



UNIVERSITE D'EL -OUED



Faculté des sciences et technologie

Filière d'hydraulique

## MEMOIRE

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

- **OPTION : conception et diagnostic des systèmes d'AEP et d'assainissement**

**THEME : Potabilité et aptitude à l'irrigation des eaux des nappes profondes cas du CT et CI de la vallée d'El Oued**

**Présenté par :**

✚ TAHRAOUI Belal

✚ OBEIDI Mohammed

**Dirigé par :**

✚ Mr. KHEACHANA Salim

# REMERCIEMENTS

*Mes premiers remerciements à Dieu Tout-Puissant, qui nous guident pour terminer ce travail.*

*Au terme de ce travail, nous souhaitons exprimer notre gratitude et nos remerciements à notre promoteur M<sup>er</sup> Salim Kachana, pour la confiance dont elle nous a gratifiés en acceptant d'encadrer les travaux de ce mémoire.*

*Mes remerciements le plus profonds à :*

*Mr. Nacer radoini, ingénieur hydraulique.*

*Mr. Nasreddine Soulah.. Cadre en (A.D.E)*

*Mr. Drehem Larbi. Gestionnaire de (Usine Tiba)*

*Mes remerciements les plus vifs vont aussi aux enseignants d'hydraulique : Mr. A.Ghomri, Mr. Belhadj Med Zine, Mr. MEGA Nabil. M.A.K Ouakaouake, S.Meguellati, A.Mezeani, F.Bouchmel, R.Hachem, I.kahter.*

*Je remercie tous mes collègues et amis pour leur aide et leur soutien, et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.*

*Je tiens à présenter par occasion tout mon respect à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au cycle universitaire.*

# **SOMMAIRE**

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>01</b>
<b><i>Chapitre I: Présentation de La Zone d'étude</i></b>	
I.1. INTRODUCTION.....	<b>03</b>
I.2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	<b>03</b>
I.3. GÉOLOGIE DE LA VALLÉE DE OUED SOUF.....	<b>05</b>
I.3.1. FORMATION DE L'ERE SECONDAIRE.....	<b>05</b>
I.3.2. FORMATIONS DE L'ERE TERTIAIRE.....	<b>07</b>
I.4. RELIEF.....	<b>09</b>
I.5. ETUDE DES PARAMETRES CLIMATIQUES.....	<b>10</b>
I.5.1. LA TEMPÉRATURE.....	<b>10</b>
I.5.2. LA TEMPÉRATURE MOYENNE MENSUELLE INTERANNUELLE.....	<b>11</b>
I.5.3. LA PLUVIOMÉTRIE.....	<b>11</b>
I.5.4. RÉPARTITION MOYENNES MENSUELLES DES PLUIES.....	<b>11</b>
I.5.5. L'ÉVAPORATION.....	<b>12</b>
I.5.6. L'HUMIDITÉ.....	<b>13</b>
I.5.7. LE VENT.....	<b>14</b>
I.5.8. CLIMAGRAMME D'EMBERGER.....	<b>14</b>
I.5.9. INDICE D'ARIDITÉ.....	<b>15</b>
I.6. CONCLUSION.....	<b>16</b>
<b><i>Chapitre II : Hydrogéologie</i></b>	
II.1. INTRODUCTION.....	<b>18</b>
II.2. CADRE HYDROGÉOLOGIQUE GENERAL.....	<b>18</b>
II.2.1. LA NAPPE PHRÉATIQUE.....	<b>18</b>
II.2.2. COMPLEXE TERMINAL.....	<b>19</b>
II.2.3. NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE.....	<b>22</b>
II.3. ETUDE CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DU NAPPE CT.....	<b>25</b>
II.3.1. LES ESSAIS DE POMPAGE.....	<b>25</b>
II.3.2. CARACTERISTIQUE DU FORAGE (NAKHLA EL-GHARBIA).....	<b>26</b>
II.3.3. PROGRAMME DES ESSAIS DE POMPAGE (NAKHLA EL-GHARBIA).....	<b>26</b>

II.3.4. INTERPRETATION DES RESULTATS DU NAKLA EL GARBIA.....	28
II.3.5. CARACTERISTIQUE DU FORAGE (GUEMAR).....	28
II.3.6. PROGRAMME DES ESSAIS DE POMPAGE (GUEMAR).....	29
II.3.7. INTERPRETATION DES RESULTATS DU GUMAR.....	30
II.3.8. CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES.....	30
II.3.9. CONCLUSION.....	31
<b>Chapitre III : Étude hydrochimique</b>	
III.1. INTRODUCTION.....	33
III.1.1. RELATION MINERALISATION SANTE.....	33
III.1.2. QUALITE PHYSIQUE DE L'EAU.....	33
a) Le PH (Potentiel d'hydrogène).....	33
b) La conductivité électrique (CE).....	33
c) La température.....	34
III.1.3. QUALITES CHIMIQUES DE L'EAU.....	34
d) Le Potassium ( $K^+$ ).....	34
e) Le Calcium ( $Ca^{+2}$ ).....	34
f) Le Magnésium ( $Mg^{+2}$ ).....	35
g) Les Chlorures ( $Cl^-$ ).....	35
h) Le Sodium ( $Na^+$ ).....	36
i) Les Sulfates ( $SO_4^{-2}$ ).....	36
j) Les Nitrates ( $NO_3^-$ ).....	36
III.2. HYDROCHIMIQUE.....	37
III.2.1. LE FACIES CHIMIQUE.....	37
k) Formule caractéristique de STABLER.....	37
l) Diagramme de Piper.....	39
c) Digramme de SCHOELLER BERKALOFF.....	40
III.2.2. ETUDE DES RAPPORTS CARACTERISTIQUES ET ORIGINE DES ELEMENTS DOMINANTS.....	41
III.2.3. ORIGINE DES ELEMENTS $Na^+$ ET $Cl^-$ .....	41
III.2.4. ORIGINE DU CALCIUM.....	42
III.2.5. LE RAPPORT $r Ca^{++} / r Mg^{++}$ .....	42
III.3. APTITUDE DES EAUX A LA POTABILITE.....	42
a) Selon l'O.M.S.....	42
b) Selon le degré hydrométrique total (D.H.T) :.....	43

III.3.1. LA SALINITE.....	44
III.3.2. EAUX PEU SALEES.....	44
III.3.3. EAUX A FORTE TENEUR EN SODIUM.....	44
III.4. APTITUDES DES EAUX A L'IRRIGATION.....	45
III.4.1.CLASSIFICATION DE RICHARDS.....	45
III.5. BALANCE IONIQUE.....	47
III.6. CONCLUSION.....	48
<b><i>Chapitre IV : Gestion qualitative des eaux de la nappe du CT et CI</i></b>	
IV.1. INTRODUCTION.....	50
IV.1.1.ASPECT QUALITATIF.....	50
IV.1.2. LES PROBLEMES DES EAUX DE LA NAPPE DU (CT) ET (CI) DANS LA REGION D'OUED SOUF.....	50
a) Conséquences sanitaire .....	50
b) L'entartrage.....	51
c) La dureté.....	52
d) la salinité.....	52
IV.1.3. SOLUTIONS PROPOSEES.....	53
IV.1.4. LES PROCEDES CLASSIQUES DE TRAITEMENT DES EAUX .....	53
a) L'oxydation.....	53
b) La clarification.....	53
c) désinfection.....	53
L IV.2. TECHNIQUE UNIVERSEL DE DEMINERALISATION DES EAUX.....	54
IV.2.1. LA NANOFILTRATION.....	54
IV.2.2. L'ULTRAFILTRATION.....	54
IV.2.3. MICROFILTRATION TANGENTIELLE.....	54
IV.2.4. L'ELECTRODIALYSE .....	56
IV.2.5. L'OSMOSE INVERSE.....	56
IV.3. COMPARAISON DES CO TS DE PRODUCTION DU (m <sup>3</sup> ) D'EAU TRAITÉE DES DIFFERENTS PROCEDES.....	56
IV.3.1. CHOIX DE LA TECHNIQUE.....	57
IV.3.2. CONCLUSION.....	57
IV.3.3. DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE : L'OSMOSE INVERSE.....	58
IV.3.4. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS.....	58

IV.3.5. LA DEMINERALISATION PAR OSMOSE INVERSE.....	58
IV.4. SOLUTION PROPOSÉE (SOLUTIONS PROPOSÉES PAR L'ETAT).....	58
IV.4.1. PRINCIPE .....	59
IV.4.2. MISE EN ŒUVRE.....	59
IV.4.3. AMÉNAGEMENTS ET TRAVAUX CORRESPONDANTS SUR LES SITES DE PRODUCTION.....	60
a) à court terme (usine sur le site de Touggourt pour 20 000 m <sup>3</sup> /j).....	61
b) à long terme (renforcement de l'usine sur le site de Touggourt + nouvelle usine a Nadhour).....	61
c) Renforcement de l'usine de Touggourt.....	62
d) Nouvelle usine a Nador.....	63
e) Objectifs de la distribution d'eau.....	63
IV.4.4. DONNÉES EN MATIERE : AEP, DISTRIBUTION ET ADDUCTION.....	64
IV.5. LA STATION DE DESSALEMENT DE TIBA DRINKING WATER.....	66
IV.5.1. LOCALITÉ.....	67
IV.5.2. DESCRIPTION DE LA STATION.....	67
IV.3. PHASE PRIMAIRE.....	67
a) Le Forage.....	68
b) Filtres à sable.....	68
c) Principe de filtration.....	68
d) Caractéristique.....	68
e) Procédé de contre lavage.....	69
f) Ultrafiltration.....	69
j) Modules UF 120 polymem.....	69
h) Nettoyage module UF polymem.....	69
IV.5.4. PHASE DE TRAITEMENT.....	69
a) Les membranes :.....	70
c) Stabilisation.....	70
IV.5.5. PHASE FINALE.....	71
a) Stérilisation.....	71
IV.4. SOLUTION PROPOSÉE PAR CETTE ÉTUDE.....	71
IV.4.1. PRINCIPE.....	72
IV.6.2. SECTORISATION PROPOSÉE DU RESEAU D'AEP DE LA VILLE D'ELOUED.....	72

IV.6.2. LES OBJECTIFS DE CHOISIR CETTE DISTRIBUTION .....	<b>73</b>
IV.6. CONCLUSION.....	<b>73</b>
	<b>74</b>
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>76</b>

# LISTE DES FIGURES

<i>Chapitre I : Présentation de la zone d'Etude</i>		
<b>Fig.I.01</b>	Situation géographique de la zone d'étude.....	04
<b>Fig.I.02</b>	Carte géologique du Grand Erg Oriental, (Baba, 2005).....	06
<b>Fig.I.03</b>	Carte géologique de la zone d'étude (ANRH-2010).....	07
<b>Fig.I.04</b>	La lithostratigraphie du forage F1, (ANRH, 2005).....	08
<b>Fig.I.05</b>	Le relief du Souf (Voisin A.R, 2004).....	09
<b>Fig.I.06</b>	Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la température à la station de Guemar (1978/2013).....	11
<b>Fig.I.07</b>	Répartition des précipitations moyennes mensuelles annuelles à la station de Guemar (1978/2013).....	12
<b>Fig.I.08</b>	Répartitions de l'évaporation à Oued Souf (1978/2013).....	13
<b>Fig.I.09</b>	Répartition moyenne mensuelle de l'humidité à la station de Guemar...	13
<b>Fig.I.10</b>	Répartition moyenne mensuelle de vent à la station de Guemar.....	14
<b>Fig.I.11</b>	Position de station de l'ONM: de Guemar sur le climagramme d'Emberger.....	15
<i>Chapitre I : Hydrogéologie</i>		
<b>Fig.II.01</b>	Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement, De la nappe (Cote Marc, 2006).....	19
<b>Fig.II.02</b>	Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique Et les sens d'écoulement (Baba SY et al, 2006).....	20
<b>Fig.II.03</b>	Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al, 2006).....	22
<b>Fig.II.04</b>	Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale (UNESCO, 1972).....	24
<b>Fig.II.05</b>	les stations d'essai dans la vallée.....	25
<b>Fig.II.06</b>	Sondeur de niveau d'eau.....	26
<b>Fig.II.07</b>	courbe de termination du débit critique en fonction des débits et rabattement.....	28

<b>Fig.II.08</b>	Essai de pompage à longue durée à Nakhla el Garbia. Et Gumar.....	30
<b>Fig.II.09</b>	Essai de pompage à longue durée du forage el Nakhla el Garbia.....	31
<b><i>Chapitre III : Étude hydrochimique</i></b>		
<b>Fig.III.01</b>	diagramme de STABLER des eaux de la nappe de CT (Région d'Oued Souf. Janvier. 2014).....	39
<b>Fig.III.02</b>	diagramme de STABLER des eaux de la nappe de CI (Région d'Oued Souf. Janvier .2014).....	39
<b>Fig.III.03</b>	Diagramme de Piper des eaux de la nappe de C T (Région d'Oued Souf, Janvier. 2014).....	40
<b>Fig.III.04</b>	Diagramme de Piper des eaux de la nappe de C I (Région d'Oued Souf, Janvier. 2014).....	40
<b>Fig.III.05</b>	Diagramme de SCHOELER BERKALOFF des eaux de la nappe de CT (Région d'Oued Souf. Janvier .2014).....	41
<b>Fig.III.06</b>	Diagramme de SCHOELER BERKALOFF des eaux de la nappe de CI (Région d'Oued Souf. Janvier.2014).....	41
<b>Fig.III.07</b>	Le couple $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ .....	42
<b>Fig.III.08</b>	Le couple $\text{Ca}^{++}$ , $\text{SO}_4^{-}$ .....	42
<b>Fig.III.09</b>	Le couple $\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ .....	42
<b>Fig.III.10</b>	Le couple $\text{Ca}^{++}$ , $\text{HCO}_3^-$ .....	42
<b>Fig.III.11</b>	Diagramme de Wilcox pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du S.A.R (Nappe CT Région d'Oued Souf. Janvier.2014).....	47
<b>Fig.III.12</b>	Diagramme de Wilcox pour la classification des eaux d'irrigation en fonction du S.A.R (Nappe CI Région d'Oued Souf. Janvier.2014).....	47
<b><i>Chapitre IV : Gestion qualitative des eaux de la nappe du CT et CI</i></b>		
<b>Fig.IV.01</b>	Fig.IV.1 - L'entartrage.....	52
<b>Fig.IV.02</b>	Principe de l'ultrafiltration.....	54
<b>Fig.IV.03</b>	Principe de l'électrodialyse.....	56
<b>Fig.IV.04</b>	les coûts de production du m3 d'eau traitée pour trois procédés.....	57
<b>Fig.IV.05</b>	Principe de l'osmose inverse.....	59
<b>Fig.IV.06</b>	Le système d'AEP.....	64

<b>Fig.IV.07</b>	Schéma proposé pour la distribution.....	65
<b>Fig.IV.08</b>	Schéma de principe UCM simplifié.....	67
<b>Fig.IV.09</b>	L'unité compacte membranaire.....	67
<b>Fig.IV.10</b>	les cinq cartouches des modules UF 120.....	70
<b>Fig.IV.11</b>	la série de rejet.....	70
<b>Fig.IV.12</b>	le filtre à neutralité.....	70
<b>Fig.IV.13</b>	la stérilisation par l'ultra viole.....	71
<b>Fig.IV.14</b>	Localités de 03 stations de déminéralisation proposée.....	73
<b>Fig.IV.15</b>	Sectorisation proposées du Réseau d'AEP de la ville d'El-Oued.....	74

## LISTE DES ABREVIATIONS

- [1] [A.E.P] Alimentation d'eau potable.
- [2] [O.N.M] : Office National Métrologique.
- [3] [A.N.R.H] Agence national des ressources hydraulique.
- [4] [A.D.E] Algérienne des eaux.
- [5] [C.I] Continental Intercalaire.
- [6] [CI] Complexe Terminal.
- [7] [O.N.S] Office National de Statistique.
- [8] [O.I] L'osmose inverse
- [9] [U.f] L'ULTRAFILTRATION
- [10] [N.F] LA NANOFILTRATION
- [11] [U.C.M] L'unité Compacte Membranaire
- [12] [U.V] l'ultra viole
- [13] [TH] Titre Hydrotimétrique

# LISTE DES TABLEAUX

<i>Chapitre I : présentation de la zone d'étude</i>		
<b>Tab(I.01)</b>	Caractéristiques géographiques de la station météorologique de Guema.....	<b>10</b>
<b>Tab (I.02)</b>	Données climatiques de la région d'Oued Souf (1978-2013).....	<b>10</b>
<b>Tab(I.03)</b>	Moyennes mensuelles de la température de l'air à la Station de Guemar.....	<b>11</b>
<b>Tab(I.04)</b>	Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de Guemar (1978/2013).....	<b>12</b>
<b>Tab (I.05)</b>	Répartitions de l'évaporation (1978-2013) à Oued Souf.....	<b>12</b>
<b>Tab(I.06)</b>	Répartition moyenne mensuelle de l'humidité à Oued Souf.....	<b>13</b>
<b>Tab(I.07)</b>	Répartition moyenne mensuelle de la vitesse du vent à Oued Souf.....	<b>14</b>
<i>Chapitre II : Hydrogéologie</i>		
<b>Tab(II.01)</b>	Essais de pompage: forage (Nakhla El-Gharbia) Palier constant. Durée : 72 Heures, Débit : 34 l/s.....	<b>27</b>
<b>Tab(II.02)</b>	Résultats des essais de pompage du Nakla el Garbia.....	<b>27</b>
<b>Tab (II.03)</b>	Essais de pompage du forage : (Guemar) palier constant, durée 72 Heures débit : 40 l/s.....	<b>29</b>
<b>Tab (II.04)</b>	Résultats des essais de pompage du Guemar.....	<b>30</b>
<i>Chapitre III : Étude hydrochimique</i>		
<b>Tab (III.01)</b>	Normes de potabilité de l'O.M.S.....	<b>43</b>
<b>Tab(III.02)</b>	Dureté des eaux en °F (W. THEOBALD et A. GAMA, 1969).....	<b>45</b>
<b>Tab (III.03)</b>	Résultats obtenus après interprétation du diagramme de Richards.....	<b>26</b>
<b>Tab (III.04)</b>	Balance ionique.....	<b>27</b>
<i>Chapitre IV: Gestion qualitative des eaux de la nappe du CT et CI</i>		
<b>Tab(IV.01)</b>	Effet de l'excès des différents paramètres sur la santé des humains.....	<b>51</b>

<b>Tab(IV.02)</b>	Différents composes rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination.....	<b>56</b>
<b>Tab (IV.03)</b>	Les avantages et les inconvénients de la méthode sont regroupés dans le tableau suivant.....	<b>59</b>
<b>Tab (IV.04)</b>	Stations de déminéralisation existant à EL OUED.....	<b>67</b>
<b>Tab (IV.05)</b>	les caractéristiques techniques du forage .....	<b>69</b>
<b>Tab (IV.06)</b>	la caractéristique physico – chimiques d'eau brute.....	<b>69</b>

## ملخص:

الماء عنصر هام مثل الشمس و الارض والمياه الباطنية مثل الدم للارض ولكن عندما نتحدث عن نوعية و صالحية الماء في الطبقات العميقة ومخزونها في المناطق الصحراوية يتبين لنا مدى اهميتها على الطبيعة و الانسان على حد سوى. في هذا البحث درسنا منطقة الوادي وخصائصها الهيدروديناميكية من نفاذية وناقلية، تدفق نوعي، معامل تخزين، باستخدام برنامج ( aquifer test ) وكذلك اجرينا تحاليل كيميائية للعناصر (Na,Ca,Mg,K,HCO<sub>3</sub>,SO<sub>4</sub>,Cl) توصلنا بان المياه العميقة لمنطقة الوادي كثيرة الملوحة و غير صالحة للشرب ولا للسقى بالمقارنة مع معايير منظمة الصحة العالمية. و للحد من هذا المشكل اقترحنا محطة لتحلية المياه لتحسين من نوعية الماء.

## Résumé:

L'eau est un organe comme le soleil et la terre l'eau de forage c'est comme le sang dans la terre mais quant en parle de puieté et la potabilité de l'eau selon le reserves que contiennent le couche profondes dans le regions sahariennes en algerie.

Omni presente et indispensable au maintien de la vie l'eau est l'un des corps chimiques les plus essenceils de notre planet .

Dans ce mémoire l'étude de la region d'eloued et sprificites hydraudynamique perméabilité, transmissivité, débit spécifique, coefficient d'emmagasinement en utilise programme (aquifer test) on à effectuè des analyses chimiques sur les molecules (Na,Ca,Mg,K,HCO<sub>3</sub>,SO<sub>4</sub>,Cl) apartir dune nappe soutraine constate que les l'eau profond de la region d'ElOued est trop sal donc non seulement non potable mai aussi non utilesable pour l'irrigation en egucultue suivant les norms de l'OMS .

Pour réduire ce problème, nous avons proposé une usine de dessalement d'améliorer la qualité de l'eau.

## Summary:

Water is a body like the sun and the earth bore water is like blood in the earth but as talks of puieté and potability of water by reserves that contain the deep layer in the Saharan regions in Algeria.

Omni present and essential to maintaining life water is one of the most essenceils our planet chemical body.

In this paper the study of the region and of eloued sprificites hydraudynamique permeability, transmissivity, specific yield, storage coefficient used in the program (aquifer test) was performed chemical analysis on molecules (Na, Ca, Mg, K , HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl) apartir dune sheet soutraine finds that the deep water of the region is too eloued sal therefore not only unsafe may also not utilesable for irrigation egucultue following the norms of OMS.

To reduce this problem, we proposed a desalination plant to improve water quality.

# **INTRODUCTION GENERALE**

# INTRODUCTION

---

L'eau est un élément cosmique, au même titre que le soleil et la terre, elle est la condition de la vie. Malheureusement, dans plusieurs régions algériennes (surtout celles situées au Sahara, sont confrontées aujourd'hui à des problèmes liés à des aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eau.

La qualité des eaux souterraines au Sahara diffère d'une région à une autre et d'un aquifère à un autre mais d'une manière générale la qualité des eaux dans les différentes régions sahariennes et notamment, celles situées au centre et au nord du Sahara (Ouargla, El oued, Biskra etc...) est de mauvaise qualité surtout celle destinée pour l'alimentation en eau potable dans la région de Oued Souf.

La vente de l'eau par camion transportée par des commerçants privés à partir de points d'eau très éloignés des centres urbains, dont leur teneur en sels.

est certes relativement moins chargée mais qui peuvent présenter par contre des problèmes de salubrité. Cette situation alarmante l'absence de maîtrise l'organisation de distribution et de disponibilité en eau de bonne qualité.

L'utilisation des eaux chaudes de l'Albien, notamment dans la région de Oued Souf crée des problèmes d'obstruction par entartrage des canalisations destinées pour l'irrigation ou l'AEP et ce malgré le refroidissement des eaux. Le tartre est constitué des incrustations dures adhérentes aux parois des canalisations formant un aspect cristallin de dépôts.

Cette étude contient les composants suivants:

Dans le premier chapitre, la situation géographique géologie le relief et l'étude des paramètres climatiques de la vallée de Oued souf.

Dans le deuxième chapitre, présente les trois nappes. La Nappe phréatique le Complexe Terminal et Continental Intercalaire ainsi que l'étude hydrodynamique de la nappe complexe Terminal.

Dans le troisième chapitre, nous allons examiner les caractéristiques hydro- chimiques pour 14 forages de la nappe (CT) et 03 forages de la nappe (CI) dans la région de Oued Souf, et vous savez l'aptitude de cette à la potabilité et à l'irrigation.

**CHAPITRE I**  
*Présentation de La zone  
d'étude*

## 1.1. INTRODUCTION.

Le paysage traditionnel du souf est marqué par la beauté. Beauté spécifique, car l'originalité du souf, établissement humain créé dans un erg, est grande. Mais sa splendeur n'est pas seulement dans le mouvement des dunes ocre ou blanches de l'erg, elle est aussi dans une création humaine, inattendue.

El Oued: la ville aux mille coupoles, capitale du Souf, son architecture s'y distingue de celle des autres villes sahariennes, Au lieu des terrasses, ce sont des coupoles qui couvrent les maisons. mais ses efforts ne sont pas vains car l'ensoleillement est maximum.

## 1.2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La région de Oued Souf appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de la faible altitude est située au Sud-est du pays. Elle forme une wilaya depuis 1984 et couvre une superficie totale de 4 458 680 ha.

Elle est limitée :

- au Nord par la wilaya de Khenchela
- au Nord-Est par la wilaya de Tébessa
- au Nord-Ouest par la wilaya de Biskra
- à l'Ouest par la wilaya de Djelfa
- au Sud et à l'Ouest par la wilaya d'Ouargla
- à l'Est par la Tunisie.

Cette région tire son originalité de son architecture typique, caractérisée par les coupoleet par ses palmeraies plantées dans les ghouts.

La vallée de Souf c'est pas un bassin versant mais une unité de ressource en eau qui est délimitée :

- Au Sud par la mer de dunes du grand erg oriental
- A l'Est par une série de chotts
- A l'Ouest par l'Oued Righ (fleuve de fossile) et par la ligne de palmeraie qui court de Biskra à Touggourt .

