

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université HAMMA LAKHDAR El-Oued**  
**Faculté de la Technologie**  
**Département d'Hydraulique et de Génie**

**Civil**



**MÉMOIRE**

*Présenté pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

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

**Thème :**

***Qualité physico-chimique des eaux de  
la nappe des sables dans la région  
d'El Oued***

**Sous la direction de:**

M<sup>eme</sup>.F.BOUCHEMAL

**Présenté par :**

MOUMEN SAAD SALAH EDDINE  
BOUGHEZALA MOHAMMED AHMED

**Soutenu devant un jury composé de:**

M<sup>R</sup> GUESSEIR .B  
M<sup>R</sup> OUAKOUAK ABDE ELKADER

**Promotion: 2016/2017**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي  
خَلَقَ الْمَوْتَاطِئَ وَالنَّجْمَ الثَّاقِبَ  
وَمَا يَدْرَأُ أَنَّ الْبُرْجَانَ  
مِنْ عَمَلِهِمْ وَهُوَ الْعَزِيزُ  
الْحَكِيمُ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قُلْ إِنْ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي

لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ ﴿١٦٢﴾

لَا شَرِيكَ لَهُ <sup>صَلِّ</sup> وَبِذَلِكَ أُمِرْتُ

وَأَنَا أَوَّلُ الْمُسْلِمِينَ ﴿١٦٣﴾

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma très chère mère*

*Mon très cher père*

*Mes frères et mes sœurs :*

*A Toute la famille*

*et à Tous mes amis*

*BOUQHEZALA MOHAMMED AHMED*

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à :*

*Ma très chère mère*

*Mon très cher père*

*Mes frères et mes sœurs ;*

*A Toute la famille*

*et à Tous mes amis*

*MOURMEN SAAD SALAH EDDINE*

# *Remerciements*

Nous remercions **ALLAH** qui nous a donné la sagesse pour achever ce modeste travail .

Au terme de ce travail, nous souhaitons exprimer notre gratitude et nos remerciements à notre promoteur **M<sup>eme</sup> BOUCHEMAL .F** , pour la confiance dont elle nous a gratifiés en acceptant d'encadrer les travaux de ce mémoire, en se préoccupant constamment de son avancement, et à tous ceux qui on de près ou de loin contribués à notre étude, en particulier:

- A tout les enseignants qui ont contribué à notre formations.
- Aux membres de jury qui ont bien voulu examiner notre travail et de l'apprecier à sa juste valeur.
- Tous les étudiants du université d'EL OUED

Merci encore à tous....

# TABLE DES MATIERES

Dedicaces

Remerciements

resume

Liste des abreviations

table des matieres

Liste des tableaux

liste des figures

**INTRODUCTION GENERALE.....01**

## **CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

I-1. INTRODUCTION..... 01

I-2. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....02

I-3. TOPOGRAPHIE.....03

I-4 GEOLOGIE DE LA VILLE DE OUED SOUFI.....06

I-4-1. Secondaire.....06

    Le Barrémien.....06

    L'Aptien.....06

    L'Albien.....06

    Le Vraconien.....06

    Le Cénomanién.....06

    Le Turonien.....06

    Le Sénonien.....07

I-4-2. Tertiaire.....08

    L'Eocène.....08

    Le Miopliocène.....08

I-4-3 Quaternaries.....08

I-5 CONCLUSION..... 10

## **CHAPITRE II : CLIMATOLOGIE**

II-1 SITUATION CLIMATOLOGIQUE .....11

II-1-1 Le Climat.....11

II-1-2 La température .....11

II -1-3 Les précipitations.....12

II-1-4 Evaporation.....

