène par nitrification selon le diagramme suiva

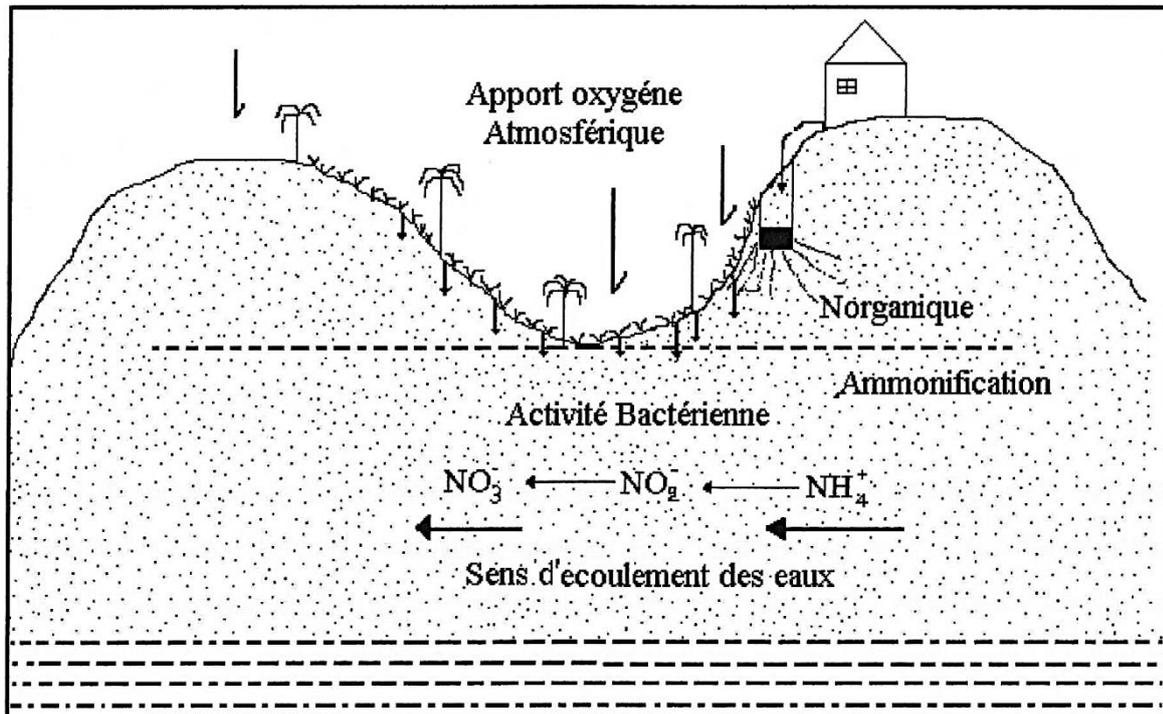


Schéma (III-2) : Schéma Explicatif des processus de nitrifications.

Bien que la notion de moyenne soit très limitée dans le contexte de notre étude, il apparaît que la pollution nitratée de la nappe phréatique du Souf s'établie autour de 200mg/l. Ceux-ci seraient liés respectivement aux latrines familiales non étanches qui sont pratiquement noyées dans la nappe dans certaines zones et à la minéralisation de la matière organique du sol.

Par ailleurs, il est fréquent de constater qu'aucune précaution préalable n'est prise lors du prélèvement de l'eau dans le puits.

La suite du programme devrait nous permettre, d'une part, d'engager l'étude sur la composition des différents types de déchets domestiques, et d'autre part, de réaliser des prélèvements complémentaires de sol afin d'analyser l'eau interstitielle.

Pour les populations qui disposent de bornes fontaines, la pollution de la nappe par les NO_3^- n'est pas réellement une contrainte, car la société de distribution de l'eau dispose d'autres ressources en eau, ce qui lui offre la possibilité d'effectuer des dilutions susceptibles de ramener les teneurs en NO_3^- 0 des valeurs acceptables pour la consommation.

Conclusion

La présente synthèse nous a montré qu'il y a une amélioration plus ou moins importante du problème de remontée des eaux dans le Souf que ce soit sur l'évolution du niveau hydrostatique de la nappe phréatique en question ou sur la répartition salinité et la qualité des eaux des nappes profondes, donc il ne faut pas oublier la complexité du problème de remontée des eaux dans la région de Oued Souf et ses conséquences néfastes sur l'environnement et afin d'atténuer ce phénomène pour sauvegarder l'équilibre de l'écosystème.

CHAPITRE IV

IMPACT DE LA REMONTÉE DES EAUX SUR L'ENVIRONNEMENT.

IV IMPACTS DE LA REMONTEE DES EAUX SUR L'ENVIRONNEMENT

Introduction

Autre fois l'homme Soufi avait creusé des cuvettes jusqu'à arriver au niveau de la nappe phréatique, au-dessus de laquelle, il avait planté des palmiers qui pompaient directement leur eau du sol sans avoir besoin d'être irrigués cette technique unique au monde qui a coûté à nos ancêtres des efforts draconiens et d'énormes sacrifices, a donné ses fruits pendant des siècles et a établi un lien solide entre le Soufi et le palmier.

Malheureusement, la remontée des eaux a causé un changement important sur l'environnement touchant essentiellement le secteur agricole et en particulier les palmerais en cuvette, et d'autres secteurs comme la santé publique, le tourisme et la vie socio-économique des citoyens, ces problèmes écologiques ont plus ou moins influé négativement sur certaines régions du Souf.

Dans l'attente de jours meilleurs, le Soufi passe ses nuits sous les moustiquaires, et rêve de solutions qui peuvent sauver ce qui reste du patrimoine ancestral.

I. Impacts de la remontée des eaux sur l'agriculture :

L'agriculture est l'un des secteurs économique qui peuvent avoir une incidence importante sur l'environnement en général et la qualité des eaux en particulier.

Malheureusement, la remontée des eaux a causé plusieurs dégâts dans ce domaine, ce qui a contraint les fellahs a abandonner leurs ghoots.

Les indicateurs suivants sont données a titre d'exemple :

I.1.dégâts de la remontée des eaux sur les palmiers : Dépérissement des palmiers plantés dans des cuvettes (ghoots) a environ 1m du niveau de la nappe phréatique par asphyxie des racines

Tableau (IV-1) : Récapitulatif des dégâts de la remontée des eaux (palmiers affectés)

Commune	Nombre palmiers total	Nombre de palmiers affectés	Pourcentage de palmiers affectés	Evaluations des pertes 500 DA par palmier
EL Oued	17975	16178	90	809000
Gumar	72300	10400	14	5200000
Reguiba	11700	5000	04	2500000
Taghzout	43000	6000	14	3000000
Ourmes	28000	00000		
Kouinine	20400	9604	47	4802500
Robbah	26500	28175	95	14087500
Nakhla	75000	22500	30	11250000
Beiadha	35000	35000	100	17500000
EL Ogla	20000	6000	30	3000000
Miha Ouensa	60000	1037	02	5185500
Debila	59300	41510	70	2075500
H.i. Abdelkerim	51000	30600	60	15300000
Hassi Khalifa	65000	6500	10	3250000
Trifaoui	59750	4128	07	2091000
Magrane	55000	5500	10	27500000
Sidi Aoune	42600	3408	08	17040000
Total	742525	231540		217047000

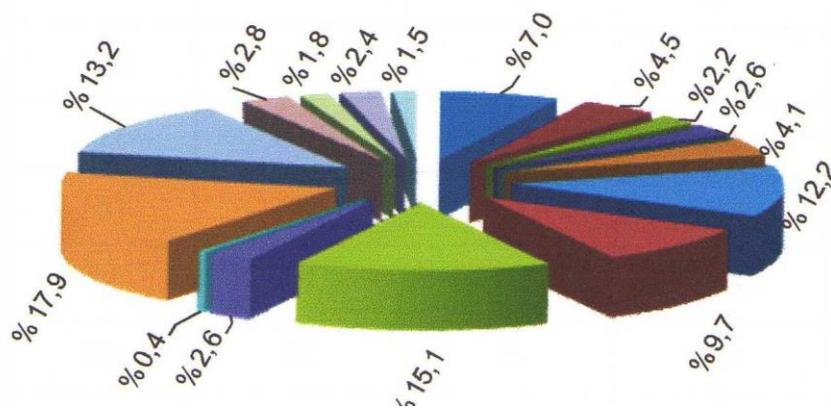


Figure (IV-1) : pourcentage des palmiers affectés par commune.

I.2. dégâts de la remontée des eaux sur les Gouts : perte des cuvettes 'ghoots) qui permettaient l'irrigation naturelle des palmiers et autres cultures comme le grenadier, la vigne, les pastèques, les melons ... ainsi que leur protection des vents et de la sécheresse.

Actuellement le Fellah est contraint d'irriguer artificiellement ses cultures et de les protéger des vents ce qui nécessite des dépenses énormes d'argent et de main d'œuvre.

Ce système d'irrigation naturelle unique au monde est à réhabiliter et revaloriser par l'équilibre du niveau de la nappe phréatique en empêchant l'excès d'infiltration des eaux usées et en cas de baisse importante du niveau de la nappe, il faudrait l'alimenter à l'aide de la nappe artésienne ou albiennaise en utilisant leurs eaux pour l'irrigation en cultures superficielles (pommes de terre, cacahouète, olivier, palmiers).

En effet, certaines palmerais traditionnelles ont dépris et d'autres dans la voie de l'être par descente du niveau de la nappe phréatique causée par le pompage excessif des eaux d'irrigation de la pomme de terre à l'aide des puits creusés traditionnellement (sondes)

Les communes les plus touchées par le phénomène de la remontée des eaux dans les ghoots sont Bayadha, Robbah, Abdelkrim, Kouinine

Tableau (IV-2) : Récapitulatif des dégâts de la remontée des eaux (ghoots affectés)
(Rapport L'D.S.A 13/05/1998)

Communes	Ghoots inondés	Ghoots humides	Ghoots secs	total	% Ghoots inondés
Bayadha	249	04	12	265	94%
Kouinine	186	160	66	412	45%
H.Abelkrim	171	340	375	886	19%
El Oued	164	40	07	211	78%
Robbah	77	27	59	163	47%
Nakhla	29	82	13	124	23%
Ourmes	13	160	133	306	3%
Debila	11	334	296	641	2%
Ogla	06	66	58	130	5%
Oued-Allenda	04	52	244	300	1%
Mih-Ouensa	03	22	863	888	0.33%
Magrane	01	556	375	932	0%
Taghzout	01	17	393	411	0%
Sidi-Aoun	00	76	486	562	0%
Hassi-khalifa	00	00	1997	1997	0%
Trifaoui	00	21	476	497	0%
Reguiba	00	143	594	737	0%
TOTAL	915	2100	6547	9562	10%

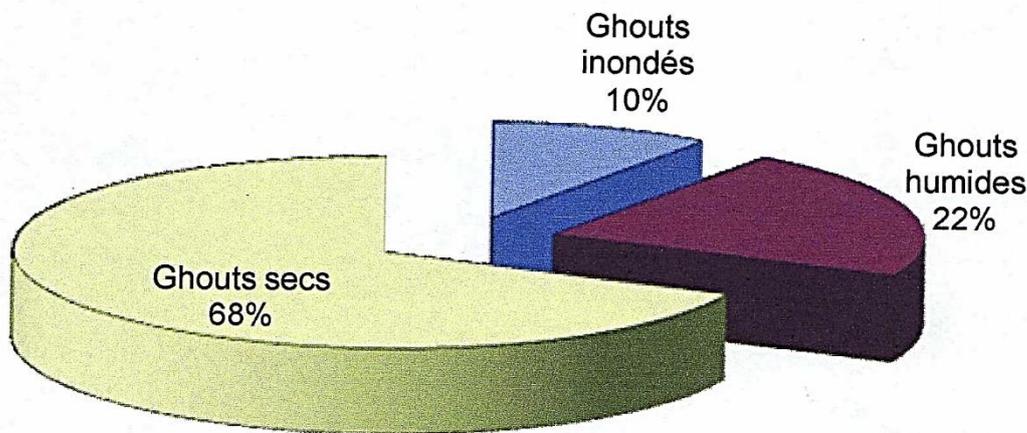


Figure (IV-2) : Pourcentage de Ghouts inondés, humides et secs.

I.3. Pollution de la nappe : L'eau de la nappe polluée par les produits chimiques qui s'y infiltrent agit d'une façon néfaste sur les plantes avec lesquelles elles sont irriguées.

La contamination des eaux par tous les intrants est un souci majeur pour la protection des écosystèmes et des ressources en eaux, elle peut être de différentes sortes selon l'eau et son emplacement.

I.4. La salinité des eaux d'irrigation : dans le système d'irrigation actuel , les agriculteurs pompent dans la nappe la quantité d'eau qui leur semble nécessaire et les eaux excédentaires non utilisées par les cultures s'infiltrent sur place et rejoignent la nappe .Ces fonction est bien connue sous le nom de lessivage des sels par litre , et pour deux cycles de culture par an , soit environ 10 000 m³ c'est six à dix tonnes de sel par hectare et par an qui s'accumuleraient dans les sols et qui finalement aboutissaient à la nappe qui évidemment en l'absence d'écoulement s'y accumulent en augmentant sa salinité.

I.5 La salinité du sol : Vu la grande évaporation des eaux stagnantes provoquées par la remontée des eaux, les terres agricoles sont devenues très salées, ce qui a diminué les surfaces cultivées et a contribué à la désertification



Photo (IV-1) : la salinité du sol en Chott



Photo (IV-2) : La salinité du sol à Sidi Mansour

La superficie agricole utile (SAU) affectée est mentionnée dans le tableau suivant :

Tableau (IV-3) : Récapitulatif des (SAU) endommagés par la remontée des eaux (D.S.A.2005)

Commune	S.A.U totale (ha)	S.A.U. endommagée (ha)	Pourcentage
EL-Oued	180	162	90
Reguiba	1170	150	13
Taghzout	430	60	14
Ourmes	280	/	/
Kouinine	204	96	47
Robbah	265	252	95
Nakhla	750	225	30
El Bayadha	350	350	100
El -Ogla	200	60	30
Mih Ouensa	600	10	02
Oued Allenda	35	/	/
Debila	593	415	70
Hassani Abdelkrim	510	306	60
Hassi Khelifa	650	65	10
Trifaoui	597	42	07
Magrane	550	55	10
Sidi Aoune	426	34	08
Guemmar	723	104	14
TOTAL	8513	2386	28,02%

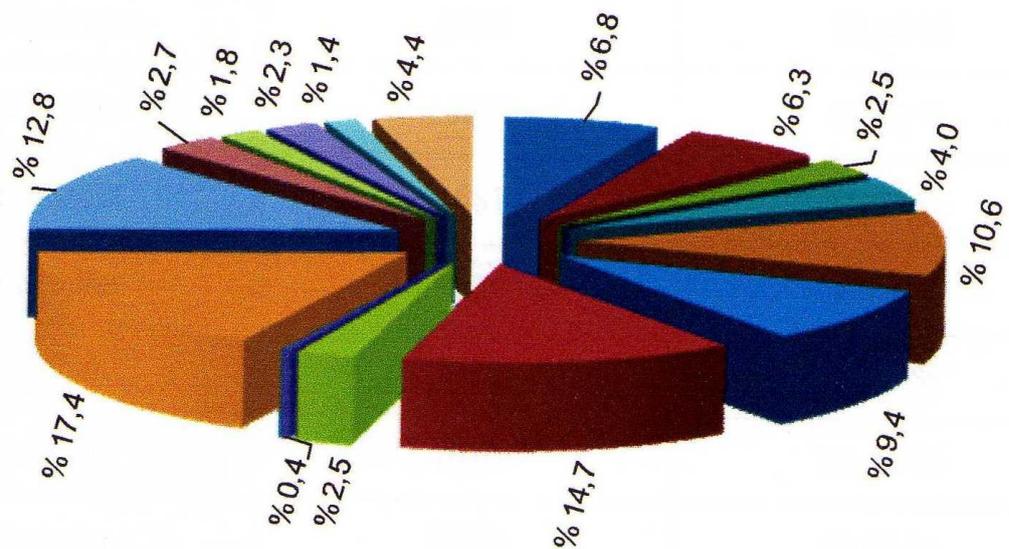


Figure (IV-3) : Pourcentage des surfaces agricoles utiles (S.A.U) endommagées par commune

I.7. La main d'œuvre dans le domaine agricole : Le nombre de travailleurs dans le domaine agricole est énorme, car il présente 30,77% de la masse ouvrière, sauf que les problèmes causés par la remontée des eaux et la disparition de plusieurs palmeraies ont contribué à la perte d'un grand nombre d'emploi, ce qui a contraint les habitants à changer d'activités.

Le tableau suivant représente le taux de travailleurs dans l'agriculture par rapport au taux global des travailleurs.

Tableau (IV-4) : Récapitulatif démontrant le pourcentage de la main d'œuvre dans le domaine agricole.