Elle est délimitée donc par les coordonnées Lambert suivantes :

- X = 275 200 / 322 000
- Y = 3 665 000 / 3743 000

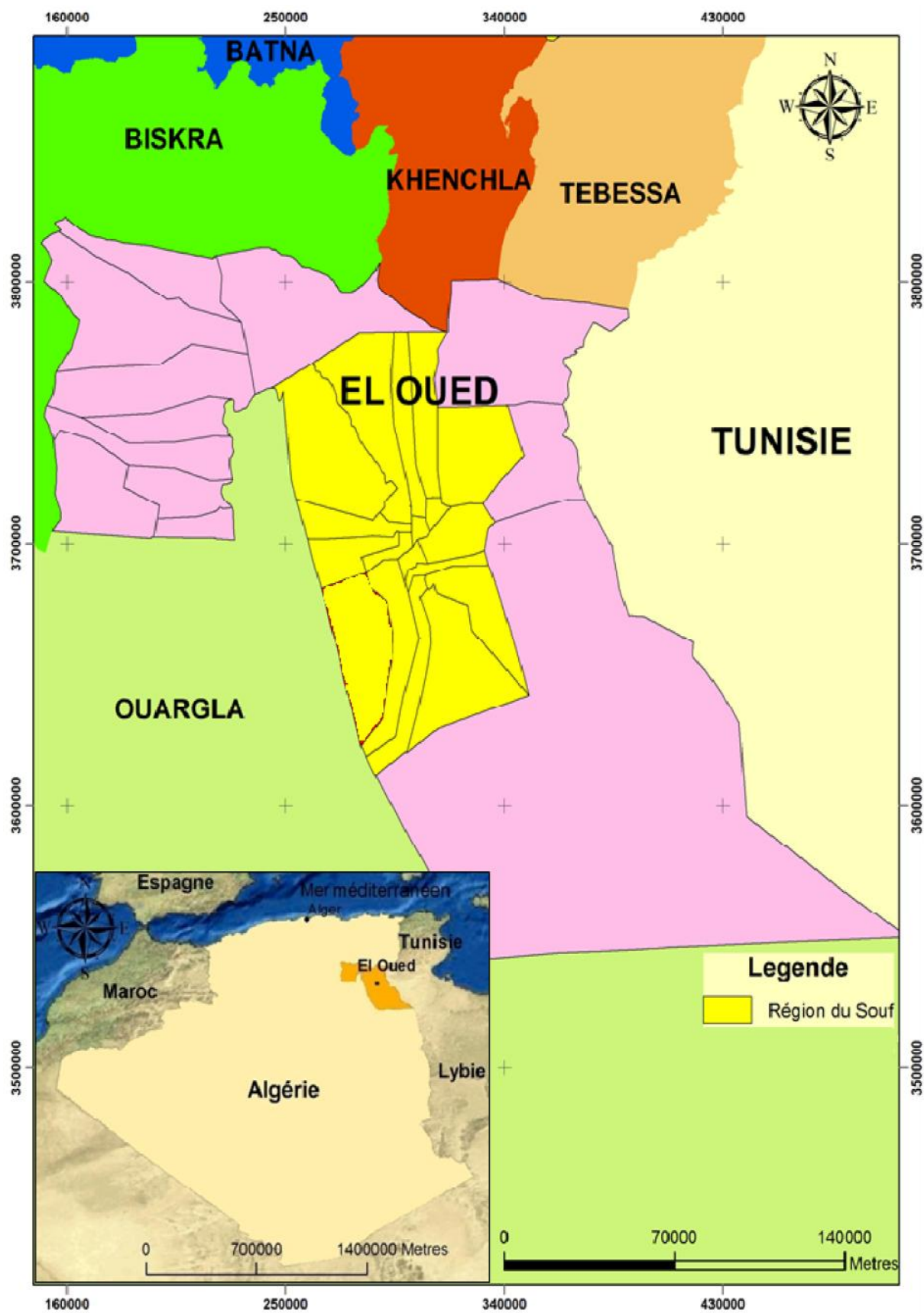


Fig.I.01- Situation géographique de la zone d'étude

### **I.3. GÉOLOGIE DE LA VALLÉE D'OUED SOUF**

La ville de Oued souf se situent dans une mer de sable de couleur jaune ocre, issue de dépôts quaternaires, D'après (Cornet 1961 et 1964 et Bel et al 1966) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre. Sur la base d'une carte géologique et de la coupe d'un forage de l'Albien (l'ANRH 2005) de la ville de Oued Souf, nous allons donner les principaux étages repérés dans cette région (Fig.1.4 et 1.5):

#### **I.3.1. Formation de l'ère Secondaire :**

- **Le Barrémien:**

Il est représenté par une alternance de grès et des passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique. On rencontre également des sables avec la présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 m.

- **L'Aptien:**

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

- **L'Albien:**

Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès, de sables et par des calcaires avec des passages de silex et d'argile. La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de forages réalisés dans l'Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

- **Le Vraconien:**

C'est une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo carbonaté, constitué principalement par une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. L'épaisseur de cet étage varie entre 250 et 300 m.

- **Le Cénomaniens:**

Le Cénomaniens est formé par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cette couche joue le rôle d'un écran imperméable.

- **Le Turonien:**

Cet étage représente la base du complexe terminal. Il est généralement carbonaté et

Composé par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes Avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes.

Les forages de la région montrent que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois les 650 mètres.

- **Le Sénonien:**

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

- **Sénonien lagunaire:**

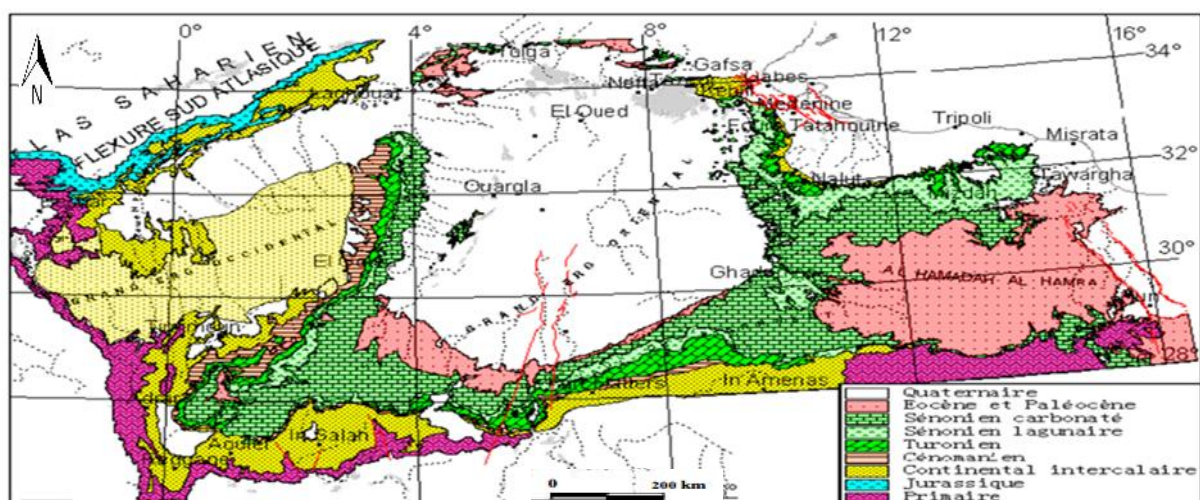
La limite de ce sous étage est bien visible. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles où ces derniers sont carrément différenciés de ceux du Turonien.

Il est constitué également d'anhydrite, de calcaires dolomitiques, d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine les 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation d'anhydrite.

- **Le Sénonien carbonaté:**

Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations de marnes et d'argiles, plus rarement d'anhydrite. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres.

Il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le Sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentent des calcaires de même nature avec présence de



**Fig.I.02.** Carte géologique du Grand Erg Oriental, (Baba .sy, 2005)

### I.3.2. Formations de l'ère Tertiaire :

- **L'Eocène:**

L'Eocène comme pour le Sénonien, est formés par deux ensembles distincts du point de vue lithologique:

- L'Eocène carbonaté à la base, formée par un très puissant ensemble calcaire.
- L'Eocène évaporitique au sommet est constitué par une alternance de calcaires, d'argile et d'anhydrite.

- **Le Miopliocène:**

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

- **Quaternaire**

Il est représenté par des dunes de sable récentes, On y trouve des grès beiges ou blanchâtres, des sables fins à moyens de couleur beige et de paillettes de gypse, Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien.

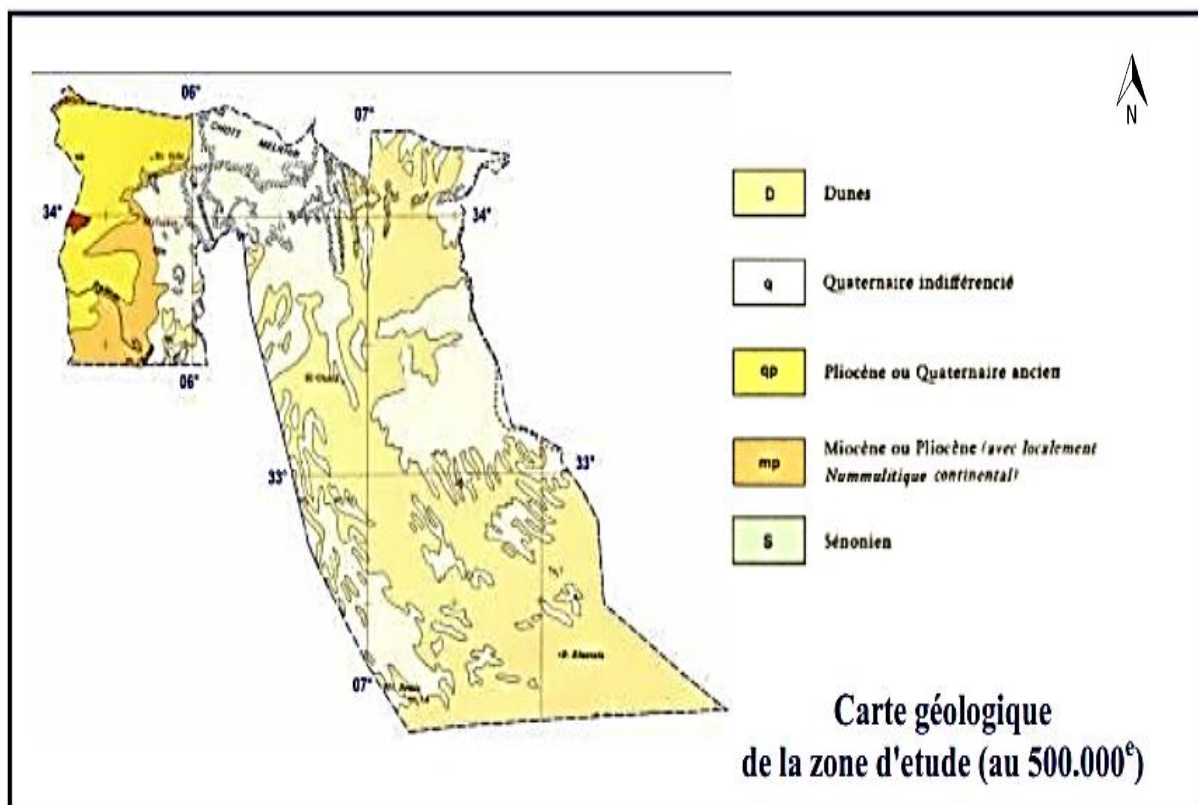


Fig.I.03. Carte géologique de la zone d'étude (ANRH-2010)

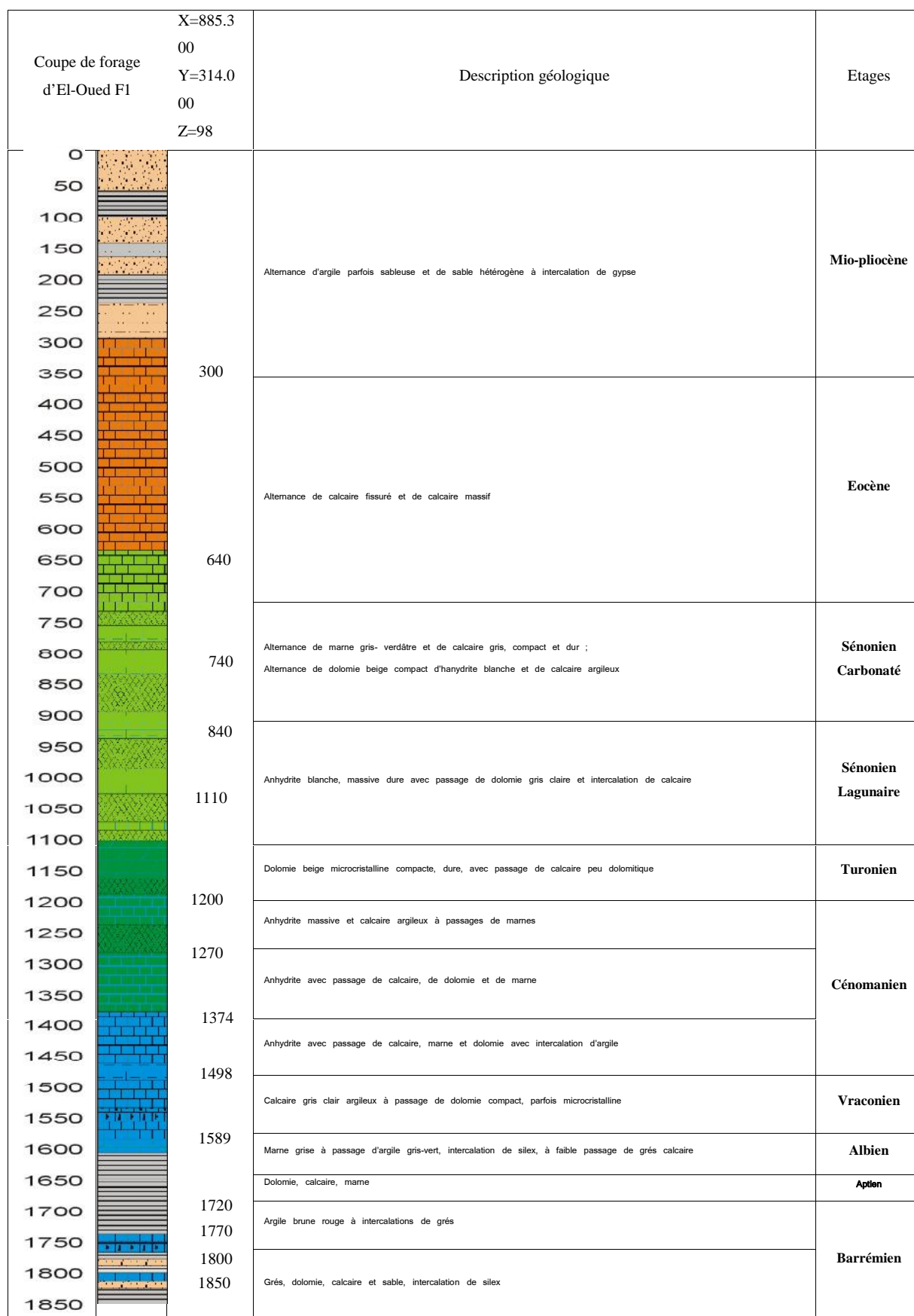


Fig.I.04 - La lithostratigraphie du forage F1, (ANRH, 2005)

I.4. RELIEF :

Le relief du Souf est presque tout entier compris entre deux lignes orientées Est Ouest ; la première au Nord est la courbe des 50 m, et la seconde au sud, celle des 100 m .

une troisième ligne, relie les points de 75 m, est parallèle à ces deux lignes en leur Milieu. La courbe de niveau des 50 m passe par Réguiba, Magrane et Hassi khalifa (Fig.I.05). Celle des 75 m relie Guémar à Z'goum et la courbe de 100 m, Oued-Ziten Amiche et El-Ogla (Voisin A.R, 1970).

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

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



Fig.I.05. Carte topographique du Souf (Voisin A.R, 2004).

## I.5. ETUDE DES PARAMETRES CLIMATIQUES.

Pour cette étude, les séries des données, qui sont à la base de la détermination des différents paramètres climatiques, ont été enregistrées à la station pluviométrique de Guemar (Tableau. I.01.)

**Tableau I.01.** Caractéristiques géographiques de la station météorologique de Guemar.

Station	Coordonnées		Altitude (m)
	Longitude	Latitude	
Guemar	06°47' E	33°30' N	63

**Tableau I.02.** Données climatiques de la région d'Oued Souf (1978-2013).

Paramètre Mois	Température			Précipitation (mm)	Evaporation (mm)	Humidité (%)	Vent (m/s <sup>-1</sup> )
	T <sub>min</sub> °C	T <sub>max</sub> °C	T <sub>moy</sub> °C				
janvier	8.5	13.7	10,43	12,83	80,30	64,87	1,83
Février	10.8	15.6	12,81	6,93	93,10	56,22	2,34
Mars	10.25	18.9	16,38	12,97	167,70	49,49	2,85
Avril	10.9	29.9	20,19	7,90	203,00	43,43	3,08
Mai	22,00	28.7	25,28	4,14	288,50	38,50	3,07
Juin	20.3	39.3	30,09	1,84	337,70	34,74	2,92
Juillet	27.4	35.8	32,84	0,18	361,50	31,90	2,45
Août	30.8	34.7	32,78	1,71	321,30	34,63	2,17
Septembre	26.2	31.8	28,44	5,94	184,20	46,93	2,20
Octobre	18.6	24.8	22,27	6,35	144,80	52,72	1,69
Novembre	12.4	25.1	15,75	7,86	105,20	60,04	1,60
Décembre	8.5	14,00	11,03	7,13	87,30	66,81	1,56
Moyenne	17.22	26.02	21,52	75,78	2374,60	48,36	2,31

\* Cumulé annuel

(O.N.M. El Oued Guemar, 2014)

### I.5.1- La température

L'étude hydrogéologique de la zone d'étude devrait comporter l'analyse du caractère thermique, car l'étude de l'évolution de la température est d'une grande importance dans l'estimation de l'évaporation et de l'évapotranspiration ce paramètre rend compte également de son apport d'énergie à la végétation au pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées et enfin, il est à l'origine du fonctionnement du cycle de l'eau .

Le Souf est caractérisé par des étés brûlants qui sont aussi durs que ceux qui s'observent dans le Sahara central.

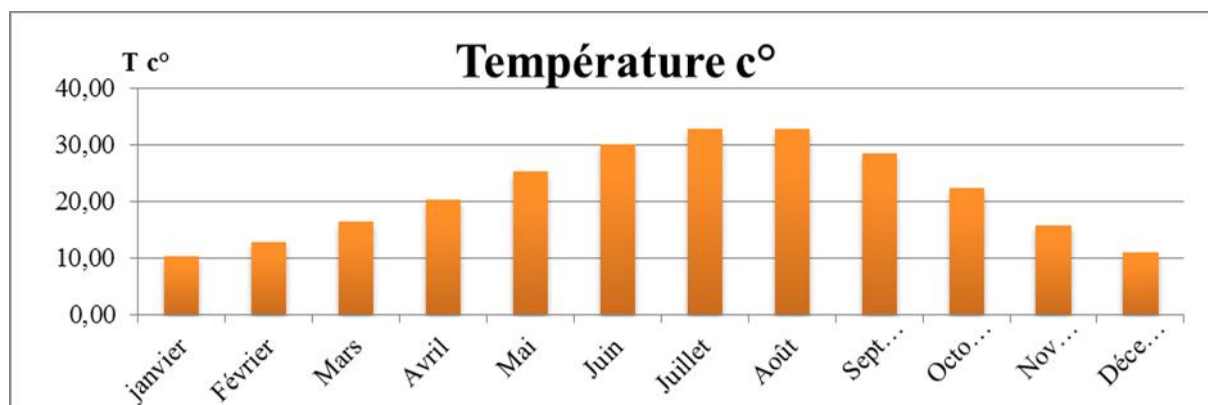
### I.5.2. La température moyenne mensuelle interannuelle

La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de janvier de (10.43 °C) alors que la période chaude commence à partir du mois de mai et s'étale jusqu'au mois de septembre avec un maximum pendant le mois de Juillet (32.84°C). La moyenne annuelle est de l'ordre de 21.52°C .

Le tableau 2.2 récapitule les températures moyennes mensuelles interannuelles, qui ont été reportées également dans la figure 2.1.

**Tableau.I.03.** Moyennes mensuelles de la température de l'air à la Station de Guemar

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
T moy (°C)	28.44	22.27	15.75	11.03	10.43	12.81	16.38	20.19	25.28	30.09	32.84	32.78	21.52
<b>(ONM-2014)</b>													



**Fig.I.06.** Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la température à la station de Guemar (1978/2013)

### I.5.3. La pluviométrie.

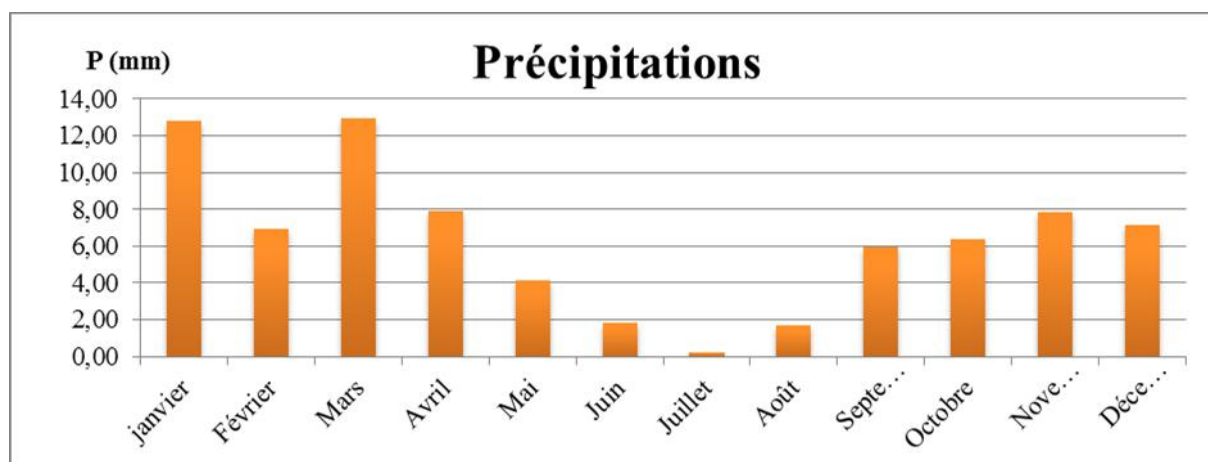
L'étude de la pluviométrie présente un intérêt considérable dans l'hydro climatologie qui permet de faire une description des régimes pluviométriques d'une part et d'analyser l'écoulement d'autre part, la lame d'eau globale tombée, à une influence sur la variation des niveaux d'eau souterraine à travers la zone d'étude .

### I.5.4. Répartition moyennes mensuelles des pluies.

Le tableau (I.03) et la figure (I.06) récapitule la répartition des moyennes mensuelles des relevés pluviométriques à la station de Guemar sur la période de 35 ans.

**Tableau.I.04.** Répartition des précipitations moyennes mensuelles à la station de Guemar (1978/2013)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
P moy (mm)	5.94	6.35	7.86	7.13	12.83	6.93	12.97	7.9	4.14	1.84	0.18	1.71	75.78
<b>(ONM-2014)</b>													



**Fig.I.07.** Répartition des précipitations moyennes mensuelles annuelles  
À la station de Guemar (1978/2013)

Nous observons que tout au long de ces 35 ans, une grande irrégularité des précipitations moyennes mensuelles avec un maximum de l'ordre de 12.97 mm enregistré pendant le mois de mars, un minimum de l'ordre de 0.18 mm enregistré pendant le mois de juillet, et une précipitation moyenne annuelle de 75.78 mm.

#### **I.5.5.L'évaporation.**

En zone aride, l'évaporation et la transpiration sont les mécanismes majeurs de perte en eau. Le tableau I.04 et la figure I.07 récapitulent les répartitions de l'évaporation dans la station sur une période de (35 ans).

**Tableau I.05.** Répartitions de l'évaporation (1978-2013) à Oued Souf.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
Eva (mm)	184.20	144.80	105.20	87.30	80.30	93.10	167.70	203	288.50	337.70	361.50	321.30	2374.60
<b>(ONM-2014)</b>													



**Fig.I.08.** Répartitions de l'évaporation à Oued Souf (1978/2013)

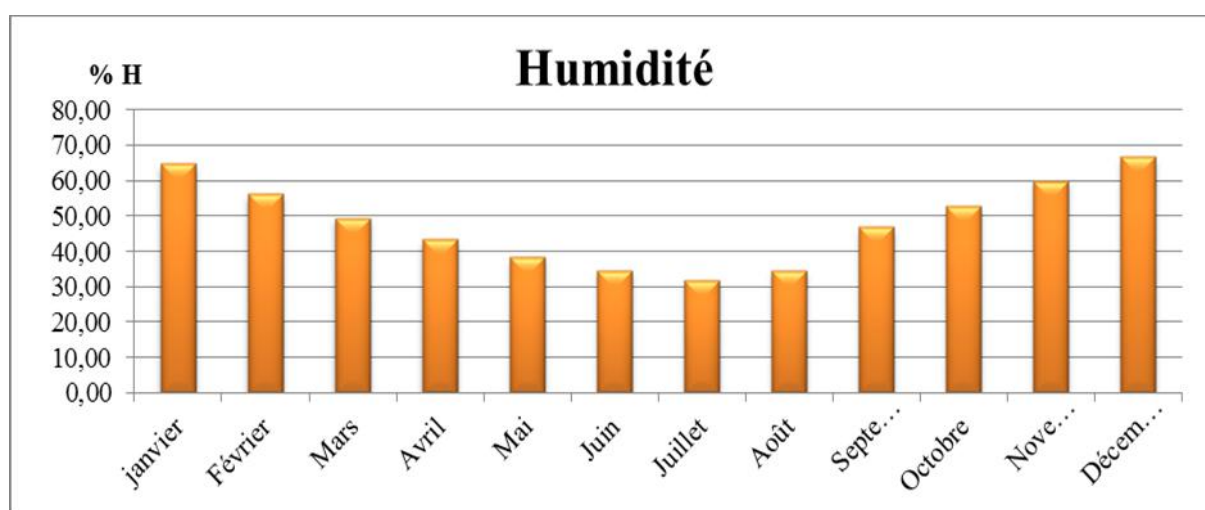
**I.5.6. L'humidité.**

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de la vapeur d'eau qui se trouve dans l'atmosphère. Dans la région de Oued Souf l'humidité de l'air est faible et la moyenne annuelle est de 48.36 %. Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 34.74% pendant le mois de Juillet, et ceci sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds; alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 66.81% au mois de Décembre (Tableau.I.06 et figure I.08).

**Tableau.I.06.** Répartition moyenne mensuelle de l'humidité à Oued Souf

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
H (%)	46.93	52.72	60.04	66.81	64.84	56.22	49.49	43.43	38.50	34.74	31.90	34.63	48.36

(ONM-2014)



**Fig.I.09.** Répartition moyenne mensuelle de l'humidité à la station de Guemar

### I.5.7. Le vent.

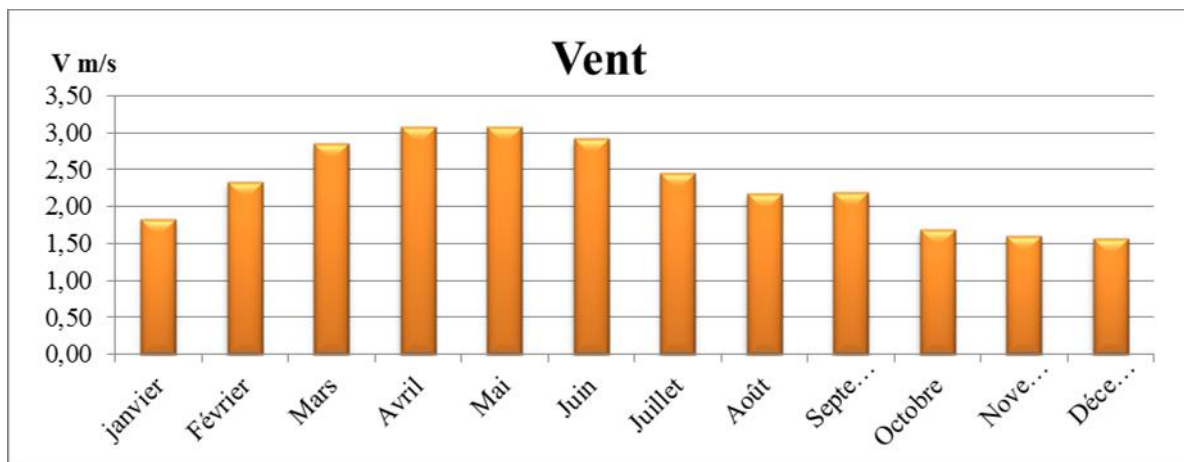
Selon le tableau (I.07), nous remarquons que les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant du mois de avril jusqu'au mois de juin, avec un maximum de  $3.08 \text{ m.s}^{-1}$  durant le mois de avril.

