



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued

Faculté des Science et Technologie

Département d'Hydraulique et de Génie civil

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme Master professionnel (LMD) en
Hydraulique

Option: **Conception et Diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement**

THEME

**Rentabilité de réseau de drainage vertical :
causes et solutions proposées
(Cas de la ville d'El-Oued)**

Présenté par :

BENAOUDA Anissa

MERABET Ibtissam

Soutenu publiquement devant le jury composé de:

Mlle. ZAIR Nadjet	M.A.A	Université d'El-Oued	Président
Mr. MILOUDI Abdel-Monem	M.A.A	Université d'El-Oued	Examineur
Mr. KHECHANA Salim	M.C.B	Université d'El-Oued	Promoteur

Promotion : Octobre 2015

Remerciements

Nous remercies en premier lieu Dieu tout puissant pour m'avoir donné la force, la santé et la volonté d'accomplir ce modeste travail.

Nous voudrais tout d'abord d'exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur KHECHANA Salim Professeur à l'université d'El-Oued et le responsable de département d'Hydraulique et de Génie civil pour leurs encadrements, ses remarques pertinentes et ses suggestions qu'ont permis l'amélioration de la qualité de ce travail.

Nous voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury pour l'honneur Mr: MILOUDI Abdel-Monem (examineur) et M^{elle} ZAIR Nadjat (président) qu'ils me font en acceptant de participer au jury.

Nous tiens à exprimer mes très vifs remerciements à tous mes enseignants du département d'hydraulique et de Génie civil et de la Faculté des Sciences et Technologie à l'université Echahid Hamma Lakhdar El-Oued.

Nous exprimons mon profonde gratitude à tous mes collègues de l'université d'El Oued.

Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidé durant l'acquisition des données et la préparation de ce travail, mais nous voudrais adresser mon remerciements plus particulièrement à :

Tous les fonctionnaires et les agents de :

D.H.W d'El-Oued

D.P.S.B d'El-Oued

D.S.A d'El-Oued

O.N.A d'El-Oued

A.N.R.H de Touggourt

O.N.M de Ouargla

Pour tous ceux qui ont apporté leur aide de près ou de loin à la réalisation de ce document, nous dis merci.

ملخص

أعلنت مدينة الوادي سنة 1985 عن حالة طوارئ بسبب الوضع الكارثي الذي تعيشه المنطقة جراء تفاقم مشكلة صعود المياه وما نتج عنها من أثار سلبية هددت البيئة والإنسان وخلفت خسائر وخيمة في مختلف الميادين أثرت على المنطقة. فتم القيام بعدة حلول للقضاء على المشكل ولكنها لم تجدي شيئا.

ولتفسير سبب عدم القضاء على مشكلة صعود المياه قومنا بدراسة وتحليل ثلاثة فرضيات كالتالي:

1- مياه الأمطار هي سبب صعود المياه: لكن من خلال الفصل الثاني أثبتنا عدم صحة هذه الفرضية من خلال دراسة الحوصلة المائية وجدنا هناك عجز يقدر بحوالي 1061.10 مم.

2- هناك تبادل بين الطبقات العميقة والطبقة الحرة : وهذا مستبعد لأنها ذات خاصية كتومة فيستحيل هنا التبادل.

3- الطبقة الحرة غير متجانسة هناك طبقات من الطين تتخلله : ولتفسير صحة أو عدم الفرضية قمنا بإجراء اختبار على مستوى ثلاثة آبار (البئر 05, 20 و 53) وأحواض بجانبها تفصلهم مسافة حوالي 20 م. وذلك لمراقبة منسوب المياه في كليهما.

فقمنا بإيقاف مضخة البئر وتشغيل مضخة الحوض فلاحظنا انخفاض منسوب المياه خلال بضع دقائق من بداية التجربة على مستوى الأحواض الثلاث. ثم في المرة الثانية قمنا بالعكس أوقفنا عمل مضخة الحوض وتشغيل مضخة البئر في هذه الحالة لم نسجل انخفاض في منسوب المياه خلال دقائق أو ساعات من التجربة على مستوى الآبار الثلاث.

من خلال هذه النتائج يتضح لنا أن هناك انقطاع بين مياه الآبار والأحواض مما يسمح لنا القول بأن طبقة المياه الجوفية الحرة لمدينة الوادي ليست متجانسة تتخللها طبقات من الطين بأعماق مختلفة هذه الطبقات بمثابة الركيزة التي تدعم المياه في الارتفاع إلى السطح والمضخة تتواجد أسفل هذه الطبقات ومنه المياه التي يتم ضخها ليست بالمياه التي تطفو على سطح الأرض وهذا هو تفسير سبب فشل نظام الصرف العمودي وعدم القضاء على المشكل.

résumé

l'an 1985 la ville d'El-Oued a déclaré un état d'alerte à cause de la situation catastrophique qui vit la région dû au problème de la remontée d'eau d'où résulte des inconvénients sur l'écologie et l'homme qui provoquent des dégâts sur tous les plans influe sur toute la zone.

Plusieurs mesures sont prises pour lutter contre ce problème mais restent insuffisantes.

Pour expliquer les conditions pour lesquelles le problème de la remontée n'est pas résolu on a fait l'étude et la conception de trois hypothèses comme suit :

1- les eaux pluviales sont la cause de la remontée : mais au 2^{ème} chapitre nous avons justifié que cette hypothèse est fautive et ça d'après l'étude du bilan hydrique il y a un déficit de 1061.10 mm.

3- les formations de la nappe libre sont hétérogènes intercalant des couches d'argile. Pour approuver ou éliminer cette hypothèse on a fait des expériences sur trois forages (D 05, D20, D53) et des bassins juste à côté à distance de 20 m environ. Pour le contrôle du niveau d'eau dans les deux.

On a arrêté la pompe du forage et fait fonctionner la pompe du bassin on a distingué une diminution du niveau d'eau durant quelques minutes de l'expérience au niveau des trois bassins.

La deuxième fois on a inversé l'opération : on a arrêté la pompe des bassins et fait fonctionner la pompe du forage, dans ce cas on n'a noté aucune diminution du niveau d'eau durant les minutes et les heures de l'expérience au niveau des trois forages.

D'après les résultats nous avons remarqué qu'il y a une coupure (rupture) entre les eaux de forage et les eaux du bassin. Ce qui nous laisse dire que la nappe libre d'eau souterraine de la ville d'El Oued n'est pas homogène il y a un passage des couches d'argiles à des profondeurs différentes, ces sont l'appui qui pousse l'eau à la remontée en surface et les pompes se trouvent en bas de ces couches, donc les eaux pompées ne sont pas les eaux qui affleurent en surface.

Abstract

El Oued city announced in 1985 à test of emergency because of the catastrophic situation experienced by the region due to the increasing problem of the rise of the water and the resulting negative effects threatened the environment and humain and left server losses in various fields have. Affected the region. We do several solutions to eliminate the problem but did not do anything.

To explain why they did not eliminate the problem of the rise of the water we study and analyze three hypotheses are as follows:

1- Rain water is the reason for the rise of the water but in the second quarter proved the invalidity of this hypothesis by studding water crow and found there a deficit estimated at 1061.11 mm.

2- There is an exchange between the deep layers and the free layer: this is unlikely because it is secretive property, se exchange is impossible here.

3- fee reed class lieterogenous there are layers of mud punctuated: to interpret the validity or invalidity of the hypothesis we have conducted a test on the level of three wells (well 05, 20 and 53) and pools beside them sep aerated about 20 m distance, that is to monitor the water level in bouth...

Io, we stop the well pump and run the aquarium pump we receptor low water levels within a few minutes of the beginning of the experiment at the level of the three pools, then in the second time we have versa stopped the work of the aquarium pump and run the well pump, in this case did not score a decrease in the waters level within minutes or hours of experience on the level of the three wells.

Through these resultants it clear to us that there is a discontinuity between the water of wells and boreholes which allows us to say that the free ground water layer to El Oued city is not homogeneous interspersed with layers of mud in different depths, these layers are as a pillar that supports the water to rise to the surface and the pump located down these layers and from this the water that is in injected is not water that float on the surface of the earth and this is the interpretation of the reason for the failure of the vertical drainage system and not to eliminate the problem.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

الملخص

Abstract

Résumé

Liste des abréviations

Table des matières i

Liste des tableaux vi

Liste des figures viii

Liste des photos xi

INTRODUCTION GENERALE 02

Chapitre I

Présentation de la région d'étude

I. INTRODUCTION 5

II. Caractéristiques géographiques 6

II.1. Situation géographique 6

II.2. Répartition administratif et démographique 6

II.3. Activité de la région 10

III. Géologie de la région de Oued Souf 11

III .1. Introduction 11

III.1.1.Cadre géologique et paléogéographique régional 11

III.1.2. Cadre géologique local 12

III.2. Stratigraphie 14

III.2.1. Formation de l'ère Secondaire 14

III.2.2. Formations de l'ère Tertiaire 16

III.2.3. Formations du Quaternaire 16

III.3. Interprétation des coupes18

III.4.situation Topographie 20

III.4.1.Nature topographique de la région d'étude 20

III.4.2.Pente de terrain 20

III.5. Géomorphologie	22
III.6.RELIEF	22
III.7. TECTONIQUE	23
CONCLUSION	24

Chapitre II

Hydroclimatologie

I. Introduction	26
I.1. climatologie	26
I.1.1 Climat de la région	26
II. Etude des paramètres climatiques	27
II. 1. La précipitation	27
a)La précipitation moyennes mensuelles	27
II. 2. La température.....	28
a) La températures moyennes mensuelles.....	28
II. 3. Synthèse climatique.....	29
II. 3. 1. Indice d'aridité.....	29
II. 3. 2. Diagramme pluviothermique.....	30
II.4. L' Humidité.....	31
II.5. L'évaporation.....	32
II. 6. Le Vent.....	32
II. 7. L'insolation.....	34
III. Calcul des paramètres de bilan hydrique.....	35
III.1. Evapotranspiration ou déficit d'écoulement.....	35
III.1.1 Calcul l'évapotranspiration potentiel (ETP).....	35
a. L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	36
b. L'évapotranspiration réelle (ETR).....	37
III.2. Estimation de la réserve facilement utilisable (RFU).....	37
III.3. Ruissellement (R).....	38
IV. Etablissement du bilan.....	39
V.CONCLUSION.....	43

Chapitre III

Hydrogéologie et hydrodynamique

I. Introduction.....	45
II .Cadre Hydrogéologique Générale.....	45
II.1 Présentation des nappes aquifères de la région du Souf.....	46
II.2. Zone de recharge et exutoire.....	49
A) La recharge.....	49
B) L'exutoire.....	50
II. 3. Estimation des réserves.....	51
II.4. Litho stratigraphie des Nappe d'El-Oued.....	51
II. 4. 1. Nappe phréatique.....	52
II. 4. 2. la nappe de complexe terminal.....	52
II.4.3. la nappe du continentale intercalaire.....	52
III. Etude des coupes hydrogéologiques.....	53
IV. L'étude piézométrique.....	55
IV.1 : La carte piézométrique de la nappe CT de la vallée du Souf en 2011.....	55
IV.2. Carte piézométrique de la nappe phréatique d'El-Oued en Mai 2014.....	56
V. Caractéristiques hydrodynamiques de la nappe du CT.....	58
V.1. Expérimentations des pompages d'essais	58
V.2. Essais des pompages.....	58
V.3. Interprétation des données des essais du pompage à longue durée.....	59
V.3.1. Forage F 87 (-El-Houd-commune de Guemar).....	59
V.3.2. Forage F 58 (Hammadine) commune de Magrane.....	61
V.3.3. Forage F31 (Soualah) commune de Bayadha.....	63
VI. Conclusion.....	66

Chapitre IV

La remontée des eaux souterraines: causes et impacts

I. Introduction et historique de la remontée des eaux.....	68
II. Les causes principales de la remontée des eaux.....	71
II.1. Les causes naturelles.....	71
II.2. Les causes humaines.....	72
III. Les conséquences.....	75
III.1. Impact sur l'activité touristique.....	76

III.2. Impact sur les oasis et l'activité agricole.....	76
III. 3. Impacts de la remontée des eaux sur la vie socio-économique.....	79
III.4. Détérioration du tissu urbain traditionnel.....	80
III.5. Impact sur le secteur sanitaire.....	80
III.6. Impact sur l'environnement.....	82
III.6.1. La salinité des eaux d'irrigation.....	82
III. 6.2. L'humidité de sol.....	83
III.6.3. Pollution de la nappe.....	84
III. 6.4. La salinité du sol.....	85
IV. Conclusion	86

Chapitre V **Les solutions proposées**

I. Introduction.....	88
II. Les solutions proposées.....	88
II. 1 Installation des réseaux d'assainissement et de drainage horizontal.....	88
II. 2 Le solution biologique: Création d'une ceinture verte autour de la ville d'El - Oued.....	91
II. 3 Solution écologique: Remblayage des Ghouts (Traitement et aménagement des Ghouts).....	93
II. 4 Vers une gestion rationnelle des ressources en eaux.....	95
II. 4. 1 Les mesures complémentaires de lutte.....	97
II. 4. 1. 1. Lutte contre la surproduction en AEP	97
II. 4. 1. 2. Optimisation de l' irrigation.....	97
II. 4. 1. 3. Amélioration des outils de gestion	97
II. 5 Planification d'un méga-projet a divers aspects	98
III. Les objectifs attendus par les solutions proposées.....	106
IV. Conclusion.....	107

Chapitre VI **Rentabilité de réseau de drainage vertical**

I. Introduction.....	109
I. 1. Définition de drainage.....	109
A). Etude du système de drainage vertical.....	110

I. Etude du système de drainage vertical existant	110
I. 1. Réseau de drainage vertical d'El Oued.....	110
I. 2. Choix du système de drainage.....	110
I. 3. Principe de drainage.....	110
I. 4. But du système de drainage existant.....	112
I. 5. Plan du réseau	112
I. 6. Paramètres de dimensionnement de réseau de drainage.....	113
I.7. Description du système.....	113
I. 8. Caractéristiques des forages	113
I. 8.1 Réalisation des forages	115
I. 8.2. Equipement des forages.....	116
B). Rentabilité de réseau de drainage vertical.....	117
I. Introduction.....	117
II. Identification des essais de puits et pompage d'essais.....	117
II.1. Essai de puits par paliers de débit de courte durée.....	117
II.2. Pompage d'essais de longue durée.....	117
III. Interprétation des données des essais du pompage a longue durée...	118
IV. Mise en œuvre pour résoudre le problème de la remontée des eaux souterraines.....	121
IV.1. Essai de pompage.....	121
V. Résultats et discussion.....	124
V. 1. Interprétation du test et résultats.....	124
VI. CONCLUSION	127
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	129
Référence bibliographique.....	132
Annexes	
Annexe .01.....	I
Annexe .02.....	II
Annexe .03.....	III
Annexe.04	IV

Liste des abréviations

A.B.H.S: Agence de Bassin Hydrographique Sahara

A.D.E: Algérienne Des Eaux

A.E.P : Alimentation en Eau Potable

A.N.R.H : l'Agence Nationale des Ressources Hydriques

B.G : Bonard et Guardel : bureau des études conseillé de projet

BNEDR : Bureau National d'Etude pour le Développement Rural

CI: Continental Intercalaire

CT : Complexe terminal

DCF : Direction De Conservation des Forêts

D.H.W : Direction d'Hydraulique de la Wilaya

DN : Diamètre Nominale

D.P.S.B : Direction de La Programmation et du Suivi Budgétaires

D.S.A : Direction des Services Agricoles

EH : équivalents/habitants

GCB : (génie civil, bâtiment, filiale de Sonatrach)

H₂S : gaz d'hydrogène sulfuré

NB : note besogne

N.D : Niveau Dynamique

N.S : Niveau Statique

O.N.A : Office National d'Assainissement

O.N.M : Office National de la Météorologie

PRV : Matériau Plastique

PVC : Polychlorure de vinyle

SAU : Surface Agricole Utile

SIG : Système d'Information Géographique

ST10 : Station de pompage des eaux de drainage

STEP : Station d'épuration

DN: diamètre nominale

C.D.T.N: Centre de développement des techniques nucléaires

LISTE DES TABLEAUX.....

Liste des tableaux	page
Tab. N°: (I. 01): Répartition de la superficie et nombre d'habitants et la densité apparent par Commune de la wilaya d'El-Oued.....	7
Tab. N°: (I. 02): Altitude moyenne des différentes communes du Souf (D.H.W, 2004).....	21
Tab. N°: (II. 01): précipitations moyennes mensuelles durant la période (1978-2013).....	27
Tab. N°: (II. 02): températures moyennes mensuelles durant la période(1978-2013).....	28
Tab. N°: (II. 03): Classement en fonction de l'indice d'aridité (selon de Martonne).....	29
Tab. N°: (II. 04): Couples température/ précipitation mensuelle interannuelle.....	30
Tab. N°: (II. 05): Humidité relative moyenne mensuelle (1978-2013).....	31
Tab. N°: (II. 06): Evaporation moyenne mensuelle à Oued Souf en (1978-2013).....	32
Tab. N°: (II. 07): vitesses du vent moyennes mensuelle à Oued Souf en (1978-2013).....	33
Tab. N°: (II. 08): Répartition moyenne mensuelle d'insolation à Oued Souf en (1976-2008).....	34
Tab. N°: (II. 09): Bilan hydrique d'après Thorntwaite (1978-2013)	39
Tab. N°: (III. 01): Épaisseur moyen des différents aquifères et estimation de la réserve.....	51
Tab. N°: (III. 02): Log stratigraphique et l'hydrogéologie de forage Barrémien dans la région du Souf.....	53
Tab. N°: (III. 03): Calcul de débit spécifique: Valeurs débits /rabattements F 87 (El-Houd)	59
Tab. N°: (III. 04): Calcul de débit spécifique: Valeurs débits /rabattements F 58 Hammadine	61
Tab. N°: (III. 05): Calcul de débit spécifique: Valeurs débits /rabattements forage 31 (Soualah).....	63
Tab. N°: (III. 06): Récapitule des résultats des paramètres hydrodynamiques pour les 03 site d'essai.....	65
Tab. N°: (IV. 01): Augmentation de la population dans la vallée de Oued Souf (de 1999 jusqu'à 2006).....	72
Tab. N°: (IV. 02): Récapitulatif des dégâts de la remontée des eaux (Palmiers affectés)...	77
Tab. N°: (IV. 03): Récapitulatif des dégâts de la remontée des eaux (Ghouts affectés).....	78
Tab. N°: (IV. 04): Répartition des cas des maladies à transmission hydrique par communes (Direction de la santé El-Oued, 2008).....	81
Tab. N°: (IV. 05): Récapitulatif des surfaces agricoles utiles (SAU) endommagées par commune (DSA, 2005).....	83

LISTE DES TABLEAUX.....

Tab. N°: (V. 01): Consistance des travaux par centre d'agglomération.....	101
Tab. N°: (VI. 01): les coordonnées UTM des sites des essais de pompages.....	118
Tab. N°: (VI. 02): Calcul de débit spécifique : Valeurs débits /rabattements Forage D05...	119
Tab. N°: (VI. 03): Calcul de débit spécifique: Valeurs débits /rabattements Forage D20...	119
Tab. N°: (VI. 04): Calcul de débit spécifique: Valeurs débits /rabattements Forage D53...	120

LISTE DES FIGURES.....

Liste des figures	pages
Fig. N°: (I. 01): Situation géographique de la région d'El-Oued (ANRH).....	8
Fig. N°: (I. 02): Répartition administratives des chefs -lieux des communes de la vallée d'Oued-Souf (Khechana. S: 2007).....	9
Fig. N°: (I. 03): Carte géologique de la zone d'étude (extrait d'après la carte du Sahara Septentrional G. Busson 1970).....	13
Fig. N°: (I. 04): Log de forage F1 à l'Albien (coupe d'après ANRH 1993).....	17
Fig. N°: (I. 05): Coupe Géologique N° 1 (A.N.R.H, 1989) Extraite a partir des logs lithologiques des forage.....	19
Fig. N°: (I. 06): Coupe géologique N° 2 (A.N.R.H, 1989) Extraite a partir des logs Lithologiques de forage.....	19
Fig. N°: (I. 07): Coupe géologique N° 3 (A.N.R.H, 1989) Extraite a partir des logs lithologique des forage.....	20
Fig. N°: (I. 08): Cartes topographique de la vallée du Souf (2004).....	21
Fig. N°: (I. 09): Représentation des dunes et d'un Ghout	23
Fig. N°: (II. 01): Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (P mm) durant la période (1978-2013).....	27
Fig. N°: (II. 02): Histogramme des températures moyennes mensuelles (T °C) durant la période (1978-2013).....	28
Fig. N°: (II. 03): Diagramme pluviothermique de la station de Guemar durant la période (1978-2013)	30
Fig. N°: (II. 04): Histogramme de l'humidité relative moyenne mensuelles (1978-2013)....	31
Fig. N°: (II. 05): Histogramme mensuelle de l'Evaporation moyenne à la station de Oued Souf (1978-2013).....	32
Fig. N°: (II. 06): Histogramme des vitesses du vent moyennes mensuelles durant la période (1978-2013).....	33
Fig. N°: (II. 07): Histogramme de l'insolation moyennes mensuelles (h) durant la période (19768-2013).....	34
Fig. N°: (III. 01): Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO, 1972)...	46
Fig. N°: (III. 02): Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement de la nappe (Cote Marc, 2006).....	47
Fig. N°: (III. 03): Coupe Hydrogéologique du Souf (A.N.R.H, 1989).....	54
Fig. N°: (III. 04): Coupe Hydrogéologique d'El- Hamraia, El-Oued (A.N.R.H, 1989)....	55
Fig. N°: (III. 05): Carte piézométrique de la nappe CT de la vallée du Souf en 2011.....	56

LISTE DES FIGURES.....

Fig. N°: (III. 06): La carte piézométrique de la nappe phréatique de la région d'étude (mai 2014).....	57
Fig. N°: (III. 07): Courbe débit/Rabatement à F87 (El-Houde).....	59
Fig. N°: (III. 08): Essai de pompage a' longue durée à F87 (El-Houde).....	61
Fig. N°: (III. 09): Courbe débit/Rabatement à F58 (Hammadine).....	62
Fig. N°: (III. 10): Essai de pompage à longue durée à F58(Hammadine).....	63
Fig. N°: (III. 11): Courbe débits /rabattements à Forage F31 (Soualah).....	64
Fig. N°: (III. 12): Essai de pompage à longue durée à F31 (Soualah).....	64
Fig. N°: (IV. 01): Situation des Ghouts avant 1960. (Equilibre entre les prélèvements et les rejets)	69
Fig. N°: (IV. 02): Situation des Ghouts à partir de 1960(Utilisation du forage profond).....	69
Fig. N°: (IV. 03): Situation des Ghouts à partir de 1980 (Augmentation des forages et par Conséquent le débit de pompage).....	70
Fig. N°: (IV. 04): Le comportement de la nappe dans le temps pour cette période	71
Fig. N°: (IV. 05): Coupe schématique montrant l'évacuation des eaux usées dans les fosses Septiques.....	74
Fig. N°: (IV. 06): Le système traditionnel d'assainissement (la fosse perdue).....	75
Fig. N°: (IV. 07): Pourcentage de palmiers affectés par commune (D.S.A, 2005).....	77
Fig. N°: (IV. 08): Pourcentage des Ghouts inondés, humides et secs (D.S.A, 13/05/1998)...	78
Fig. N°: (IV. 09): situation des maladies de Typhoïde en 2005, 2006 et 2007.....	82
Fig. N°: (IV. 10): Pourcentage des surfaces agricoles utiles (SAU) endommagées par commune (D.S.A, 2005).....	84
Fig. N°: (V. 01): Coupe transversale du tranche de drainage horizontale	90
Fig. N°: (V. 02): Traitement d'un Ghout en zone urbaine (D.S.A d'El Oued)	94
Fig. N°: (V. 03): Traitement d'un Ghout en zone urbaine (D.S.A d'El Oued)	95
Fig. N°: (V. 04): Profil schématique de la situation en 2004	96
Fig. N°: (V. 05): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 1 (O.N.A, 2008)	101
Fig. N°: (V. 06): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 2 (O.N.A, 2008).....	102
Fig. N°: (V. 07): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 3 (O.N.A, 2008)	102
Fig. N°: (V. 08): Schéma d' implantation des ouvrages STEP 4 (O.N.A, 2008)	103
Fig. N°: (V. 09): Schématisation générale du projet [Khechana S, 2010]	105
Fig. N°: (VI. 01): Localisation des 58 forages de drainage à EL Oued (BG, 2004)	111
Fig. N°: (VI. 02): Coupe transversale de forage	114
Fig. N°: (VI. 03): Plan de réseau de drainage vertical existant	115

LISTE DES FIGURES.....

