



CENTRE UNIVERSITE D' EL-OUED
FACULTE DES SCIENCES TECHNIQUES
ET DES SCIENCES EXACTES

Mémoire

Présenté en vue de l'Obtention du diplôme

d'Ingénieur d'Etat en hydraulique

OPTION : Hydraulique Urbaine.

THEME:

**Diagnostic et réaménagement du
réseau de drainage horizontal
de la ville d'El Oued**

Présenté par :

HENNI Ayoub

LASSOUED Belgacem

LOUCIF Bachir

Mr. MILOUDI Abdel-Monem M.A Centre Universitaire d'El- Oued

Encadreur

Devant le jury:

Mr. KHECHANA Salim M.A Centre Universitaire d'El- Oued

Présiden

Mme. BOUSBIA BRAHIM Aida M.A Centre Universitaire d'El- Oued

Examineur

Mr. HALEM Mounir ING Bureau d' Etude de BG

Examineur

Année universitaire : 2008 -2009

تشكرات

سبحان الله و الحمد لله له الثناء الحسن والقول الجميل ولا اله الا الله وحده لا شريك له نحمد الله الذي وفقنا ومد لنا يد العون لانجاز هذا العمل. وانه لمن دواعي الفخر والاعتزاز أن نتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من ساعدنا لإنجاز هذا العمل المتواضع من قريب ومن بعيد ونخص بالذكر الأستاذ المؤطر عبد المنعم ميلودي وجميع أساتذة قسم الري الذين قدموا لنا كل العون والجهد طيلة السنوات السابقة وإلى كل من درسنا من الطور الابتدائي إلى الجامعي.

ونخص بالذكر : المهندسين منير هالم , يوسف حوري , بشير بن موسى , نصرات محمد , الطاهر, الياس , خالد نصر الدين .
والي كل زملائنا بالمركز الجامعي بالوادي وخاصة طلبة الري .
أيوب , بلقا سم , بشير

الإهداء

إلى من لا يمكن للكلمات أن توفي حقهما
إلى من لا يمكن للأرقام أن تحصي فضائلهما
إلى والدتي العزيزة أدامها الله لي.....و إلى أبي رحمه الله
إلى الإخوة : علي , العيد , الياس , عبد الصمد (حجي)
إلى الأخوات : هاجر , سعاد وزوجها وأولادهما
إلى رفقاء الدرب : بشير , بلقاسم
إلى كل أصدقاء الحي و أصدقاء الدراسة
إلى كل طلبة التكنولوجيا خاصة دفعة الري 2009
إلى كل من سقط من قلبي سهوا

أهدي هذا العمل المتواضع

أيوب

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي إلى أُمي الغالية التي باركت خطواتي الأولى واحتملت
شقاوتي بكثير من العطف والتضحية

حفظها الله لي.

إلى أبي الذي لم يبخل وسعى من أجلي لكي أصل إلى هذا المستوى وعلمني
أن الحياة عمل وصبر أدامه الله لي.

إلى أخي: محمد

إلى أخواتي: نزيهة، سميرة، الزهرة، سارة، عائشة، ليلي، فاطمة.

إلى كل عائلة لوصيف

إلى رفقاء الدرب: أيوب، بلقاسم

إلى كل أصدقاء الحي وأصدقاء الدراسة

إلى كل طلبة التكنولوجيا خاصة دفعة الري 2009

إلى كل من سقط من قلبي سهوا

أهدي هذا العمل المتواضع

بشير

الإهداء

اهدي هذا العمل إلى :

من رباني و أنار دربي وأعانني بالصلوات و الدعوات , إلى اغلي الناس عندي
أبي وأمي ,إلي أخواتي وأخواتي وأعمامي وعماتي وأخوالي وخالتي وكل أفراد
العائلة .

إلي أبناء الأعمام كل واحد باسمه

إلي كل أصدقاء الحي أصدقاء الدراسة

إلي كل أهل حي الشطايا

إلي من عمل بكد لإتمام هذا العمل إلي أصدقائي :

-الوصيف البشير

- حني أيوب

إلي جميع افراد دفعة الري كل واحد باسمه

إلي كل واحد عزيز على قلبي اهدي هذا العمل

بلقاسم

Liste de Figure

N° Figure	Titer	Page
Figure 1	<i>Image satellite de la zone d'étude(Google earth)</i>	4
Figure 2	<i>Plan géologique du Grand Erg Oriental</i>	6
Figure 3	<i>La lithostratigraphique du forage F1</i>	7
Figure 4	<i>Le relief du Souf</i>	8
Figure 5	<i>Diagramme Ombrothémique de la région d'Oued Souf</i>	11
Figure 6	<i>Climagramme d'Emberger pour la région du Souf.</i>	11
Figure 7	<i>Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement</i>	12
Figure 8	<i>coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale</i>	13
Figure 9	<i>Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement</i>	15
Figure 10	<i>Carte d'inventaire de Forage de CT et de CI sur la vallée de Oued-Souf.</i>	17
Figure 11	<i>Zone d'alimentation de la nappe phréatique le sens d'écoulement de la nappe</i>	18
Figure 12	<i>Les puits entre El-Oued et Ghadamès en 1883</i>	21
Figure 13	<i>Les nombres des palmiers du Souf au début de XX^e siècle</i>	21
Figure 14	<i>Les Oasis du Souf aux XIX^e et XX^e siècles</i>	22
Figure 15	<i>Les palmeraies du Souf</i>	24
Figure 16	<i>La ville d'El Oued, vue d'avion en 1980</i>	25
Figure 17	<i>Evolution de la situation des ghouts autour d'El Oued en 1980</i>	26
Figure 18	<i>Evolution des nombres des palmiers au début des l'années 80</i>	27
Figure 19	<i>La catastrophe situation des ghouts d'El Oued en 1986</i>	27
Figure 20	<i>Situation d'un ghouts ennoyée complètement par les eaux polluée de l'année 90</i>	29
Figure 21	<i>Carte piézométrique de la nappe phréatique du Souf en mars 1993.</i>	30
Figure 22	<i>Situation d'un ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers</i>	32
Figure 23	<i>Développement les surfaces des palmiers de l'année 1995 à 2008 du Souf</i>	33
Figure 24	<i>Les nombres des palmiers de l'année 1995 à 2008 du Souf</i>	33

Figure 25	<i>Le comportement de la nappe dans le pour cette période</i>	34
Figure 26	<i>Etat des ghouts du Souf en 2001</i>	35
Figure 27	<i>Le chott d'El Oued (remontée capillaire de l'eau de la nappe)</i>	36
Figure 28	<i>Puits traditionnel pour Le réseau de surveillance de la nappe phréatique</i>	37
Figure 29	<i>Etat du réseau de surveillance en 2001</i>	38
Figure 30	<i>Forme de l'agriculture nouvelle le mini-pivot de fabrication artisanale</i>	39
Figure 31	<i>Le comportement spatial de la nappe phréatique pour ce période (actuel)</i>	40
Figure 32	<i>La ceinture verte du côté les routes a droite</i>	45
Figure 33	<i>Présente la différence entre deux périodes</i>	46
Figure 34	<i>L'état actuel de pompe biologique</i>	46
Figure 35	<i>La ceinture verte de la région du Souf</i>	47
Figure 36	<i>Le réseau de drainage planter dans le commun d'El Oued</i>	49
Figure 37	<i>La position des granule de la couche caillouteuse de drain</i>	50
Figure 38	<i>Coupe de drains du réseau réalisé</i>	51
Figure 39	<i>Puits de collecte</i>	53
Figure 40	<i>Composition des accessoire de la crépine de la conduite d'absorption</i>	54
Figure 41	<i>Conduites d'aspirations</i>	54
Figure 42	<i>Les pompes de station des eaux de drainage</i>	55
Figure 43	<i>Conduite de refoulement et le rejet existant</i>	56
Figure 44	<i>Chambre de contrôle</i>	57
Figure 45	<i>Canal de drainage spiral</i>	61

Liste de tableau

<i>N° figure</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
Tableau 1	Données climatiques de la région d'Oued Souf (1997- 2007)	9
Tableau 2	Plants servant à fixer le sable et s'adaptant aux exigences climatiques et du sol de la zone du Souf (George Toutin, 1977)	42
Tableau 3	Espèces possibles d'eucalyptus à introduire (Boudy P., 1950).	43
Tableau 4	caractéristiques de pompes de station des eaux de drainage	54
Tableau 5	composant de l'ancienne station de pompage	55
Tableau 6-1	calcul des débits de tronçons drainés de la premier région	72
Tableau 6-2	calcul des débits de tronçons drainés de la premier région	73
Tableau 7	calcul des débits de tronçons drainés de la deuxième région	74
Tableau 8-1	calcul des débits de tronçons drainés de la troisième région	75
Tableau 8-2	calcul des débits de tronçons drainés de la troisième région	76
Tableau 9	calcul des débits de tronçons collecté de la première région	77
Tableau 10	calcul des débits de tronçons collecté de la deuxième région	78
Tableau 11	calcul des débits de tronçons collecté de la troisième région	79
Tableau 12	calcul hydraulique des tronçons drainés de la premier région	80
Tableau 13	calcul hydraulique des tronçons drainés de la deuxième région	81
Tableau 14	calcul hydraulique des tronçons drainés de la troisième région	82
Tableau 15	calcul hydraulique des tronçons collectés de la premier région	83
Tableau 16	calcul hydraulique des tronçons collectés de la deuxième région	84
Tableau 17	calcul hydraulique des tronçons collectés de la troisième région	85

Page	Ligne	L'erreur	Corrigé l'erreur
Page de garde	09	Diagnostic et réaménagement	Diagnostic et réaménagement
02	06	eaux souterraine avait	eaux souterraines avait
02	10	déclin d'autre dans	déclin d'autres dans
02	12	en autre , des	en autre , des
02	20	des eaux souterraine	des eaux souterraines
02	22	en eau, Ainsi que	en eau, ainsi que
02	23	de ce phénomène est ces	de ce phénomène et ces
02	24	une solution, de qui	une solution, ce qui
02	26	ont a montrée leur	ont a montré leur
02	29	on a adapté par	on a adopté par
02	30	la ville générale	la ville en générale
39	40	figure 31	figure 30
41	02	Chapitre III Diagnostic	Chapitre III Diagnostic
42	01	de la remonté des eaux	de la remontée des eaux
42	02	dans les quartier du Sidi Mastour	dans les quartiers du Sidi Mastour
42	03	drainage sur terrain	drainage sur le terrain
42	06	drainage verticale	drainage vertical
49	03	danger que	danger qui
49	07	dont la dernier était	dont la dernière était
49	10	on commençant	en commençant
49	23	d'un couche	d'une couche
49	24	el-oued	El-Oued
49	30	on la	on l'a
50	05	-	,
50	13	a pus les localiser est 85	a pu les localiser et 85
50	18	la couche superficiel qui	la couche superficielle qui
52	04	canaux d'absorption	canaux d'absorption
54	07	co*ude de diamètre	coude de diamètre
55	05	fonctionnement mapnuellement	Fonctionnement manuellement
55	06	ces pourquoi	c'est pourquoi
55	13	existant Actuelle	existant Actuel
57	17	pour évité	pour éviter
57	36	les collecte	les collectes
57	39	eaux sale	eaux sales
57	39	la zone vert	la zone verte
58	06	au collectes	au collecte
59	08	La résultante prévus	la résultante prévue
59	09	qui attend	qui atteind
59	25	0.00020 m/s on prenant le valeur moyen	0.00020 m/s en prenant la valeur moyenne
59	26	l'épaisseur moyen	l'épaisseur moyenne
59	27	largeur moyen de zone	largeur moyenne de zone
60	03	dirigent par fuit vers	dirigent par fuite vers
60	22	on a trouve	on a trouvé
60	24	la moyenne annuel	la moyenne annuelle
61	02	il est calculè	elle est calcule
61	07	condition des calculs	conditions des calculs
61	08	l' objective de calculs	l' objectif de calculs
61	11	pour effectue le calcul	pour effectuer le calcul
61	14	assure le fonctionnement normale	assurer le fonctionnement normal
61	19	toute les pentes	toutes les pentes
61	20	fait a traverse les regards	fait à travers les regards
63	17	a partir l'abaque	a partir de l'abaque
66	02	sa remontè	sa remontée

66	04	devenu chaire	devenu chair
66	05	a long terne pour	a long terme pour
66	07	a ce proposons	a ce propos on
66	09	phréatique , basé	phréatiques , basé
66	15	en adaptè cette méthode	en adoptant cette méthode
66	17	odeurs et domoustique	odeurs et du moustique
66	17	domestique..etc a condition	domestique..etc Tout en maintenait a condition
66	17	de la pompe	de la tout en assurant la maintenance
66	21	les eaux de souterrain	les eaux souterraines

Sommaire

	<i>Page</i>
INTRODUCTION	1
Chapitre I – Présentation de la région du Souf	3
I.1- Historique et Situation géographique de la région d'Oued Souf	4
I.2- Géologie de la région du Souf	5
I.3- Relief	8
I.4- Contexte climatique du Souf	9
I.4.1- Climatologie	9
I.4.2- Synthèse climatique	10
I.5- Hydrogéologie du Souf	12
I.5.1- Nappe du Continental Intercalaire	12
I.5.2- Complexe Terminal	14
I.5.3- La Nappe traditionnelle (nappe phréatique)	18
Chapitre II: Diagnostique sur les eaux de la nappe phréatique du Souf	19
II.1- Historique de remontée de la nappe phréatique	20
II.1.1- Prévision sur la variation piézométriques de la nappe phréatique et son impact sur la vie de <i>Soufis</i>	20
II.1.1.1- Période de rabattement de la nappe traditionnelle du Souf	21
II.1.1.2- Période de l'équilibre critique de la région	23
II.1.1.3- Période de la rupture d'un système fermé et l'ampleur du phénomène	25
II.1.1.4- Période de la rupture totale d'un système fermé et l'éveil des pouvoirs publics	29
II.1.1.5- Période de l'activité de pouvoirs publics et le lancement des grands projets de la vallée du Souf	34
Chapitre III diagnostique sur le drainage de souf	41
III.1- Création de ceinture d'évapotranspiration (la solution biologique)	42
III.2- Le réseau de drainage vertical des eaux de la nappe phréatique	47
III.3- description du réseau de drainage réalisé horizontalement	49
III.3.1- Examinations de terrain de réseau de drainage existant horizontal	49
III.3.2- Description de station de pompage	51
III.3.3- caractéristique de station de pompage	52
3.3.1- Clapet pied à crépine	52
3.3.2- Conduites d'aspirations	52
3.3.3- Caractéristiques de pompes	53
3.3.4- Conduite de refoulement	54
3.3.5- Chambre de contrôle	55

Chapitre IV réaménagement de réseau de drainage horizontal	56
IV.1 Méthode de drainage avec le système du bloc	57
IV.2-Composants du réseau de drainage proposé	57
IV.2.1- Description de mailles	57
IV.2.2- Les collectes	57
IV.2.3-Station de pompage	58
IV.2.4-Description du réseau de drainage horizontal proposé	58
IV.3-Détermination de la résultante de l'eau de la nappe phréatique	59
IV.3.1-Equation d'équilibre de l'eau de la nappe phréatique	59
IV.3.2-Détermination de facteurs d'équation	59
IV.4-Intensité de drainage(I_d)	61
IV.5-condition des calculs hydrauliques	61
IV.6-Calcul hydraulique	61
IV.6.1-calcul du surface pleine section W	63
IV.6.2-calcul la périmètre inondé χ	64
IV.6.3-calcul le rayon hydraulique R	64
IV.6.3.1-calcul coefficient (Manning-Strickler) C	64
IV.6.3.2-calcul la vitesse V	64
CONCLUSION	65
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	67
ANNEXES	71

Si le manque de l'eau dans de nombreuses wilayas au nord du pays , se fait du souci des responsables et mobilise d'énormes moyens de la part de l'état, au contraire , à El-Oued la négligence de cet atout en eau, a entraîné des problèmes parfois catastrophique sur le plan environnementale et urbain .

En effet , la remontée des eaux souterraines avait provoqué la destruction du sol , à son tour, ce résultat a causé le déséquilibre de fonctions biologiques des palmiers et la lésion de ses racines et l'augmentation de la saleté de la terre , la raison pour laquelle elle est devenu tellement agressive qu'elle a engendré ainsi l'érosion de constructions et même le déclin d' autres dans certaines régions .

Une telle situation a affecté directement et nocivement le progrès agricole et urbain . en outre , des milliers de palmiers dattiers restaient encore négligés dans ces conditions décourageantes qui résultent de la remontée des eaux souterrains .

Le problème n'avait pas été posé, exceptionnellement dans les années quatre-vingts et pour mieux préciser , il n' avait pas été porté sauf au cours des années quatre-vingt dix alors que la prise en charge réelle de ce sujet remonte au début du nouveau millénaire .

Afin de faire face à ce phénomène naturel , les hautes autorités ainsi que les autorités locales se sont mobilisées en proposant un programme de réaménagement des canaux et de drainer les eaux en attendant une solution définitive de ce problème .

On doit avouer que le problème de la remontée des eaux souterrains dans la région d'El Oued n'est pas une préoccupation récente néanmoins c'est un souci conventionnel , or l'augmentation du besoin de fournir la population en eau , ainsi que le grand épanouissement urbain , ont accru le développement de ce phénomène et ses nuisances . Le drainage demeure une solution , ce qui exige un grand investissement de la part de l'état.

Les responsables locaux de la wilaya ont a montré leur profonde inquiétude à cause d'effets de ce phénomène , de nombreux projets ont mis en ouvre tels que : la ceinture verte , le drainage horizontal et le drainage vertical .

On a adopté par préférence , le projet de drainage horizontal qui aura des effets précieux et bénéfiques sur la région et la ville en général .c'est le projet de réaménagement de réseau du drainage horizontal dans la zone d'étude Sidi Mastour. Nezla , Chott.

Le sujet se répartit en quatre chapitres qu'on peut les tenir ainsi :

- 1^{er} chapitre représentation de la région de Souf
- 2^{émé} chapitre diagnostic sur Les eaux de la nappe phréatique du Souf
- 3^{émé} chapitre diagnostique sur le drainage de Souf
- 4^{émé} chapitre réaménagement de réseau de drainage horizontal .

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

Le "SOUF" vient du nom berbère désignant rivière ou OUED. A l'origine la principale activité des habitants de la région était l'agriculture. Chaque palmeraie a vu le jour à la suite d'efforts considérables tant sur le plan physique que financier.

Les cuvettes "Gouts" 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.

La zone d'étude est située dans la Wilaya d'El Oued, l'une de principales oasis du sahara septentrional algérien. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à une distance de 650 km de la capitale, au Nord-ouest du Sahara septentrional. Elle occupe une superficie de 44.586 km², et limitée par les Wilayates de Biskra, Khenchela et Tebessa au Nord, Nord-est par la Wilaya de Djelfa, au sud et sud-est par la Wilaya de Ouargla et à l'est par la frontière tunisienne. Traditionnellement, les limites des Oasis du Souf sont l'Erg oriental jusqu'aux abords du Chott Melghir, s'étire une masse de palmeraies limitée à l'Est par la frontière Tunisienne et à l'Ouest par l'immense oasis de l'Oued-Righ. Et les limites de cette oasis atteignent la frontière libyenne au sud.

La région d'étude s'étend sur la commune d'El Oued dans les quartiers suivantes (sidi mastoure, nezla ,partie de chott), et propose un superficie environs de 2.4 km²

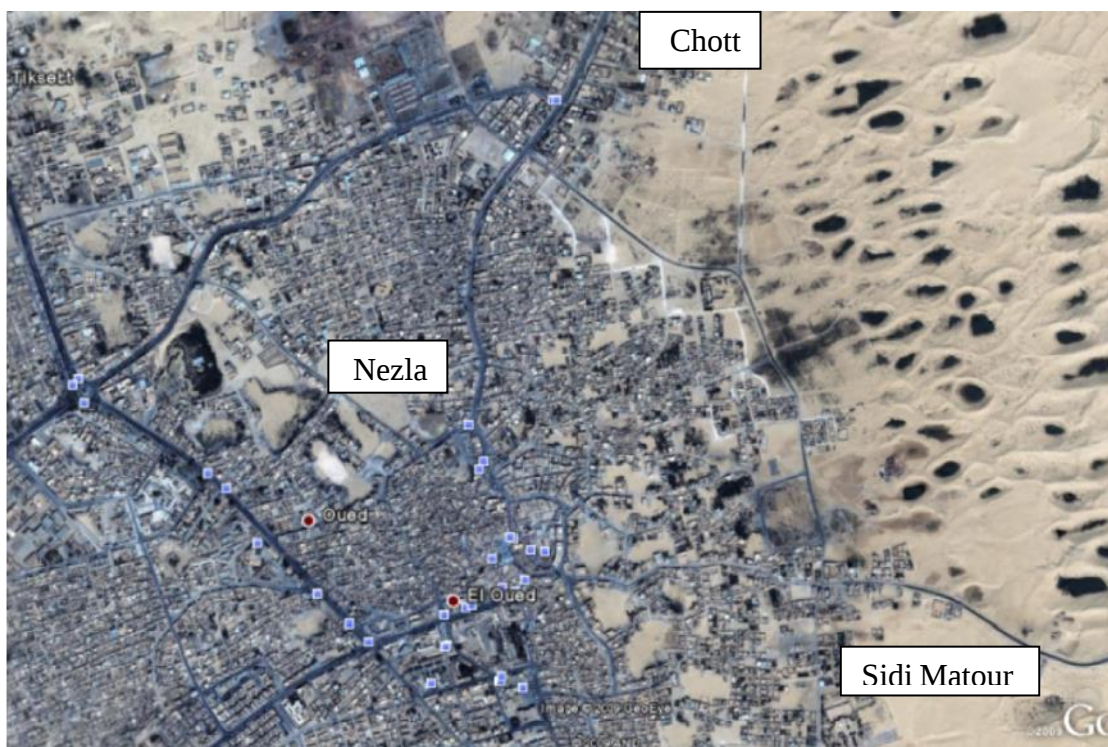


Figure 1. Image satellite de la zone d'étude (Google earth)

I.2- Géologie de la région du Souf:

La région du Souf se situe dans une mer de sable de couleur jaune ocre, issue de dépôts quaternaires.

Dans la région du Souf, les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire à caractère lithologique divers et variable dans le temps, plutôt calme, régulière et homogène dans l'espace (figure.3). Ses caractéristiques ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs terrains aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès

D'après Cornet (1964), Lechaari M.B (1990), Guendouz et *al* (1992), le bassin oriental du bas Sahara, entre la dorsale du M'Zab et les reliefs du Dahar, les formations post – turoniennes constituent (figure 2) un système aquifère généralement indépendant du Continental Intercalaire .

. Le Barrémien :

Cet étage est capté par tout le forage du continental intercalaire réalisé dans cette région; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres.

. L'Aptien :

Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.

. L'Albien :

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

La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

. Le Vraconien :

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

Dans la zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250 et 300 mètres. En raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'Albien.

. Le Cénomaniens :

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

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

. Le Turonien :

Cet étage représente la base du complexe terminale. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes. Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

. Le Sénonien :

La plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.

. L'Eocène:

Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

. Le Miopliocène :

Il repose en discordance indifféremment sur le Primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T).

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

. Quaternaire :

Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.

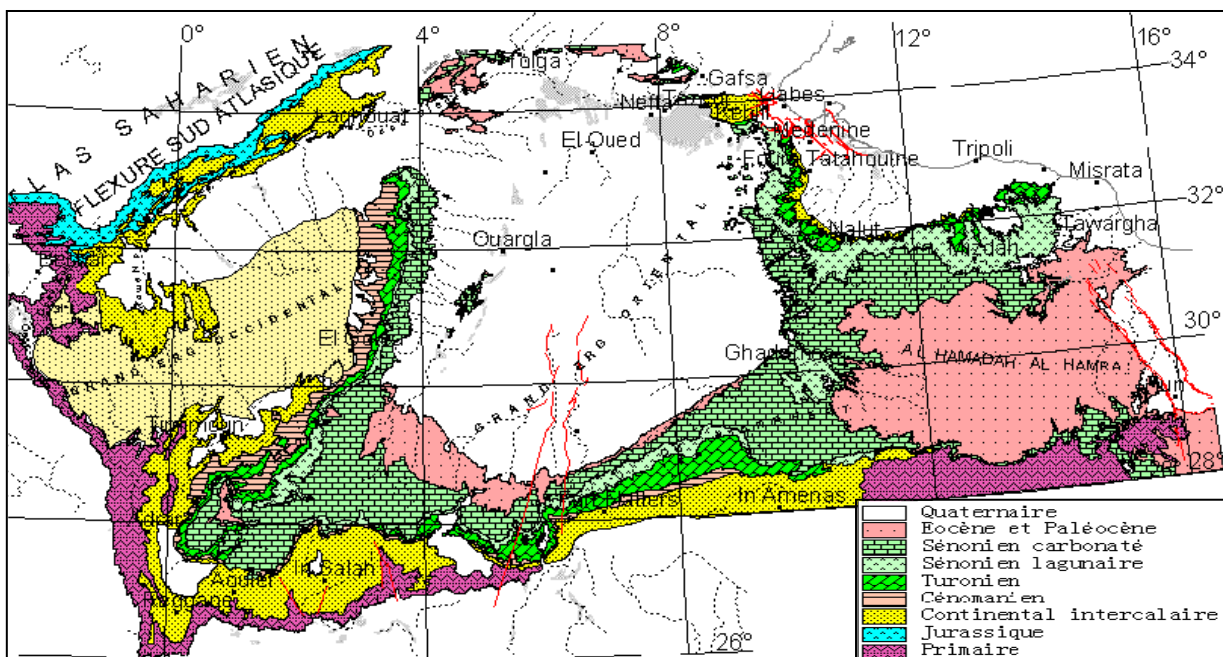


Figure2. Plan géologique du Grand Erg Oriental, (Baba Sy.M, 2005).