Commune	Main d'œuvre globale	Pourcentage main d'œuvre agriculture
EL-Oued	34964	11 .88%
Reguiba	2870	43.33%
Taghzout	1681	31.67%
Ourmes	1010	38.25%
Kouinine	2488	37.90%
Robbah	7470	45.58%
Nakhla	6251	32.40%
El Bayadha	5802	30.62%
El -Ogla	2420	30.18%
Mih Ouensa	8601	43.77%
Oued Allenda	5100	30.45%
Debila	1839	28.05%
Hassani Abdelkrim	2357	26.30%
Hassi Khelifa	10500	35.77%
Trifaoui	1902	48.37%
Magrane	2020	6.62%
Sidi Aoune		
Guemmar	13601	45.68%
TOTAL	113628	30.77%

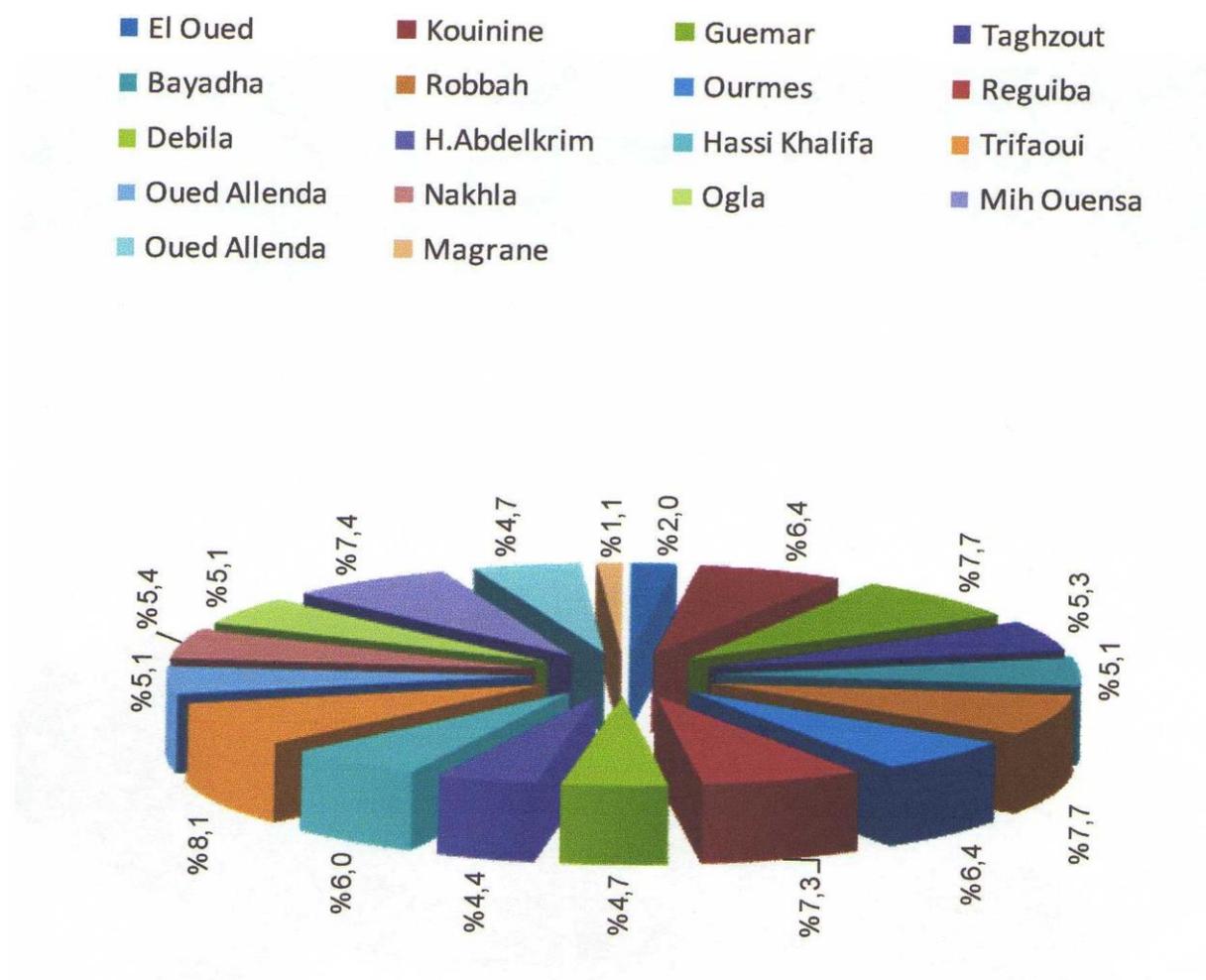
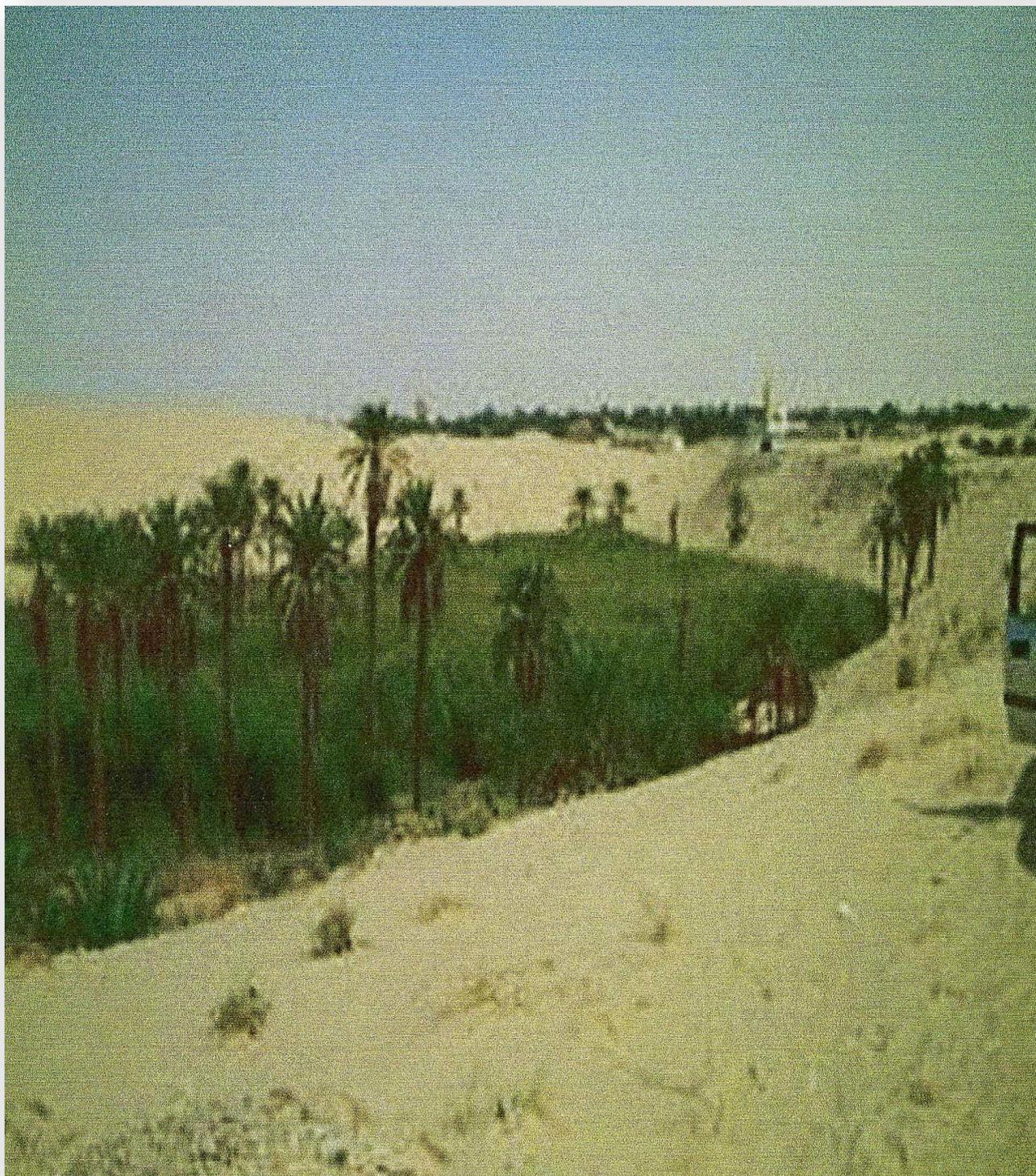


Figure (IV-4) : Pourcentage de la main d'œuvre dans le domaine agricole par commune.



Photo (IV-5) : Photo d'un ghout avant la remontée des eaux





II .Impacts de la remontée des eaux sur la santé publique :

La remontée des eaux a provoqué l'apparition de plusieurs problèmes de santé publique, notamment les maladies à transmission hydrique, la leishmaniose cutanée et le risque permanent d'apparition du paludisme, à cause

de la présence de fosses septiques environ (100000 en 2007).

Parmi les maladies à transmission hydrique les plus répandues dans la région du Souf, on trouve la fièvre typhoïde qui touche généralement une tranche d'âge entre 24 et 44 ans de sexe masculin surtout, la dysenterie amibienne et l'hépatite virale.

Tableau (IV-5) : Répartition de cas de maladies à transmission hydrique par communes

(Direction de la santé d'El-Oued 2008)

Communes	2005			2006			2007		
	Typhoïde	Dysenterie amibienne	Hépatite Virale	typh	dyse	hépa	typh	hépa	hepa
el oued	49	00	00	41	00	00	18	02	01
Reguiba	24	00	00	40	00	00	61	00	00
Guemmar	04	00	00	04	00	00	22	00	01
Thaghzout	02	00	00	01	00	00	03	00	00
Bayadha	03	00	00	06	00	00	04	00	00
Robbah	00	01	00	05	00	00	00	00	00
Hassani ab	00	01	00	01	00	00	01	00	00
Sidi aoun	01	00	00	01	00	00	00	00	00
Magrane	01	00	00	01	00	00	21	00	01
Debila	00	00	00	05	00	00	03	00	00
Mih ouens	00	00	00	02	00	00	00	00	00
tifaoui	00	00	00	02	00	00	00	00	00
Ourmes	00	00	00	00	01	00	01	00	00
Hassi khali	00	00	00	01	00	00	16	00	00
Oued alen	00	00	00	01	01	00	00	00	00
TOTAL	84		41	02	02	00	150	02	03

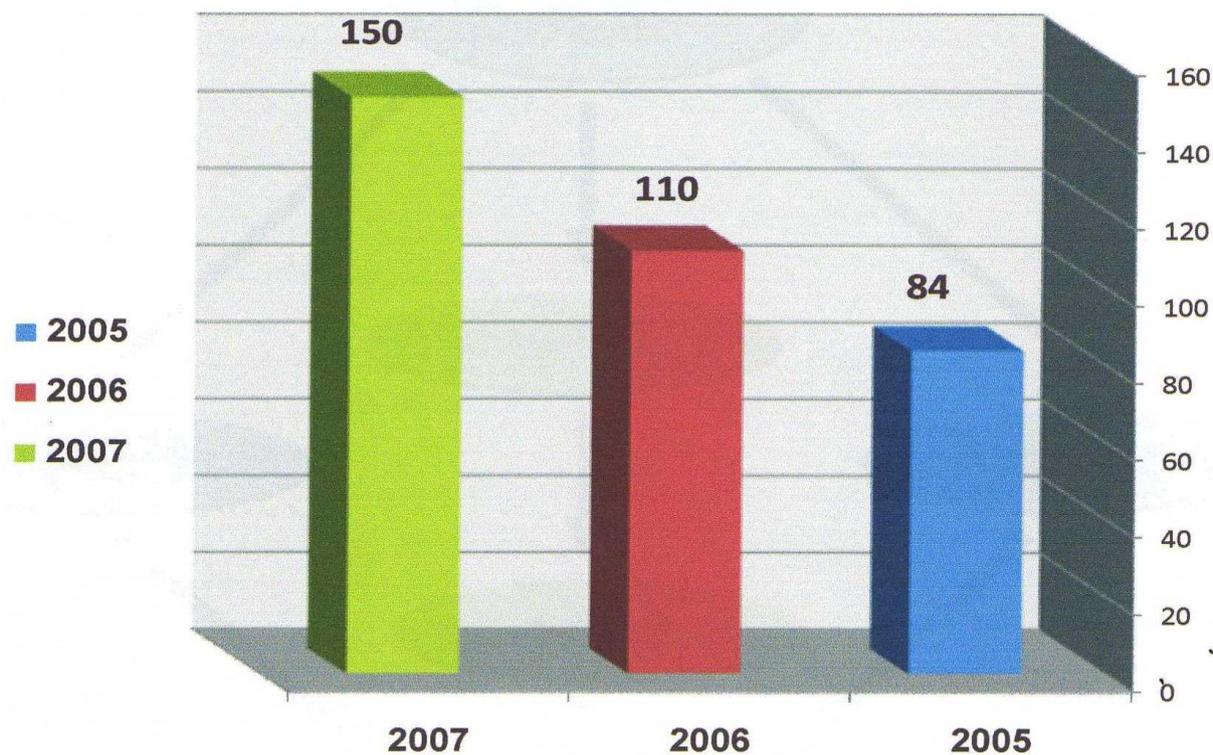


Figure (IV-5) : Situation des maladies Typhoïde en 2005, 2006,2007

Remarque : malgré les efforts des services de santé publique, les cas de typhoïdes ne cessent d'augmenter d'une année à l'autre.

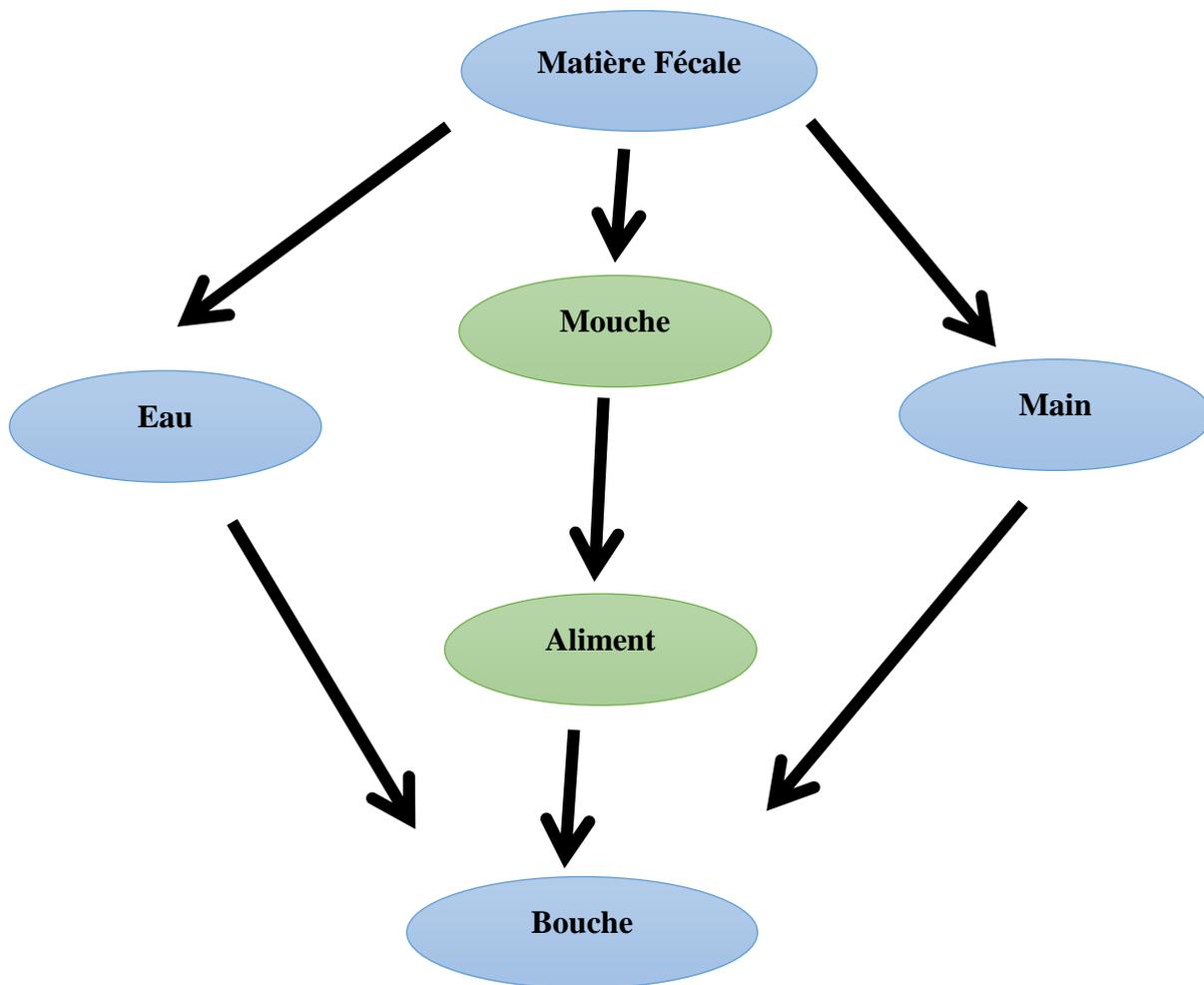


Figure (IV-6) : Le mode de transmission des maladies.

II.2 La pollution microbiologique :

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes, véhiculés par l'eau, qui sont responsables de beaucoup de maladies à transmission hydrique. L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilise pour ces besoins. Les bactéries pathogènes (vibrionacéa, enterobactériacées, etc...) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies.

L'agriculture utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés et des produits phytosanitaires destinés à renforcer et protéger les cultures. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès, vont contaminer, en période de pluie, les eaux de surface par ruissellement et les nappes par infiltration.