Fig. N°: (VI. 04): Courbe débit / Rabattement à D05.....	119
Fig. N°: (VI. 05): Courbe débit / Rabattement à D53.....	120
Fig. N°: (VI. 06): Location des forages et des puisards	122
Fig. N°: (VI. 07): rabattement et rabattement résiduel mesurés en D05.....	123
Fig. N°: (VI. 08): rabattement et rabattement résiduel mesurés en D20.....	123
Fig. N°: (VI. 09): rabattement et rabattement résiduel.....	124
Fig. N°: (VI. 10): Structure interne de l'aquifère à la nappe libre d'El Oued et échec des forages de système de drainage vertical pour évacue les eaux de la remontée.....	126

LISTE DES PHOTOS.....

Liste des photos	page
Photo. N°: (IV. 01): Système du Ghouts dans la région du Souf (REMINI. B, 2006)	69
Photo. N°: (IV. 02): Situation d'un Ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers (Photo, REMINI B, 1996).....	70
Photo. N°: (IV. 03): Détérioration et effondrement des habitations (REMINI. B, 2004)....	80
Photo. N°: (IV. 04): Situation d'un Ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers (Photo d'après, A.M MILOUDI).....	81
Photo. N°: (IV. 05): L'humidité de sol en chott (BEBOUKHA.Y et MEDJOURI. M , 2011)	83
Photo. N°: (IV. 06): L'humidité de sol en Sidi Mastour (BEBOUKHA.Y et MEDJOURI. M , 2011)	83
Photo .N°: (IV. 07): L'affleurement des eaux de la nappe phréatique à la surface: Les roseaux remplacent les palmiers dattiers morts. [Khechana S, 2007]	84
Photo. N°: (IV. 08): Conséquence de la remontée des eaux: Dégradation de l'environnement par les décharges domestiques[Khechana S, 2007].....	84
Photo. N°: (IV. 09): La salinité de sol en chott (BEBOUKHA.Y et MEDJOURI. M , 2011)	85
Photo. N°: (IV. 10): La salinité de sol en Sidi Mastour (BEBOUKHA.Y et MEDJOURI. M, 2011)	85
Photo. N°: (V. 01): Station de pompage des eaux de drainage ST10.....	90
Photo. N°: (V. 02): Conduite d'amiante ciment utilisée dans le réseau drainage horizontale.	90
Photo. N°: (V. 03): Présente la différence entre deux périodes.....	92
Photo. N°: (V. 04): La ceinture verte dans les zones inondées (Sidi Mastour).....	92
Photo. N°: (V. 05): Opération de remblaiement des Ghouts.....	94
Photo. N°: (V. 06): Opération de remblaiement des Ghouts (REMINI, 2002).....	94
Photo. N°: (V. 07): La zone de rejet actuel d'El Oued.....	103
Photo. N°: (V. 08): Exutoire canal de transfert Chott Halloufa: Rejet final des eaux épurées de drainage.....	104
Photo. N°: (V. 09): canal de collecte des eaux de drainage " ST10 ".....	104
Photo. N°: (VI. 01): Photos de forage en réalisée(BEBOUKHA.Y et MEDJOURI. M , 2011)	116

Introduction générale

Les eaux souterraines sont une source importante d'eau douce pour les humains, les animaux et les plantes sur la terre. Malheureusement, dans plusieurs régions algérien, en particulier ceux situés dans le Sahara sont aujourd'hui confrontés à des problèmes liés aux aspects qualitatifs et quantitatifs des ressources en eau, principalement en raison de la remontée des eaux souterraines, qui sont nuisibles à l'agriculture. La nappe libre dans la vallée Oued-Souf a touchés par ce problème, ce qui a des conséquences négatives à l'environnement et la santé.

Le système d'irrigation traditionnel qui reposait sur les ressources de la nappe phréatique, assurait un équilibre entre les besoins et les ressources en eau. Le développement économique dans les régions du Souf et l'accroissement démographique ont induit une forte demande en eau. Le recours aux eaux souterraines plus profondes par l'exploitation des forages captant les aquifères du CI et du CT, destinées aux besoins d'irrigation et d'AEP et l'extension de l'urbanisation dans certaines agglomérations suralimentées en eau (plus de 450 l/j/ habitant) mais insuffisamment couvertes par des réseaux d'assainissement et de drainage, et l'absence d'un exutoire naturel , a accéléré la hausse des niveaux hydrostatiques des nappes phréatiques et la formation de lagunes, accentuant ainsi le problème de la remontée des eaux. Cette remontée aux conséquences dramatiques et désastreuses tant sur le plan environnemental que socio-économique se poursuit à un rythme inquiétant de 50 à 60 cm par an, surtout au niveau de certains quartiers de l'agglomération d'El Oued. Les roseaux prennent la place des palmiers, la détérioration du tissu urbain traditionnel et menace d'effondrement de certaines constructions en matériaux locaux, inondation de certaines parties basses de la ville d'El Oued, apparition d'épidémies et de maladies parasitaires à transmission hydrique, l'eutrophisation des eaux et des mauvaises odeurs, les inondations des Ghouts, la pollution de la nappe superficielle.

Pour attaquer ce problème le gouvernement à décidé plusieurs solutions pour sauver l'état de l'agglomération, tel que le réseau de drainage horizontal, la création une ceinture vert, vers une gestion des ressources en eaux, remblayage des Ghouts et un méga- projet, qui est fondé essentiellement sur quatre (04) schémas :

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

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

Mais avec ces solutions, le niveau de la nappe remonte. Donc plusieurs questions étaient posées, comment dans une région saharienne aride, la température très élevée, des précipitations très faible et de grandes quantités d'eau drainées par le système de drainage vertical ($4\,658\text{ m}^3/\text{j}$ en 2011, $13\,151\text{ m}^3/\text{j}$ en 2012, $16\,274\text{ m}^3/\text{j}$ en 2013 et $25\,890\text{ m}^3/\text{j}$ en 2014) avec les autres solutions, et la nappe remonte pour quoi ?

La recherche d'une explication concernant cette question, nous proposons les hypothèses suivantes:

- Suralimentation par les conditions climatiques.
- Suralimentation par les nappes profondes.
- Mauvais conception du réseau de drainage.

C'est le cadre de ce mémoire qui comporte 06 chapitres, afin de répondre à ces questions.

Dans les premiers chapitres, on a identifié d'une façon détaillée la vallée à savoir la géologie, les caractéristiques climatiques, l'étude hydrogéologique et hydrodynamique, et la présentation du problème la remontée des eaux, causes et impacts, et les solutions.

Dans le dernier chapitre, on va à étudier le système de drainage vertical existé et sa rentabilité, afin de proposer des solutions et des recommandations en vue d'améliorer la qualité de gestion du projet existant.

I. INTRODUCTION

La wilaya d'El Oued est située au Sud-Est du pays au centre d'une grande cuvette synclinale. Elle est située à environ 700 Km au Sud-est d'Alger et à 350 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie). Et devint une commune depuis 1957, une wilaya depuis janvier 1984 ce découpage a pour but de faciliter les conditions de vie sociale.

La ville de Oued Souf est une unité de ressource en eau, appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude, et la commune la plus agglomère, est le chef-lieu d'El-Oued, l'une de principales oasis du Sahara septentrional Algérien dans l'Erg oriental.

Le Souf vient du nom berbère désignant rivière ou Oued.

A l'origine de l'activité principale des habitants de la région était l'agriculture. Les cuvettes (Ghouts) que creusait l'agriculture et dans lesquelles les plantait ses palmiers, permettaient à ces derniers de puiser l'eau dont il avait besoin pour leur développement à partir de la nappe phréatique qui était tout proche.

Cette méthode facilitait la tâche à l'agriculteur, elle lui évitait donc l'irrigation des palmiers.

II. Caractéristiques géographiques

II. 1. Situation géographique :

La wilaya d'El Oued est située au Sud-Est de l'Algérie, et de Nord-Est du Sahara septentrional elle est limitée par les wilayas suivantes (Fig. I. 01):

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

Géographiquement El Oued est limitée par les coordonnées suivantes :

- Longitudes $X_1 = 05^{\circ}30'$ et $X_2 = 07^{\circ}00'$ Est.
- Latitudes $Y_1 = 35^{\circ}30'$ et $Y_2 = 37^{\circ}00'$ Nord.

II. 2. Répartition administratif et démographique :

Elle couvre une superficie totale de 44586,8 km² divisé en 30 communes avec une population de 771 900 habitants et une densité de 17.31 hab/km (Selon le recensement de D.P.S.B, 2014).

- ❖ Notre zone d'étude est la commune d'El-Oued, qui couvre une superficie de 77,2 km² et un nombre de population de 159 735 habitants, et une densité de 2 069,11 (hab/km²) (Selon le recensement de D.P.S.B, 2014).

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

- au Nord par la commune de Kouinine.
- au Sud par la commune de Bayadha.
- A l'Est par la commune de Trifaoui et Hassani Abdelkrim.
- A l'Ouest par la commune d'Oued Alanda (fig. I. 02).

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

- Longitudes $X_1 = 05^{\circ}30'$ et $X_2 = 07^{\circ}00'$ Est.
- Latitudes $Y_1 = 35^{\circ}30'$ et $Y_2 = 37^{\circ}00'$ Nord.

Tab. N°: (I. 01): Répartition de la superficie et nombre d'habitants et la densité apparent par commune de la wilaya d'El-Oued

N°	Communes	Population 2014	Superficie (km ²)	Densité (Hab/Km ²)	N°	Communes	Population 2014	Superficie (km ²)	Densité (Hab/Km ²)
01	El-Oued	159 735	77 .2	2 069.11	16	El-Ogla	7 285	1 352	5.39
02	Kouinine	12 260	116	105.69	17	Bayadha	38 160	138.8	274.93
03	Reguiba	49 075	1 965.6	24.97	18	Stil	6 305	904.8	6.97
04	Hamraia	6 270	2 444	2 .57	19	Ben Guecha	4 610	2 646	1.74
05	Guemar	47 905	1 264.4	37.89	20	Douar El- Maa	7 575	17 813.6	0.43
06	Taghzout	16 285	539.2	30.20	21	Mih Ouansa	20 030	1 111.2	18.03
07	Ourmes	6 560	442.8	14.81	22	Oued El- Alanda	7 675	712	10.78
08	Débila	29 355	78	376.35	23	El- Meghaier	57 710	1 532	37.67
09	Hassani Abdelkrim	27 590	58	475.69	24	Sidi Khalil	7 440	840	8.86
10	Hassi Khalifa	37 360	1 112	33.60	25	Taleb Larbi	11 305	1 110	10.18
11	Trifaoui	9 925	474	20.94	26	Oum Touyour	12 100	2 116	5.72
12	Magrane	28 210	618	45.65	27	Djamaa	61 735	780	79.15
13	Sidi Aoun	14 035	480	29.24	28	Sidi Amrane	24 135	552	43.72
14	Robbah	25 940	499.2	51.96	29	M'Rara	9 775	1 132	8.64
15	Nakhla	15 465	700	22.09	30	Tendla	10 090	978	10.32
Total wilaya							771 900	44 586.8	17.31

(D.P.S.B, 2014)

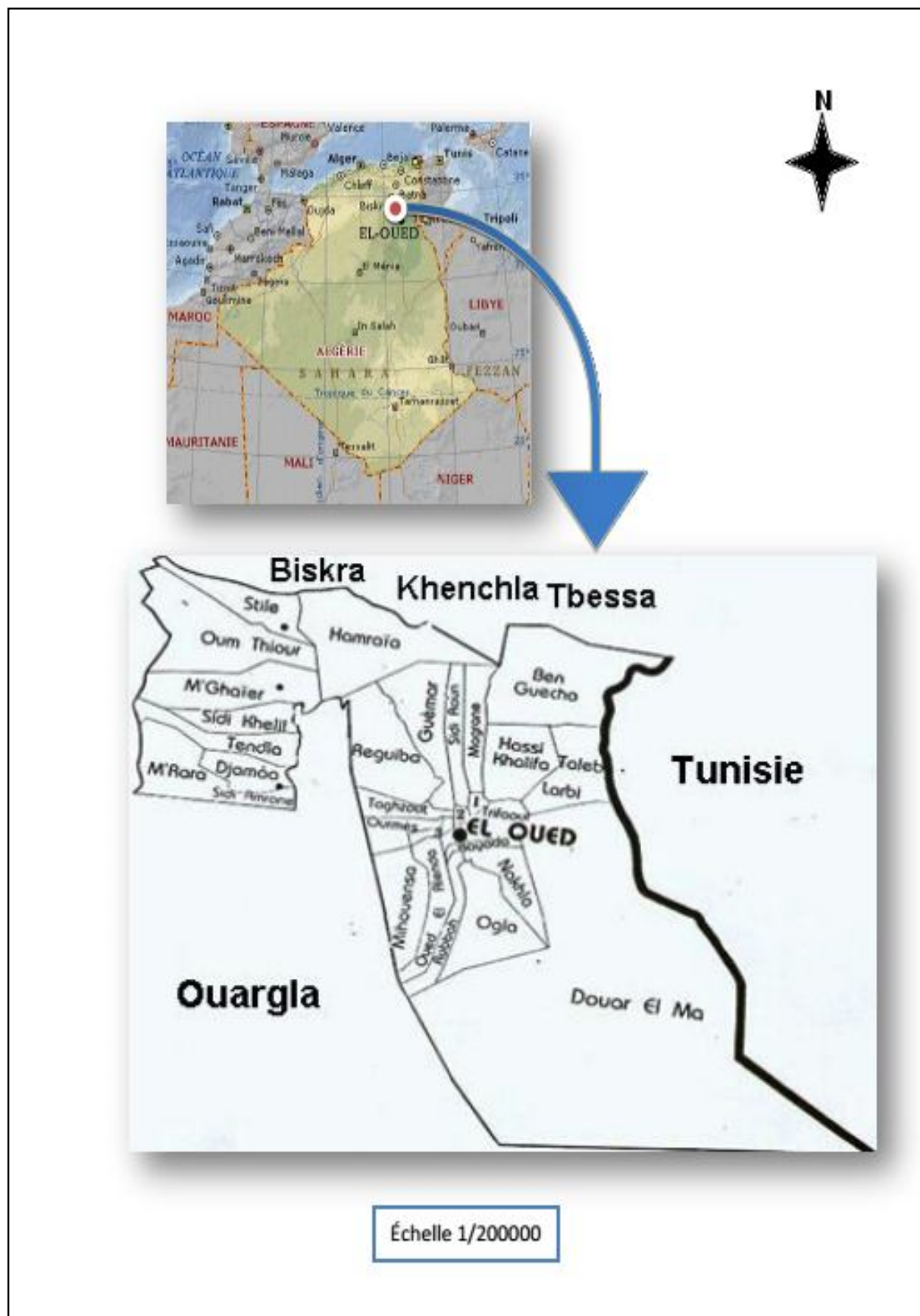


Fig. N°: (I. 01): Situation géographique de la région d'El-Oued (A.N.R.H)

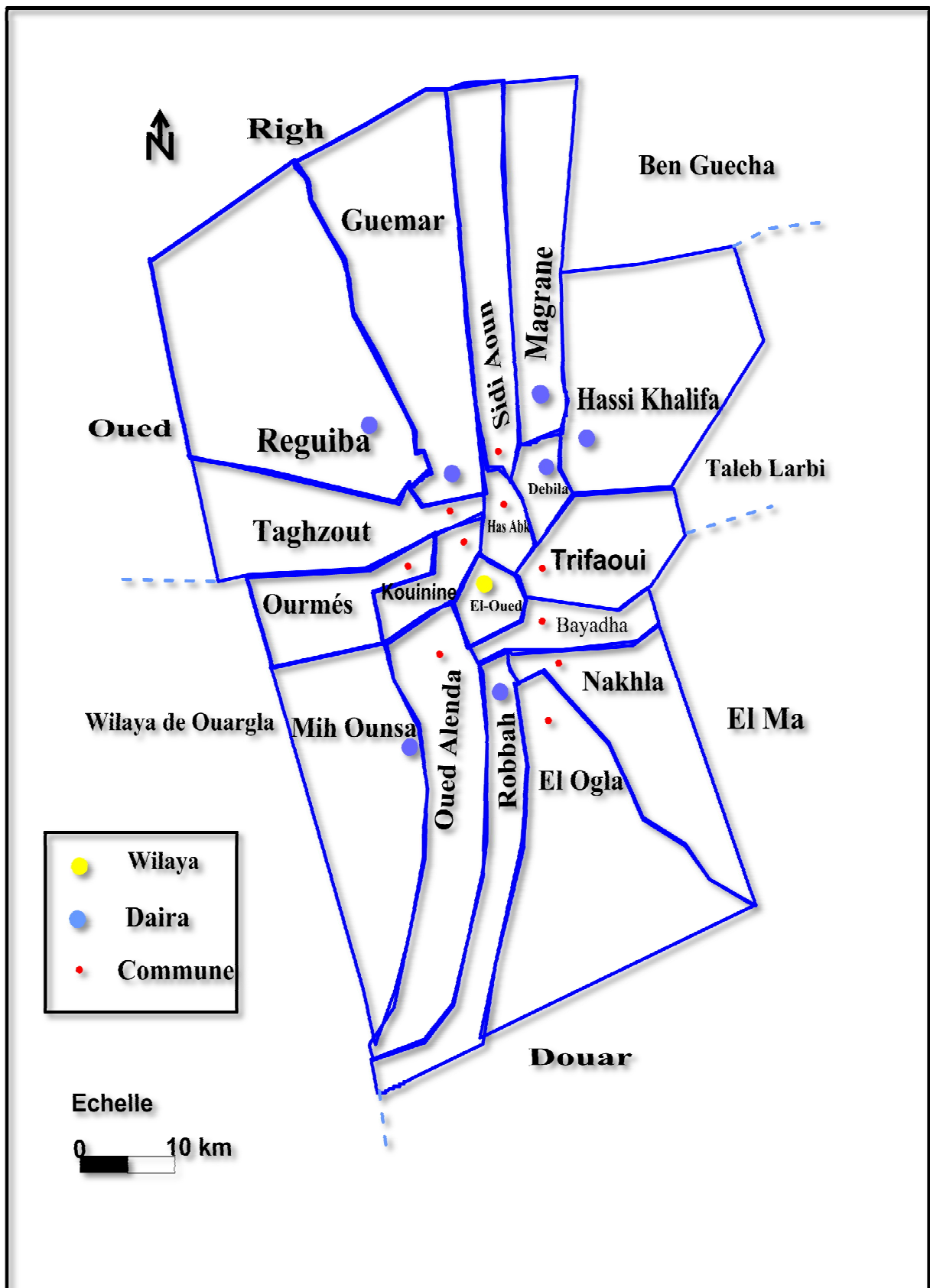


Fig. N°: (I. 02): Répartition administratives des chefs lieux des communes de la vallée d'Oued-Souf (Khechana. S, 2007)

I. Introduction

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

La wilaya d'El-Oued s'inscrit dans le Nord du Sahara Oriental, la mer d'Annaba se trouve à 390 km au Nord, la mer de Gabès à 305 km à l'Est, El-Oued est à 1100 km au Nord de tropique de Cancer et à 3700 km de l'Equateur. La connaissance des caractéristiques hydroclimatologique est nécessaire pour l'étude hydrogéologique, il est indispensable pour évaluer l'alimentation de réservoir souterraine (nappe phréatique) par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique.

I. 1. climatologie

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

Dans ce chapitre on a étudié des paramètres hydroclimatologique mesurés durant les années (1978-2013) à la station de Guemar (El-Oued).

I. 1. 1. Climat de la région

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

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

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

II. Etude des paramètres climatiques

II. 1. La précipitation :

La précipitation est un facteur fondamental pour caractériser le climat d'une région. Ce terme précipitation désigne des cristaux de glace ou des gouttelettes d'eau qui, ayant été soumis à des processus de condensation et d'agrégation à l'intérieur des nuages, sont devenus trop lourds pour demeurer en suspension dans l'atmosphère et tombent au sol.

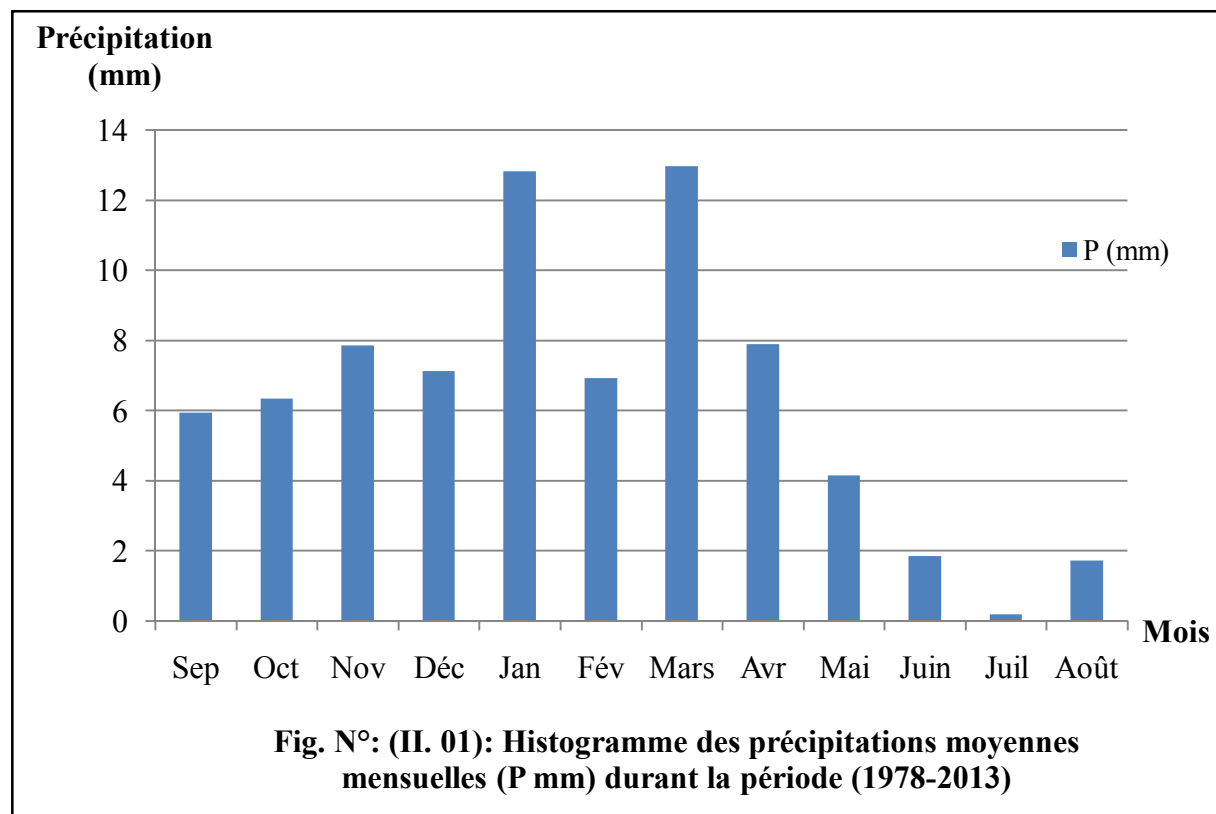
- **la précipitation moyenne mensuelle:**

Le tableau (II. 01) ci-dessous donne les précipitations moyennes mensuelles observées durant la période (1978-2013).