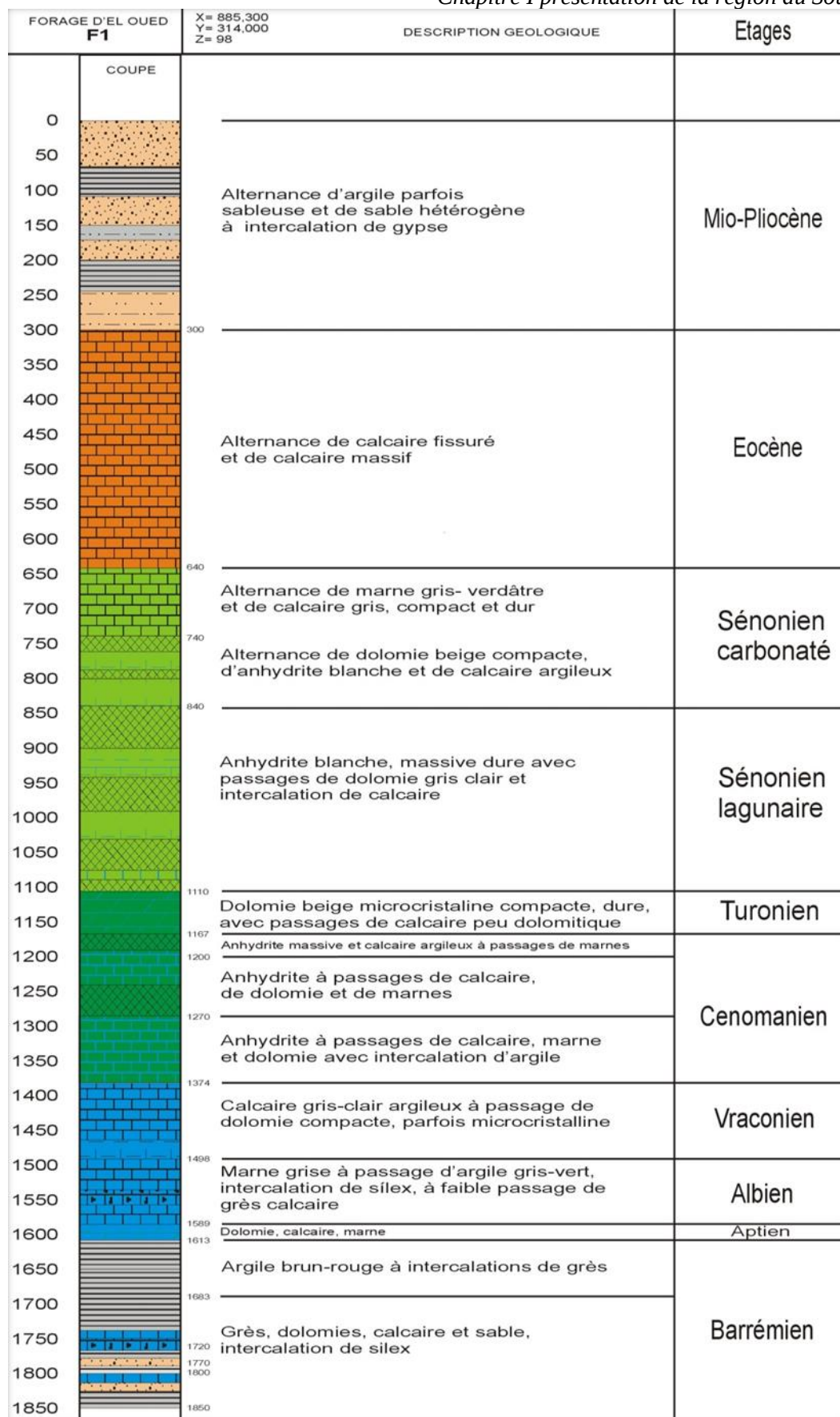


Figure 3. La lithostratigraphie du forage F1, (ANRH, 1993).

I.3- Relief:

Le relief du Souf est presque tout entier compris entre deux lignes orientées Est-Ouest ; la première au Nord est la courbe des 50 m, et la seconde au sud, celle des 100 m. une troisième ligne, relie les points de 75 m, est parallèle à ces deux lignes en leur milieu. La courbe de niveau des 50 m passe par Réguibia, Magrane et Hassi khalifa (figure 4). Celle des 75 m relie Guemar à Z'goum et la courbe de 100 m, Oued-Ziten, Amiche et El-Ogla (Voisin A.R, 1970).

Cette région sablonneuse ; à une altitude moyenne de 80 m, possède des dunes qui dépassent parfois cent mètres (100 m) de hauteur ; et le plus "haut sommet" du Souf est une dune de 127 m située à 2 km au sud d'Amiche, accuse une diminution notable du sud au nord pour être de 25 m au-dessous du niveau de la mer dans le chott Melghir qui occupe le fond de l'immense bassin du bas Sahara.(Najah.A, 1970 ;Voisin A.R, 1970)

Une telle variation d'altitude ne traduit pas un relief au sens typique de terme. Si on faisant obstruction des «gour» mamelons du Chott proprement dit, il s'agit plutôt d'une topographie quasimonotone. Cette quasi-monotonie n'empêche pas la constatation de formes géographiques. En effet, on montant, on a devant soi une Remla (dépôt de sable fin sur une dune aplatie.) et, en descendant, c'est un Oued qui découvre

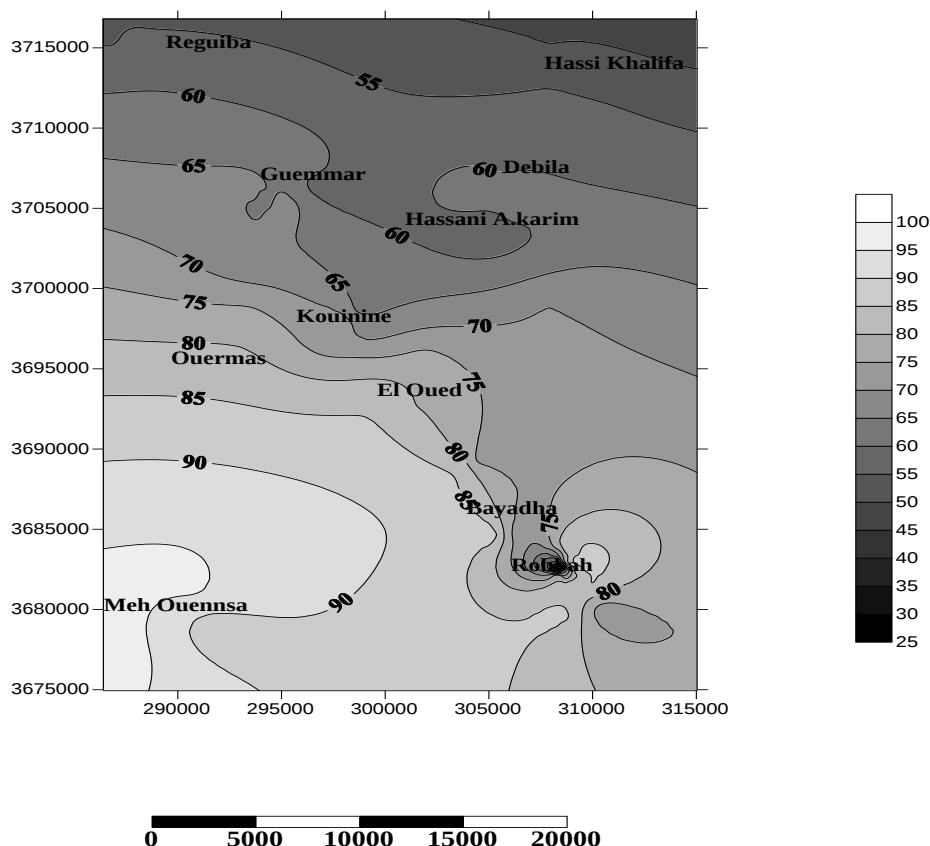


Figure 4. Le relief du Souf

Il convient de préciser que le terme Oued n'implique pas l'existence d'un cours d'eau, mais vise à caractériser une dépression ou Houd où la végétation, quoique maigre, reste différente de celle de la Remla ou «Ämi» (Najah A, 1970).

Les Sahanes sont des plateaux déprimés, souvent assez étendus, parfois caillouteux ou recouverts d'une croûte gypseuse ; ils sont enserrés par l'Erg qui leur donne ainsi une forme de cratère. Cette croûte ou agglomérat de petits gravillons de gypse les Sahanes contre l'invasion des sables. Même que les Houds ne sont que des Sahanes comblés par l'absence de cette croûte protectrice (Najah A, 1970).

L'Erg Soufi est plus modeste, presque jusqu'à Bir-Djedid (160 km au sud d'El-Oued) on ne rencontre qu'une étendue uniforme et imprécise de Remla (monticule). Les masses de sable qui paraissent à première vue infranchissable, le sont au contraire assez facilement, car l'Erg rarement compact ; il est la plupart du temps coupé par de longs couloirs appelés Gassi (Voisin A.R, 2004).

I.4- Contexte climatique du Souf:

I.4.1- Climatologie:

Tableau 1. *Données climatiques de la région d'Oued Souf (1997- 2007):*

paramètre Mois	Température			Précipitation (mm)	Insolation (heure)	Humidité (%)	Evaporation (mm)	Vent (m.s ⁻¹)
	T _{min} °C	T _{max} °C	T _{moy} °C					
Janvier	10.6	22.2	16.4	19.55	235.92	66.66	76.83	2.19
Février	13.1	25.5	19.3	3.38	245.29	56.1	105	2.7
Mars	17.6	32	24.8	4.38	280.86	48.5	151.63	3.36
Avril	21.9	36.9	29.4	6.83	283	44	203	4.28
Mai	27	41.2	34.1	4.05	312	39	257	4.39
Juin	30.6	45.7	38.2	1.3	343.55	33.58	283	4
Juillet	31.6	47.2	39.4	0.34	354.25	31	318.7	3.71
Août	32.3	47.1	39.7	3.14	330	34.8	284.6	3.36
Septembre	28.9	42.2	35.6	7.43	273.64	46.5	204.93	3.3
Octobre	23.6	37.3	30.5	8.48	263.76	52.33	150.4	2.38
Novembre	17.6	28.6	23.1	10	237	58.92	102.18	2.28
Décembre	11.7	22.2	17	9.6	227	66.2	83	2.52
Moyenne	22.22	35.68	28.9	78.92*	282.21	48.17	2220.76*	3.21

* Cumulé annuel

(O.N.M. El Oued Guemar, 2009)

I.4.1.1- Températures:

La température moyenne annuelle est de 28.9 °C, avec un maximum en Juillet de 47.2 °C (et maxima moyen en Août 39.7°C), et un minimum en Décembre de 11.7°C (et minima moyen en Janvier 16.4°C) (Tableau 1).

Le Souf a des étés brûlants qui sont aussi durs que ceux qui s'observant dans le Sahara Central. En hiver par contre, les températures peuvent titre très élevée, ou le thermomètre indique jusqu'a 49 °C à l'ombre dans la journée pour n'enregistrer dans la nuit que 15 °C ou 16 °C. Cet écart ou amplitude est souvent aux environs de 30°C ; situé dans les dernières dunes du grand Erg Oriental, (Voisin A.R,1970; Najah A , 1970).

I -4- 1-2- Précipitations:

Les précipitations sont très faibles et irréguliers, la moyenne annuelle de la région est de 78.92 mm/an (Tableau 1).

D'après Dubief (1963), les précipitation sahariennes ont une origine différente selon les saisons. Dans le Souf, la pluviométrie assez capricieuse, satisfaisante dans l'ensemble, se produisent généralement de novembre a février. Le plus souvent fines et modérées, elles deviennent parfois torrentielles (Najah A, 1970).

I -4- 1-3- Vents:

Selon le Tableau 1, nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant de Mars jusqu'en Août, avec un maximum de 4.39 m.s^{-1} durant le mois de Mai.

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

Généralement, au printemps que les vents sont les plus forts (période de pollinisation des palmiers), ils sont chargés de sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse allant de 150 à 180 Km / h.

I -4- 1-4- Evaporation potentielle:

L'évaporation est importante, atteint dans le Souf une ampleur considérable car ce phénomène physique rencontre ici les conditions nécessaires optimales : la moyenne annuelle est de 2220.76 mm. Le maximum est atteint en période de moins de Juin avec une moyenne de 283 mm. Les minima sont enregistrés durant le mois de Janvier (76.83 mm) (Tableau 1).

I -4- 1-5- Humidité de l'air:

Les valeurs d'humidité enregistrées à la station de Guemar. Ces valeurs observées dans la station - située au ras du sol à l'entrée de l'aéroport doit être moins importantes que les humidités régnantes à l'intérieur de l'oasis ou du ghout.

L'humidité de l'air est faible. La moyenne annuelle est de 48.17 % (Tableau 1). Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l'année.

En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 31.00% au mois de Juillet, sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds; alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 66.66 % au mois de Janvier (Tableau 1).

I.4.1.6- Insolation:

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

Les durées d'insolation sont évidemment très importantes au Sahara et varient assez notablement d'une année à l'autre et même suivant les périodes de l'année envisagées (Dubief, 1963). Et d'après le tableau (1) la durée moyenne d'insolation est d'environ 282.21 heures, avec un maximum de 354.25 heures en Juillet et un minimum de 227 heures en Décembre.

I.4.2- Synthèse climatique:

Une caractérisation globale du climat peut être réalisée par l'emploi d'indices ou des diagrammes climatiques. Pour caractériser le climat du Souf, nous utiliserons les indices de Demartonne et d'Emberger, ainsi que le diagramme Ombrothermique de Gaussen.

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen (figure 5) montre que la durée de la saison sèche est de 12 mois (sécheresse permanente).

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d'Emberger spécifique au climat méditerranéen (Claudin et *al.*, 1979). Dont la formule est :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Et de fait que M et m , les températures maxima et minima exprimées en degrés absolus ($^{\circ}\text{K}$), Stewart (1969) cité par LE Houerou (1995) ont montré que pour l'Algérie et le Maroc la dernière formule pouvait être simplifiée pour s'écrire:

$$Q_3 = 3,43P / M - m$$

P : Pluviosité moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en $^{\circ}\text{K}$.

m : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en $^{\circ}\text{K}$.

Pour la station de El Oued (Guemar) et pour la période 1996- 2007, $Q_3 = 7.40$. Donc le bioclimat est type hyper aride (saharien) à hiver doux (figure 6).

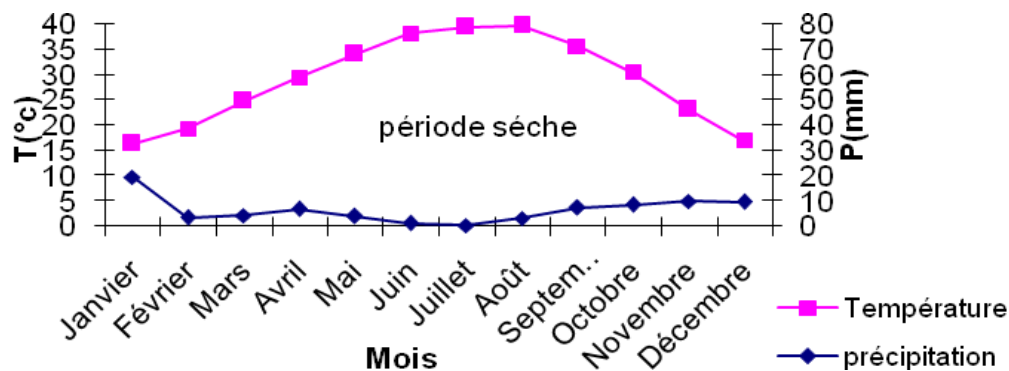


Figure 5. Diagramme Ombrothermique de la région d'Oued Souf (1996-2007).

Indice d'aridité : Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en ($^{\circ}\text{C}$), en appliquant la formule suivante :

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

D'après le calcul on obtient: $I = 2.03 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$. $I < 5$ Donc :

Ce qui confirme que notre région est caractérisée par un climat hyper aride.

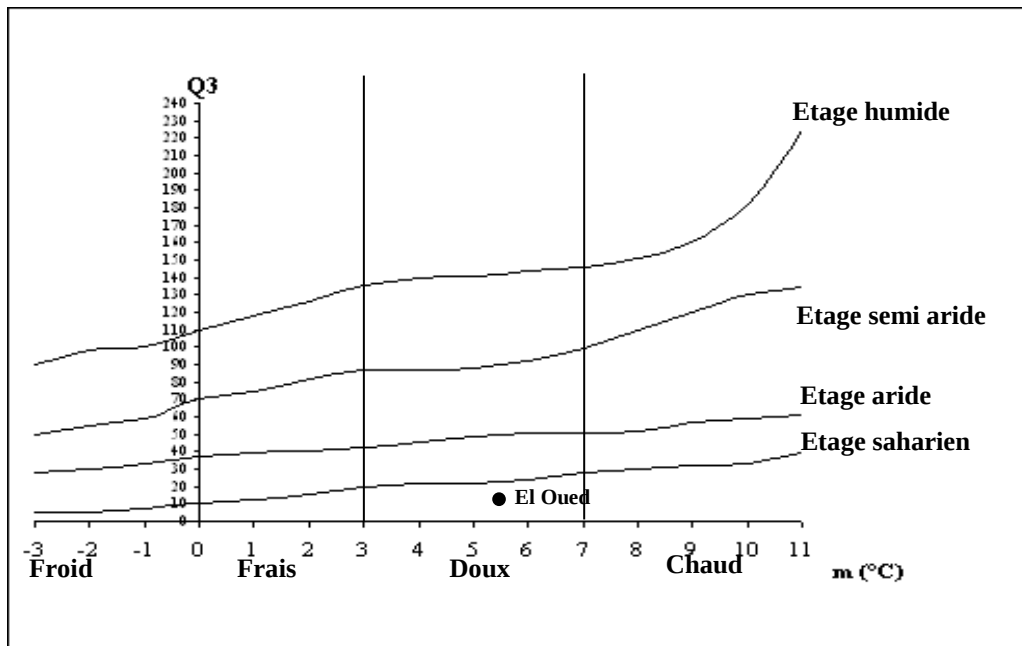


Figure 6. Climagramme d'Emberger pour la région du Souf.

I.5- Hydrogéologie du Souf:

Le Souf, groupe d'Oasis au sein du Grand Erg oriental, et comme dans la plupart des oasis du Sahara septentrional, les seules ressources hydriques disponibles sont les nappes d'origine souterraine. Les nappes d'eau souterraines de la région du Souf sont contenues dans des formations aquifères de nature différentes. A l'échelle régionale et du pays, les auteurs (Baba SY, 2005 ; BRL-BNEDER, 1999 ; Cornet, 1961; Castany, 1982 ; Cornet et Gouscov, 1952 ; Guendouz A, et al., 2003 ; UNESCO, 1972a) distinguent généralement deux ensembles géologiques qui contiennent les ressources en eau souterraine : un vaste bassin sédimentaire constitué des couches d'épaisseurs et de caractéristiques hydrogéologiques variables.

I.5.1- Nappe du Continental Intercalaire:

La nappe du Continental Intercalaire directement surmontée par les argiles et carbonates du Cénomanien, s'étend sur tout le bassin sédimentaire du Sahara septentrional, sur plus de 600 000 km² (figure 7). Cet aquifère est contenu dans les formations continentales des horizons sablo-gréseuses et argilo-sableuses du crétacé inférieur (Barrémien et Albien). Les formations du Continental Intercalaire (CI) s'étendent jusqu'en bordure de la plate-forme, en une auréole continue d'El Goléa (Algérie) jusqu'à la limite sud de la Hamada El Hamra (Libye). Au Nord-Ouest du bassin, le CI affleure tout au long de l'Atlas saharien et au Nord-Est au pied de la falaise du Dahar et du Jebel Nefusa. Plus au Sud, le CI repose directement sur les formations marines du Paléozoïque, lequel forme en affleurement une ceinture continue allant de la frontière marocaine, à la limite N-W du bassin, jusqu'à la ville de Hun (sud-est de Libye).

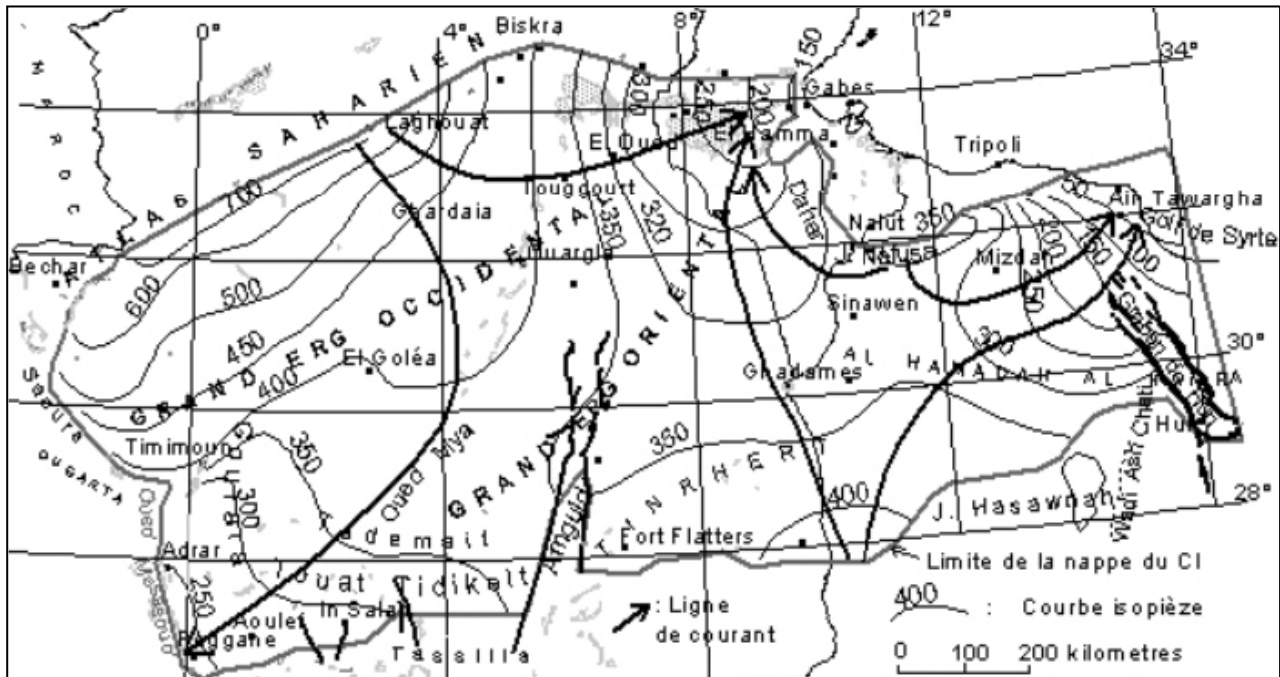


Figure 7. Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006).

Les premiers jaillissements de l'eau obtenus en genèse de l'Albien, car de ça référence à son étage supérieur.

Baba SY et al., (2006) met en évidence les zones d'alimentation qui sont: a) piémont sud atlasique au Nord-Ouest, b) Tinrhert au Sud, c) Dahar à l'Est, d) Jebel Nafusa au Nord-est, e) Jebel Hassawna au Sud, où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le Nord par la nappe du Continental Intercalaire (figure 7).

L'exutoire naturel principal de l'aquifère est situé en Tunisie. Il consiste en des remontées verticales par failles dans la zone du Chott Fedjaj et à un écoulement vers la nappe de la Geffara tunisienne par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine. Et les bordures occidentales et méridionales du Tademaït constituent aussi une zone d'exutoire naturelle importante, probablement jalonnée anciennement par des sources, dont les foggaras ont pris la relève. L'eau non captée s'évapore dans un chapelet de sebkhas qui occupent le fond des dépressions du Gourara, du Touat et du Tidikelt. Par ailleurs, des transferts verticaux à partir du Continental Intercalaire vers le Complexe Terminal existent peut-être à la faveur des fractures qui jalonnent la dorsale d'Amguid-El Biod. Sur le reste du domaine, mis à part la zone de communication possible avec le Complexe Terminal sur le Grand Erg Occidental (Figure 8), le toit de la formation, constitué d'une épaisse couche d'argile et d'anhydrite, est parfaitement imperméable et isole complètement les deux réservoirs. L'exploitation du Continental Intercalaire s'est d'abord effectuée, depuis de longs siècles des exutoires artificiels, par le système traditionnel des foggaras, introduit sur la bordure du plateau du Tademaït dès le X^e siècle (Cornet et Gouscov, 1952 ; Guendouz A, et al. 1991 ; UNESCO, 1972a ; BRL-BNEDER, 1999).