II-1-5 L'humidité.....13

II-1-6 Le vent.....14

II-2 CONCLUSION..... 15

**CHAPITRE III :  
GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE**

III-1 INTRODUCTION.....	16
III-2 CADRE HYDROGEOLOGIQUE GENERAL.....	16
III-2-1 La Nappe phréatique.....	16
III-2-2 Complexe Terminal.....	18
III-2-3 Nappe du Continental Intercalaire.....	20
III-3 LA REMONTEE DES EAUX DANS LA NAPPE PHREATIQUE.....	23
III-4- CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES.....	28
III-5- PIÉZOMÉTRIE DE LA VILLE D'OUEDSOUFI.....	29
III-5-1 Inventaire des points d'eau.....	29
III-5-2 Évolution de la piézométrie.....	31
III-5-2-1- La piézométrie du mois de Mai 2008.....	31
III-5-2-2 La piézométrie du mois de Mai 2009.....	34
III-5-2-3 La piézométrie entre Mai 2009 et Mai 2008.....	36
III-5-2-4 La piézométrie en Janvier 2009.....	37
III-6- LE BILAN DE LA NAPPE.....	39
III-7-CONCLUSION.....	40

**CHAPITRE IV: HYDROCHIMIE**

IV-1-Introduction.....	41
IV-2 Cartographie hydrochimique.....	41
IV-3 Paramètres physico-chimiques.....	42
IV-3.1. Paramètres physiques.....	42
IV-3-1-1 Température.....	42
IV-3-1-2 Potentiel d'hydrogène (pH).....	42
IV-3-1-3 La conductivité électrique.....	43
IV-4 Les éléments chimiques.....	44
IV-4-1 Les Cations.....	44
IV-4-1-1 Le Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	44
IV-4-1-2 Le Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ).....	45
IV-4-1-3 Le sodium et le potassium ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ).....	46
IV-4-2 Les Anions.....	48
IV-4-2-1 Les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	48
IV-4-2-2 Les Sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ).....	49
IV-4-2-3 Les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	50
IV.5. Caractéristiques chimiques des eaux.....	51
IV.5.1. Diagramme de PIPER.....	51
IV.5.2. Diagramme de Schoeller Berkaloff.....	53
IV.5.3. Le couple $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ .....	55
IV.5.4. Le couple $\text{Ca}^{++} - \text{SO}_4^{2-}$ .....	56
IV.5.5. La relation $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^-$ .....	57
IV.5.6. La relation $\text{Ca}^{++} - \text{Mg}^{++}$ .....	58
IV.5.7. Le couple $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ .....	59

VI.6. Carte d'aptitude des eaux de nappe CT selon le diagramme de Richard .....	60
VI.7. La salinité .....	62
VI.8. Polluant $\text{NO}_3^-$ .....	63
VI. 9. Conclusion .....	64
<b>CHAPITRE V:</b>	
<b>GESTION QUALITATIVE DES EAUX DU CT</b>	
V-1 INTRODUCTION .....	65
V-2 SCENARIO TENDANCIEL DE LA GESTION QUALITATIVE DES EAUX... ..	65
V-2-1 Etat actuel des forages de la nappe du CT .....	65
V-2-2 Etat préventif des forages du CT .....	66
V-2-2-1 Protection des forages de la nappe du CT .....	66
V-2-2-2 Traitement des eaux de la nappe du CT .....	66
V-3 Technique de traitement des eaux .....	66
V-3-1 Les techniques classiques de traitement des eaux .....	66
a)- L'oxydation .....	67
b)- La Clarification .....	67
c)- La désinfection .....	67
V-3-2 Les techniques universelles de traitement des eaux .....	67
a)- Distillation .....	67
b)- L'échange d'ions .....	68
c)- L'électrodialyse .....	68
d)- L'osmose inverse .....	69
V-3-3 Le traitement d'eau utilisée actuellement dans la vallée d'Oued – Soufi .....	70
V-3-3 Description de la technique de l'osmose inverse .....	72
a)- Les membranes .....	72
b)- Les corps de pression .....	73
V-4 SCENARIO ENVISAGE DE LA GESTION QUALITATIVE DES EAUX .....	74
V-4-1 Diagnostic d'état actuel de la ville d'El-Oued .....	74
V-4-1-1 La ressource en eau .....	74
V-4-1-2 Ouvrages de stockage .....	74
V-4-2 Schéma de traitement proposé .....	75
V-4-2-1 Principe .....	75
V-4-2-2 Mise en œuvre .....	76
a)- À court terme (2007 à 2015) .....	76
b)- À plus long terme (2015 à 2030) .....	76
V-4-3 Schéma de distribution proposé .....	77
V-4-3-1 Objectifs .....	77
V-4-3-2 Distribution à court terme (2007 - 2015) .....	77
V-4-3-3 Distribution à long terme (2015 - 2030) .....	78
V-5 CONCLUSION .....	79