Tab. N°: (II. 01): précipitations moyennes mensuelles durant la période (1978-2013)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	P cumul
P (mm)	5,94	6,35	7,86	7,13	12,83	06,93	12,97	07,90	04,14	01,84	0,18	01,71	75,78

(O.N.M, 2014)



Ce graphe montre une variabilité des précipitations dans le temps sur une période de 35ans.

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 12,83 mm enregistré pendant le mois de Janvier, et le minimum est de l'ordre de 0,18 mm enregistré pendant le mois de juillet, la précipitation annuelle est 75,78 mm.

II. 2. La température:

La température dans cette région est constamment variable. Les écarts entre la nuit et le jour dépassent parfois 21°C.

A l'ombre, les minimax de températures progressent régulièrement de 3°C à 25°C, alors que les maxima de 15°C à 40°C et c'est selon la durée de l'ensoleillement. Ces valeurs sont élevées entre le début du mois de Janvier et la fin du mois de Juillet.

a) La température moyenne mensuelle:

Le tableau (II. 02) ci-dessous donne les valeurs de la température moyennes mensuelles observées durant la période (1978-2013).

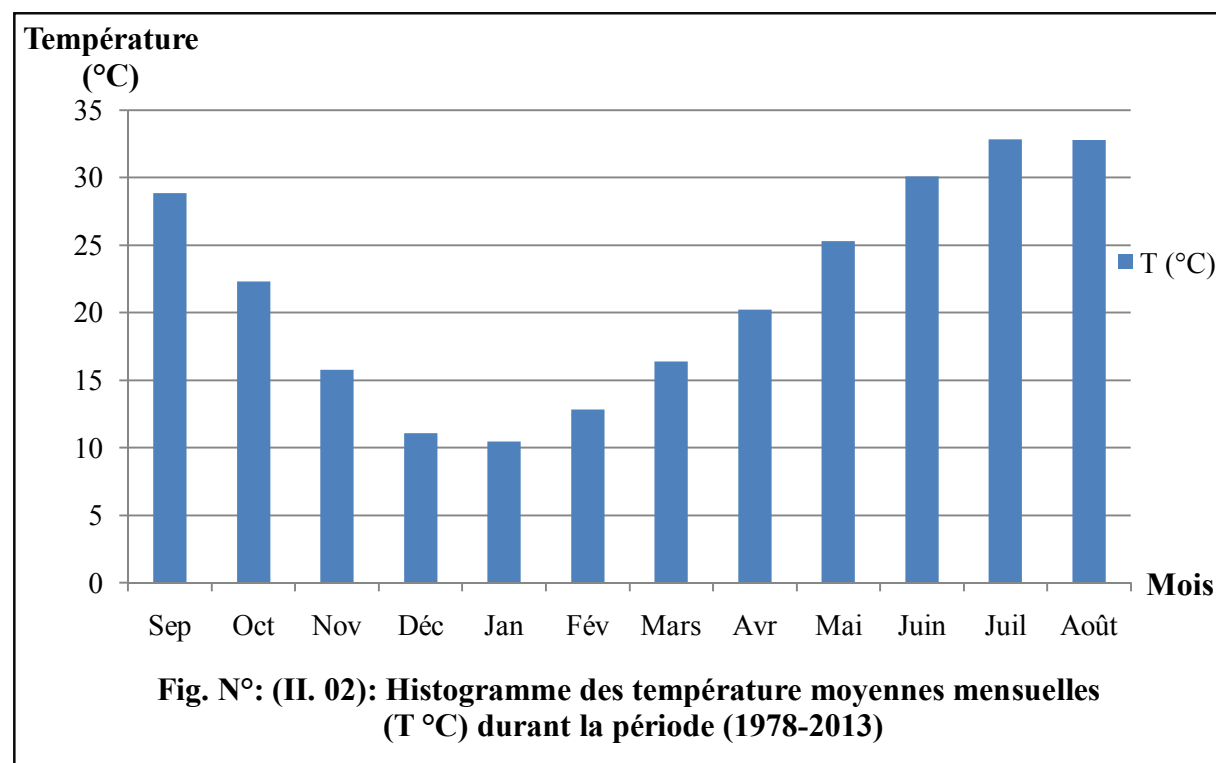
Tab. N°: (II. 02): températures moyennes mensuelles durant la période (1978-2013)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	T moy
T (°C)	28,84	22,27	15,75	11,03	10,43	12,81	16,38	20,19	25,28	30,09	32,84	32,78	21,56

(O.N.M, 2014)

Ce tableau montre une variabilité de température dans le temps sur une période de 35 ans (1978-2013):

On enregistre une température moyenne mensuelle de 21,56°C, elle est maximale pendant le mois de juillet est de l'ordre de 32,84 °C qui représente le mois chaud et minimale pendant le mois de janvier est de l'ordre 10,43°C.



II. 3. Synthèse climatique:

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

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

II. 3. 1. Indice d'aridité:

Cet indice permet d'identifier le type de climat dans la région d'étude à l'aide de la formule de MARTONE.

$$I = P / (10 + T)$$

Avec :

I : indice d'aridité.

P : précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C).

Application numérique:

$$P = 75.78 \text{ mm}$$

$$T = 21.56 \text{ °C}$$

$$\text{Donc : } I = 2.40$$

Tab. N°: (II. 03): Classement en fonction de l'indice d'aridité (selon De Martonne)

Classement de l'indice d'aridité	Type de climat
$I < 05$	Climat hyperaride
$05 < I < 07.5$	Climat steppique
$07.5 < I < 10$	Climat semi-aride
$10 < I < 20$	Climat hyperaride
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$I \geq 30$	Climat humide

$I = 2.40 < 05$, Ce qui confirme que la région d'El-Oued est caractérisée par un climat hyper aride.

II. 3. 2. Diagramme pluviothermique :

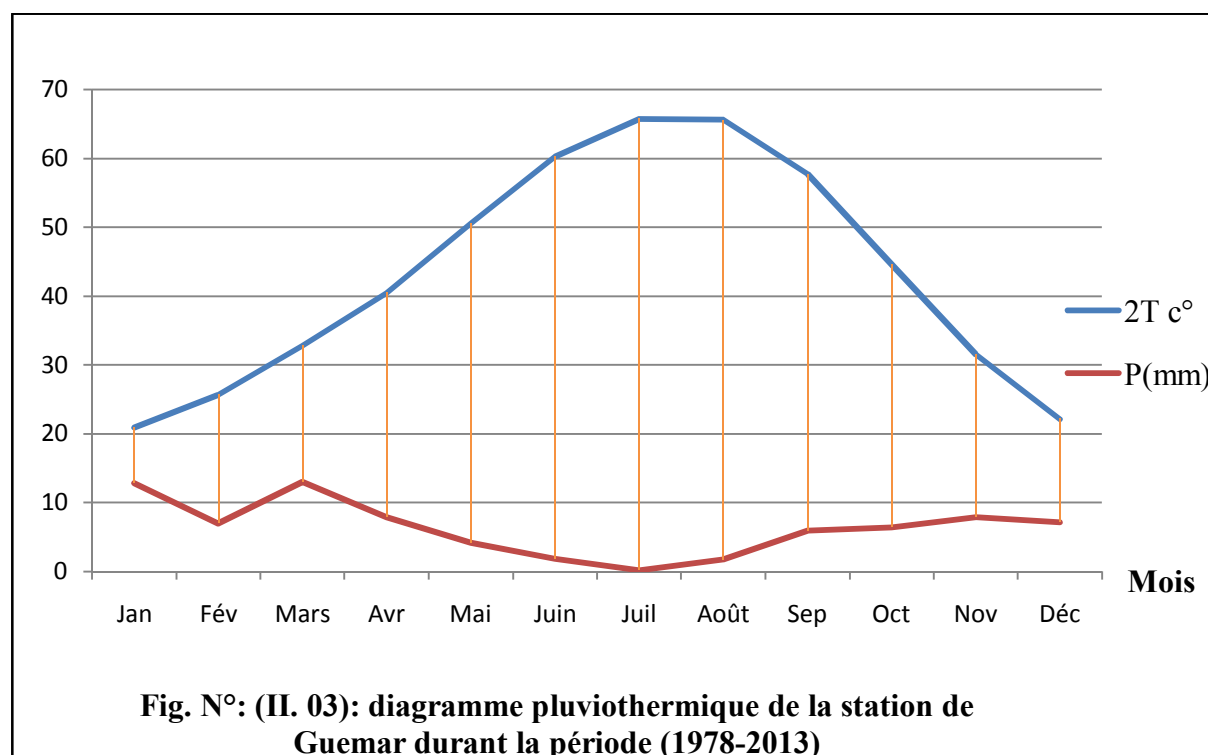
En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles sur la même période d'observation, on peut établir la courbe pluviothermique dont le but est de déterminer la période sèche et celle humide. Un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois.

Cette relation permet d'établir un diagramme pluviothermique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations (in Baygnons). Lorsque les températures passent au dessus de la courbe des précipitations, la période correspondante est déficitaire en eau; et lorsque la courbe des précipitations passe au dessus de celle des températures, la période correspondante est humide.

Tab. N°: (II. 04): Couples température/ précipitation mensuelle interannuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
2T °C	20,86	25,62	32,76	40,38	50,56	60,18	65,68	65,56	57,68	44,54	31,5	22,06
P (mm)	12,83	06,93	12,97	07,90	04,14	01,84	0,18	01,71	5,94	6,35	7,86	7,13

(O.N.M, 2014)



A partir de ce diagramme, on constate que l'année hydrologique de la région d'étude est caractérisée uniquement par une période sèche et l'absence totale de la période humide, même pour le mois de janvier qui est marqué par la température la plus basse (10,43°C) et la précipitation la plus élevée (12,83 mm).

II. 4. L'Humidité:

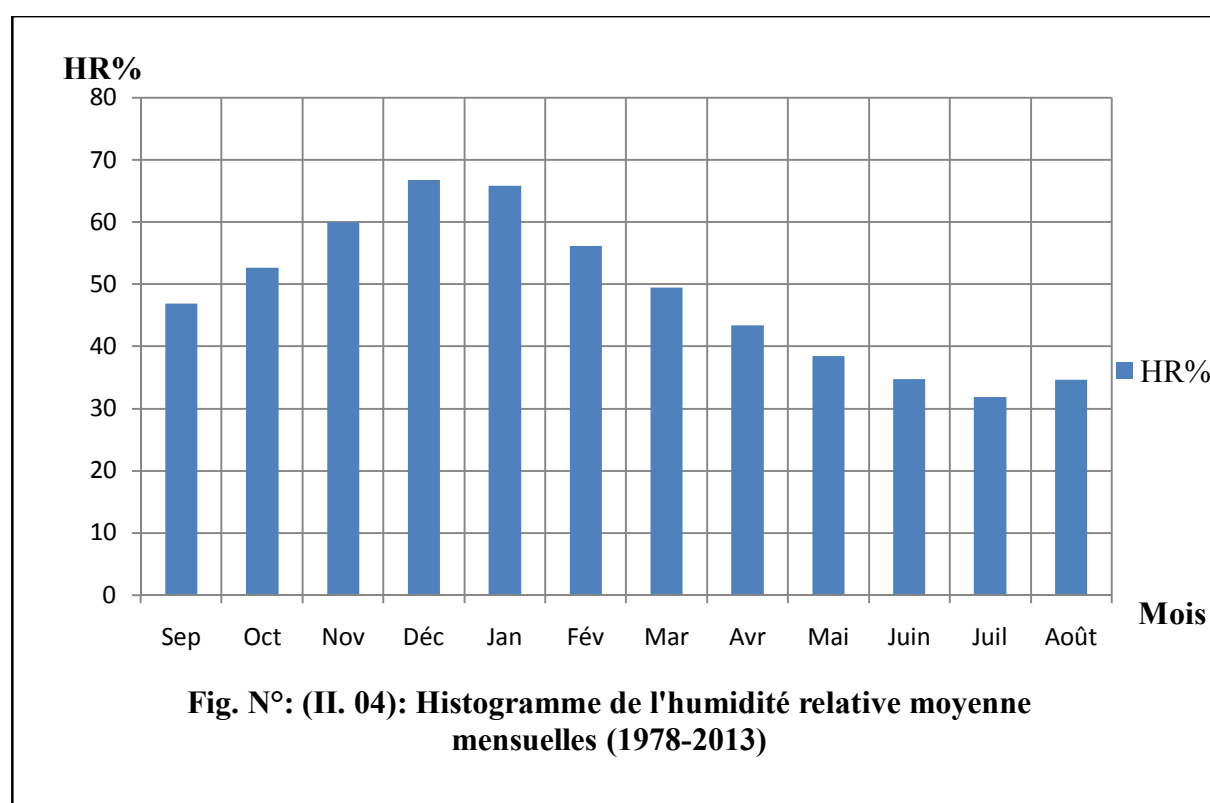
L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, elle a des effets sur les altérations chimiques telles que l'oxydation.

Le tableau suivant donne les valeurs d'humidité relative moyenne, observées durant la période de (1978-2013).

Tab. N°: (II. 05): Humidité relative moyenne mensuelle (1978-2013)

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moy
Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	
HR%	46,93	52,72	60,04	66,81	65,87	56,22	49,49	43,43	38,5	34,74	31,9	34,63	48,44

(O.N.M, 2014)



L'histogramme (**Fig. II. 04**) permet de distinguer les mois secs des mois relativement humides. On remarque grâce à ces valeurs que ($HR > 50\%$) les mois humides sont Janvier, Février, Octobre, Novembre, Décembre et les mois secs caractérisant le reste de l'année.

L'humidité moyenne de la région représentée dans le tableau, où on remarque un minimum enregistré pendant le mois de juillet avec une valeur de l'ordre de 31.9 %, c'est la saison d'été, et un maximum enregistré pendant le mois de décembre avec une valeur de 66,81 %, c'est la saison d'hiver.

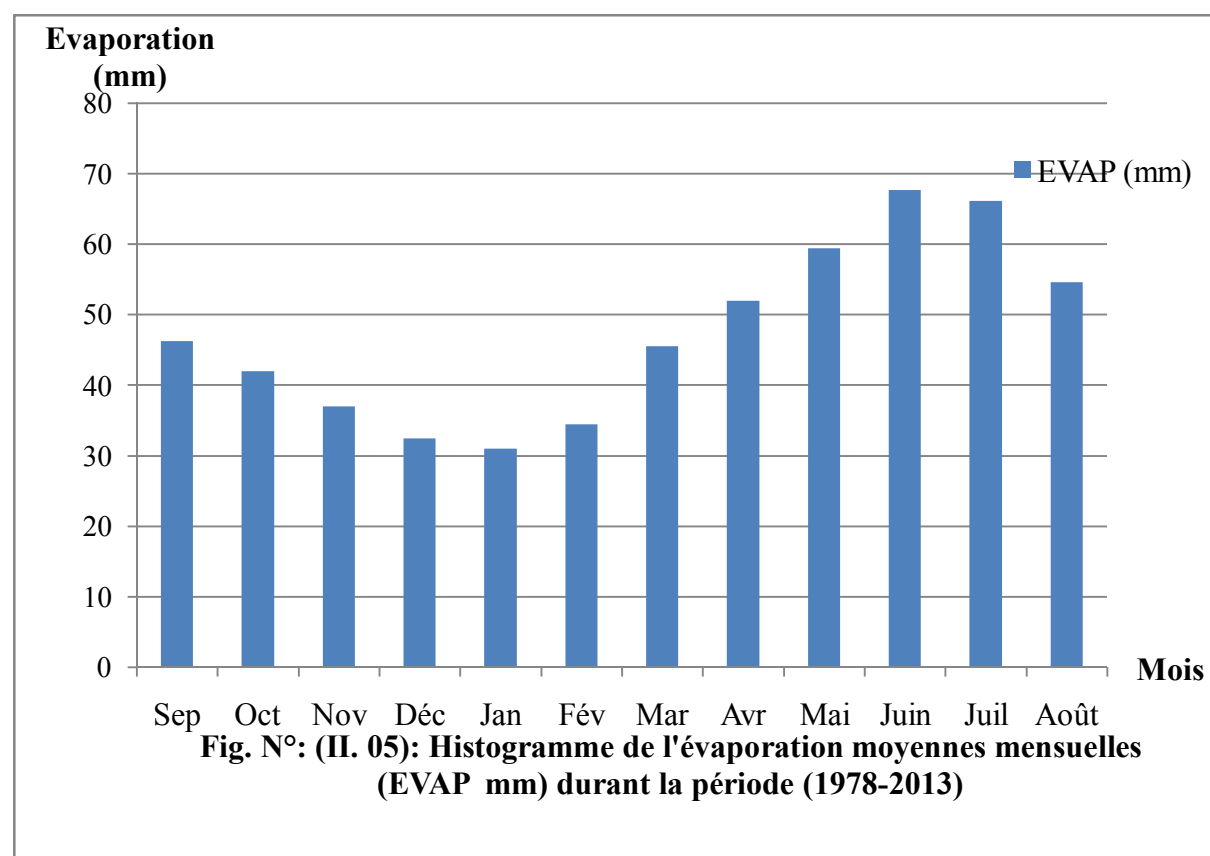
II. 5. L'évaporation:

Le tableau suivant (II. 06) porte les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation période (1978-2013). L'évaporation la plus élevée se produit en juin, Juillet et Août, et la plus faible en janvier. En moyenne elle est de 47.38 mm par an.

Tab. N°: (II. 06): Evaporation moyenne mensuelle à Oued Souf en (1978-2013)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
EVAP (mm)	46,3	42	37	32,5	31	34,5	45,5	52	59,4	67,7	66,1	54,6	47,38

(O.N.M, 2014)



II. 6. Le Vent:

Les vents sont fréquents, les plus violents se situent au printemps. La direction dominante est Nord-Est, à l'exception des mois d'hivers dont la direction est Sud Ouest. Le sirocco (Chihili) présente le vent caractérisant la saison d'été souffle fréquemment dans la région, prenant un sens Sud-Nord et jeter des courants d'air chaud parfois avoisiner des vagues de sables. Il faut aussi parler des vents de sables qui ont leurs saisons de prédilection entre février et avril (durant le printemps). Mais heureusement, les véritables tempêtes restent très rares.

On remarque qu'au printemps les vents sont les plus forts dominés par le vent d'Est communément appelé "El-Bahri".

Ce dernier souffle principalement pendant la période qui s'étale d'Avril à Juillet. En été, il apporte de la fraîcheur, mais il est peu apprécié au printemps car il donne naissance au vent de sable et retarde la floraison des cultures locales tel que le tabac et le palmier.

Ces vents de sable donnent au ciel une couleur jaune et peuvent durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse moyenne de 30 à 40 km/h.

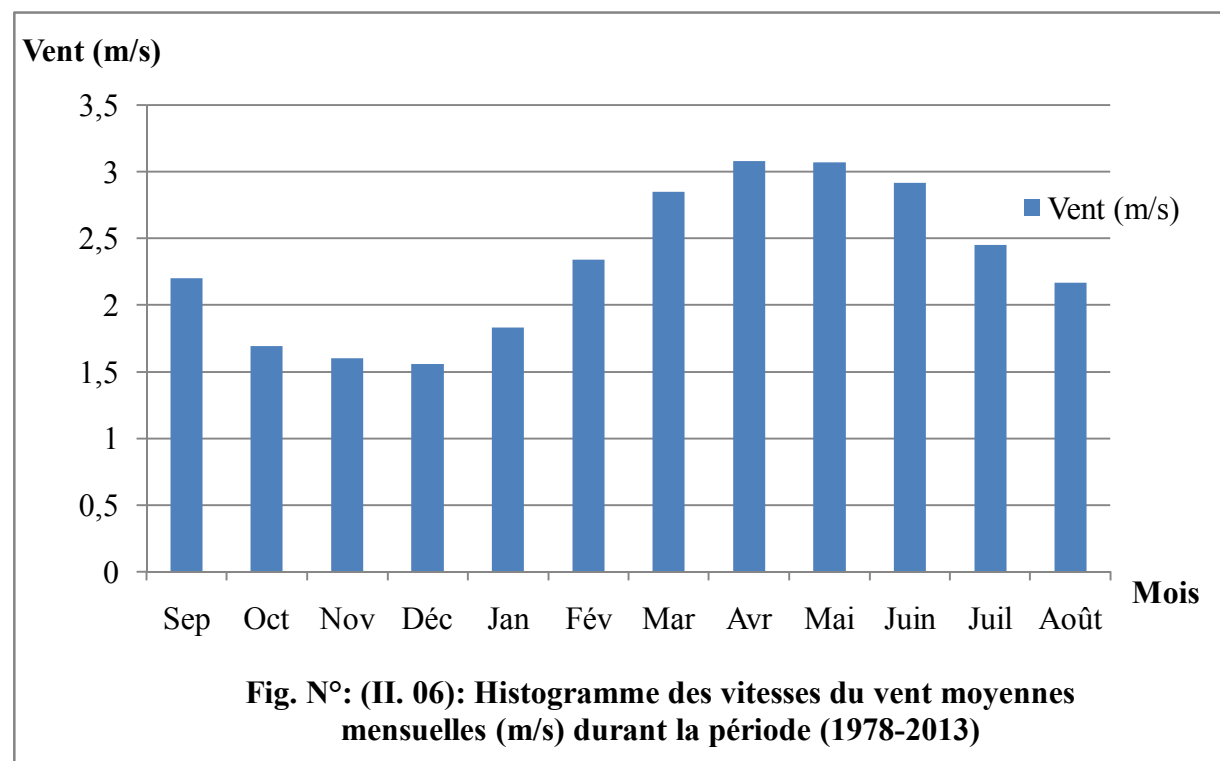
La vitesse moyenne des vents enregistrée pour la période de (1978-2013) est reportée sur le tableau (II. 05).

Tab. N°: (II. 07): vitesses du vent moyennes mensuelles à Oued Souf en (1978-2013)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
Vent (m/s)	2,20	1,69	1,60	1,56	1,83	2,34	2,85	3,08	3,07	2,92	2,45	2,17	2,31

(O.N.M, 2014)

D'après le tableau suivant on peut remarquer que la vitesse du vent moyenne oscille entre 1,56 m/s enregistrée durant le mois de décembre et 3,08 m/s pour le mois de avril, Les vitesses du vent moyennes annuelles est 2,31 m/s.



II. 7. L'insolation:

On appelle insolation ou radiation solaire globale la période durant laquelle le soleil peut briller :

On la détermine par des mesures directes ou par dépouillement des bandes héliographiques.