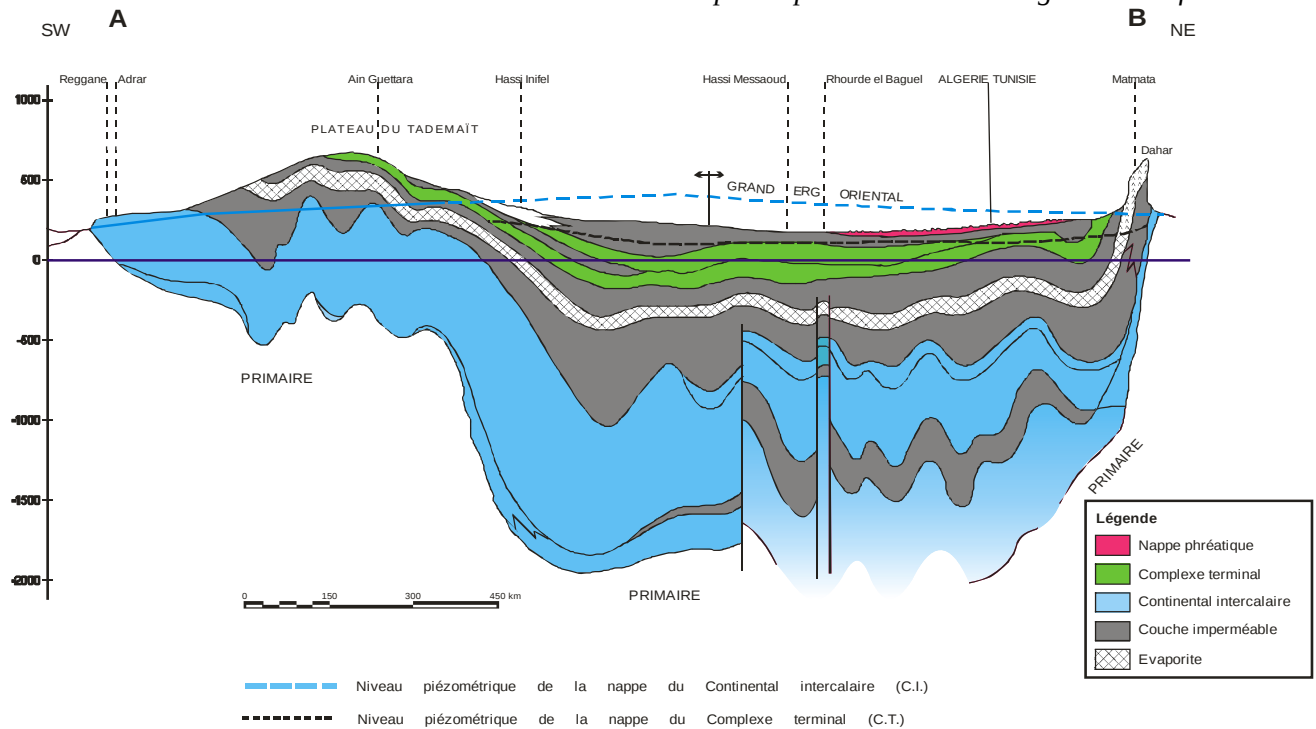


Figure 8. Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale (UNESCO, 1972a).

Le premier forage exécuté au niveau du Continental Intercalaire dans la région du Souf à BARREMIEN creusé en 1986 ; à CHOUHADA au Sud-est de la commune d'El Oued, à une profondeur de 1850 m. L'eau a une température avoisinant 70 °C, exploitée pour l'AEP et l'agriculture par un débit de 160 l/s (Giersch P, 1989).

Aujourd'hui il existe, dans l'ensemble de la région du Souf, 3 forages du Continental Intercalaire en production (DHW, El Oued 2007). Ils sont totalement utilisés pour couvrir les besoins domestiques. La demande en eau industrielle est cependant faible, étant donné qu'il n'existe pas d'unités industrielles importantes demandant une grande consommation d'eau.

I.5.2- Complexe Terminal:

Selon la définition de Kilian C (1931), le terme « Continental terminal » désignait les formations continentales, sableuses et argileuses du Miopliocène. Mais d'après BEL et DEMARGNE (1966) : « La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Miopliocène est plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, la nappe du Continental Terminal, par opposition au Continental Intercalaire ».

C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du « Complexe Terminal », appellation publiée pour la première fois par BEL et Cuche (1969) : ce terme de « nappe du Complexe Terminal » qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique. Les intercommunications entre

Sénonien, Eocène et Miopliocène sont évidentes sur l'ensemble du Bassin, à l'exception de la région des chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler. La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien lagunaire. Cependant, ses niveaux concordent avec ceux du Sénonien ou du Miopliocène sur la bordure du bassin.

D'après Baba SY et *al* (2006), les sables dunaires de L'Erg occidental, très perméables, offrent d'énormes potentialités d'infiltration des eaux de pluie. Ils s'étendent sur plus de 90 000 km², et l'absence de couverture imperméable entre les sables du Mio-plio-quaternaire et le Continental Intercalaire, fait que le Complexe Terminale se confond avec le Continentale Intercalaire sous le grand Erg occidental (figure 8), alors que dans le bassin oriental, il forme un aquifère nettement hétérogène.

Les terrains constitutifs du Complexe Terminal s'étendent sur une superficie d'environ 350 000 km² (figure 9) en Algérie et en Tunisie couvrent essentiellement la majeure partie du bassin oriental et l'ensemble du Sahara septentrional, depuis la Saoura à l'Ouest jusqu'au Graben de Hun (et même jusqu'au Golfe de Syrte) à l'Est, depuis l'accident Sud-Atlantique au Nord jusqu'au flanc Nord des plateaux de Tademaït et du Tinhert en Algérie, de Gargaf (Nord du Fezzan) en Libye. Son extension longitudinale est donc au moins égale à celle du Continental Intercalaire (1600 km), tandis que sa hauteur dans le sens Nord-Sud est plus réduite (600 km) (BRL-BNEDER, 1999).

Dans le bassin Occidental, l'écoulement se produit dans des zones d'affleurement du piedmont vers le Sud (limite Sud du Grand Erg et zone d'affleurement du Continental Intercalaire). A l'extrême Ouest, une partie de cet écoulement est interceptée vers le sillon de la Saoura. Et à partir de la dorsale du M'Zab, l'ensemble de l'écoulement converge vers la zone des Chotts (c'est-à-dire qu'il se renverse et s'effectue du Sud vers le Nord sous le Grand Erg Oriental) (figure 9).

Dans le Sud tunisien et en Libye cette direction d'écoulement vers le Nord-Ouest puis vers le Nord se poursuit, avec un fort gradient en Libye par suite de la réduction de transmissivité du réservoir (BRL-BNEDER, 1999).

D'après EDMUNDS et *al.*(1997), Baba SY (2005), les nappes du Complexe Terminal sont essentiellement alimentées sur les bordures relativement arrosées du bassin, par infiltration directe sur les affleurements calcaires (Sénonien, Eocène inférieur, Turonien), ou au travers des nappes d'inféro-flux des oueds : bordure Sud-Atlasique, M'Zab, Jebel Tebaga, Dahar, Jebel Nefousa. Dans les deux grands ergs (Occidental et Oriental), par infiltration de pluies exceptionnelles au travers des formations dunaires perméables (BRL, 1998). Et à l'Est du Djérid, la partie nord de la "chaîne" des Chotts est considérée comme source de recharge potentielle

Les zones d'exutoire sont principalement centrées sur les Chotts Algéro-Tunisiens et sur le Golfe de Syrte (figure 9), où les nappes sont artésiennes sous couverture semi-perméable peu épaisse (figure 8). Les sources constituent également un autre exutoire. La plupart d'entre elles ont aujourd'hui disparu à cause de la baisse du niveau des nappes, et les seules qui subsistent, se localisent dans les chotts.

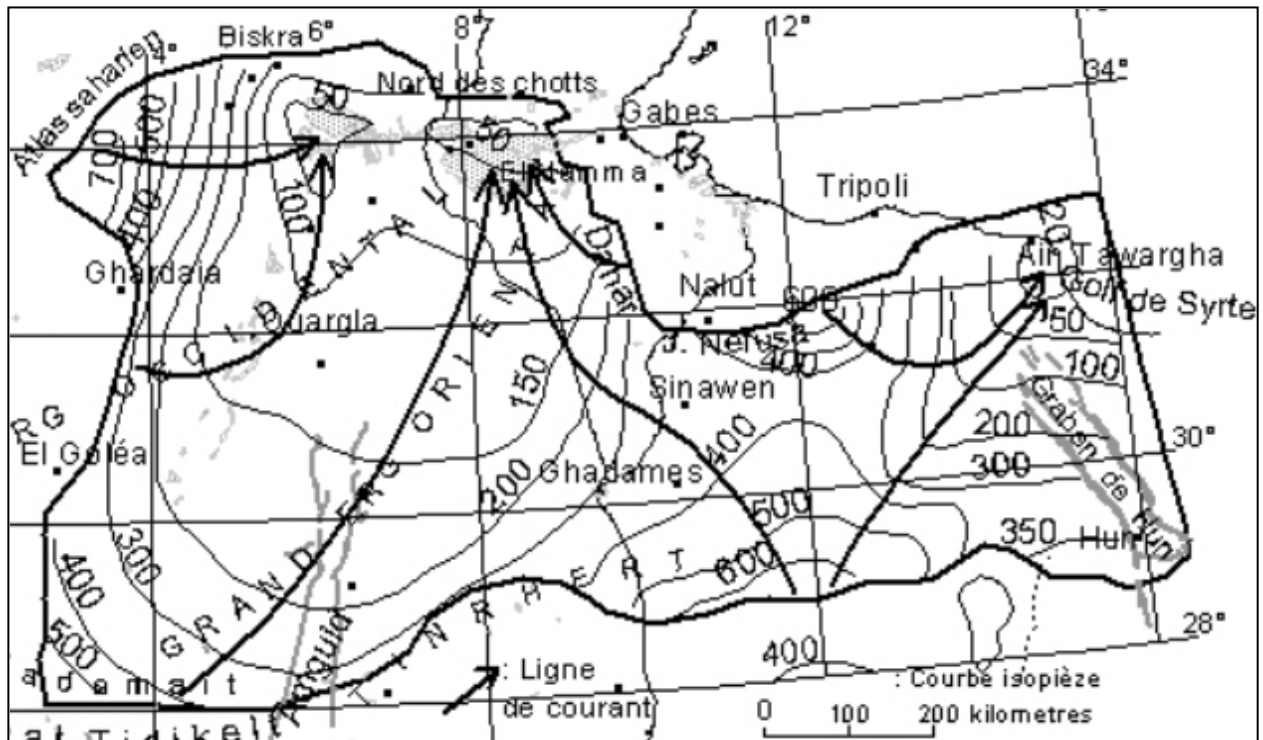


Figure 9. Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006).

D'après Voisin A.R (2004) la baisse générale du plan de l'eau jusqu'en 1950, a été à l'origine de la reprise des prospections et des premiers forages artésiens profonds destinés à sauver les Oasis du Souf.

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

Dans la région du Souf, l'eau jaillit depuis le printemps 1956 d'un forage exécuté à El-Oued, à près de 300 m de profondeur ; le débit est assez faible (3,3 litres/seconde) et la pression au sol assez réduite (+2,4 mètres) (Voisin A.R, 1970).

Actuellement, il existe dans la Région du Souf 120 forages du Complexe Terminal sur un ensemble de 564 forages pour l'ensemble de la wilaya d'El Oued (DHW El Oued). Comme pour la nappe du Continental Intercalaire, ces forages sont essentiellement utilisés pour couvrir les besoins domestiques et agricoles.

Le débit exploité dans la wilaya d'El Oued à partir des deux aquifères du Complexe Terminal atteindre 17,16 m³.s⁻¹ (DHW El Oued, 2007). Mais pour les communes de notre région d'étude le débit exploité ne dépasse pas 3 m³.s⁻¹.

La figure 10 qui présente les sites des forages complexe terminal (CT) et continental intercalaire (CI) dans la vallée de Oued –souf:

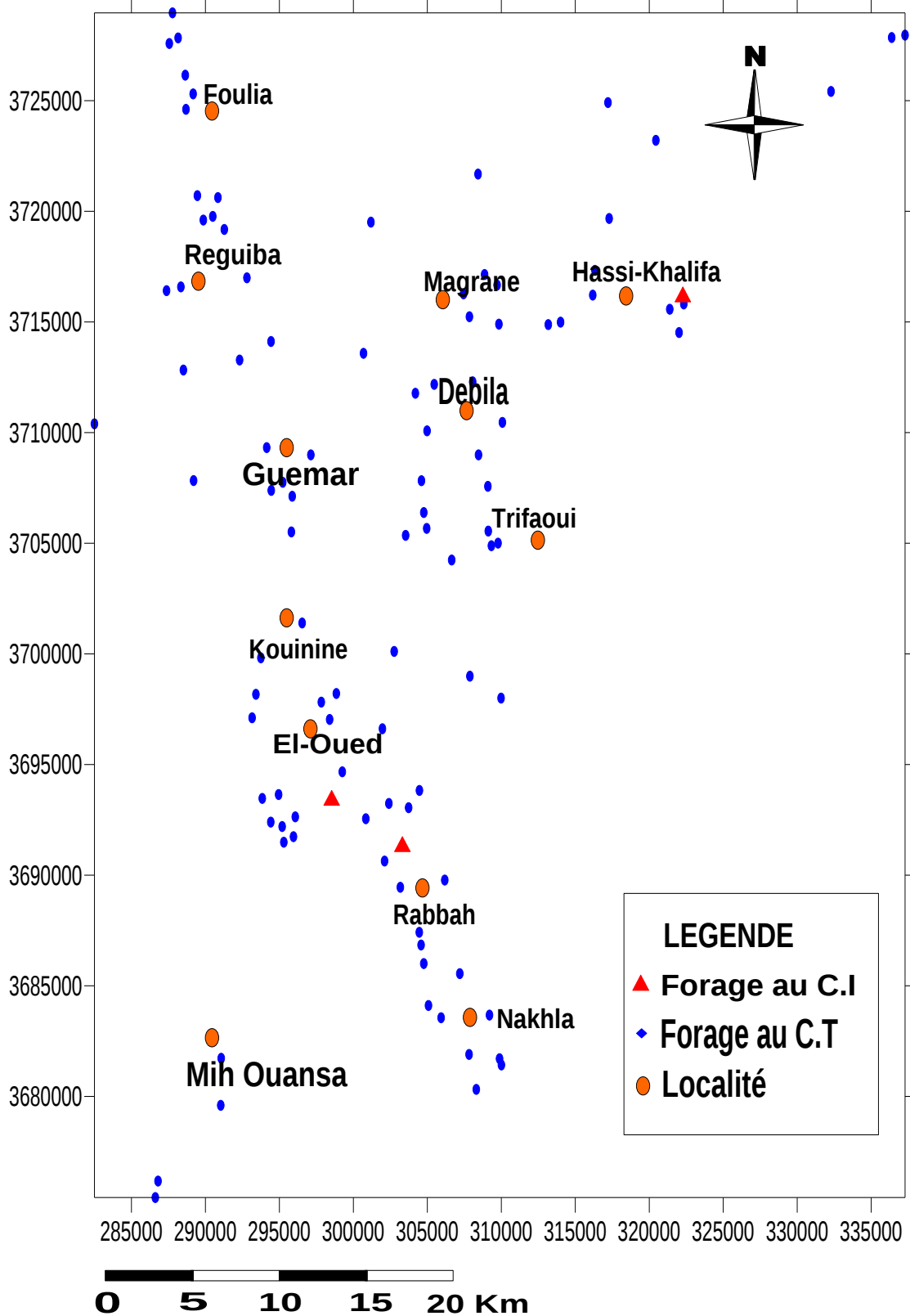


Fig10: Carte d'inventaire de Forage de CT et de CI sur la vallée de Oued-Souf.
(KHECHANA Salim, 2007)

I.5.3- La Nappe traditionnelle (nappe phréatique):

PLINE dans son histoire naturelle ancienne (1855), la signalait déjà : " A 12 journées de marche de la grande syrte vers l'occident, se trouvent des puits qui appartiennent aux Ammanientes, peuple qui trouvent sans peine des sources à une profondeur de 2 coudées".

L'eau phréatique est partout dans le Souf. Elle repose sur le plancher argilo-gypseux du Pontien supérieur. La zone d'aération qui sépare la surface de cette eau de la surface du sol, ne dépasse pas une distance moyenne verticale de plus de 40 m de sable non aquifère (Voisin A.R, 2004).

D'après Dubief (1947), l'alimentation de cette nappe, assurée uniquement par l'infiltration des eaux (figure 11), est à écarter car la pluviométrie, typiquement saharienne, même si elle se montrait parfois généreuse, ne suffirait jamais à expliquer à elle seule l'existence d'une pareille accumulation d'eau dans le sous-sol.

L'épaisseur de la nappe phréatique contenue dans les sables dunaires quaternaires, est de l'ordre de quelques mètres (25 m à El Oued)

Les études de Lelièvre (1969), de Nesson (1978) et de Guendouz et *al.* (1992) montrent d'une manière générale, comme d'ailleurs dans tout le Bas-Sahara que le sens de l'écoulement des eaux de la nappe phréatique suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est-à-dire du Sud vers le Nord (figure 11).

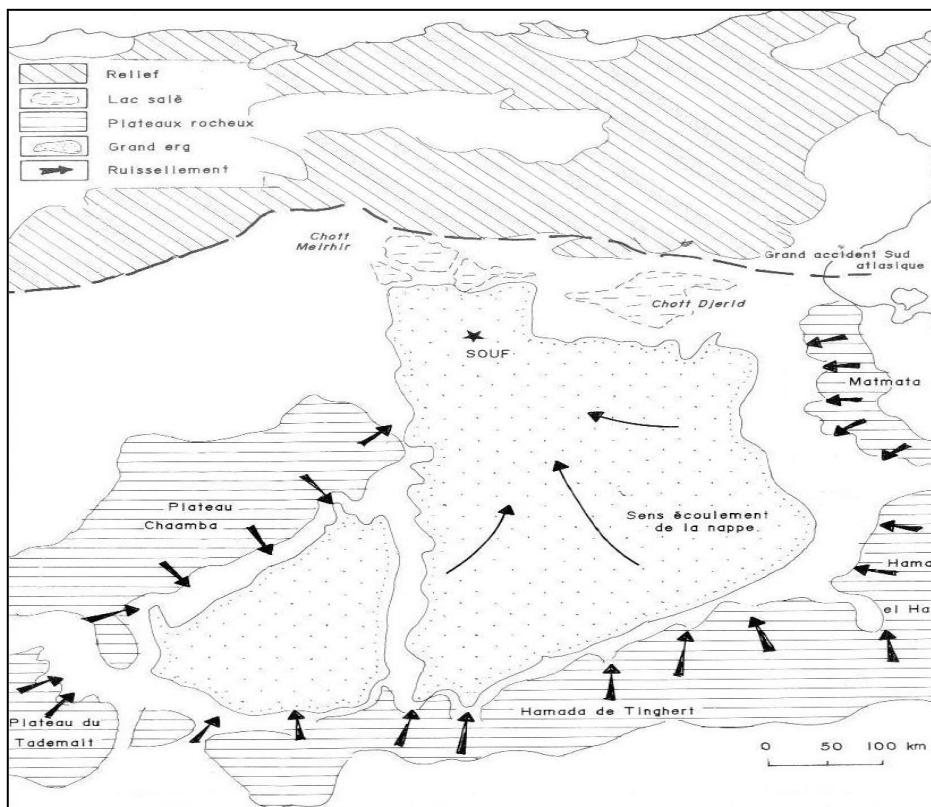


Figure 11. Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement de la nappe (Cote Marc, 2006).

II.1- Historique de remontée de la nappe phréatique:

Comment ce paysage s'est défait en quelques décennies? Pour donné ou plutôt trouver la réponse de cette question, on retourne avant 1955.

Lorsqu'en 1953 fut réalisé avec succès un forage profond à Sif Menadi (90 Km au nord D'El Oued) (figure 15), les techniciens, fiers de leur exploit, ne se doutaient pas que celui-ci allait constituer un coup de tonnerre dans le ciel serein du Souf.

Le cause principale de réalise les forages profonds artésiennes dans la région du Souf, c'est le manque de l'eau et par un autre mot la baisse de la nappe phréatique a cause de développement de débit extrait d'après l'agriculteur pour l'irrigation de sont palmiers.

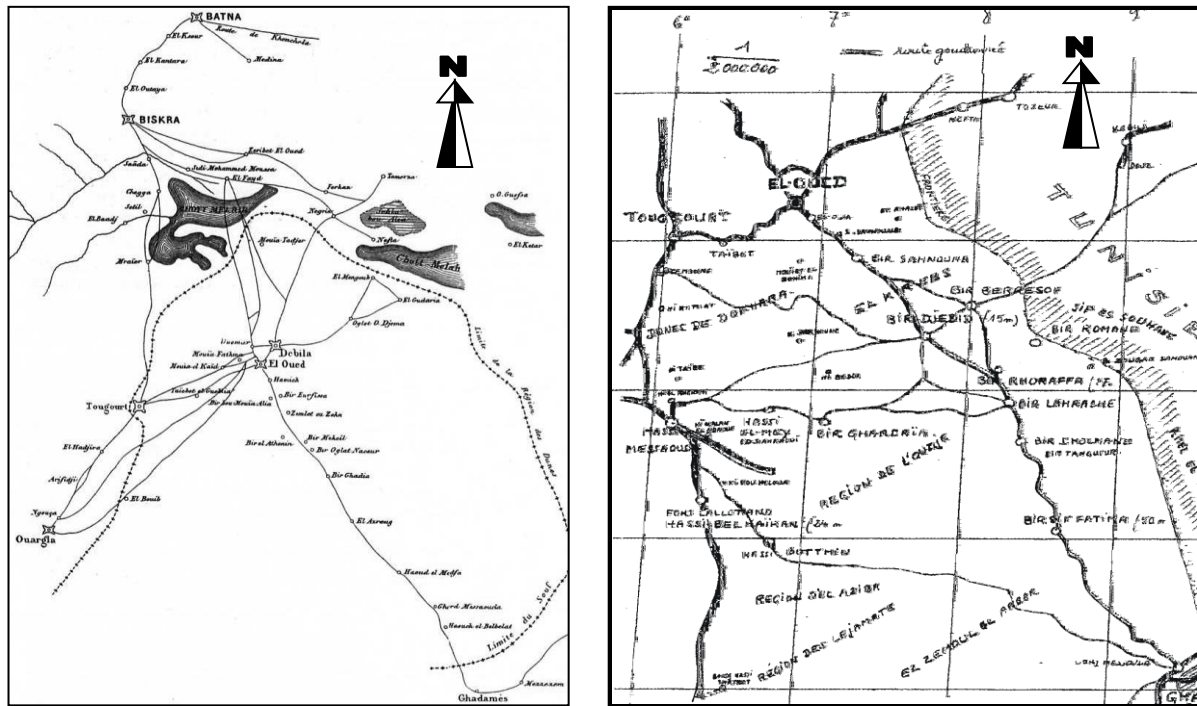
II.1.1- Prévision sur la variation piézométriques de la nappe phréatique et sont impact sur la vie de Soufis:

II.1.1.1- Période de rabattement de la nappe traditionnel du Souf:

Duveyrier H. (1864), dans sont livre parle sur la voyage qu'il fait dans l'Erg ; « *Entre El-Oued et Ghadamès, j'ai mesuré la profondeur des puits des stations de ma route : elle s'élève successivement de 8 m 55 à 22 m 30. Tous les puits de cette partie de l'Erg ont été creusés et sont entretenus par les Souafa, les Rouagha et les châamba.* » (Figure 12).

Les jardiniers du Souf assistent depuis la fin du XIX^e siècle et plus encore depuis 1930 à une sensible diminution du niveau de leur nappe phréatique ; il semble même qu'ils aient enregistré, à partir de 1940, une baisse des eaux plus fortes qu'auparavant. Faible ou nulle sur la bordure méridionale, elle atteint 50 centimètres au Sud d'El Oued, s'élève à 1 mètre près de cette ville, passe à 1,50 mètre dans les environs de Kouinine, puis à 1,80 mètres près de Guemar et s'élève à plus de deux mètres non loin de Reguiba, au Nord du Souf. Une accentuation de la baisse du Sud vers le Nord, sur l'axe principal des palmeraies au moins, est donc très nette (Nesson C., 1978).

En 1953, un rapport du laboratoire des BTP notait qu'une basse avait dû intervenir dès 1890, qu'elle s'était accélérée dans les années 1930-1940, et inquiétait les agriculteurs. Elle était inégale, de l'ordre de 1 m dans la partie Sud, 1,50 m entre El Oued et Guemar, et atteignait 2,30 m au droit de Reguiba. Dans les secteurs de Ghamra Ouest ou Djedeïda, on voit, dressés encore aujourd'hui, les troncs insolites des palmiers morts de cette époque. Et un rapport sur la situation d'El Oued en 1948 note que « *On ne peut songer à multiplier ces plantations car on constate que le niveau de la nappe aquifère baisse par suite, semble-t-il, de l'accroissement du nombre des palmeraies* » (Série Politique et économique N° 21, 20 et 14).



— Route godronnée frontière tunisienne ■ Les puits Localisés, L'échelle 1/2000000

Figure 12. Les puits entre El-Oued et Ghadamès en 1883 (carte de Jus. H, 1886, in Cote Marc, 2006).

La société Soufie le sait bien, qui au cours des derniers siècles a eu à faire face à un lent rabattement de cette nappe, et a dû mettre au point les techniques d'approfondissement des ghouts et de "descente" du palmier (réaliser en creusant sous le palmier, et en descendant progressivement celui-ci avec des cordes, jusqu'à ce que ses racines atteignent à nouveau la nappe). Et à cause de cette technique, le Soufi a réussi à augmenter le nombre de palmiers (figure 13), mais toujours il y a eu une réaction de la nature par le rabattement de la nappe phréatique à cause du débit extrait.

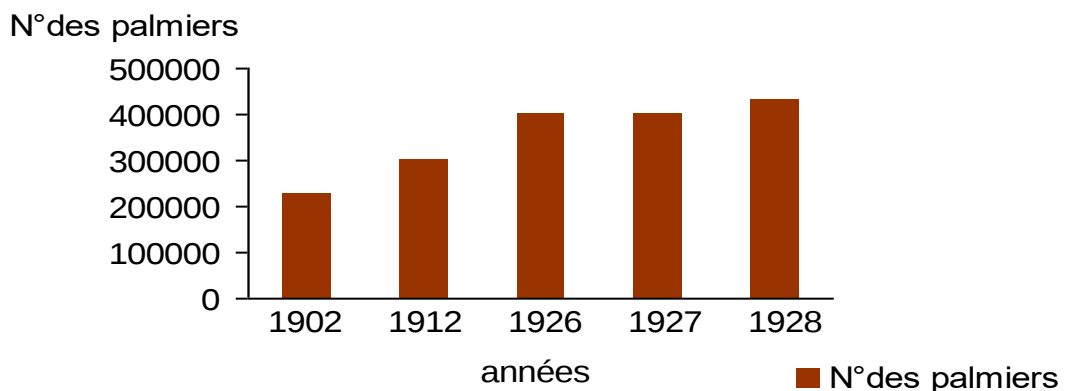


Figure 13. Les nombres des palmiers du Souf au début de XX^e siècle (Najah A., 1970).