La pollution domestique de nos eaux usées (l'eau ménagère) est essentiellement constituée de matières organiques biodégradables certes, mais grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes (cause d'épidémies) et de produits chimiques (lessives détergents riches en phosphates) à l'origine des phénomènes d'eutrophisation.

Nos lavabos, nos éviers, nos salles de bains et nos WC passent chaque jour une pollution proportionnelle au nombre d'habitants, ce qui contribue à la pollution des cuvettes, des eaux de la nappe et des lagunes aux fonds.

Tableau (IV-6) : Analyses bactériologiques effectuées sur échantillons d'eau de boisson.

(Direction de la santé El-Oued)

Année	Nombre D'analyses	Eau potable	Eau non Potable	Présence de Salmonelle
2005	1539	1416	123	00
2006	1872	1639	233	09
2007	1496	1047	449	03
Total	4907	4102	805	12

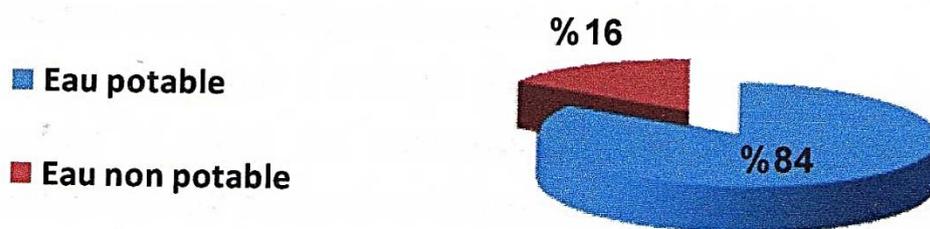


Figure (IV-7) : Résultats des analyses bactériologiques de l'eau de boisson en 2005,2006 et 2007

II.3. Causes d'apparition des maladies à transmission hydrique :

- ❖ Pollution de la nappe phréatique en l'absence du réseau d'assainissement.
- ❖ Présence de milliers de fosses septiques.
- ❖ Utilisation des eaux polluées des puits traditionnels (sondes) dans l'irrigation et la consommation domestique.
- ❖ Le manque d'hygiène individuelle et collective dans les zones touchées par ces maladies et la dégradation des conditions socio-économiques des citoyens ont favorisé leurs propagations.
- ❖ Présence de toilette de fortune et l'utilisation des excréments comme engrais naturel dans l'agriculture.

II.4. Conduite à tenir

- ❖ Intensification des contrôles des sources d'eau (y compris l'eau d'irrigation)
- ❖ Contrôle quotidien des points d'eau de boisson (réseaux, château, camions, citernes...)
- ❖ Organisation de larges campagnes de sensibilisation en utilisant la radio locale, les mosquées, les établissements scolaires, les affichages...etc.
- ❖ Réparations et entretiens des fuites dans le réseau A.E.P.
- ❖ Interdiction de toilette de fortune et leurs remplacements par d'autres toilettes modernes dans les maisons des personnes démunies.
- ❖ Elimination des décharges sauvages.
- ❖ Installation d'un réseau d'assainissement dans les brefs délais.

la remontée des eaux a provoquée d'autres problèmes tels que la présence des eaux stagnantes au niveau des palmeraies qui sont devenues des gîtes larvaires des moustiques qui ont dépourvu les citoyens du repos et du sommeil et en plus les cas de noyade enregistrés ces dernières années touchant les enfants .

II.5 Evaluation du coût des MTH.

II.5.1 Coût économique :

Cette évaluation doit tenir compte des coûts directs et indirects.

Prise en charge à l'hôpital

- ❖ Journée d'hospitalisation du malade (restauration-hébergement)
- ❖ Médicaments
- ❖ Solutés (seringues-coton...)
- ❖ Milieux de culture
- ❖ Examen de laboratoire
- ❖ Actes médicaux et plateau technique (radiologie)
- ❖ Frais de garde de médecins et des paramédicaux

II.5.2 Coût social :

- ❖ Psychose au sein de la population
- ❖ Décès
- ❖ Convalescence assez longue avec perte de journées de travail
- ❖ Augmentation des barrières douanières pour les biens et les personnes avec diminution de l'activité touristique.

II.5.3 Autres dépenses :

- ❖ Milieu de culture et réactifs pour analyse de l'eau (environ 5000 DA).
- ❖ Chaulage des puits et sources (environ 200 DA par unité)
- ❖ Pose de brique poreuse (environ 200 DA par unité)
- ❖ Désinfection du réseau (environ 10000 DA la citerne de produit)

N.B : Le traitement d'un seul cas de typhoïde coûte environ 30000,00 DA.

III. Impacts de la remontée des eaux sur le tourisme.

Autrefois il y a environ un quart de siècle avant la remontée des eaux, les palmeraies en cuvette étaient nombreuses et splendides et les touristes nationaux et étrangers venaient les visiter pour apaiser leur curiosité et jouir de leur splendeur et de leur spécificité car elles n'existaient que dans le Souf. Certains les comparaient à des pyramides renversées, ce qui ajoutait à leur magnificence, c'était la remontée du sable du fond de la cuvette à sa bordure à dos de mulets et d'ânes et les petits potagers irrigués au moyen de puits à balancier (khotara).

Certains touristes passaient des heures à admirer ces merveilles, à filmer ou photographier les belles vues tel le fellah perché au sommet du palmier en train de cueillir les dattes ou la remontée du sable à dos d'âne.

Les citadins locaux, aussi, y passaient des séjours plus ou moins longs en famille afin de profiter du calme, de l'air pur et de l'espace. Les enfants y trouvaient le plaisir du jeu ; ils grimpaient aux arbres cueillaient des fruits, chassaient des oiseaux glissaient sur les dunes de sable, fabriquaient des jouets à l'aide des feuilles de palme ou de hampe de régimes de dattes ou de fibres le life 'pièges d'oiseaux, arcs, sifflets, balançoires...etc...).

Mais, hélas, depuis la remontée des eaux, les plus belles palmeraies et les plus proches des zones urbaines ont dépéri en laissant un vide monstrueux. Les palmeraies sont devenues un bastion de moustiques où le risque du paludisme est à craindre à tout moment, la région d'El-Oued est déclarée comme zone endémique à cause de la fièvre typhoïde qui apparaît chaque période estivale ce qui a poussé les touristes à chercher d'autres destinations.

L'absence des touristes a détruit les industries traditionnelles et activités commerciales et culturelles fortement liées au tourisme ce qui contraint les habitants à changer leurs activités vers d'autres plus rentables.

IV. Impacts de la remontée des eaux sur la vie socio-économique :

Les palmeraies de cuvette ont l'avantage d'être auto-irriguées auto-protégées et de procurer une récolte abondante, charnue, bien conservable et bien commercialisable.

Elles ne nécessitent pas beaucoup d'entretien car quelques jours de main-d'œuvre en suffisent pour assurer la fécondation et la récolte. Une fumure aux crottins de chameau peut leur suffire pour une dizaine d'années. Les générations « Soufi » précédentes en faisait leur retraite car une palmeraie d'une cinquantaine de palmiers peut rapporter facilement 500 000 DA par an, soit 400000 DA par mois, c'est à dire un revenu plus important qu'une pension de retraite d'un fonctionnaire.

Les sous-produits du palmier servaient à alimenter une industrie traditionnelle florissante ; avec les feuilles de palme on fabriquait des couffins de différents modèles, des plateaux, des éventails, des drapeaux ...etc., ce qui rendait l'industrie artisanale très rentable et assurait des emplois aux femmes au foyer.

Après la remontée des eaux, les palmeraies de cuvettes ont presque disparu, et la dite retraite avec, les anciens bénéficiaires des revenus sont devenus des personnes démunies, sans ressources, leurs femmes également ; ce qui a insisté les habitants d'El Oued à chercher d'autres activités tel que le commerce.

Alors que les statistiques établis en 2001 indiquent que 150 000 palmiers sont asphyxiés et 2000 palmeraies inondées, un million de palmiers sont maintenant menacés de disparition, et la production a diminué d'environ 500 tonnes.

Le secteur agricole employait 43% de la main d'œuvre locale, maintenant le taux s'est abaissé à 20% ce qui a provoqué la perte de 23% des postes d'emploi dans ce secteur.

L'investissement dans le domaine de l'agriculture est devenu très coûteux, en commençant par la préparation du sol, le forage des puits, l'installation de brise vent ...ect.

Sans l'aide de l'état des fellahs ne peuvent pas réaliser beaucoup de choses pour récupérer leur richesse perdues.

Les dégâts causés par la remontée des eaux ont aussi touché certaines constructions. Il y a des maisons qui ont été inondées par les eaux qui ont causé des psychoses à ses habitants et des pertes matérielles importantes dont le ramollissement et l'érosion des fondations et des murs construits au plâtre.

On estime qu'à El Oued souff, il y a 200 logements touchés par ces dégâts dont 76 évacués, se trouvant à Nezla, La chèche, Sidi Mestour et Lasnam. Pour résoudre le problème l'état a réalisé 24 unités de proximité (cités) avec les équipements publics nécessaires coûtant 24 milliards de dinars, les cités touchées par la remontée des eaux ont connu une baisse importante des prix des immobiliers



Photo (IV-8) : des maisons ruinées en Sidi Mastour



Photo (IV-9) : des maisons ruinées en Sidi Mastour

Les palmerais se trouvant en zones touchées par la remontés des eaux sont devenues des décharges sauvages et des lieux d'évacuation des eaux usées, ce qui nuit à l'esthétique et l'hygiène du milieu.



Photo (IV-10) : Décharge sauvage en Chott.

Enfin, les eaux stagnantes provoquées par la remontée des des eaux ont perturbé la vie quotidienne des « Soufis » par la prolifération des moustiques et autres insectes qui ont rendu la vie nocturne un enfer. Sans oublier de signaler les cas de noyade enregistrés ces dernières années qui ont provoqué la mort de beaucoup d'enfants

Conclusion

Le phénomène de la remontée des eaux qui connaît la région d'Oued souf a causé un changement important sur l'écosystème de la région, en touchant plusieurs domaines tels que l'agriculture, le tourisme, la santé publique, la vie socio-économique des citoyens et surtout l'environnement.

Ce chapitre a montré donc des effets négatifs causé par la remontée des eaux parmi, parmi ces effets la pollution de la nappe phréatique et des eaux profondes qui représentent la source principale de l'alimentation en eau potable .l'eau potable est presque inexistant dans la région d'où l'apparition des maladies a transmission hydrique. Coté environnement, une détérioration importante de tissu urbain surtout de la région de sidi Mastour, Nezla et chott. Pour cela le chapitre qui suit présente quelques suggestions et solutions menant à résoudre le problème

CHAPITRE V

Solutions Proposées

SOLUTIONS PROPOSEES

Introduction

L'important développement de la région du Souf a entraîné une multiplication de la demande en eau, ce qui a mené à l'exploitation des nappes profondes (CT et CI) à des fins agricoles et pour l'A.E.P.

Cette exploitation a provoqué une rupture de l'équilibre, qui s'est manifestée par une remontée progressive du niveau piézométrique de la nappe phréatique, par suralimentation et sous évacuation.

Pour résoudre le problème de la remontée des eaux, des solutions sont proposées et actuellement en cours de concrétisation, qui consiste à traiter les causes directes de remontée, ainsi que ces impacts négatifs ; pour cela un énorme projet est lancé sous la dénomination « projet remontée des eaux de Oued-Souf dont le contexte regroupe les axes suivants.

- ❖ Assainissement
- ❖ Epuration
- ❖ Drainage
- ❖ Evacuation
- ❖ Ceinture d'évapotranspiration (ceinture verte).

Tableau (V-I) : Problèmes et solutions proposées de la remontée

Causes et problèmes de la remontée	solutions apportées par le projet
 absence quasi – totale d'infrastructures d'assainissement	 création de réseaux d'assainissement
absence d'exutoire pour les eaux usées	création d'un exutoire (collecteur de transfert Sud / Nord)
pollution des eaux de la nappe phréatique	Epuration des eaux résiduaires par le biais de 4 stations d'épuration.
Situation actuelle de remontée du niveau piézométrique	Drainage pour rabattement du niveau de la nappe

1-Solutions proposées en assainissement :

Mode d'assainissement :

- ❖ 12 communes en assainissement collectif et 6 communes en assainissement autonome amélioré.
- ❖ Regroupement des 12 communes en 4 sous-ensembles.

El-Oued	Guemmar	Sidi aoun	Reguiba
Kouinine	Taghzout	Magrane	
Bayadha	Hassani abdelkrim	Hassi khalifa	
Robbah	Debila		

- ❖ 750 Km de collecte.
- ❖ 57 stations de pompages (relevage / refoulement).

Tableau (V-2) : Consistance des travaux par centre d'agglomérations.

Centre	Réseaux De collecte (km)	Conduits Refoulement (km)	Forages	Stations de pompage	Stations D'épuration
Robbah Bayadha El-Oued Kouinine	215	95	58	21	STEP 1
Guemmar Taghzout Hassani Abdelkrim Debila	189	23	-	17	STEP 2
Hassi khalifa Sidi aoun Magrane	143	17	-	13	STEP3
Reguiba	53	15	-	13	STEP4
totaux	600	150	58	57	04

(ONA 2008)

II Solutions proposées pour l'épuration

- ❖ Quatre stations d'épuration pour les quatre centres.
- ❖ Filière d'épuration lagunage aéré.
- ❖ Améliorer l'assainissement autonome

II.1 Le choix de la filière d'épuration :

La filière d'épuration la mieux adaptée au contexte du projet est le lagunage aéré ; les principales raisons sont :

- ❖ Performances épuratoires adaptées aux objectifs.
- ❖ Filières adaptées pour des grosses collectivités.
- ❖ Coûts d'investissement et de fonctionnement inférieurs aux autres procédés
- ❖ Facilité d'exploitation : fonctionnement de la station et gestion des boues
- ❖ Espaces nécessaire disponible dans la vallée
- ❖ Fiabilité et souplesse du procédé d'épuration

II.2 Principales caractéristiques :

II.2.1 STEP 1 : EL-Oued - Baydha - Kouinine - Robbah

- ❖ Etage aéré n°1
4 bassins de 2,2 ha de surface à mi-hauteur
14 aérateurs de 15 kW par bassin
- ❖ Etage aéré n°2
4 bassins de 1,5 ha de surface à mi-hauteur.
5 aérateurs de 15 kW par bassin
- ❖ Etage finition :
4 bassins de 2.2 ha de surface à mi-hauteur.
 Lits de séchage :
42 000 m² de surface

II.2.2 STEP 2 : Guemmar - Taghzout - Hassani Abdelkrim - Debila

- ❖ Etage aéré n°1
3 bassins de 1 ha de surface à mi-hauteur.
8 aérateurs de 11,5 kW par bassin.
- ❖ Etage aéré n°2
3 bassins de 0.6 ha de surface à mi-hauteur.
3 aérateurs de 11.5 par bassin.
- ❖ Etage de finition
3 bassins de 1 ha de surface à mi-hauteur.

- ❖ Lits

18 000m² de surface

II.2.3 STEP : Sidi Aoun – Magrane –Hassi Khalifa.

- ❖ Etage aéré n°1

3 bassins de 0.9 ha de surface à mi-hauteur.

7 aérateurs de 11.5 kW par bassin.

- ❖ Etage aéré n°2

3 bassins de 0.6 ha de surface à mi-hauteur.

3 aérateurs de 11.5 kW par bassin.

- ❖ Etage finition

3 bassins de 0.9 de surface à mi-hauteur.

- ❖ Lits de séchage :

- ❖ 16000 m² de surface.

II.2.4. STEP 4 :Reguiba .

- ❖ Etage aéré n°1 :

2 bassins de 0.5 ha de surface à mi-hauteur

4 aérateurs de 11.5 kW par bassin.

- ❖ Etage aéré n°2 :

2 bassins de 0.3 ha de surface à mi-hauteur.

2 aérateurs de 11,5 kW par bassin.

- ❖ Etage de finition

2 bassins de 1 ha de surface à mi-hauteur.

- ❖ Lits de séchage :

10 000 m² de surface.

Remarque : Implantation des ouvrages : STEP 1. STEP 2. STEP 3. STEP 4

(Voir Schéma (V-1))

II.3 Dispositions constructives : étanchéité.

Nécessité de mise en place d'un dispositif d'étanchéité des talus internes et du fonds des lagunes ainsi que pour les lits de séchage.

La géo membrane bitumineuse est le dispositif d'étanchéité le mieux adapté au contexte du projet pour les raisons suivantes :

- ❖ Modalités de mise en œuvre simple.

- ❖ Durée de vie plus importante.

- ❖ Répartitions des zones détériorées simple par soudure avec un chalumeau

II.4 Exploitation

Les opérations routinières et épisodiques liées à l'exploitation de ce type de station d'épuration sont les suivantes :

- ❖ Surveillance générale.
- ❖ Entretien des installations de prétraitement, mis en décharge des refus.
- ❖ Entretien des digues et de la protection contre les vents de sable
- ❖ Suivi du fonctionnement épuratoire.
- ❖ Suivi de la bathymétrie des lagunes.
- ❖ Curage des lagunes.
- ❖ Séchage des boues et évacuation.

II.5 Rappel des objectifs d'épuration.