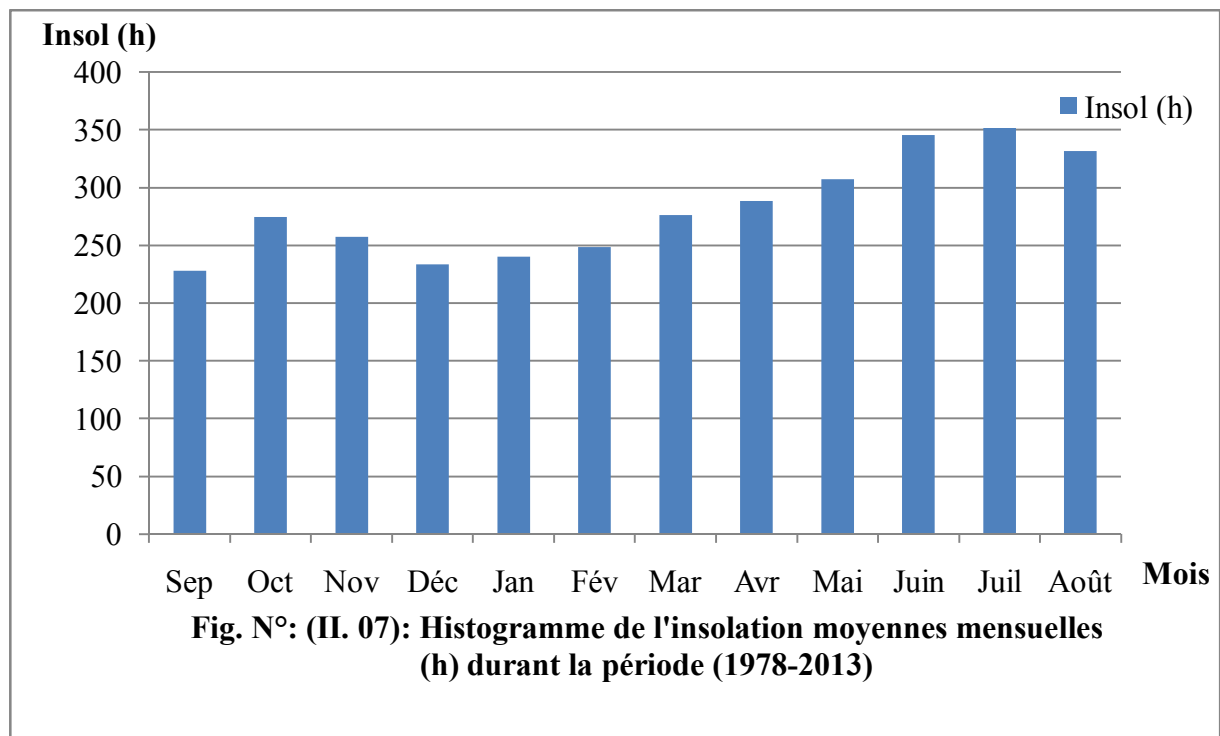
Au niveau de la station d'El Oued (Guemar), nous possédons une série des données de 1976 à 2008.

- la durée moyenne d'insolation annuelle est de 282 heures.
- le maximum est enregistré en juillet avec 351.9 heures.
- le minimum apparaît en décembre avec 228 heures.

Tab. N°: (II. 08): Répartition moyenne mensuelle d'insolation à Oued Souf en (1990-2008)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Moy
Insol (h)	228	274.4	257.2	233.6	240.2	248.6	276.5	288.6	307.5	345.9	351.9	331.7	282

(O.N.M, 2009)



III. Calcul des paramètres de bilan hydrique:

III. 1. Evapotranspiration ou déficit d'écoulement :

L'évapotranspiration est déterminée par l'ensemble des processus d'évaporation (phénomène physique) et de transpiration (phénomène biologique).

On distingue alors l'évapotranspiration potentielle (ETP) qui correspond à la quantité d'eau pouvant être restituée par la transpiration des végétaux et l'évaporation à partir du sol et l'évapotranspiration réelle (ETR) qui correspond à la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée. La connaissance du bilan hydrique d'une région consiste à évaluer la répartition des précipitations entre l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation.

L'évapotranspiration est définie comme étant une restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre à l'atmosphère. Cette notion englobe aussi bien la lame d'eau évaporée à partir du sol que celle transpirée par les plantes. Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrique et dépend des plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air, le couvert végétal.

III. 1. 1 Calcul l'évapotranspiration potentiel (ETP):

L'évapotranspiration potentielle est la quantité d'eau pouvant être restituée à l'atmosphère par transpiration des êtres vivants et évaporation du sol et des surfaces d'eaux libres, si celui-ci contient en permanence la quantité d'eau suffisante, alors que l'évapotranspiration réelle (ETR) correspond à la quantité d'eau effectivement transpirée et évaporée.

On utilise la méthode de C.W Thorntwaite pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) et cette dernière avec la formule de Turc pour estimer l'évapotranspiration réelle (ETR).

a. L'évapotranspiration potentielle (ETP) :**- Selon la Formule de THORNTHWAITE :**

C'est une des plus anciennes formules mises au point, elle reste très employée en hydrologie car sa résolution ne nécessite que la connaissance de la température moyenne. Un facteur correctif (K) prend en compte la durée du jour ; il est lu sur des tables qui donnent sa valeur en fonction de la latitude et du mois considéré.

L'ETP par la formule de THORNTHWAITE s'écrit :

$$ETP = 16K \times (10T / I)^a$$

Avec : ETP : évapotranspiration potentielle (mm).

T : température moyenne mensuelle de l'air (°C).

I: indice thermique annuel: $I = \sum i$.

i: l'indice thermique mensuel : $i = [T/5]^{1.514}$.

a : constant $a = (1.6 / 100) \times I + 0.5$.

K : coefficient de correction, qui dépend du temps et de la latitude.

b) L'évapotranspiration réelle (ETR) :

Résultant de même facteurs physico biologiques que l'ETP sur un sol et sa couverture, soumis à une alimentation par régime pluviométrique naturel, qui particulièrement en zones arides, limite le processus aux disponibilités en eau du sol et des végétaux.

▪ Méthode de Thorntwaite:

Pour le calcul de l'évapotranspiration réelle, on utilise la méthode de C.WThorntwaite, où on distingue deux cas principaux :

1. Si $P - ETP > 0$; c-à-d : $P > ETP$, dans ce cas $ETR = ETP$.

2. Si $P - ETP < 0$; c-à-d : $P < ETP$, ce cas est subdivisé encore en deux cas :

1. a- Si $P + RFU > ETP$ $\longrightarrow$ $ETR = ETP$.

2. b- Si $P + RFU < ETP$ $\longrightarrow$ $ETR = P + RFU$.

Les résultats des calculs sont résumés dans les tableaux (II. 09) (bilan hydrique).

▪ **Selon la formule de Turc :**

C'est une méthode empirique qui se base sur de nombreuses données hydrologiques, cette expression est la suivante:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETR : L'évapotranspiration réelle annuelle en mm.

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

L: paramètre exprimant le pouvoir évaporant de l'atmosphère, il a pour expression:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

D'où T est la température moyenne annuelle en °C.

Application :

P = 75,78 mm.

T = 21,56 °C. Donc : $L = 300 + (25 \cdot 21,56) + (0.05 \cdot 21,56^3)$

$$L = 1340,09.$$

$$\text{Donc : } ETR = 79,74 \text{ mm.}$$

III. 2. Estimation de la réserve facilement utilisable (RFU) :

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- La nature, la composition lithologique et l'épaisseur de la couche superficielle.
- La profondeur du niveau piézométrique de la nappe aquifère.
- Le climat de la région.
- Le type de la couverture végétale.

On peut calculer la RFU d'après la formule de Hallaire : $RFU = \frac{1}{3} Da \cdot He \cdot P$

RFU : réserve facilement utilisable en cm.

Da : Densité apparente du sol.

He : Humidité équivalente du sol.

P : profondeur de la couche de la terre parcourue par les racines en mm.

On prend **RFU = 50 mm**, C'est la valeur maximale de la réserve facilement utilisable, mais seulement dans les régions sahariennes (d'après les agronomes de l'Institut National d'agronomie d'Alger).

III. 3. Ruissellement (R):

D'après la formule de Tixeront-Berkaloff, on peut calculer le ruissellement à partir de la précipitation moyenne annuelle et l'évapotranspiration potentielle calculée d'après la formule de Thorntwaite :

$$R = P^3 / 3(ETP)^2$$

$$R = (75,78)^3 / 3(1128,11)^2$$

Donc

$$R = 0.11\text{mm}$$

IV. Etablissement du bilan :

La formule générale du bilan d'eau donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur une grande période.

$$P = ETR + EX$$

Avec : P : Précipitation en (mm).

ETR : la lame d'eau évaporée réellement en (mm).

EX : Excédent : $EX = R + I$; R : ruissellement, I : infiltration.

Le tableau (II. 09), résume le calcul du bilan hydrique par la méthode de Thorntwaite pour la station météorologique de Guemar à partir de la pluviométrie et des températures mensuelles.

Tab. N°: (II. 09): Bilan hydrique d'après Thorntwaite (1978-2013)

	T	i	K	ETP	P	P - ETP	CH	VR	RFU	ETR	DA	Ex
Sep	29	14,20	01,03	141,20	05,94	- 135,30	- 01,00	00	00	05,90	135,30	00
Oct	22	09,60	00,97	72,50	06,35	- 66,10	- 00,90	00	00	06,40	66,10	00
Nov	16	05,70	00,86	28,50	07,86	- 20,60	- 00,70	00	00	07,90	20,60	00
Déc	11	03,30	00,81	11,60	07,13	- 04,50	- 00,40	00	00	07,10	04,50	00
Jan	10	03,00	00,87	10,90	12,80	01,90	00,20	1,9	01,90	10,90	00,00	00
Fév	13	04,20	00,85	17,30	06,93	- 10,40	- 00,60	- 1,9	00	08,80	08,50	00
Mars	16	06,00	01,03	37,40	13,00	- 24,40	- 00,70	00	00	13,00	24,40	00
Avr	20	08,30	01,10	65,30	07,90	- 57,40	- 00,90	00	00	07,90	57,40	00
Mai	25	11,60	01,21	121,70	04,14	- 117,60	- 01,00	00	00	04,10	117,60	00
Juin	30	15,10	01,22	184,80	01,84	- 183,00	- 01,00	00	00	01,80	183,00	00
Juil	33	17,30	01,24	230,70	00,18	- 230,50	- 01,00	00	00	00,20	230,50	00
Août	33	17,20	01,16	214,90	01,71	- 213,20	- 01,00	00	00	01,70	213,20	00
Annuel	22	115 ,50	-	1136,80	75,80	- 1061,10	- 09,00	00	01,90	75,70	1061,10	00

I. Introduction

La vallée du souf, regroupe un certain nombre d'oasis au sein du Grand Erg oriental, et comme dans la plupart des oasis du Sahara septentrional, les seules ressources hydriques disponibles pour l'irrigation, sont les nappes souterraines.

Celles de la région du Souf, sont contenues dans des formations aquifères de natures différentes. A l'échelle régionale et du pays, les auteurs (Baba SY, 2005; BRL-BNEDER, 1992; Cornet, 1961; Castany, 1982; UNESCO, 1972a) distinguent généralement deux ensembles géologiques qui contiennent les ressources en eau souterraine d'épaisseur et de caractéristiques hydrogéologiques variables. L'étude hydrogéologique compose dans son contenu les éléments de réponse répartis en deux étapes essentielles: Définir les différentes nappes aquifères de la région et l'évolution des niveaux piézométriques. Déterminer les paramètres hydrodynamiques des aquifères (transmissivité, perméabilité...).

II. Cadre hydrogéologique générale:

Dans le Sahara Septentrional, les nappes aquifères les plus sollicitées sont la nappe du Continental Intercalaire (CI) et celle de Complexe Terminale (CT). L'étude géologique du Sahara Septentrional montre que la dorsale du M'Zab orientée, Nord-Sud divise la plateforme en deux bassins hydrogéologiques:

- Le bassin Occidental (280 000 Km²) drainé vers le Sud.
- Le bassin Oriental (500 000 Km²) drainé vers le Nord (A.N.R.H, 2005).

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

Le Continental Intercalaire s'étend sur une superficie de 600 000 Km² environ, il est limité à l'Ouest par la ligne (N-S) allant de Bechar au Touat, à l'Est il s'étage jusqu'à la Libye, au Sud il est limité par les affleurements du primaire et du socle, et au Nord par l'accident Sud Atlasique. Le Complexe Terminal (CT) s'étend sur une superficie de 350 000 Km².

Il regroupe les formations récentes déposées dans le bas de Sahara depuis le début du Tertiaire jusqu'au quaternaire; autrement dit, il comprend les formations de l'Eocène et du Miopliocène (D.H.W, 2005).

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

II.1. Présentation des nappes aquifères de la région du Souf :

La wilaya d'El Oued présente des potentialités en eau assez importantes, représentées par trois types d'aquifères, l'un libre correspondant à la nappe phréatique, les deux autres sont captifs, correspondant aux nappes multicouche du complexe terminal et la nappe du continental intercalaire.

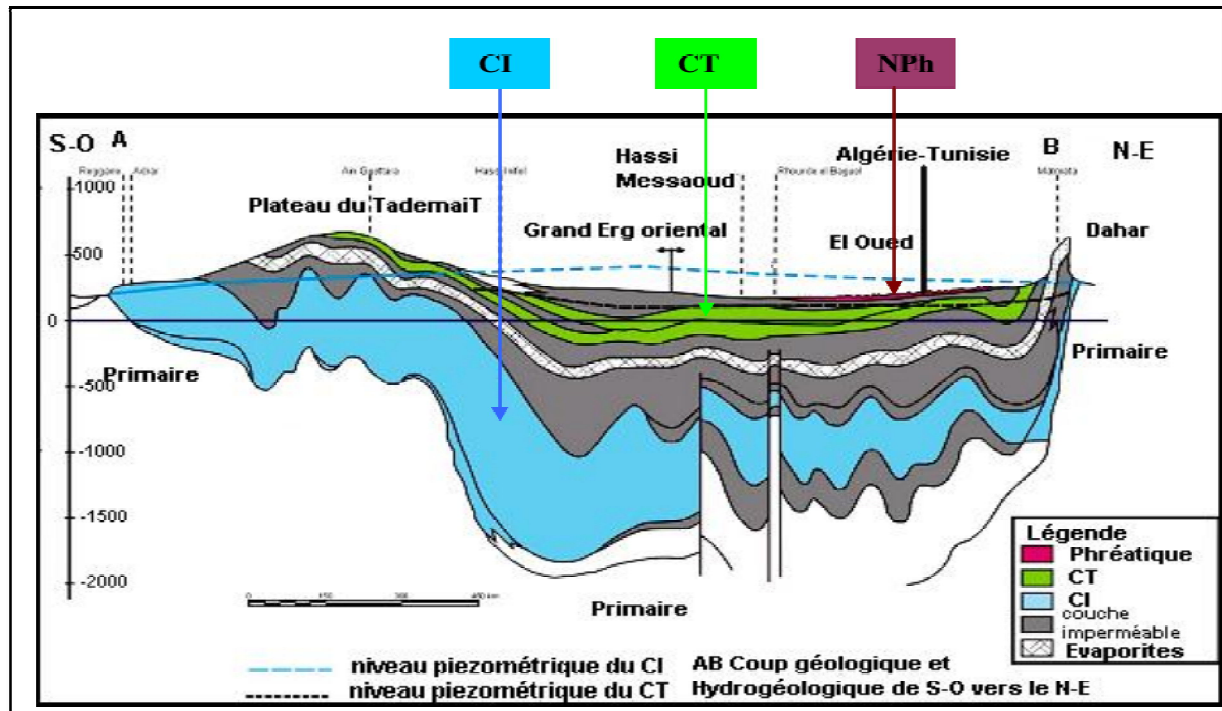


Fig. N°: (III. 01): Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (d'après UNESCO, 1972)

a) Nappe Phréatique:

La nappe phréatique présente dans toute la région du Souf, correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle se localise à des profondeurs variant entre 10 et 60 mètres. Vu sur son importance, cette nappe représente la source principale en eau des palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui selon les enquêtes sont en nombre de 31 000 (D.S.A, 2014).

La circulation des eaux dans cette nappe est relativement rapide sur toute la région du Souf et particulièrement dans les zones caractérisées par l'existence de lentilles argileuses qui influent sur la perméabilité des sables.

Excepté la région des Chotts, la nappe libre est présente sur toute la zone d'étude.

La nappe phréatique dans la région du Souf est principalement alimentée par les eaux utilisées par les populations (les eaux d'irrigation, industrielles et domestiques) et la source absolue de ces derniers est des nappes profondes du Complexe Terminale et Continentale Intercalaire (Marc Cote, 1998).

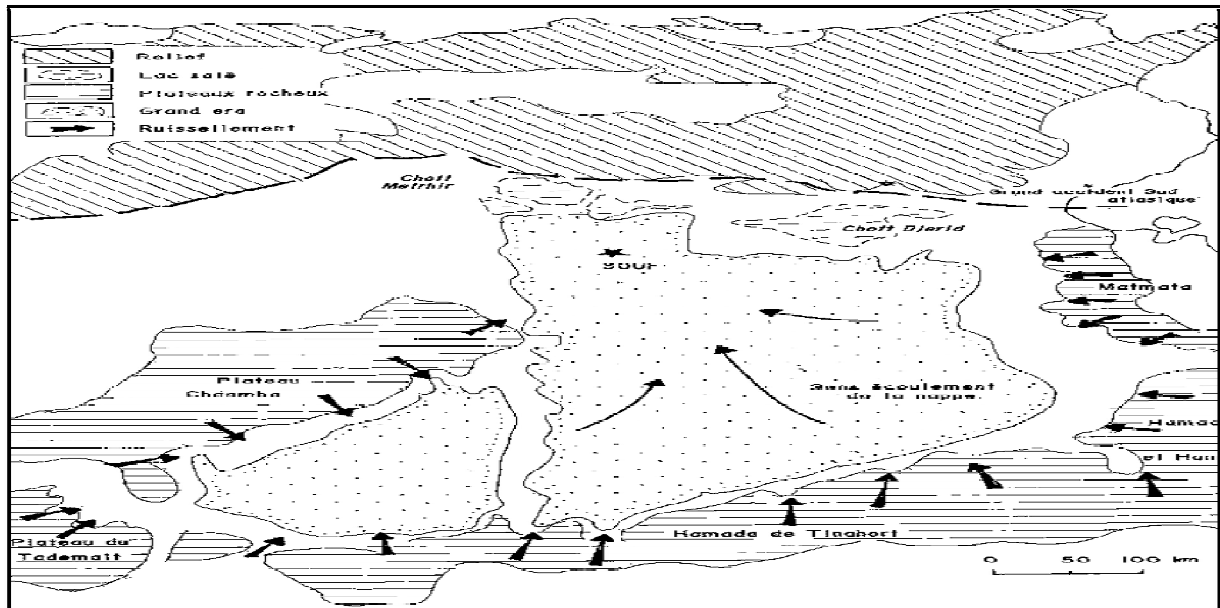


Fig. N°: (III. 02): Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement de la nappe (Cote Marc, 2006)

b) Nappe du Complexe Terminale (CT):

Ce terme regroupe sous une même dénomination, un ensemble de nappes aquifères qui sont situés dans la formation géologique différentes: Sénonien carbonaté, Eocène et Miopliocène sableux. D'après CORNET 1964, nous rappelons l'existence des 03 nappes dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes de sables d'âge Miocène (Pontien) et Pliocène, alors que la dernière à l'Eocène inférieur.

a- Nappes des sables:

Au sein de ces niveaux sableux, vient s'engendrer deux nappes captives, dont la première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal appelée communément réservoir du « Sub-Souf ». Cette nappe constituée de sables grossiers et faisant partie du Complexe Terminal mène progressivement vers le Nord du Sahara en direction de la fosse Sud aurésienne, dans la région d'étude elle se trouve à 280 mètres de profondeur. Il faut mentionner également l'existence d'une deuxième nappe de sables d'âge Pontien.

Au dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires en contact avec les marnes de l'Eocène inférieurs et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du Pontien du Sud Tunisien, la profondeur de cette nappe varie entre 400 et 450 mètres. Quant à l'épaisseur utile de cette nappe, elle est de 50 mètres environ. L'écoulement des eaux dans ces deux dernières nappes se fait du Sud-Ouest vers le Nord-Est, autrement dit vers la zone des chotts (Melghir et Merouane). Dans la zone à fortes exploitations telle que la ville d'El-Oued, l'extraction des eaux se fait par pompage.

I. Introduction et historique de la remontée des eaux

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

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

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

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

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

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

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

Les communes d'EL Oued, Bayadha et Robbah sont les plus affectées.

Plusieurs paramètres contribuent à la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf, ayant des conséquences négative sur l'environnement et le cadre de vie.