Les vents Est et Nord-Est prédominent, puis avec un degré moindre ceux de direction Ouest et Sud-Ouest (sirocco) caractérisés par une température élevée. Généralement, c'est au printemps que les vents sont les plus forts (période de pollinisation des palmiers), ils sont chargés de sables éoliens donnant au ciel une teinte jaune et peuvent durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse allant de 30 à 40 Km / h.

**Tableau.I.07.** Répartition moyenne mensuelle de la vitesse du vent à Oued Souf

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
Vitesse moy (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

(ONM 2014)



**Fig.I.10.** Répartition moyenne mensuelle de vent à la station de Guemar

### I. 5.8. Climagramme d'Emberger :

$$Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : Total de température du mois le plus chaud (°C), c'est le mois d'août .

m : Total de température du mois le plus froid (°C), c'est le mois de janvier .

Application numérique :

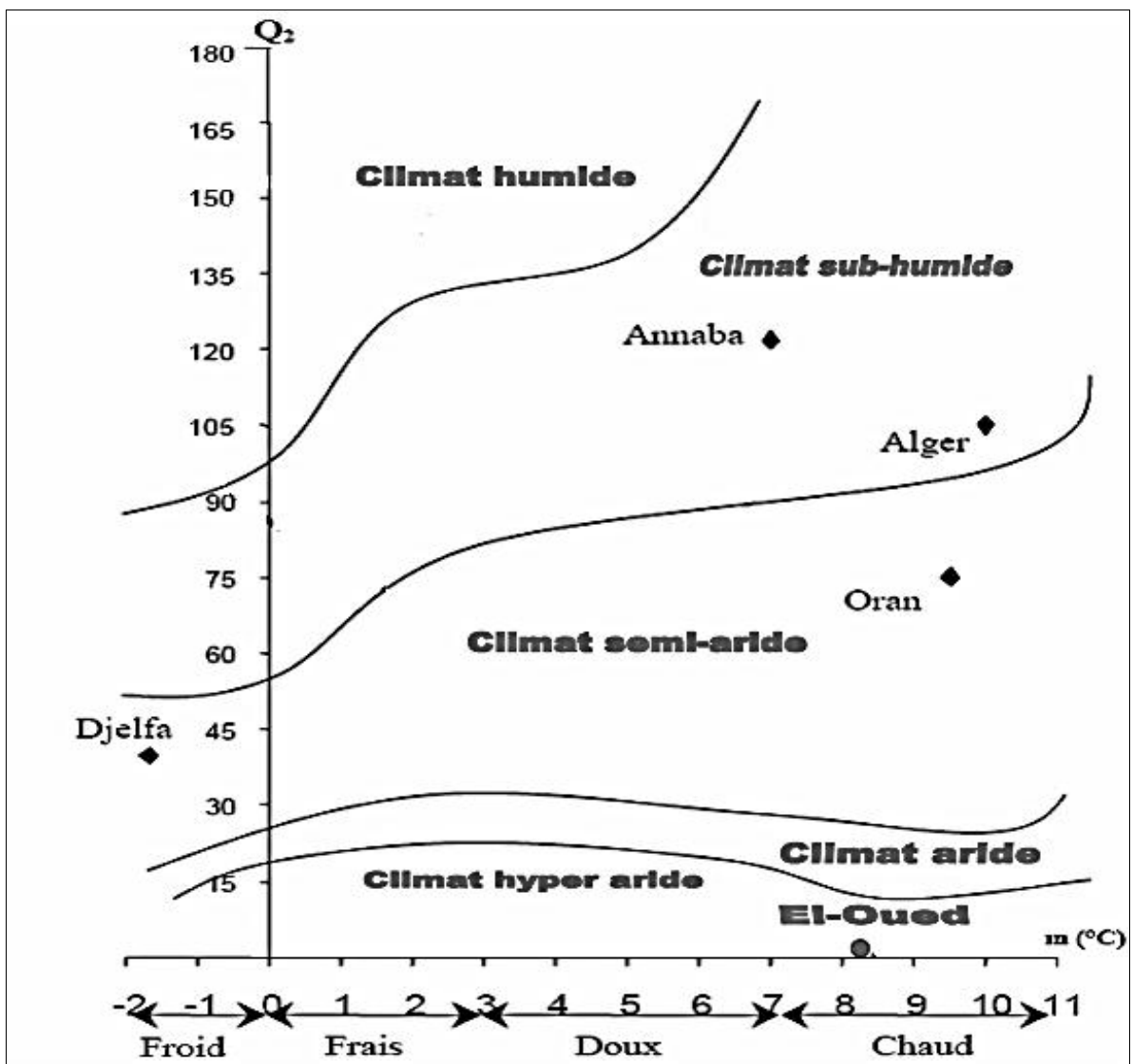
$M = 948.9 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$m = 298.7 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$$Q = \frac{2000 \times 75.78}{1149.4^2 - 365.05^2} = 0.12$$

La température minimale enregistrée pendant le mois de janvier au cours des 35 ans dans cette station est  $8.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Donc la position de la station de Guemar sur le climagramme se situe aux coordonnées suivantes (8.4 ; 0.12)



**Fig.I.11.** Position de station de l'ONM: de Guemar sur le climagramme d'Emberger.

**I.5.9. Indice d'aridité:** Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en ( $^\circ\text{C}$ ), en appliquant la formule suivante :

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

I : Indice d'aridité.

P : Précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

$$P = 75.78 \text{ mm} ; T = 21.52 \text{ °C} \quad i = \frac{75.78}{21.52+10} = 2.4 \text{ mm/°C}$$

Sur la base des fourchettes de l'indice d'aridité fixées par De Martone, nous pouvons tirer

Le type de climat de notre région d'étude .

$I < 5$ .....Climat hyper-aride

$5 > I < 7.5$ .....Climat désertique

$7.5 > I < 10$ .....Climat steppique

$10 > I < 20$ .....Climat semi-aride

$20 > I < 30$ .....Climat tempéré

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

### **I.6. Conclusion:**

Dans ce chapitre, nous avons présenté la situation géographique et les caractéristiques géologiques et le relief de la région de Oued Souf (Sud-Est de l'Algérie).

L'étude climatique de cette région nous présente:

La synthèse des données climatiques nous permet de distinguer que la région est caractérisée par un climat hyper aride de type saharien, présenté par une irrégularité annuelle et interannuelle par deux périodes différentes.

L'une est sèche et chaude se prolonge entre le mois de mars et novembre et l'autre est humide et froide s'étale entre novembre et février.

Le mois le plus humide est décembre caractérisé par une forte humidité (66.81%) et le mois le plus sec est juillet caractérisé par une faible humidité (moyenne de 31.90 %).

Les vitesses des vents les plus élevées sont enregistrées durant la période allant du mois d'avril jusqu'au mois de juin, avec un maximum de  $3.08 \text{ m.s}^{-1}$  durant le mois de avril.

En zone aride, l'évaporation et la transpiration sont les mécanismes majeurs de perte en eau.

***CHAPITRE II***  
***Hydrogéologie***

## II.1.INTRODUCTION

La vallée du Souf, regroupe un certain nombre d'oasis au sein du GrandErg 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, 1972) distinguent généralement deux ensembles géologiques qui contiennent les ressources en eau souterraine d'épaisseur et de caractéristiques hydrogéologiques variables.

## II.2 CADRE HYDROGÉOLOGIQUE GENERAL:

La nappe phréatique du Souf, contenue dans le réservoir sableux superficiel quaternaire, représente la principale ressource hydrique pour l'irrigation des palmeraies. Elle est exploitée par des puits traditionnels au nombre de 10 000 puits selon l'enquête effectuée en 1993 par l'A.N.R.H, de Ouargla.

Dans le Sahara Septentrional, les nappes aquifères les plus sollicitées sont la nappe du Continental Intercalaire (C.I) et celle de Complexe Terminale (C.T).

### II.2.1.LA NAPPE PHRÉATIQUE

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

L'alimentation de la nappe phréatique dans la zone d'étude est assurée par l'infiltration des eaux de forages profonds (CT et CI) et par les rares et faibles précipitations typiquement sahariennes.

Les études passées montrent d'une manière générale, comme d'ailleurs dans tout le Bas-Sahara que le sens de l'écoulement des eaux de la nappe libre suit celui de la nappe du Complexe Terminal, c'est-à-dire du Sud vers le Nord (Fig.II.1).

L'aquifère quaternaire du Souf présente une épaisseur moyenne de 40 m. Son substratum est structuré en de nombreuses dépressions, dômes et sillons. Il affleure au Nord-ouest de la région de Foulia et se situe à moins de 10 m de profondeur à l'extrémité Nord-est de la région d'étude. Cette nappe a engendré un problème néfaste pour l'environnement dans certaines zones de la vallée. La nappe monte dans les zones de recharge, sous les agglomérations et baisse dans les zones irriguées à partir de la nappe phréatique.

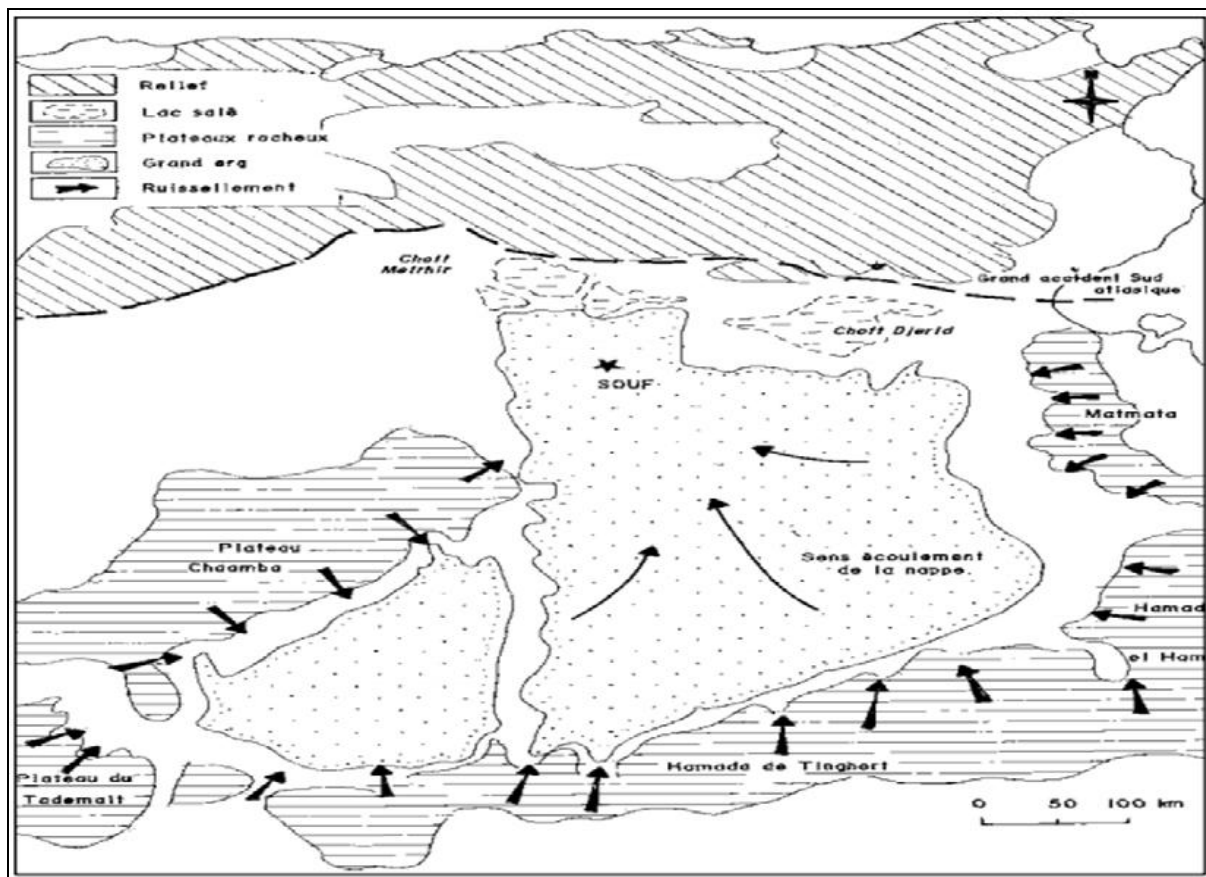


Fig.II.1- Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement

De la nappe (Cote Marc, 2006)

### II.2.2.COMPLEXE TERMINAL

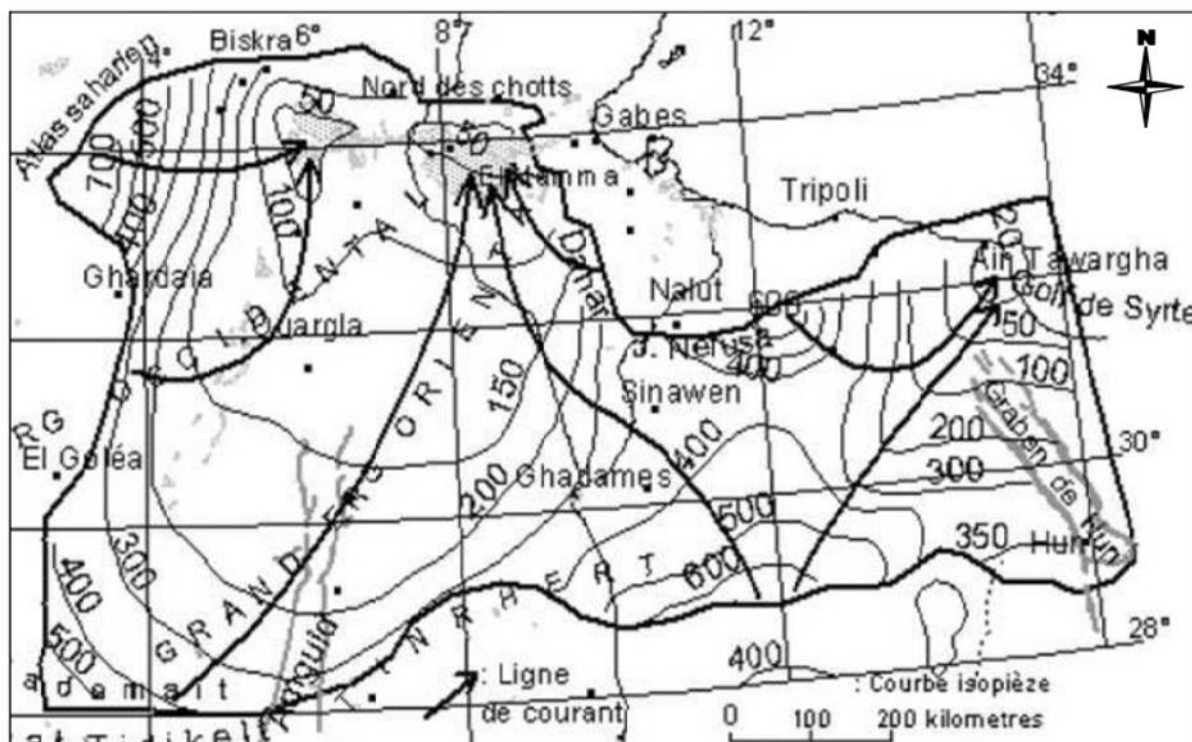
Le terme « Continental terminal » désignait les formations continentales argileuses et sableuses du Miopliocène. Mais d'après BEL et DEMARGNE (1966) : « La nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du Miopliocène est plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et du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

C'est avec le projet ERESS que l'on verra apparaître la notion du « Complexe Terminal », appellation publiée pour la première fois par BEL et Cuhe (1969) : ce terme de « nappe du Complexe Terminal » qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique. Les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Miopliocène sont évidentes sur l'ensemble du Bassin, à l'exception de la région des Chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler. La nappe turonienne

est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien lagunaire. Cependant, ces niveaux concordent avec ceux du Sénonien ou du Miopliocène sur la bordure du bassin. Les terrains constitutifs du Complexe Terminal s'étendent sur une superficie de 350 000 km<sup>2</sup> d'environ (Fig.II.2) en Algérie et en Tunisie couvrant ainsi essentiellement la majeure partie du bassin oriental et l'ensemble du Sahara septentrional, depuis la Saoura à l'Ouest jusqu'au Graben de Hun (et même jusqu'au Golfe de Syrte) à l'Est, depuis l'accident Sud-Atlantique au Nord jusqu'au flanc Nord des plateaux de Tademaït et du Tinhert en Algérie, de

Gargaf (Nord du Fezzan) en Libye. Son extension longitudinale est donc au moins égale à celle du Continental Intercalaire (1600 km), tandis que sa hauteur dans le sens Nord-Sud est plus réduite (600 km) (BRL-BNEDER, 1992).

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



**Fig.II.2-** Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique

Et les sens d'écoulement (Baba SY et al, 2006)

Dans le Sud tunisien et en Libye cette direction d'écoulement vers le Nord-Ouest puis vers le Nord se poursuit, avec un fort gradient en Libye par suite de la réduction de transmissivité du réservoir (BRL-BNEDER, 1992).

D'après Baba SY (2005), les nappes du Complexe Terminal sont essentiellement alimentées sur les bordures relativement arrosées du bassin, par infiltration directe sur les affleurements calcaires (Sénonien, Eocène inférieur Turonien), ou à travers des nappes d'inféro-flux des oueds : bordure Sud-atlasique, M'Zab, Jebel Tebaga, Dahar, Jebel Nefousa. Dans les deux grands sergs (Occidental et Oriental), par infiltration de pluies exceptionnelles à travers des formations dunaires perméables (BRL-BNEDER, 1992). Et à l'Est du Djérid la partie nord de la "chaîne" des Chotts est considérée comme source de recharge potentielle.

Les zones d'exutoire sont principalement centrées sur les Chotts Algéro-Tunisiens et sur le Golfe de Syrte, où les nappes sont artésiennes sous couverture semi-perméable peu épaisse (Fig.II.4). Les sources constituent également un autre exutoire. La plupart d'entre elles ont aujourd'hui disparu à cause de la baisse du niveau des nappes, et les seules qui subsistent, se localisent dans les chotts.

Le premier forage profond artésien de prospection fut exécuté en 1953 à Sif El Menadi (90 Km N.O. d'El Oued). Foré à 435 m de profondeur, il a débité quelques 4 m<sup>3</sup>

Par minute et a permis la première plantation de palmiers irrigués (Najah A, 1970).

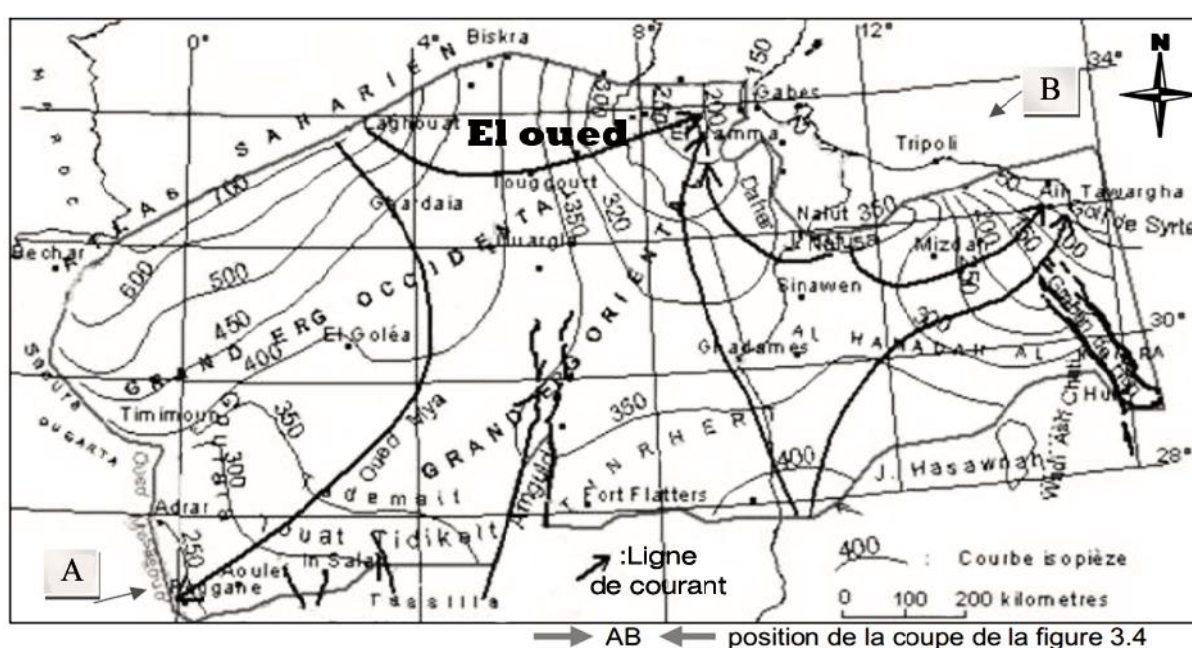
Dans la région du Souf, l'eau jaillit depuis le printemps 1956 d'un forage exécuté à El-Oued, à près de 300 m de profondeur; le débit est assez faible (3,3 litres/seconde) et la pression au sol est assez réduite (+2,4 mètres) (Voisin A.R, 2004). Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En effet, il est possible d'y distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables. Ces trois corps sont représentés par les calcaires et les dolomies du Sénonien et de l'Eocène inférieur, par les sables, les grès et les graviers du Pontien, et par les sables du Mio-Pliocène.

La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 100 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m. Elle est exploitée par 102 forages dans la région de Oued Souf d'après l'inventaire et l'enquête sur les débits extrait dans la Wilaya d'El Oued (B.G 2002).

### II.2.3. NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE

On appelle du “ Continental Intercalaire ” englobe au sens large l'ensemble des dépôts sédimentaires d'un long épisode continental intercalé entre les deux cycles marins du Paléozoïque et du Crétacé supérieur. A cette définition stratigraphique, qui présente l'inconvénient d'englober des épisodes lagunaires voire franchement marins, nous préférons emprunter la définition hydrogéologique plus classique d'un continental intercalaire au sens strict réduite aux seuls dépôts clastiques (argilo-gréseux) véritablement continentaux constituant un réservoir plus ou moins homogène rempli d'eau douce. Ces dépôts, d'âge Crétacé inférieur, recouvrent en discordance des terrains d'âges variés allant du toit du Primaire à l'Ouest (le mur du Continental Intercalaire correspondant ici avec la discordance hercynienne) au toit du Néoconien à l'Est. Le toit du réservoir correspond à la base du Cénomaniens argileux à l'Ouest, de L'Albien argileux à l'Est.

Le Continental Intercalaire constitue le réservoir profond du Sahara septentrional. Il s'étend sur plus de 600 000 km<sup>2</sup> sur les seuls territoires algériens et tunisiens, depuis l'accident Sud-atlasique au Nord jusqu'aux affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tihert au Sud. Limité à l'Ouest selon un axe Béchar - Reggane, sa prolongation vers l'Est en Libye sous la Hamada al Hamra jusqu'au Graben de Hon couvre encore quelques 250 000 km<sup>2</sup> supplémentaires (BRL-BNEDER, 1992).



**Fig. II.3-** Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al, 2006)

Baba SY et al. (2006) met en évidence les zones d'alimentation qui sont:

- piémont sud atlasique au Nord-Ouest,
- Tinrhert au Sud.
- Dahar à l'Est.
- Jebel Nafusa au Nord-est.
- Jebel Hassawna au Sud.

où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le nord par la nappe du Continental Intercalaire (Fig.II.3).

L'exutoire naturel principal de l'aquifère est situé en Tunisie. Il consiste en des remontées verticales par failles dans la zone du Chott Fedjaj et grâce à un écoulement vers la nappe de la Geffara tunisienne par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine. Les bordures occidentales et méridionales du Tademaït constituent également une zone d'exutoire naturelle importante probablement jalonnée anciennement par des sources, dont les foggaras ont pris la relève. L'eau non captée s'évapore dans un chapelet de sebkhas qui occupent le fond des dépressions du Gourara, du Touat et du Tidikelt. Par ailleurs, des transferts verticaux à partir du Continental Intercalaire vers le Complexe Terminal existent peut-être à la faveur des fractures qui jalonnent la dorsale d'Amguid-El Biod. Sur le reste du domaine, mis à part la zone de communication possible avec le Complexe Terminal sur le Grand Erg Occidental (Fig.II.4), le toit de la formation, constitué d'une épaisse couche d'argile et d'anhydrite, est parfaitement imperméable et isole complètement les deux réservoirs. L'exploitation du Continental Intercalaire s'est d'abord effectuée, depuis de longs siècles des exutoires artificiels, par le système traditionnel des foggaras, introduits sur la bordure du plateau du Tademaït dès le X<sup>e</sup> siècle (UNESCO, 1972a BRL-BNEDER, 1992).

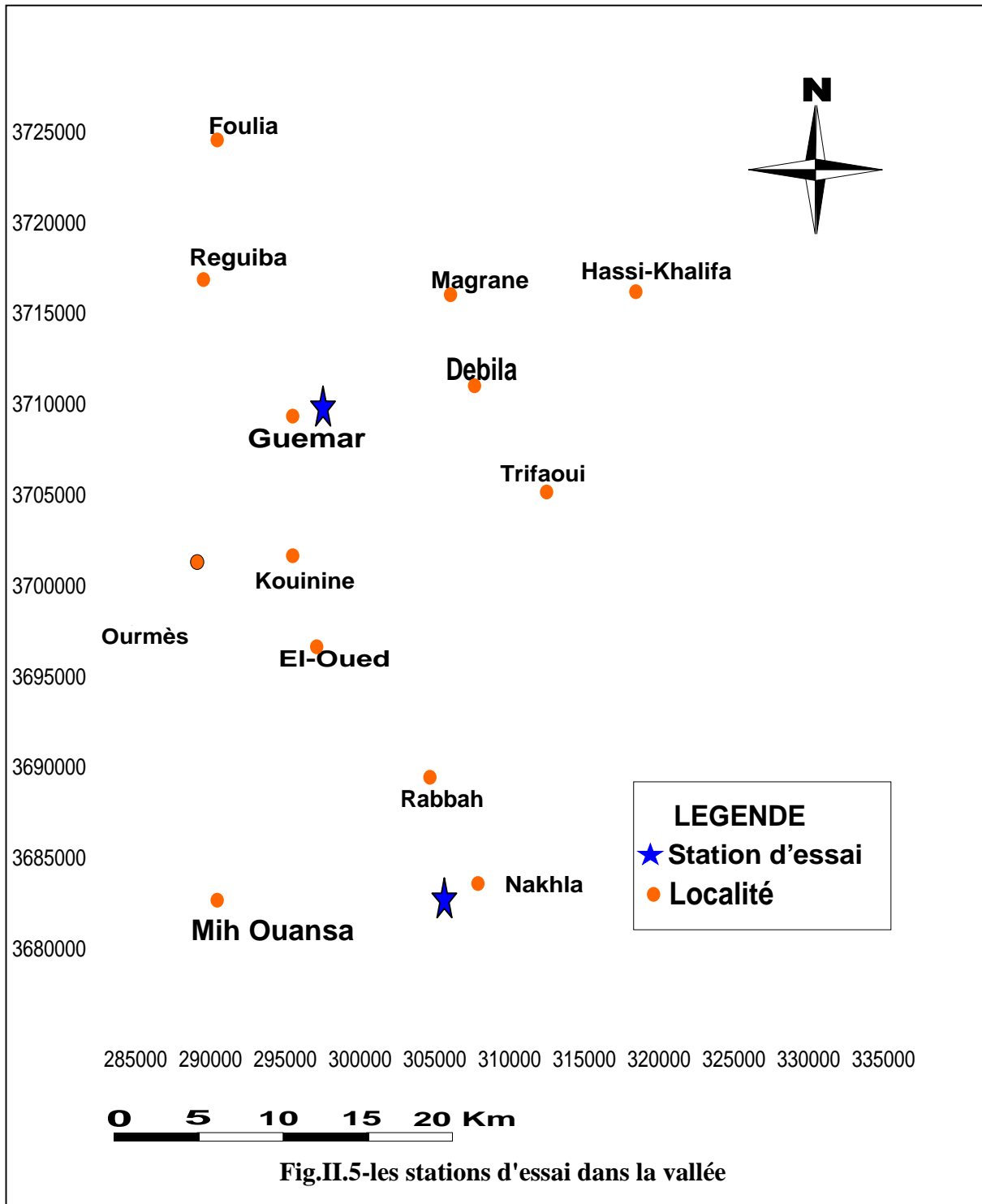
La formation du Continental Intercalaire est représentée par des dépôts artésiens. La commune d'El-Oued exploite cet aquifère par deux forages artésiens pour l'AEP d'un débit cumulé de 340 l/s et une température avoisinant les 70 °C.