Claude Bataillon (1955) a savamment étudié le problème de la baisse de l'eau dans les régions salées du Souf. Il a conclu que cette baisse est due, d'une part, au vieillissement du sol et à l'augmentation de pompage par les racines (augmentation des

nombre des palmeraies) (figure 13), et d'autre part, à la formation de concrétion gypseuse.

Il est certain que cette baisse d'eau dont souffrent les vieilles palmeraies, notamment sur les bandes de terrains gypseux, se manifeste d'amont en aval, c'est-à-dire du Sud au Nord (figure 14). Elle devient de plus en plus catastrophique dans certaines rues de palmeraies, sur la nappe varie de 1,5 m à 7 mètres et parfois plus ; ce qui conduit à l'affaiblissement, sinon à l'assèchement total, des palmiers souffrant de la soif. Les roches souterraines du Souf sont encore en voie de croissance caractéristique qu'on reconnaît unanimement au développement de la rose de sable restant sous terre. C'est que dans la plupart des endroits où la voûte de la nappe phréatique – la seule touchée – a considérablement baissé, il a été constaté la présence soit de forte formation de Lous, comme à Hassi Khalifa-Ghamra- Djedaida- soit l'apparition d'épaisses couches de Tafza jusque-là insoupçonnées (Najah A, 1970).

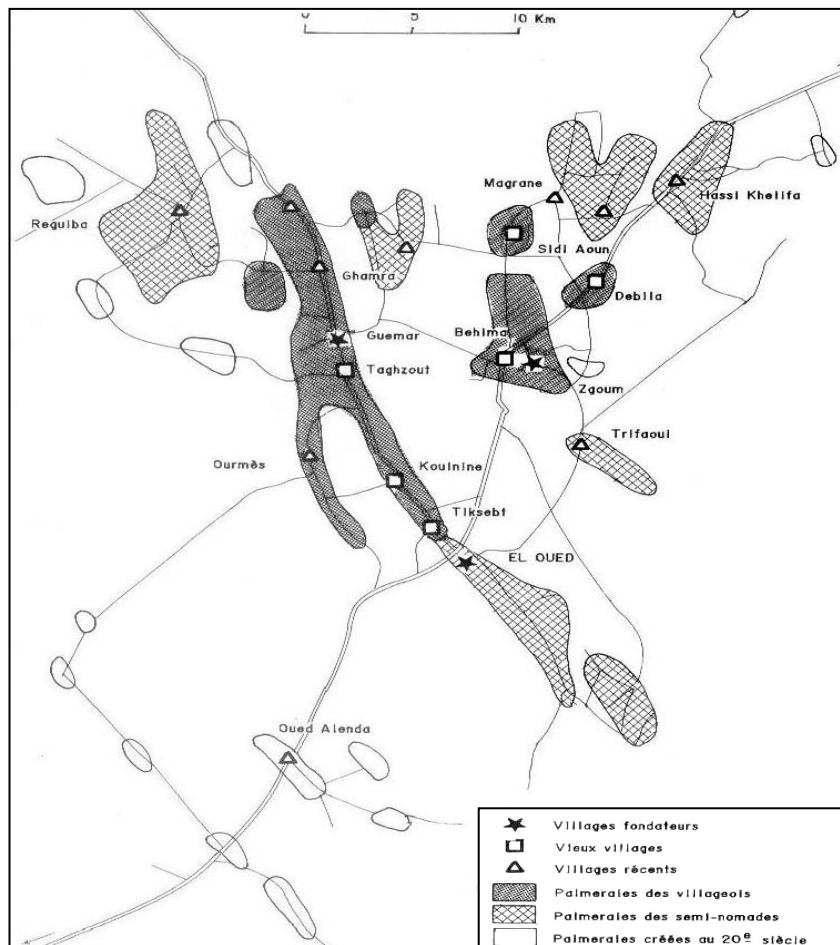


Figure 14. Les Oases du Souf aux XIX^e et XX^e siècles (Bataillon Cl, 1955)

Le Souf est avant tout un ensemble de palmeraies poussant dans de profonds cratères de sable. Les palmeraies suivent le trajet de l'Oued souterrain dont la forme affecte grossièrement la forme d'un X. La branche Nord-Ouest correspond à la direction de Biskra, la branche Nord-est à la route de Tozeur (Tunisie), celle du Sud-est à la piste de Ghadamès, et celle du Sud-ouest à la route de Touggourt. El Oued se trouve à la bifurcation de ces quatre routes (Voisin A.R, 1970).

II.1.1.2- Période de l'équilibre critique de la région:

A partir de la fin du XIX^e siècle, le Souf a été impliqué dans le phénomène de la colonisation. Même si ce territoire marginal et frontalier était considéré comme secondaire, la colonisation y a mené quelques améliorations économiques et sociales, dont la traduction fut, comme dans le reste du pays, le croisement démographique. Le Souf comptait 21 000 habitants en 1881 (Escart, 1891). En 1900, il y avait 32 700 habitants (Voisin A.R, 1970), et 92 000 en 1948 (Cote Marc, 2006).

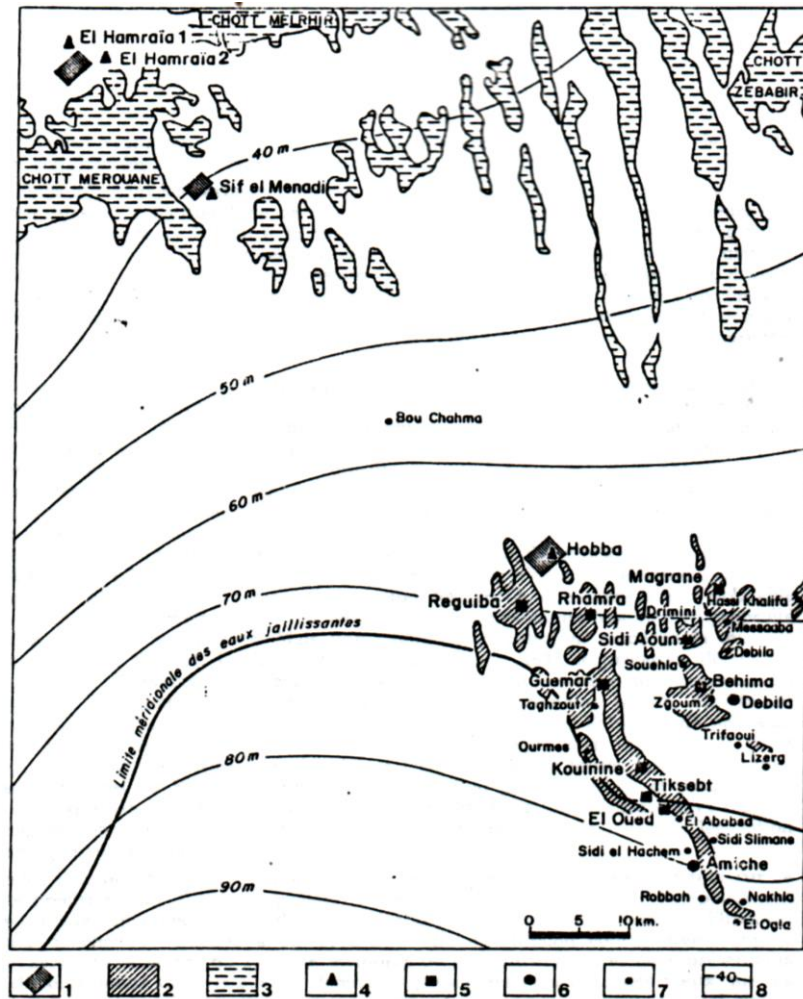
Et devant cette situation de croisement démographique de cette époque, et les besoins en eau de l'agriculture, on observé une baisse générale de la nappe phréatique. Fait raisonner que la réalisation des nouveaux forages était la solution, où en 1957 adressant à la même nappe de première forage, un autre forage exécuté à Hobba (30 Km de Nord Ouest d'El Oued), et d'après Voisin A.R, (1970) il donne 158 litres par seconde sous une pression au sol de 22 m 50 ; la profondeur exploitée allant de 325 à 400 m. Un troisième forage, à Guemmar, donne 8,3 litres par seconde sous une pression au sol de 8 m ; la profondeur exploitée allant de 285 à 350 m.

Les autres se firent en 1960 et les premiers forages de 1953-1955 furent améliorés : celui de Sif El Menadi donne maintenant 25 litres par seconde sous une pression de 66 m. celui de Harmraïa, exploité à 440-470 m de profondeur, débite 115 litres par seconde, quantité d'eau énorme qui a permis la réalisation d'une immense palmeraie. Celui de Guemmar donne actuellement 2000 litres par minute. Le forage de Ghamra débite 12 000 litres par minute (Voisin A.R, 2004). Où le nombre de palmeraies atteindre de 443.800 palmiers en 1962 (DSA. d' El Oued, 2007).

Et une douzaine des forages ont été effectués en 1961 à 1969 : Hamraïa, El Oued, Guemmar, Amiche, Débila, Kouinine, Magrane et Béhima (Hassani Abdel Karim), de moyenne de forage par an (DHW. El Oued). Où atteindre le prélèvement dans la région du Souf d'environ 600 litres par seconde en 1969 (BNEDR, 1993).

D'après les travaux de Claude Nesson 1978, et au cours de la dernière campagne d'inventaire et de mesure, il est trouvé que la pression a pu être déterminée sur la plupart des forages exécutés depuis 1952 grâce aux équipements de surface prévus à cet effet. Ces mesures ont permis de constater des baisses de niveau piézométrique sur tous les puits (forage), depuis l'année de leur réalisation. Ainsi une diminution de 17 mètres a été enregistrée à Sif Menadi, à l'aval de la surface isopièze, entre 1953 et 1967 (figure 15).

A l'amont et pour des forages datant de 1956 et 1957, elle atteint encore plusieurs mètres: il est mesuré 4,50 mètres à El Oued, 5 mètres à Hobba (Reguiba), 2,40 mètres à Guemmar. Sur les forages d'Amiche, Kouinine, Magrane exécutés en 1961 la baisse n'est que de 1 mètre à 1,50 mètres, mais les forages de Reguiba et Ghamra réalisés en 1961 et 1962 accusent respectivement 4,70 mètres et 4,60 mètres de diminution. Pour le forage d'El Oued, la cote piézométrique est passée, depuis 1956, de +2,40 mètres à -2,11 mètres, ce qui élargit la zone de non artésianisme recouvrant la partie méridionale du Souf.



1. Palmeraie irriguée.- 2. Palmeraie « Bour ».- 3. Chott ; sebkha.- 4. Puits servant à l'irrigation. – 5. Puits servant à l'alimentation en eau potable.- 6. puits non exploités.- 7. Localité sans puits.- 8. Isopieze du complexe hydraulique terminale (Eocène-Pontien inférieur). Le trait gras marque la limite méridionale des eaux jaillissantes du complexe hydraulique terminale.

Figure 15. Les palmeraies du Souf (Nesson. C, 1978).

En 1969, fut enregistrée une pluviométrie exceptionnelle et torrentielle qui engendra des dégâts, et qui provoqua des inondations à Biskra celle-ci ont été importantes dans tout le Bas Sahara, et pour la région du Souf, les pluies ont touché essentiellement les communes de Hassi Khalifa et Magrane où 150 ha ont été noyées (BNEDR, 1993). L'eau, qui était à 2 ou 3 m sous le niveau du plancher des ghouts, n'a plus été qu'à 1 m (Cote Marc, 1998).

Et d'après la Chronologie de réalisation de forage de DHW d'El Oued, on trouve que de 1956 (l'année du premier forage profond à atteindre le Complexe terminal) à 1970, un forage fut réalisé presque chaque année.

Après l'année 1970, le périmètre de Hobba (Reguiba) n'est pas unique dans la région, il existe également deux périmètres créés dans le cadre de révolution agraire : Akfadou (1976, 90 palmiers par attributaire) et Sahane Berry (commune de Hassi Khalifa) (1^{re} tranche 1982, lots livrés tout plantés, 2^e tranche 1990, lots livrés nus, 2 ha/attributaire). Les trois périmètres ont été accompagnés par la construction d'un village agricole auprès de chacun (DSA. d'El Oued, 2007).

En 1973, le premier rapport de la direction de l'hydraulique de la Wilaya d'El Oued d'après M^{er} A-Majid EDHABE, notait que il y'a des traces d'humidité au sol (fond du ghout), dans le ghout El Sardouke au Nord-Est de la ville d'El Oued (figure 16).



Figure 16. La ville d'El Oued, photo aérienne en 1980 (Cote Marc, 2006). Le cercle présent ghout El Sardouk.

Et on peut ajouter à ces 3 périmètres publics le grand périmètre privé de Dahouia, crée et développé au cours des 30 dernières années par l'industriel Soufi M^{er} Djilali Mahrie, et géré en exploitation centralisée d'un seul tenant. Au prix de très gros investissements, il a réalisé une mise en valeur spectaculaire de 568 ha, portant sur environ 15 000 palmiers et 12 000 oliviers, irrigués par 7 forages de profondeur 280 mètres et deux forages de profondeur 90 mètres (seul cas où un privé ait réalisé des forages profonds).

L'augmentation de la population a entraîné une forte demande en eau ce qui nécessite la réalisation d'un grand nombre de forages pour l'alimentation en eau potable sur une période relativement courte. Les pouvoirs publics (municipalité et services hydrauliques) ont répondu à cette montée des besoins, en dotant les agglomérations de forages et de châteaux d'eau.

Où, de l'année 1970, le rythme de la réalisation des forages, s'est accéléré chaque année et a vu la réalisation de 2 ou 3 forages. Où a l'année 1977 seule, atteindre le nombre de forage à réaliser le douze (12) forages à l'échelle de la région du Souf, neuf (9) pour l'alimentation d'eau potable et trois (3) pour le besoin d'irrigation, de 30 litres par seconde en moyenne chacun (DHW. d'El Oued, 2007).

II.1.1.3- Période de la rupture d'un système fermé et l'ampleur du phénomène:

Au cours des 50 dernières années, le Souf s'est urbanisé. Il faut donc recouvrir les besoins de ses habitants qu'ont cessé d'augmenter, notamment dans le domaine de la consommation en eau potable, on se conçoit plus la vie en ville sans l'adduction d'eau, et la distribution au robinet 24 heures sur 24. Et pour assurer ça il faut réaliser des réseaux d'alimentation en eau potable et des ouvrages hydrauliques pour le stockage. Le château d'eau d'El Oued de capacité 500 m³ fut élevé en 1957 ; et celui de Guemar de 300 m³ en 1958 (Voisin A.R, 1970).

L'état récapitulatif des forages situés dans la région du Souf montre qu'entre 1956 et 1980, 38 forages ont été réalisés (DHW. d'El Oued). Et la production disponible calculée par BNEDR (1993) est ainsi de l'ordre 34 560 m³ par jour en 1980.

Durant la décennie 1980, le Souf s'est senti basculé et entrée ou vivre la rupture d'un système fermé ou par un autre terme, la mort du paysage agraire. Et ce basculement s'est présenté sous un visage inattendu, celui d'une crise hydraulique spectaculaire, par excès d'eau (figure 17), comme il n'y en a eu nulle part ailleurs au Sahara.

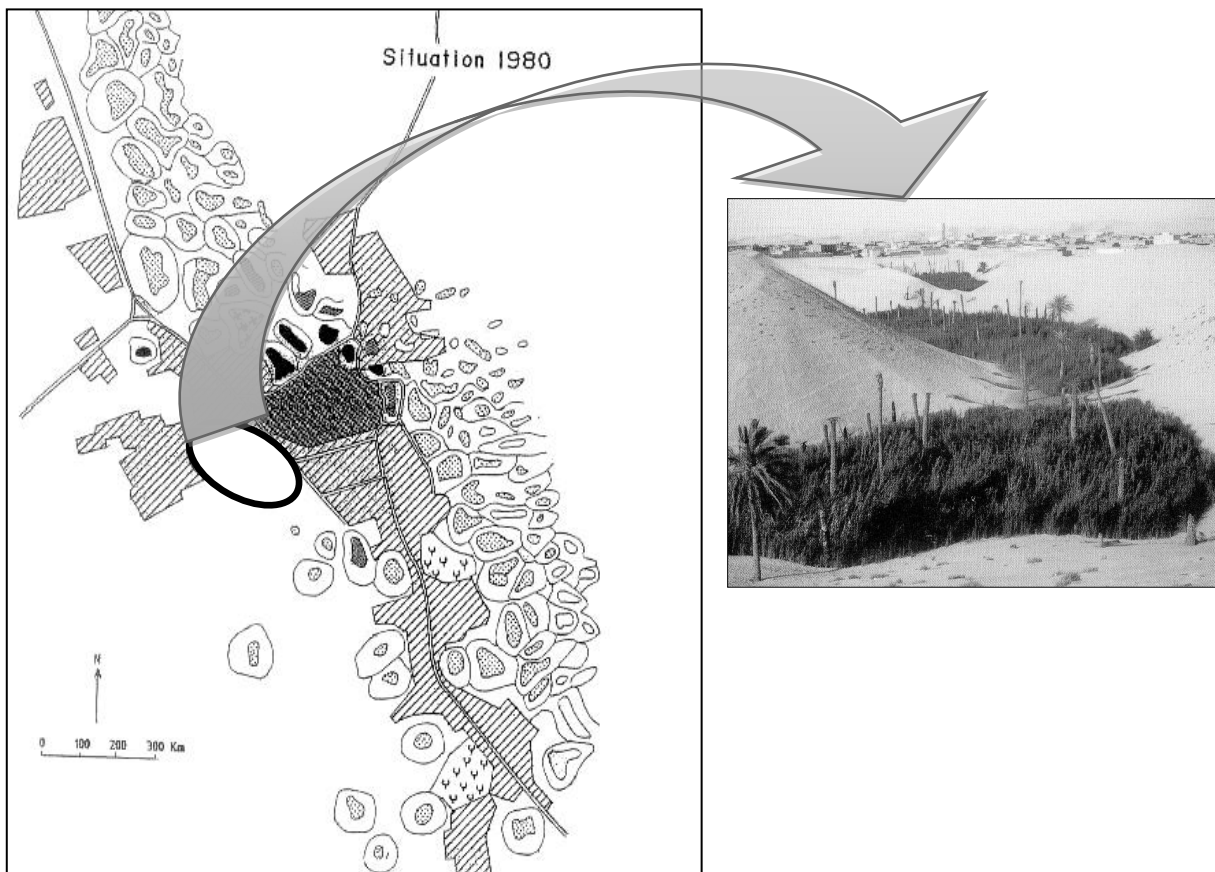


Figure 17. *Evolution de la situation des ghouts autour d'El Oued en 1980 (Cote Marc, 1998).*

On parle ici sur la manifestation aux portes immédiates de la ville d'El Oued, l'eau a affleuré en hiver au centre du ghout, avant de finir par noyer en permanence le fond de celui-ci. La nappe phréatique a monté d'environ de 1,50 mètre, envahit le fond des

palmeraies (Voisin A.R, 2004). Il est triste de voir des centaines de palmiers morts, dont les pieds baignant dans l'eau où pousse une végétation marécageuse.

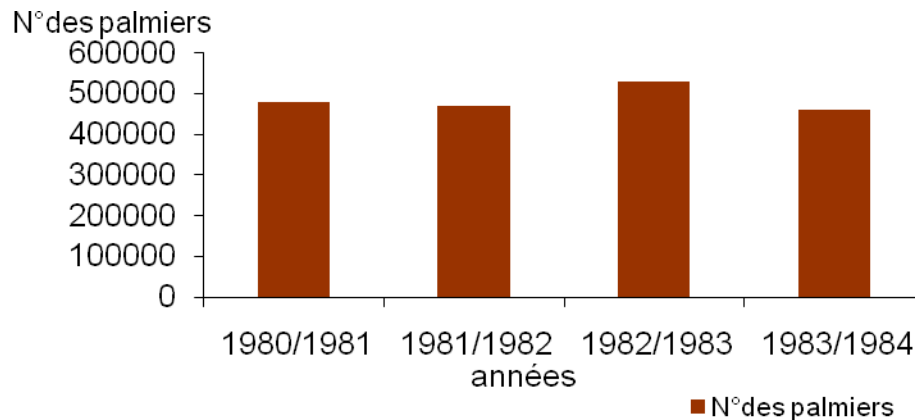


Figure 18. Evolution des nombres des palmiers au début des l'années 80 (DSA. d'El Oued, 1984)

La répercussion sur les palmiers sont claires et directes : envahissement par les joncs et roseaux, arrêt de fructification des palmiers, puis dépérissement des arbres, et enfin morts des palmiers et abandon du ghout (figure 17). Où on trouvent de la saison 1980-1981 à la saison de 1982-1983 il n'y a pas d'influence apparente sur le nombre total des palmiers dans la région, mais il y a une diminution de la rendement productive, lors de la saison de 1981-1982, le rendement a atteindré le 74 %, et la saison de 1982-1983 le rendement a diminué à 32 %, et on a perdu 94 523 palmiers de 1983 à 1984, et le rendement diminue jusqu'à le 28 % au ce saison (DSA. El Oued 1984) (figure 18).

Année après année, la nature du Souf souffrir par voix silencieux, et le charme de ce paysage disparaître sous la source de notre vie, la situation devient plus complexe et plus progrès d'environ la ville d'El Oued, le phénomène développée et touchée des autres cites (ghouts) comme présenté dans le figure 19.

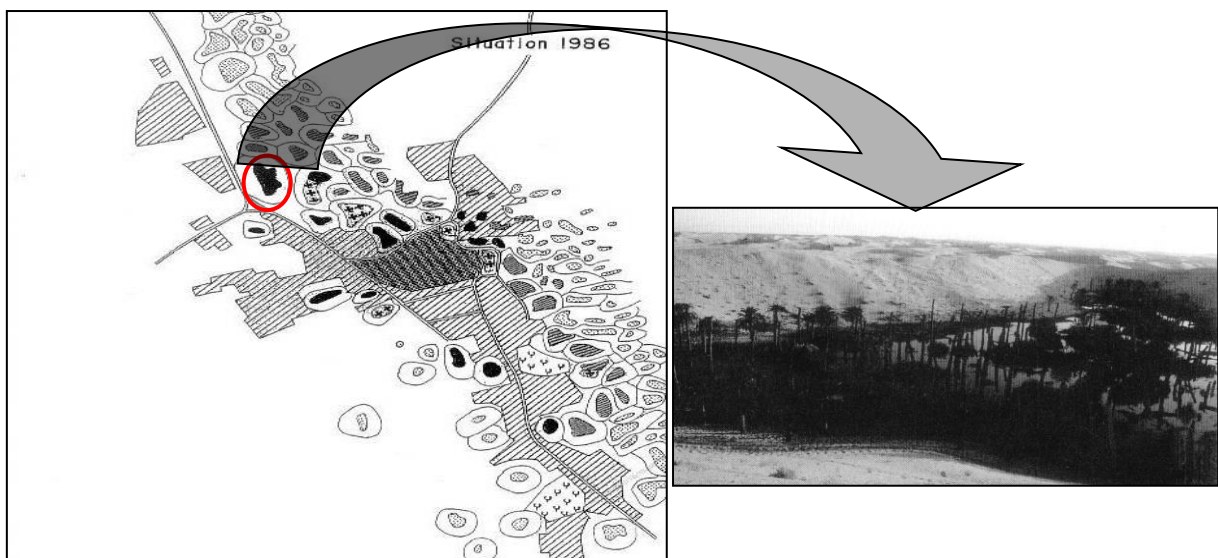


Figure 19. La catastrophe situation des ghouts d'El Oued en 1986 (Cote Marc,1998).

Et avec la montée démographique dans la région du Souf, les besoins des habitats en eau augmenter, les pouvoirs publics (municipalité et services hydrauliques) ont répondu à cette montée des besoins, par l'appel à un aquifère très profond, le continental intercalaire en 1986, le premier est le Barrémien DW 101 dans la commune d'El Oued (cité de Chauhada), de profondeur atteindra 1850 m, et de pression de 22 bar qui débité 200 litres par seconde, et suivait par deux 2 autres forages en 1987, le forage de Sahane-Berry (commune de Hassi Khalifa) de 2010 m de profondeur et 25 bar de pression qui donne débit de 250 litres par seconde, et le dernière est le Barrémien DW 102 dans la commune d'El Oued aussi (route de Touggourt), de profondeur de 1845 m et de pression de 23 bar avec débit de 230 litres par seconde (DHW. El Oued, 2007). Les deux forages de commune d'El Oued (DW 101, DW 102), ils sont en services de l'année de réalisations, et pour le forage de Sahane-Berry resté fermé d'environ dix (10) ans jusqu'à la fin de 2006, il est raccordé au le réseau de distribution des eaux potable (DHW El Oued, 2007).

Notons qu'il existe une installation de refroidissement de l'eau du forage de Chauhada, mais celle-ci n'est pas utilisée.

Le système traditionnel d'alimentation en eaux pour les habitants et les l'agriculteur, fonctionnait en boucle fermé, avec des débits limités. Les forages profonds ont crée des crises supplémentaires, sans qu'aucune sortie n'ait été prévue. Le système est aujourd'hui troublé.

Les réseaux d'alimentation en eau potable, sont alimenter par les ressources en eaux souterraines provenant des nappes du continental intercalaire et du complexe terminal, le taux d'AEP de 95%, et comprennent des canalisations de divers diamètres à partir de DN 500 mm ; ces tuyaux sont en amiante ciment et en P.V.C ou polyéthylène. Aucun plan d'ensemble cohérent et renseigné n'a été produit. Le linéaire total du réseau d'eau potable est actuellement estimé à 770 km (Bonnard & Gardel, 2001a). La distribution est assurée à partir de 42 réservoirs (château d'eau).