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



Photo. N°: (IV. 01): Système du Ghouts dans la région du Souf (REMINI. B, 2006)

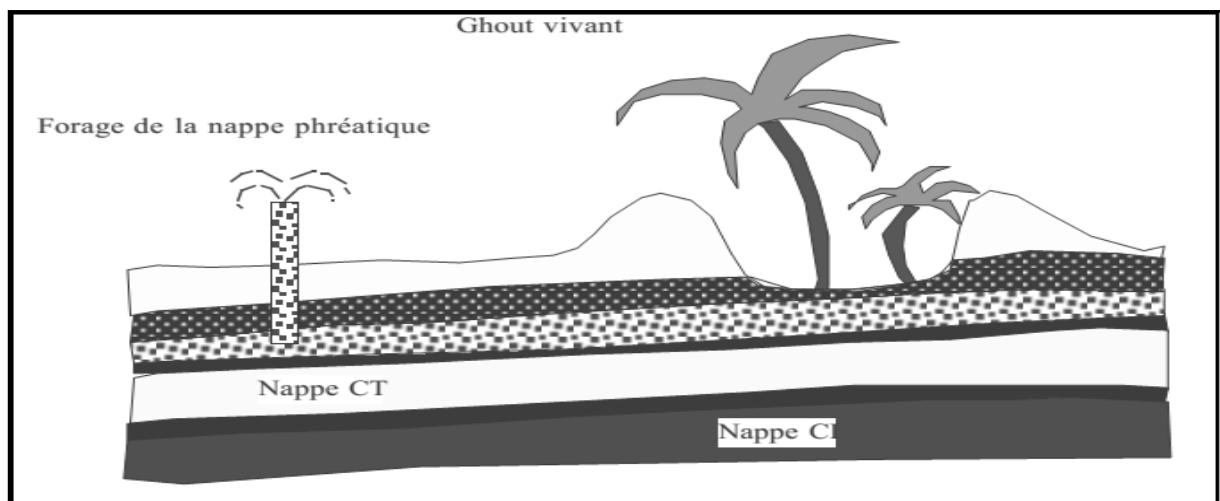


Fig. N°: (IV. 01): Situation des Ghouts avant 1960
(Equilibre entre les prélèvements et les rejets) (REMINI. B, 2006)

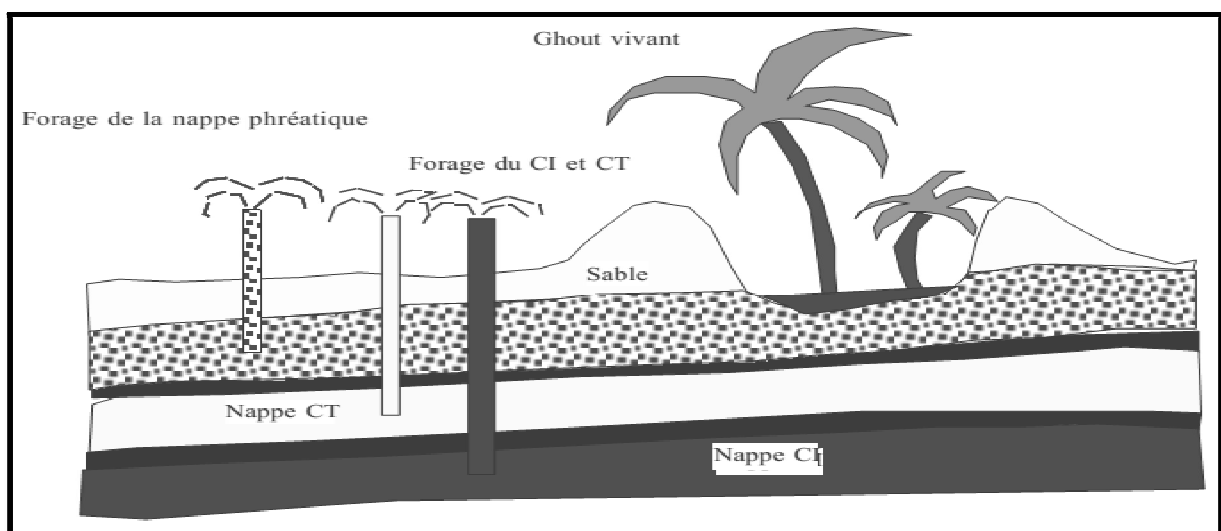


Fig. N°: (IV. 02): Situation des Ghouts à partir de 1960 (Utilisation des forages profond)
(REMINI. B, 2006)

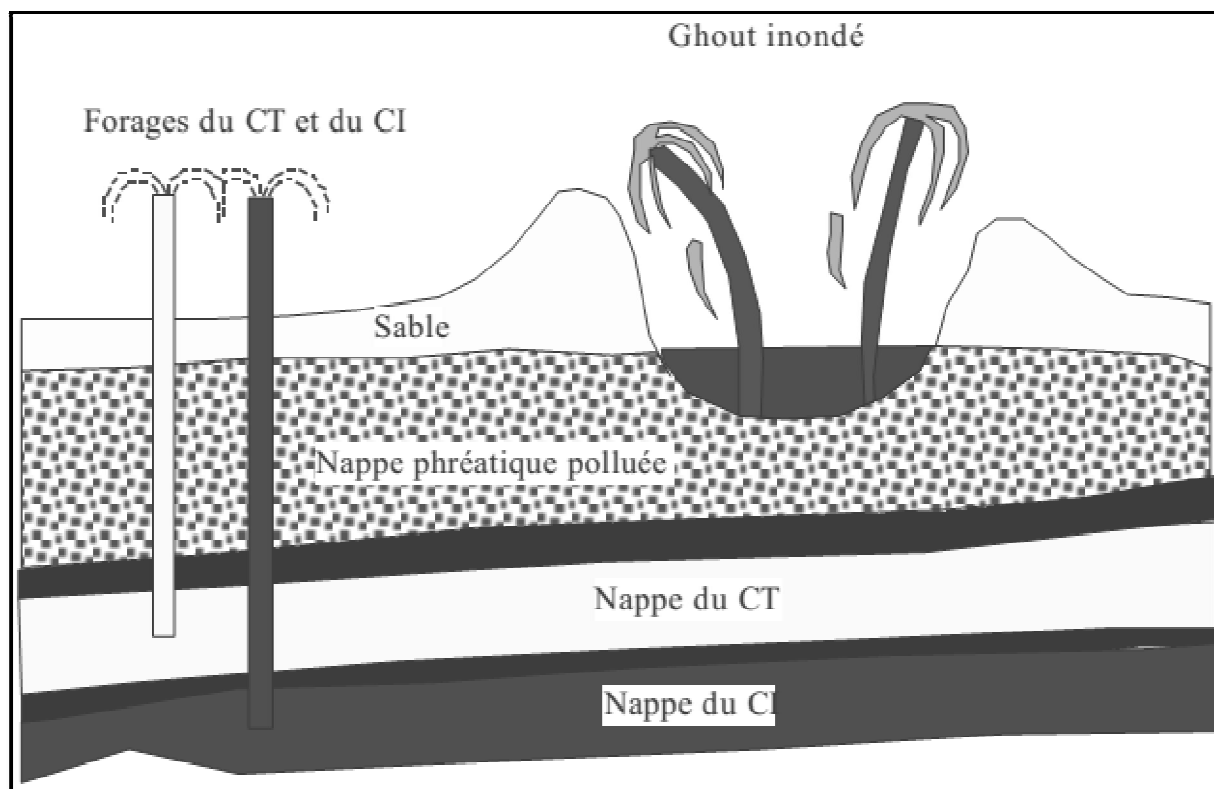


Fig. N°: (IV. 03): Situation des Ghouts à partir de 1980

(Augmentation des forages et par conséquent le débit de pompage) (REMINI. B, 2006)

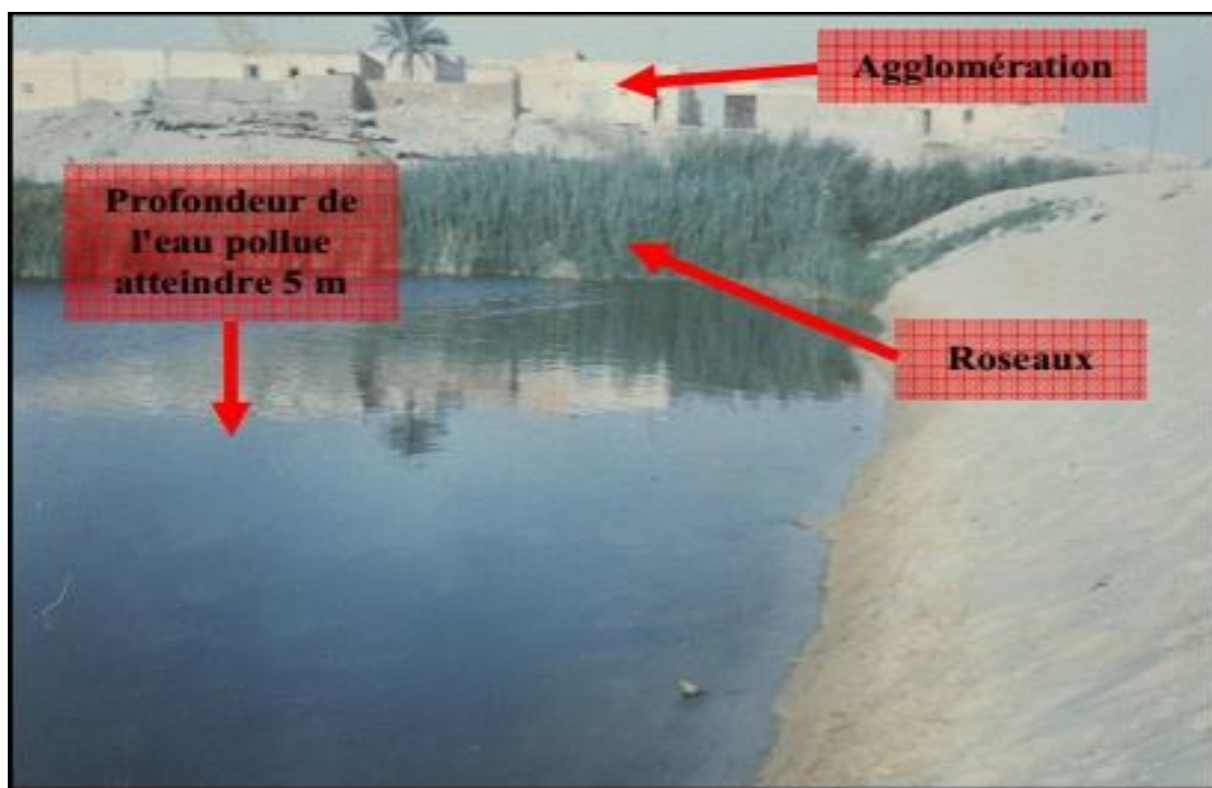


Photo. N°: (IV. 02): Situation d'un Ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers (REMINI. B, 1996)

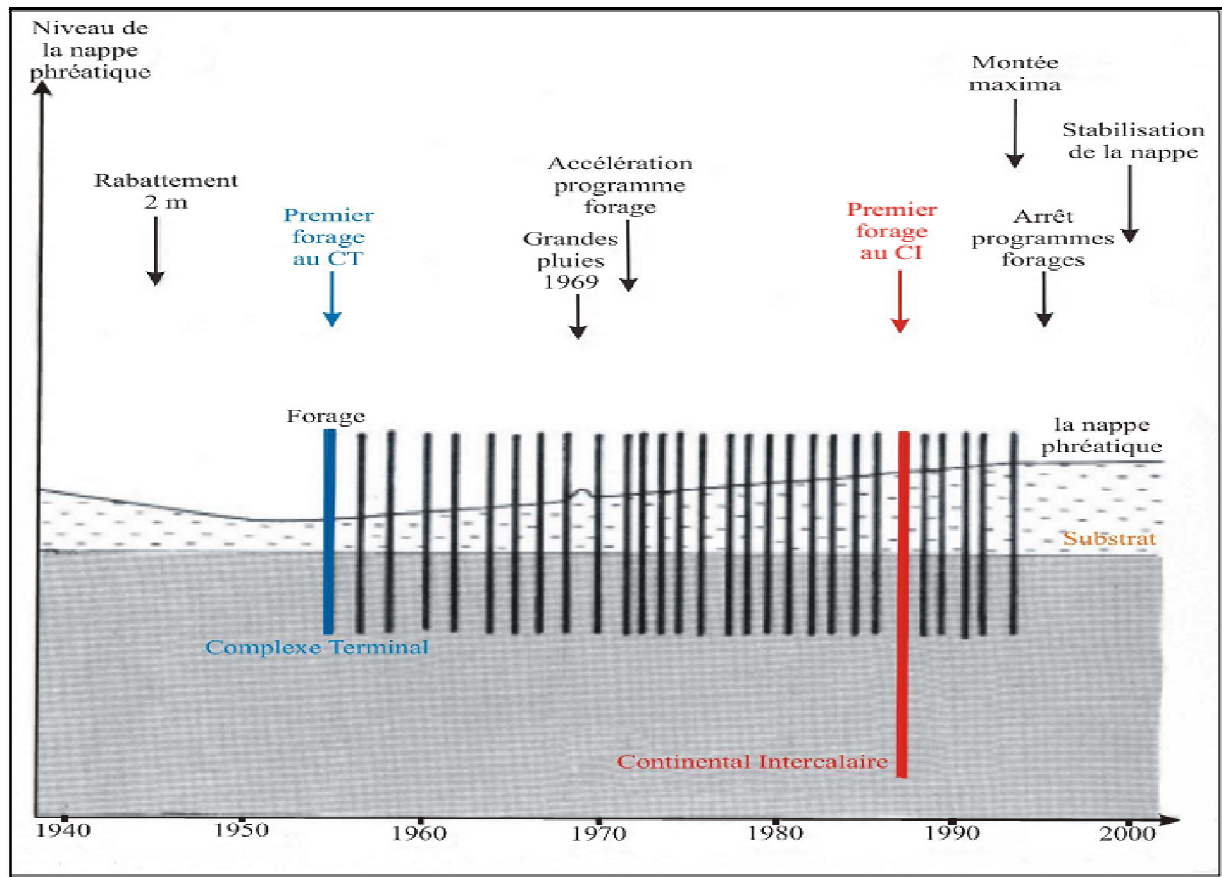


Fig. N°: (IV. 04): Le comportement de la nappe dans le temps pour cette période
(Cote Marc, 2006 -Modifier par MILOUDI Abdel-Monem)

II. Les causes principales de la remontée des eaux :

Les causes de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf sont multiples, On peut résumer les causes de la remontée des eaux en deux types qui sont:

II. 1. Les causes naturelles:

- Structure du substratum argileux :

La géométrie de la nappe ainsi que la géologie du substratum, impose le sens d'écoulement des eaux de cet aquifère et facilite l'ascension des eaux en surface.

- Infiltration et topographie :

La topographie de la région d'El-Oued est très vallonnée avec des zones basses et des dépressions.

Cette topographie conjuguée à une très forte perméabilité du sol (sable) facilite l'infiltration des eaux d'irrigation vers la nappe phréatique. Cette situation est aggravée par l'absence d'exutoire naturel proche de la région.

I. Introduction

La vallée du Souf est confrontée à un épineux problème aux dimensions multiples et aux conséquences dévastatrices sur l'écosystème. La nappe phréatique subit une remontée progressive depuis les années soixante et s'est accélérée au début des années quatre vingt. La ville elle-même risque d'être complètement inondée.

La situation est beaucoup plus préoccupante et requiert des solutions à moyen terme. Le gouvernement a décidé de s'attaquer sérieusement ce grave problème de remontée des eaux qui affecte la région, pour sauver la vallée au triple plan socio-économique, écologique et touristique, 150 milliards de centimes ont été accordés à la wilaya d'El Oued pour mener 11 opérations urgentes dans le cadre du programme du gouvernement visant à réduire le danger de la remontée des eaux, Pour arrêter ou inverser le problème de remontée de la nappe phréatique et traiter les causes directes de cette problème, ainsi que ses impacts négatifs. Les projets de luttés contre cette remontée ont été programmés et ce depuis les années 90. Dans cette partie, nous essayons de résumer les solutions proposées et leur exécution qui est en cours de réalisation sur le terrain.

II. Les solutions proposées

II. 1. Installation des réseaux d'assainissement et de drainage horizontal :

Pour réduire les effets néfastes de ce problème, les autorités locales ont réalisé une station de drainage et d'évacuation des eaux usées et de la nappe.

La station est munie de deux systèmes: drainage des eaux de la nappe libre et un système collectif pour l'évacuation des eaux usées. Le système de drainage des eaux de la nappe libre comporte un bassin d'accumulation des eaux drainées, trois collecteurs perforés déversant un débit continu de $6\,200\text{ m}^3/\text{j}$ (débits totale - débits de drains verticale). Le système collectif des eaux usées comprend un bassin d'accumulation, un réseau ramifié sur toute la superficie de la vallée et 04 pompes pour le refoulement des eaux usées.

Les deux systèmes déversent à 3 km de la station, dans la nature, près d'une décharge.

a). Réseaux d'assainissement:

De la totalité de l'eau entrant dans une habitation, seule une vingtaine de litres par habitant et par jour est évaporée par les habitants et le ménage. Le reste est restitué comme eau usée ou utilisée pour le jardinage. Les systèmes de fosses septiques et puits perdus permettent une réinfiltration de l'eau usée localement et participent à la remontée de la nappe phréatique.

La connexion au réseau d'assainissement de l'ensemble des habitations est une des conditions de réduction des réinfiltrations et par là même d'évacuation des eaux usées.

b). le réseau de drainage horizontal :

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

Ce réseau du drainage est destiné essentiellement pour les cités touchées par l'inondation (cité Chott, Nazla et Sidi Mastour). Le réseau de drainage excédentaires (de la nappe phréatique) présente 4050 m de longueur, (Le collecteur drainant le plus long est le drain principal de la cité Sidi Mastour de longueur de 2504 m). La quantité d'eau à drainer environ de 6 200 m³/jour (débits totale – débits de drains verticale), les collecteurs sont des conduites d'amiantes ciments DN 200 mm perforées des trous de diamètres 2 cm, la distance entre deux trous, distribuée sur un angle 120° orienté vers le haut (Photo. V.02), les côtés et le dessous de conduite sont dépourvus des trous. La collecte est gravitaire et aboutit à une station de pompage située dans la même enceinte que la station de relèvement ST10 pour les eaux usées, à partir de laquelle les eaux de drainage sont évacuées vers l'extérieur de la ville via une canalisation de 400 mm parallèle à celle des eaux usées. Selon les renseignements obtenus, ces drains seraient posés à l'intérieur d'un enrobage de graviers (fig. V. 01), mais sans géotextile, ce qui explique qu'ils s'ensablent de manière chronique et qu'ils requièrent un curage périodique. Cela explique aussi en partie l'usure anormalement rapide des roues des pompes de la station ST10. Cependant, il est à signaler que les services d'hydraulique rencontrent des problèmes d'entretien, dû à la forte agressivité des eaux de drainage provoquant une corrosion rapide des pompes. Le drainage horizontal est assuré par des drains horizontaux de tel sorte que:

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



Photo. N°: (V. 01): Station de pompage des eaux de drainage ST10
 (A) Conduite de refoulement vers le canal de collecte (B) Puits de collecte



Photo. N°: (V. 02): Conduite d'amiante ciment utilisée dans le réseau drainage horizontale

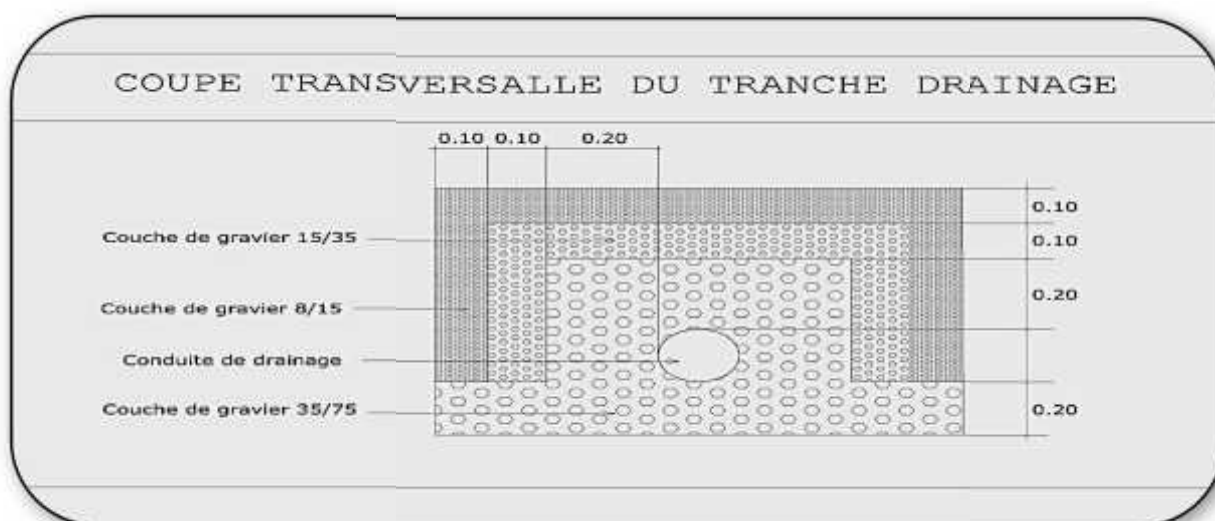


Fig. N°: (V. 01): Coupe transversale du tranche de drainage horizontale

II. 2. Le solution biologique : Création d'une ceinture verte autour de la ville d'El Oued

La création d'une ceinture verte autour de la ville d'El Oued, constituée essentiellement d'arbres à Eucalyptus à irrigués au début de leur plantation par un réseau d'irrigation « à goutte à goutte ».

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

Une fois achevé, aura un double objectif. Ce type de plantation appelé à pompe biologique à, puisque un seul arbre peut consommer 100 l/j, peut remplacer l'exutoire physique.

Les Eucalyptus peuvent directement consommés les eaux de la nappe.

En deuxième objectif, cette ceinture verte créera un climat humide et apportera du bois pour la population. Elle sera sans doute un moyen d'éloigner et de réduire l'ensablement surtout lorsque l'on sait que les alentours de la ville sont en majorité des zones à bilan sédimentaire positif (zones de dépôts).

Cette opération commence a apporté ces fruits, puisque déjà, nous avons pu constater une régression du niveau d'eau dans les Ghouts.

L'introduction de ces plantations par nombre de 1000 arbres par hectare où on peu dire chaque Eucalyptus est capable d'évapotranspirer quelques 200 à 500 litres par jour soit 40 000 à 100 000 litres par jour par hectare.

Si l'on procède à une éclaircie quand les arbres atteindront une taille normale, on laissera les 200 arbres les plus vigoureux (Boudy P, 1950).

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

En effet, il s'agit à proximité des zones inondées, soit les zones les plus basses et de planter les plants appropriés de façon à maintenir le niveau de la nappe phréatique à proximité de la zone radriculaire des palmiers. Le photo. V.03 (A et B) montre la différence entre les deux périodes (avant et après la réalisation de ceinture verte).



A: la période avant la réalisation de ceinture verte. **B:** la période après la réalisation de ceinture verte.

Photo. N°: (V. 03): Présente la différence entre deux périodes



Photo. N°: (V. 04): La ceinture verte dans les zones inondées (Sidi Mastour)

II. 3. Solution écologique: Remblayage des Ghouts (Traitement et aménagement des Ghouts)

Le remblayage des Ghouts ennoyés n'est pas une mesure pour inverser le problème, mais permet de limiter la prolifération de moustiques et de décharges en milieu urbain. Il évite que l'eau de la nappe se charge en sels par évaporation. La mise en valeur de nouveaux périmètres agricoles (irrigués par les méthodes modernes à savoir l'aspersion et la localité) a eu un impact positif remarquable par une stabilisation ou même une baisse du niveau piézométrique dans certaines des zones affectées comme le cas de la commune de Guemar. Il a noté que ces mesures n'étaient pas pu appliquer qu'avec la collaboration des associations des cités et la participation intense des personnels.

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

Quelques Ghouts inondés dans les zones urbaines dotées d'un réseau d'assainissement ont été également sauvés. Le procédé consiste à pomper l'eau des Ghouts vers les réseaux d'assainissements (fig. V. 03). Concernant les Ghouts qui sont au stade de dégradation très avancée, les autorités locales ont adopté comme solution provisoire le remblaiement afin de minimiser l'état dégradant de la pollution sur l'environnement de la ville (les photos. V. 04 et V. 05).

Depuis 1997, la direction des services agricole d'El Oued. Ont procédé un programme de remblayage des Ghouts pour sauver les Ghouts inondés par le problème de remontée des eaux.

Cette opération se divisée en trois étapes :

- la première étape qui commence en 1997, qui remplait 85 Ghouts (7883 palmiers).
- la deuxième étape au début de Juillet 1998, qui remplait 203 Ghouts (17 753 palmiers).
- la troisième étape au début de Juin 1999, remplait 72 Ghouts (3626 palmiers) .

Ce projet a consommé 28 670 000,00 DA pour sauvé 360 Ghouts (29 262 palmiers), et concerne la majorité des communes de Oued Souf, sauf la commune de Hassi Khalifa et la commune de Guemer, par ce que le problème ne touche pas ces communes.