**II.3. ETUDE CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DU NAPPE COMPLEXE TERMINAL.**

**II.3.1. LES ESSAIS DE POMPAGE :**

Des essais de pompage par paliers et de longue durée ont été réalisés sur 2 forages de la nappe (Complexe Terminal) répartis dans la zone d'étude de la vallée du Souf, à forage : Nakhla El-Gharbia -commune de Nakhla,forage : château d'eau est Guemar commune de Guemar.



Les méthodes d'interprétation suivantes ont été utilisées, en fonctions des sites :

- Méthode de Cooper – Jacob distance – rabattement (pour des temps relativement élevés).
- Méthode de Moench (extension de la méthode de Neuman (1972) itérative pour des nappes libres ou confinées, avec un puits de pompage partiel ou complet et plusieurs puits d'observations).
- Méthode de Hantush – Jacob (Walton) (pour les nappes semi-captives, sans débit retardé).

### II.3.2. CARACTERISTIQUE DU FORAGE (NAKHLA EL-GHARBIA).

- La nappe (complexe terminal).
- Niveau statique : 37.56 m.
- Mesure débit au compresseur :  $Q = 34$  l/s
- Essais réalisés avec pompe immergée de 37KW.
- Un groupe électrogène de 150KVA.
- Niveau relevé à la jauge électrique.
- Niveau dynamique : 59.64m .
- Débits mesurés avec un débitmètre électronique.
- Position pompe : 67m .
- Profondeur du forage 238m.

### II.3.3. PROGRAMME DES ESSAIS DE POMPAGE(NAKHLA EL-GHARBIA).

Les essais de pompage ont été effectués en trois phases. La première phase comporte un essai à blanc de 24heures. La deuxième phase comporte 3 paliers enchainés de 4 heures chacun suivi d'une remontée de niveau initial de 6 heures.Les trois paliers enchainés :

- $Q_1 = 15$  l/s durée de 4 heures.
- $Q_2 = 25$  l/s durée de 4 heures.
- $Q_3 = 34$  l/s durée de 4 heures.

La troisième phase comporte un essai définitif (longue durée) de 72 heures avec un débit de 34 l/s suivi d'une remontée de niveau de 6 heures.laMesurer le niveau d'eau relevé à lasondeure de niveau d'eau (jauge électrique).



Fig.II.7- Sondeur de niveau d'eau

**Tableau .II.1** - Essais de pompage: forage (Nakhla El-Gharbia) Palier constant. Durée :72 Heures, Débit : 34 l/s.

Temps cumulé (min)	Niveau dynamique (m)	Observations	Temps cumulé (min)	Niveau dynamique (m)	Observations
00	37.56		360	59.59	
01	53.70		420	59.59	
02	58.30		480	59.59	
03	58.80		540	59.60	
05	59.07		600	59.60	
07	59.19		660	59.60	
09	59.22		720	59.60	
11	59.26		840	59.60	
13	59.29		960	59.60	
15	59.34		1080	59.60	
20	59.39		1200	59.60	
25	59.40		1320	59.61	
30	59.42		1440	59.61	24 Heures
35	59.45		1620	59.61	
40	59.47		1800	59.61	
45	59.48		1980	59.61	
00	59.50		2160	59.61	
75	59.52		2340	59.62	
90	59.54		2520	59.62	
105	59.55		2700	59.62	
120	59.57		2880	59.62	48 Heures
135	59.58		3120	59.63	
150	59.59		3360	59.63	
165	59.59		3600	59.63	
180	59.59		3840	59.63	
210	59.59		4080	59.64	
240	59.59		4320	59.64	72 Heures
300	59.59				

**Tableau .II.2** - Résultats des essais de pompage du Nakla el Garbia.

PALIER	NIVEAU DYNAMIQUE (m)	RABATTEMENT (m)	DEBIT l/s	DEBIT SPECIFIQUE m <sup>2</sup> /s
P 1	46.02	08.46	15	01.77
P2	54.03	16.47	25	01.51
P3	58.65	21.09	34	01.61
PCt	59.64	22.08	34	01.54

Le débit spécifique =  $Q /$  en l/s/m où  $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### II.3.4. INTERPRETATION DES RESULTATS DU NAKLA EL GARBIA

Le débit critique : est la limite de la zone de proportionnalité des débits avec les dénivellations voir courbe (Q - ).

Débit critique  $Q_{cri} = 32.50$  l/s, qui correspond à un rabattement de 20.80m et un niveau dynamique de 58.36m.

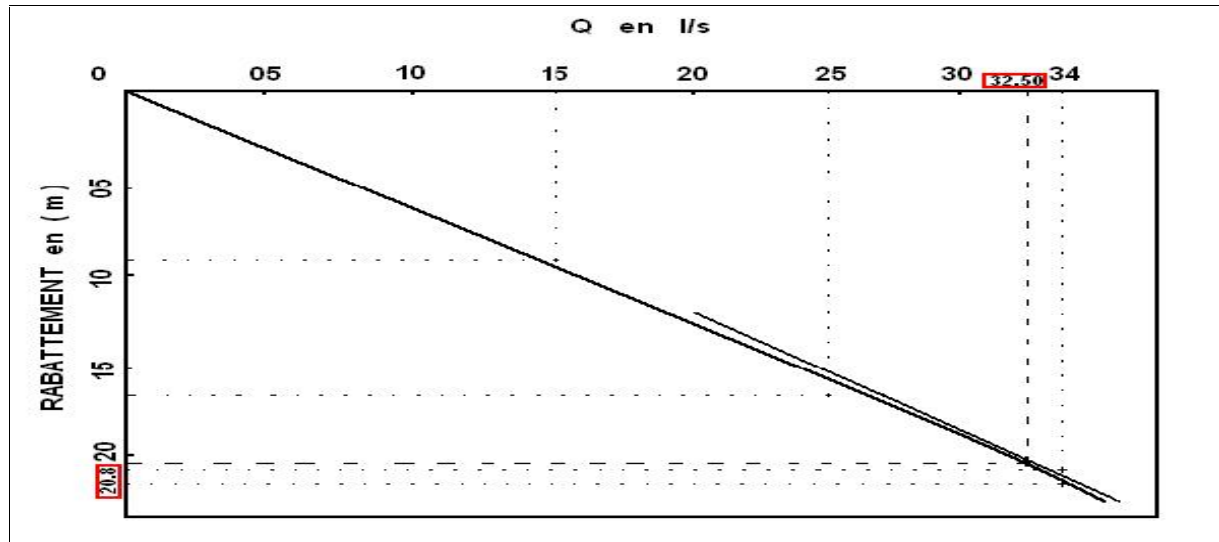


Fig.II.8 -courbe de termination du débit critique en fonction des débits et rabattements.

### II.3.5. CARACTERISTIQUE DU FORAGE (GUEMAR).

- La nappe (complexe terminal).
- Niveau statique : 37.54 m.
- Mesure débit au compresseur :  $Q = 42$  l/s
- Essais réalisés avec pompe immergée de 37KW.
- Un groupe électrogène de 150KVA.
- Niveau relevé à la jauge électrique.
- Niveau dynamique : 47.70 m.
- Débits mesurés avec un débitmètre électronique.
- Position pompe : 57m.
- Profondeur du forage 348m

### II.3.6. PROGRAMME DES ESSAIS DE POMPAGE (GUEMAR)

Les essais de pompage ont été effectués en trois phases. La première phase comporte un essai à blanc de 12Hrs. La deuxième phase comporte 3 paliers enchainés de 4 heures chacunsuivi d'une remontée de niveau initial de 6 heures. Les trois paliers enchainés

- $Q_1 = 20$  l/s durée de 4 heures.
- $Q_2 = 30$  l/s durée de 4 heures.

-  $Q_3 = 40$  l/s durée de 4 heures.

La troisième phase comporte un essai définitif (longue durée) de 72 heures avec un débit de 40 l/s suivi d'une remontée de niveau de 6 heures.

**Tableau .II.3** - Essais de pompage du forage : (Guemar) palier constant, durée : 72 Heures  
débit : 40 l/s.

Temps cumulé (min)	Niveau dynamique (m)	Observations	Temps cumulé (min)	Niveau dynamique (m)	Observations
00	37.54		480	47.36	
01	46.12		540	47.37	
02	46.35		600	47.38	
03	46.43		660	47.39	
05	46.51		720	47.40	
07	46.59		780	47.41	
09	46.70		840	47.42	
11	46.78		900	47.43	
13	46.86		960	47.44	
15	46.91		1020	47.46	
20	46.95		1080	47.48	
25	46.99		1140	47.50	
30	47.02		1200	47.52	
35	47.05		1260	47.54	
40	47.08		1320	47.56	
45	47.11		1380	47.58	
00	47.13		1440	47.59	24 Heures
75	47.15		1560	47.60	
90	47.17		1680	47.61	
105	47.19		1800	47.62	
120	47.20		1920	47.63	
135	47.21		2040	47.64	
150	47.22		2160	47.65	
165	47.23		2280	47.66	
180	47.24		2400	47.67	
195	47.25		2520	47.67	
210	47.26		2640	47.67	
225	47.27		2760	47.68	
240	47.28		2880	47.68	48 Heures
270	47.29		3060	47.69	
300	47.30		3240	47.69	
330	47.31		3420	47.69	
360	47.32		3600	47.69	
390	47.33		3780	47.70	
420	47.34		3960	47.70	
450	47.35		4140	47.70	
			4320	47.70	72 Heures

**Tableau .II.4 - Résultats des essais de pompage du Gumar.**

PALIER	NIVEAU DYNAMIQUE (m)	RABATTEMENT (m)	DEBIT l/s	DEBIT SPECIFIQUE
P 1	42.26	4.72	20	4.23
P2	44.40	6.86	30	4.37
P3	47.62	10.08	40	3.96
P <sub>Ct</sub>	47.70	10.16	40	3.93

Le débit spécifique =  $Q / r^2$  en l/s/m où  $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

\* Le niveau dynamique 51.54m et le rabattement de 14.00m correspondent au débit de 50 l/s extrapolé.

### II.3.7. INTERPRETATION DES RESULTATS DU GUMAR

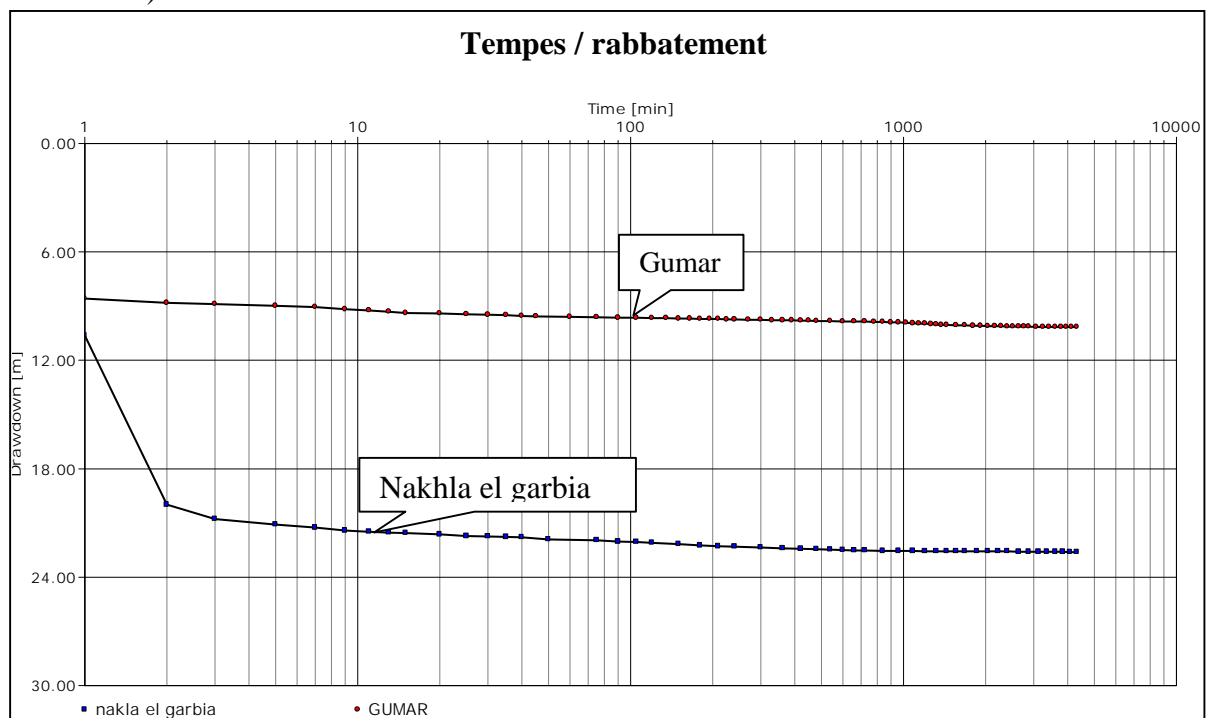
Le débit critique : est la limite de la zone de proportionnalité des débits avec les dénivellations voir courbe (Q - )

Débit critique  $Q_{cri} = 38.00 \text{ l/s}$

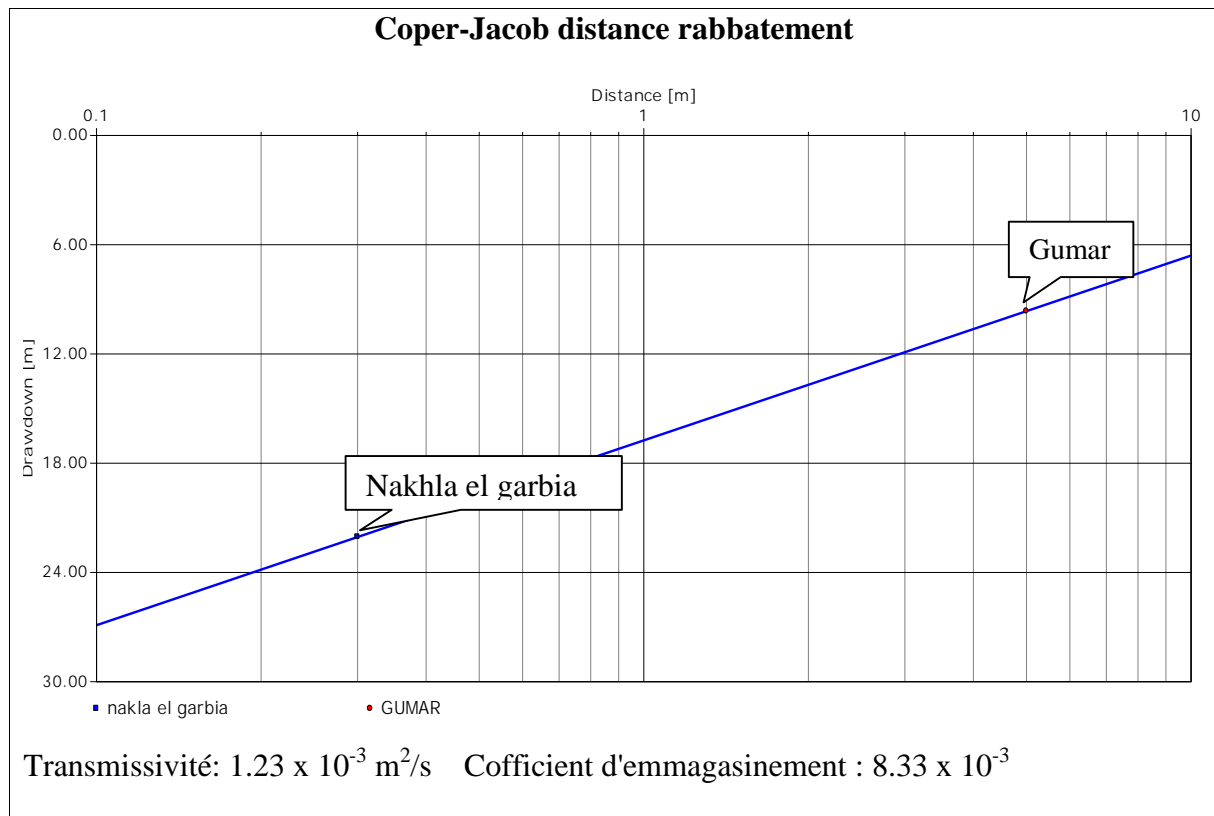
### II.3.8. CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

L'essai de pompage sert à déterminer les paramètres de l'aquifère, tels que la porosité efficace (Sy), la transmissivité (T), le débit spécifique et le coefficient de perméabilité (K).

En 2013, des essais de pompage par paliers et de longue durée ont été réalisés par l'entreprise de forage hydraulique « F O R H Y D » dans la région d'El Oued. (DRH; Mars 2014)..



**Fig.II.9 -Essai de pompage à longue durée à Nakhla el Garbia. Et Gumar.**



**Fig.II.10** - Essai de pompage à longue durée du forage el Nakhla el Garbia.

### II.3.9. CONCLUSION:

Larégion de Oued souf se trouve sur un grand réservoir d'eau souterraine, est à trois nappes principales de ce qui suit: la nappe phréatique; Complexe Terminal; nappe du continental intercalaire. Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est du S-W vers le N-E. Les cartes piézométriques de la ville de Oued Souf montrent bien cette situation.

L'interprétation des essais de pompage par paliers et à longue durée qui a été effectuée au niveau des 02 stations nous permet de constater que :

- Le débit spécifique oscille entre  $1.54 \times 10^{-3}$  et  $3.93 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .
- La transmissivité moyenne est de l'ordre de  $1.23 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .
- La perméabilité moyenne est  $1.62 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ .
- La porosité efficace (ou le coefficient d'emmagasinement pour la nappe captive) a une valeur moyenne de 12.49 % qui est usuelle pour les sables fins.  $8.33 \times 10^{-3}$



**CHAPITRE III**  
*Étude hydrochimique*

### III.1. INTRODUCTION

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

La qualité des eaux destinées pour l'Alimentation en eau potable et l'irrigation se pose avec acuité dans l'ensemble des régions sahariennes. D'une manière générale les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, de même que pour les besoins industriels proviennent surtout des eaux souterraines de la nappe (CT) et (CI).

Dans ce chapitre, nous allons examiner les caractéristiques hydrochimiques du 14 forages de la nappe(CT) et 03forages de la nappe (CI) dans la région de Oued Souf.

#### III.1.1. RELATION MINERALISATION SANTE:

A partir des informations, notamment médicales ou toxicologiques, une relation entre les valeurs d'un paramètre et les effets sur la santé peut être élaborée ; des limites de qualité sont définies en appliquant des coefficients de sécurité et de prévention a fin qu'aucun effet néfaste ne puisse être observé sur la santé du consommateur.

De plus en plus, ce travail est mené au niveau international par des experts sous l'égide de l'Organisation Mondial de la santé. Les paramètres qui se réalisent au contrôle de l'eau sont les suivants : (GUERBOUZ, 2006) ;

#### III.1.2. QUALITE PHYSIQUE DE L'EAU :

##### a) Le PH (Potentiel d'hydrogène)

Dans la plupart des eaux naturelles, il dépend de l'équilibre carbonate-bicarbonate anhydrique carbonique. Il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau :

- Si le pH inférieur à 7 peut conduire à corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple.
- Si le pH élevé peut conduire à des dépôts incrustant dans les circuits de distribution, pour cela les normes préconisent un pH compris entre 6.5 et 8.5. (RODIER, 1984)

##### b) La conductivité électrique (CE)

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau, toute eau est plus ou moins conductrice. Cette conductivité électrique est liée à la présence des ions dans l'eau, de ce fait il existe une relation entre la teneur des sels dissous d'une eau et sa conductivité.

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. C'est-à-dire la conductivité électrique constitue de ce fait un critère d'appréciation de la minéralisation.

Une conductivité électrique élevée traduit soit une température élevée, soit le plus souvent une salinité élevée comme elle peut conduire à un entartrage des conduites. Les normes fixent la conductivité électrique entre 200 et 1000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . (RODIER, 1984 ; DENTELLE, 2001)

### c) La température

Il est important de connaître la température de l'eau parce qu'elle joue un rôle dans la solubilité des sels, la mesure de la température s'effectue dans le terrain.

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air, donc l'eau potable a une température 10 à 20°C, voir même 25°C mais l'eau de boisson à une bonne fraîcheur sa température varie entre 9 et 12°C.

L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs par contre, une température inférieure à 10°C ralentit les réactions dans les différents traitements des eaux. (RODIER, 1984)

## III.1.3. QUALITES CHIMIQUES DE L'EAU :

### a) Le Potassium ( $\text{K}^+$ )

La teneur en potassium soit presque aussi important que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. La concentration maximale admissible de 12 mg/l (selon les normes l'OMS).

Le potassium à faibles doses ne présente pas de risque significatif. Mais il est à signaler que l'excès du potassium dans le corps humain provoque une hyperkaliémie. Ses symptômes sont principalement une défaillance du cœur et du système nerveux central qui finit par un arrêt cardiaque.

Le potassium joue un rôle dans l'osmolarité des cellules et dans la transmission de l'influx nerveux. Des concentrations sensiblement plus élevées que la norme peuvent être acceptées car cet élément sous contrôle de l'hémostase, même des variations important de la teneur de l'eau n'auraient que des effets négligeables sur la concentration de l'organisme et son excès est éliminé par transpiration, par les urines et par les selles. (RODIER, 1984)

### b) Le Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ )

Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Composant majeure de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfate, chlorure, etc.

Le calcium est composant essentiel pour les os du corps humain. Il aide aussi le fonctionnement des nerfs et des muscles. Le manque de calcium est l'un des principales causes de l'ostéoporose.

L'ostéoporose est une maladie dont les sujets ont des os extrêmement poreux, sont sujets à des facteurs qui guérissent lentement. Elle touche essentiellement les femmes après la ménopause et conduit souvent à une courbure de la colonne vertébrale et à un tassement des vertèbres de la colonne.

Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium, les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium présentent de nombreux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation chaudières (l'installation de chauffage). (RODIERER, 1984)

#### **c) Le Magnésium ( $Mg^{+2}$ )**

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue 2.1% de l'écorce terrestre, son abondance géologique, sa grande solubilités, sa large utilisation industrielle (réducteur chimique batteries sèches...) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes. Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation contenu dans les cellules après le potassium, il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire en protégeant la cellule contre une rétention de sodium.

Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance ; il intervient comme élément plastique dans l'os et plus de 50% du magnésium de l'organisme appartient au squelette.

Il constitue un élément activateur pour les systèmes enzymatiques, (phosphatase, catalase) pour la synthèse des protéines et pour le métabolisme des lipides. L'insuffisance magnésique entraîne des troubles neuromusculaires, l'intérêt du magnésium dans thérapeutique de la spasmophilie est bien connu.

A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau, s'ils ne provoquent pas des phénomènes toxiques, les sels de magnésium et surtout les sulfates ont un effet laxatif à partir de 400 à 500 mg/l (taux de magnésium dans l'eau doit se faire en liaison avec les sulfates).

Élément essentiel de la nutrition chez l'homme et l'animale, la concentration maximale admissible est 50 mg/l. (RODIER, 1984)

#### **d) Les Chlorures ( $Cl^-$ )**

Les teneurs en chlorures dans l'eau sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Une surcharge en chlorure dans l'eau peut être à l'origine d'une saveur désagréable, surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium et considère comme un gros inconvénient.

Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé, sauf pour les personnes devant suivre un régime hyposodé. Cependant, les chlorures sont susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier les éléments en acier inoxydable pour lesquels le risque s'accroît à partir de 50 mg/l.

La norme d'OMS recommande que la teneur en chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) des eaux ne dépasse pas 250mg/l. (RODIER, 1984 et al ; BOUZIANI, 2000)

#### e) Le Sodium ( $\text{Na}^+$ )

Le Sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région du globe à une autre. Le sodium dans l'eau provient des formations géologiques. Il est nécessaire à l'homme pour maintenir l'équilibre hydrique de l'organisme. Le sodium est aussi nécessaire pour le fonctionnement des muscles et des nerfs. Mais trop de sodium peut augmenter le risque d'hypertension artérielle.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'a pas de valeur limite standard, cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres prennent un goût désagréables. (RODIER, 1984)

#### f) Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ )

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est variable, leur présence résulte de légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfures dans les roches (pyrites), des matières organiques par l'origine animale.

La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux de la minéralisation suivant ceux-ci, et selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfate dans l'eau peut entraîner des troubles gastro-intestinaux en particulier chez l'enfant. La propriété principale des sulfates sur la santé est une action laxative est plus importante en présence de magnésium et de sodium, utilisées d'ailleurs dans le thermalisme. Les concentrations maximales admissibles en sulfates sont de l'ordre de 400mg/l selon la norme d'OMS ; (RODIER, 1984).

#### g) Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacal, nitrite...etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique.

Toutes les eaux destinées à la consommation humaine devant avoir une teneur en nitrate sont voisines ou inférieure à 50mg/l (selon les normes d'OMS).

Si l'existence des nitrates à des doses inférieures à la norme dans l'eau donne une saveur agréable en laissant une sensation de fraîcheur. Par contre leur excès n'a pas d'effet toxique

direct (sauf à doses très élevées) les faits qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduits à une toxicité indirecte provoquant chez nourrissons, une cyanose liée à la formation méthémoglobine. Cette intoxication, provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates, est en réalité due aux nitrites formés par la réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne, cette réduction ne se produit pas chez l'adulte car elle est contrôlée par l'acidité du suc gastrique, par contre dans l'estomac de nourrisson le liquide gastrique est insuffisamment acide, surtout chez les sujets diarrhéiques, permet la prolifération de bactéries réductrices de nitrates en nitrite. (RODIER, 1984)

### III.2. HYDROCHIMIQUE

L'étude hydrochimique est basée sur l'interprétation des analyses chimiques des échantillons prélevés en janvier 2014 au niveau de 17 échantillons, 14 échantillons pour la nappe (CT) et 3 pour la nappe (CI). Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie des eaux (ADE) d'El-Oued

Elles ont porté sur les éléments chimiques majeurs suivants:

- Les cations:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$  et  $\text{K}^{+}$ .
- Les anions:  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{SO}_4^{-}$ , et  $\text{Cl}^{-}$ .