- ❖ Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.
- ❖ Evacuer les eaux traitées sans impacts négatifs sur la nappe et sur l'environnement.
- ❖ Préserver la ressource en eau en réutilisant et valorisant les eaux traitées.
- ❖ Atteindre le niveau B pour les eaux traitées qui permet l'irrigation.

III- Solutions proposées par le système de drainage :

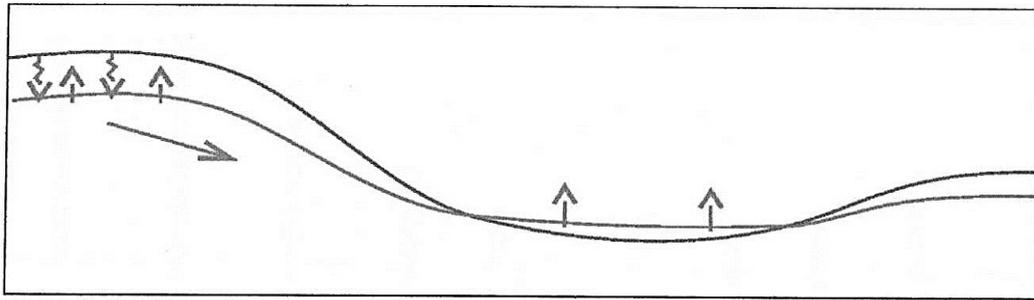
III-1 Problématiques :

L'évolution du niveau de la nappe phréatique a été modélisée pour les 18 communes de la vallée du Souf. Les projections à l'horizon 2030 indiquent qu'en l'absence de réseau d'assainissement la nappe pourrait monter de plus de 6 m à El-Oued et que dans cette ville la nappe monterait encore de 2.5 mètres même avec un réseau d'assainissement. Dans les autres chefs-lieux, la montée est moins importante et il suffit au plus, d'un réseau d'assainissement pour stabiliser la nappe.

Les dernières mesures piézométriques effectuées en avril 2002 en ville d'El-Oued mettent en évidence une montée de la nappe phréatique qui peut dépasser 0.5 m en un an (entre avril 2001 et avril 2002) dans les parties hautes de la ville.

Si rien n'est entrepris, des zones humides ou inondées risquent d'apparaître d'ici quelques années mettant en péril les habitants.

Le bilan d'eau établi pour l'année 2001 présente un solde positif de 22000 m³/jour (260l/s) entre les entrées provenant des forages au C.I et au C.T et les sorties constituée de l'évapotranspiration, du drainage et d'assainissement.



Profil schématique de la situation actuelle

de l'eau s'infiltré sous la ville à raison de 2060 litres/seconde. la plus grande part s'écoule dans le sous-sol en direction des points bas et du chott où elle s'évapore. Le solde environ 10% qui n'a pas pu s'écouler (cause de la faible pente et malgré une perméabilité Relativement élevée) fait monter la nappe de 0.5m par an.

En 2030, le bilan n'est différent, bien que la majorité des habitants ait été raccordée au réseau d'assainissement et que la consommation individuelle ait été réduite par une tarification progressive ainsi que par un programme de sensibilisation, L'augmentation du nombre d'habitants et les consommations-rejets-perdes qui en résultent contrebalancement des mesures de limitation prises.

III -2 Analyse multicritères du système de drainage horizontal/vertical

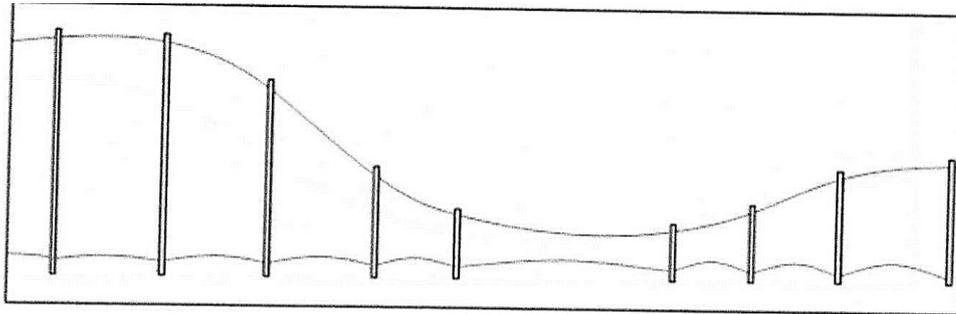
L'étude de système de drainage pour l'agglomération d'El oued dans le but :

- D'équilibrer le bilan d'eau au niveau de la ville d'El oued
- D'assurer une profondeur minimum de la nappe phréatique de 1.5 m dans quartiers inondés

Afin de stabiliser ou inverser le phénomène de la remontée dans le reste de la ville et d'éviter que de nouvelles zones ne soient inondée.

Pour cela on a proposé trois variantes de drainage :

La variante 1 : par le drainage vertical dans 58 puits équipés de pompes immergées nécessite l'investissement le plus bas .l'eau drainée sous la ville est de bonne qualité. Elle peut être utilisée pour l'agriculture, ce qui permettrait d'irriguer localement 620 ha. On économiserait ainsi les couts du â l'agglomération du diamètre et la capacité de pompage pour la conduite de rejet vers le nord (la moitié des investissements de drainage).la nappe serait rabattue entre 5et 10m de profondeur, ce qui autorise l'assainissement autonome.



Variante 1-profil schématique

Le drainage vertical, par pompage dans les forages, pourrait
Permettre d'abaisser suffisamment la nappe pour assainir les
Ghouts. L'eau prélevée en profondeur, directement sous les sites
D'infiltration, est de bonne qualité

La nappe peut être rabattue suffisamment pour que sa pente devienne pratiquement nulle et que l'écoulement souterrain vers les points bas s'arrête. (les drains sont figurés en noir). on remarque que si on raccourci les forages profonds, on risque le dénoyage des pompes qui ne jouent plus leur rôle de drainage .

Les quantités non drainées dans les partie hautes se reportant sur les parties basses ou il faudrait augmenter la densité des forages.

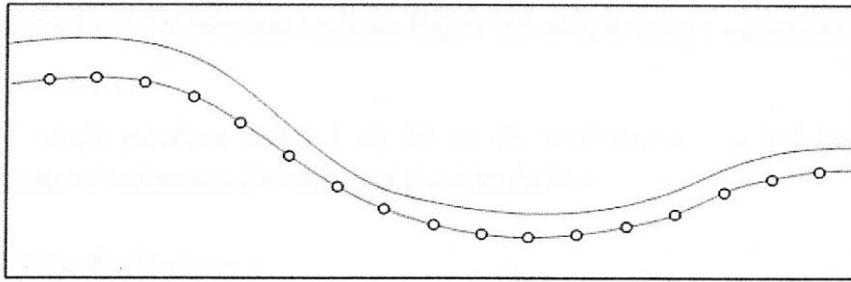
Le système est souple, il permettrait la création locale d'espaces verts et l'irrigation des périmètres agricoles développés à l'est de la ville. Le pompage pourrait, dans certaines limites, être modulé en fonction du cout de l'électricité ou des saisons pour ces raisons il est fortement recommandé.

La variante 2 : par drainage horizontal, l'eau est drainée entre 2 et 5m de profondeur par un réseau de drains espacés de 300m pour maintenir la nappe a au moins 1m de profondeur a mi-distance entre eux

Dans la partir haute de la ville, là où l'eau est de bonne qualité, peut salée, les drains se déversent dans les collecteurs d'assainissement .ceux-ci sont dimensionnés en conséquence de même que la station de traitement qui recevra plus d'eau à traiter.

On peut observer que la quantité d'eau faisant monter le niveau de la nappe dans ces zones hautes ne représente que 10 % des quantités, le solde s'écoulant vers les parties basses. Le bio-drainage pourrait être envisagé dans ces régions : il suffit 6200 arbres adultes irrigués par puits dans la nappe phréatique pour assainir les quartiers hauts de la ville.

Les parties basses telles que Sidi Mastour et le Chott reçoivent le solde de l'eau par écoulement souterrain. Ils sont drainés par un réseau séparé du réseau d'assainissement et nécessitent trois stations de pompage supplémentaires. L'eau est salée et ne peut pas être mélangée aux usées avant le traitement. Elle est évacuée vers le nord par une conduite distincte. L'assainissement autonome est à proscrire, la nappe phréatique montant jusqu'au-dessus du niveau des drains



Variante 2- profil schématique

La nappe monte jusqu'au niveau des drains dont la profondeur Règle son niveau .Elle présente une pente qui permet son Écoulement vers les points bas. Les drains capteront relativement Peu d'eau dans les points hauts, la plus grande partie dans les ones basses. De l'eau salée est collectée sous le chott.

(Les drains horizontaux sont figurés en noir).

La variante 3, par drains horizontaux, diffère de la variante 2 en ce que les eaux de drainage sont collectées dans un réseau distinct de celui d'assainissement et les eaux souterraines sont interceptées avant leur arrivée dans le chott et les zones basses. Ceci permet, après assèchement des zones basses, de collecter des eaux non évaporées, de bonne qualité, qui peuvent être rejetées vers le nord dans la même conduite que les eaux usées ou réutilisées localement pour l'irrigation. Ceci nécessite une ceinture de drains empêcher l'eau d'arriver dans ces zones basses et 4 stations de relevage supplémentaires. L'assainissement autonome est à proscrire, la nappe étant à une profondeur moyenne de 2,5m (extrême 1 m et 4 m) entre les drains, il est inefficace.

III – 3 Choix du système de drainage :

Lors de la séance de présentation technique du schéma de drainage de la ville d'El-Oued qui s'est tenue le 10 janvier au siège de la Wilaya d'El-Oued N°1 par drainage vertical dans 51 puits équipés de pompe immergées a été retenu pour ses nombreux avantages.

- L'eau peut être réutilisée localement.
- Les drains verticaux qui sont des puits de pompage ne nécessitent pas d'entretien s'ils sont bien réalisés localement.
- Le niveau de l'eau peut être abaissé suffisamment pour permettre à l'assainissement autonome d'être efficace.
- La variante présente un cout inférieur à celui des autres variantes.

III.4 Solutions proposées par le système de drainage vertical :

- ❖ Sur l'ensemble de l'aire de l'étude, seuls El-Oued, Kouinine, Bayadha et Robbah nécessitent la mise en place d'un système de drainage.
- ❖ La variante retenue est celle du drainage vertical : 22 000 m³/jour collecté par un réseau de 58 puits connectés à 34 km de conduites.
- ❖ L'ensemble aboutit à la station de pompage existante ST 0 qui refoulera ensuite vers le lieu de rejet final.

- ❖ l'eau drainée peut être réutilisée de façon très souple pour l'agriculture (620ha) ou les espaces verts.

La nappe serait rabattue entre 3 et 10 mètres de profondeur, ce qui autorise (favorise)

L'assainissement autonome des zones non raccordables.

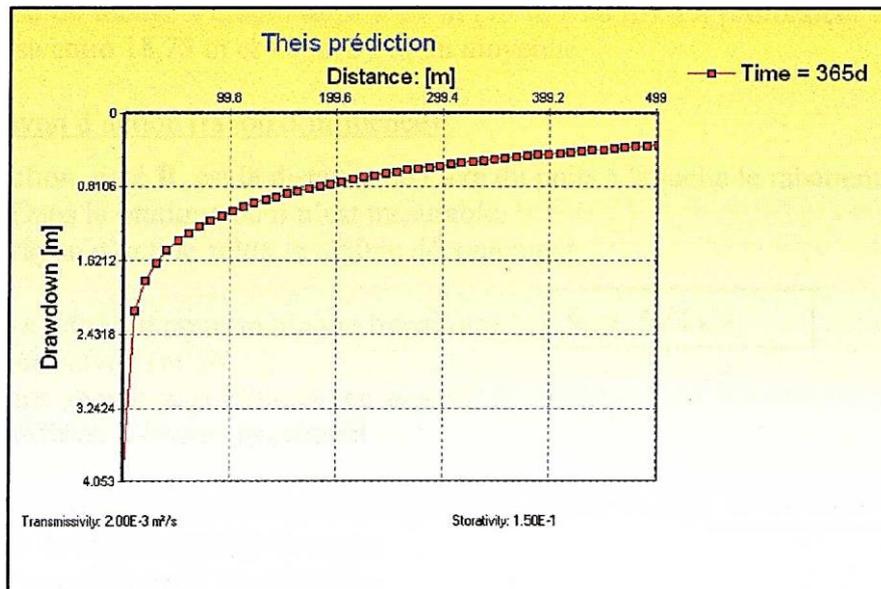


Figure V-1 Courbe Distance /rabattement

La courbe de distance/rabattement est tracée depuis le puits de drainage, elle indique le rabattement à une année du début du pompage, pour un débit de 6 litres –seconde

A une distance de 250 m d'un puits de pompage, le rabattement entre 2 puits distants de 500 m sera égal à 1,5 m (principe de superposition).il sera plus grand ou égal à 1,5m pour un réseau de puits.

L'espacement des drains et des débits qu'on peut attendre ont été calculés en prenant en compte la recharge annuelle sous la ville due aux infiltrations (0,8m), les valeurs de perméabilité mesurées par des essais d'infiltration à l'infiltromètre de Muntz ainsi que par des essais de pompage ($k=4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ou $T=2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$).

Le débit de pompage sera ajusté pour chaque puits d'après le résultat des essais .la puissance de la pompe dépendant du débit, des pertes de charge dans le réseau de collecte et de la hauteur manométrique sont définies pour chacune d'entre elles en fonction de ces éléments. Le diamètre des collecteurs jusqu'à la station 10 est calculé en fonction des branchements successifs des différentes pompes (cf. chapitre 3.4 ci-après)

❖ Caractéristiques des forages

La profondeur des forages est déterminée par la cote du terrain à l'emplacement des forages et de la cote de l'eau dans le chott. Ce dernier est de 64 m. Il est prévu qu'un niveau dynamique de pompage à la cote 60 m puisse être atteint pour éviter que l'eau continue de s'écouler vers le chott et permettre que ce dernier finisse par s'assécher. Une garde de 1 m au-dessus de la pompe définit le niveau de celle-ci à la cote 59 m et s'arrête à la cote 50 m. Elles se poursuivent par un tube décanteur aveugle de 2 m.

La cote de la fin de forage s'établit ainsi à 48 m.

La longueur du tubage au-dessus des crépines est définie par la différence entre la cote du sommet des crépines (58 m) et celle du terrain naturel, variable pour chaque forage. Cette dernière est comprise entre 66,75 m et 94 m, 79 m en moyenne. La longueur moyenne de tubage s'établit ainsi à 21 m (79 m - 58 m). La profondeur des forages est comprise entre 18,75 m et 46 m, 31 m en moyenne.

❖ Les rayons d'action (rayon d'influences)

Le rayon d'action, noté R est la distance de l'axe du puits à laquelle le rabattement est nul ou négligeable. Dans la pratique ou il n'est pas mesurable.

Le calcul de rayon d'action selon le régime d'écoulement.

➔ Jacob a introduit pour un régime transitoire

$$R = 1,5 \sqrt{Tt/S}$$

T : transmissivité (m²/s)

T : temps de pompage (1 année) en second.

S : coefficient d'emmagasinement

➔ Dupuis introduit pour un régime permanent si (H-h << H)

$$R = 3000(H-h)\sqrt{k}$$

(H-h) : le rabattement de la nappe

K : coefficient de perméabilité.

IV-Création de ceinture d'évapotranspiration (solution biologique)

La réalisation de ceinture verte (d'évapotranspiration par la plantation d'arbres forestiers capables d'exporter et d'évapotranspirer de grandes quantités d'eau) est une méthode moins onéreuse et qui peut être efficace quant à l'abaissement local du niveau piézométrique de la nappe phréatique.

En effet, il s'agit à proximité des zones inondées, soit les zones les plus basses et de planter les plants appropriés de façon à maintenir le niveau de la nappe phréatique à proximité de la zone racinaire des palmiers.

Les plants proposés dans le cadre de ces réalisations sont des plants hydrophiles et xérophyles (compte tenu de la quantité des eaux).

Il s'agit de la gamme des plants présentée dans le tableau 2.

Tableau (V-3) : Plants servant à fixer le sable et s'adaptant aux exigences climatiques et du sol de la zone du Souf (George Toutin ,1977) :

Espèces	Multiplication	Epoque de mise en place	Observations
Arbres et arbustes cultivés -phoenix dactylifera -phoenix canariensis	Rejets- semis	Printemps	-Se développe bien Même en zone très salées
- Tamarix articulata	Boutures	Hiver	-S'accommode de tous les sols même salés racines profondes
- casuarina épuisetifalia - Parkinsonia	Semis plants	Hiver	-S'adapte bien aux conditions du milieu.poussebien 2m/2ans -pour sols salés et aux Eaux salée pousse bien
Peuplier de l'Euphrate	Drageons Boutures	Hiver	-s'adapter bien, croissance lente
Eucalyptus occidentalis -gomphocephala Canuldensis	Semis plants	Hiver	-poussant vite 4m en 2 ans véritable pompe (voir plus loin)
-laurier rose (Nerium eliander)	Boutures	printemps	-Haie souple et épaisse croit plante ornementale

L'Eucalyptus est par excellence, la grande essence internationale de reboisement. On l'a introduit partout avec succès : en Asie, en Amérique en Afrique du Nord et du Sud et en Europe .A El-Oued ,les arbres témoins de sa réussite ,prospère à l'entrée de Kouinine et au niveau de l'agglomération d'El-Oued .La principale caractéristique physiologique des Eucalyptus est leur plasticité ,laquelle, aussi bien du point de vue climat qu'à celui du sol, est remarquable.