Les branchements privés sont réalisés directement par les particuliers, le matériau choisi étant généralement le polyéthylène. Le système de piquage sur le réseau public n'est pas défini par la collectivité. Un tour au marché nous a permis d'observer une offre importante de colliers de prise de fabrication artisanale. Aucun robinet d'arrêt n'est disposé au droit des piquages. La canalisation est sans doute choisie indépendamment de sa résistance à la pression de service.

Le rapport de GIER SCH .P, 1989 dit et éclairer que le fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable n'a pu être explicitement formalisé par les responsables locaux. Il n'existe pas de schéma fonctionnel permettant une vue d'ensemble et la détection rapide d'anomalies permanentes ou occasionnelles dans la distribution.

Les dotations en AEP ont été larges : pendant d'environ 30 ans, les populations ont disposé de l'eau 24 heures sur 24, arrosaient éventuellement leurs jardins, sous-payaient l'eau puisque elles la réglaient au forfait. Seule une minorité disposait de compteurs, et ceux-ci étaient vite dérégles par la chaleur de l'eau du continental intercalaire. Et d'après le calcule de BNEDR (1993), le débit d'alimentation en eau potable peut atteindre dans la zone du Souf d'environ 400 litre par jour par habitant.

Il ne faut donc pas s'étonner de constater 15 éclatements ou des fuites dans le réseau par jour (GIERSCH .P, 1989), généralement sur des branchements particuliers.

Que penser des nombreuses fuites probables mais non visibles dans la mesure où les eaux s'infiltrant directement dans la couche de sable sous-jacente ?

II.1.1.4- Période de la rupture totale d'un système fermé et l'éveil les pouvoirs publics:

D'après BNEDR (1993), le prélèvement pour le besoin d'alimentation en eau potable par les nappes du complexe terminale et le continental intercalaire atteindre le 3789 litres par seconde en 1993 (3109 l/s du CT et 680 l/s par le CI). Et pour l'irrigation le débit prélevé par la nappe phréatique est 6123 litres par seconde. Mais lorsque l'apport provenant de la profondeur est puissant et continu dans le temps, le niveau de la nappe phréatique s'élève, finit par être proche de la surface où elle menace cultures et habitations.

Or, à cet apport supplémentaire massif, n'a pas correspondu non plus une modification dans le système d'évacuation. L'assainissement des eaux résiduares dans la vallée du Souf est caractérisé par la prépondérance d'un assainissement individuel (ou autonome) pour toutes les agglomérations de la vallée du Souf. Le système rural de fosses ou les puits perdus a été conservé dans une ville d'environ de 130 000 habitants, où le nombre des fosses perdus dans la région atteindre les 36 265 fosses (ONA. d'El Oued, 2007). Donc les forts débits introduits sont à l'origine de forts volumes d'eaux usées qui ne retournent pas en profondeur; ils ne sont pas non plus évacués à l'extérieur du bassin hydraulique. Ils vont rejoindre la nappe phréatique, qu'ils gonflent d'autant. Et les seules agglomérations pour lesquelles il existe un réseau d'assainissement des eaux usées sont Guemar et El Oued.

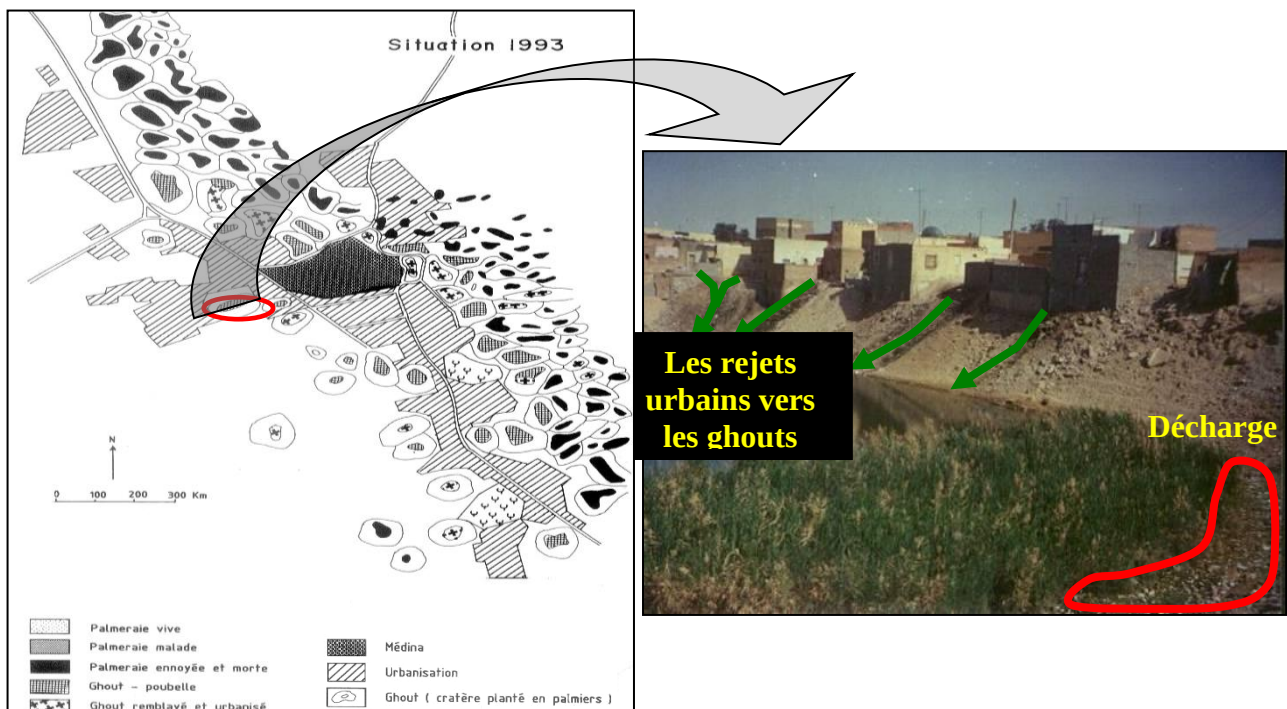


Figure 20. Situation d'un ghouts ennoyée complètement par les eaux polluée de l'année 1990 (Cote Marc, 2006).

L'évolution est d'autant plus spectaculaire qu'elle touche la partie sud du Souf, c'est-à-dire celle des grands ghouts profonds en milieu dunaire (Bayada, Rhobah, Ogla...). Les ghouts ennoyés qui cernant la ville présentant une eau noirâtre et nauséabonde (figure 20), qui incite la population à en faire autant de décharges sauvages. Et le cycle de pollution s'accroît.

L'étude (analyse) piézométrique de l'aquifère débute par l'établissement de la carte piézométrique. Cette dernière "est le document de base de l'analyse et de la schématisation des fonctions capacitive et conductrice du réservoir et du comportement hydrodynamique de l'aquifère. C'est la synthèse la plus importante d'une étude hydrogéologique." (Castany, 1982)

L'Agence Nationale de Ressources Hydrauliques (ANRH), réaliser de réseau mis en place en 1993, était composé originellement de 152 points : 112 puits et 40 piézomètres répartis dans la région du Souf dans une zone de 80 km Nord-Sud sur 40 Est-Ouest.

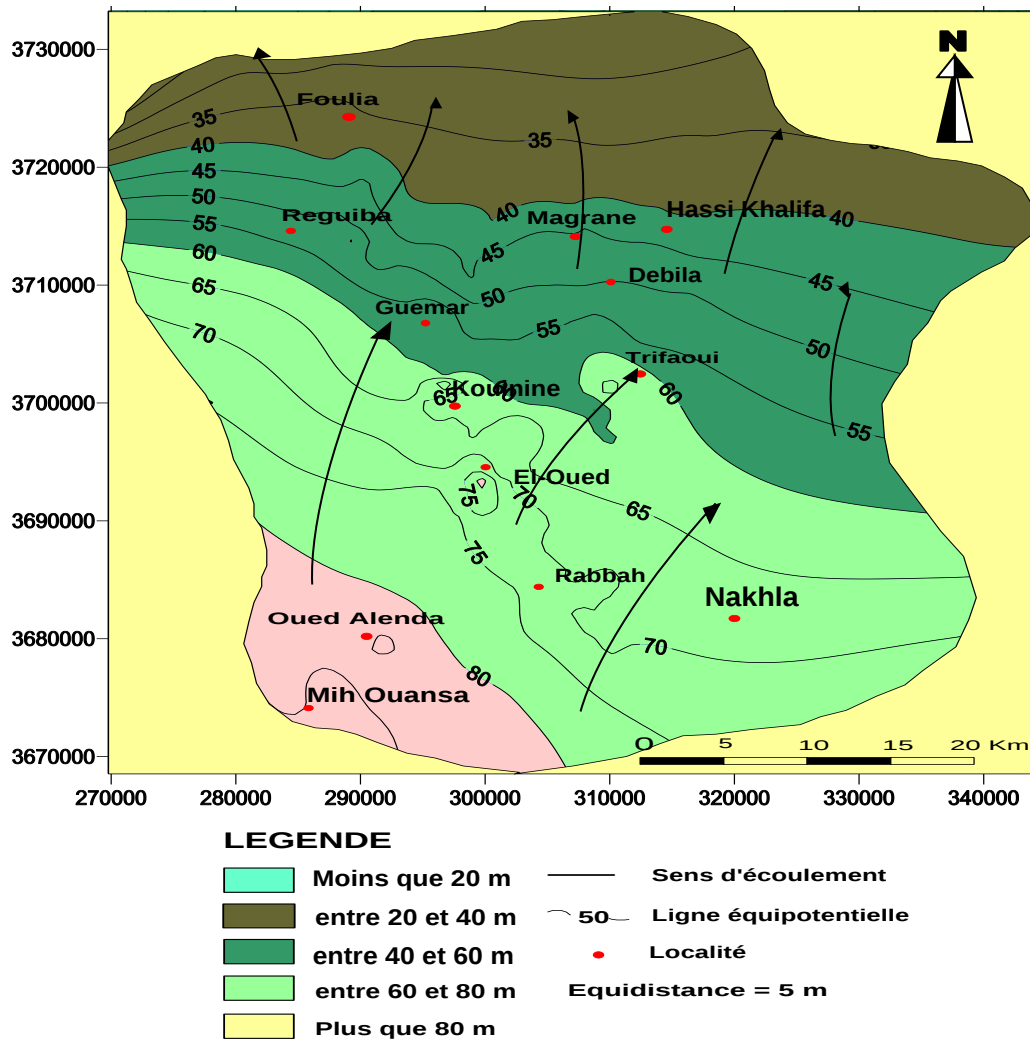


Figure 21. Carte piézométrique de la nappe phréatique du Souf en mars 1993.
(Khechana .S , 2007)

L'objectif principal de l'analyse de l'évolution de la piézométrie dans le temps et l'espace sont de visualiser la direction de l'écoulement horizontale et vertical (drainance), ainsi que la profondeur du niveau d'eau dans le sol. En effet les eaux souterraines sont le moyen de transport de toute substance minérale ou organique. C'est d'après l'écoulement qu'on peut reconnaître les zones vulnérables ou contaminées à condition de pouvoir localiser les rejets.

Ceci explique par la morphologie du substratum imperméable, dont les irrégularités planimétriques (sillons, crêtes) sont mises en évidence par l'étude géophysique réalisée d'après l'entreprise nationale de géophysique E.N.A.G.E.O (1993).

D'après (ENAGEO, 1993) nous remarquons que les plus grandes profondeurs sont rencontrées dans la partie centrale de zone d'étude, c'est-à-dire dans la région délimitée par El Oued au Sud, Hamadine Au Nord et Hassi Houba Au Nord-Est. Dans cette région, la profondeur du substratum dépassé parfois une centaine de mètres.

Aux environs de la ville d'El Oued la profondeur du toit du substratum argileux varie entre 40 et 60 mètres. Dans la partie Nord Est de zone d'étude à partir de Behima, le substratum argileux est à environ 40 m de la surface du sol puis plonge progressivement pour Debila et Akfadou et remonte ensuite jusqu'à environ 50 mètres.

Hormis cette partie centrale de zone d'étude, où le substratum argileux est profond, le reste de la région étudiée est caractérisée par une remontée du substratum pouvant atteindre des profondeurs d'environ 5 mètres.

D'une manière générale, le substratum argileux présente une suite de structures, tantôt positives, tantôt négatives, traduisant une allure ondulée, formant une succession de bombements et de dépressions variant de 10 à 110 mètres environ de la surface du Sol.

En plus de cette variation (remontée) des niveaux piézométriques, 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 plus particulièrement aux gestionnaires des ressources en eau de la région.

Les ghouts sont en moins mauvais état, mais la menace qui pèse sur eux entraîne souvent un délaissement : on continue à faire la récolte des palmiers, mais le ghouts n'est souvent plus sauvé.

Cette présence nouvelle d'eau affleurant et stagnante a provoqué la prolifération des moustiques. La tradition rapporte que les ancêtres des soufis actuels, partis de leur Yémen natal, étaient arrivés dans l'Oued Righ, mais qu'ils y furent découragés par les moustiques, les fièvres, et le paludisme, et préférèrent revenir en arrière se fixer dans le Grand Erg, plus austère mais salubre. Un rapport d'un médecin du XIX^e siècle (Escad Dr, 1891) confirme l'absence de tout moustique dans le Souf à cette époque.

Mais malheureusement aujourd'hui, chaque été connaît une infestation de ces insectes, qui rend les nuits insupportables pour une population habituée à passer les nuits d'été sur les terrasses des maisons ou près des palmiers.

Les résultats positifs des analyses bactériologique effectuées d'après le centre de développement des techniques nucléaires CDTN (1992), sur un nombre bien choisi d'échantillons couvrant toute la région et la présence de germes pathogènes ne fait qu'aggraver encore plus la qualité des eaux de cette nappe. Où il y a la présence des indices de pollution bactériologique marquée principalement par la présence de streptocoques fécaux et de colibacilles, pouvant provoquer des infections et affections pathologiques graves d'après Rodier (1984), telles que: l'ostéomyélite, la septicémie, le choléra infantile, la méningite, ...etc.

Certaines maladies se multiplient dans la région du Oued Souf: maladies épidermique (cutanée), leishmanioses où enregistrée d'après la direction de la santé de wilaya d'El Oued en 2006 de 1247 cas déclarés, on a dit déclaré à cause de plusieurs cas non déclarés (parce qu'il est traité par les herbes médicinales) et des autres maladies mortelles comme la typhoïde où on a enregistré en 2007 d'après la direction de la santé de la wilaya d'El Oued et l'Algérienne Des Eaux (ADE. El Oued) plus de 141 cas jusqu'à le 31/12/2007, mais d'après l'enquête qu'on a fait, on a trouvée plus de 160 cas de typhoïde, surtout dans la commune de Reguiba, Hassi Khalifa, Magrene, avec un seul cas mortel à Guemar pour l'année de 2007. Donc on peut imaginer pendant les années 90 l'état de la santé de la région du Souf surtout les zones Nord-Ouest et Nord-est (Guemar, Reguiba, Hassi Khalifa, Magrene....) parce qu'ils sont des zones agricoles.

Ces plans d'eau, inattendus dans le Souf et non contrôlés, tentent les enfants comme endroit de jeu, mais sont garants de la mort par noyade d'une cinquantaine des personnes au cours des dernières 15 années, les 80 % sont des enfants d'après la direction de protection civile d'El Oued, puisque il y a de nombre important de ghout, dont la profondeur de l'eau atteint 5 m (figure 22).



Figure 22. Situation d'un ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers (MILOUDI Abdel-Monem)

Un nouveau biotique, inattendu, est apparu, avec roseaux, moustique, aigrettes, poules d'eau, sangliers. Mais les habitants le paient cher. Et les vieux Soufis veulent bien être "*enterrés dans la terre, mais pas dans l'eau*".

Suite à la remontée des eaux à la surface du sol, des habitations se sont détériorées, des fissures préjudiciables se sont apparues dans plusieurs maisons, notamment au niveau du quartier Sid Mastour situé à la périphérie Nord de la ville. Plusieurs familles ont dû être transférées vers d'autres lieux par peur d'effondrement de leurs maisons (Remini B, 2005).

Et d'après les barres ci-dessous qui présente la développement des surfaces des palmiers dans la région du Souf de l'années 1995 à 2008, on remarque que le trois premier saisons ils y a décroissement dans la surface, où de 9622 ha démunie jusqu'à 8074 ha (figure 23), et s'explique cette déperdition est de démarrage des travaux de remblaiement du fond du ghouts menacées de phénomène de remonté par une couche de sable neuf sur 1 où 2 m d'épaisseur.

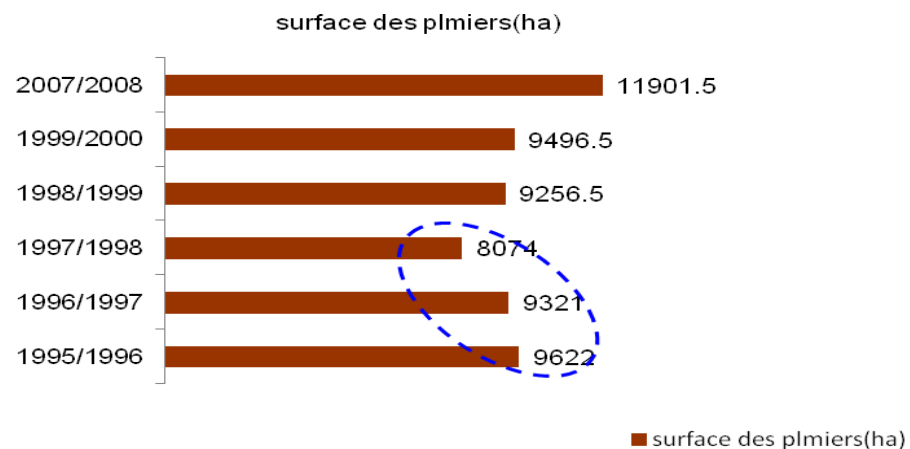


Figure 23. Développement les surfaces des palmiers de l'année 1995 à 2008 du Souf (DSA. El Oued, 2009).

Et d'après le recensement de la direction d'agronomie d'El Oued, on peut estimer la déperdition par la perte de 36 617 palmiers en trois années de 1995 à 1997 seulement, des causes située avant. Et la figure 24 donne une idée générale sur le développement des nombres de palmiers de la région pour la période de 1995 à 2008.

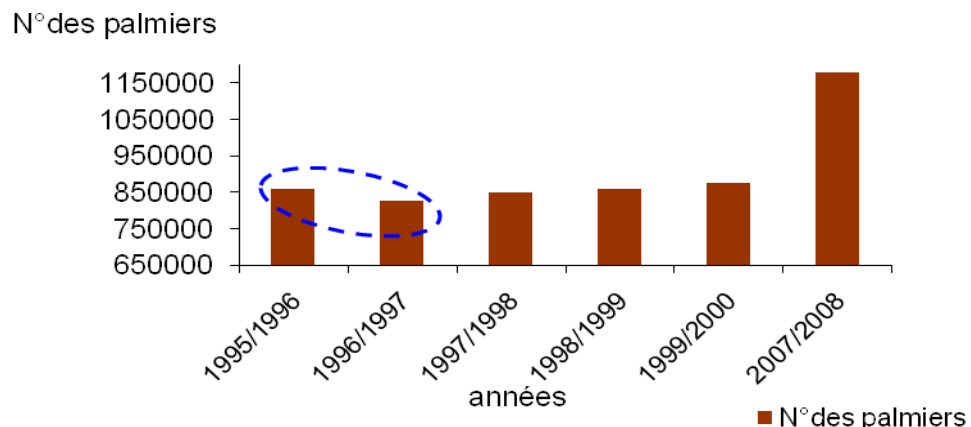


Figure 24. Les nombres des palmiers de l'année 1995 à 2008 du Souf (DSA. El Oued, 2009).

Enfin, on peut estimer la déperdition totale par 131 140 palmiers dans une vingt an de la peine.

Et on peut résumer l'histoire de la nappe traditionnelle du Souf jusqu'à cette période dans ce schéma réalisée d'après Cote Marc (2006) (figure 25); où après une longue phase de rabattement, la nappe phréatique n'a cessé de monter depuis l'années 1950. Mises en regard avec les événements extérieurs, les grandes pluies de 1969 apparaissent épisodiques; par contre apparaît évidente la corrélation avec le rythme croissant des forages dans les nappes profondes.

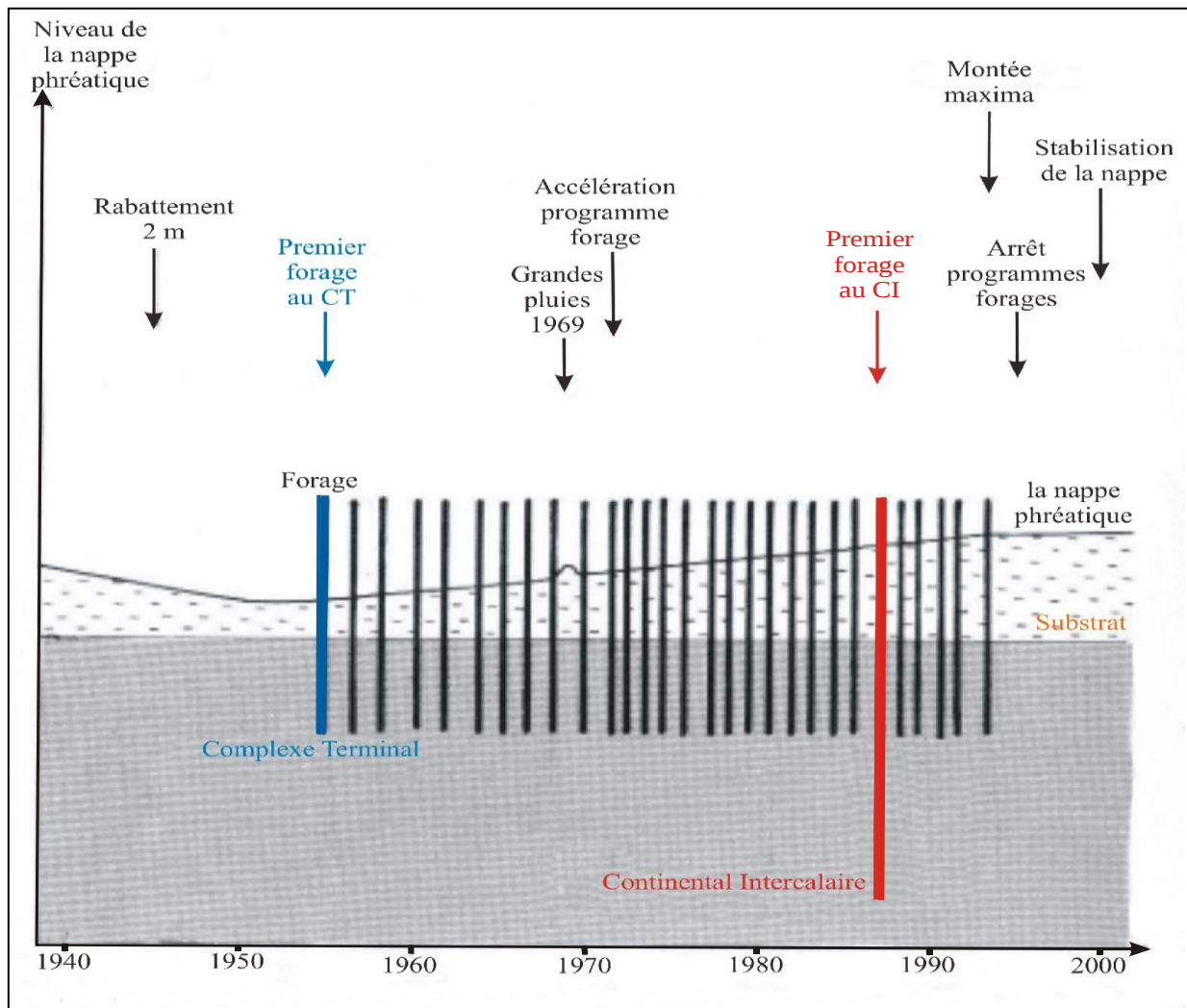


Figure 25. Le comportement de la nappe dans le temps pour cette période (Cote Marc, 2006)-Modifier-

II.1.1.5- Période de l'activité de pouvoirs publics et le lancement des grands projets de la vallée du Souf:

Au cours des quinze (15) dernières années, on a participé à la mort d'une société agraire élaboré par des générations Soufis, au coût d'un travail énorme. C'est la base économique et le cadre de vie d'une société et d'un paysage agraire qui disparaît. C'est le ferment de beauté de ce pays saharien qui est gommé d'un choc.

La situation de la nappe phréatique dans la vallée du Souf et son évolution sont fortement variables selon le contexte. Et comme on a dit avant que la distribution des ghouts dans la région du Souf donne une idée générale de la situation de la nappe et pour cela la figure 26 présente la situation des ghouts au début de cette période.