Les analyses ont révélé l'absence des ions  $\text{CO}_3^{-}$  dans les eaux prélevées. Ainsi l'interprétation des résultats analytiques va nous permettre de classer les eaux selon différentes méthodes et d'établir un certain nombre de cartes de répartition spatiale des éléments chimiques.

#### II.2.1. LE FACIES CHIMIQUE

##### a) Formule caractéristique de STABLER :

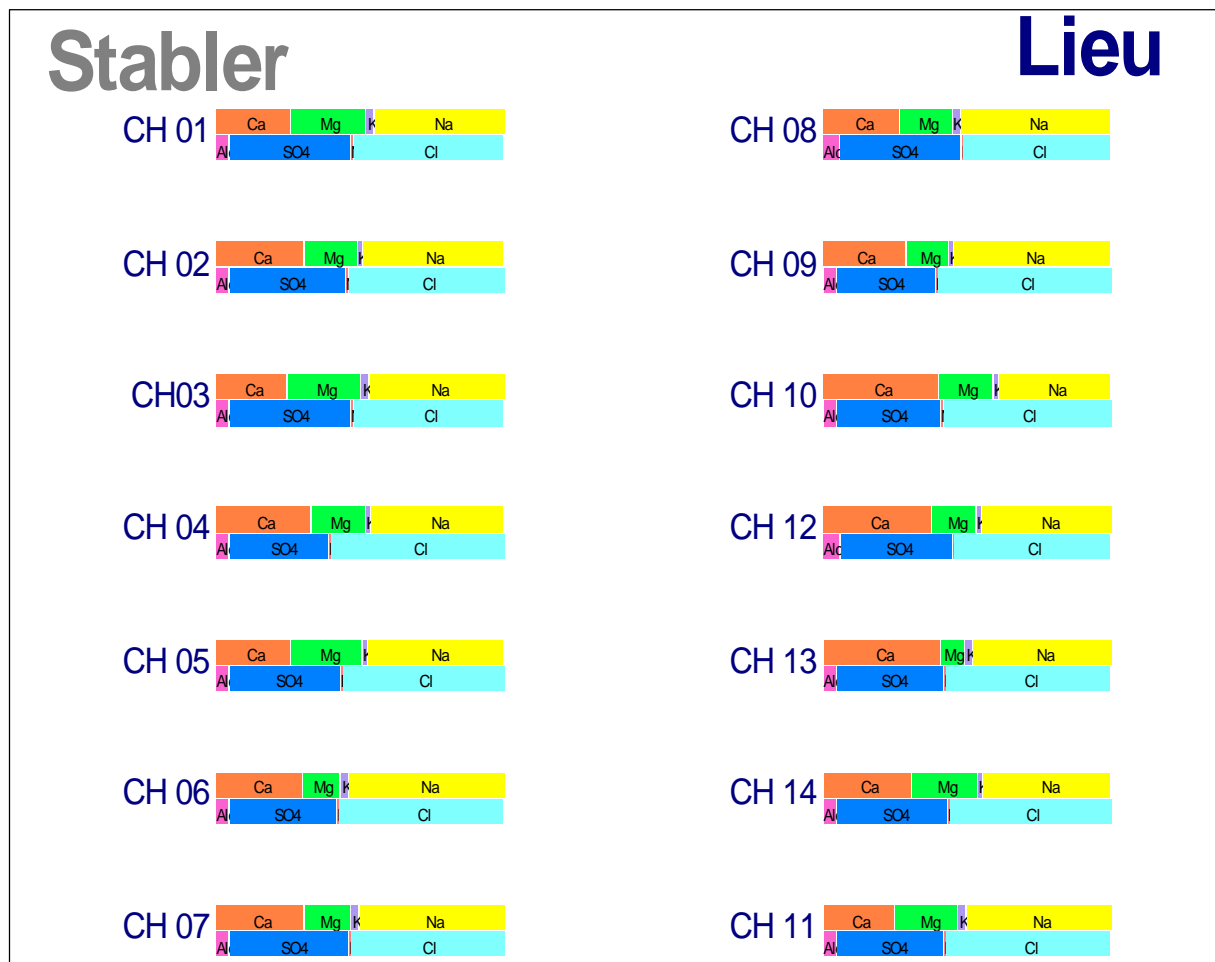
La formule caractéristique selon " STABLER " consiste à calculer le pourcentage de chaque ion par rapport à la concentration totale

$$r \% = (100 / c) * r$$

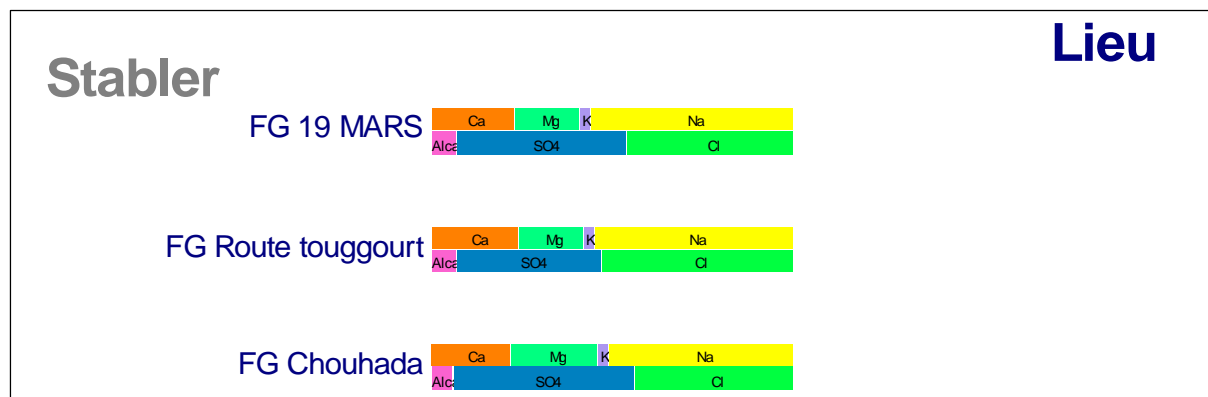
Avec  $r$  : quantité en réaction de l'ion considéré en meq/l ;

$c$  : la concentration totale ;

On classe séparément les anions et les cations par ordre décroissant les résultats obtenus permettent de distinguer les faciès chimiques des eaux analysées (Figure III.01). D'après le diagramme de STABLER on constate que les échantillons de la région analysées présentent dans la totalité un faciès sulfaté sodique à hyper sulfaté sodique.



**Fig.III.01-** diagramme de STABLER des eaux de la nappe de CT  
(Région d'Oued Souf. Janvier. 2014)



**Fig.III.02-** diagramme de STABLER des eaux de la nappe de CI  
(Région d'Oued Souf. Janvier .2014)

## b) Diagramme de Piper :

Le report de 14 forages d'eau sur le diagramme de Piper (Figure III.03) montre que tous les points analysés caractérisés par des eaux de type sulfaté sodique. Ce faciès indique une dissolution évaporitique riche en sels et en gypse.

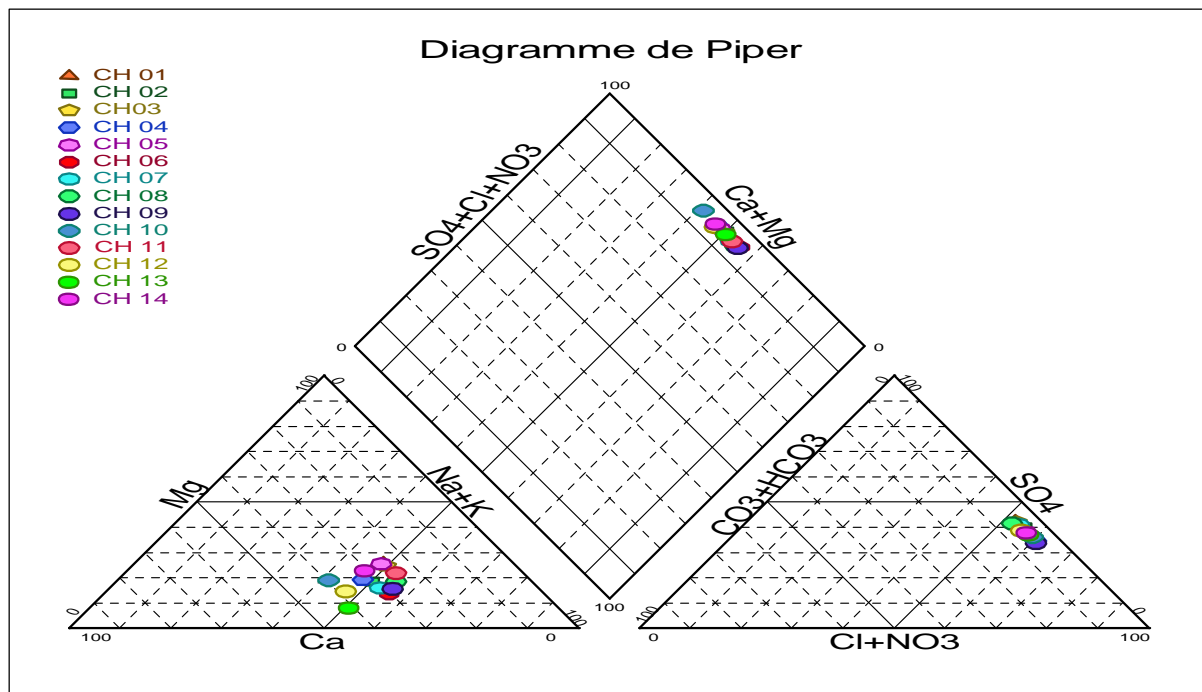


Fig.III.03- Diagramme de Piper des eaux de la nappe de C T  
(Région d'Oued Souf, Janvier. 2014)

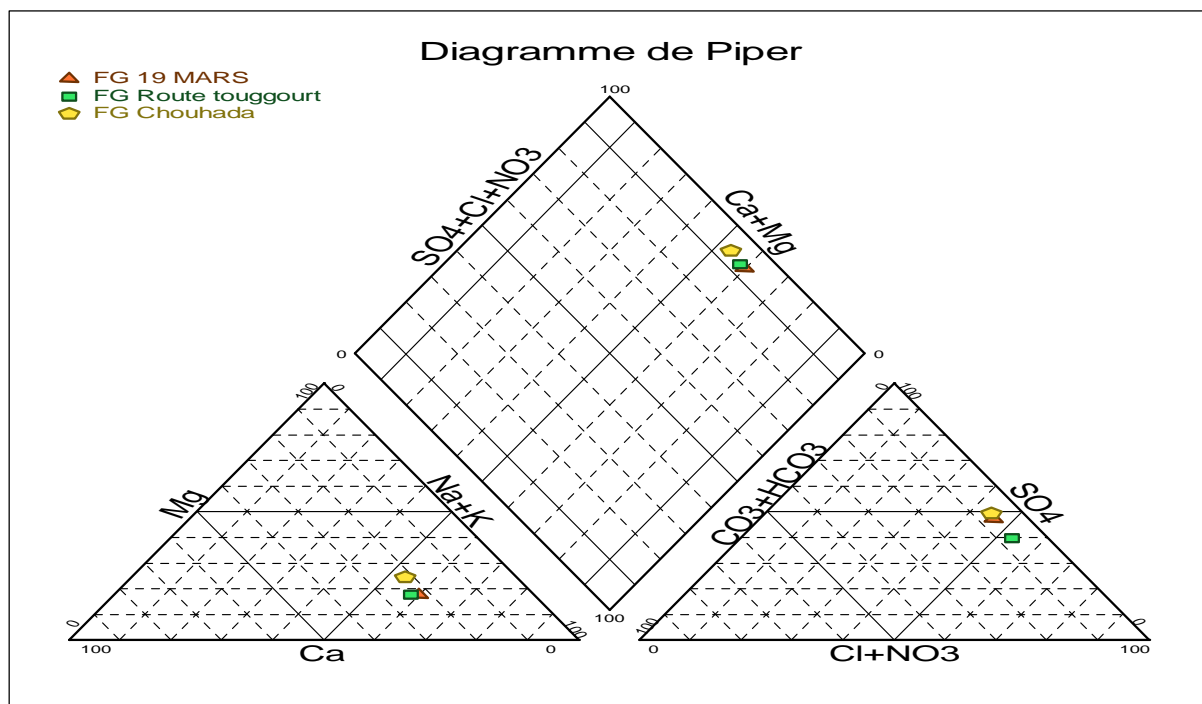
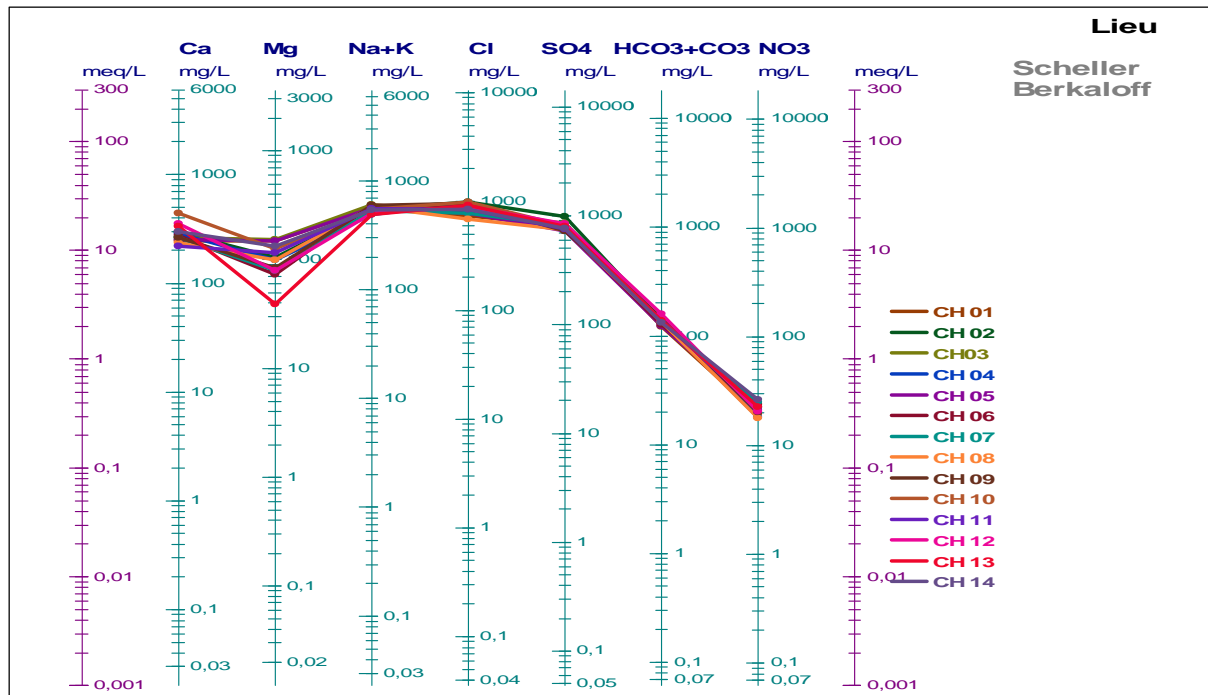


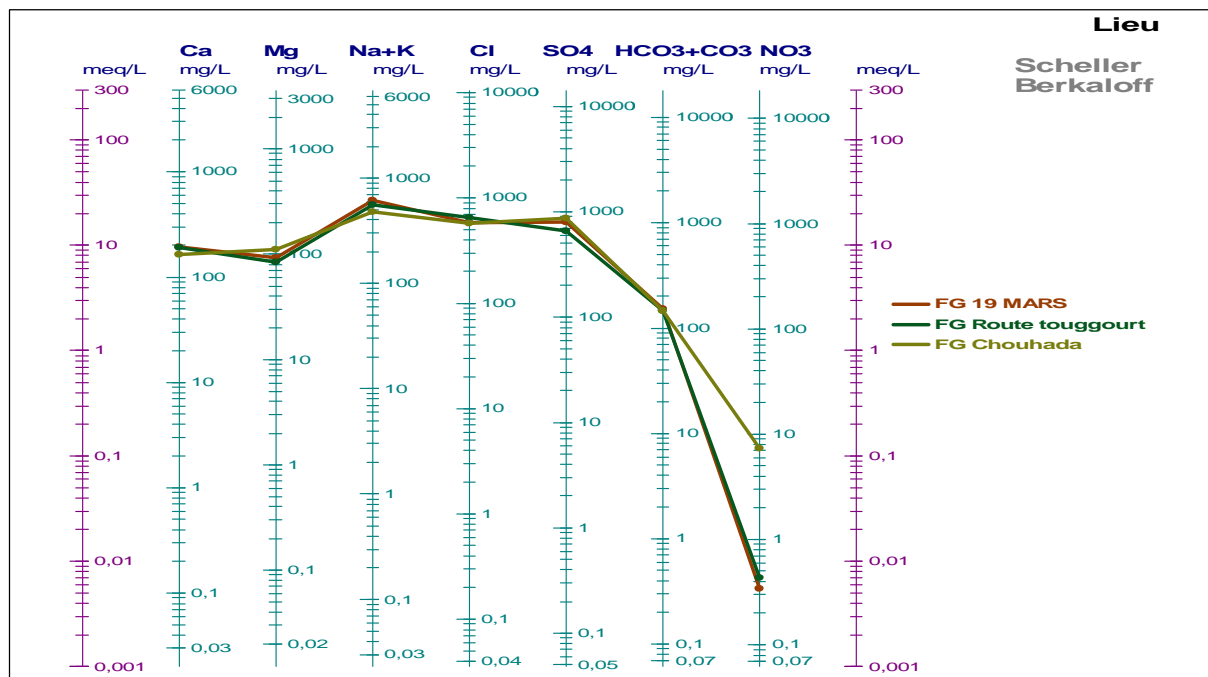
Fig.III.04 - Diagramme de Piper des eaux de la nappe de C I  
(Région d'Oued Souf, Janvier. 2014)

**c) Digramme de SCHOELLER BERKALOFF**

Le diagramme de Schoeller Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques et décalage relatif des droites les unes au dessus des autres dans le cas contraire.



**Fig. III.05** - Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF des eaux de la nappe de CT (Région d'Oued Souf. Janvier .2014)



**Fig.III.06** - Diagramme de SCHOELLER BERKALOFF des eaux de la nappe de CI (Région d'Oued Souf. Janvier.2014)

D'après la figure III.03 (III.05. et III.06.) On constate toujours l'existence d'une même famille d'eau qui est la famille des eaux sulfatés, avec un faciès prédomine le sulfaté sodique.

### III.2.2. ETUDE DES RAPPORTS CARACTERISTIQUES ET ORIGINE DES ELEMENTS DOMINANTS :

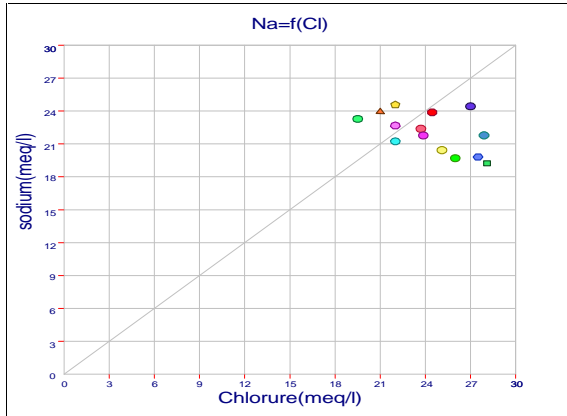


Fig.III.07- Le couple  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$

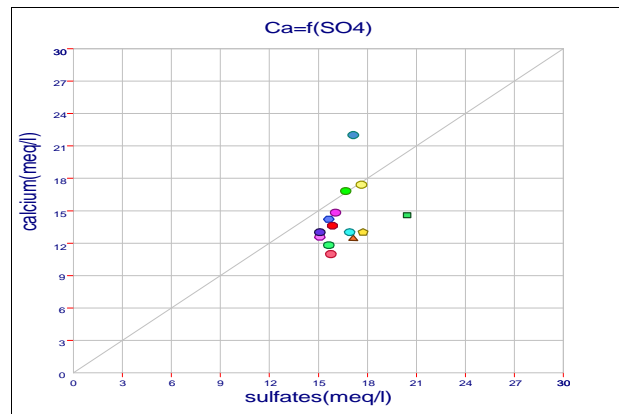


Fig.III.08 - Le couple  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{SO}_4^{--}$

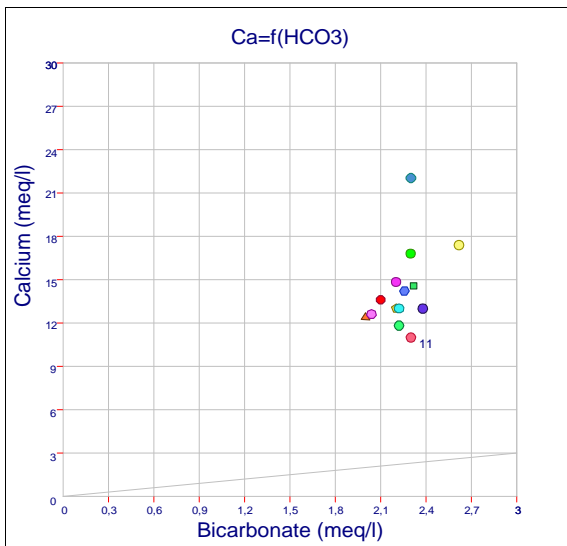


Fig.III.10 - Le couple  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{HCO}_3^-$

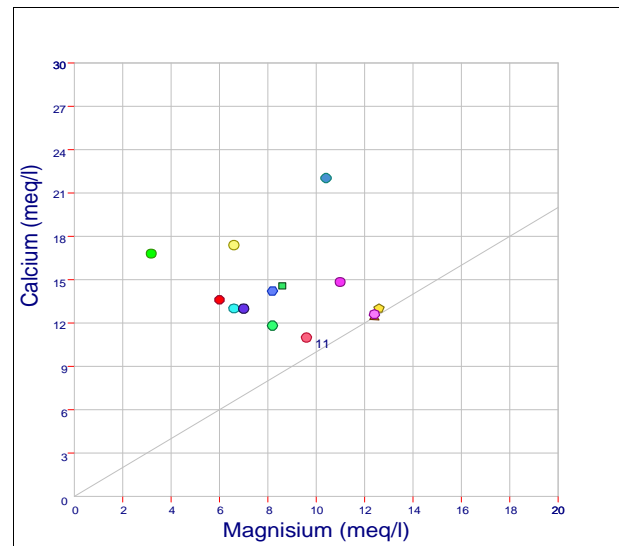


Fig.III.09 - Le couple  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$

### III.2.3. ORIGINE DES ELEMENTS $\text{Na}^+$ ET $\text{Cl}^-$ :

Pour avoir une idée sur les éléments dominants, nous avons fait une représentation graphique sur une échelle décimale, avec en abscisse la teneur exprimée en milliéquivalents des chlorures, et en ordonnée celle du sodium.

L'examen de la (figure III.04) permet de remarquer que la majorité des points d'eau se trouve au-dessous de la droite d'une pente égale à 1. Dans ce cas c'est les chlorures qui l'emportent sur le sodium à cause d'un excès de dissolution de cet élément.

### III.2.4. ORIGINE DU CALCIUM :

Le faciès calcique a été étudié à l'aide de deux diagrammes, à cause de sa double origine (carbonatée et évaporitique). Les figures III.05 et III.06 montrent que l'ensemble des points se trouvent dans le domaine évaporitique ce qui vérifie que l'élément  $\text{Ca}^{++}$  provient de la dissolution des formations évaporitiques.

### III.2.5. LE RAPPORT $r \text{Ca}^{++} / r \text{Mg}^{++}$ :

La figure III.09 montre l'existence de deux ensembles de points :

Un ensemble où le rapport est supérieur à 1, donc le calcium qui prédomine, c'est le cas de la plupart des points d'eau analysés, cela est dû probablement à la forte dissolution des formations gypseuses.

Un ensemble où le rapport est inférieur à 1 le magnésium prédomine, il concerne quelques échantillons analysés. Le faciès magnésien peut être lié à la présence d'argiles ou de dolomies riche en magnésium.

### III.3. Aptitude des eaux à la Potabilité :

Afin de définir la potabilité des eaux souterraines, nous allons baser sur deux types de normes; Ceux de l'O.M.S et ceux basé sur le D.H.T.

#### a) Selon l'O.M.S :

Ces normes définissent deux types de concentrations maximales (Tableau III.01) qui traduisent les limites de potabilité. On distingue :

- Une concentration maximale acceptable à partir de la quelle une eau provoque une certaine réticence chez le consommateur ;
- Une concentration maximale admissible qui correspond à la quantité maximale de substance à tolérer et dont la teneur supérieure peut être dangereuse à la santé.

**Tableau.III.01-** Normes de potabilité de l'O.M.S

<b>Eléments chimiques</b>	<b>Concentration maximale acceptable (mg/l)</b>	<b>Concentration maximale admissible (mg/l)</b>	<b>Pourcentage des échantillons ayant une concentration inférieure à la concentration maximale admissible</b>
<b>Calcium</b>	75	200	00
<b>Magnésium</b>	50	150	50
<b>Sodium</b>	150	250	00
<b>Sulfates</b>	200	500	00

<b>Chlorures</b>	200	400	00
<b>Nitrates</b>	50	100	100

L'examen du tableau III.01 montre que tous les échantillons analysés ont des teneurs en  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  supérieures aux normes maximales admissibles. Pour le magnésium 82 % des eaux ont des teneurs inférieures aux normes. Cependant pour les nitrates elles restent tous inférieures aux normes maximales admissibles.

En résumé que d'après les analyses physicochimiques réalisées au laboratoire du (ADE) El oued en janvier 2014 pour 14 forages de la nappe du Complexe Terminal et 3 forages de la nappe Continental Intercalaire alimentant la ville d'oued souf. On constate ce qui suit :

La température varie entre 20°C et 26.4°C Elle est 33% dépassant la norme (20°C- 25°C).

Le pH varie entre 7.02 et 7.58. Il est conforme aux normes (6.5- 8.5).

Les valeurs de la conductivité électrique varient entre 2620  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 4440 $\mu\text{s}/\text{cm}$ , elles dépassent la norme admise (200 à 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), pour toute la région d'étude.

Les teneurs en calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ) varient entre 164.32 mg/l et 440.88 mg/l dépassant la norme qui est de 100 à 140 mg/l. Par contre pour le magnésium 82% des forages ont des teneurs conformes à la norme.

Les concentrations en chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) dans les forages varient entre 577.88 mg/l et 996.22 mg/l dépassant la norme (500 mg/l)

Les concentrations en sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) oscillent entre 512.66 et 4403.9 mg/l dépassant la norme préconisée qui est de 400 mg/l

En ce qui concerne le sodium ( $\text{Na}^+$ ), les concentrations oscillent entre 440 et 565 mg/l dépassent la norme (200 mg/l)

Les concentrations en potassium ( $\text{K}^+$ ) varient entre 36 et 49 mg/l dépassant largement la norme qui est 12 mg/l

Les concentrations en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) restent conformes à la norme (50 mg/l), et varient entre 0.346 et 26.11 mg/l.