Parmi les espèces les plus répandues, BNEDR(1993) citera tout d'abord le *globulus*, le *radiata* (ou *camaldulensis*), le *citriodora* (ornemental)

Beaucoup d'espèces, comme citées plus haut, n'occupe en effet dans leur continent d'origine (Australie) qu'une aire très réduite, sur des sols profonds à climat tempéré. Cependant elles prennent une extension considérable hors d'Australie, aussi bien dans les pays tropicaux(Brésil), qu'en pays semi-arides et arides (BNEDR ,1992).

D'après Boudy P (1950) ,les espèces à introduire dans la zone du Souf caractérisée par un étage bioclimatique désertique, sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau (V-4) : Espèces possibles d'Eucalyptus à introduire (Boudy P, 1950)

Etage bioclimatique		Espèces	utilités
Semi-aride	Aride		
*	**	E. Salmonophloia	Bois de feu-piquet de mine, téléphone...
*	**	E. Brockwayi	
	**	E. Torquata	Bois de feu-piquet de mine, téléphone....
*	*	E. Saligna	
**	*	E. Microthéca	Bois de feu de mine, téléphone...
**	*	E. Citriodora	
*	*	E. Maculata	Bois d'œuvre, huiles essentielles
*	*	E. Crebra	
*	*	racemosa	Bois d'œuvre
*	*	E. Siderophloia	
**	*	E. Paniculata	Bois d'œuvre
**	*	E. cladocalyx	
***	*	E. Sideroxylon	Bois d'œuvre – bois de feu
**	*	E. Wandoo	
		E. Astringens	Bois d'œuvre – bois de feu
			Tanin
			Tanin

* = bien

** = recommandé

*** = très recommandé

L'introduction de ces plantations par nombre de 1000 arbres par hectare ou on peut dire que chaque Eucalyptus est capable d'évapotranspirer quelques 200 à 500 litres par jour soit 40 000 à 100 000 litres par jour par hectare. Si l'on procède à une éclaircie quand les arbres atteindront une taille normale, on laissera les 200 arbres les plus vigoureux.

Un hectare peut donc évapotranspirer quelques 200 à 500 000 litre par jour soit 50m³/jour. Connaissant le volume excédentaire, l'on procède à la multiplication de cette ceinture pour abaisser le niveau de la nappe. Donc on peut dire que l'Eucalyptus est une pompe magistrale, et réussit bien dans les routes d'El-Oued (figure 33b) ; le tamaris absorbe moins, mais résiste bien au sel ; l'acacia cyanophyla, le laurier-rose, sauraient être associés.

A partir du moment où ces ceintures seront réalisées à proximité des zones affectées par la remontée de la nappe, il s'agira de connaître le volume de la couche au-dessous du bulbe racinaire que l'on veut évacuer et ensuite de déterminer la surface nécessaire des dites ceinture d'évapotranspiration.

Donc on peut dire que la solution de la ceinture verte est plus simple et moins coûteuse, mais qui pour ne pas avoir été mise en chantier dès le début de la crise, apparaît comme peu dépassée aujourd'hui par l'ampleur de celle-ci.

A l'échelle de la vallée la ceinture verte est une bande qui enroule les communes de la région du Souf, englobant quatorze (14) communes soit une longueur de 150 km, une surface atteignant 350 ha (figure 36), de Reguiba passant par Guemmar, Taghzout, Kouinine et divergent à l'Est et le Sud-Est l'El-Oued vers les communes des Hassani Abdelkrim, Debila, Hassi khalifa, Trifaoui, Bayada, et Robbah et pour l'Ouest vers Oued Elanda, avec près de 21 espaces ou surfaces vertes soit une surface de 630 ha (DCF.El-Oued.2007).

Le projet a démarré au mois de novembre 2001, le volume programmé comme nous avons déjà dit est 150km (350 ha), la partie réalisée jusqu'à décembre 2006 est 67 km c'est-à-dire 165 ha (165 000 arbres). Et pour les ressources hydrique (les eaux d'irrigation), la direction de conservation des forêts a programmé 250 puits, (88 puits ont été vraiment réalisés) qu'ils alimentent 80 km de réseau d'irrigation. Pour protéger la ceinture verte de désertification la DCF a réalisé 135 km de 300 km de palissades programmées à l'aide de feuilles de palmier

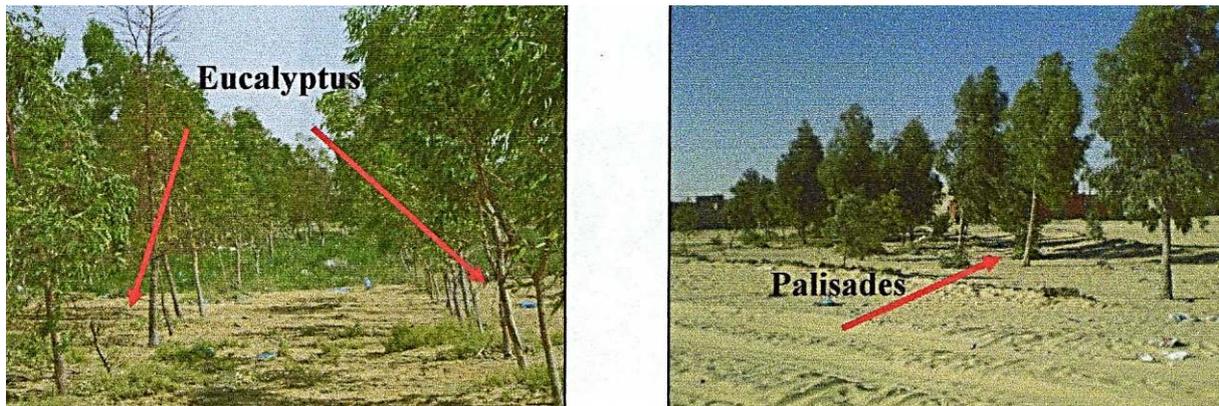
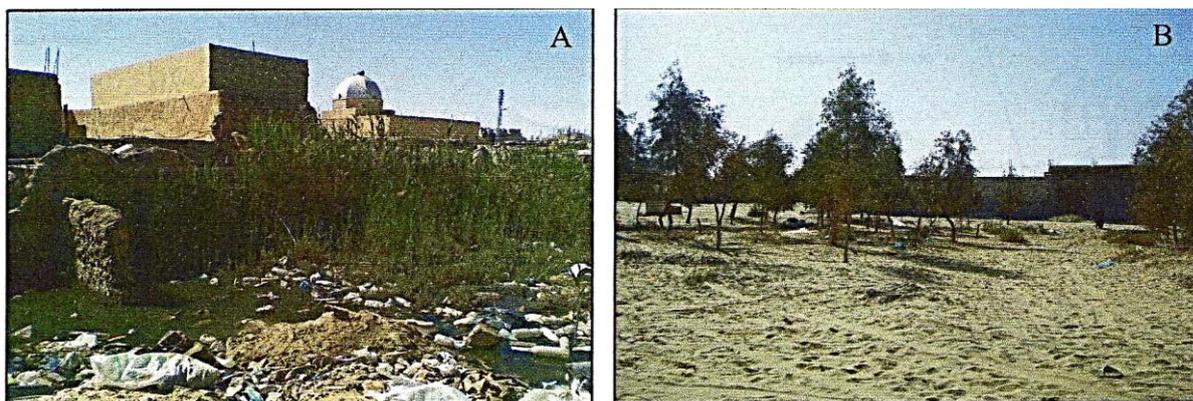


Figure 32. La ceinture verte dans les zones inondées (Sidi Mansour)

Nous avons beaucoup parlé du côté technique sur la ceinture verte, mais malheureusement la solution biologique (ceinture verte) dans la région du Souf ne se base sur aucune étude. Et malgré ça on peut remarquer qu'elle est efficace pour rabattre le niveau de la nappe phréatique surtout dans les endroits menacés par la remontée de la nappe comme le quartier le menacé par ce phénomène (Sidi Mastour) à l'Est de la ville d'El-Oued (figure 33 a).

Si on cherche l'efficacité et l'impact de cet ouvrage biologique sur l'environnement de la région du Souf, on peut dire qu'il y a un rabattement remarquable dans le niveau de la nappe phréatique, surtout dans la zone inondée totalement par les eaux naturelles de la nappe, située entre le chott d'El Oued et le quartier de Sidi Mastoure à l'Est de la ville d'El Oued, ou avant la réalisation de cet ouvrage la hauteur des eaux atteint environ 40 cm au-dessus de la surface du sol, mais après l'installation des pompes biologiques (ceinture verte) le niveau des eaux diminue, et la figure 34 (a et b) montre la différence entre les deux périodes (avant et après la réalisations de la ceinture verte).



A : la période avant la réalisation de ceinture verte.

B : la période après la réalisation de ceinture verte.

Figure 33. Présente la différence entre deux périodes.

Pour être expansifs, le pouvoir public ne prend pas en considération que l'ouvrage de pompe biologique est très important dans notre vie, mais on n'oublie pas le rôle négatif du citoyen de sabordement de la ceinture verte en transformant les zones vertes en zones de décharge publique.

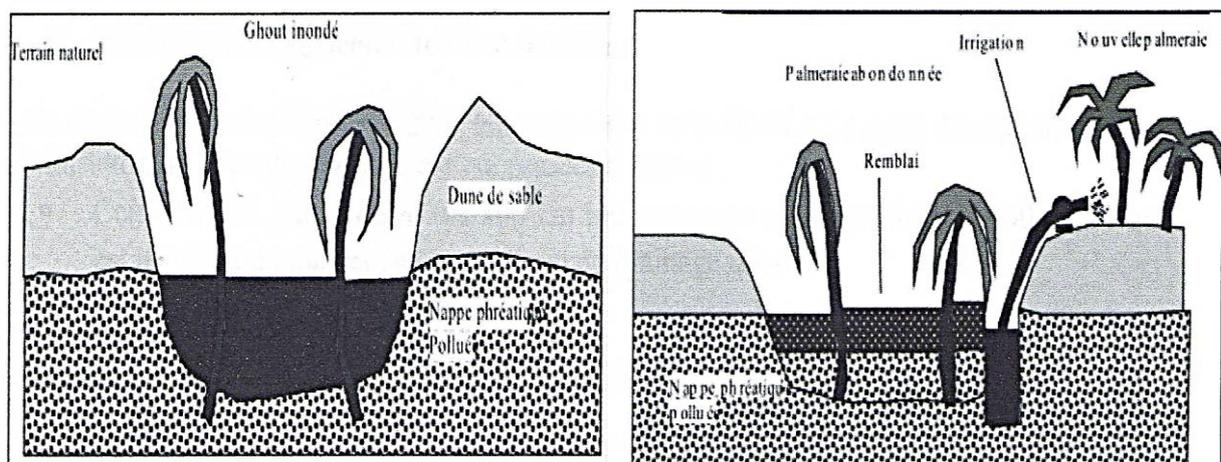


Figure 34 L'état actuel de la pompe biologique

V – Remblaiement des Ghouts

Pour sauver 2000 Ghouts en zone agricole, les services agricoles d'El Oued ont procédé à la réalisation des puits à l'intérieur des Ghouts pour pomper l'eau destinée à l'irrigation des cultures autour du Ghout (figures a et b)Ainsi , plus de 450 Ghouts ont été sauvés.

Quelques Ghouts inondés dans les zones urbaines dotées d'un réseau d'assainissement ont été également sauvés. Le procédé consiste à pomper l'eau des Ghouts vers les réseaux d'assainissements (figure c et d) .Concernant les Ghouts qui sont au stade de dégradation très avancée, les autorités locales ont adopté comme solution provisoire le remblaiement afin de minimiser l'état dégradant de la pollution sur l'environnement de la ville (photographie).Mais le phénomène persiste toujours et il est même devenu alarmant. Toute la région d'El Oued est menacée d'inondations par les eaux de la remontée.



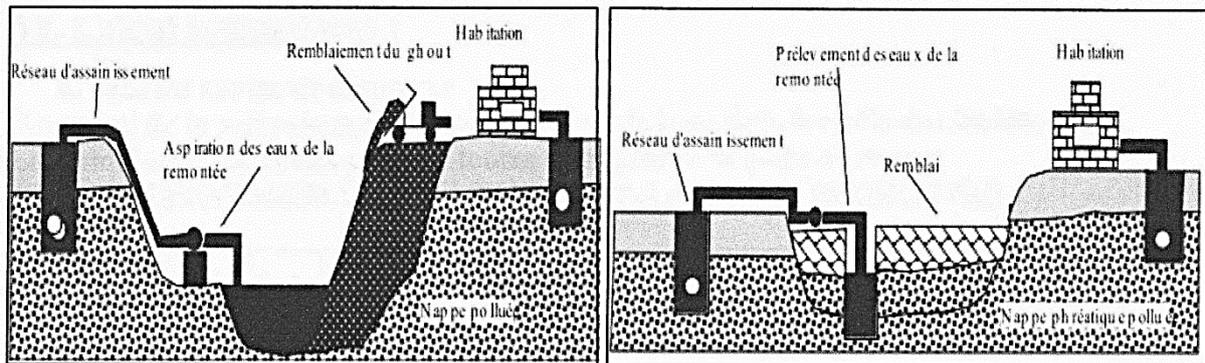
(a)

a) Ghout inondé

(b)

b) Ghout traité

Traitement d'un Ghout en zone rurale (DSA d'El-Oued)



Traitement d'un Ghout en zone urbaine (D.S.A. d'El Oued)



Photographie : Opération de remblaiement des Ghouts

❖ Réutilisations agricoles de l'eau drainée :

Lors de la réunion du 19 février 2004 tenue au siège de la DHWD'El-Oued, les options de réutilisation de l'eau de drainage ont été passées en revue :

- Ceinture verte. Elle s'étend sur 100 km linéaires pour une superficie de 150 ha, ce qui est insuffisant pour les 260 l/s de l'eau du drainage urbain.
- Périmètre agricole à l'Ouest de la ville.
Ils se trouvent trop près du tissu urbain.
- Périmètres agricoles à l'Est de la ville.

Une nouvelle route entre Hassani abdelkrim et Nakhla a été créée.

Plus de 3000ha sont disponibles pour l'agriculture.

Le tissu urbain est suffisamment éloigné

Il est possible d'évacuer un éventuel surplus d'eau dans le réseau de transfert d'assainissement

Le premier à l'Est de la ville, d'une superficie de 3000 ha a été retenu.

CHAPITRE VI

Calcul hydraulique

Description du réseau :

Le réseau de drainage de la ville de OUED SOUF ramifiée est composée de 7 branches dont chaque une se compose d'un certain nombre de forage qui pompent tous vers le même point qui est la station de pompage ST10.

La branche C 1 :

Rassemble les eaux provenant de 3 forages F01, F02 et F05 et qui totalise un débit de 18.5 l/s avec une longueur totale de 2439.91 m de diamètre qui peuvent être entre ($\Phi 90$ et $\Phi 160$).

La branche C 4-2 :

Cette branche rassemble les eaux qui proviennent de 12 forages F03, F04, F06, F07, F08, F09, F10, F11, F12, F15, F16 d'un débit totale de 68 l/s et avec une longueur de 6141.9m et on trouve des différents diamètre allant de ($\Phi 90$ jusqu'à $\Phi 250$).

La branche C 4-1 :

La branche C4-1 totalise les eaux de 10 forages (F20, F26, F27, F31, F22, F23, F35, F39, F43, F28) d'un débit de 51.8 l/s et une longueur de 4903.02m dont les diamètres varient entre ($\Phi 90$ et $\Phi 250$).

La branche C3-2 :

Cette branche rassemble le débit de 12 forages d'un débit total de 81.5 l/s les forages en question sont (F52, F49, F48, F47, F37, F44, F46, F42, F40, F36, F30, F34) la longueur totale de cette branche est 5356.74m de diamètres allant de $\Phi 90$ jusqu'au $\Phi 250$.

La branche C3-1 :

Le nombre total des forages dans cette branche c'est 11 (F58, F57, F56, F55, F53, F54, F51, F50, F45, F38, F41) le débit total est de 81/s et d'une longueur de 6675.15m de diamètre entre $\Phi 90$ et $\Phi 250$.