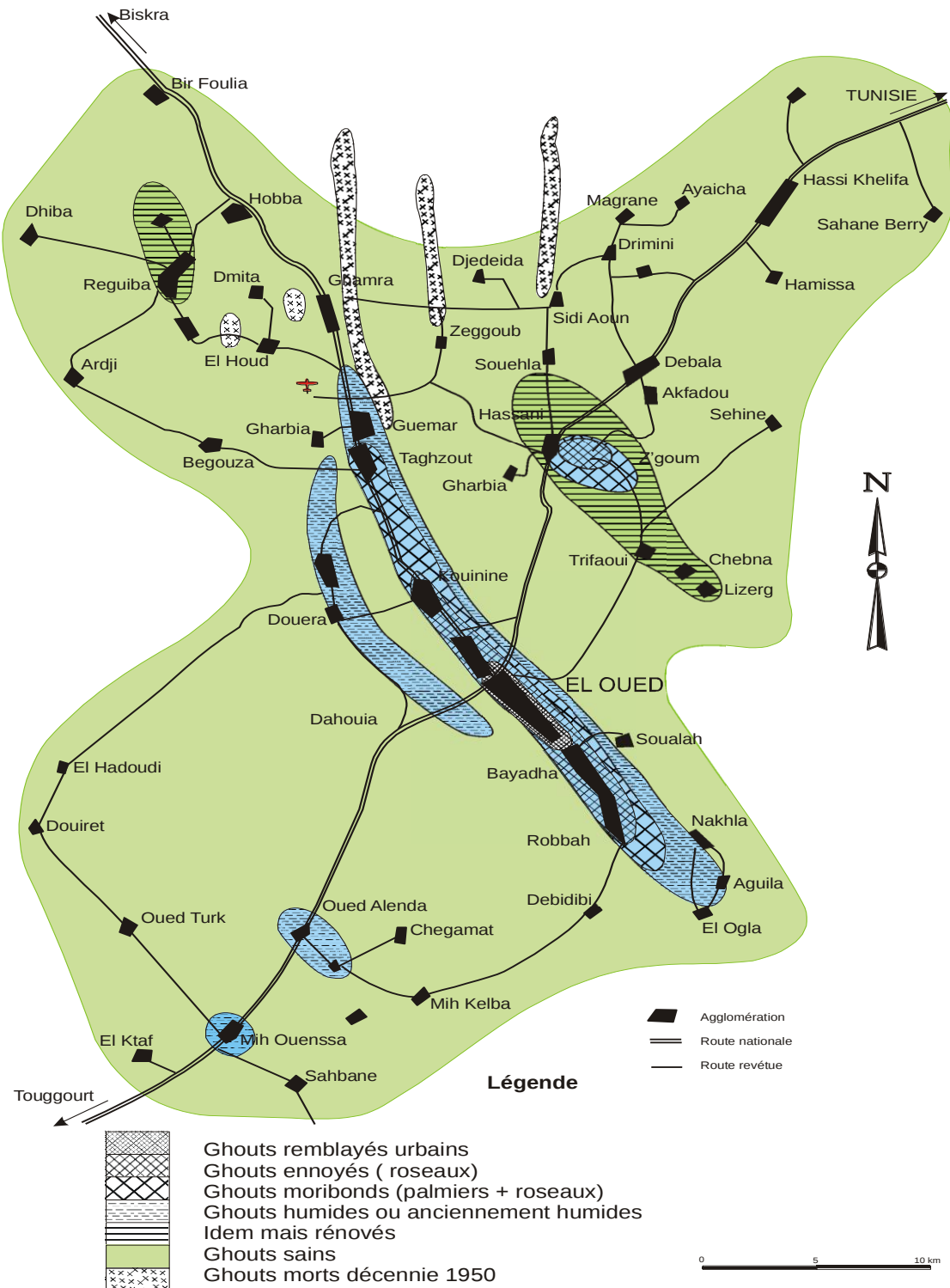
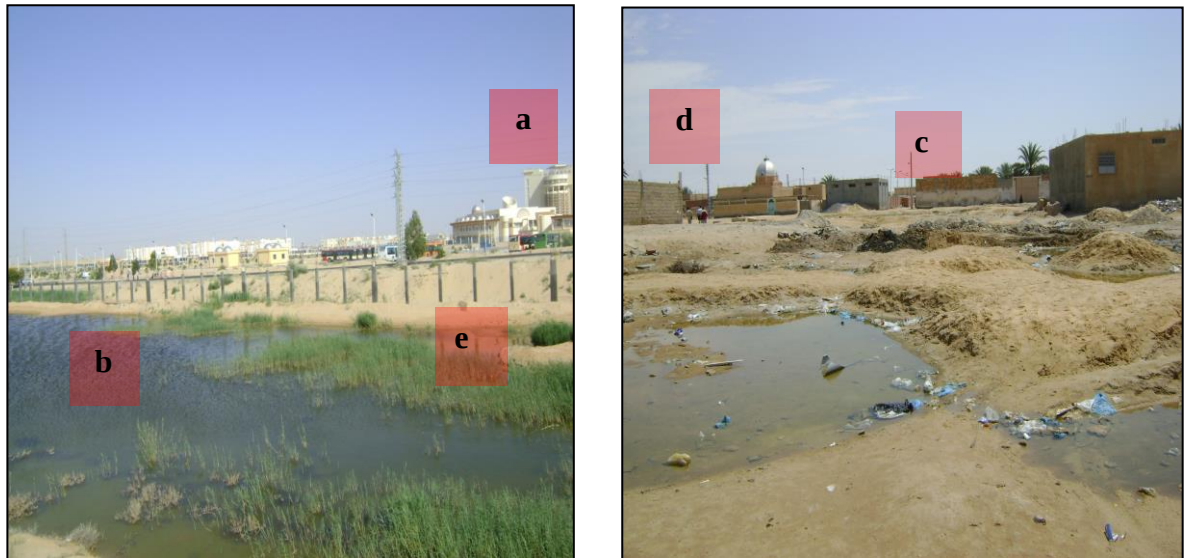


Figure 26. Etat des ghouts du Souf en 2001 (Cote Marc, 2001)

Dans le secteur bas de la ville d'El Oued, secteur de Chott, connu pour constituer un point de remontée capillaire des eaux proches et salées, les constructions ont été menacées, puis se sont trouvées inondées avant la mise en place de la station de pompage et de refoulement au début de l'année 80 (figure 27).



-a: le centre universitaire d'El Oued -b: les eaux de la nappe phréatique -c: zone urbaine -d : mosquée -e: roseaux.

Figure 27. Le chott d'El Oued (remontée capillaire de l'eau de la nappe)

D'après plusieurs travaux scientifiques comme Guendouz et al (1992), BNEDR (1992-1993), Cote Marc (1998-2001-2006), Baba Sy (2005), et d'autres, on peut dire que la pluviométrie joue un rôle dans la suralimentation de la nappe phréatique.

Lors des fortes pluies de 1969, la corrélation a été indéniable. En 1989, la région a connu à nouveau de fortes pluies, et au début de XXI^e siècle, lors des hivers 2001-2002 et 2002-2003, c'est le quartier Sidi Mastour qui a vu le sol de certaines maisons inondé, et les fondations de nombreuses constructions menacées, où la pluviométrie annuelle pour l'année 2001 atteindre 206,2 mm (ONM El Oued–Guemar, 2007).

Et pour suivre le changement (la variation) piézométrique de la nappe, il faut retourner au (les données des mesures) réseau surveillance de l'ANRH (réaliser en 1993), où était composé originellement de 152 points: 112 puits et 40 piézomètres répartis dans la région du Souf dans une zone de 80 Km Nord-Sud sur 40 Km Est-Ouest. En septembre 2001, 104 points de mesures sont opérationnels dont 83 des 112 puits et 21 des 40 piézomètres (Bonnard & Gardel, 2002b).

Ce réseau donne une vue générale des caractéristiques de la nappe phréatique, mais ne permet pas de mettre en évidence le phénomène de remontée (baissement) de la nappe de par le manque de points de mesures dans les zones menacées, en particulier au niveau des agglomérations.

Pour y remédier, 109 nouveaux points ont été implantés d'après le bureau d'étude de Bonnard & Gardel dans le cadre de Projet de vallée du Souf (Etude d'assainissement des

eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation), 69 dans le couloir Ogla-Kouinine, 9 dans les environs de Z'Goum, 7 dans la zone du rejet au Nord et 22 répartis dans les autres agglomérations principales, en des lieux qui avaient subi une montée de la nappe phréatique (Bonnard & Gardel, 2002c).



Figure 28. *Puits traditionnel pour Le réseau de surveillance de la nappe phréatique*

Ils consistent essentiellement en puits améliorés implantés dans des lieux publics, principalement des écoles et lycées (figure 28), parfois en puits privés et pour ces derniers, seulement lorsque la densité des puits «désert» était insuffisante.

Donc, le réseau de surveillance aujourd'hui comprend 261 points (figure 29); (109 nouveaux points (G), 112 puits du réseau ANRH (H) et 40 piézomètres du réseau de surveillance ANRH (P)).

Ces nouveaux points comprennent aussi les puits en ville sur lesquels des échantillons pour analyse ont été prélevés. Pour une meilleure connaissance des qualités physicochimiques de la nappe nécessaire en vue d'une éventuelle réutilisation des eaux de drainage. Ils permettront aussi de mieux connaître la surface piézométrique dans le but de déterminer le volume de terrain à dénoyer pour retourner à un état normal.

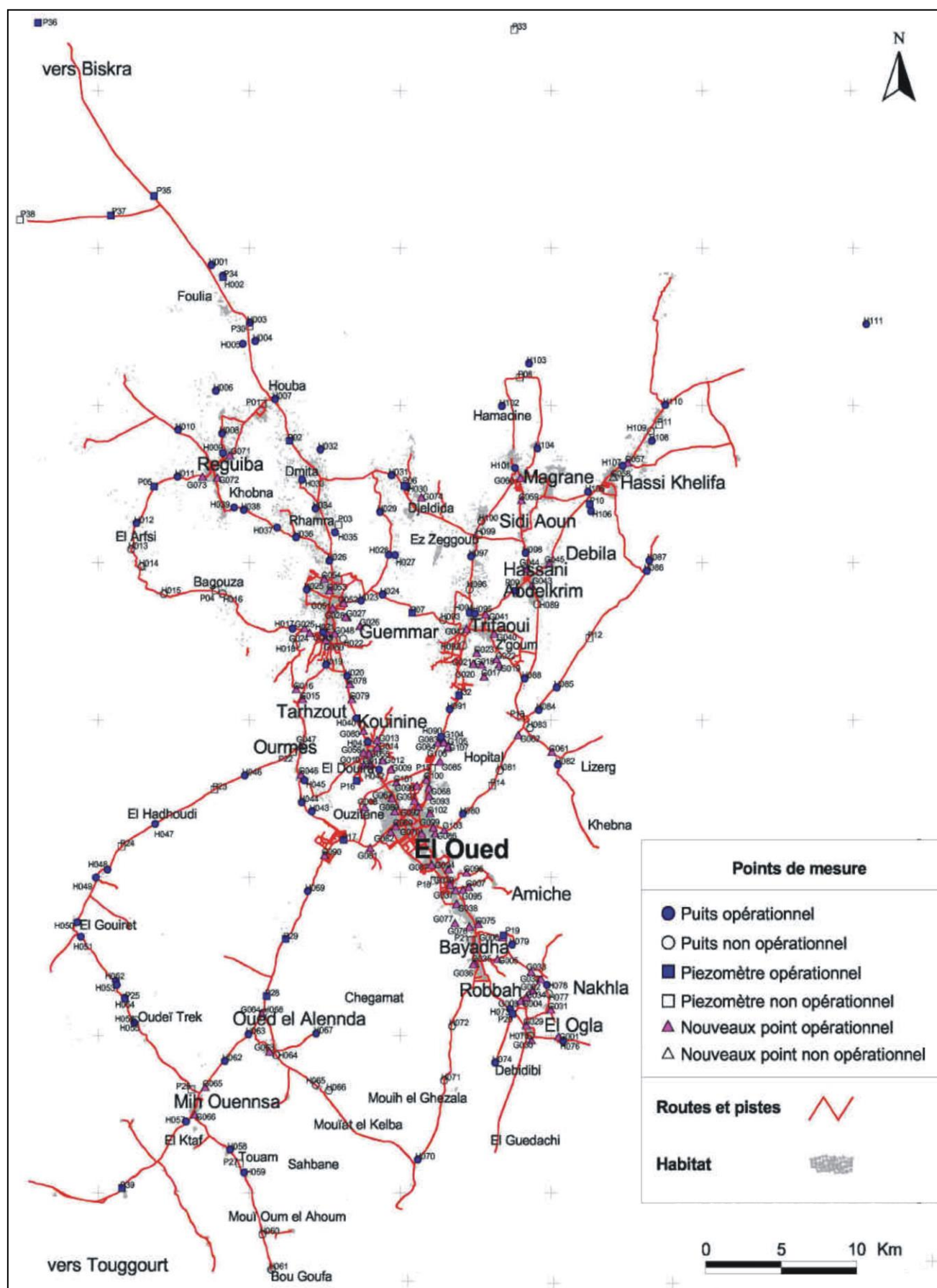


Figure 29. *Etat du réseau de surveillance en 2001 (Bonnard & Gardel, 2002c)*

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

L'algérien 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 50 ha. Technique donnée lieu dans le Sahara algérien à bien des avatars (Mostefaoui A., 2002 ; Cote Marc, 2006).

Les soufis ont vu l'intérêt de reprendre cette technique à leur mode et à leur échelle. Ils se sont essayés d'abord à bricoler de très petits engins, irrigant 1/4, 1/3 ou 1/2 ha, et fabriqués sur place à partir de tubes, de câbles d'acier, de roulements de voiture, d'engrenages de récupération. Seuls les asperseurs étaient spécifiques. Ces pivots, comportant un bras articulé double, ont 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 2 ha (figure 30).

Tous ces engins sont fabriqués sur place, par des artisans du Souf, mécaniciens ou ferronniers. Certains s'enhardissent à faire construire des pivots de 4 ha, et d'après l'enquête qu'on a fait le pivot de grand périmètre privé de Dahouia irriguée 20 ha (250 m de diamètre) est la plus grand dans la région du Souf.



Figure 30. *Forme de l'agriculture nouvelle le mini-pivot de fabrication artisanale.*

Chaque exploitation compte son puits et sa motopompe, les grandes exploitations en disposent souvent de plusieurs, s'équipent de pompes verticales, de puits avec tiges de sondages. Le nombre de puits équipés est passé approximativement de 4200 en 1992 (BNEDER, 1993), à d'environ 21 000 puits aujourd'hui (DSA. d'El Oued, 2007). Et à cause de ce grand nombre de puits (motopompe) le comportement spatial de la nappe phréatique change (figure 31).

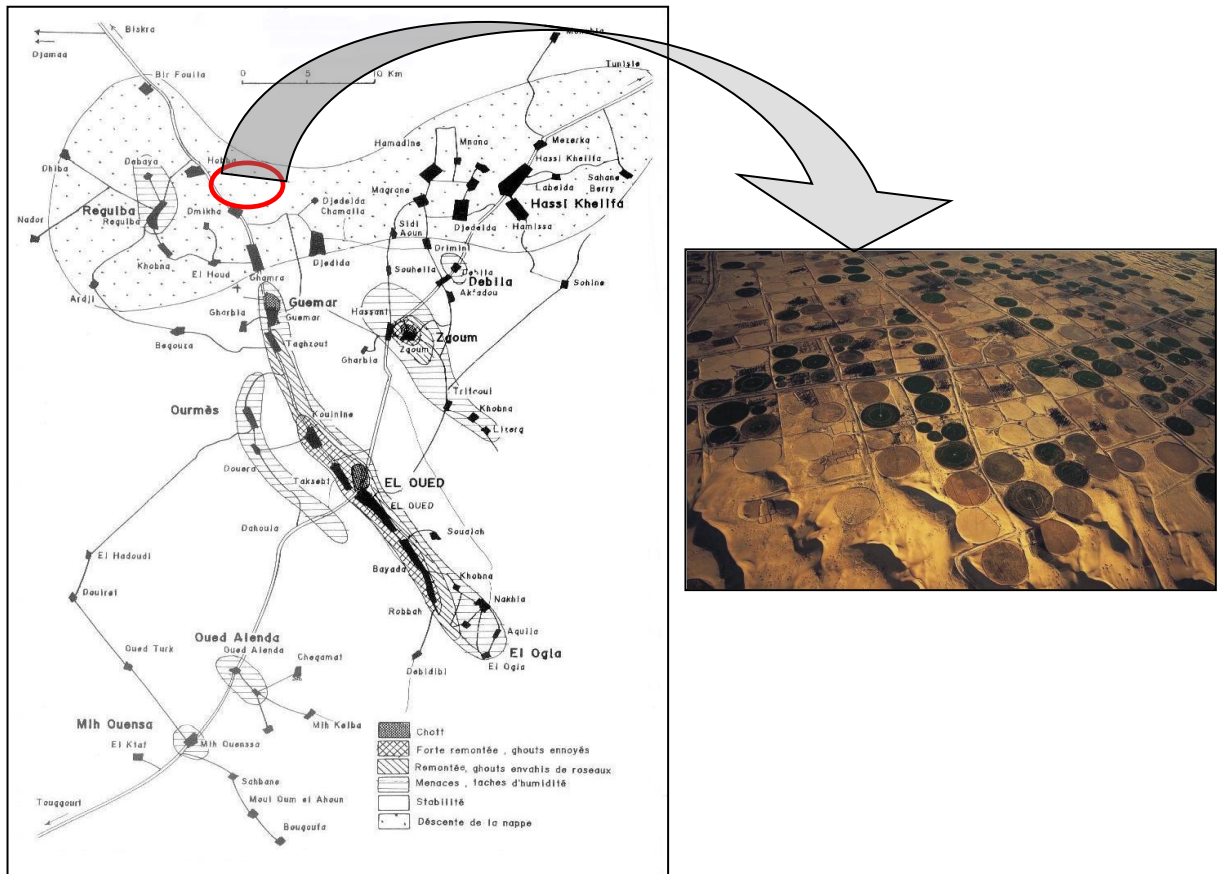


Figure 31. Le comportement spatial de la nappe phréatique pour ce période (actuel) (Cote Marc, 2006).

(Les motopompes) elles tirent leur eau de la nappe phréatique; la percolation est faible l'évapotranspiration très forte; ils représentent donc une consommation par rapport à cette nappe surtout dans la zone nord du Souf qui connue grand densité d'utilisation de ce technique d'irrigation.

Depuis l'apparition de la remontée, les pouvoirs publics se sont alarmés, les médias se sont mobilisés, la population locale s'inquiète également. Le changement apparaît lié de façon évidente au comportement de la nappe phréatique. Pourquoi celle-ci remonte-t-elle? Catastrophe naturelle, ou humaine? Plusieurs et diverses explications ont été avancées, tant par des techniciens que par les responsables locaux.

L'analyse de la réalité montre donc que, en l'occurrence, la nature n'est pas en cause. Il nous faut donc recouvrer à la recherche, et essayer d'aller plus loin dans la compréhension du phénomène (remonter-rabattement).

Conclusion :

Et devant cette situation critique (remontée-rabattement de niveau des eaux de la nappe), surtout dans les zones d'agglomérations il y a plusieurs solutions et remèdes proposer et en cours d'exécution pour façonnée aujourd'hui un nouveau paysage Soufi.

IV.1 - Méthode de drainage avec le système du bloc:

cette méthode consiste à construire des mailles de drains entourant un bloc, ces drains sont fabriqués en matière Polyéthylène et troués selon des dimensions étudiées tout au long du périmètre du canal pour faciliter la pénétration de l'eau à l'intérieur du canal , sur le canal on pose une membrane de géotextile et une couche de cailloux dont les diamètres sont gradués selon la granulométrie de manière que le diamètre de la couche extérieure qui touche le sol soit le plus petit pour purifier l'eau des granules de sol , alors que celui de la couche extérieure soit le plus grand , afin d'augmenter la perméabilité de l'eau sol (gradient hydraulique) , en respectant que la profondeur des amonts soit de 2.15m.

Ces mailles sont des polygones , on principe des rectangles avec une largeur 'a' et une longueur 'b' , la forme du polygone se varie selon le plan d'occupation des sols (P.O.S) et les directions de débits des drains suivant celles de courbes des sols selon la carte des courbes des niveaux et la position de collecte suit cette carte dans le but d'éviter la contre pente .

On a réparti la zone d'étude en trois zones dont la superficie sont plus au moins identiques et on a mis tout exprès pour que les longueurs des drains soient petits le plus possible et la même chose avec les longueurs de collectes pour éviter les grandes profondeurs ainsi que les grands diamètre (ABRAMOV.S.K,1971) .

Dans cette étude, on a divisé la zone d'étude globale en trois zones approximativement pareilles quant à la surface, afin d' :

- Eviter les grandes profondeurs.
- Eviter les grands drains.
- Des stations de pompes non contues avec un moyen débit.
- Eviter la contre pente.

IV.2-Composants du réseau de drainage proposé :

IV.2.1- Description de mailles :

La zone du nord (la première) : superficie de 1206497 m², elle en globe la zone d'agglomération 16 mailles, et la longueur de maille moyenne b=173m et la largeur moyenne a=121m, y comprend 6715 m de drains, et 1755m de collectes.

La zone du moyenne (la deuxième): superficie de 811990 m², elle occupe la zone d'agglomération de 13 mailles. la longueur moyenne de maille b=174m et la largeur moyenne a=124m ,y comprend 5950m de drains ,et 1532m de collectes.

La zone du sud(la troisième): superficie de 916017m² , elle occupe la zone d'agglomération de 13 mailles. la longueur moyenne de maille b=165m , et la largeur moyenne a=122m ,elle comporte 4990m de drains ,et 947m de collectes.

IV.2.2- Les collectes :

Elles joignent les avals de drains avec la station de pompage des trois zones étudiées en tenant compte que chaque station de pompage soit au point le plus bas dans la zone et le plus près de collecte des eaux sales. Qui passe par toute la zone vert la station de

pompage centrale qui se situe dans la première zone à la proximité du marché. Les collectes sont fabriqués de polyéthylène de haute densité (P.E.H.D) et la profondeur de drain ne dépasse pas 5.50m ,et la profondeur du collecteur est plus basse que celle du drain .

IV.2.3-Station de pompage:

A travers les stations de pompages, on fait avancer les eaux collectées du bassin de chaque station pour aboutir au collecte centrale des eaux usées les plus proche de chaque station , laquelle est munie de deux pompes submersibles au plus de deux à l'intérieure d'un bassin de collectage propre à chaque zone selon les données naturelles.

IV.2.4-Description du réseau de drainage horizontal proposé:

Construire un réseau de drainage des eaux de la couche superficielle dans la superficie étudiée pour drainer les eaux excessives entraînant l'émergence de la plupart de plate-forme d'édifices et régler la profondeur de la couche d'eau superficielle à préférence de hopt =1.75m. afin de protéger la plate-forme d'édifices de l'émergence avec les eaux agressives.

Les canaux de drainage inclus dans l'étude assurent le réglage de niveau de la couche superficielle à une profondeur préférée .Il s'agit de canaux plastique annelés et perforés, enterrés et fabriqués en PEHD. Ce genre de canaux est utilisé en cas de grandes profondeurs de canaux de drainage, et il résiste les charges mieux que d'autres matières. Et peut être enterré au sol jusqu'à 5m profondeur. Les caractéristiques de ce genre des canaux de drainage sont :

- Le diamètre $\varnothing$
- Le pas δ
- L'hauteur h_s

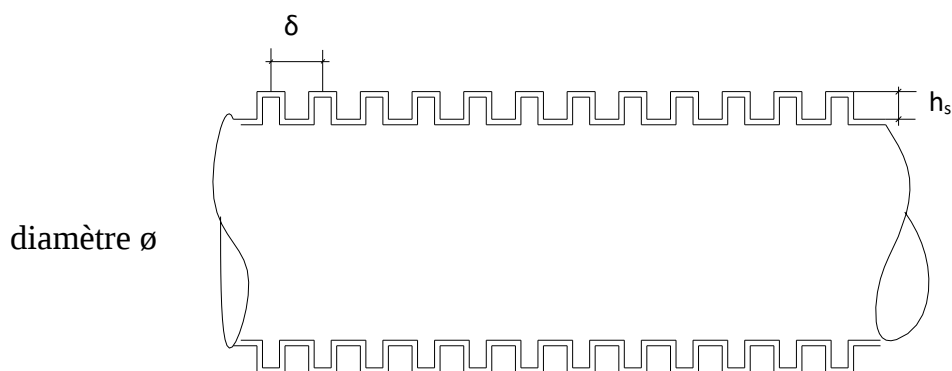


Figure45.canal de drainage spiral

La longueur globale des canaux de drainage est de 17655m avec des diamètres de 100à160mm et pente de 0.002à0.008.

La vitesse d'écoulement de l'eau dans le canal de drainage est de 0.38à1m/s

Les collectes qui rassemblent les eaux de canaux de drainage dans les limites d'étude sont en forme de canaux plastiques lisse de haute densité dont la longueur globale est de 4234m. Quant aux diamètres, ils sont de 100 jusqu'a 300 mm. (ABRAMOV.S.K, 1971)

IV.3-Détermination de la résultante de l'eau de la nappe phréatique:

Le débit de drainage dans les zones urbaines est déterminé à partir du système de distribution des eaux potables à l'addition du système d' assainissement des eaux usées ainsi que les débits entrants et sortants de la nappe phréatique de la zone d'étude donc il faut déterminer la résultante prévue de l'eau à partir de l'équation d'équilibre de l'eau de la nappe phréatique , cette dernière se détermine selon la région émergée qui atteint 238951.682m² .

IV.3.1-Equation d'équilibre de l'eau de la nappe phréatique:

(I.P.Aidarov , 1971)

$$W_{NP} = (\underline{F} - \underline{R}) + Q_{EU} + P - E_v \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

soit que :

F et R: Débit entant et débit sortant de la nappe phréatique au bord de la surface (m³/ha).

Q_{eu}: Débit des eaux usées vers la nappe phréatique à travers les puits de fosse septique, égale à 70% des eaux attribuées au boire pour la population de la zone d'étude (m³/ha).

P: moyenne annuelle de précipitation

E_v: moyenne annuelle d'évaporation.

IV.3.2-Détermination de facteurs d'équation :

IV.3.2.1-Débit entrant et débit sortant des eaux de la nappe phréatique:

Il se détermine ainsi :

$$\underline{F} - \underline{R} = \frac{K_f \times (I_1 - I_2) \times T_{moy} \times L_{moy} \times T_{periode}}{S_T} \quad (\text{m}^3/\text{ha})$$

K_f : coefficient de perméabilité de sol , il se varie selon la zone , en cas de notre zone d'étude 0.00015 m/s à 0.0002 m/s ,en prenant la valeur moyenne (0.0002 m/s = 17.28m/j)

T_{moy} : L'épaisseur moyenne de nappe phréatique est égale 55.75m

L_{moy} :largeur moyenne de zone inondée ,il est perpendiculaire sur le sens d'écoulement (2341.01m).