#### **b) Selon le degré hydrométrique total (D.H.T) :**

Le degré hydrométrique ou la dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en calcium et en magnésium.

$$\text{DHT} = (r \text{Ca}^{++} + r \text{Mg}^{++}) * 5 \text{ (en degré Français } ^\circ\text{F)}.$$

**Tableau.III.02** - Dureté des eaux en °F (W. THEOBALD et A. GAMA, 1969)

D.H.T (en °F)	0 -7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	> 54
Qualification de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure
Pourcentage des points	0	0	0	0	100

Le Tableau III.02 montre que la totalité des eaux analysées (100%) sont très dures, dont le D.T.H est supérieur à 100 °F. Cette dureté a des conséquences plus ou moins néfastes telle que la consommation excessive du savon et la mauvaise cuisson des légumes secs et le goût inacceptable, ce qui oblige les citoyens à acheter l'eau à des propriétaires. Nous pouvons dire sans doute que les eaux souterraines de la nappe complexe terminal de l'Oued Souf sont de qualité chimique médiocre à mauvaise et donc impropre à la consommation.

### III.3.1. LA SALINITE :

Selon R. S. AYERS et D. W. WESTCOT (1988) quant les eaux d'irrigation sont chargées en sel, ces derniers s'accumulent dans la zone racinaire après que la plante ait prélevé l'eau. Ces sels s'épaississent et limitent la disponibilité de l'eau dans le sol pour la culture, mais pour l'Oued Souf le terrain est sableux caractérisé par une forte infiltration ce qui ne donne pas le temps aux sels de s'épaissir.

### III.3.2. EAUX PEU SALEES :

Les eaux peu salées dont la conductivité électrique est inférieure à 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ont une forte tendance à mobiliser rapidement le calcium du sol ce qui entraîne la dispersion des particules plus (R. S. AYERS et D. W. WESTCOT, 1988) et l'obturation des espaces poreux.

La valeur minimale de la conductivité des eaux de la nappe est supérieure à 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  donc ce problème ne se pose pas.

### III.3.3. EAUX A FORTE TENEUR EN SODIUM :

L'abondance de sodium dans l'eau d'irrigation peut provoquer également la dispersion et une destruction de la structure du sol, si la teneur en sodium est au moins trois fois supérieure à celle du calcium (R. S. AYERS et D. W. WESTCOT, 1988) dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile de satisfaire les besoins en eau de la culture. Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable « Sodium Absorption Ratio » (S.A.R) pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. Le S.A.R est donné par la formule ci-dessous, il est utilisé en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}, \text{ où tous les éléments sont exprimés en méq/l}$$

#### III.4. APTITUDES DES EAUX A L'IRRIGATION :

Par sa qualité bactériologique l'eau souterraine doit être destinée prioritairement à l'AEP malheureusement ce n'est pas le cas pour la nappe CI et CT de Oued Souf à cause de sa qualité impropre. Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation. Pour cela nous utilisons plusieurs méthodes à fin de les classer.

##### III.4.1. CLASSIFICATION DE RICHARDS :

Le Tableau III.03 récapitule les résultats obtenus après interprétation le diagramme de Richards (Figure18).

**Tableau.III.03** - Résultats obtenus après interprétation le diagramme de Richards

CLASSES		DES POINTS D'EAU %
<b>Admissible</b>	<b>S<sub>1</sub> C<sub>3</sub></b>	00
	<b>S<sub>2</sub> C<sub>3</sub></b>	00
<b>Médiocre</b>	<b>S<sub>1</sub> C<sub>4</sub></b>	00
	<b>S<sub>2</sub> C<sub>4</sub></b>	00
<b>Mauvaise</b>	<b>S<sub>2</sub> C<sub>4</sub></b>	82.35
<b>Très mauvaise</b>	<b>S<sub>3</sub> C<sub>4</sub></b>	17.64

Les eaux de la région d'étude appartiennent à deux classes selon le diagramme de Wilcox :

La classe S2C4 avec un pourcentage de 82.35%. Cette classe caractérisée par des eaux de mauvaise qualité, l'eau est fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre, ...) bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.

La classe S3C4 avec un pourcentage de 17.64 caractérisée par des eaux de très mauvaise qualité, parce que le SAR et la conductivité ont à son maximum.

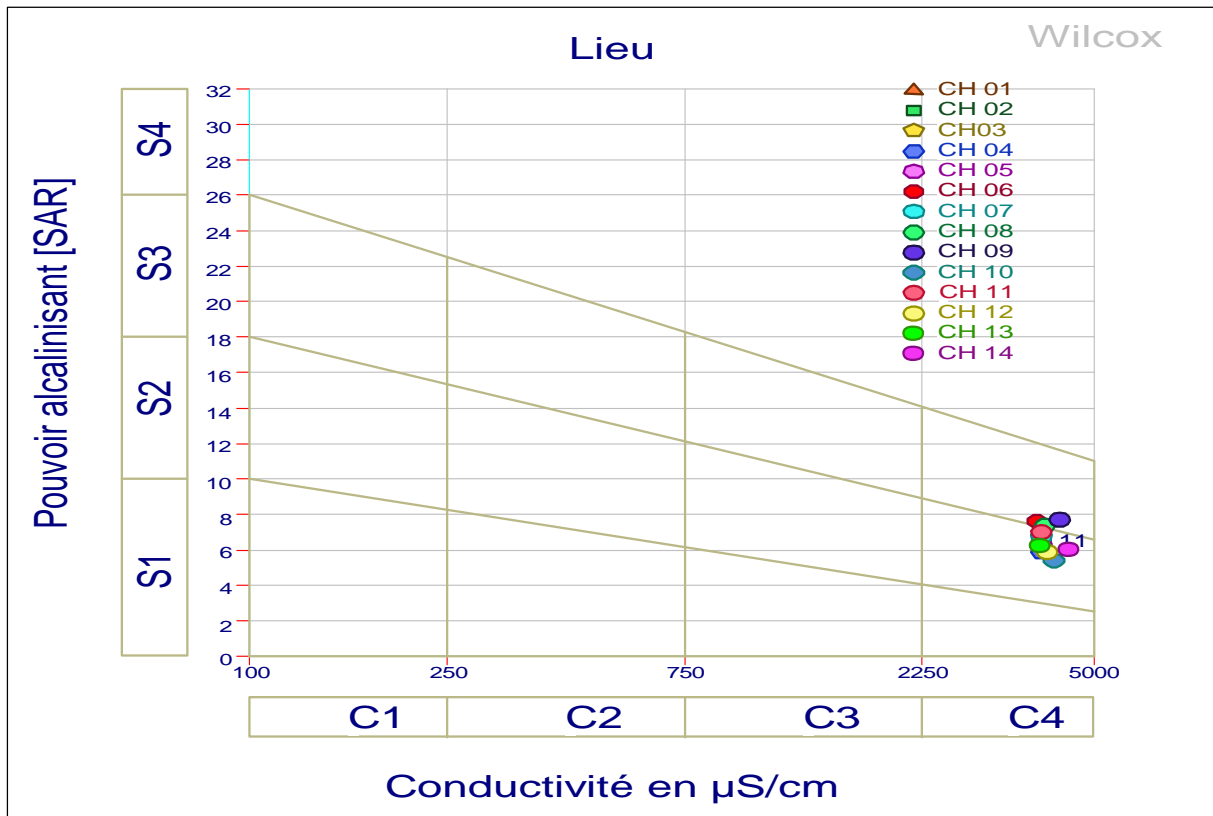


Fig. III.11 - Diagramme de Wilcox pour la classification des eaux d’irrigation en fonction du S.A.R (Nappe CT Région d’Oued Souf. Janvier.2014)

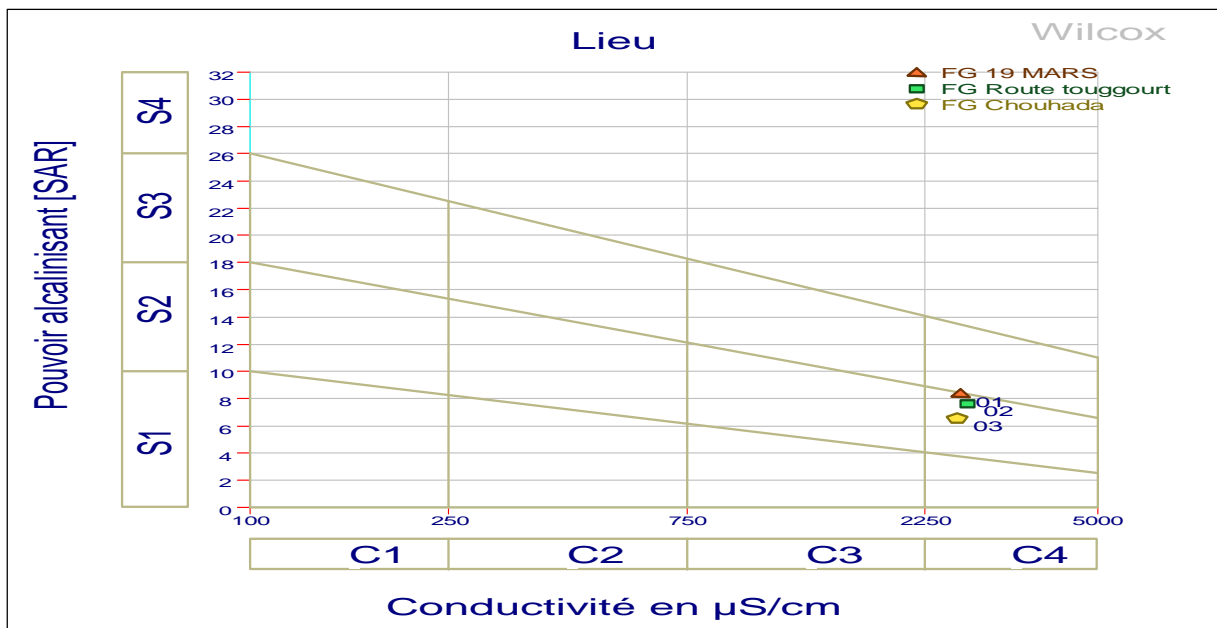


Fig. III.12 - Diagramme de Wilcox pour la classification des eaux d’irrigation en fonction du S.A.R (Nappe CI Région d’Oued Souf. Janvier.2014)

**III.5. BALANCE IONIQUE:**

On calcule la balance ionique pour déterminer le pourcentage des erreurs pendant les analyses (la fiabilité des analyses), le pourcentage des erreurs tolérés théoriquement devrais être inférieur ou égale 8% ,et se calcule comme suit:

$$\frac{\text{la somme des cations} - \text{la somme des anions}}{\text{la somme des cations} + \text{la somme des anions}} \times 100$$

**Tableau .III.04 - Balance ionique :**

CH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Cation	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Anion	la somme	result	%
1	12,4245	12,55167	46,36364	2,621053	73,96086	3,935484	17,12917	43,79471	64,85936	138,8202	9,101499	6,556321
2	14,6265	8,709167	46,81818	1,921053	72,0749	4,565161	20,45	58,60176	83,61693	155,6918	-11,542	-7,41338
3	13,026	12,76	50,45455	2,631579	78,87212	4,329032	17,7375	45,88	67,94653	146,8187	10,92559	7,441556
4	14,228	8,304167	41,36364	2,063158	65,95896	4,447097	15,64583	55,76176	75,85469	141,8137	-9,89573	-6,97798
5	12,625	12,5575	47,45455	2,242105	74,87915	4,014194	15,07083	45,88	64,96503	139,8442	9,914124	7,089408
6	13,627	6,075833	49,90909	2,352632	71,96456	4,132258	15,86042	50,96	70,95267	142,9172	1,011881	0,708019
7	13,026	6,683333	44,36364	2,2	66,27297	4,368387	16,91458	45,88	67,16297	133,4359	-0,89	-0,66699
8	11,8235	8,304167	48,63636	2,476316	71,24035	4,368387	15,65208	40,66647	60,68694	131,9273	10,55341	7,99941
9	13,026	7,088333	51	1,878947	72,99328	4,683226	15,06667	56,30765	76,05754	149,0508	-3,06426	-2,05585
10	22,044	10,5	45,54545	2,447368	80,53682	4,525806	17,13125	58,18412	79,84117	160,378	0,695649	0,433756
11	11,022	9,721667	46,81818	2,278947	69,8408	4,525806	15,75833	49,42529	69,70943	139,5502	0,131362	0,094132
12	17,4345	6,683333	42,72727	1,947368	68,79247	5,155484	17,61875	52,34529	75,11953	143,912	-6,32705	-4,39647
13	16,8335	3,24	41,18182	2,210526	63,46584	4,525806	16,71042	54,22176	75,45799	138,9238	-11,9921	-8,63217
14	14,8295	11,09725	45,45455	1,894737	73,27603	4,329032	16,04792	49,84235	70,2193	143,4953	3,05673	2,130195
1CI	9,8195	7,695833	51,36364	2,621053	71,50002	4,919355	16,86458	52,05706	73,841	145,341	-2,34097	-1,61068
2CI	9,619	7,088333	45,90909	2,673684	65,29011	4,683226	13,62917	38,16412	56,47651	121,7666	8,813598	7,238107
3CI	8,216	9,316667	40,22727	1,936842	59,69678	4,722581	18,16042	33,99294	56,87594	116,5727	2,820843	2,419814

### III.6. CONCLUSION

La région de Oued Souf possède une potentialité hydrique très importante, présentée sous forme de trois nappes souterraines : la nappe du Complexe Terminal (CT), la nappe du Continental Intercalaire (Albien) et la nappe phréatique (libre). La quasi-totalité des eaux destinée à l'alimentation de la population sont celles du CT qui ont de forts débits (dépassant les 14 000m<sup>3</sup>/j) [1] ce qui traduit une consommation excessive de cette nappe.

Au cours de ce travail, on a pu définir la qualité des eaux de la nappe du CT, du point de vue potabilité et aptitude à l'irrigation. D'après l'interprétation des analyses physicochimiques, ces eaux sont trop salées et la concentration des éléments majeurs dépasse de loin les normes de potabilité de l'OMS, ce qui nous laisse confirmer la mauvaise qualité de ces eaux pour la consommation humaine. La classification des eaux du CT et CI selon le diagramme de Richards montre qu'elles sont des conductivités très fortes et sont impropres pour les utilisations agricoles.

Cette situation a conduit les habitants de la région de Oued Souf à acheter les eaux des citernes (eaux traitées ou provenant des régions voisines) pour leur propre consommation et n'utiliser les eaux de robinet (de CT) que pour le lavage et l'arrosage des espaces verts et des jardins. Ainsi, la dotations journalière devient très élevées (dépassant les 200 litres/jour/habitants [1]), ce qui a pour conséquence une mauvaise gestion de cette ressource rare et vulnérable.

**CHAPITRE IV**  
*Gestion qualitative des eaux  
de la nappe du CT et CI*

## **IV.1. INTRODUCTION**

La qualité des eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation se pose avec acuité dans l'ensemble des régions sahariennes. d'une manière générale les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, de même que pour les besoins industriels proviennent surtout des eaux souterraines. de point de vue quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible et ce, grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara Septentrional), mais sa qualité physico-chimique (salinité) est le plus souvent médiocre. Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau, notamment souterraine (Salinisation secondaire) Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une pollution d'origine anthropique, le plus souvent domestique, qu'industrielle ou agricole, ce qui rend l'eau le plus souvent impropre à la consommation et des fois même à l'irrigation .

### **IV.1.1. ASPECT QUALITATIF**

Les ressources d'El Oued ont fait l'objet d'une étude particulière dans le cadre de cette étude. Les principales conclusions sont rappelées ci-après.

Les eaux des forages albiens comme celles des forages pontiens sont des eaux très dures, fortement minéralisées, chargées en chlorures, en sulfates, et en sodium .

La différence entre les 2 ressources tient d'une part à la température (60°C en tête de puits pour l'albien, 30°C pour le pontien), d'autre part à la minéralisation (2,8 g/l pour l'albien, 3,7 à 3,7 g/l pour le pontien).

Le principal souci que rencontre l'exploitant, est l'entartrage des conduites de distribution, dont certaines se colmatent presque en totalité en quelques mois à quelques années.

Le phénomène est observé sur tous les forages mais dans une moindre mesure sur les captages pontiens.

Ce phénomène est lié au déplacement de l'équilibre chimique des eaux prélevées à leur arrivée à l'air libre (notamment le dégazage de CO<sub>2</sub>, la variation de la pression).

### **IV.1.2. LES PROBLEMES DES EAUX DE LA NAPPE DU (CT) ET (CI) DANS LA REGION D'OUED SOUF**

#### **a) Conséquences sanitaire**

Lorsque la concentration des différents paramètres dépasse les normes maximales admissibles, l'eau a des conséquences nocives sur la santé publique. Le tableau (IV.01) présente les effets de l'excès de quelques paramètres.

**Tableau IV.01**-Effet de l'excès des différents paramètres sur la santé des humains

Paramètres	Normes	Effets
PH	6.5-8.5	PH basique diminue l'efficacité de la désinfection
T	25°C	Élevée, favorise la croissance microbienne
Chlore	0.2-0.6mg/l	>1 peut entraîné des effets cancérigènes
Turbidité	5 NTU	Protège les micro-organismes contre la désinfection
Nitrates	50mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Nitrites	0.1mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Azotes	0.5mg/l	Développement des bactéries génératrices de mauvais goût
RS	2000mg/l	Goût désagréable
Calcium	200mg/l	
Magnésium	150mg/l	Combiné au SO <sub>4</sub> génère goût
Dureté TH	500mg/l CaCO <sub>3</sub>	Diminue l'infarctus du myocarde
Sodium	250mg/l	A concentration élevée gêne les hypertendus, hypertension, des problèmes cardiaque
Potassium	15mg/l	Entraîne goût
Chlorures	600mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif
Sulfates	400mg/l	Trouble gastro-intestinaux
Aluminium	0.2mg/l	Désordre neurologique
Cuivre	1mg/l	Saveur désagréable
Fer	0.3mg/l	Saveur désagréable, favorise le développement des bactéries
Manganèse	0.5mg/l	Saveur désagréable, favorise le développement des bactéries
Cadmium	0.05mg/l	Maladies d'ITAI ITAI
Chrome	0.05mg/l	Nécrose du foie, néphrite
Cyanures	0.05mg/l	Peuvent être mortels à une dose élevée
Fluorures	1.5mg/l	Altération dentaire et fluorose du squelette
Plomb	0.05mg/l	Saturnisme
Sélénium	0.01mg/l	Craie dentaire
Arsenic	0.05mg/l	Troubles gastro-intestinaux, hépatites et rénaux, trouble du métabolisme glucido-lipidique
Mercurure	0.01mg/l	Dose mortelle 0.15-0.5 de chlore mercurique, troubles neurologique

### b) L'entartrage

L'entartrage est le dépôt de tartre sur un objet ou à l'intérieur d'une canalisation. (ne pas confondre avec l'entartage).

L'eau ou d'autres fluides contenant de l'eau provenant du sous-sol, des fleuves, rivières, lacs, puits ou du robinet contiennent en plus ou moins grande quantité des minéraux dissous sous forme de sels, tels que des ions calcium, magnésium, potassium et de nombreux autres sels minéraux.

Dans certaines conditions (en présence d'une brutale dépression de fluides saturés en minéraux, d'augmentation de la température, en présence de catalyseurs appropriés ou de

noyaux de cristallisation, ou encore en présence de certaines bactéries), ces minéraux peuvent précipiter, cristalliser ou être utilisés par des biofilms bactériens, comme c'est le cas avec le tartre dentaire. Quand l'épaisseur de tartre est importante, on parle de « bioconcrétion ».

Voire la figuer (IV-1).



**Fig.IV.1 -L'entartrage[9]**

### c) La dureté

#### Nature et origine :

Les sels de calcium et de magnésium sont les principaux éléments responsables de la dureté de l'eau. La dureté est donc une propriété naturelle de l'eau, qui dépend uniquement des terrains traversés. La dureté ou (TH) s'exprime en degré français (°F).

Les inconvénients de la dureté sont :

- Sûr consommation de savon
- Allergie de la peau
- Tâches sur les vêtements
- Mauvaise cuise de légume sec

#### Effets sur la santé :

Les eaux dures ne présentent pas de risque pour la santé mais constituent des inconvénients liés à l'entartrage des appareils ménagers. Les risques pour la santé proviennent des eaux trop douces qui deviennent agressives et sont susceptibles de dissoudre les matériaux à leur contact. En effet, par le dépôt de carbonate de calcium sur les parois des canalisations, les eaux dures assurent une certaine protection contre la corrosion. C'est pourquoi lorsque les eaux sont agressives ou exagérément adoucies, certains métaux tels le cuivre, le plomb ou le cadmium peuvent repasser en solution dans l'eau de distribution, notamment dans les réseaux intérieurs d'habitation ou d'immeubles.

### d) la salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les

bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires.

#### **IV.1.3. SOLUTIONS PROPOSEES**

Pour faire face aux ces genres de problèmes, y a beaucoup de techniques ou de procédés pour traiter les eaux de la nappe duCT et CI les rends propre à la consommation humaine, parmi ces techniques, on peut parler des techniques suivantes :

#### **IV.1.4. LES PROCEDES CLASSIQUES DE TRAITEMENT DES EAUX :**

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et si nécessaire, de le moduler dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants. Il peut arriver cependant qu'une pollution subite ou trop importante oblige l'usine à s'arrêter momentanément.

Le traitement classique et complet d'une eau s'effectuée en plusieurs étapes dont certaines ne sont pas nécessaires aux eaux les plus propres.

##### **a) L'oxydation :**

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matière organique, ou encore de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape d'oxydation préalable est nécessaire. Elle permet d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape suivante dite de clarification. On utilise pour cela un oxydant comme le chlore ou l'ozone.

##### **b) La clarification :**

La clarification permet l'élimination des particules en suspension. Après son passage à travers des grilles qui retiennent les matières les plus grosses, l'eau est acheminée dans des bassins dits de décantation. Là sous l'effet de leur poids, les particules gravitent vers le fond où elles se déposent. L'eau décantée est ensuite filtrée à travers une ou plusieurs couches d'un substrat granulaire, comme du sable, qui retient les particules résiduelles, les plus fines.

Pour faciliter cette étape, et en particulier éliminer les particules en suspension de très petites tailles, l'ajout d'un produit chimique (un coagulant) permet à ces particules de s'agglomérer. Plus grosses et plus lourdes, les nouvelles particules sont plus facilement décantées et filtrées. On appelle ce procédé la coagulation/floculation.

##### **c) La désinfection :**

En fin de traitement, la désinfection permet l'élimination des micro-organismes pathogènes (bactéries et virus). On utilise pour cela soit un désinfectant chimiques comme le chlore ou l'ozone, soit des rayonnements Ultraviolets.

Il est importante que ce traitement persiste tout au long du réseau afin qu'aucun germe ne puisse se développer dans les canalisations où l'eau peut séjourner plusieurs jours.

## IV.2. TECHNIQUE UNIVERSELLE DE DEMINERALISATION DES EAUX:

### IV.2.1.LA NANOFILTRATION

Cette technique se situe entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. Elle permet la séparation des composants ayant une taille en solution voisine de celle du nanomètre (Son nom), les sels ionisés monovalents et les composés organiques non ionisés de masse molaire inférieure à environ 200 - 250 g/mol ne sont pas retenus par ce type de membrane.

Les sels ionisés multivalents (calcium, magnésium, aluminium, sulfates...) et par contre Les composés organiques non ionisés de masse molaire supérieure à environ 250g/mol Sont, fortement retenus.

Nota Bene : Dans le cas des macromolécules, l'unité de masse molaire que l'on utilise est le Dalton : 1 Da = 1 g/mol.

Les mécanismes de transfert sont intermédiaires entre ceux de l'osmose inverse et ceux de l'ultrafiltration. Cette technique est souvent utilisée pour l'adoucissement des eaux.

### IV.2.2.L'ULTRAFILTRATION

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont les diamètres de pores sont compris entre 1 et 100nm. de telles membranes laissent passer les petites molécules (eau Sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymères, protéines, colloïdes).

Pour cette raison, cette technique est utilisée pour l'élimination de macrosolutés présents Dans les effluents ou dans l'eau à usage domestique, industriel (Électronique) ou médical.

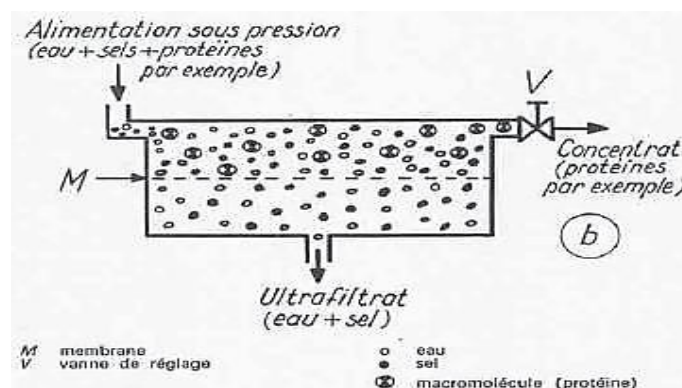


Fig.IV.2.Principe de l'ultrafiltration[3]

### IV.2.3. MICROFILTRATION TANGENTIELLE

Ce procédé de séparation solide-liquide met en œuvre des membranes dont les diamètres de pores sont compris entre 0,1 et 10 μm. Il permet donc la rétention des particules en suspension,

des bactéries, indirectement des colloïdes et de certains ions après fixation de ces derniers sur des plus grosses particules obtenues par complexation précipitation ou Floculation.

Théoriquement, la différence entre ultrafiltration et microfiltration est très nette:

- ✓ l'ultrafiltration fonctionne en phase liquide homogène alors que la microfiltration a pour objectif une séparation solide-liquide
- ✓ La pression de travail est généralement plus faible dans le cas de la microfiltration (Pression transmembranaire < 3 bars)
- ✓ les flux de filtration sont souvent plus importants dans le cas de la microfiltration.

Ainsi, pour minimiser les phénomènes de colmatage et éviter que des particules solides pénètrent dans les pores des membranes, on a souvent intérêt à utiliser des membranes d'ultrafiltration pour effectuer une opération de microfiltration. Inversement, une membrane de microfiltration peut devenir une membrane d'ultrafiltration (1 à 100 nm) ou même d'osmose inverse (<1 nm) par suite de la formation en cours de fonctionnement d'une Couche de gel à porosité très fine (membrane dynamique).

• Les différentes filières d'application

Le tableau ci-dessous présente le champ d'application des différentes techniques de filtration classique et des différentes techniques de séparation par membrane.