La branche C3 :

Les forages qui se trouvent dans cette branche sont (F33, F32, F29, F24, F21) qui rassemblent un débit total de 38 l/s et elle reçoit aussi le débit de la branche C3-1 et C3-2, les longueurs totale 3293.16m dont différents diamètres varient entre $\Phi 90$ à $\Phi 400$

La branche C4 :

Cette branche reçoit les débits de deux branches C4-1 et C4-2 ainsi que les eaux des forages qu'elle contient (F25, F19, F17) d'un débit total de 17/s et une longueur totale de 3110.42m et les diamètres varient entre $\Phi 90$ et $\Phi 500$

VI. Calcul hydraulique :**Calcul des pertes de charges :**

Le calcul de la perte de charge linéaire est fait à base de la formule de NIKURADZE.

$$\mathbf{J} = \frac{\lambda V^2}{2Dg}$$

$$\lambda = (1.14 - 0.86 \ln(\frac{0.005}{D}))^{-2}$$

$$\mathbf{Re} = \frac{VD}{\nu}$$

Avec :

J : Perte de charge

J : Perte de charge de chaque tronçons ; **J=j*L** et **L** : longueur de tronçons

λ : coefficient de perte de charge

D : Diamètre du tuyau intérieur en mètre

V : vitesse d'écoulement en m/s

g : accélération de la pesanteur m/s²

Re : nombre de Reynolds

ν : viscosité cinématique du fluide m²/s (ν (vu) = 1.31 E-6 m²/s)

NB : les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de charge

Tableau de dimensionnement du réseau de drainage (VI-1)

La branche C1

forage	tronçon	Débit du tronçon (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F01	F01-V	10	619.53	112.86	90	1.92
F02	F02-V	3.5	20.9	66.77	90	0.96
F03	V-S	13.5	500.45	131.13	125	1.34
	F05-S	5	82.8	79.80	90	0.96
	S-ST10	18.5	1216.23	153.51	160	1.08
	Re	λ	PDC (m/m)	PDC Linéaire (m)	PDC Singulière (m)	PDC Totale (m)
	119463	0.0111	0.0257	15.95	1.595	17.55
	50199	0.0115	0.0081	0.17	0.017	0.19
	116175	0.0104	0.0085	4.29	0.429	4.73
	59731	0.0111	0.0064	0.53	0.053	0.59
	121883	0.01000	0.0040	4.92	0.492	5.41

La branche C3-1

forage	tronçons	Débit du Tronçons (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F58	F58-A	8	524.32	100.95	90	1.53
F57	F57-A	8	319.6	100.95	90	1.53
F56	A-M	16	390.6	142.77	125	1.59
F54	F56-M	8	78.77	100.95	90	1.53
F55	M-I	24	448.25	174.85	160	1.40
F53	F54-I	8	183.88	100.95	90	1.53
F51	I-H	32	456.86	201.90	200	1.19
F50	F55-V	4.5	352.01	75.71	90	0.86
F45	F53-V	5	161.61	79.81	90	0.96
F38	V-H	9.5	399.78	110.01	125	0.94
F41	H-D1	41.5	321.99	229.93	250	0.99
	F51-D1	8	214.03	100.95	90	1.53
	D1-D2	49.5	321.55	251.11	250	1.18
	F50-D2	8	75.82	100.95	90	1.53
	D2-E	57.5	514.03	270.64	250	1.37
	F45-E	8	323.81	100.95	90	1.53
	E-D3	65.5	335.35	288.86	250	1.56
	F38-D3	8	783.02	100.95	90	1.53
	D3-D4	73.5	84.86	305.99	250	1.75
	F41-D4	7.5	131.97	97.75	90	1.44
	D4	81	573.91	321.22	250	1.93

Re	λ	PDC (m/m)	PDC linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC totale (m)
95570	0.011	0.0165	8.64	0.864	9.50
95570	0.011	0.0165	5.26	0.526	5.79
137989	0.010	0.0121	4.71	0.471	5.18
95570	0.011	0.0165	1.29	0.129	1.42
158119	0.010	0.0068	3.05	0.305	3.35
95571	0.011	0.0165	3.11	0.311	3.42
168569	0.010	0.0038	1.74	0.174	1.91
53758	0.011	0.0052	1.83	0.183	2.01
59732	0.011	0.0064	1.04	0.104	1.14
81753	0.010	0.0043	1.7	0.170	1.86
174852	0.009	0.0020	0.65	0.065	0.71
95571	0.011	0.0165	3.52	0.352	3.83
95571	0.009	0.0029	0.92	0.092	1.01
208558	0.011	0.0165	1.25	0.125	1.37
95571	0.009	0.0039	1.99	0.0199	2.19
	0.011	0.0165	5.33	0.533	5.87
275971	0.009	0.0050	1.68	0.168	1.85
95571	0.011	0.0165	12.90	1.290	14.19
309678	0.009	0.0063	0.53	0.053	0.59
89597	0.011	0.0145	1.91	0.191	2.10
341278	0.009	0.0077	4.41	0.441	

La branche C4-2

forage	tronçons	Débit du Tronçons (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F 03	F03-V	7	460	94.43	90	1.34
F 04	F04-V	7.5	299.13	97.74	90	1.44
F 06	V-S	14.5	573	135.09	125	1.45
F 07	F06-S	7.5	217.75	97.74	90	1.44
F 08	S-I	22	267.25	167.40	160	1.28
F 09	F07-I	5	395.05	79.80	90	0.96
F 10	I-N	27	252.2	185.45	200	1
F 11	F12-V1	10	176	112.86	90	1.28
F 12	F9-V1	7.5	467	97.74	90	0.96
F 15	V1-N	17.5	537.23	149.30	125	1.74
F 16	N-D	44.5	424	238.09	250	1.064
	F10-D	5.5	141.67	83.70	90	1.057
	D-E	50	205.1	252.37	250	1.19
	F11-E	7.5	350.77	97.74	90	1.44
	E-D1	57.5	128.77	270.64	250	1.37
	N-D	44.5	424	238.09	250	1.064
	D1-G	57.5	87.02	270.64	250	1.37
	F15-V2	5.5	45.3	83.74	90	1.05
	F16-V2	5	216.3	79.80	90	0.961
	V2-G	10.5	385.46	115.65	125	1.048
	G	68	378	294.32	250	1.62

Re	λ	PDC (m/m)	PDC linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC totale (m)
83624	0.011	0.012	5.80	0.58	6.38
89597	0.011	0.014	4.33	0.433	4.76
124781	0.010	0.009	5.67	0.567	6.24
89597	0.011	0.014	3.15	0.315	3.49
144942	0.010	0.0057	1.52	0.152	1.68
59731	0.011	0.0064	2.54	0.254	2.79
142229	0.009	0.0027	0.61	0.061	0.671
97830	0.010	0.0091	1.61	0.161	1.77
73372	0.010	0.0051	2.40	0.240	2.64
150597	0.010	0.014	7.75	0.7750	8.52
187492	0.009	0.0023	0.98	0.098	1.08
65704	0.011	0.007	1.10	0.110	1.21
210565	0.009	0.0029	0.61	0.061	0.66
89597	0.011	0.014	5.08	0.508	5.58
242265	0.009	0.0038	0.49	0.049	0.546
242265	0.009	0.0038	0.33	0.033	0.371
65704	0.011	0.0077	0.35	0.035	0.388
59731	0.011	0.0064	1.39	0.139	1.53
90358	0.010	0.0051	2.001	0.2	2.20
286504	0.009	0.0054	2.050	0.205	2.25

La branche C4-1

forage	tronçons	Débit du Tronçons (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F35	F35-B	5.8	20	85.95	90	1.11
F28	B-I	5.8	33.2	85.95	90	1.11
F22	F28-I	7	315.94	94.43	90	1.34
F23	I-H	12.8	290.85	127.69	125	1.27
F31	F22-A	5	63.15	79.80	90	0.96
F27	F23-A	7	297.86	94.43	90	1.34
F26	A-H	12	708.45	123.63	125	1.19
F20	H-D1	24.8	297.99	177.74	200	0.92
	F31-D1	7.5	131.2	97.74	90	1.44
	D1-D2	32.3	253.44	202.84	200	1.20
	F27-D2	10	50.77	112.86	90	1.28
	D2-D3	42.3	84.84	232.13	250	1.01
	F26-D3	7	470.5	94.43	90	1.34
	D3-D4	49.3	309.16	250.60	250	1.17
	F20-D4	2.5	55.37	56.43	63	0.98
	D4	51.8	280.01	256.88	250	1.23

Re	λ	PDC (m/m)	PDC linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC totale (m)
69288.74	0.0111271	0.0087	0.173263679	0.0173	0.1906
69288.74	0.0111271	0.0087	0.287617707	0.0288	0.3164
83624.34	0.0111271	0.0126	3.986779739	0.3987	4.3855
110151.54	0.0104933	0.0077	2.244767648	0.2245	2.4692
59731.67	0.0111271	0.0064	0.406569609	0.0407	0.4472
83624.34	0.0111271	0.0126	3.75863206	0.3759	4.1345
103267.07	0.0104933	0.0068	4.805671536	0.4806	5.2862
130640.86	0.0096415	0.0023	0.681796282	0.0682	0.7500
89597.50	0.0111271	0.0145	1.900543921	0.1901	2.0906
170149.19	0.0096415	0.0039	0.983625505	0.0984	1.0820
97830.14	0.0107345	0.0091	0.464534698	0.0465	0.5110
178222.94	0.0092879	0.0021	0.178065623	0.0178	0.1959
83624.34	0.0111271	0.0126	5.937139542	0.5937	6.5309
207716.10	0.0092879	0.0029	0.881405641	0.0881	0.9695
42650.51	0.0118829	0.0102	0.565281174	0.0565	0.6218
218249.37	0.0092879	0.0031	0.881316193	0.0881	0.9694

La branche C3-2

forage	tronçons	Débit du Tronçons (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F52	F52-A	8	249.7	100.95	90	1.538
F49	F49-A	8	506.88	100.95	90	1.538
F48	A-B	16	906.71	142.77	125	1.596
F47	F48-B	8	312.26	100.95	90	1.538
F37	B-I	24	184.16	174.85	160	1.403
F44	F47-I	8	118.12	100.95	90	1.538
F46	I-C	32	453.22	201.90	200	1.196
F42	F37-C	8	321.5	100.95	90	1.538
F36	C-F	40	139.03	225.73	200	1.495
F30	F44-V	7.5	187.63	97.75	90	1.442
F34	F46-V	8	530	100.95	90	1.538
	V-B	15.5	163.32	140.52	125	1.546
	F42-B	8	73.06	100.95	90	1.031
	B-F	23.5	69	173.02	160	1.374
	F-D	63.5	284.77	284.41	250	1.519
	D-D1	63.5	33.9	284.41	250	1.519
	F36-D1	5	168.73	79.81	90	0.961
	D1-G	68.5	273.36	295.40	250	1.638
	F34-V2	5	87.02	79.81	90	0.961
	F30-V2	8	350.26	100.95	90	1.538
	V-G	13	119.75	128.69	125	1.297
	G	81.5	454.22	322.21	250	1.949

Re	λ	PDC (m/m)	PDC linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC totale (m)
95570.67	0.0111	0.0165	4.12	0.412	4.527
95570.67	0.0111	0.0165	8.35	0.835	9.190
137689.43	0.0105	0.0121	10.93	1.093	12.028
95570.67	0.0111	0.0165	5.15	0.515	5.661
158118.95	0.0100	0.0068	1.25	0.125	1.380
95570.67	0.0111	0.0165	1.95	0.195	2.141
168568.85	0.0096	0.0038	1.73	0.173	1.899
95570.67	0.0111	0.0165	5.30	0.530	5.829
210711.07	0.0096	0.0060	0.83	0.083	0.910
89597.50	0.0111	0.0145	2.72	0.272	2.990
95570.67	0.0111	0.0165	8.74	0.874	9.609
133386.63	0.0105	0.0113	1.85	0.185	2.033
78264.11	0.0107	0.0059	0.43	0.043	0.471
154824.81	0.0100	0.0065	0.45	0.045	0.496
267545.08	0.0093	0.0047	1.35	0.135	1.482
267545.08	0.0093	0.0047	0.16	0.016	0.176
59731.67	0.0111	0.0064	1.09	0.109	1.195
288611.62	0.0093	0.0055	1.50	0.150	1.655
59731.67	0.0111	0.0064	0.56	0.056	0.616
95570.67	0.0111	0.0165	5.77	0.577	6.350
111872.66	0.0105	0.0080	0.95	0.095	1.049
343384.63	0.0093	0.0078	3.54	0.354	3.893

La branche C3

forage	tronçons	Débit du Tronçons (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F33	F33-D	8	20.74	100.95	90	1.54
F32	D-K	89	124.99	336.71	315	1.34
F29	F32-V	8	317.58	100.95	90	1.54
F24	F29-V	6	155.76	87.43	90	1.15
F18	V-K	16	267.46	142.77	125	1.60
F21	K-J	186.5	503.76	487.42	400	1.74
	F24-J	6	100.6	87.43	90	1.15
	J	192.5	531.55	495.20	400	1.80
	F21-V2	8	611.55	100.95	90	1.54
	V2-L	8	638.77	100.95	90	1.54
	F33-D	8	20.74	100.95	90	1.54

Re	λ	PDC (m/m)	PDC linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC totale (m)
95570.67	0.0111	0.0165	0.342	0.034	0.376
297614.89	0.0089	0.0028	0.352	0.035	0.387
95570.67	0.0111	0.0165	5.234	0.523	5.758
71678.00	0.0111	0.0093	1.444	0.144	1.588
137689.43	0.0105	0.0121	3.225	0.323	3.548
490954.21	0.0086	0.0036	1.813	0.181	1.994
71678.00	0.0111	0.0093	0.933	0.093	1.026
506748.99	0.0086	0.0038	2.038	0.204	2.242
95570.67	0.0111	0.0165	10.079	1.008	11.087
95570.67	0.0111	0.0165	10.528	1.053	11.581

La branche C4

forage	tronçons	Débit du Tronçons (l/s)	Longueur (m)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre normalisé (m)	Vitesse (m/s)
F25	O-Z	119.8	229.41	390.66	400	1.12
F19	F25-V	4.5	658.39	75.71	90	0.87
F13	F19-V	7.5	42.94	97.75	90	1.44
F17	V-Z	12	181.69	123.64	125	1.20
	Z-J	131.8	715.47	409.75	400	1.23
	C3-J2	192	531.35	494.56	400	1.79
	F17-J2	5	287.77	79.81	90	0.96
	J2-L	197	300	500.95	400	1.84
	C3-L	8	638.77	100.95	90	1.54
	J-ST10	131.8	440.71	409.75	500	1.23
	L-ST10	205	179.43	511.02	400	1.22

Re	λ	PDC (m/m)	PDC linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC totale (m)
315368.98	0.0086	0.00148	0.341	0.034	0.375
53758.50	0.0111	0.00521	3.433	0.343	3.777
89597.50	0.0111	0.01449	0.622	0.062	0.684
103267.07	0.0105	0.00678	1.232	0.123	1.356
346958.53	0.0086	0.00180	1.286	0.129	1.414
505432.76	0.0086	0.00381	2.027	0.203	2.229
59731.67	0.0111	0.00644	1.853	0.185	2.038
518595.07	0.0086	0.00402	1.205	0.120	1.325
95570.67	0.0111	0.01648	10.528	1.053	11.581
346958.53	0.0086	0.00180	0.792	0.079	0.871
431677.07	0.0083	0.00137	0.247	0.025	0.271

HMT des pompes immergées :

Pour déterminer l'HMT de la pompe de chaque forage on doit passer par déterminer premièrement la différence de niveau entre le niveau dynamique et la pompe de la ST10 et pour les pertes de charge on doit sommer les pertes de charge des conduites qui mènent du forage F jusqu'à la station de pompage.

NB : tous les calculs se résume dans le tableau suivant.