Photo. N°: (V. 05): Opération de remblaiement des Ghouts



Photo. N°: (V. 06): Opération de remblaiement des Ghouts (REMINI, 2002)

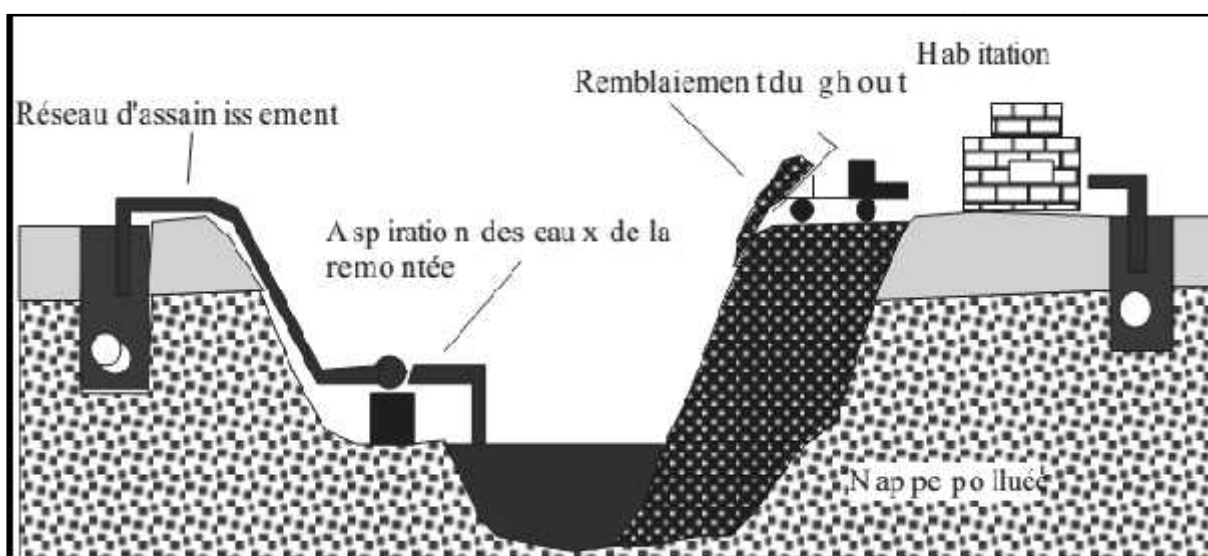


Fig. N°: (V. 02): Traitement d'un Ghout en zone urbaine (D.S.A d'El Oued)

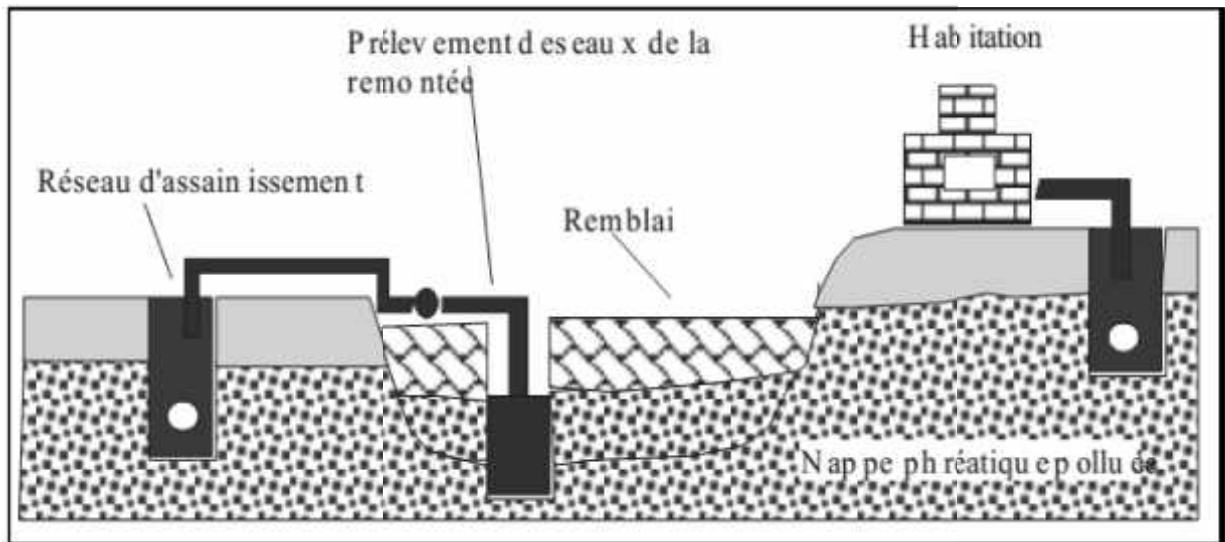


Fig. N°: (V. 03): Traitement d'un Ghout en zone urbaine (D.S.A d'El Oued)

II. 4. Vers une gestion rationnelle des ressources en eaux

En 2001 l'agglomération d'El-Oued est alimentée par 6 forages pour l'AEP qui produisent 22 185 m³/jour ce qui correspond à 260 l/s.

17 points du réseau de surveillance sont situés dans El-Oued : P15 (bouché en 2000), P18 (bouché en 1995), G067, G068, G069, G070, G082, G086, G087, G088, G089, G092, G093, G094, G099, G100 et G102 [48] .

Le niveau piézométrique qui affleure dans certaines zones de la ville continue de monter de 30 à 60 cm entre 2001 et 2002 selon les régions. Si rien n'est entrepris, des zones humides ou inondées risquent d'apparaître d'ici les années 2005 à 2010 mettant en péril les habitations.

De l'eau s'infiltre sous la ville à raison de 260 litres/seconde.

La plus grande part s'écoule dans le sous-sol en direction des points bas et du Chott où elle s'évapore. Le solde, environ 10% qui n'a pas pu s'écouler (à cause de la faible pente et malgré une perméabilité relativement élevée) fait monter le niveau de la nappe de 0,5 m par an. (En brun le profil du sol, en bleu celui de la nappe).

L'allure globale de la surface piézométrique reste sensiblement la même, avec un sens général d'écoulement s'orientant vers le nord-est dans les zones basses de la ville au lieu dit Sidi-Mestour. Nous avons noté que la remontée est toujours présente notamment dans la partie sud et sud-ouest de la ville où elle atteint en certains endroits plus d'un mètre, par contre en certains endroits la tendance est au rabattement avec une valeur maximale de - 0.60 m enregistrée dans la partie nord-ouest de la ville. Pour arrêter ou inverser le problème de remontée de la nappe phréatique il faut surtout limiter les apports d'eau et/ou augmenter les sorties d'eau dans les zones affectées. De crainte de voir l'équilibre déjà rompu devenir

irréversible, plusieurs projets ont été envisagés pour contrecarrer le problème de la remontée de la nappe phréatique. C'est à cet effet qu'un programme qualifié de « méga-projet » visant l'étude, la réalisation et la gestion de mesures correctives en vue de pallier à ce problème a été adopté.

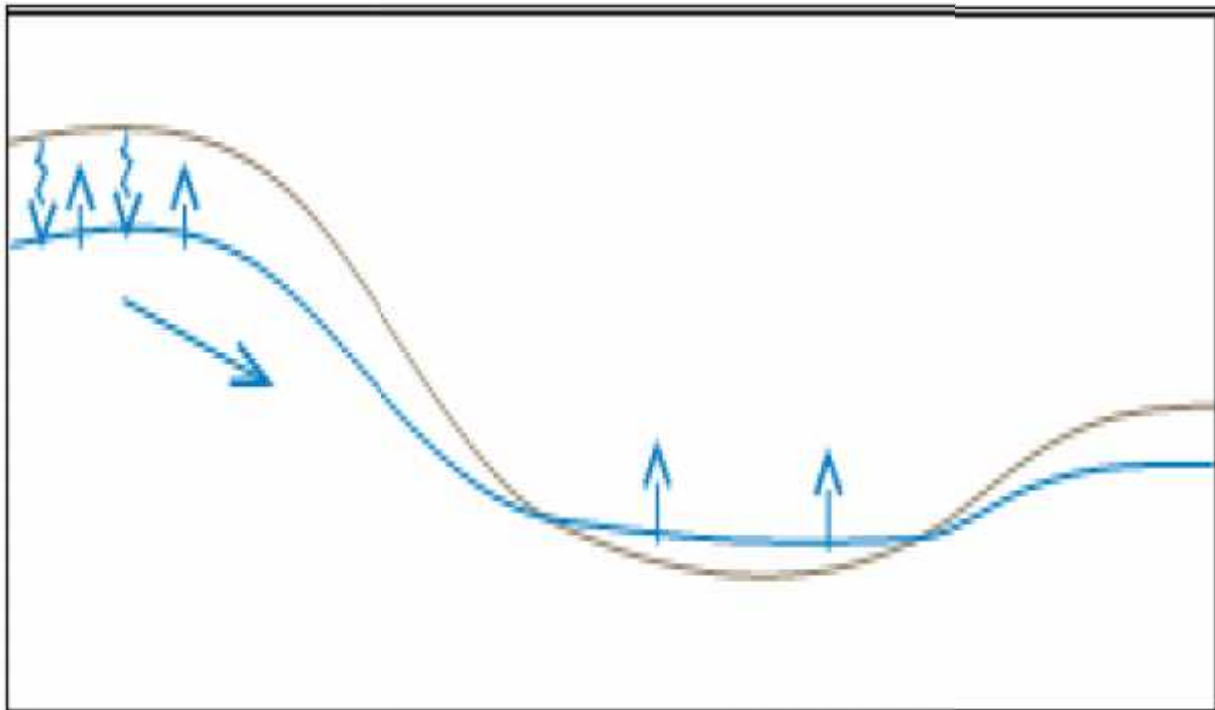


Fig. N°: (V. 04): Profil schématique de la situation en 2004 (ONA)

II. 4. 1. Les mesures complémentaires de lutte**II. 4. 1. 1. Lutte contre la surproduction en AEP :****a). Réduction des fuites d'AEP**

Le taux de fuites varie fortement d'une localité à l'autre. En 2001, le taux de fuites dans une ville comme El-Oued est de l'ordre de 30 % ce qui peut être considéré comme normal, l'action principale pour réduire le taux de fuites a été la limitation des heures de distribution d'eau, ce qui n'est pas forcément évident.

D'autres actions devront être prises, notamment :

- Pose de compteurs AEP (à la production et à la distribution) dans toutes les communes.
- Diagnostic et réhabilitation des réseaux d'AEP, programme de recherche et réparation des fuites et amélioration des rendements.

b). Réduction de la consommation

La consommation est relativement importante. L'arrosage des jardins se fait régulièrement avec l'eau de l'AEP. Dans les zones où la nappe est déficitaire, l'arrosage des jardins avec l'eau de l'AEP ne pose pas de problèmes, par contre dans les zones touchées par la remontée de la nappe phréatique, le rôle des zones vertes et jardins dans les zones urbanisées est négatif lorsque ces derniers sont irrigués à partir du réseau d'AEP (Khellef, 2006).

Action à entreprendre :

- Sensibilisation de la population à l'économie de l'eau.
- La réduction des horaires d'allocations d'AEP (02 heures/24 heures au lieu de 24 heures/24 heures pour chaque cité).

II. 4. 1. 2. Optimisation de l'irrigation

- Interdiction de l'irrigation depuis le réseau d'AEP.
- L'arrêt d'exécution des nouveaux forages pour l'irrigation dans le CT et le CI , et remplacés par des puits dans la nappe phréatique.
- contrôle les forages d'agricoles .
- Pose de compteurs sur les forages agricoles.
- Sensibilisation des irrigants.
- Développement d'espaces verts et les zones agricoles irrigués depuis la nappe phréatique .

II. 4. 1. 3. Amélioration des outils de gestion :

- L' installation des Réseaux d'observation et de surveillance.
- recherche de nouveaux points de mesure et suivi du niveau piézométrique en ville.
- Création d'un organisme de gestion des espaces irrigués.

- Entreprendre une étude approfondie de la région pour identifier les zones touchées, ainsi que la propagation de la pollution (simulation de propagation des polluants) .
- Installation du périmètre de protection d'une combinaison spatiale avec le degré de risque (périmètre de protection immédiat, rapproché et éloigné).
- L'installation d'un système de puits dans les zones touchées et l'application de technique d'alimentation des nappes pour améliorer la qualité des eaux souterraines (recharge artificielle).
- Eviter l'utilisation des conduites en ciment qui facilite le problème d'entartrage, et les remplacer par d'autres en PVC.
- La conservation des ressources souterraines et la protection contre la pollution et l'exploitation irrationnelle par prenant des mesures périodiques.
- Instauration d'une tarification progressive, et faire des études approfondies sur le système de prix, en tenant compte l'utilisateur et l'intérêt public.

II. 5. Planification d'un méga-projet a divers aspects :

Depuis l'an 2005, la vallée de Oued-Souf a bénéficié d'un grand projet d'assainissement et de drainage des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation pour la lutte contre la remontée des eaux de la nappe phréatique, c'est une nouvelle stratégie en cours de concrétiser dans la vallée, qu'on peut la classer dans le concept de la gestion des risques associés aux aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eaux due au surplus d'eau (hydromorphie) [Khechana S, 2007]. Une représentation schématique générale de ce projet est démontrée dans la figure (V.11), indiquant qu'il est fondé essentiellement sur quatre (04) schémas :

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

L'ordre de service (ODS) de la première tranche de ce projet a été notifié au mois d'octobre 2005, et cela a été suivi par l'installation des chantiers. Deux entreprises sont à pied d'œuvre pour sa réalisation. Le groupement algéro-chinois, Sinohydro-Cosider TP, s'occupera du réseau de drainage, du réseau d'assainissement, ainsi que du collecteur principal. L'autre entreprise, GCB (génie civil, bâtiment, filiale de Sonatrach), réalisera la station d'épuration. Le suivi des travaux est assuré par un bureau d'étude algéro-suisse BG (Bonard et Gardel).

1. Schéma d'assainissement :

L'évolution du niveau de la nappe phréatique a été modélisée pour les 18 communes de la vallée du Souf. Les projections à l'horizon 2030 indiquent qu'en l'absence de réseau d'assainissement, la nappe pourrait montrait montrer de plus de 6 m à El-Oued et que dans cette ville la nappe montrait encore de 2,5 m même avec un réseau d'assainissement.

Dans les autres chefs-lieux, la montée est moins importante et il suffit au plus d'un réseau d'assainissement pour stabiliser la nappe (ONA, 2004).

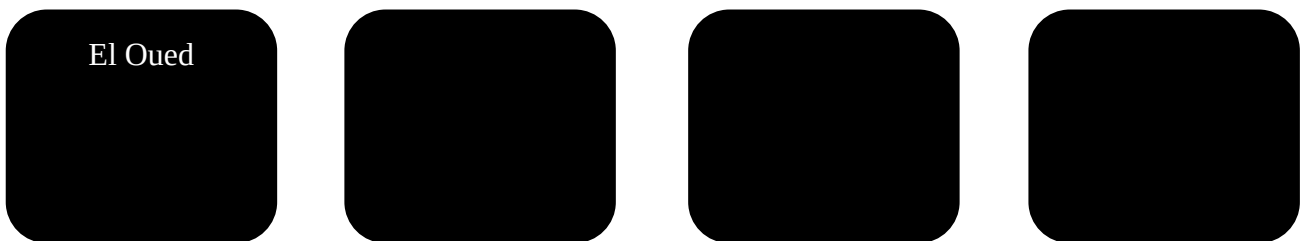
Le projet de l'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation de la région de Oued Souf a pour but d'assurer la collecte, le transit, au besoin la rétention de l'ensemble des eaux polluées, pluviales et usées et de procéder à leur traitement avant leurs rejet dans le milieu naturel.

Le schéma d'assainissement est constitué par différents ouvrages permettant la collecte des eaux usées par groupes de localités limitrophes, dans des stations d'épuration par lagunage.

Le schéma d'assainissement proposé est constitué par un réseau de canalisations dont l'objectif est de collecter les eaux usées dans les grandes agglomérations de la vallée (12 communes), le mode d'assainissement utilisé est de type collectif avec un réseau de collecte de :

- 750 Km de réseau de collecte.
- 57 stations de pompages (relevage et refoulement), le reste (les 6 communes) en assainissements autonomes améliorés .
- Regroupement des 12 communes en 4 sous-ensembles.

L'objectif est de collecter les eaux usées des différentes agglomérations, et de les injecter dans des stations d'épuration (STEP), afin de les rendre exemptes de matières nuisibles à la santé publique et à l'environnement (ONA, 2004).



2. Schéma d'épuration :

Les 12 communes sont regroupées en quatre (04) sous ensembles, une station d'épuration est proposée pour chaque centre. Une fois traitées, une partie de ces eaux sera utilisée pour l'irrigation des périmètres agricoles limitrophes aux STEP; l'autre partie sera rejetée dans une zone de Chott située à 70 km au Nord Ouest d'El-Oued par l'intermédiaire d'un collecteur alimenté par les différentes stations d'épuration.

Cette opération se divisée en deux tranches :

- Dans la première tranche, il s'agit d'installer le réseau d'assainissement de quatre communes (El Oued, Robbah, Bayadha et Kouinine), et de construire une station d'épuration (STEP) de 250 000 équivalents/habitants.

- Les eaux usées et celles épurées seront évacuées par le biais d'un collecteur de Chott Halloufa.
- GCB a donc entamé le 11 janvier 2006 les travaux de réalisation de la STEP, dont le délai est de 27 mois. Le réseau d'assainissement des quatre communes (Robbah, Bayadha, El-Ogla et Nakhla) s'étend sur une distance linéaire de 310 kilomètres.
- La deuxième tranche concerne la mise en place du réseau d'assainissement des 14 autres communes, tâche dévolue au groupement Sinohydro-Cosider TP dans 37 mois; et de la réalisation de 3 STEP, dont se chargera une entreprise portugaise, Tixera, durant 33 mois. La filière d'épuration choisie est le lagunage aéré parce qu'elle est la plus adaptée aux objectifs attendus au contexte de ce projet, les principales raisons sont :

La filière d'épuration retenue: le lagunage aéré facultatif multi cellulaire

- Filière d'épuration la mieux adaptée au contexte de la région;
- Performances épuratoires adaptées aux objectifs sur la pollution carbonée et bactériologique
- Procédé acceptant les caractéristiques des effluents (dilution, salinité, sulfates)
- Filières adaptées pour des grosses collectivités (pouvant aller jusqu'à 4 millions EH)
- Coûts d'investissement et de fonctionnement inférieurs aux autres procédés
- Fiabilité et souplesse du procédé d'épuration
- Facilité d'exploitation: fonctionnement de la station et gestion des boues
- Besoins en surfaces «limités» et disponible dans la vallée.

Une fois traitées, une partie de ces eaux sera utilisée pour l'irrigation des périmètres agricoles limitrophes aux STEP; l'autre partie sera rejetée dans une zone de Chott située à 70 km au NordOuest d'El-Oued par l'intermédiaire d'un collecteur alimenté par les différentes stations d'épuration.

❖ objectifs de l'épuration:

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

Tab. N°: (V. 01): Consistance des travaux par centre d'agglomération

Centre	Réseaux de collecte (km)	Conduites de refoulement (km)	Stations de pompage	Stations d'épuration
Robbah Bayadha El Oued Kouinine	215	95	21	STEP 1
Guemar Taghzout Hassani A . k Débila	189	23	17	STEP 2
Hassi Khalifa Sidi Aoun Magrane	143	17	13	STEP 3
Reguiba	53	15	06	STEP 4
Totaux	600	150	57	04

(O.N.A, 2008)

STEP 1

El Oued – Bayadha – Kouinine –
Robbah

Étage aéré n°1 :

4 bassins de 2,2 ha de surface à mi-hauteur

14 aérateurs de 15 kw par bassin

Étage aéré n°2 :

4 bassins de 1,5 ha de surface à mi-hauteur

5 aérateurs de 15 kw par bassin

Étage finition :

4 bassins de 2,2 ha de surface à mi-hauteur

Lits de séchage :

42 000 m² de surface

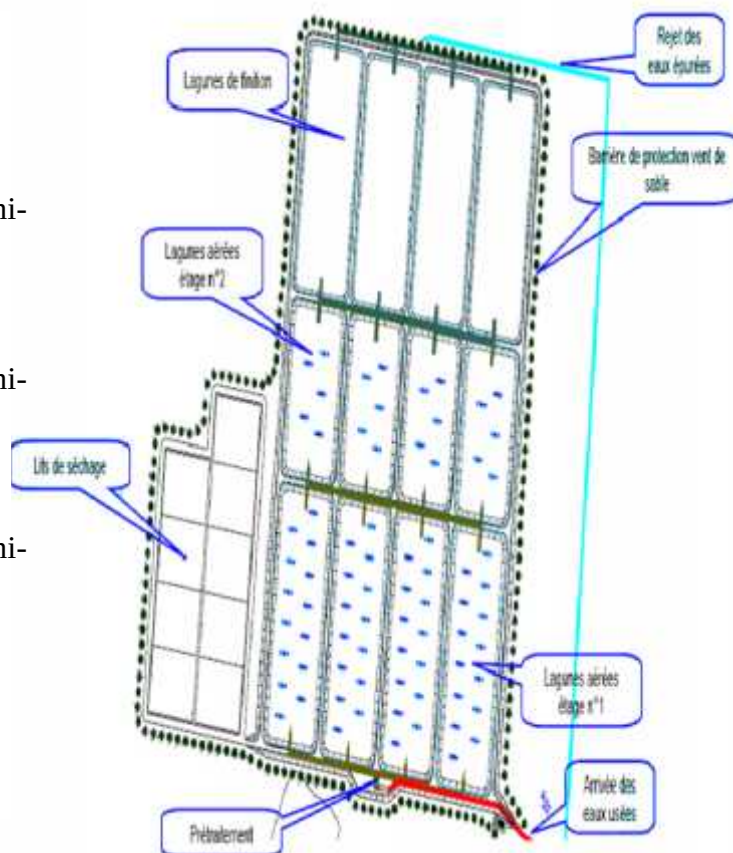


Fig. N°: (V. 05): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 1(O.N.A, 2008)

STEP 2

Guemmar – Taghzout – Hassani
Abdelkrim - Debila

Étage aéré n°1 :

3 bassins de 1 ha de surface à mi-hauteur

8 aérateurs de 11,5 kw par bassin

Étage aéré n°2 :

3 bassins de 0,6 ha de surface à mi-hauteur

3 aérateurs de 11,5 kw par bassin

Étage finition :

3 bassins de 1 ha de surface à mi-hauteur

Lits de séchage :

18 000 m² de surface

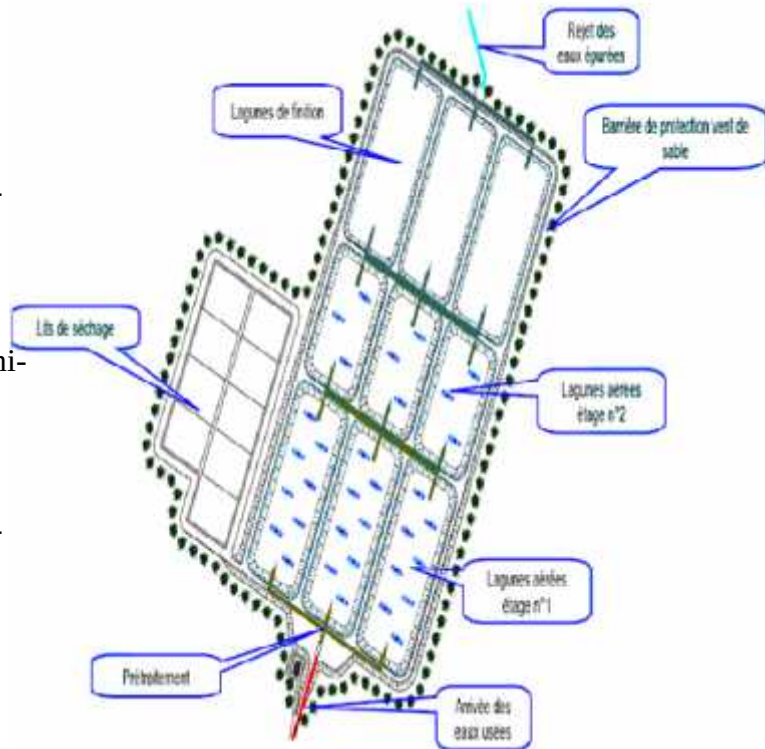


Fig. N°: (V. 06): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 2 (O.N.A, 2008)

STEP 3

Sidi Aoun – Magrane – Hassi
Khalifa

Étage aéré n°1 :

3 bassins de 0,9 ha de surface à mi-hauteur

7 aérateurs de 11,5 kw par bassin

Étage aéré n°2 :

3 bassins de 0,6 ha de surface à mi-hauteur

3 aérateurs de 11,5 kw par bassin

Étage finition :

3 bassins de 0,9 ha de surface à mi-hauteur

Lits de séchage :

16 000 m² de surface

Lits de séchage :