T_{periode} : temps d'alimentation (année, 365j).

S_T : la surface totale de zone d'étude (2389651.682m²).

$$\underline{F} - \underline{R} = 1.89457065m \quad (\text{I.P.Aidarov , 1971})$$

IV.3.2.2-Débit des eaux usées vers la nappe phréatique à partir de fosses septique:

La quantité de l'eau dirigent par fuite vers la nappe phréatique est estimée de 70% des eaux potables.

Le nombre d' habitants de la zone d'étude 49502 hab .

Dotation individuelle : 200l/j/hab (DHW) .

Le débit attribué pour la zone $3613500 \text{ m}^3/\text{an} = 1512.5 \text{ m}^3/\text{ha}$

Donc: $Q_{EU} = 10585.02 \text{ m}^3/\text{ha}$.

IV.3.2.3-Moyenne annuelle de précipitation :

Sachant que : $1\text{mm} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$

Donc : $P = 78.92\text{mm} = 789.2 \text{ m}^3/\text{ha}$

IV.3.2.4-Le moyen annuel d'évapotranspiration :

On a calculé par la méthode de THORNTHWAITE :

Avec :

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

ETP : l'évapotranspiration.

T : température moyenne du mois considère en $^{\circ}\text{C}$.

a : Exposant , il a calculé avec la relation suivant :

$$a = \left(\frac{1.6}{100} \right) I + 0.5$$

I : indice thermique annuel, il a calculé avec la relation suivant :

$$I = \sum i \text{ avec : } i = \left[\frac{T}{5} \right]^{1.514}$$

i : indice thermique mensuelle.

On a trouvé le résultat suivante :

$$ETP = 108.3458 \quad (\text{J.P. LABORDE})$$

Avec la moyenne annuelle d'évaporation :

$$E_V = 46.4339 \text{ mm} = 464.339 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Donc :

$$W_{NP} = 29855.55 \text{ m}^3/\text{ha}$$

IV.4-Intensité de drainage(I_d):

Elle est calculée par la relation suivante :

$$I_d = \frac{W_{NP}}{10^4 \times T_{période}}$$

D'après la relation on obtient :

$$I_d = 0.00818 \text{ m/j}$$

Les résultats obtenus sont enregistrés aux tableaux: 6-1 , 6-2 , 7 , 8-1 , 8-2 , 9 , 10 , 11 .

IV.5-conditions des calculs hydrauliques :

L'objectif de calculs hydrauliques du réseau de drainage est de déterminer la coupe horizontale de conduites de drainage et de collectes qui assurent le drainage du débit maximal en vitesses acceptables.

Pour effectuer le calcul hydraulique il faut dessiner les coupes transversales d'éléments du réseau tout entier et on doit aussi installer son joint vertical.

Principe de joint vertical d'élément du réseau réalisent les conditions suivantes:

-assurer le fonctionnement normal de conduites de drainage ainsi que celles d'assainissement.

-le pente de conduites et les collectes enterrées dans le sol est ainsi :

$I \geq 0.002$ pour les diamètres inférieur ou égale 100mm.

$I \geq 0.015$ pour les diamètres entre 125pour 200mm.

Toutes les pentes jusqu'à 0.001en cas de diamètre supérieur de 200mm .

La jointure entre la conduite de drainage et la collecte se fait à travers les regards de joint.

Le joint dans le regard se fait à condition que l'arête inférieur de la conduite de drainage soit plus haute que l'arête supérieure de la collecte. (ABRAMOV.S.K 1971)

IV.6-Calcul hydraulique :

Calcul le débit spécifique par la relation suivant:

$$q_d = I_d * S_d \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

après avoir calculé les débits collectés de chaque conduite drainage.

Et les calculs hydrauliques sont effectuée ainsi :

Supposant $r_h=0.81$ soit : $r_h=h/D$

Soit : r_h : rapport d'hauteur d'eau dans la conduite.

h : hauteur d'eau dans la conduite (m).

D : diamètre de conduite (m).

Selon l'abaque (calcul de la vitesse et du débit en fonction de la hauteur) on distingue r_Q

$$\text{Soit : } r_Q = Q_r / Q_{ps}$$

Sachant que :

r_Q : rapport de débit d'eau dans la conduite .

Q_r : débit réel d'eau dans la conduite (m^3/s).

Q_{ps} : débit à l'état de pleine section (m^3/s).

On peut calculer Q_{ps} le débit dans l'état de pleine section (m^3/s) d'après la relation constatée de la précédente :

$$Q_{ps} = Q_r / r_Q$$

Et d'autre côté on a l'équation de Manning-Strickler à l'état de pleine section Q_{ps} :

$$Q_{PS} = \omega * C * \sqrt{R * i}$$

Avec : ω : surface pleine section

$$\omega = \frac{\pi * D^2}{4}$$

C : coefficient de Manning-Strickler ($m^{1/2}/s$) .

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Avec : $K = 1/n$,

K : coefficient de rugosité ($m^{1/3}/s$) .

R : rayon hydraulique de pleine section (m)

$$R = \frac{D}{4}$$

I : pente de la conduite.

$$\text{Alors : } Q_{PS} = K * D^{\frac{8}{3}} * \sqrt{i} * \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}} * \pi$$

Donc on peut calculer le diamètre de débit Q_{PS} :

$$D = \left(\frac{Q_{PS}}{K * \sqrt{i} * \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Après avoir calculé les diamètres on les met approximativement par excès donc on obtient les diamètres normaux de tronçons (D_n). ensuite on calcule les débits de pleine section en fonction de diamètres normaux (Q_{PSN}).

$$Q_{PSN} = K * D_N^{\frac{8}{3}} * \sqrt{i} * \left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{5}{3}} * \pi$$

Afin de calculer les caractéristiques de conduite

- surface pleine section W

-périmètre inondé χ

-rayon hydraulique R

(ENGELS MANNR,1978)

IV.6.1-calcul du surface pleine section W :

$$\omega = \frac{1}{8} * (\varphi + \sin \varphi) * D^2 \quad (m^2)$$

Avec : φ :angle inondé (rad).

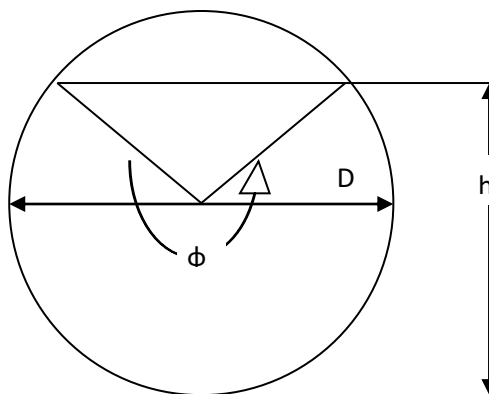


Schéma : montre l'angle φ

-calcul l'angle φ :

Selon cette relation

$$h = D * \sin^2 \left(\frac{\varphi}{4} \right) \quad (m)$$

On a r_Q avec :

$$r_Q = \frac{Q_r}{Q_{PSN}}$$

A partir de l'abaque calcul de la vitesse et du débit on fonction de l' hauteur on constate r_h
On peut calculer ainsi :

$$h = r_h * D_N$$

Alors on peut calculer l'angle inondé φ après avoir les hauteurs de l'eau dans la conduite (h)

IV.6.2-calcul la périmètre inondé χ :

$$\chi = \frac{D}{2} * \varphi \quad (\text{m})$$

IV.6.3-calcul le rayon hydraulique R :

On calcule en fonction du surface de pleine section W et le périmètre inondé χ

Avec :

$$R = \frac{\omega}{\chi} \quad (\text{m})$$

IV.6.3.1-calcul coefficient (Manning-Strickler) C :

$$C = \frac{1}{n} * R^{\frac{1}{6}} \quad (\text{m}^{1/2}/\text{s})$$

IV.6.3.2-calcul la vitesse V :

On calcule la vitesse à partir de la relation suivante :

$$V = C * \sqrt{R * i} \quad (\text{m/s})$$

-la vitesse $0.35 \leq V \leq 1.00$

Les résultats obtenus sont enregistrés aux tableaux: 12 , 13 , 14 , 15 , 16 , 17 .

IV.7-conclusion:

En employant la méthode de drainage horizontal avec les mailles, on a divisé la zone d'étude en trois sous –zones identiques, chacune de ces zones est séparée des autres. Les eaux de drainage sont collectées et rejetés dans les collecteurs principaux des eaux usées proches de la station de pompage . Pour plusieurs raisons comme :

- . Fixer le niveau de la nappe phréatique sans nuire les structures urbaines
- .Eviter les grandes profondeurs couteuses.
- . Eviter les grandes stations pompage à hautes puissance.

Le problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région de Souf constitué une menace réelle pour l'activité agricole et même pour la vie civile .sous l'effet de ce problème dans les dernières années et en basant sur ses raisons naturelles et humaines , il est devenu chair que l'opération de drainage présente la meilleure solution à long terme pour la région à l'addition du reboisement approprié .

Notre zone d'étude : Sidi Mastour , Nezla ,chott a besoin d'une solution qui résoud radicalement ce problème , à ce propos on a présenté notre contribution , dans laquelle on a proposé le réaménagement de réseau des drainage horizontal pour drainer les eaux phréatiques , basé sur système de bloc , qui réalise les objectifs suivants :

- Fixer le niveau de la nappe phréatique sans nuire les structures urbaines.
- Un dégagement des eaux drainées en envoyant à travers les conduite vers la station de pompage proche .
- Eviter les grandes stations pompage à hautes puissance.
- Une vitesse d'écoulement convenable de l'eau dans les conduites .

En adoptant cette méthode , on assure le drainage des eaux de la nappe phréatique et ainsi on peut résoudre plusieurs problèmes tels que : la poussée des cannes , et la propagation de mauvaises odeurs et du moustiques.... Etc, tout en assurant la maintenance de la pompe biologique et le réseau de drainage horizontal.

A la suite de la mise en œuvre de ce projet , on peut reboiser la région d'eucalyptus qui est considéré comme un remède naturel pour le problème de la remontée des eaux , on soigne alors ces arbres dont les racines atteignent les eaux souterraines , par conséquent , on peut établir un espace vert pour la distraction des familles qui rafraichit l'atmosphère chaude de la ville pendant la canicule d'été .

Enfin , on espère que notre contribution accomplisse toutes les conditions techniques afin de réaliser le projet de drainage horizontal des eaux phréatiques en forme et en efficacité exigées.

Tableau 6-1. calcul des débits de tronçons drainés de la premier région

nombre de maille	tronçon de maille	longueur de tronçon(ml)	Surface(m ²)	intensité de drainage(m/j)	débit de tronçon(m ³ /s)	débit de collecté(m ³ /s)
I	1--2	220	26176.1	0.00818	0.002478247	0.002478247
	3--2	285	26716.74	0.00818	0.002529432	0.002529432
II	5--4	120	28528.52	0.00818	0.002700964	0.002700964
	9--8	95	18206.09	0.00818	0.001723678	0.001723678
	8--7	85	52979.3	0.00818	0.005015864	0.013324848
	6--4	150	16844.62	0.00818	0.00159478	0.00159478
III	11--10	120	23556.8	0.00818	0.002230262	0.002230262
	12--10	125	16551.63	0.00818	0.001567041	0.001567041
IV	12--10	125	16551.63	0.00818	0.001567041	0.001567041
	10--8	130	29447.85	0.00818	0.002788002	0.006585305
	8--7	85	18780.82	0.00818	0.001778092	0.013324848
	33--32	110	21601.29	0.00818	0.002045122	0.002045122
	34--32	115	17706.56	0.00818	0.001676385	0.001676385
V	22--20	260	29107.88	0.00818	0.002755815	0.002755815
	21--20	290	15579.39	0.00818	0.001474993	0.001474993
VI	20--19	55	10690.82	0.00818	0.001012163	0.005242972
	18--16	110	34960.87	0.00818	0.003309953	0.003309953
	17'--17	105	25361.33	0.00818	0.002401107	0.002401107
	17'--16	170	29004.91	0.00818	0.002746067	0.005147174
VII	17'--16	170	29004.91	0.00818	0.002746067	0.005147174
	16--14	110	25725.35	0.00818	0.002435571	0.010892698
	15--14	295	26993.01	0.00818	0.002555588	0.002555588
VIII	28'--28	170	29004.91	0.00818	0.002746067	0.002746067
	28'--27	225	27190.94	0.00818	0.002574327	0.005320394
	29'--29	200	25600.99	0.00818	0.002423797	0.002423797
	29'--27	165	18680.02	0.00818	0.001768548	0.004192346
IX	28'--27	370	27190.94	0.00818	0.002574327	0.005320394
	26--24	125	29369.72	0.00818	0.002780605	0.002780605
X	6--4	150	16844.62	0.00818	0.00159478	0.00159478
	31--30	130	16576.91	0.00818	0.001569434	0.001569434
	33--32	110	21601.29	0.00818	0.002045122	0.002045122
	32--30	185	37119.67	0.00818	0.003514339	0.007235846
XI	34--32	115	17706.56	0.00818	0.001676385	0.001676385
	32--30	185	37119.67	0.00818	0.003514339	0.002045122
	35--30	200	20077.49	0.00818	0.001900855	0.001900855

Tableau 6-2. calcul des débits de tronçons drainés de la premier région

XII	47--45	270	58503.22	0.00818	0.005538847	0.005538847
	46--45	115	30145.64	0.00818	0.002854066	0.002854066
	47'-47	110	32032.23	0.00818	0.003032681	0.003032681
	47'-45	160	18259.44	0.00818	0.001728729	0.00476141
XIII	47'-45	160	18259.44	0.00818	0.001728729	0.00476141
	45--43	105	30839.37	0.00818	0.002919746	0.010535222
	44'-44	100	19348.18	0.00818	0.001831807	0.001831807
	44'-43	155	16729.53	0.00818	0.001583884	0.003415691
XIV	44'-43	155	16729.53	0.00818	0.001583884	0.003415691
	49--48	110	15908.45	0.00818	0.001506147	0.001506147
	48--39	150	16194.9	0.00818	0.001533267	0.005839307
	43--39	105	30839.37	0.00818	0.002919746	0.016870659
XV	50--48	260	29573.44	0.00818	0.002799893	0.002799893
	48--39	150	16194.9	0.00818	0.001533267	0.005839307
	42--40	145	29430.74	0.00818	0.002786383	0.002786383
	42--39	90	34870.64	0.00818	0.00330141	0.006809639
XVI	40--39	90	13870.22	0.00818	0.001313176	0.006809639
	41--40	140	28624.81	0.00818	0.00271008	0.00271008
	38--37	80	23571.91	0.00818	0.002231692	0.002231692
	36--27	170	28869.17	0.00818	0.002733215	0.002733215
	29--27	165	18680.02	0.00818	0.001768548	0.004192346

Tableau 7. calcul des débits de tronçons drainés de la deuxième région

nombre de maille	tronçon de maille	longueur de tronçon(ml)	Surface(m ²)	intensité de drainage(m/j)	débit de tronçon(m ³ /s)	débit de collecté(m ³ /s)
I	1'--1	170	19606.35	0.00818	0.001856	0.001856
	1'--2	110	16267.96	0.00818	0.00154	0.003396
	3--2	325	18130.41	0.00818	0.001717	0.001717
II	9--8	130	21533.96	0.00818	0.002039	0.002039
	8--6	235	11302.6	0.00818	0.00107	0.003109
	7--6	230	25393.7	0.00818	0.002404	0.002404
	5--4	100	18976.39	0.00818	0.001797	0.001797
	2--4	110	14521.58	0.00818	0.001375	0.006488
	1'--2	90	16267.96	0.00818	0.00154	0.003396
III	12--11	220	19320.27	0.00818	0.001829	0.001829
	13--11	225	19129.62	0.00818	0.001811	0.001811
IV	40--38	210	16017.98	0.00818	0.001517	0.001517
	39--38	120	18092.33	0.00818	0.001713	0.001713
V	47--45	120	17960.56	0.00818	0.0017	0.0017
	45--43	90	15567.96	0.00818	0.001474	0.007027
	43--41	70	14218.33	0.00818	0.001346	0.008373
	42--41	250	15559.69	0.00818	0.001473	0.001473
VI	44--43	130	25459.77	0.00818	0.00241	0.00241
	45'--45	150	40691.28	0.00818	0.003852	0.003852
	45--43	90	15567.96	0.00818	0.001474	0.007027
VII	35--34	115	19995.45	0.00818	0.001893	0.001893
	36--34	210	23992.03	0.00818	0.002271	0.002271
VIII	25'--25	120	24681.2	0.00818	0.002337	0.003853
	19'--18	120	23591.97	0.00818	0.002234	0.0042
	17'--16	150	40234.35	0.00818	0.003809	0.005591
	16--18	160	18602.97	0.00818	0.001761	0.009336
IX	17'--17	120	18818.45	0.00818	0.001782	0.001782
	17'--16	150	24638.11	0.00818	0.002333	0.005591
	15--16	235	20959.1	0.00818	0.001984	0.001984
X	32--31	220	16667.33	0.00818	0.001578	0.001578
	19'--19	100	20769.97	0.00818	0.001966	0.001966
	19'--18	120	23591.97	0.00818	0.002234	0.0042
XI	29'--46	250	17356.06	0.00818	0.001643	0.003465
	30--46	80	19245.77	0.00818	0.001822	0.001822
	28--27	110	18092.33	0.00818	0.001713	0.001713
	27--29	300	32758.24	0.00818	0.003101	0.006202
XII	27--29	300	32758.24	0.00818	0.003101	0.006202
	26--27	100	14661.06	0.00818	0.001388	0.001388
	24--23	110	17971.68	0.00818	0.001701	0.001701
	23--25	180	22237.9	0.00818	0.002105	0.005905
XIII	23--22	120	22158.49	0.00818	0.002098	0.002098
	23--25	180	22237.49	0.00818	0.002105	0.005905
	25'--21	155	16017.98	0.00818	0.001517	0.001517
	25'--25	115	24681.2	0.00818	0.002337	0.009758

Tableau 8-1. calcul des débits de tronçons drainés de la troisième région

nombre de maille	tronçon de maille	longueur de tronçon(ml)	Surface(m²)	intensité de drainage(m/j)	débit de tronçon(m³/s)	débit de collecté(m³/s)
I	2--1	160	16744.9	0.00818	0.001585339	0.001585339
	4--2	100	19497.8	0.00818	0.001845972	0.005145941
	5--4	160	16632.13	0.00818	0.001574662	0.001574662
	5'-5	110	16680.13	0.00818	0.001579207	0.001579207
II	3--2	135	18110.52	0.00818	0.00171463	0.00171463
	4--2	100	19497.8	0.00818	0.001845972	0.005145941
	7--4	115	18726.71	0.00818	0.001772969	0.005401866
	7--6	100	20272.2	0.00818	0.001919289	0.001919289
III	5'-4	160	16632.13	0.00818	0.001574662	0.003153869
	11--9	230	20590.99	0.00818	0.001949471	0.001949471
	4--9	140	19742.58	0.00818	0.001869147	0.015570823
IV	4--9	140	19742.58	0.00818	0.001869147	0.015570823
	10--9	160	19834.32	0.00818	0.001877833	0.001877833
	7--4	115	18726.71	0.00818	0.001772969	0.005401866
	7--8	75	18057.47	0.00818	0.001709608	0.001709608
V	14--12	400	15668.42	0.00818	0.001483422	0.001483422
	14--13	90	15554.3	0.00818	0.001472618	0.001472618
VI	16'-19	275	17999.7	0.00818	0.001704138	0.003597226
	20--22	50	21327.18	0.00818	0.002019171	0.002019171
	19'-20	120	20563.16	0.00818	0.001946836	0.005624912
	19'-19	40	13169.72	0.00818	0.001246855	0.006871767
VII	22--20	50	21327.18	0.00818	0.002019171	0.002019171
	21--20	35	17521.93	0.00818	0.001658905	0.001658905
	21'-32	150	13227.67	0.00818	0.001252342	0.001252342
	16'-16	230	19995.45	0.00818	0.001893088	0.001893088
VIII	19'-19	40	13169.72	0.00818	0.001246855	0.006871767
	23--19	175	19621.68	0.00818	0.001857701	0.012326694
	23--24	110	22158.49	0.00818	0.002097876	0.002097876
	26'-26	90	37269.28	0.00818	0.003528504	0.003528504
	25--26	160	16125.81	0.00818	0.001526726	0.006713017
IX	26'-26	90	37269.28	0.00818	0.003528504	0.003528504
	27--26	40	17510.13	0.00818	0.001657788	0.001657788
	31'-31	150	14285.61	0.00818	0.001352503	0.008868428
	21'-31	70	28690.52	0.00818	0.002716302	0.003968643
	20--21	35	17521.93	0.00818	0.001658905	0.001658905
	19'-20	120	20563.16	0.00818	0.001946836	0.005624912
X	31'-31	150	14285.61	0.00818	0.001352503	0.008868428
	31'-29	60	27603.43	0.00818	0.00261338	0.011481809
	34--29	150	17971.68	0.00818	0.001701485	0.009741393
	35--34	100	16667.33	0.00818	0.001577995	0.001577995
	33'-31	40	14286.45	0.00818	0.001352583	0.003547282

Tableau 8-2. *calcul des débits de tronçons drainés de la troisième région*

XI	33'--31	40	14286.45	0.00818	0.001352583	0.003547282
	21'--31	70	28690.52	0.00818	0.002716302	0.003968643
	21'--32	150	13227.67	0.00818	0.001252342	0.001252342
	33'--33	170	23181.17	0.00818	0.002194699	0.002194699
	33'--31	40	14286.45	0.00818	0.001352583	0.003547282
	33'--33'	100	26592.98	0.00818	0.002517715	0.00503543
XII	33'--33'	100	26592.98	0.00818	0.002517715	0.00503543
	34--35	100	16667.33	0.00818	0.001577995	0.001577995
	36--37	170	23482.71	0.00818	0.002223247	0.002223247
	34--36	60	13128.45	0.00818	0.001242948	0.00652032
XIII	34--36	60	12081.98	0.00818	0.001143873	0.00652032
	29--34	150	17354.76	0.00818	0.001643078	0.009741393
	29--30	290	16678.11	0.00818	0.001579016	0.001579016
	36--38	90	32258.72	0.00818	0.003054124	0.003054124

Tableau 9. calcul des débits de tronçons collecté de la première région

collecteur	longueur de collecteur (m)	tronçon qui collecté	débit du tronçon (m ³ /s)	débit collecté (m ³ /s)
<u>7--4</u>	160	8--7	0.00171	0.00171
<u>4--2</u>	130	2--1	0.001585	0.0033
		2--3	0.001715	
<u>13--4</u>	200	<u>4--2</u>	0.0033	0.009305
		<u>7--4</u>	0.00171	
		4--5	0.002701	
		4--6	0.001595	
<u>19--14</u>	235	19--20	0.005243	0.005243
<u>13--ST01</u>	400	<u>19--14</u>	0.005243	0.018691
		16--14	0.010893	
		15--14	0.002556	
<u>30--27</u>	225	32--30	0.007236	0.010706
		31--30	0.001569	
		35--30	0.001901	
<u>39--37</u>	80	43--39	0.016871	0.02952
		48--39	0.005839	
		40--39	0.00681	
<u>37--27</u>	175	<u>39--37</u>	0.02952	0.031751
		38--37	0.002232	
<u>27--24</u>	140	<u>30--27</u>	0.010706	0.054703
		<u>37--27</u>	0.031751	
		36--27	0.002733	
		28--27, 28'--27	0.00532	
		29--27, 29'--27	0.004192	
<u>ST01--24</u>	10	<u>27--24</u>	0.054703	0.063389
		23--24	0.005905	
		26--24	0.002781	

Tableau 10. *calcul des débits de tronçons collecté de la deuxième région*

collecteur	longueur de collecteur (m)	tronçon qui collecté	débit du tronçon (m ³ /s)	débit collecté (m ³ /s)
<u>4--6</u>	110	5--4	0.001797	0.008285
		2--4	0.006488	
<u>6--11</u>	270	<u>4--6</u>	0.008285	0.013798
		7--6	0.002404	
		8--6	0.003109	
<u>11--14</u>	50	<u>6--11</u>	0.013798	0.017438
		12--11	0.001829	
		13--11	0.001811	
<u>41--38</u>	140	42--41	0.001473	0.009846
		43--41	0.008373	
<u>38--37</u>	180	<u>41--38</u>	0.009846	0.013076
		39--38	0.001713	
		40--38	0.001517	
<u>29'--29</u>	175	46--29'	0.003465	0.003465
<u>29--20</u>	70	<u>29'--29</u>	0.003465	0.009667
		27--29	0.006202	
<u>25--20</u>	15	23--25	0.005905	0.015663
		25'--25	0.009758	
<u>18--20</u>	120	<u>25--20</u>	0.015663	0.02533
		<u>29--20</u>	0.009667	
<u>18--31</u>	30	<u>18--20</u>	0.02533	0.038866
		19'--18	0.0042	
		16--18	0.009336	
<u>31--33</u>	100	<u>18--31</u>	0.038866	0.040444
		32--31	0.001578	
<u>33--34</u>	15	35--34	0.001893	0.004164
		36--34	0.002271	
<u>ST02--33</u>	27	<u>33--31</u>	0.040444	0.080888
		<u>31--33</u>	0.040444	
<u>37--ST02</u>	70	<u>38--37</u>	0.013076	0.030514
		<u>11--14</u>	0.017438	