Tableau(VI-2) Dimensionnement des pompes immergées

Forage	NS	ND	PDC totale(m)	Hg (m)	HMT (m)	Reference (pompe+moteur)	R%	P abs (kw)
F01	69.28	59.98	27.67	14.22	41.89	UPA 150C-48/6 UMA 150D 9/21	74,6	8,14
F02	68.13	58.62	10.31	15.58	25.89	UPA 150C-16/4 DN 100 2,2	74,5	1,76
F03	67.81	60.43	22.52	13.77	36.29	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	75	5,49
F04	69.41	60.1	20.9	14.1	35	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	76,5	5,58
F05	66.95	60.35	5.99	13.85	19.84	UPA 150C-30/3 DN 100 3	66,7	2,1
F06	70.9	61.75	13.63	12.45	26.08	UPA 150C-30/6 UMA 150D 5/21	77	4,83
F07	72.48	60.37	11.01	13.83	24.84	UPA 150C-16/6 DN 100 3,7	75,6	2,9
F09	73.1	61.15	12.33	13.05	25.38	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	76,7	6,33
F10	73.41	59.41	7.85	14.79	22.64	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	71,5	4,22
F11	70.52	59.36	11.56	14.84	26.4	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	76,5	4,07
F12	74.19	60.78	10.6	13.42	24.02	UPA 150C-48/7 UMA 150D 13/21	75,4	9,85
F15	74.58	60.45	7.65	13.75	21.4	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	71,1	3,87
F16	75.11	63.71	8.8	10.49	19.29	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	69,1	3,8
F17	68.44	58.27	3.45	15.93	19.38	UPA 150C-16/4 DN 100 2,2	75,7	1,9

F19	70.15	60.15	4.46	14.05	18.51	UPA 150C-30/4 DN 100 3,7	76,7	3,06
F20	69.22	59.72	4.38	14.48	18.86	UPA 150C-16/3 DN 100 2,2	65,2	1,19
F21	69.14	61.34	15.29	12.86	28.15	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	77	4,16
F22	75.1	60.83	12.46	13.37	25.83	UPA 150C-16/5 DN 100 3	75,8	2,41
F23	76.05	60.59	16.15	13.61	29.76	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	76,3	5,57
F24	70.81	57.87	3.66	16.33	19.99	UPA 150C-30/4 DN 100 3,7	76,4	3,05
F25	73.38	59.54	7.55	14.66	22.21	UPA 150C-16/6 DN 100 3,7	76,4	2,84
F26	74.77	59.83	11.22	14.37	25.59	UPA 150C-30/6 UMA 150D 7/21	75	4,79
F27	71.17	61.05	5.43	13.15	18.58	UPA 150C-48/4 UMA 150D 7/21	74,8	5,57
F28	74.45	60.25	13.58	13.95	27.53	UPA 150C-30/6 UMA 150D 5/21	76,7	4,8
F29	75.88	61.08	10.77	13.12	23.89	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	77	5,74
F30	69.59	63.34	17.06	10.86	27.92	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	77	5,65
F31	72.44	62.11	8.094	12.09	20.184	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	76,7	4,08
F32	75.14	63.42	14.94	10.78	25.72	UPA 150C-30/4 DN 100 3,7	75,9	3,15
F33	76.44	66.39	6.28	7.81	14.09	UPA 150C-30/6 UMA 150D 5/21	77	4,15
F34	76.28	60.96	10.71	13.24	23.95	UPA 150C-16/7 DN 100 4	75,6	3,4
F35	74.96	59.67	9.71	14.53	24.24	UPA 150C-30/5 UMA 150D 5/21	73,5	3,95
F36	76.28	59.19	11.9	15.01	26.91	UPA 150C-16/7 UMA 150D 5/21	76	3,62
F37	74.96	68.32	19.08	5.88	24.96	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	77,1	5,67
F38	67.58	59.03	25.83	15.17	41	UPA 150C-30/6 UMA 150D 5/21	77,1	4,86

F41	70.46	60.86	13.4	13.34	26.74	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	76,8	5,64
F42	76.38	62.53	13.52	11.67	25.19	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	77,1	6,41
F44	76.18	60.39	17.86	13.81	31.67	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	76,5	6,31
F45	73.34	59.29	19.61	14.91	34.52	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	77,1	6,43
F46	76.18	64.19	24.48	10.01	34.49	UPA 150C-30/9 UMA 150D 9/21	77,1	7,27
F47	75.62	64	17.29	10.2	27.49	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	77,1	6,43
F48	75.8	60.98	22.54	13.22	35.76	UPA 150C-30/9 UMA 150D 9/21	77,1	7,3
F49	75.21	65.54	38.096	8.66	46.756	UPA 150C-30/12 UMA 150D 13/21	77,1	9,83
F50	74.39	60.2	17.3	14	31.3	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	77	5,67
F51	73.09	62.13	20.47	12.07	32.54	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	77	6,45
F52	76.9	67.03	33.43	7.17	40.6	UPA 150C-30/11 UMA 150D 13/21	77,1	9,44
F53	75.64	60.64	19.86	13.56	33.42	UPA 150C-16/8 UMA 150D 5/21	75,7	4,12
F54	74.23	62.65	19.85	11.55	31.4	UPA 150C-30/7 UMA 150D 7/21	77,1	5,67
F55	72.28	59.49	20.73	14.71	35.44	UPA 150C-16/7 UMA 150D 5/21	76,3	3,51
F56	74.45	61.38	23.54	12.82	36.36	UPA 150C-30/8 UMA 150D 7/21	77,1	6,41
F57	71.96	61.42	33.09	12.78	45.87	UPA 150C-30/10 UMA 150D 9/21	77,1	8,03
F58	71.51	59.03	36.8	15.17	51.97	UPA 150C-30/11 UMA 150D 9/21	77,1	8,73

Simulation sur le logiciel EPANET : maintenant on va faire une simulation de notre réseau sur epanet et voir si on a bien dimensionner notre réseau tout en vérifiant les pressions et aussi les vitesses qui doivent être entre (0.5 et 2 m/s), ensuite on va calculer les cotes piézométriques.

Remarque : les résultats de la simulation sur EPANET se trouve dans le tableau suivant

Branche C1

Tronçon	Vitesse (m/s)	Cote TN Amont (m)	Cote TN Aval (m)	Pression Amont (m)	Pression aval (m)	Cote piezo amont (m)	Cote piezo aval (m)
F1-V	1.72	74.2	75.37	44.65	23.28	118.85	98.65
F2-V	0.71	73.87	75.37	24.92	23.28	98.79	98.65
V-S	1.26	75.37	75.33	23.28	17.11	98.65	92.44
F5-S	1.12	76.15	75.33	17.53	17.11	93.68	92.44
S-ST10	1.08	75.33	65.6	17.11	19.18	92.44	84.78

Branche C3-1

F58-A	1.3	75.93	77.8	56.89	44.76	132.82	122.56
F57-A	1.3	78.65	77.8	50	44.76	128.65	122.56
A-M	1.35	77.8	79.1	44.76	33.97	122.56	113.07
F56-M	1.34	79.45	79.1	39.25	37.97	118.7	117.07
M-I	1.2	79.1	77.65	37.97	35.74	117.07	113.39
F54-I	1.02	75.55	77.65	37.27	35.74	112.82	113.39
I-H	1.51	77.65	77.3	35.74	30.37	113.39	107.67

F55-V	0.82	77.12	79	36.53	31.64	113.65	110.64
F53-V	1.01	80.32	79	32	31.64	112.32	110.64
V-H	0.95	79	77.3	31.64	30.37	110.64	107.67
H-D1	0.85	77.3	77.39	30.37	29.96	107.67	107.35
F51-D1	1.48	79.33	77.39	33.32	29.96	112.65	107.35
D1-D2	1.03	77.39	77.5	29.96	28.69	107.35	106.19
F50-D2	1.7	79.61	77.5	28.99	28.69	108.6	106.19
D2-E	1.24	77.5	77.5	28.69	25.06	106.19	102.56
F45-E	1.6	75.11	77.5	33.64	25.06	108.75	102.56
E-D3	1.44	77.5	79.1	25.06	22.21	102.56	101.31
F38-D3	1.3	71.6	79.1	44.94	22.21	116.54	101.31
D3-D4	1.54	79.1	80.17	22.21	20.45	101.31	100.62
F41-D4	1.79	78.61	80.17	25.51	20.45	104.12	100.62
D4	1.28	80.17	77	20.45	17.65	100.62	94.65

Branche C4-2

F3-V	0.9	74.8	74.4	43.02	38.84	117.82	113.24
F4-V	1	75.75	74.4	116.85	38.84	192.6	113.24
V-S	0.98	74.4	75.61	38.84	33.12	113.24	108.73
F6-S	0.54	76.02	75.61	33.57	33.12	109.59	108.73
S-I	0.74	75.61	74.1	33.12	33.72	108.73	107.82
F7-I	0.5	76.91	74.1	32.13	33.72	109.04	107.82
I-N	0.65	74.1	74.8	33.72	17.78	107.82	92.58
F12-V1	1.35	78.3	75.5	26.93	25.08	105.23	100.58
F9-V1	1.15	79.45	75.5	28.41	25.08	107.86	100.58
V1-N	1.39	75.5	74.8	25.08	17.78	100.58	92.58
F8-N	0.69	74.8	76.8	17.78	15.03	92.58	91.83
N-D	1.34	76.94	76.8	17.83	15.03	94.77	91.83
F10-D	0.86	76.8	73.5	15.03	17.79	91.83	91.29
D-E	1.44	73.05	73.5	26.46	17.79	99.51	91.29
F11-E	0.9	74.8	74.4	43.02	38.84	117.82	113.24
E-D1	1	75.75	74.4	116.85	38.84	192.6	113.24
F14-D1	0.98	74.4	75.61	38.84	33.12	113.24	108.73

D1-G	1.04	73.5	74.75	17.79	15.75	91.29	90.5
F15-V2	1.34	79.15	78.4	17.15	16.82	96.3	95.22
F16-V2	1.07	80.42	78.4	17.76	16.82	98.18	95.22
V2-G	1.25	78.4	74.75	16.82	15.75	95.22	90.5
G	1.34	74.75	78.44	15.75	9.83	90.5	88.27

Branche c4-1

F35-I	1.29	78.9	78.27	21.54	21.16	100.44	99.43
F28-I	1.37	78.99	78.27	27.21	21.16	106.2	99.43
I-H	1.38	78.27	81.42	21.16	13.76	99.43	95.18
F22-A	1.07	81.15	80.6	23.73	23.41	104.88	104.01
F23-A	1.36	80.87	80.6	29.49	23.41	110.36	104.01
A-H	1.26	80.6	81.42	23.41	13.76	104.01	95.18
H-D1	0.99	81.42	79.6	13.76	14.26	95.18	93.86
F31-D1	1.75	81.21	79.6	17.04	14.26	98.25	93.86
D1-D2	1.33	79.6	80.02	14.26	11.92	93.86	91.94
F27-D2	1.77	80.15	80.02	13.15	11.92	93.3	91.94
D2-D3	1.18	80.02	79	11.92	12.55	91.94	91.55

F26-D3	1.5	83.03	79	20.43	12.55	103.46	91.55
D3-D4	1.36	79	71	12.55	18.87	91.55	89.87
F20-D4	0.63	71	71	18.96	18.87	89.96	89.87
D4	1.44	71	78.44	18.87	9.83	89.87	88.27

Branche C3-2

F52-A	1.58	92.13	94.1	39.71	30.73	131.84	124.83
F49-A	1.48	89.46	94.1	47.90	30.73	137.36	124.83
A-B	1.59	94.1	82.5	30.73	25.10	124.83	107.6
F48-B	1.55	80.43	82.5	35.57	25.10	116	107.6
B-I	1.40	82.5	87.82	25.10	18.38	107.6	106.2
F47-I	1.71	84.10	87.2	25.29	18.38	109.39	105.58
I-C	1.23	87.2	86.5	18.38	16.04	105.58	102.54
F37-C	1.23	80.31	86.5	27.93	16.04	108.24	102.54
C-F	0.94	86.5	84	16.04	18.11	102.54	102.11
F44-V	1.78	87.26	83.68	113.32	23.10	200.58	106.78
F46-V	1.56	87.20	83.68	34.09	23.10	121.29	106.78
V-B	1.74	83.68	83	23.10	20.14	106.78	103.14
F42-B	2	88.87	83	17.74	20.14	106.61	103.14

B-F	1.66	83	84	20.14	18.11	103.14	102.11
F-D1	1.62	84	81.66	18.11	17.79	102.11	99.45
F36-D1	1.17	79.66	81.66	22.52	17.79	102.18	99.45
D1-G	1.77	81.66	79.8	17.79	16.98	99.45	96.78
F34-V2	1.23	81.36	79.5	18.85	19.18	100.21	98.68
F30-V2	1.55	80.31	79.5	27.78	19.18	108.09	98.68
V-G	1.44	79.5	79.8	19.18	16.98	98.68	96.78
G	1.33	79.8	77	16.98	17.34	96.78	94.34

Branche C 3

F32-v	0.97	70.33	68.8	30.85	28.71	101.18	97.51
F29-v	1.44	76.36	68.8	24.83	28.71	101.19	97.51
v-k	1.25	68.8	79.3	28.71	14.92	97.51	94.22
k-j	1.73	79.3	73.5	14.92	18	94.22	91.5
F24-j	1.31	72.65	73.5	20.83	18	93.48	91.5
j-j2	1.8	73.5	70.7	18	17.72	91.5	88.42
F17-J2	1.03	70.34	70.7	21.79	17.72	92.13	88.42
J2-L	1.85	70.7	67.32	17.72	19.28	88.42	86.6
F21-L	1.45	72.64	67.32	29.19	19.28	101.83	86.6
L-st10	1.23	67.32	65.6	19.28	23.2	86.6	88.8

Branche C4

o-z	1.75	78.44	79.44	9.83	7.15	88.27	98.1
F25-V	1.02	78.88	75.41	19.26	14.41	98.14	117.4
F19-V	1.94	78	75.41	13.55	14.41	91.55	105.1
V-Z	1.53	75.41	79.44	14.41	7.15	89.82	104.23
Z-ST10	1.96	79.44	65.6	7.15	0.92	86.59	93.74

La station de pompage ST 10 :

Notre station de pompage ST 10 doit refouler la somme des débits de toutes les branches qui est égale à 355.8 l/s sur une hauteur de 40m.

Grâce au logiciel (CAPRARI) on tire directement de la courbe caractéristique de notre pompe,

Pour refouler ce débit on doit utiliser 3 pompes qui travaillent en parallèle avec une pompe de secours.

La partie refoulement :

Dans cette partie-là on cherche à déterminer le diamètre de la conduite de refoulement qui est de 3750 m de longueur pour cela on procède à un calcul technicoéconomique c'est-à-dire trouver un diamètre qui nous convient sur le plan technique (vitesse et pression) et aussi sur le plan économique (le moins chère) tout ça partir de la courbe $K_{ri} = f(D_r)$.

$$K_{ri} = K_i + T_{int} \cdot C_i$$

K_{ri} = dépenses annuelles réduites en (DA)

K_i = investissement de l'ouvrage dans notre cas c'est la conduite de refoulement de diamètre ϕ_i (prix de 1m linéaire de la conduite)

T_{int} = taux d'intérêt hydraulique (10 : 12.5) %

C_i : charges annuelles d'exploitation et d'amortissement

D'où $C_i = P \cdot E_i + a \cdot K_i$

P : prix d'1 KWH en DA = 4 DA

E : perte d'énergie électrique annuelle due aux pertes de charge dans la conduite de refoulement de Φ_i en KWH

a : taux d'amortissement du capital investi (3%) et des dépenses d'entretien (1.7%)

$a = 4.7$ %

$$E_i = (\rho g q_c \sum h_p \cdot T \cdot T_h) / \eta_{sp}$$

T : nbr de jour de pompage pendant l'année 365 jours

t_h : nbr d'heure de pompage pendant une journée 20 h

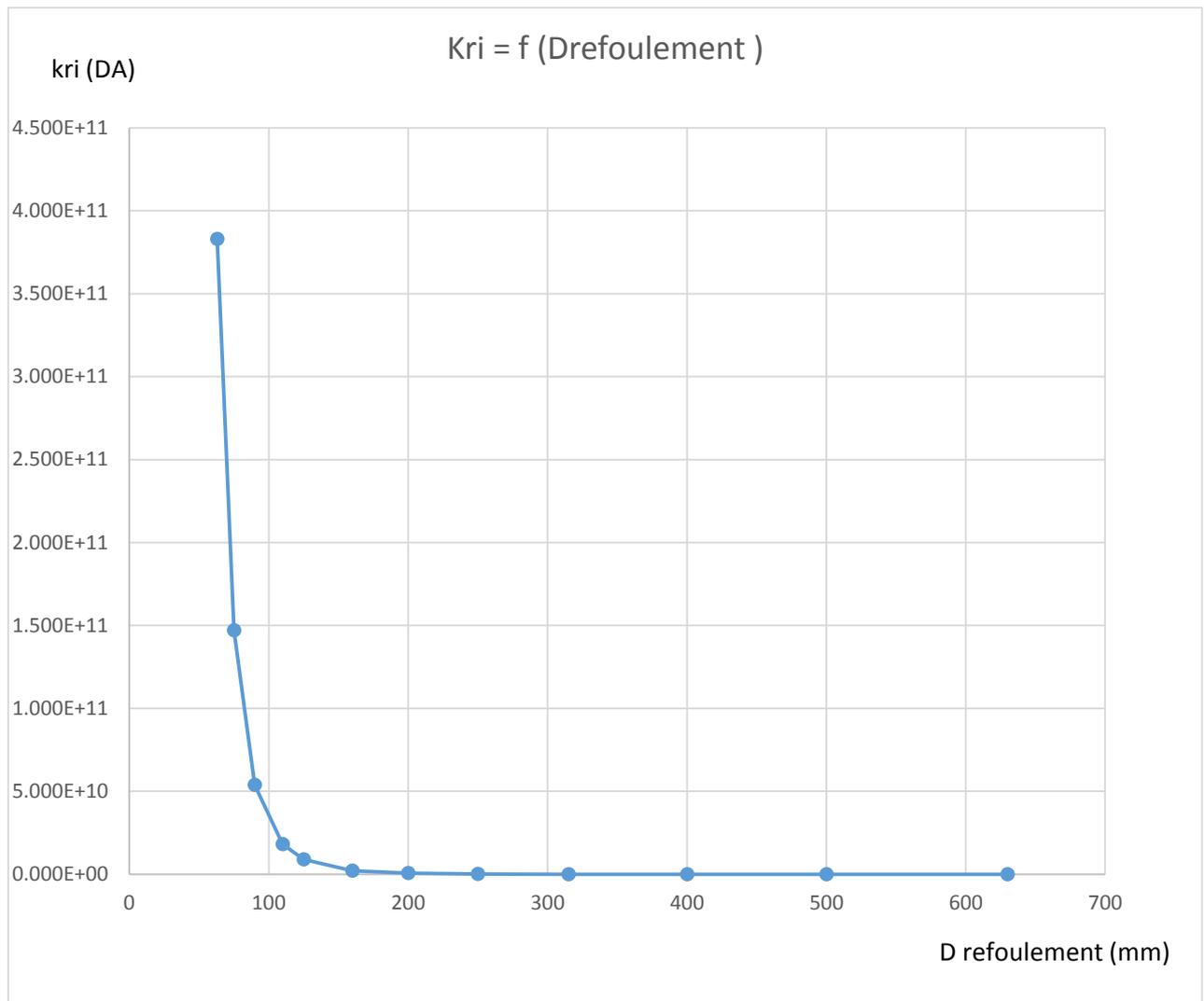
Tableau de calcul de la conduite de refoulement(VI-3)