42 000 m² de surface

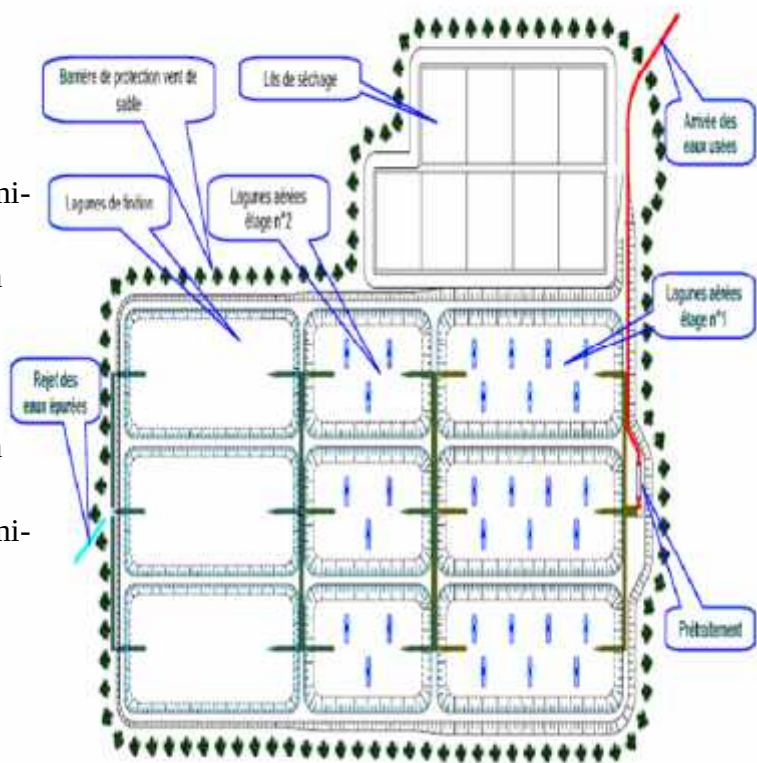


Fig. N°: (V. 07): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 3 (O.N.A, 2008)

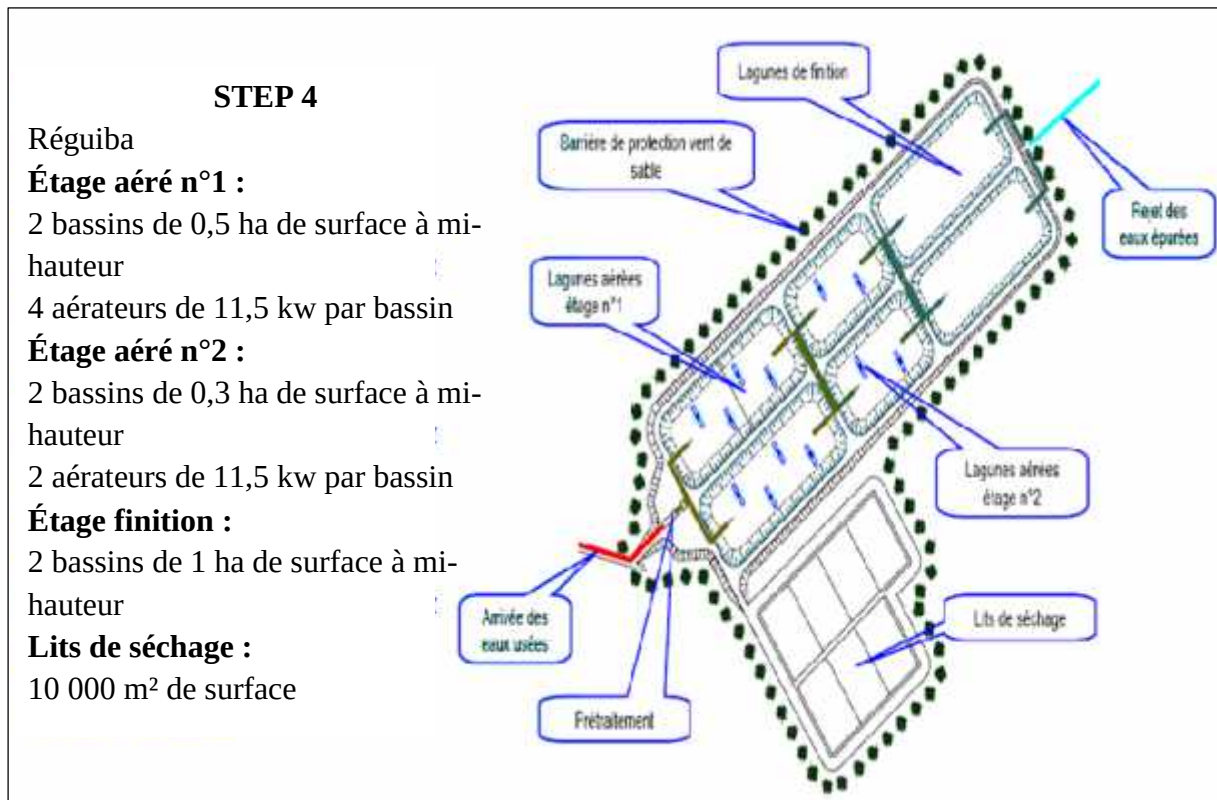


Fig. N°: (V. 8): Schéma d'implantation des ouvrages STEP 4 (O.N.A, 2008)

3. Schéma d'évacuation :

L'évacuation de l'ensemble des eaux usées traitées avec les eaux de drainage s'effectue grâce à un collecteur de transfert d'orientation Sud–Nord vers le site de rejet final situé à 70 km au Nord-Ouest de la vallée. A l'aval des 4 stations d'épurations, un système de collecte des eaux usées traitées est installé avec la possibilité, de réutiliser l'eau à des fins agricoles, le long de ce système d'évacuation.



Photo. N°: (V. 07): La zone de rejet actuel d'El Oued



Photo. N°:(V. 08) : Exutoire canal de transfert

Chott Halloufa : Rejet final des eaux épurées et de drainage

4. Schéma de drainage :

Malgré un réseau d'assainissement, un contrôle de la production - distribution, et le développement d'espaces verts, un réseau de drainage est indispensable pour éviter l'enneigement de la ville . Dans l'aire d'étude, le solution de drainage proposée est par le système de drainage vertical, composé par un réseau de 58 drains (forages) de 21 à 40 mètres de profondeur, équipés de pompes submersibles pouvant débiter 6 l/s, à une distance de 500 mètres entre eux, avec un réseau de conduites de 34 km, l'ensemble des eaux drainées aboutit à la station de pompage existante (ST10) qui refoulera ensuite vers le lieu d'évacuation final.



A) les eaux de drainage verticale (4 secteurs) (B) les eaux de drainage horizontale

Photo. N°:(V. 09) :canal de collecte des eaux de drainage " ST10 "

Le bilan d'eau sera équilibré en éliminant le surplus par pompage dans ces forages répartis sous la ville d'El-Oued, à condition que:

- Si l'eau est de bonne qualité, elle peut être réutilisée localement pour des périmètres irrigués.
- Le rabattement pourrait être suffisant pour autoriser l'assainissement autonome.
- Le sous-sol peut être utilisé, dans certaines limites, pour stocker l'eau en période de faible demande en saison hivernale, à condition de déstocker en période estivale.

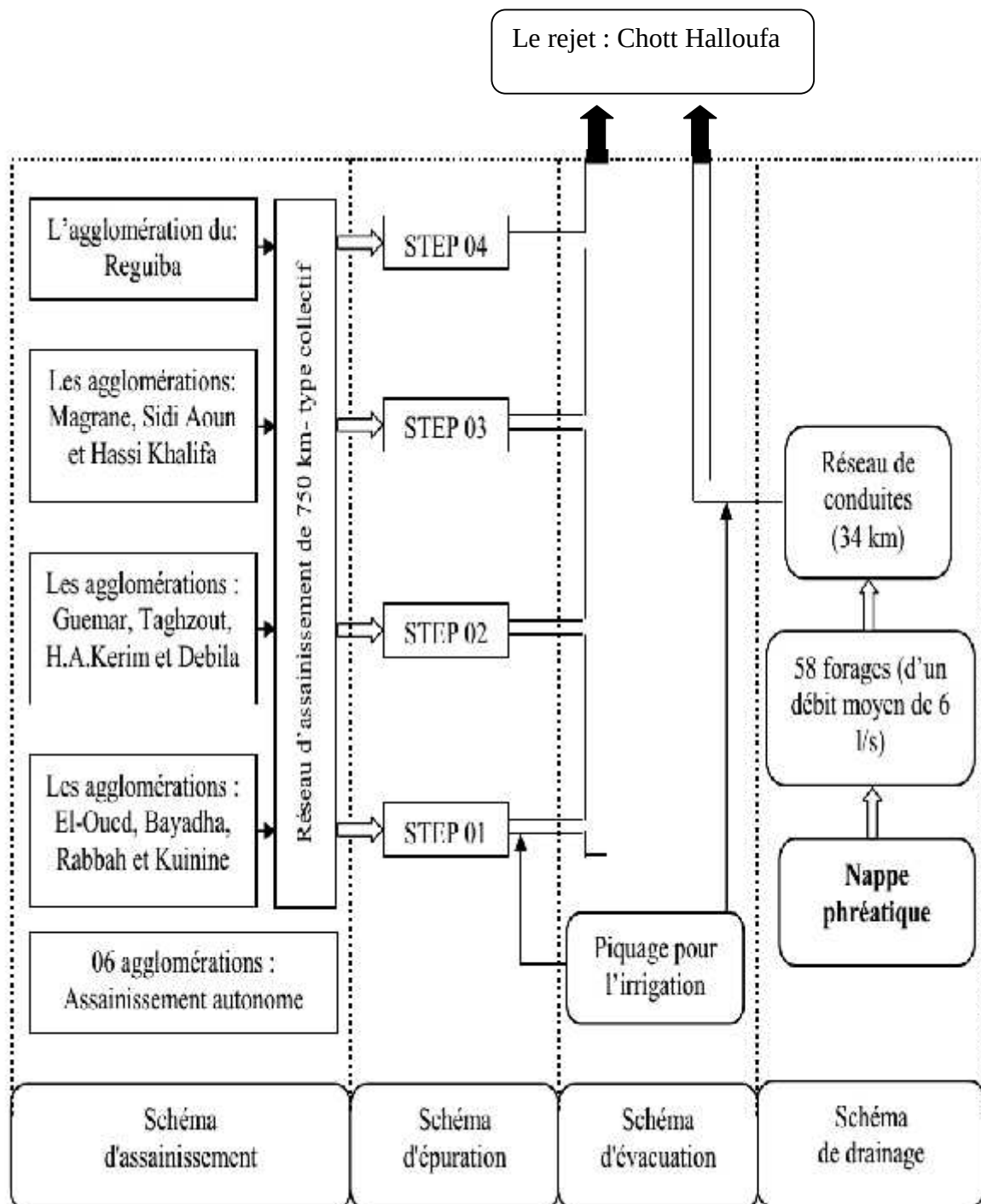


Fig. N°: (V. 09): Schématisation générale du projet [Khechana. S, 2010]

III. Les objectifs attendus par les solutions proposées:

- 1- Les solutions doivent être adaptées au contexte de la région , durables, compatibles avec le développement de la vallée et économiquement acceptables.et amélioration du cadre de vie des populations.
- 2- arrêter ou inverser le problème de remontée de la nappe phréatique et de son impact négatif.
- 3- Protection de la nappe phréatique contre la pollution, et l'augmentation du pouvoir épurateur du sol.
- 4- Protection des populations contre les maladies à transmission hydrique.
- 5- Préserver la qualité des eaux de la nappe phréatique.
- 6- Développement de l'agriculture par la réutilisation des eaux épurées, et amélioration des rendements des cultures (amélioration du drainage).
- 7- Réutilisation des eaux usées et traitées dans l'agriculture et l'industrie, et valoriser les eaux traitées.
- 8- Réutilisation des eaux de drainage :

Les eaux de drainage constituent une ressource non négligeable. Le réseau de drainage vertical dans la vallée de Souf comprend 58 forages connectés à 34 Km de conduites, le volume d'eau connecté par ce réseau est d'ordre de 8 million m³/an, on peut utiliser ce volume de façon souple pour l'irrigation d'environ 620 ha.
- 9- Assurer l'absence d'impacts négatifs au niveau des exutoires des eaux résiduelles tant en terme de qualité que de quantité (Maintient écologique et sanitaire du site de rejets) .
- 10- la nappe serait rabattue entre 5 et 10 m de profondeur, ce qui autorise l'assainissement autonome des zones non raccordables, ou stabiliser le niveau de la nappe.
- 11- réduction de la consommation en eau et limiter les apports d'eau et/ou augmenter les sorties d'eau dans les zones affectées.
- 12- Le développement d'exploitations agricoles irriguées depuis la nappe phréatique dans ou aux alentours des zones touchées joue un rôle important pour stabiliser ou inverser la tendance à la remontée, ces exploitations rejetant dans l'atmosphère 10 000 à 15 000 m³ d'eau/ha par an.
- 13- Supprimer les nuisances et les risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées.

IV. Conclusion

Pour réduire les effets néfastes de la remontée des eaux, les autorités locales ont réalisé plusieurs solutions, pour sauver la vallée au triple plan socio-économique, écologique et touristique.

Les solutions ont été appliquées depuis les années quatre vingt et sont les suivants :

Le remblayage des Ghouts, la Création d'une ceinture verte autour de la ville d'El Oued, vers une gestion rationnelle des ressources en eaux tel que l'arrêt d'exécution des nouveaux forages pour l'irrigation dans le CT et le CI , remplacés par des puits dans la nappe phréatique, contrôle les forages d'agricoles, pose d'un réseau de collecte des eaux usées, amélioration des outils de gestion, l'implantation de réseau de drainage horizontal, et le projet de la vallée de Souf (projet d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation pour la lutte contre la remontée des eaux de la nappe phréatique) est fondé essentiellement sur quatre schémas:

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

f

I. Introduction

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

Les autorités locales ont soutenu la mise en œuvre d'un grand projet fondé principalement sur le principe de l'élimination de l'eau excédentaire par un système de drainage vertical composé par 58 forages. Selon le bilan d'eau, l'excès d'eau estimée à 22 185 m³/j.

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

Après deux années de fonctionnement, les résultats attendus de système de drainage vertical n'est pas atteint lorsque les eaux souterraines continuent d'augmenter dans les cités les plus touchées ainsi que les débits de certains forages sont faibles.

Responsable du projet de drainage manquait un outil pour comprendre la cause de défaillance du système de drainage vertical dans les cités les plus touchées par la remontée des eaux souterraines (Chott et Sidi-Mestour).

Pour répondre à cette préoccupation, nous avons entrepris de procéder à un essai à niveau variable dans trois puits de système de drainage vertical (D05, D20 et D53).

Ce chapitre compose deux partie sont: l'étude de système de drainage et la rentabilité de système.

I. 1. Définition de drainage :

Le système de drainage est une opération d'évacuation des eaux excédentaire d'un sol hors de zones habituellement inondes, peut renforcer les effets négatifs d'une sécheresse.

Le drainage compote 03 phases :

- Captage où collectent des eaux excédentaires.
- Acheminement par un réseau de collecteurs ou de fossés.
- Restitution au réseau hydrographique naturel.

A). Etude du système de drainage vertical

I. Etude du système de drainage vertical existant

I. 1. Réseau de drainage vertical d'El Oued :

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

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

I. 2. Choix du système de drainage :

Le système de drainage a été installé pour ces objectifs :

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

I. 3. Principe de drainage :

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

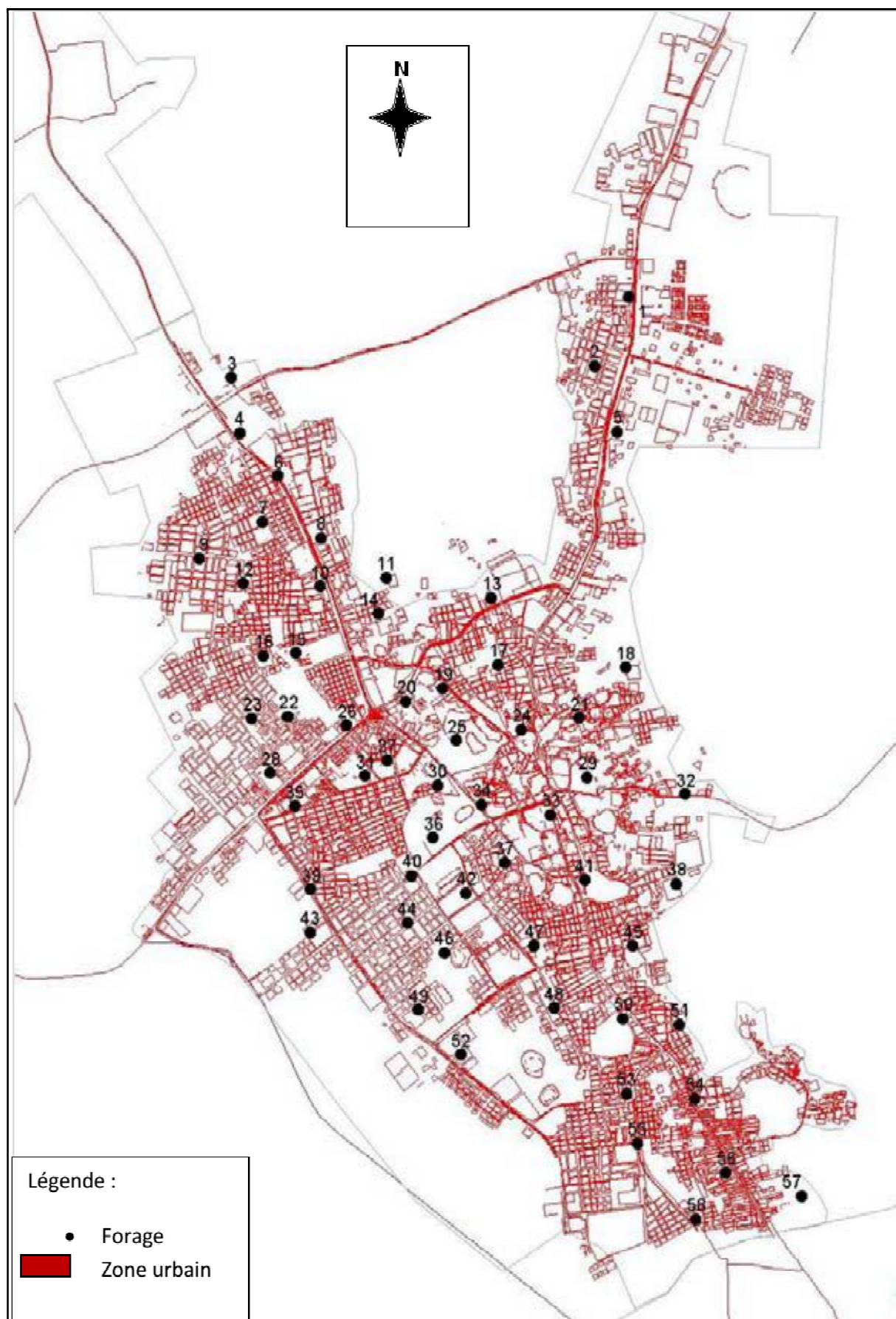


Fig. N°: (VI. 1): Localisation des 58 forages de drainage à EL Oued (BG, 2004)

La ville d'El Oued, fait partie de la vallée du Souf, dite région du Bas-Sahara à cause de sa faible altitude, elle est située au Sud-Est du pays. Elle est caractérisée par une topographie plane, et sans exutoire. La région est caractérisée par un climat aride de type saharien, des précipitations faibles et variables, d'une forte évaporation et d'un rayonnement solaire excessif.

La région d'étude possède une réserve d'eau souterraine très importante: la nappe phréatique, la nappe du Complexe Terminal (CT) et l'Albien (Continental Intercalaire). Depuis plus de trois décennies, la ville d'El Oued, à l'instar de toute la vallée souffre d'un épineux problème aux dimensions multiples et aux conséquences dévastatrices sur l'écosystème. Le recours systématique et irréfléchi aux eaux souterraines plus profondes (du CI et du CT), destinées aux besoins d'AEP et d'irrigation, induits par le développement économique, l'accroissement démographique et une extension effrénée de l'urbanisation dans certaines agglomérations (suralimentées et insuffisamment couvertes par un réseau d'assainissement) notamment la ville d'El Oued, a accéléré la hausse du niveau hydrostatique de la nappe phréatique et la formation de lagunes, provoquant et accentuant ainsi le problème de la remontée des eaux.

Et pour les remèdes de ce problème, diverses solutions ont été proposées et en cours de projetée pour mettre fin à cette inondation particulière. Le programme du gouvernement visant à réduire le danger de la remontée des eaux et traiter les causes directes de ce problème, ainsi que ses impacts négatifs. Les autorités locales ont soutenu la mise en œuvre d'un grand projet fondé principalement sur le principe de l'élimination de l'eau excédentaire par un système de drainage vertical composé par 58 forages. L'objectif de ce système est de drainer cet excès, tels afin que la nappe phréatique est à 3m de profondeur dans les cités les plus basses (Chott et Sidi-Mestour), pour assurer l'auto d'égouts et augmentant le pouvoir épurateur du sol.

Après deux années de l'opération de réseau de drainage vertical, Les résultats attendus n'ont pas atteint, les eaux souterraines continues à s'affleurer dans les cités les plus affectés par le problème (Sidi Mestour et Chott) malgré un rabattement remarquable dans les cités de Chouhada et 19 mars 1962. Pour préoccuper cette situation et d'en comprendre la cause de défaillance de ce système, nous avons procédé à effectuer des essais de puits dans ces cités et réaliser un test dans trois forages (D05, D20 et D53). L'interprétation des résultats d'essais de puits est basée sur l'observation du niveau d'eau sur le mêmes puits et puisards situé aux voisinages, indique qu'il ya une discontinuité entre l'eau pompée du puits et l'eau pompée dans les puisards, qui nous a permis de dire que la nappe libre dans la région n'est pas homogène, il a une certaine hétérogénéité et est intercalé par les lentilles d'argile avec des faibles profondeurs.

Ces lentilles argileux agissent comme un substrat qui prend en charge l'eau à monter à la surface.

Les forages de drainage qui a un faible débit, ont sans doute une mal position de la crépine, correspond à la couche d'argile. Cela est dû à la prédétermination de la profondeur de la crépine pour tous les puits (altitude Z est entre 50 et 58m).

Ainsi, la principale erreur qui a conduit à l'échec du système de drainage vertical est l'hypothèse que la nappe est homogène et formé uniquement par les sables.

Dans ce contexte, nous avons proposé d'installer un système de drainage horizontal dans les cités où les eaux souterraines est encore augmenter, à se joindre à l'eau déchargée à la station existante (ST10) pour refouler à la rejet définitif du site. Dans le même contexte, nous avons recommandé de:

- Réaliser une prospection géophysique pour déterminer l'étendue et les limites des couches superficielles principalement lentilles d'argile.
- remplacer le système de drainage vertical par un autre horizontal dans les cités les plus touchés, d'évacuer l'excès d'eau et d'éviter l'affaissement de terrains qui a examiné le plus gros inconvénient due à d'importants prélèvements.
- installer une station de pompage, au centre (la plupart de la zone d' El-Oued touchée) afin de permettre la réalisation d'essais de pompage expérimentale, conçus, construits et équipés conformément à des programmes de recherche axés sur l'hydrodynamique et les ressources en eau souterraine.

Ce nouveau système peut réduire les coûts de pompage, en particulier la nécessaire considérablement l'énergie électrique pour faire fonctionner le réseau de drainage verticaux existants , retour de la nappe phréatique à son niveau original avant l'apparition du problème, ce qui peut augmenter, le pouvoir épurateur du sol et à contribuer au développement local de la région.

- Contrôle périodique des ouvrages et l'entretien de réseau de drainage horizontal.
- Réaliser une étude géophysique destinée à déterminer les caractéristiques des couches superficielles (0 - 100 m).
- Exploitation de l'énergie renouvelable (la vitesse du vent est violent pendant le printemps et l'énergie solaire la température dépasse 50°C pendant l'été), pour sauvegarder une partie une partie de l'énergie électrique et pour assurer une quantité du projet dans le trajet du développement durable pour que les générations future soient bénéficie de ce projet.
- Pratiquer une gestion rationnelle des ressources en eau et tarification adéquate.