Tableau 11. *calcul des débits de tronçons collecté de la troisième région*

collecteur	longueur de collecteur (m)	tronçon qui collecté	débit du tronçon (m ³ /s)	débit collecté (m ³ /s)
<u>9--15</u>	90	11--9	0.001949	0.005384
		4--9	0.001557	
		10--9	0.001878	
<u>14--15</u>	150	12--14	0.001483	0.002956
		13--14	0.001473	
<u>29--25</u>	190	30--29	0.001597	0.02282
		34--29	0.009741	
		31'--29	0.011482	
<u>23--25</u>	150	<u>29--25</u>	0.02282	0.029533
		26--25	0.006713	
<u>29--23</u>	225	23--24	0.002098	0.043958
		23--19	0.012327	
		<u>23--25</u>	0.029533	
<u>39--15</u>	42	<u>14--15</u>	0.002956	0.00834
		<u>9--15</u>	0.005384	
<u>ST03--29</u>	15	<u>29--23</u>	0.043958	0.052298
		<u>39--15</u>	0.00834	

Tableau12.calcul hydraulique des tronçons drainés de la premier région

tronçon	débit collecté (m ³ /s)	D _n (m)	pente	W(m ³ /ha)	X(m)	R(m)	C(m ^{1/2} /s)	V(m/s)
1---2	0.002478	0.1	0.007	0.004085	0.164745	0.024794	37.79982	0.497984
3--2	0.002529	0.1	0.008	0.003791	0.157628	0.024048	37.60771	0.521627
5--4	0.002701	0.1	0.008	0.004111	0.165035	0.024912	37.82965	0.53405
9--8	0.001724	0.1	0.004	0.003591	0.152845	0.023496	37.46249	0.363182
8--7	0.013325	0.18	0.004	0.019424	0.366878	0.052943	42.8943	0.624217
6--4	0.001595	0.1	0.003	0.003906	0.160204	0.024381	37.69401	0.322372
11--10	0.00223	0.1	0.005	0.004251	0.167847	0.025328	37.93421	0.426891
12--10	0.001567	0.1	0.003	0.003805	0.15781	0.024112	37.62442	0.319998
10--8	0.006585	0.16	0.003	0.009704	0.252201	0.038476	49.38737	0.530602
34--32	0.001676	0.1	0.003	0.004129	0.165236	0.024991	37.8497	0.327731
22--20	0.002756	0.1	0.008	0.004139	0.165343	0.025033	37.86017	0.535776
21--20	0.001475	0.1	0.003	0.003577	0.152656	0.023434	37.44595	0.31397
20--19	0.005243	0.16	0.002	0.01152	0.27693	0.041599	41.20457	0.375841
18--16	0.00331	0.11	0.008	0.004704	0.17598	0.026729	38.27605	0.559707
17--17'	0.002401	0.11	0.005	0.005004	0.186955	0.026766	38.28485	0.442894
17'--16	0.005147	0.12	0.007	0.007598	0.228446	0.033259	39.69631	0.605699
16--14	0.010893	0.18	0.007	0.011622	0.275015	0.042258	41.31264	0.710539
15--14	0.002555	0.1	0.008	0.003803	0.157786	0.024104	37.62226	0.522434
28--28'	0.002746	0.1	0.008	0.004134	0.165287	0.025011	37.8547	0.535466
23--27	0.00532	0.12	0.006	0.008389	0.241189	0.034782	39.99359	0.577756
29'--29	0.002424	0.1	0.007	0.003899	0.160126	0.024352	37.68659	0.492044
24--25	0.002192	0.1	0.005	0.004898	0.188246	0.02602	38.1051	0.434635
26--24	0.002781	0.1	0.008	0.004972	0.190766	0.026066	38.11621	0.550416
31--30	0.001569	0.1	0.003	0.003807	0.15783	0.024119	37.62622	0.320059
32--30	0.007236	0.14	0.005	0.011204	0.277943	0.040312	40.98926	0.581932
35--30	0.001901	0.1	0.004	0.004105	0.164965	0.024884	37.82252	0.377345
46--45	0.002854	0.1	0.008	0.004268	0.168028	0.0254	37.95209	0.540998
47'--47	0.003033	0.11	0.008	0.004203	0.165212	0.02544	37.96214	0.541571
45--43	0.010535	0.2	0.003	0.016462	0.330165	0.049861	42.46767	0.519399
44'--44	0.001832	0.1	0.004	0.003899	0.160122	0.024351	37.68629	0.371938
44'--43	0.003416	0.12	0.005	0.005888	0.197749	0.029776	38.97096	0.475507
49--48	0.001506	0.1	0.003	0.003601	0.152981	0.02354	37.47419	0.314918
48--39	0.005839	0.16	0.003	0.010553	0.264251	0.039936	40.92534	0.447958
43--39	0.016871	0.24	0.002	0.028619	0.439573	0.065105	44.39838	0.50663
50--48	0.0028	0.1	0.008	0.004241	0.167734	0.025283	37.92286	0.539333
42--40	0.002786	0.1	0.008	0.004234	0.167658	0.025252	37.91512	0.538892
40--39	0.00681	0.16	0.004	0.010588	0.264496	0.040032	40.94166	0.518083
41--40	0.00271	0.1	0.008	0.004116	0.165086	0.024932	37.83472	0.534336
38--37	0.002232	0.1	0.005	0.004253	0.167861	0.025334	37.93558	0.426953
36--27	0.002733	0.1	0.008	0.004128	0.165214	0.024983	37.84754	0.535061
29'--27	0.004192	0.11	0.008	0.005595	0.198739	0.028154	46.88216	0.703591
47'--45	0.004761	0.12	0.007	0.006815	0.213733	0.031885	39.41802	0.588892

Tableau 13. calcul hydraulique des tronçons drainés de la deuxième région

tronçon	débit collecté (m ³ /s)	D _n (m)	pente	W(m ³ /ha)	X(m)	R(m)	C(m ^{1/2} /s)	V(m/s)
1'--1	0.001856	0.1	0.004	0.004072	0.16461	0.024738	37.78548	0.37587
1'--2	0.003396	0.14	0.003	0.006574	0.206487	0.031838	39.40841	0.385144
3--2	0.001717	0.1	0.004	0.003587	0.152781	0.023475	37.45697	0.362968
9--8	0.002039	0.1	0.005	0.003893	0.160053	0.024325	37.67969	0.415548
8--6	0.003109	0.14	0.004	0.005145	0.181328	0.028373	38.65888	0.411846
7--6	0.002404	0.11	0.006	0.003815	0.156837	0.024325	37.67973	0.455213
5--4	0.001797	0.1	0.004	0.003797	0.157703	0.024074	37.61465	0.369118
2--4	0.006488	0.16	0.004	0.010018	0.256473	0.039062	40.77471	0.509684
12--11	0.001829	0.1	0.004	0.003897	0.160097	0.024342	37.6839	0.371844
13--11	0.001811	0.1	0.004	0.003806	0.157823	0.024117	37.62566	0.36955
40--38	0.001517	0.1	0.003	0.00361	0.153096	0.023577	37.48397	0.315247
39--38	0.001713	0.1	0.004	0.003584	0.152745	0.023463	37.45379	0.362845
47--45	0.0017	0.1	0.004	0.003575	0.152627	0.023424	37.44339	0.362442
43--41	0.008373	0.18	0.004	0.011684	0.275488	0.042411	41.33753	0.538413
42--41	0.001473	0.1	0.002	0.003893	0.160045	0.024322	43.06159	0.300336
44--43	0.00241	0.1	0.007	0.003892	0.160037	0.024319	37.67812	0.491602
45'--45	0.003852	0.14	0.008	0.005179	0.181785	0.02849	33.15888	0.500601
45--43	0.007027	0.16	0.004	0.010905	0.268703	0.040584	41.03514	0.522831
35--34	0.001893	0.11	0.004	0.003682	0.15395	0.02392	37.57423	0.367534
36--34	0.002271	0.1	0.007	0.003586	0.152779	0.023474	37.45674	0.48015
25'--25	0.003853	0.14	0.003	0.007617	0.223958	0.034012	39.84463	0.402483
19'--18	0.0042	0.14	0.004	0.007473	0.222766	0.033546	39.75312	0.460492
17'--16	0.005591	0.14	0.007	0.005614	0.189448	0.029631	47.28356	0.68098
16--18	0.009336	0.16	0.008	0.010479	0.263743	0.039733	40.89045	0.729021
17'--17	0.001782	0.1	0.004	0.003786	0.157573	0.024029	37.60268	0.368649
15--16	0.001984	0.11	0.004	0.003828	0.15702	0.024378	37.6934	0.372219
32--31	0.001578	0.1	0.003	0.003892	0.16004	0.02432	37.67839	0.321838
19'--19	0.001966	0.11	0.004	0.003817	0.156865	0.024333	37.68178	0.37176
29'--46	0.003465	0.14	0.003	0.006616	0.206924	0.031974	39.43632	0.386237
30--46	0.001822	0.1	0.004	0.003892	0.160039	0.02432	37.67829	0.371623
28--27	0.001713	0.1	0.004	0.003584	0.152745	0.023463	37.45379	0.362845
27--29	0.006202	0.16	0.004	0.009673	0.251965	0.038391	40.65706	0.503827
26--27	0.001388	0.11	0.002	0.003815	0.156838	0.024326	37.67978	0.262818
24--23	0.001701	0.11	0.003	0.003816	0.156849	0.024329	37.68057	0.321913
23--25	0.005905	0.16	0.004	0.010833	0.268219	0.040388	35.14474	0.446703
23--22	0.002098	0.1	0.006	0.003584	0.152745	0.023463	37.4538	0.444393
25'--21	0.001517	0.1	0.003	0.003027	0.139687	0.021668	44.88018	0.361846

Tableau 14. calcul hydraulique des tronçons drainés de la troisième région

tronçon	débit collecté (m ³ /s)	D _n (m)	pente	W(m ³ /ha)	X(m)	R(m)	C(m ^{1/2} /s)	V(m/s)
2--1	0.001585	0.11	0.003	0.003644	0.153389	0.023756	37.53124	0.31684
4--2	0.005146	0.16	0.003	0.009147	0.244155	0.037463	40.49159	0.429267
5'--4	0.003154	0.14	0.003	0.006132	0.199076	0.030801	39.19147	0.376734
5'--5	0.001579	0.11	0.003	0.003372	0.146548	0.023011	37.33247	0.310181
3--2	0.001715	0.1	0.004	0.003585	0.152763	0.023469	37.45538	0.362906
7--4	0.005402	0.16	0.004	0.008105	0.228454	0.035477	40.12571	0.478
7--6	0.001919	0.1	0.005	0.003586	0.152776	0.023474	37.4565	0.40579
11--9	0.001949	0.1	0.005	0.003604	0.15302	0.023553	37.47748	0.4067
4--9	0.01557	0.22	0.003	0.022448	0.386787	0.058038	43.55614	0.574732
10--9	0.001878	0.11	0.004	0.003583	0.151551	0.023646	37.5021	0.36472
7--8	0.00171	0.1	0.004	0.003582	0.152718	0.023454	37.4514	0.362752
14--12	0.001483	0.1	0.003	0.003584	0.15274	0.023462	37.45333	0.314217
14--13	0.001473	0.1	0.003	0.003576	0.152635	0.023427	37.44409	0.313907
16'--19	0.003597	0.12	0.005	0.006105	0.201268	0.030334	39.09178	0.481431
20--22	0.002019	0.1	0.005	0.003803	0.157779	0.024101	37.62162	0.412993
19'--20	0.005625	0.18	0.002	0.011246	0.270278	0.041607	41.20588	0.375888
19'--19	0.006872	0.18	0.003	0.011237	0.270208	0.041585	41.20218	0.460202
21--20	0.001656	0.12	0.002	0.004356	0.167595	0.025993	38.09838	0.274694
16'--16	0.001893	0.11	0.004	0.003682	0.15395	0.02392	37.57423	0.367534
23--19	0.012327	0.22	0.003	0.017429	0.336551	0.051786	42.73654	0.532679
23--24	0.002098	0.1	0.006	0.003584	0.152745	0.023463	37.4538	0.444393
26'--26	0.003528	0.12	0.008	0.004442	0.168766	0.026322	38.17844	0.554019
25--26	0.006713	0.14	0.008	0.006268	0.200617	0.031245	47.70343	0.754203
27--26	0.001658	0.14	0.003	0.005549	0.188633	0.029414	22.22387	0.208767
31'--31	0.008868	0.18	0.004	0.012673	0.288487	0.043929	41.5805	0.551184
21'--31	0.003969	0.12	0.008	0.005173	0.183435	0.028202	38.61988	0.580091
31'--29	0.011482	0.2	0.003	0.017592	0.341414	0.051527	42.70085	0.530902
35--34	0.001578	0.1	0.003	0.003814	0.157919	0.02415	37.63429	0.320334
21'--32	0.001252	0.1	0.002	0.002838	0.134862	0.021044	47.28931	0.30679
33'--33	0.002195	0.11	0.005	0.003724	0.154572	0.024093	37.61956	0.412902
33''--31	0.003547	0.12	0.007	0.005098	0.182592	0.027919	38.55506	0.538991
33''--33'	0.005035	0.14	0.008	0.005799	0.192808	0.030074	39.03577	0.605485
36--37	0.002223	0.1	0.006	0.003809	0.157859	0.024129	37.62883	0.452758
34--36	0.00652	0.18	0.003	0.011048	0.268773	0.041107	41.12286	0.456669
29--34	0.009741	0.2	0.003	0.01449	0.30655	0.047267	42.09115	0.501223
29--30	0.001579	0.1	0.003	0.003815	0.157929	0.024153	37.63519	0.320364
36--38	0.003054	0.12	0.008	0.004565	0.171423	0.026632	32.78817	0.478588

Tableau 15. calcul hydraulique des tronçons collectés de la premier région

collecteur	Débit collecté (m ³ /s)	D _n (m)	pente	W(m ³ /ha)	X(m)	R(m)	C(m ^{1/2} /s)	V(m/s)
<u>7--4</u>	0.00171	0.1	0.008	0.129948	7.267808	0.01788	35.79522	0.428108
<u>4--2</u>	0.0033	0.12	0.008	0.216523	9.461637	0.022884	37.29813	0.504662
<u>13--4</u>	0.009305	0.2	0.003	0.827196	19.22564	0.043026	35.5172	0.403518
<u>19--14</u>	0.005243	0.18	0.002	0.52035	14.73731	0.035308	40.09379	0.336923
<u>13--ST01</u>	0.018691	0.24	0.005	0.973349	20.31873	0.047904	42.18515	0.652876
<u>30--27</u>	0.010706	0.22	0.002	0.93326	20.21211	0.046173	41.92722	0.402909
<u>39--37</u>	0.02952	0.24	0.004	1.724711	29.05588	0.059358	43.71978	0.673673
<u>37--27</u>	0.031751	0.26	0.004	1.735186	28.45157	0.060987	43.9175	0.685942
<u>27--24</u>	0.054703	0.36	0.002	3.440675	40.39439	0.085177	46.43208	0.60603
<u>ST01--24</u>	0.063389	0.38	0.002	3.839005	42.64788	0.090016	46.86168	0.628772

Tableau 16. *calcul hydraulique des tronçons collectés de la deuxième région*

collecteur	débit collecté (m ³ /s)	D _n (m)	pente	W(m ³ /ha)	X(m)	R(m)	C(m ^{1/2} /s)	V(m/s)
<u>4--6</u>	0.008285	0.2	0.003	0.634397	16.32845	0.038852	40.73805	0.439814
<u>6--11</u>	0.013798	0.25	0.002	1.110237	21.86665	0.050773	42.5961	0.429241
<u>11--14</u>	0.017438	0.24	0.005	0.914671	19.59962	0.046668	42.00173	0.641595
<u>41--38</u>	0.009846	0.22	0.003	0.705443	17.02408	0.041438	41.17788	0.459117
<u>38--37</u>	0.013076	0.22	0.004	0.812576	18.59885	0.04369	41.54262	0.549178
<u>29'--29</u>	0.003465	0.14	0.004	0.288054	10.85453	0.026538	38.23031	0.393885
<u>29--20</u>	0.009667	0.18	0.007	0.516724	14.71399	0.035118	40.05766	0.628057
<u>25--20</u>	0.015663	0.22	0.005	0.863653	19.26128	0.044839	41.72278	0.62472
<u>18--20</u>	0.002533	0.14	0.002	0.301724	11.22557	0.026878	38.31168	0.280897
<u>18--31</u>	0.038866	0.35	0.003	2.051768	29.57377	0.069378	44.87122	0.64735
<u>31--33</u>	0.040444	0.3	0.004	2.015758	30.19208	0.066764	44.58498	0.728604
<u>33--34</u>	0.004164	0.16	0.002	0.527867	15.37179	0.03434	34.20719	0.283486
<u>37--ST02</u>	0.030514	0.3	0.002	2.154599	31.49182	0.068418	44.76711	0.523671
<u>33--ST02</u>	0.080888	0.38	0.004	3.453704	39.88303	0.086596	46.56009	0.866547

Tableau 17. *calcul hydraulique des tronçons collectés de la troisième région*

collecteur	débit collecté (m ³ /s)	D _n (m)	pente	W(m ³ /ha)	X(m)	R(m)	C(m ^{1/2} /s)	V(m/s)
<u>9--15</u>	0.005384	0.16	0.004	0.409967	13.09134	0.031316	39.29993	0.43985
<u>14--15</u>	0.002956	0.14	0.003	0.285961	10.83603	0.02639	38.19475	0.339846
<u>29--25</u>	0.02282	0.3	0.002	1.611611	26.28526	0.061312	43.95642	0.486756
<u>23--25</u>	0.029533	0.32	0.002	2.042456	30.22815	0.067568	44.67397	0.519326
<u>39--23</u>	0.043958	0.4	0.002	2.565912	32.73881	0.078375	45.79248	0.573322
<u>39--15</u>	0.00834	0.22	0.002	0.729138	17.35394	0.042016	41.27302	0.378344
<u>ST03--29</u>	0.052298	0.38	0.003	2.581107	33.28178	0.077553	45.71207	0.697254

- ABRAMOV.S.K 1971. Les drainages des contours dans la construction des villes et industrielles ,Edition Moscou. P184 .
- ADE. El Oued. Algérienne D'Eau d'El-oued .
- ANRH .l'Agence Nationale des Ressources Hydriques .
- ANRH. 1993. Les ressources en eaux dans la wilaya d'Ouargla. Rapport technique.
- Armon R., Dosoretz C., Azov Y. and Shelef, G. 1993. Residual contamination of crops irrigated with effluents of different qualities: A field Study. Wat. Sci. Tech., 30 (9). pp 239-248.
- Baba Sy M., 2005. Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional, Thèse Doct., Université De Tunis El Manar, Tunisie.261 p.
- Baba Sy M., Besbes M., 2006. Holocene recharge and present recharge of the Saharan aquifers. A study by numerical modelling, Colloque international - Gestion des grands aquifères - 30 mai-1er juin 2006, Dijon, France. 16p.
- BEL F., & Demargne F., 1966. Etude géologique du Continental Terminal ; DEC, ANRH, Alger, Algérie, 24 planches. 22p.
- BEL F., & Cuhe D., 1969. Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal ; ERESS. Ouargla. Algérie. 3 fig., 17 planches. 20p.
- BNEDR, 1993. Schéma directeur de mise en valeur de la wilaya d'El Oued. Alger.191p.
- Bonnard & Gardel, (Février) 2002a. Vallée du Souf. Etude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesure complémentaire de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Étude d'impact sur l'environnement. Mission III-A : collecte et analyse des données. 36p.
- Bonnard & Gardel, (Février) 2002b. Vallée du Souf : Etude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesure complémentaire de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Étude d'impact sur l'environnement. Mission III-B: caractérisation environnementale de la situation actuelle. 58p.
- Bonnard & Gardel, (Août) 2002c. Vallée du Souf. Etude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II Troisième campagne de mesures hydrogéologiques. 65p.
- Bonnard & Gardel, (Mars) 2004a. Vallée du Souf -Ville d'El Oued. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique Mission II APS du système de drainage verticale. 168p.
- BRL-BNEDER, 1999. Etude du plan directeur générale de développement des régions sahariennes. Lot 1. Etude de base. Phase II A3. Monographies spécialisées des ressources naturelles. Ressources en eau, Vol. 3. Modélisation du Complexe Terminal. 63p.
- BRL Ingénierie, 1998. Etude du Plan directeur général de développement des régions sahariennes-Modélisation du Complexe Terminal Rapport, ANRH Alger, Algérie.
- Bataillon C., 1955. Le Souf, étude de géographie humaine. Alger, Institut de recherches sahariennes, mémoire n°2. 140p.
- Boudy P., 1950. Économie forestière Nord Africaine. Paris.
- Castany G., 1982. Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du continental intercalaire et du complexe terminal. Bull. BRGM 2 III, Vol. 2. pp 127-167.
- Claudin J., Houréou H N., & Pouget, M. 1979. Etude bioclimatique des steppes algériennes (avec carte 1/1 000 000). Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord, Alger.

- Cornet A., & Gouscov N., 1952. Les eaux de Crétacé inférieur continental dans la Sahara algérien (nappe dite "Albien"). In: "La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie". 19^{ème}. Congrès géologique international. T. II. 30p.
- Cornet A., 1961. Initiation à l'hydrogéologie saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires sahariennes. S.E.S. Birmandreis, Alger, 108p.
- Cornet A., 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Rev. Géogr.Phys. & Géol. Dyn., Vol. VI, France.
- Cote M., 2006. Si le Souf m'était conté, comment fait et se défait un paysage. Édition Média-plus, Constantine. 135 p.
- Cote M., 1998. Des oasis malades de trop d'eau? Paris, Sécheresse, vol 9, n°2. pp 123-130.
- Documents Algériens, Série Politique N°21, 14 et économique N°20, Situation générale El Oued, Réalisations dans l'annexe d'El-Oued, 15 Decembre 1948. 5p.
- DCF. El Oued. Direction de Conservation des Forêts.
- DHW, El Oued. direction hydraulique de wilaya d'el-oued
- DSA. d' El Oued, 2009.Direction des Services Agricole d'el-oued 2009.
- Dubief J., 1947. La pluviométrie au Sahara central; Travaux instituts de recherches Sahariennes.
- Dubief J., 1963. Le climat du Sahara. Mém. Hors série. instituts de recherches Sahariennes, 2, 275p.
- Edmunds W.M., Shand P., Guendouz A.H., Moulla A.S., Mamou A., Zouari K.,1997. Recharge characteristics and groundwater quality of the Grand Erg Oriental Basin, Final report. EC (Avicenne) Contract CT93AVI0015, BGS Technical report WD/97/46R, Hydrogéologie Séries.
- E.N.A.G.E.O. -Entreprise nationale de géophysique-.1992. Étude de la nappe phréatique de la cuvette d'Ouargla. Rapport de mission, Direction de l'Hydraulique de Ouargla, 10p.
- ENGELS MANNR,1978.Traité de drainage ,Edition Moscou .
- Escart Dr, 1888-1890. Etude Sur le pays du Souf. Bulletin de l'Académie d'Hippone. Constantine, pp. 25-119.
- Garmanov I., Kamenski G.N., La formation des eaux souterraines et leur répartition par zones, dans les régions arides de l'U.R.S.S. I, *Congrès géologique international de Mexico*, 1956.
- Giersch P., 1989. Remontée des eaux de la nappe phréatique à El Oued. Strasbourg.
- Guendouz A., Moula A.S, 1992. Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. 1^{er} rapport interne, CDTN/DDHI.-ALGER, 30p.
- Guendouz A., Moullam A.S., Edmunds, W.M., Zouari, K., Shand P. and Mamou A 2003. Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara. Hydrogeology Journal. 11. pp 483-495.
- George Toutin, 1977. Éléments d'agronomie Sahariennes. Paris.
- I.P.Aidarov , 1971.Théorie et pratique de lutttes contre la salinisation des terres . travaux -vaskhnill, Moscou
- J.P. LABORDE . éléments d'hydrologie de surface. Edition 2000.
- Kilian C., 1931. Les principaux complexes continentaux du Sahara. C.R. Soc. Géol. Fr, Paris.
- Khechana .S , 2007. Mém Mag. Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée de Oued-Souf (Sud-est algérien), Université Badji Mokhtar Annaba
- Lechaari M.B., 1990. Contribution a l'étude hydrogéologique des nappes superposées de la région d'EL-Oued. Mémoire: Ing. Univ, Constantine, 100 P.

- Le Houerou H.N., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. OPTIONS méditerranéennes. Série B : Etude et recherche n°10. Ed. CIHEAM. Montpellier. 396p.
- Lelièvre R.F., 1969. Assainissement de la cuvette d'ouargla. Ministère des Travaux Publics et de la construction, rapports Géohydraulique n° 2, 18p: n° 3, 84p.
- MILOUDI Abdel-Monem, 2008. Mém Mag Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux de la nappe de la région du Oued Souf -l'impact sur l'environnement de la région-Université Kasdi Merbah de Ouargla.
- Mostefaoui A., 2002. Le secteur d'agriculture dans la région du Souf entre l'ancien et le nouveau (En Arabe). Mém Mag. Aménagement urbain. Université Les frères Mantouri. Constantine. 163p.
- Najah A., 1970. le Souf des Oasis. Edition Maison des livres, Alger. 173p.
- Nesson C., 1978. L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas Sahara algérien. In: Recherche sur l'Algérie. Ed. CNRS, Paris. pp 7-100.
- ONA. d'El Oued, 2009. Office Nationale d'Assainissement d'El-oued 2009.
- O.N.M. El Oued Guemar, 2009. office national de météorologie.
- Ozenda P., 1983. Flore du Sahara. Ed C.N.R.S., Paris. 622p.
- Remini B., 2005. La problématique de l'eau en algérie. collection hydraulique et transport solide. Univ. Blida, Algérie. 182p.
- UNESCO, 1972a. Projet ERESS: Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final (ERESS project: study of the northern Sahara water resources. Final report). United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris.
- UNESCO, 1972b. Projet reg 100. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet, UNESCO, Paris. 78p.
- Voisin A.R., 2004. Les Souf monographie, Edition El-Walid, El Oued-Algérie. 319 p.
- Voisin A.R., 1970. Le Souf monographie. Document multigraphié, Tours. 171p. 25 carte et graphiques.