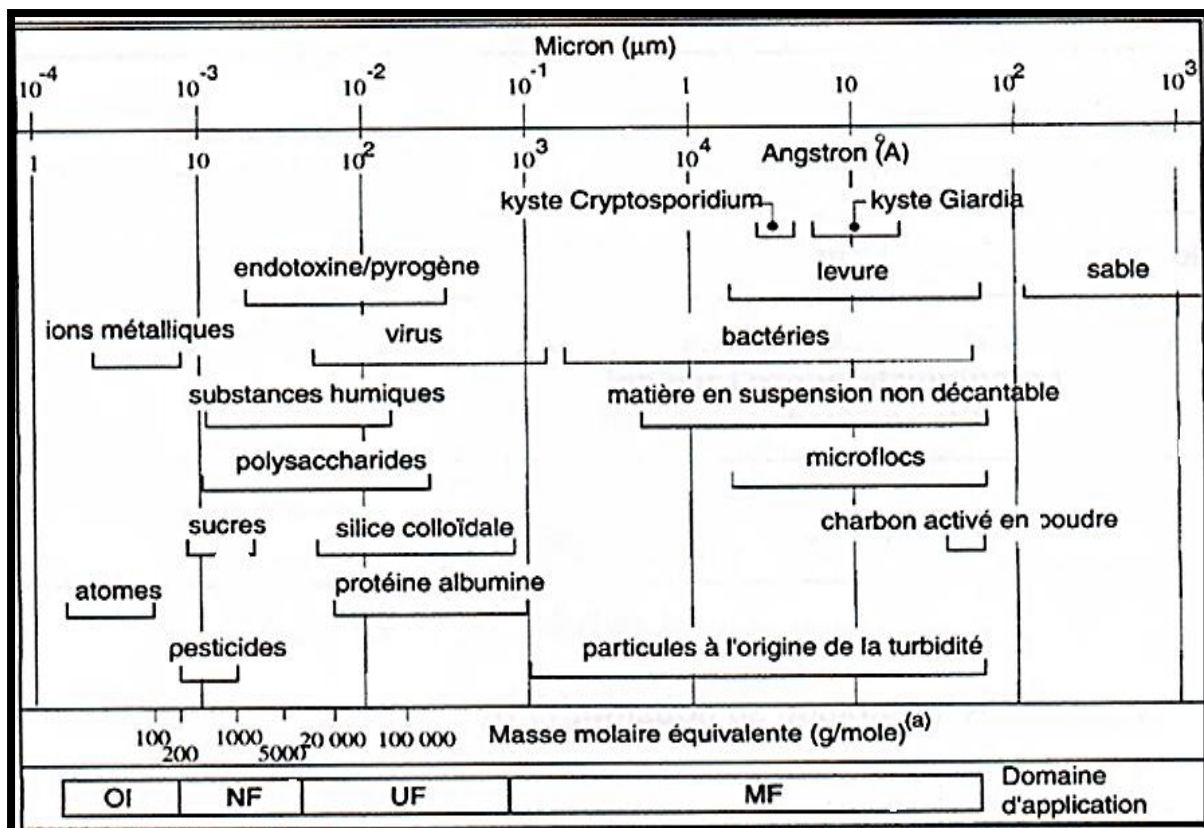


Fig.IV.3. Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination[3]

#### IV.2.4.L'ELECTRODIALYSE

##### Principe de l'électrodialyse:

L'électrodialyse est un procédé de dessalement électro-membranaire qui permet d'éliminer des sels dissous d'une eau saline par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique. Pour comprendre ce procédé plus clairement, il est donné une description succincte des phénomènes auxquels il faut.

S'attendre au cours d'une électrodialyse car il est important de connaître l'effet potentiel d'un courant continu dans une solution saline, Selon la figure (IV-3).

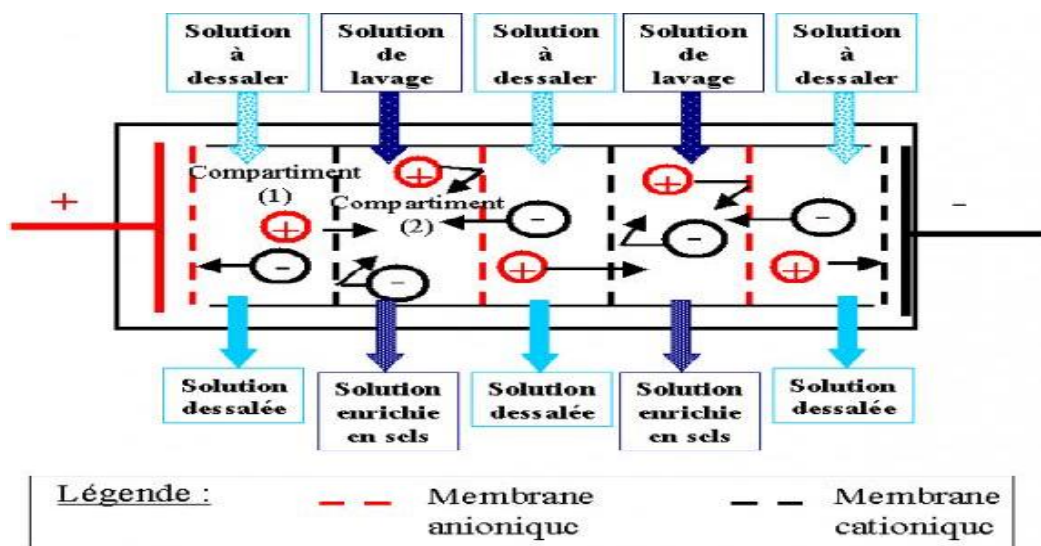


Fig.IV.4. Principe de l'électrodialyse[3]

#### IV.2.5. L'OSMOSE INVERSE

L'osmose est un phénomène naturel à travers une membrane semi-perméable: l'eau douce migre vers l'eau salée, la plus concentrée, L'équilibre s'établit à la pression osmotique, Plus l'eau est chargée en sels et plus la pression osmotique est élevée. Il est possible d'inverser l'opération en exerçant une pression sur l'eau salée pour faire migrer les molécules d'eau, c'est l'osmose inverse.

#### IV.3.COMPARAISON DES COÛTS DE PRODUCTION DU (m<sup>3</sup>) D'EAU TRAITÉE DES DIFFÉRENTS PROCÉDES

La figure ci-dessous compare les coûts de production du m<sup>3</sup> d'eau traitée pour trois procédés, dans le cas d'une usine de dessalement de 10 000 m<sup>3</sup>.j<sup>-1</sup>, et pour différentes salinités de l'eau d'alimentation.

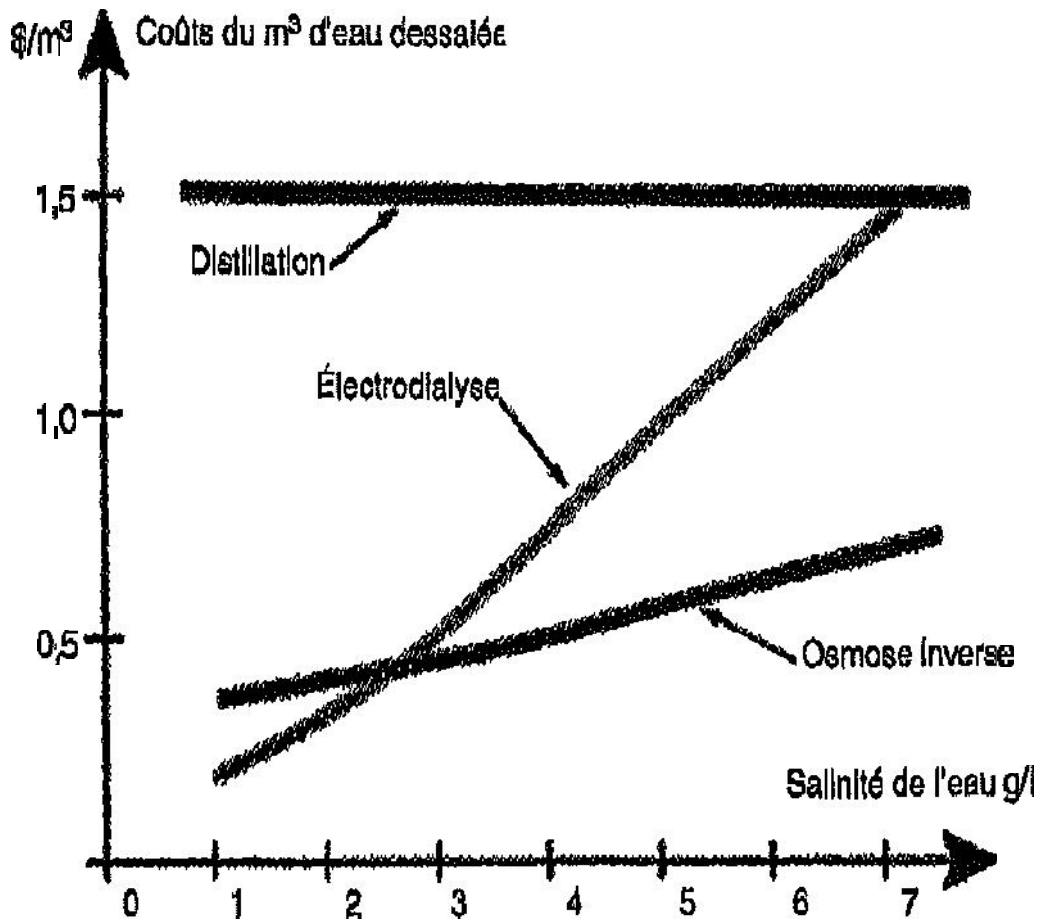


Fig.IV.5- les coûts de production du m<sup>3</sup> d'eau traitée pour trois procédés[3]

#### IV.3.1. CHOIX DE LA TECHNIQUE

La technique de l'osmose inverse présente de nombreux avantages par rapport aux autres techniques, notamment au niveau des membranes.

En effet, il existe plusieurs fournisseurs de membranes d'osmose inverse, ce qui n'est pas le cas pour les membranes d'électrodialyse.

De plus, les éléments d'osmose inverse sont normalisés dimensionnellement. Il est donc possible de changer de fournisseurs. Ce n'est à nouveau pas le cas pour l'électrodialyse.

Aujourd'hui, la technique de l'osmose inverse est parfaitement maîtrisée et reconnue mondialement.

Une large gamme de salinités peut être traitée par osmose inverse. Au vu des salinités élevées des forages de la commune de Meghaier, la technique d'électrodialyse engendrerait des coûts de production trop importants (voir figure du paragraphe IV.3.3.1).

#### IV.3.2. CONCLUSION

La solution technique retenue pour la production d'eau potable pour la vallée d'Oued - Souf est donc le traitement de l'eau par osmose inverse.

### IV.3.3. DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE : L'OSMOSE INVERSE

L'osmose est un phénomène naturel. Si l'on considère deux solutions de concentrations salines différentes séparées par une membrane. L'eau migre spontanément de la solution diluée à la solution la plus concentrée.

Si l'on applique une pression supérieure à la pression osmotique (pression d'équilibre) le solvant va migrer de la solution concentrée à la solution diluée c'est le phénomène de l'osmose inverse.

### IV.3.4. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS:

Les avantages et les inconvénients de la méthode sont regroupés dans le tableau suivant :

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Recyclage immédiate matières récupérées;</li> <li>-Limitation du nombre de rinçage;</li> <li>-Diminution de la consommation en eau;</li> <li>-Amélioration de la qualité des traitements;</li> <li>-Meilleur respect de la réglementation des eaux de rejet;</li> <li>-Concentration des solutions;</li> <li>-Bien adaptée à la récupération des électrolytes chauds qui présente une évaporation naturelle;</li> <li>-Diminution des débits de rinçage;</li> <li>-Economiseur le traitement anti-pollution des rinçages;</li> <li>-Rendement de 95 à 97%;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Procédé non sélectif ;</li> <li>-Membranes sensibles aux variations de débits, aux MES;</li> <li>-Préfiltration nécessaire pour enlever les particules solides et les huiles ou graisses qui pourraient colmater la membrane;</li> <li>-Coûts d'investissement élevés;</li> <li>-Concentration des produits parasites;</li> <li>-Mise en place impérative d'un rinçage statique;</li> </ul>

### IV.3.5. LA DEMINERALISATION PAR OSMOSE INVERSE:

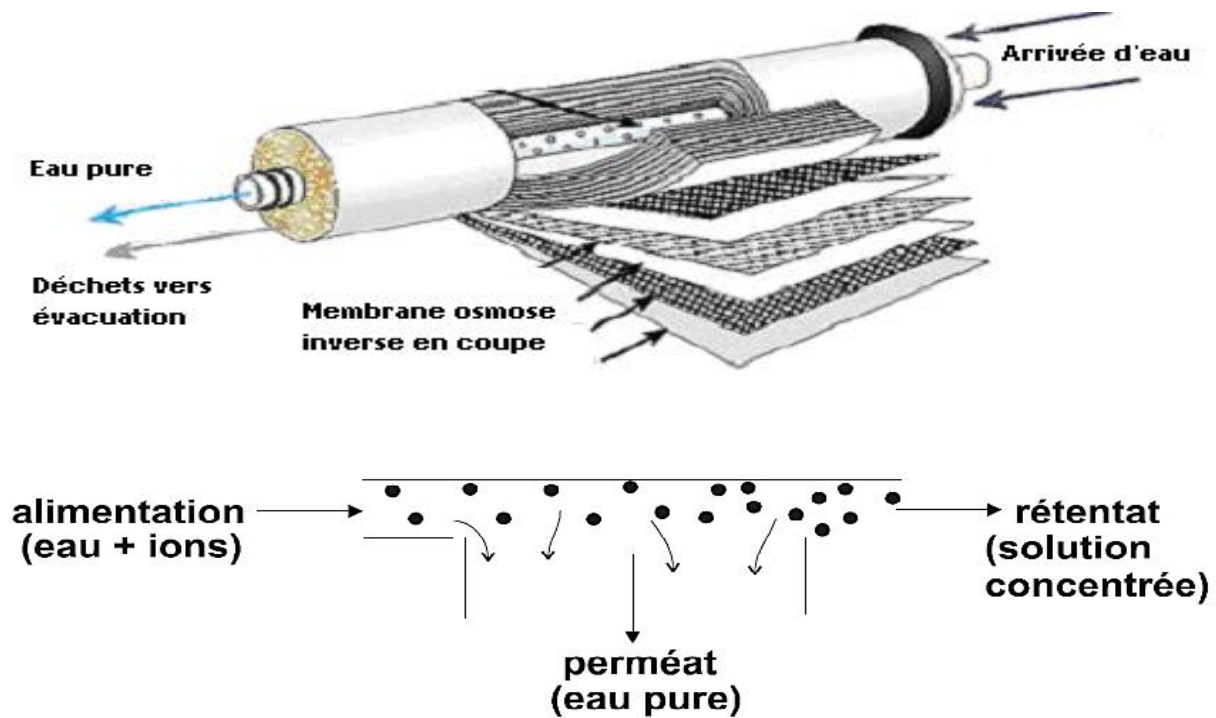
L'osmose inverse est un système de purification de l'eau contenant des matières en solution par un système de filtrage très fin qui ne laisse passer que les molécules d'eau.

#### Principe

L'eau comporte des solutés, particulièrement des sels. Si deux solutions de concentrations différentes sont placées de chaque côté d'une membrane filtre, par osmose l'eau franchit la membrane jusqu'à ce que les concentrations s'équilibrent ou que la différence de pression (que

Le déplacement d'eau fait augmenter dans le compartiment où l'eau afflue et diminuer dans le compartiment d'où elle vient) dépasse la pression osmotique

Inversement, en exerçant dans un des compartiments une pression hydrostatique qui dépasse la pression osmotique, on force l'eau à quitter le compartiment sous pression en dépit de l'augmentation de concentration en soluté qui s'y produit, et de la dilution qui se fait dans l'autre compartiment.



**Fig. IV.6:** Principe de l'osmose inverse [3]

#### IV.4. SOLUTION PROPOSÉE (SOLUTIONS PROPOSÉES PAR L'ETAT):

##### IV.4.1. PRINCIPE

La solution proposée à ce jour pour améliorer l'alimentation en eau potable de la Ville d'El Oued, est le traitement des eaux prélevées.

- ✓ La filière préconisée suite au diagnostic est la suivante :
- ✓ Aération ;
- ✓ Décarbonatation (avant refroidissement) ;
- ✓ Relevage vers la tour de refroidissement ;
- ✓ Filtration sur sable ;
- ✓ Déminéralisation ;
- ✓ Remise à l'équilibre.

#### IV.4.2. MISE EN ŒUVRE

Préalablement, il sera indispensable de réaliser des études préalable portant sur :

- La disponibilité réelle aujourd'hui des forages albiens ;
- La faisabilité d'exploiter l'usine prévue (approvisionnement en réactif, gestion des résidus du traitement).

La répartition géographique des forages (albiens et pontiens), la qualité respective des aquifères, leur productivité et la configuration des réseaux, nous ont conduits à proposer 2 sites de traitement. Par ailleurs, il est conseillé de réaliser ces installations en 2 fois :

Au court terme (2007 à 2015) :

- Construction d'une usine sur le site de Touggourt
- Alimentation : par les 2 forages albiens actuels
- Capacité : 20 000 m<sup>3</sup>/j (pour un apport d'eau brute correspondant à la production annoncée aujourd'hui pour les 2 forages soit 25 000 m<sup>3</sup>/j - 145 l/s)

À plus long terme (2015 à 2030) :

- renforcement de la station précédente (site de Touggourt) :
- capacité finale d'eau traitée : 35 000 m<sup>3</sup>/j (soit 15 000 m<sup>3</sup>/j supplémentaires par rapport à la première usine)
- alimentation : recherche et création de nouveaux forages (albien ou pontiens) représentant environ 240 l/s
- construction d'une usine sur le site de Nadhor :
- capacité : 15 000 m<sup>3</sup>/j
- alimentation : par les forages pontiens actuels (Sidi Mestour, Chott, Nadhour soit 6 600 m<sup>3</sup>/j) et des nouveaux forages à créer à hauteur de 12150 m<sup>3</sup>/j (155 l/s soit 5 forages pontiens de 30 l/s ou 1 forage albien)

Les capacités de production annoncées à court terme et à plus long terme appellent les commentaires suivants :

- à court terme, il n'est pas prévu de combler le déficit par la mise en place d'une station de traitement sur le site de Touggourt mais bien de permettre la distribution d'une eau de qualité conforme à la réglementation ; après la mise en place de la première usine, il est donc prévu.
- D'effectuer la distribution de l'eau traitée sur la totalité des réseaux, par secteur, avec un rationnement estimé à une desserte 1 jour sur 2,
- De mettre à l'arrêt les forages du pontien ; ils seront néanmoins entretenus afin qu'ils puissent être remis en service lorsque la seconde usine sera mise en service,

- à long terme, les capacités de traitement proposées sur les 2 sites (35 000 m<sup>3</sup>/j et 15 000 m<sup>3</sup>/j) permettront de couvrir tous les besoins, mais dans le scénario où les pertes des réseaux auront été réduites (rendement porté à 80%); en effet, il ne nous paraît inconcevable de surdimensionner les installations de traitement pour couvrir les pertes des réseaux.

#### **IV.4.3. AMÉNAGEMENTS ET TRAVAUX CORRESPONDANTS SUR LES SITES DE PRODUCTION**

##### **a) Au court terme (usine sur le site de Touggourt pour 20 000 m<sup>3</sup>/j)**

Les aménagements prévus sont :

- une bache d'eau brute qui recueillera les eaux des 2 forages albiens ;
- les installations et ouvrages de la filière de traitement (aération, décarbonatation avant refroidissement, relevage vers les tours de refroidissement, filtration sur sable, déminéralisation, remise à l'équilibre) ;
- une bache d'eau traitée
- un château d'eau (celui prévu dans le cadre de la sectorisation des réseaux de la mission B, pour la desserte du secteur Touggourt).

##### Capacité nominale de l'usine :

La capacité de production d'eau traitée est prévue à 20 000 m<sup>3</sup>/j.

##### Adduction de l'eau des forages albiens sur le site de traitement prévu:

Forage de Touggourt :

- pas de conduite d'adduction à prévoir le forage étant situé sur le même site ;

Forage de Chouhada :

- pose d'une conduite sur 6 800 ml (tracé à valider) en DN 500 mm (diamètre permettant de limiter à quelques mètres les pertes de charges pour un débit de 145 l/s, sur la longueur considérée).

##### Bâche d'eau traitée:

Etant donnée la faible capacité de stockage sur la Ville, il est conseillé de réaliser une bache d'eau traitée correspondant au moins à ¼ de la production journalière voire la moitié (par exemple, construction d'une cuve de 5 000 m<sup>3</sup> dans un premier temps, puis construction d'une seconde si nécessaire).

##### Reprise et desserte de l'eau traitée:

Depuis la bache d'eau traitée qui sera créée, les eaux seront dirigées vers les différents secteurs de distribution. Pour cela 2 variantes seraient envisageables :

Variante 1:

- installation de plusieurs stations de pompage (une par secteur ou par groupes de secteurs) et refoulement de l'eau traitée vers les secteurs de distribution ;

Variante 2:

- création d'un château d'eau pour relever les eaux traitées et permettre une desserte gravitaire des différents secteurs de la ville ; le château d'eau sera alimenté par une station de pompage ;

La variante 2 sera privilégiée à la variante 1 car elle permettra une gestion plus souple des Pompages et de la distribution. Par ailleurs les capacités de stockage de la Ville étant faibles, cela permettra de constituer une réserve supplémentaire. On notera que le château d'eau prévu pour la desserte du secteur Touggourt dans le cadre de la mission B pourra être utilisé comme réservoir de tête.

Le renforcement prévu de la station à long terme impliquera également de prévoir dès la création de la première tranche :

- le renforcement des installations de la filière de traitement ;
- le renforcement de la station de reprise d'eau traitée ;
- la capacité à terme de la cuve du château de tête et de la bache d'eau traitée.

Château d'eau de tête (variante 2)

Concernant le château d'eau :

- Altitude : la cote issue de la modélisation est 135 m (radier) soit une hauteur de 55 m par rapport au sol (radier)
- Capacité : à ce jour, l'absence de profil de consommation ne nous a pas permis de réaliser des simulations en mode dynamique (sur 24 h) ; le volume de la cuve sera à adapter en fonction de la capacité de pompage qui sera installée pour l'alimenter (si la capacité de pompage est élevée, le volume de la cuve pourra alors être diminué) ; il est néanmoins conseillé de réaliser une cuve d'au moins 2 000 m<sup>3</sup>.

**b) à long terme (renforcement de l'usine sur le site de Touggourt + nouvelle usine a Nadhour)**

Les aménagements prévus sont :

Sur le site de Touggourt :

- renforcement des installations de traitement pour une capacité totale de production (eau traitée) de 35 000 m<sup>3</sup>/j (+ 15 000 m<sup>3</sup>/j par rapport à la capacité initiale)

Sur le site de Nadhour :

- construction de l'usine de traitement, qui comprendra :
- une bache d'eau brute qui recueillera les eaux des forages (a priori pontiens) ;
- les installations et ouvrages de la filière de traitement (décarbonatation, filtration sur sable, déminéralisation, remise à l'équilibre, si les forages sont des pontiens)
- une bache d'eau traitée ;
- un château d'eau (celui prévu dans le cadre de la sectorisation des réseaux de la mission B, pour la desserte du secteur Nadhour).

### **c) Renforcement de l'usine de Touggourt**

Dans ce cas, il sera nécessaire de renforcer :

- ✓ les installations de traitement ;
- ✓ la capacité de la station de reprise d'eau traitée ;
- ✓ la capacité de la bache d'eau traitée et du château d'eau de tête auront été prévu (normalement) dès la réalisation de la première tranche.

### **d) Nouvelle usine a Nador**

Capacité nominale de L'usine:

- la capacité de production d'eau traitée est prévue à 15 000 m<sup>3</sup>/j.
- l'apport d'eau brute devra donc être de 18 750 m<sup>3</sup>/j (environ 240 l/s).

Adduction de l'eau des forages sur le site de traitement prévu :

Cette station sera alimentée par des forages existants et des forages à créer :

Forages actuels (Sidi Mestour, Chott, Nadhour) :

Pose d'une conduite d'adduction à prévoir entre les forages et le site de traitement :

- Sidi Mestour : le réservoir Sidi Mestour sera desservi par une conduite à poser entre les deux ouvrages (DN 400 – x ml) ;
- Chott : le réservoir Chott sera desservi gravitairement par une conduite posée dans le cadre de la desserte à court terme ;
- Nadhour : sur site, pas d'adduction importante

Il n'est pas prévu d'acheminer l'eau des forages pontiens du sud de la ville, leur débit étant faible

Forages nouveaux : longueur et diamètre à définir lorsque les ouvrages auront été créés.

Bache d'eau traitée :

Comme pour le site de Touggourt, étant donnée la faible capacité de stockage sur la Ville, il est conseillé de réaliser une bache d'eau traitée correspondant au moins à ¼ de la production journalière voire la moitié (au 5 000 m<sup>3</sup>).

Reprise et desserte de l'eau traitée :

Depuis la bache d'eau traitée qui sera créée, les eaux seront dirigées vers les différents secteurs de distribution. Pour cela 2 variantes seraient envisageables :

Variante 1:

- installation de plusieurs stations de pompage (une par secteur ou par groupes de secteurs) et refoulement de l'eau traitée vers les secteurs de distribution ;

Variante 2:

- création d'un château d'eau pour relever les eaux traitées et permettre une desserte gravitaire des différents secteurs de la ville ; le château d'eau sera alimenté par une station de pompage ;

Comme pour le site de Touggourt, la variante 2 sera privilégiée à la variante 1. On notera que le château d'eau prévu pour la desserte du secteur Nadhour dans le cadre de la mission B pourra être utilisé comme réservoir de tête (à dimensionner en conséquence).

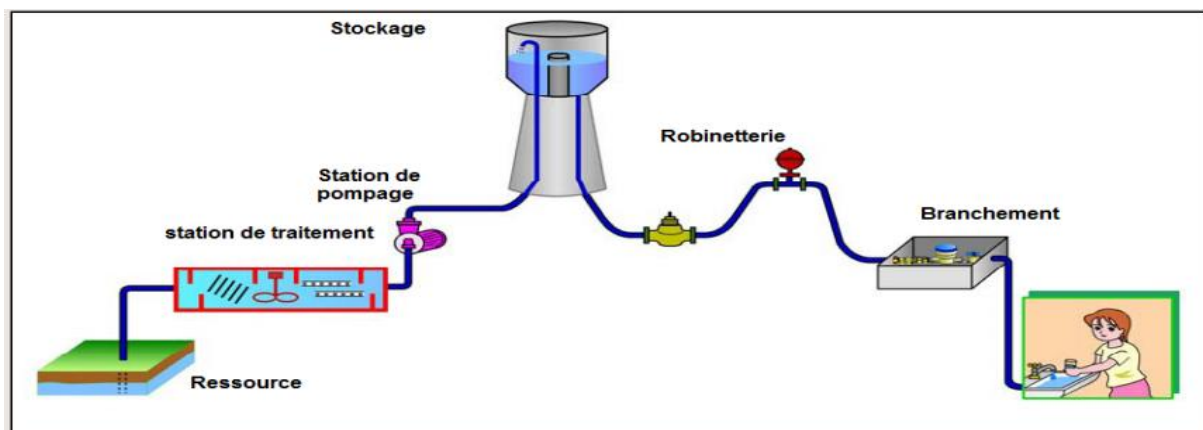
Château d'eau de tête (variante 2) :

Concernant le château d'eau :

- altitude : la cote issue de la modélisation est 115 m (radier) soit une hauteur de 35 m par rapport au sol (radier) ;
- capacité : à ce jour, l'absence de profil de consommation ne nous a pas permis de réaliser des simulations en mode dynamique (sur 24 h) ; le volume de la cuve sera à adapter en fonction de la capacité de pompage qui sera installée pour l'alimenter (si la capacité de pompage est élevée, le volume de la cuve pourra alors être diminué) ; il est néanmoins conseillé de réaliser une cuve d'au moins 2 000 m<sup>3</sup>.