Φ ext (mm)	Φ int (mm)	Longueur (m)	Debit Q (l/s)	Vitesse (m/s)	Re	λ
63	57	3750	355.8	139.50	6070020.19	0.0957
75	67.8	3750	355.8	98.60	5103114.32	0.0874
90	81.4	3750	355.8	68.40	4250505.54	0.0798
110	99.4	3750	355.8	45.87	3480796.29	0.0726
125	113	3750	355.8	35.50	3061868.59	0.0685
160	147.6	3750	355.8	20.80	2344113.49	0.0609
200	184.6	3750	355.8	13.30	1874274.92	0.0555
250	230.8	3750	355.8	8.51	1499095.11	0.0508
315	290.8	3750	355.8	5.36	1189790.75	0.0466
400	369.4	3750	355.8	3.32	936630.08	0.0427
500	461.8	3750	355.8	2.13	749222.93	0.0395
630	580.2	3750	355.8	1.35	596330.84	0.0366

PDC (m/m)	PDC Linéaire (m)	PDC singulière (m)	PDC Totale (m)	Hg (m)	HMT (m)
1664.99	6243728.45	624372.85	6868101.30	21.73	6868123.03
638.92	2395943.52	239594.35	2635537.87	21.73	2635559.60
233.89	877075.02	87707.50	964782.52	21.73	964804.25
78.35	293802.11	29380.21	323182.32	21.73	323204.05
38.92	145934.92	14593.49	160528.41	21.73	160550.14
9.11	34151.88	3415.19	37567.07	21.73	37588.80
2.71	10171.67	1017.17	11188.84	21.73	11210.57
0.81	3047.32	304.73	3352.05	21.73	3373.78
0.23	879.13	87.91	967.05	21.73	988.78
0.06	243.68	24.37	268.04	21.73	289.77
0.02	73.83	7.38	81.21	21.73	102.94
0.01	21.85	2.18	24.03	21.73	45.76

Tableau de calcul les couts d'investissement (VI-4)

Prix De Pose (1ml)	Ei (Kwh)	PEi (DA)	Ki (DA)	a*Ki	Ci (DA)	Kri (DA)
152.5	7.66512E+11	3.06605E+12	571875	26878.13	3.06605E+12	3.83256E+11
202.5	2.94138E+11	1.17655E+12	759375	35690.63	1.17655E+12	1.47069E+11
291.5	1.07674E+11	4.30697E+11	1093125	51376.88	4.30697E+11	53837126677
360	36068658299	1.44275E+11	1350000	63450.00	1.44275E+11	18034337441
456.67	17915721581	71662886324	1712512.5	80488.09	71662966812	8957871308
754.17	4192660133	16770640532	2828137.5	132922.46	16770773455	2096347436
1176.67	1248726414	4994905657	4412512.5	207388.09	4995113045	624390307.3
1825	374104275.1	1496417101	6843750	321656.25	1496738757	187094169.6
2897.5	107927027.5	431708109.9	10865625	510684.38	432218794.2	54030246.78
4654.17	29914843.97	119659375.9	17453137.5	820297.46	120479673.4	15064613.34
7302.5	9063841.264	36255365.05	27384375	1287065.63	37542430.68	4700106.335
11614.17	2681984.88	10727939.52	43553137.5	2046997.46	12774936.98	1608481.293



Courbe (Kri = f (Dref))

D'après la courbe $Kri = f(Dref)$ on peut dire que le diamètre technico-économique c'est le diamètre (630 mm) parce que on a trouvé la vitesse 1.35 m/s (entre (0.5 et 2m/s) et aussi c'est le moins chère d'un point de vue investissement.

Tableau(VI-4) Comparaison entre les niveau statique

Forage	NS	NS actuel	Forage	NS	NS actuel	Forage	NS	NS actuel
F01	69.28	64.33	F22	74.77	69.92	F41	70.46	65.58
F02	68.13	63.12	F23	71.17	66.85	F42	76.38	70.88
F03	67.81	64.58	F24	74.45	70.3	F44	76.18	70.58
F04	69.41	64.96	F25	75.88	71.71	F45	73.34	69.22
F05	66.95	62.15	F26	69.59	65.77	F46	76.18	73.06
F06	70.9	66.17	F27	72.44	69.29	F47	75.62	70.22
F07	72.48	68.37	F28	75.14	71.49	F48	75.8	71.63
F09	73.1	68.5	F29	76.44	71.67	F49	75.21	71.33
F10	73.41	68.29	F30	76.28	72.07	F50	74.39	70.61
F11	70.52	66.55	F31	74.96	70.33	F51	73.09	69.1
F12	74.19	69.51	F32	76.28	71.74	F52	76.9	72.4
F15	74.58	70.43	F33	74.96	71.08	F53	75.64	71.54
F16	75.11	70.13	F34	67.58	63.26	F54	74.23	69.55
F17	68.44	64.2	F35	70.46	65.58	F55	72.28	67.58
F19	70.15	65.8	F36	76.38	70.88	F56	74.45	70.25
F20	69.22	65.1	F37	76.18	70.58	F57	71.96	66.98
F21	69.14	64.11	F38	73.34	69.22	F58	71.51	67.18

Source (ONA 2015)

Conclusion :

On constate que le drainage vertical c'était la solution la plus efficace la preuve on voit que les niveaux statiques actuel a descendu au tour de 4 à 5 m donc on peut dire que l'objectif a été atteint.

CHAPITRE VII

DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF DU PROJET

Devis estimatif et quantitatif :

Dans ce chapitre on va essayer de calculer le cout d'investissement de notre projet on prenant en compte tous les travaux qu'on a réalisé ainsi l'appareillage utilisé.

- On va commencer par le calcul des travaux de terrassement tous ce qui concerne le volume du remblai, déblai, lit de sable et enrobage.

Dimensions du tranché

	$\Phi < 200$	$200 < \Phi < 400$	$400 < \Phi < 600$	$\Phi > 600$
Largeur (m)	0.60	0.90	1.20	$\Phi + (2 * 0.40)$
Profondeur (m)	0.80	0.80	1.2	1.2

Calcul le volume du déblai :

Lr : largeur du tranché l : longueur du tranché P : profondeur

Pour les conduites de diamètre $\Phi < 200\text{mm}$

$$V = Lr * l * P = 0.60 * 23665.33 * 0.8 = \mathbf{11359.35 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $200 < \Phi < 400$

$$V = 0.90 * 0.8 * 8473 = \mathbf{6100.56 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $400 < \Phi < 600$

$$V = 1.2 * 1.2 * 180 = \mathbf{259.2 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $\Phi > 600$

$$V = 1.43 * 1.2 * 3750 = \mathbf{6435 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volume totale du déblai : } V_{\text{total}} = 11359.35 + 6100.56 + 259.2 + 6435 = \mathbf{24154.11 \text{ m}^3}$$

Calcul le volume du lit de sable :

Avant de poser la conduite on doit poser une couche de 10 cm du lit de sable :

Lr : largeur du tranché l : longueur du tranché h : 10 cm

Pour les conduites de diamètre $\Phi < 200\text{mm}$

$$V = Lr * l * h = 0.60 * 23665.33 * 0.1 = \mathbf{1419.91 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $200 < \Phi < 400$

$$V = 0.90 * 0.1 * 8473 = \mathbf{762.57 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $400 < \Phi < 600$

$$V = 1.2 * 0.1 * 180 = \mathbf{21.6 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $\Phi > 600$

$$V = 1.43 * 0.1 * 3750 = \mathbf{536.25 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volume totale du lit de sable : } V_{\text{total}} = 1419.91 + 762.57 + 21.6 + 536.25 = \mathbf{2740.33 \text{ m}^3}$$

Calcul le volume du remblai primaire (enrobage)

L'enrobage c'est le sable qu'on pose tout autour de la conduite de hauteur de 15 cm au-dessus de la paroi supérieure de la conduite.

$$V_{\text{enrobage}} = Lr * l * (0.10 + \Phi + 0.15) - V_{\text{lit de sable}} - V_{\text{conduite}}$$

Pour les conduites de diamètre $\Phi < 200\text{mm}$

$$V = 0.60 * 23665.33 * 0.45 - (1419.91 + (\pi D^2/4 * l)) = 6389.63 - 2163.37 = \mathbf{4226.26 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $200 < \Phi < 400$

$$V = 0.90 * 0.65 * 8473 - (762.57 + 1064.74) = \mathbf{3129.395 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $400 < \Phi < 600$

$$V = 1.2 * 0.85 * 180 - (21.6 + 50.89) = \mathbf{111.11 \text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $\Phi > 600$

$$V = 1.43 * 0.88 * 3750 - (536.25 + 1168.96) = \mathbf{3013.79 \text{ m}^3}$$

$$\text{Volume total de l'enrobage : } V = 4226.26 + 3129.39 + 111.11 + 3013.79 = \mathbf{10480.16 \text{ m}^3}$$

Calcul le volume du remblai secondaire :

Concernant le remblai secondaire c'est le recouvrement qui se pose au-dessus de l'enrobage et il doit être compacté

$$V_{\text{remblai}} = V_{\text{deblai}} - (L_r * l * h_{\text{enrobage}})$$

Pour les conduites de diamètre $\Phi < 200\text{mm}$

$$V = 11359.35 - (0.45 * 0.6 * 23665.33) = \mathbf{4969.71\text{m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $200 < \Phi < 400$

$$V = 6100.56 - (0.45 * 0.9 * 8473) = \mathbf{3431.565\text{ m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $400 < \Phi < 600$

$$V = 259.2 - (0.85 * 1.2 * 180) = \mathbf{86.4\text{m}^3}$$

Pour les conduites de diamètre $\Phi > 600$

$$V = 6435 - (4719) = \mathbf{4719\text{ m}^3}$$

$$\text{Volume total de l'enrobage : } V = 4969.71 + 3431.56 + 86.4 + 4719 = \mathbf{13206.67\text{m}^3}$$

Remarque : tous les prix de l'appareillage et de l'investissement ainsi que le cout total du projet se résument dans le tableau suivant :

N°	Désignation et fourniture et travaux	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Totaux prix partiel (DA)
	Développement et essais de pompage				
10	Mise à disposition et repli de l'atelier		1	120 000	120 000
11	Déplacement de l'atelier d'un site a un autre		57	20 000	1 140 000
12	Développent a l'air lift		58	24 000	1 392 000
13	Développement de la pompe		58	24 000	1 392 000
14	Essais par paliers enchainés, 3paliers de 2h chacun		58	70 000	4 060 000
15	Pompage continu 24 heures avec pompe pouvant débiter jusqu'à 30m ³ /h sous 50m de HMT		58	110 000	6 380 000
	Station de pompage ST10				
16	Réaménagement de la station St10		1	10 000 000	10 000 000
17	Travaux de canalisation		1	15 000 000	15 000 000
18	Nouvelle canalisation entre ST10 et STEP 1		1	60 000 000	60 000 000
	Conduites				
19	Fourniture, transport et pose PVC				
	63	ml	55.37	652.5	36129
	75	ml	20.9	702.5	14683
	90	ml	14262	791.67	11290798

N°	Désignation et fourniture et travaux	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Totaux prix partiel (DA)
	110	ml	73.06	860	62832
	125	ml	5243	956.67	5015821
	160	ml	2185	1254.17	2740362
	200	ml	1826	1676.67	30615910
	250	ml	5095	2325	11845875
	315	ml	125	3397.5	424688
	400	ml	3253	5154.17	16766515
	500	ml	180	7802.5	1404450
	630	ml	3750	12114.17	45428138
20	Exécution de la tranchée (déblai)				
		m ³	24154.11	450	10869349.5
	Lit de sable				
		m ³	2740.33	1000	2740330
	Remblai primaire (enrobage)				
		m ³	10480.16	600	6288096
	Remblai secondaire				
		m ³	13206.67	500	6603335

N°	Désignation et fourniture et travaux	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Totaux prix partiel (DA)
	Appareillage				
22	Vannes de sectionnement _fourniture, transport et pose				
	63		1	3855	3855
	75		1	5125	5125
	90		51	6500	33 1500
	125		11	12 614	138754
	160		5	16 245	81225
	200		6	18569	111414
	250		17	20 556	349452
	300		1	27 521	27 521
	400		7	32 558	227906
	500		1	41 259	41 259

N°	Désignation et fourniture et travaux	Unité	quantité	Prix unitaire (DA)	Totaux prix partiel (DA)
23	Compteur Woltman fourniture, transport et pose		52	42086	2188472
24	Clapet anti retour –fourniture, transport et pose		52	40560	2109120
25	Ballon anti béliet –fourniture, transport et pose		52	221140	11499280
26	Local en parpaings		52	900 000	46800000
27	Pompe immergé		55	137 250	7548750

Le cout total du projet	(DA)
total	336 703 450
Divers et imprévus 10%	33 670 350
TVA 17%	62963546
Total	433337346

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les disponibilités hydriques naturelles doivent exister en qualités suffisantes, même dans les régions arides et déshéritées, pour que leur répartition et leur utilisation ne présentent pas de difficultés particulières. Mais, en notre époque moderne, caractérisée par un essor démographique, industriel et agricole sans précédent, des utilisations nouvelles sont venues s'ajouter aux usages anciens et traditionnels de l'eau. L'exploitation de plus en plus poussée de des potentiels de production, jointe à la nécessité d'alimenter des collectivités plus nombreuses et où les besoins de chaque individu sont en augmentation constante, exigera dans les années qui viennent des ressources hydriques toujours plus importantes.

La région d'El-Oued « zone aride » est caractérisée par l'existence de trois nappes aquifères différentes : le Complexe Terminal, le Continental Intercalaire et la nappe phréatique.

- La nappe phréatique située entre 10 à 40 mètres de profondeur (1^{ère} nappe)
- Le Complexe Terminal situé entre 220 à 800 mètres de profondeur (2^{ème} nappe)
- Le Continental Intercalaire ou « Albien » situé entre 1800 et 2000 mètres de profondeur

Ces trois nappes représentent donc une ressource hydrique intéressante à exploiter pour les usages domestiques et pour la mise en valeur à El-Oued, néanmoins, leur taux de salinité significatif pose encore un sérieux problème pour la boisson.

L'étude géologique de notre région d'étude montre que le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales des horizons sableux et argilo gréseux du Crétacé inférieur. Alors que, le réservoir du Complexe Terminal groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes dont les formations litho-stratigraphiques suivantes : sénonien et éocène carbonatés ; Mio-pliocène sableux (Continental Terminal ; Quaternaire, pelliculaires par rapport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur, dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Mio-pliocène.

L'historique du phénomène de la remontée des eaux a montré un accroissement rapide des besoins en eau d'où des forages atteignant les nappes profondes ont été réalisés. Notre recherche a montré que le facteur principal qui a provoqué le phénomène est surexploitation intensive des nappes profondes pendant ces dernières années. L'étude hydrochimie, nous a donné une vue générale sur la qualité des eaux de ces nappes. Ce qui permet de dire que la pollution de la nappe phréatique est acquises par dissolutions (mise en solution) et par lessivage c'est-à-dire par les eaux usées. Maintenant le plus grand danger est la contamination de la nappe phréatique par des eaux usées.

En général, les teneurs en éléments chimiques dépassent les limites des normes admises par l'O.M.S. Ces quantités excessives des éléments indésirables dans l'eau posent le problème de la potabilité des eaux et représentent un risque pour la santé publique qui doit être pris en considération par l'autorité de la région.

Le quatrième chapitre montre les impacts et les dégâts du phénomène de la remontée des eaux sur la région du Souf qui est notre point de vue un exemple d'une catastrophe environnemental qui doit être remédié le plutôt possible soit au niveau de l'agriculture, le tissu urbain de la région, l'urbanisme ainsi que le coté tourisme. Pour cela des solutions ont été proposées afin de réduire autant que possible ces impacts environnementaux négatifs .L'une des solutions majeurs quand on voit l'essentiel et l'idéal c'est la projection d'un réseau d'assainissement pour toute la région afin d'éviter la majorité des problèmes environnementaux et une station d'épuration dont des normes bien définies.

Enfin, nous suggérons une étude géophysique bien déterminée de la région du Souf afin de régler le problème de la remontée des eaux d'une façon idéal.

LISTE DES ABREVIATIONS

A.E.P.	A LIMENTATION EN E AU P OTABLE
A.D.E.	A LGERIENNE D ES E AUX
A.N.R.H. H Ydraulique	A GENCE N ATIONALE DES R ESSOURCES
C.I.	C ONTINENTAL I NTERCALAIRE
C.T	C OMPLEXE T ERMINAL
D.H.W.	D IRECTION DE L' H YDRAULIQUE DE LA W ILAYA
D.S.A	D IRECTION DU S ERVICE A GRICOLE
M.T.H	M ALADIE A T RANSMISSION H YDRIQUE
O.N.A	O FFICE N ATIONAL D' A SSAINISSEMENT
O.N.M.	O FFICE N ATIONAL DE M ETEOROLOGIE
O.N.S.	O FFICE N ATIONAL DE S TATISTIQUE
S.T.E.P	S TATION D' E PURATION
S.A.U	S UPERFICIEL A GRICOLE U TILE