- [01]- M^{elle}: BENMOUSSA Sana et MERABET Ibtissam (2013), Mémoire présente pour l'obtention du diplôme de licence en Hydraulique option gestion des ressources en eau, Essai de Gestion des Ressources et la qualité des eaux dans la région du Souf, Université d'El-Oued.
- [02]- Mr: Serraye Hamza et Touati Ali (2009), contribution hydrogéologique des nappes aquifères dans la région, Mémoire présente pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique urbain, centre universitaire d'El-Oued.
- [03]- Mr: KHECHANA Salim (2007), Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallée de Oued-Souf (Sud-Est algérien), Mémoire présente pour l'obtention du diplôme de MAGISTER en Hydrogéologie, Université de Annaba.
- [04]- Mr: KHELEF K (2006): Etude de la remontée des eaux de la nappe phréatique de Oued-Souf (Sud Est algérien), Thèse de Master d'école de Management EURO-MED, Université de Marseille.
- [05]- Mr: KHECHANA Salim (2014), Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien), Mémoire présente pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences, Université de Annaba.
- [06]- Mr: MILOUDI Abdel-Monem (2008), Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région d'Oued Souf -L'impact sur l'environnement de la région, mémoire Présenté pour l'Obtention du Diplôme de MAGISTER en Hydraulique, Université de Ouargla.
- [07]- Mr: BENAMOR Khaled et BOUGUETTAYA Youcef (2008), contribution a l'élaboration d'une carte de vulnérabilité a la pollution de la nappe phréatique de Oued-Souf (Sud Est algérien), Mémoire présente pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique urbain le centre universitaire d'el-oued.
- [08]- Mr: CHABOUR Nabil (2006), Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie, Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de Doctorat d'Etat en géologie Université de Constantine.
- [09]- Mr: MECHRI Ali (2012), Impact de l'activité humaine sur La nappe phréatique d'El-Oued , Mémoire présente pour l'obtention du diplôme licence en Géologie, Université de BATNA.
- [10]- M^{elle}: BRAHIM Aya (2012), réalisation d'un forage d'eau a la région d'el Oued, Mémoire présente pour l'obtention du diplôme licence en Géologie générale, Université de Batna.

- [11]- M^{elle}: ZAIR.N (2007), Détermination des paramètres hydrodynamique de la nappe phréatique de la région d'El-Oued. Mémoire d'ingénieur université Badji Mokhtar Annaba.
- [12]- M^{elle}: ZAIR.N (2010), Etude hydrogéologique des nappes aquifère de la wilaya d'Oum Elbouaghi. Mémoire de Magister université Badji Mokhtar Annaba.
- [13]- Mr: BEGGAS M et M^{elle} GHERAISSA Y (2012), un constat sur la remontée des eaux dans Oued Souf entre 2002 et 2012, Mémoire présente pour l'obtention du diplôme licence (LMD) en hydraulique urbain, centre universitaire d'El-Oued.
- [14]-Mr: AMMARI ABD ELSATAR et M^{elle} BEGGAS Mabrouka (2011), contribution à l'étude de phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique d'Oued Souf, Mémoire présente pour l'obtention du diplôme licence (LMD) en hydraulique urbain, centre universitaire d'El-Oued.
- [15]-Mr :MADJOURI Mohamed et BEBOUKHA Yacine (2011), diagnostic sur le réseau de drainage vertical contre la remontée des eaux dans la vallée du Souf, Mémoire présente pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique urbain, centre universitaire d'El-Oued.
- [16]- M^{elle}: KHALDI Leila et SOUAKER Nacira (2011), mécanisme et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région du Souf, diplôme de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, centre universitaire d'El-Oued.
- [17]- **A.N.R.H:** Coupe Hydrogéologique du Souf (1989).
- [18]-**A.N.R.H:** Coupe Hydrogéologique d'El- Hamraia, El-Oued (1989).
- [19]**A.N.R.H:** La litho stratigraphique du forage F1 à l'Albien (1993).
- [20]- B. Remini. « La disparition des ghouts dans la région d'el oued (Algérie) ». Larhyss Journal, ISSN 1112- 3680, n05, Juin 2006, pp.49-62.
- [21]- BG (Bureau d'étude Bonard et Gardel). « Vallée du Souf : Etudes d'assainissement des eaux résiduares, pluviales et d'irrigation, Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique ». Mission II. (2002). 111p.
- [22]- Bonnet M., SUZANNE P. et UMGEMACH P. (1967) : Interprétation des pompages en régime transitoire. L'effet de puits et la post-production. 86^e Congr. Ass. Advancement Sc., Bordeaux et Chron.hydro., n°12,p. 113-116, B.R.G.M., Orleans.
- [23]- Boualem BOUSELSAL et Nacer KHERICI, Laboratoire de Géologie du Sahara, Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (SE Algérie).

- [24]- Burri J.M. and Burri P., 2001. Study of sewerage wastewater, stormwater and irrigation and additional measures against the rising groundwater in Oued-Souf valley, First campaign of hydrogeological measurements, 220p.
- [25]-Burri J.M. and Burri P., 2004. Study of sewerage wastewater, stormwater and irrigation and additional measures against the rising groundwater in Oued-Souf valley, Mission II, 60p.
- [26]-Butler, J.J., Jr. and Healey, J.M., 1998, Relationship between pumping-test and slug-test parameters: scale effect or artifact? *Groundwater* 36, 2, 305–313.
- [27]-Chengpeng Lu et al, (2013) : Interpretation of a short-duration pumping test in the mixed flow karst system using a three-reservoir model, *Carbonates Evaporites* 28:149–158.
- [28]- Chih-Hsi Liua,b, Yii-Wen Panb, Jyh-Jong Liaob, Wei-Cha Hung.2004, Estimating coefficients of volume compressibility from compression of strata and piezometric changes in a multiaquifer system in west Taiwan. *Engineering Geology*.
doi:10.1016/j.enggeo.2004.04.007.
- [29]- CORNET A. « Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géographie Physique et Géologie Dynamique » Vol.VI. (1964). fasc1,pp.5-72.
- [30]-DE (Direction de l'Environnement d'El-Oued), « Rapport de dégâts de la remontée des eaux et pollution de la nappe superficielle d'El-Oued», (2009), 19p.
- [31]-**DHW**: Log stratigraphique et l'hydrogéologie de forage Barrémien dans la région du Souf (2004).
- [32]-**D.P.S.B**: Répartition de la population du logement de la Wilaya d' El Oued par(2014)
- [33]-D.S (Direction de la santé El-Oued), «Rapport de Répartition des cas des maladies à transmission hydrique par communes », 2008.
- [34]-D.S.A (Direction de Services Agricole d'El-Oued), « Rapport de dégâts de la remontée des eaux d'El-Oued», (1998-2005).
- [35]-Evolution de la Piézométrie de la Ville D'oued Souf (Entre 1993, 2002 et 2007) - Perspectives de la Maitrise du Phénomène de Remontée de la Nappe Phréatique, Messekher Ishak Département des sciences de la terre, faculté des sciences, Université de Batna.
- [36]- Faillat, J.-P. et Drogue, C., 1987. [Influence of scale effects, heterogeneity and connectivity of fractured aquifers on the behaviour of drill-holes in shield zone (West Africa)] *J. Hydrol.*, 90: 159-182.
- [37]-Gilbert CASTANY, 1982, Méthodes et principes en hydrogéologie, Bordas, Paris, ISBN : 2-04-01122-9, Edition Dunod.
- [38]- HDW, 2010]. HDW (Hydraulic Department of El-Oued)., 2010. Water resources in the region of El-Oued, 6p.

- [39]- H. M. N. Boubir et F. Abdallah. « Le rôle des services et des investissements dans l'hypertrophie de la ville d'El Oued au bas Sahara algérien ». Environnement Urbain / Urban Environment, vol. 3, (2009), p. c-1 -c-18.
- [40]-ISHAK MESSEKHER, NABIL CHABOUR, et MOHAMED REDHA MENANI.
Remontée de la nappe phréatique du Souf. conséquences et solutions envisagées.
- [41] J.-N. Cretenet, 2004. Study of sewerage wastewater, stormwater and irrigation and additional measures against the rising groundwater in Oued-Souf valley, Mission I, 111p.
- [42]-Jin-Yong Lee et al, 2003, Combined performance of pumping and tracer tests: A case study, Geosciences Journal, Vol. 7, No. 3, p. 237 241.
- [43]- Khechana S, Derradji E.F. and N. Mega, 2011. Hydrochemical characteristics of Groundwater From The Valley Of Oued Souf (SE Algerian) EJSR, Vol.62 No.2, ISSN 1450-216X.
- [44]- Khechana S, and Derradji E.F, 2012, Management of water resource in hyper arid area (case of Oued Souf valley –SE Algerian)) JWARP, Vol.04 No.11, ISSN 1450-216X.
- [45]-Kruselman GP, de Ridder NA (1990) Analysis and evaluation of pumping test data, 2nd edn. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.
- [46]- Kyle E. Murray, Landon S. Yosko, 2012, Multi-observation well aquifer test case study: is recovery coincident with the cessation of pumping? Environ Earth Sci (2013) 68:1955–1965 DOI 10.1007/s12665-012-1883-9
- [47]- M. COTE, (1998), « Des oasis malades de trop d'eau », Sécheresse, John Libbey Eurotext, Paris, 9(2) :123-130.
- [48]-Mesures à prendre pour stopper ou inverser le phénomène de remontée de la nappe phréatique dans les 18 chefs-lieux de commune de la zone d'étude, 2 Zones présentant des signes de remontée de la nappe phréatique en 2001.
- [49]- miloudi abdel monem, remini bouallame, 1er séminaire international sur la ressource en eau au Sahara : évaluation, économie et protection, le 19 et 20 janvier 2011(Ouargla).
- [50]- Mohamed-Khireddine Kholadi, SIG pour le suivi de la remontée des eaux de la wilaya d'El Oued Souf Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences+ Département d'Informatique, Laboratoire Lire - Equipe Vision & Infographie Route de Ain-El-Bey, 25000 Constantine.
- [51]-Ministère des Ressources en Eau Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques, Direction Régionale Sud-Ouargla, note de synthèse relative à la campagne piézométrique et hydrochimique de la nappe phréatique de Oued Souf (Hautes eaux 2010).

Elaborée par: S. BENHAMIDA Chef de S^{cc}. Gestion des réseaux.

Travaux de terrain par :Y. SAYAH LEMBARK & S. SENOUSI, JUIN 2010

[52]- M.SENOUSI et M.A.AOUAT, « Etude géophysique par sondages électriques de la région de Souf », Rapport ENAGEO (1992). 40P.

[53]- miloudi abdel monem, remini bouallame, 1er séminaire international sur la ressource en eau au Sahara : évaluation, économie et protection, le 19 et 20 janvier 2011(Ouargla).

[54]- M.SENOUSI et M.A.AOUAT, « Etude géophysique par sondages électriques de la région de Souf », Rapport ENAGEO (1992). 40P.

-[55] National Agency of Water Resources (NAWR), Regional Directorate of Ouargla, 1999, Summary report of rising groundwater in Oued Souf region. Ministry of Infrastructure and Planning Land, National Agency of Water Resources.

[56]-O.N.M (Office National Météorologique) Station de Guemar, les données climatiques.

[57]-O.N.M (Office National Météorologique) Station de Ouargla , les données climatiques.

[58]- Oss. « Système Aquifère du Sahara Septentrional, gestion commune d'un bassin transfrontière », Edition Observatoire du Sahara et du Sahel. (2003)

[59]- Peiyue Li, Hui Qian, Jianhua Wu, Hongwei Liu, Xinsheng Lyu, Hongbo Zhang, 2013, Determining the optimal pumping duration of transient pumping tests for estimating hydraulic properties of leaky aquifers using global curve-fitting method: a simulation approach, Environ Earth Science, DOI 10.1007/s12665-013-2433-9.

[60]-1er Séminaire International sur la Ressource en eau au sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011(ouargla) - 415 -, mécanisme et remèdes de la remontée des eaux de la nappe traditionnel de la région du Souf MILOUDI Abdel monem*, REMINI Bouallame**

[61]-république algérienne démocratique et populaire ministère des ressources en eau office national de l'assainissement (ONA) vallee du Souf – ville d'el oued études 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 vertical mars 2004.

[62]-République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère des Ressources en Eau Agence de Bassin Hydrographique Sahara, Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS) Ouargla - 12 et 13 décembre 2005, Sous le haut patronage de monsieur, le Ministre des Ressources en Eau. Le phénomène de remontée des eaux dans la vallée de Oued Souf • PROBLEMATIQUE• SOLUTIONS PRECONISEES A- DEMMAK (ONA) H- BEKHOUCHE (BG)

[63]-S.Khechana, F.Derradji, A. Derouiche, « La gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'Oued-Souf (SE Algérien) : Enjeux d'adaptation d'une nouvelle stratégie», Revue des sciences fondamentales et appliquées, vol. 2, n° 2, 2010, p. 22-36.

[64]-Theis, C.V., 1935, The relationship between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using ground-water storage. Transactions of the American Geophysical Union, 16, 519–524.

[65]**UNESCO:** Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (1972)

[66]- UNESCO. Projet ERESS. « Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet », Paris (1972). 100 p.

Annexe 01: L'essai définitif du pompage du forage d'El-Houde (Guemar)

FORAGE : ELHOUDE PALIER : Constante DEBIT : Q (l/s) = 45					
Heures	Temps cumulé (min)	Nd = niveau dynamique (m)	Heures	Temps cumulé (min)	Nd =niveau dynamique (m)
H	0	23,96		330	33.32
	1	32,10	H	360	33.33
	2	32,50		390	33.33
	3	32,80	H	420	33.34
	5	32,88		450	33.34
	7	32,95	H	480	33.35
	9	33,02	H	540	33.35
	11	33,04	H	600	33.36
	13	33,06	H	660	33.37
	15	33,06	H	720	33.38
	20	33,10	H	780	33.38
	25	33,13	H	840	33.39
	30	33,15	H	900	33.39
	40	33,18	H	960	33.40
	50	33,19	H	1020	33.40
H	60	33,21	H	1080	33.41
	75	33,23	H	1140	33.41
	90	33,25	H	1200	33.41
	105	33,26	H	1260	33.41
H	120	33,27	H	1320	33.42
	135	33,28	H	1440	33.42
	150	33,28	H	1560	33.42
	165	33,29	H	1680	33.42
H	180	33,29	H	1800	33.42
	195	33,30	H	1920	33.43
	210	33,30	H	2040	33.43
	225	33,30	H	2160	33.44
H	240	33,31	H	2280	33.44
	270	33,31	H	2400	33.44
H	300	33,32	H	2520	33.45



Annexe 02: L'essai définitif du pompage du forage Soualah (Bayadha)

FORAGE : SOUALAH PALIER : Constante DEBIT : Q (l/s) = 35					
Heures	Temps cumulé (min)	Nd = niveau dynamique (m)	Heures	Temps cumulé (min)	Nd =niveau dynamique (m)
H	0	30.00		330	41.88
	1	36.74	H	360	41.92
	2	38.30		390	41.95
	3	38.90	H	420	41.98
	5	39.32		450	42.02
	7	39.72	H	480	42.06
	9	40.04	H	540	42.09
	11	40.18	H	600	42.11
	13	40.29	H	660	42.13
	15	40.40	H	720	42.16
	20	40.51	H	780	42.18
	25	40.64	H	840	42.20
	30	40.75	H	900	42.22
	40	40.85	H	960	42.23
	50	40.95	H	1020	42.26
H	60	41.04	H	1080	42.27
	75	41.12	H	1140	42.27
	90	41.20	H	1200	42.28
	105	41.27	H	1260	42.29
H	120	41.34	H	1320	42.29
	135	41.40	H	1440	42.30
	150	41.45	H	1560	42.30
	165	41.50	H	1680	42.30
H	180	41.53	H	1800	42.30
	195	41.55	H	1920	42.30
	210	41.61	H	2040	42.30
	225	41.65	H	2160	42.30
H	240	41.71	H	2280	42.30
	270	41.76	H	2400	42.30
H	300	41.80	H	2520	42.30

Annexe 03: L'essai définitif du pompage du forage Hammadine (Magrane)

FORAGE : HAMMADINE					
PALIER : Constante					
DEBIT : $Q \text{ (l/s)} = 35$					
Heures	Temps cumulé (min)	Nd = niveau dynamique (m)	Heures	Temps cumulé (min)	Nd =niveau dynamique (m)
H	0	34.35		330	40.40
	1	37.84	H	360	40.40
	2	38.60		390	40.40
	3	39.50	H	420	40.40
	5	39.70		450	40.40
	7	39.70	H	480	40.40
	9	39.71	H	540	40.45
	11	39.71	H	600	40.45
	13	39.72	H	660	40.45
	15	39.75	H	720	40.45
	20	39.75	H	780	40.45
	25	39.77	H	840	40.45
	30	39.80	H	900	40.45
	40	39.85	H	960	40.45
	50	39.90	H	1020	40.45
H	60	40.10	H	1080	40.45
	75	40.12	H	1140	40.45
	90	40.20	H	1200	40.45
	105	40.20	H	1260	40.45
H	120	40.24	H	1320	40.45
	135	40.24	H	1440	40.45
	150	40.25	H	1560	40.45
	165	40.25	H	1680	40.45
H	180	40.25	H	1800	40.45
	195	40.25	H	1920	40.50
	210	40.25	H	2040	40.60
	225	40.25	H	2160	40.60
H	240	40.25	H	2280	40.600
	270	40.32	H	2400	40.60
H	300	40.40	H	2520	40.60

Annexe 04 : Localisation et profondeur des forages

N°	LOCALISATION	X_UTM CLARKE	Y_UTM CLARKE	Z	alt crépines (8m)	prof ouvrage	prof crépine
01	Château d'eau Chott	301989.000	3696624.000	74.22	58	26.22	16.22
02	Ecole Hazla Tahar	301741.000	3696154.000	73.67	58	25.67	15.67
03	CM Tiksept Nord	299167.000	3696076.000	74.00	58	26	16
04	Complexe sportif Tiksept	299227.000	3695700.000	75.82	58	27.82	17.82
05	Parc Wilaya	3695706.000	301905.000	76.43	58	28.43	18.43
06	St 1 Tiksept	299501.000	3695404.000	76.13	58	28.13	18.13
07	ycéeTiksept	299392.000	3695092.000	76.78	58	28.78	18.78
08	Ecole Ferhat Ben Amara Tiksept	299802.000	3694980.000	76.33	58	28.33	18.33
09	Ecole nouvelle Tiksept ouest	298937.000	3694843.000	79.32	58	31.32	21.32
10	Château d'eau El Gara	299794.000	3694653.000	76.99	58	28.99	18.99
11	Ecole Gara Est	300264.000	3694710.000	72.07	58	24.07	14.07
12	Forage CT Tiksept Ouest	299251.000	3694673.000	77.94	58	29.94	19.94
13	Direction el Moudjahidine	301013.000	3694572.000	66.75	58	18.75	8.75
14	CM El Gara Est	300214.000	3694467.000	73.78	58	25.78	15.78
15	Ecole pratique Ali Ayadi	299624.000	3694196.000	79.54	58	31.54	21.54
16	CM Bahi Ali Tiksept Ouest	299396.000	3694180.000	80.90	58	32.90	22.90
17	Mosquée El Kautar	301062.000	3694116.000	71.04	58	23.04	12.04
18	CM Ghendire Omar	301964.000	3694100.000	67.99	58	19.99	9.99
19	Ecole Djbeli Djbeli	300670.000	3693953.000	74.31	58	26.31	16.31
20	Hôtel Louss	300407.000	3693867.000	78.48	58	30.48	20.48
21	Nazla Mehria	301637.000	3693753.000	72.85	58	24.85	14.85
22	Espace vert cité Nour	299570.000	3693763.000	81.41	58	33.41	23.41
23	Annexe centre uni. El-Oued	299316.000	3693750.000	80.97	58	32.97	22.97
24	Théâtre Aire libre	301227.000	3693674.000	76.27	58	28.27	18.27
25	DTP	300765.000	3693603.000	83.84	58	35.84	25.84
26	Siège Wilaya	299985.000	3693704.000	82.64	58	34.64	24.64
27	Direction éducation (service payements)	300270.000	3693466.000	80.79	58	32.79	22.79
28	CM Ahrmed Tidjani 17 Octobre	299444.000	3693382.000	81.23	58	33.23	23.23
29	Souk	301692.000	3693350.000	74.74	58	26.74	16.74
30	APC El-Oued	300632.000	3693296.000	79.93	58	31.93	21.93
31	Lycée Abdeaziz Cherif	300117.000	3693361.000	80.74	58	32.74	22.74
32	Château d'eau Sidi Mestour	302387.000	3693236.000	69.26	58	21.26	11.26
33	Cité Ouled Ahmed	301435.000	3693095.000	79.54	58	31.54	21.54
34	ADE centre-ville	300946.000	3693162.000	80.11	58	32.11	22.11
35	St 3	299616.000	3693153.000	78.49	58	30.49	20.49
36	St 400 logements	300598.000	3692939.000	82.05	58	34.05	24.05
37	CFPA 3	301108.000	3692768.000	80.86	58	32.86	22.86
38	CM Bachire DjabAlah	302326.000	3692625.000	72.48	58	24.48	14.48
39	Ecole Mohamed Serouti	299730.000	3692587.000	83.95	58	35.95	25.95
40	Ecole Negmouch Mohamed Tahar Cité Rimel	300448.000	3692679.000	87.64	58	39.64	29.64
41	Ecole Ouinissi El Hachmi	301673.000	3692650.000	81.46	58	33.46	22.46
42	Château d'eau 300 logements	300833.000	3692561.000	86.44	58	38.44	28.44
43	Hôtel des finances	299726.000	3692294.000	86.74	58	38.74	28.74
44	Terrain de sport	300416.000	3692359.000	87.24	58	39.24	29.24
45	Ecole Meiaci Abdel ouahed	302014.000	3692199.000	78.72	58	30.72	20.72
46	Ecole 300 logements	300680.000	3692156.000	87.47	58	39.47	29.47

Annexe 04 : Suite de localisation et profondeur des forages

N°	LOCALISATION	X_UTM_ CLARKE	Y_UTM_ CLARKE	Z	alt crépines (8m)	prof ouvrage	prof crépine
47	Annexe centre uni. El-Oued Sahane I	301319.000	3692204.000	85.72	58	37.72	27.72
48	Ecole Essaghaïre El Mouldi I	301460.000	3691780.000	80.52	58	32.52	22.52
49	Conservation des Forêts	300495.000	3691764.000	88.90	58	40.90	30.90
50	Cimetière Sahane I	301948.000	3691706.000	78.34	58	30.34	20.34
51	Ecole Maragni Kalifa Sahane I	302346.000	3691666.000	78.14	58	30.14	20.14
52	DHW	300796.000	3691461.000	94.03	58	46.03	36.03
53	Ecole Kina El Aïch	301969.000	3691194.000	80.88	58	32.88	22.88
54	Mosquée Sahane II	302459.000	3691160.000	78.34	58	30.34	20.34
55	Résidence universitaire	302046.000	3690855.000	80.223	58	32.23	22.23
56	Ecole Touati Ahmed Moustapha 1	302680.000	3690658.000	78.90	58	30.90	20.90
57	Ecole Mirhouet Ali Ouled Touati	303216.000	3690498.000	80.92	58	32.92	22.92
58	Ecole Bekakra Arbi Ben Ali	302465.000	3690338.000	79.13	58	31.13	21.31