**e) Objectifs de la distribution d'eau:**

- Bon qualité - Quantitésuffisante- Service continu - Bonne pression



**Fig.IV.7-** Le système d'AEP [9]

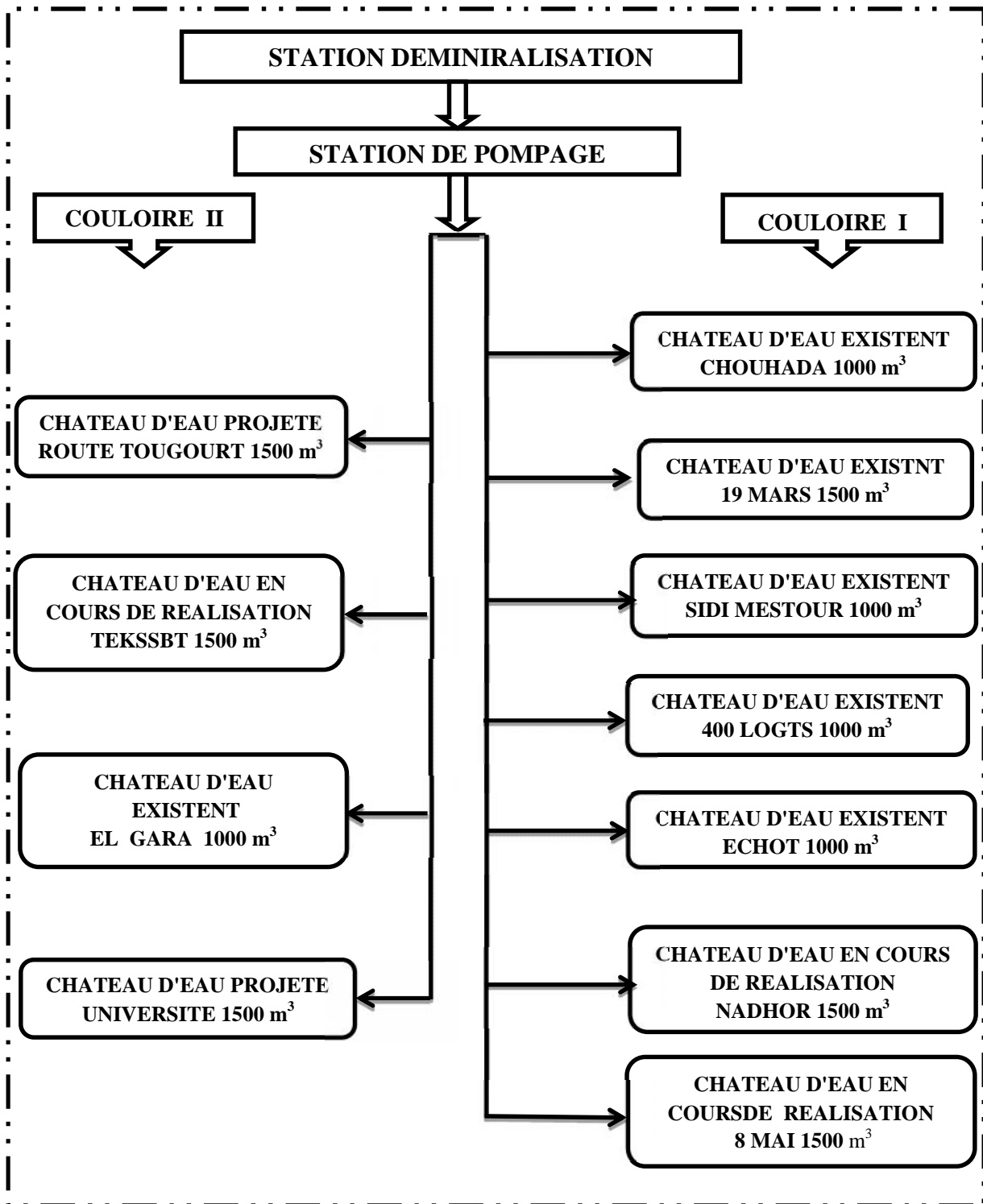


Fig.IV.8 - Schéma proposé pour la distribution[1]

## IV.4.4. DONNÉES EN MATIERE : AEP, DISTRIBUTION ET ADDUCTION

Tableau : Stations de déminéralisation dans la région de souf.

Commune	Agglomération	Nom de la station	Localité	Nature	Mode de traitement	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	Usage	Etat	Gestionnaire
Kouinine	Zone d'activité	Massafi	Zone d'activité	Monobloc	Osmose inverse	80	AEP	Bon	DIA
El-Oued	Teksebt	Chamel Afrika	Zone d'activité	Monobloc	Osmose inverse	66	AEP	Bon	HLASSA Azzedine
Bayada	Zone d'activité	Tiba	Zone d'activité	Monobloc	Osmose inverse+ UF	/	AEP	Bon	DREHEM Larbi
Reguiba	Bachagha	Bachagha	Bachagha	Monobloc	Osmose inverse	87	AEP	/	Commune de Reguiba

## IV.5. LA STATION DE DESSALEMENT DE TIBA DRINKING WATER

### IV.5.1. LOCALITÉ:

L'usine de (TIBA DRINKING WATER) située dans la zone d'activité au Nord-Ouest la commune d'El Bayada wilaya de (El Oued).

### IV.5.2. DESCRIPTION DE LA STATION :

Dans ce qui suit nous allons voir les composantes d'une station d'osmose inverse et les étapes à suivre dans le traitement des eaux (forage consommateur).

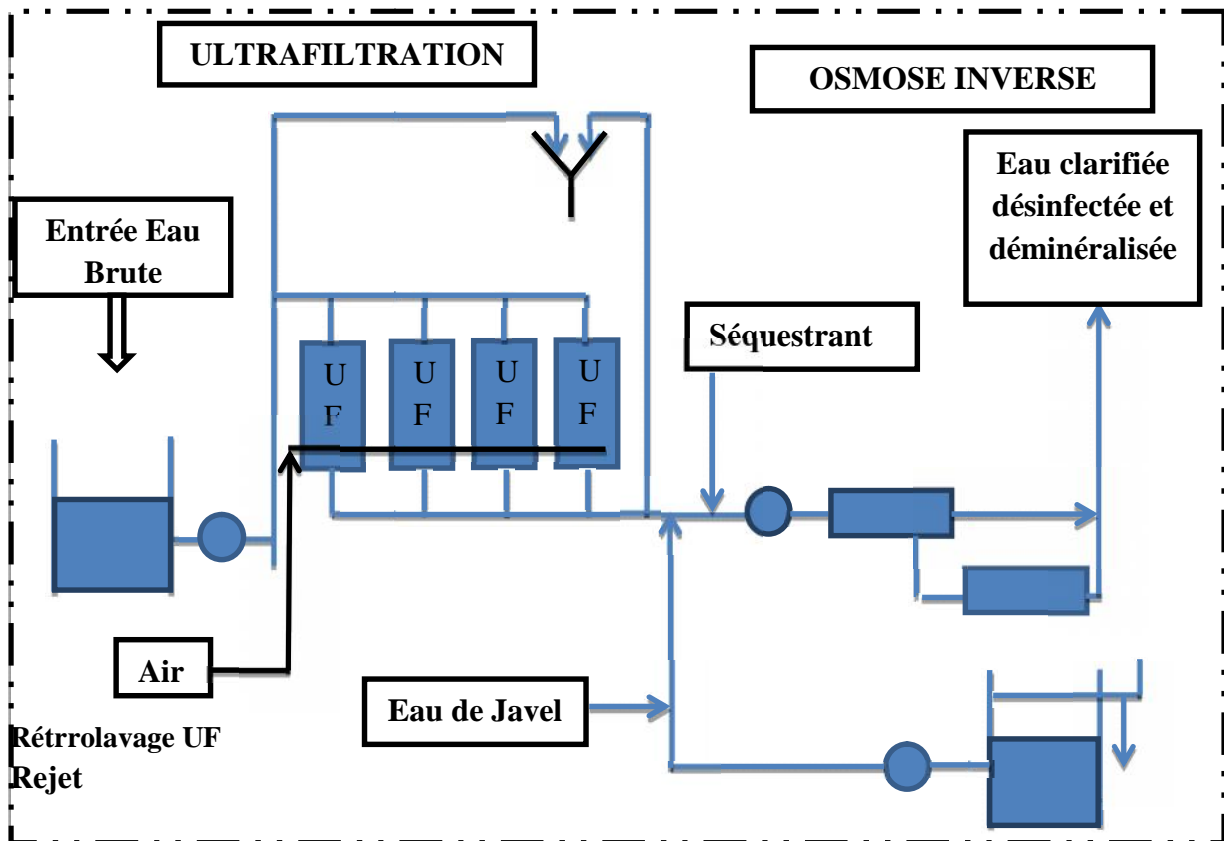


Fig.IV.9- Schéma de principe UCM simplifié[10]



Fig.IV.10- L'unité compacte membranaire[10]

**IV.3. PHASE PRIMAIRE :****a) Le Forage:**

Le puits d'eau réalisé dans la nappe phréatique et les caractéristiques techniques du forage, elles sont mentionnées dans le tableau.

Année de réalisation	Nappe	Profondeur(m)	NS(m)	Débit d'exploitation	ND(m)
2002	phréatique	62	9	8.5	25

Pour la caractéristique physico – chimiques d'eau brute elles sont mentionnées dans le tableau N°02. (2004).

Les éléments	mg/l	Meq/l
Calcium Ca <sup>++</sup>	681	33.98
Magnésium Mg <sup>++</sup>	29.2	2.4
Sodium Na <sup>+</sup>	138	6
Potassium K <sup>+</sup>	50	1.27
Somme cation	898	43.65
Chlorure	179	5.04
Sulfate	1625	33.85
Bicarbonate	68.3	1.11
Carbonate	/	40
Fluor	0.2	/
Somme anion	1872.5	40
Somme des ions	2770.5	83.65
Balance ionique (%)	4.3	
PH	6.5	
Conductivité µs/cm	3.69	
TAC (F°)	5.6	
TH(F°)	182	

**b) Filtres à sable :**

Ce sont des filtres qui retiennent les matières en suspension, ils sont équipés d'un mécanisme d'auto nettoyage pilote par un moteur électrique.

**c) Principe de filtration:**

L'eau pénètre dans le filtre via un pré-filtre destiné à protéger le mécanisme de nettoyage des particules grossières, puis s'écoule à travers le tamis fin de l'intérieur vers

l'extérieur de celui-ci. Un gâteau de filtration s'accumule sur la surface interne du tamis fin et développe une perte de charge.

**d) Caractéristique:**

- Débit jusqu'à 400 m<sup>3</sup>/h.
- Application pré filtration d'eau brute, eau usée ....etc.
- Large surface de tamise 1500, 3000, 4500 et 6000 cm<sup>2</sup>.

**e) Procédé de contre lavage:**

Le filtre à sable déclenche un cycle d'auto nettoyage quand le différentiel de pression à travers le atteint une valeur programmée. ce cycle d'auto lavage dure 15 à 40 secondes.

**f) Ultrafiltration :**

est un procédé de clarification et de désinfection de l'eau, et totale des algues, bactéries, virus et kystes.....etc.

L'ultrafiltration utilise des membranes microporeuses dont le diamètre des pores est compris entre 1 et 100 nm. De telles membranes laissent passer les petites molécules (eau sels) et arrêtent les molécules de masse molaire élevée (polymère, protéines, colloïdes) (JEAN-MARC et al, 2002)

**j) Modules UF 120 polymem:**

Qui permet d'éliminer les particules les plus fines, constituée des fibres creuses en poly sulfone, est comparable à un micro tube de diamètre interne environ 0,72 mm, ces fibres creuses sont rassemblées dans un cartouche (5 cartouches), chaque cartouche étant placée en position verticale comme dans la **Photo 3**, l'eau entre par la partie inférieure et circule à l'intérieur des fibres. Une partie traversée la membrane et le retentât chargé en constituants à éliminer est évacué au sommet de chaque cartouche (IROPERT 1990).

**h) Nettoyage module UF polymem:**

Les modules d'ultrafiltration sont dotés d'un rétro-lavage périodique tout le 90 min qui permet d'éliminer les impuretés retenues par voie hydraulique: la membranes sont lavées, en inversant le sens de passage de l'eau à travers la membrane.

Du chlore est ajouté aux eaux de rétro lavage parce que l'osmose inverse exige une eau ne comportent pas d'oxydants.



**c) Stabilisation:**

La stabilisation consiste à faire passer l'eau à travers un filtre contenant un lit de granulés de carbonate de calcium et de magnésium (neutralité), l'objectif de la neutralisation est de modifier la position de l'équilibre calco-carbonique de l'eau afin de réduire son agressivité et d'obtenir une eau légèrement entartrant (stabilisation de pH et absorption de CO<sub>2</sub>). Voir Fig.IV.13



**Fig.IV.13**-le filtre à neutralité[10]

**IV.5.5. PHASE FINALE:****a) Stérilisation:**

Finalement l'eau subit à une stérilisation qui vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptible de causer des maladies infectieuses chez l'homme. elle se fait par ultraviolet qui est de type de rayonnement optique dont la longueur d'onde est plus courte que celle de la lumière visible et dont les photons (particule de rayonnement) ont plus grande énergie.

-La désinfection par ultraviolet n'a pas effet rémanent c'est dire que son effet désinfectant ne persiste. Pour cela : si l'on stocker l'eau dans le réservoir plus 24heure, il faut stériliser une 2eme fois par l'UV. Voir Fig.IV.14



**Fig.IV.14**-la stérilisation par l'ultra viole[10]

Cependant, le principale avantage de ce procédé est de n'apporter aucun additif à l'eau Traitée et très efficace par rapport les autres.

Après la stérilisation, l'eau stockée dans les réservoirs, mais les réservoirs constituent un maillon privilégié de sédimentation des dépôts et par la même une zone à tant risque pour la dégradation de la qualité del'eau, leur nettoyage doit être donc fréquent.Cette opération se fait d'une façon périodique tous les 15 jours par l'eau de jarael.

En fin; avant la sortie de l'eau il faut mesurer son pH et aussi la traites par eau de Javel de concentration faible 0,2 mg4. La direction de prévention sanitaire à exiger la Javellisationde l'eau produite avant distribuer.Comme dans le(Fig.IV.13)

## **IV.6. SOLUTION PROPOSÉE PAR CETTE ÉTUDE**

### **IV.6.1. PRINCIPE**

La solution proposée à ce jour pour améliorer l'alimentation en eau potable de la Ville d'El Oued, est le traitement des eaux prélevées.

La filière préconisée suite au diagnostic est la suivante :

- ✓ Aération ;
- ✓ Décarbonatation (avant refroidissement) ;
- ✓ Relevage vers la tour de refroidissement ;
- ✓ Filtration sur sable ;
- ✓ Déminéralisation ;
- ✓ Remise à l'équilibre.

Dans le terme (2015 à 2030) :

- Construction d'une usine sur le site de RouteTouggourt.
- Construction d'une usine sur le site de 19 Mars.
- Construction d'usine sur le site de Nadhor.

Production de Capacité: 15 000m<sup>3</sup>/j; dans seul usine,

Production total le trois usine: 45 000 m<sup>3</sup>/j.

Voire la (Fig.IV.14).

- Alimentation:

-Site Rte Touggourt; par un forage albien (145 l/s) et le forage pontien actuels (Tekssbt30 l/s) et à créer deux forage pontiens de débit 30l/s.

-Site 19 Mars;par un foragealbien m<sup>3</sup>/j (145 l/s) et des nouveaux (deux forages pontiens 30 l/s) à créer une hauteur de 5184 m<sup>3</sup>/j.

-Site de Nadhor: par les forages pontiens actuels (Sidi Mestour, Chott, Nadhour soit 6 600 m<sup>3</sup>/j) et des nouveaux forages à créer à hauteur de 12150 m<sup>3</sup>/j (155 l/s) 1 forage albien de Chouhada).

#### IV.6.2. SECTORISATION PROPOSÉE DU RESEAU D'AEP DE LA VILLE D'ELOUED

**Secteur 01:** 19 mars, Chouhada, 400 Logement.

**Secteur 02:** Sidi Mestour, Nadhor, Chote.

**Secteur 03:** El Gara, Nour, Route Touggourt.

Voir la (Fig.IV.15)

#### IV.6.3. LES OBJECTIFS DE CHOISIR CETTE DISTRIBUTION:

- Réduire le coût de liaison entre la station et les réservoirs;
- Assurer un écoulement équilibré et la pression de l'eau sur l'ensemble du réseau;
- Faciliter le contrôle et la gestion des usines de dessalement.

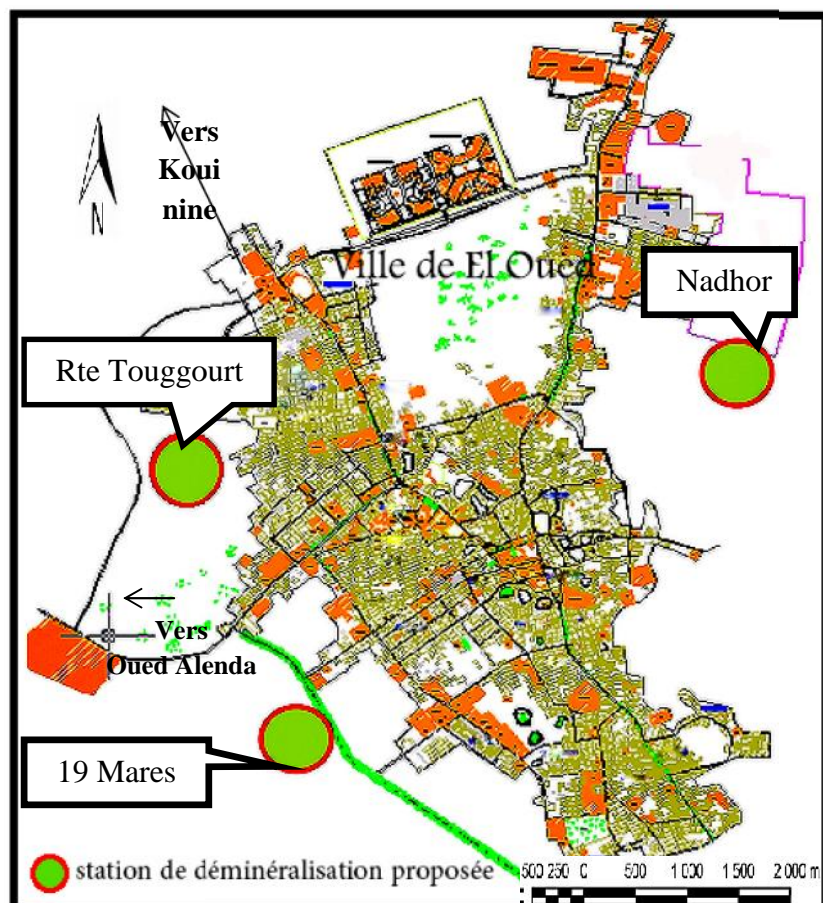
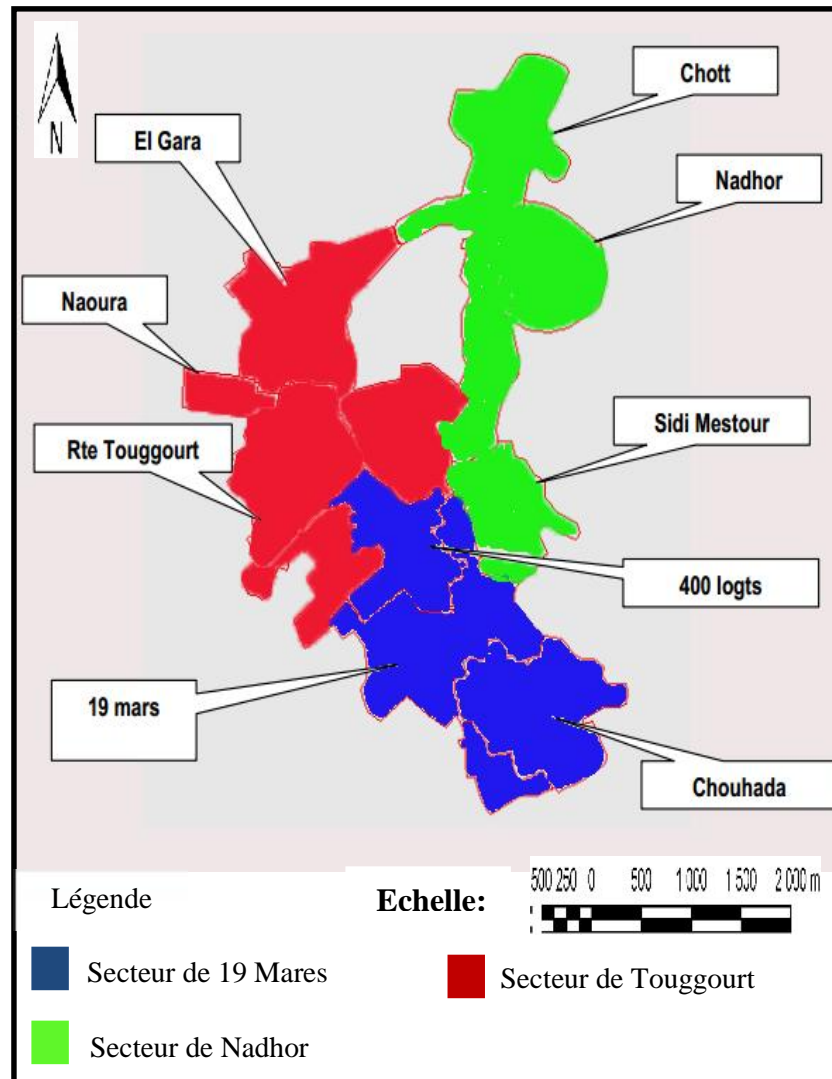


Fig.IV.15 -Localités de 03 stations de déminéralisation proposée.



**Fig.IV.16** -sectorisation proposées du Réseau d'AEP de la ville de El-Oued

#### IV.6. CONCLUSION

Le problème du forte salinité des eaux avec l'entartrage et la dureté des nappes du CT et du CI dans la vallée de Oued Souf, risque à contaminer la santé de la population, la population utilise les eaux traitées (filtrées) ou les eaux de citernes pour leurs propre consommations, ce qui fait partie de la mauvaise gestion des eaux de cette nappe.

Dans ce chapitre, on a proposé un modèle de gestion des eaux de la nappe du CT et du CI dans la région de Oued Souf.

Les solutions proposées sont déterminées en:

- Conception des solutions proposées par l'Etat (usine à la station de déminéralisation sur le site de Touggourt) pour une capacité nominale 20 000 m<sup>3</sup>/j, dans la ville d'El Oued.

- Conception des techniques universelles de déminéralisation des eaux, La nanofiltration; l'ultrafiltration; microfiltration tangentielle; l'osmose inverse; l'électrodialyse.
- Enquête sur la station de dessalement de Tiba Drinking Water, est une station de traitement des eaux potable utilisant le procédé d'osmose inverse.

## CONCLUSION GENERALE

La vallée de Souf est une unité de ressource en eau située au Sud-Est algérien, occupe une superficie de 11738 km<sup>2</sup> qui représente 18 communes administrativement et englobe un nombre de population de 500 mille habitants (selon le recensement 2009)

Dans l'étude géologique, nous avons identifié les principaux étages repérés dans cette région

- Formation de l'ère Secondaire (le Barrémien, l'Aptien, l'Albien, le Vraconien, ...etc.) et ;
- Formations de l'ère Tertiaire (Le Miocène, Quaternaire, L'Eocène);
- les reliefs et le climat de la région est comme.

le climat saharien se caractérise par une température élevée (la moyenne de 21.52°C) et un faible taux de précipitation (75.78 mm), d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif.

L'examen de la carte piézométrique montre que le sens d'écoulement général des eaux souterraines est Sud-Ouest vers le Nord-Est. L'interprétation des essais de pompage par puits et à longue durée qui a été effectuée au niveau des 02 stations nous permet de définir les différents paramètres hydrodynamiques.

La région d'étude possède une réserve d'eau souterraine très importante : la nappe phréatique La nappe du Complexe Terminal (CT) et l'Albien (CI). Les résultats des analyses chimiques effectuées en Janvier. 2014 montrent bien que les eaux de la nappe Complexe Terminal et l'Albien ne sont pas potables selon les normes de l'OMS et sont impropres pour l'irrigation.

Dans cette étude, on a décrit les solutions proposées par l'Etat et présenter les procédés classiques et universels de traitement utilisés dans la région, à savoir l'osmose inverse, l'électrodialyse, l'ultrafiltration...

A la fin de cette étude, on a proposé quelques recommandations en vue de résoudre l'ensemble des problèmes d'ordre qualitatif posés dans la région et de gérer cette ressource minière de manière équitable.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] [A.D.E] Algérienne des eaux wilaya d'EL-Oued; étude d'avant-projet détaillée pour le raccordement de la station de la station de déminéralisation aux châteaux d'eau de la ville d'el oued.51p.
- [2] [O.N.S] Office national de statistique.
- [3] (Rmdane fouzi et segher salem;2008); Etude de la qualité d'eau de consommation à la région (Ouled Djellal) eau de Source Bier Naam et eau d'électrodialyse Mémoire d'ingénieur d'état en biologie Option Contrôle de la qualité et analyses, Université de Biskra.
- [4] ZINE Brahim (2010); La remontée des eaux souterraines en surface: mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas de Oued Souf) Mémoire de Magister en Hydraulique Option : Construction hydro-technique et environnement Université de Batna.
- [5] [O.N.M] :(2014), Office National Métrologique. Paramètres climatiques.
- [6] [D.R.E] :(2014) Direction de ressource d'eaux d'El Oued.
- rapport de fin de sondage forage : Nakhla el-Gharbia commune de Nakhla wilaya d'El Oued
  - rapport de fin de sondage forage : Château d'eau est Guemar commune de Guemar wilaya : El-Oued
- [7] (Abderrazak KHADRAOUI; Safia TALE);qualité des eaux dans le sud algérien potabilité – pollution et impact sur le milieu
- [8] Bureau d'étude SAFEGE (diagnostic et de réhabilitation des systèmes d'AEP des Villes d'EL OUED.28p.
- [10] La station de dessalement de TIBA DRINKING WATER
- [A.N.R.H] 2010 inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya d'El Oued
- [ANRH] ,2005.coupe lithologique du forage F1 direction régionale de Ouargla Algérie.
- Baba Sy M., 2005.Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional , Thèse Doct, Université De Tunis El Manar, Tunisie.261 p.
- BEL F., & Cuhe D., 1969. Mise au point des connaissances sur la nappe du CT. UNESCO, 1972a.Projet ERESS: étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final(ERESS project :study of the northern Sahara water resources. Final report).United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris.Terminal; ERESS. Ouargla. Algérie. 20p.
- Najah A.,(1970). le Souf des Oasis. Edition Maison des livres, Alger. 173p.