## Liste des tableaux

Tableau I.1 : Repartition des tranches d'altitudes	3
Tableau II.1: Les valeurs moyennes mensuelles de la température (1989-2015)	11
Tableau II.2 : Les valeurs moyennes mensuelles de la précipitation (1978-2015)	12
Tableau II.3 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation (1989-2014)	12
Tableau II.4: Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité (1989-2015)	13
Tableau II.5 : Les valeurs moyennes mensuelles du vent (1989-2015)	14
Tableau .III.1 : Bilan d'eau de la ville de Oued Souf	39
Tableau V.1 : Stations de déminéralisation dans la vallée d'Oued-Souf.	71
Tableau V.2 : Liste des ouvrages de stockage de la Ville d'El Oued	75

## Liste des figures

<b>Figure I.1 :</b> Localisation géographique de la zone d'étude	2
<b>Figure I.2:</b> Carte topographique de la zone d'étude	4
<b>Figure I.3:</b> Carte des pentes de la zone d'étude	5
<b>Figure I.4 :</b> Carte géologique du Grand Erg Oriental, (Baba, 2005)	7
<b>Figure I.5:</b> La lithostratigraphie du forage F1, (ANRH, 1993)	9
<b>Figure II.1:</b> La variation moyenne mensuelle interannuelle de la température (1989-2015)	11
<b>Figure II.2 :</b> La variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations(1978-2015)	11
<b>Figure II.3 :</b> La variation moyenne mensuelle interannuelle de l'évaporation (1989-2014)	13
<b>Figure II.4 :</b> La variation moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité (1989-2015)	13
<b>Figure II.5 :</b> La variation moyenne mensuelle interannuelle du vent (1989-2015)	14
<b>Figure III.1:</b> Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'Écoulement de la nappe (Cote Marc, 2006)	17
<b>Figure III.2:</b> Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et les sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)	19
<b>Figure III.3:</b> Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'Écoulement (Baba SY et al., 2006)	21
<b>Figure III.4:</b> Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale (UNESCO, 1972a)	22
<b>Figure III.5:</b> Carte piézométrique de la nappe phréatique de la vallée du Souf en avril 2002 (Bonnard & Gardel, 2002)	24
<b>Figure III.6 :</b> Situation des profils de dépression de la nappe phréatique	25
<b>Figure III.7.1:</b> Profil Nord-sud de la nappe phréatique dans l'axe Foulia - El Oued -Ogla	26
<b>Figure III 7.2 :</b> Profil Est-Ouest de la nappe phréatique passant par Magrane	26
<b>Figure III.7.3:</b> Profil Est-ouest de la nappe phréatique par Taghzout	27
<b>Figure III.7.4:</b> Profil Est-ouest de la nappe phréatique par El Oued	27
<b>Figure III.7.5:</b> Profil Est-ouest de la nappe phréatique par Ogla	28
<b>Figure III.8:</b> Réseau de surveillance de la ville d'Oued Souf	30
<b>Figure III.9:</b> Carte piézométrique de la nappe phréatique de la ville d'Oued Soufen mai 2008	33
<b>Figure III.10:</b> la remontée de la nappe phréatique en surface dans la cité Chott (Juin, 2009)	34

<b>Figure .III.11:</b> Carte piézométrique de la nappe phréatique de la ville d'Oued Souf en mai 2009	35
<b>Figure.III.12-:</b> Carte de battement piézométrique entre mai 2008 et mai 2009	36
<b>Figure.III.13:</b> Zone inondée a la cité Chott (janvier, 2009)	37
<b>Figure.III.14:</b> Carte piézométrique de la nappe phréatique dans les zones inondées de la ville d'Oued Souf en janvier 2009	38
<b>Figure IV.1 :</b> La carte de la répartition des points de prélèvements dans la région	41
<b>Figure IV.2 :</b> Carte de variation des teneurs de pH des eaux souterraines d'El-Oued	42
<b>Figure IV.3 :</b> Carte d'iso-teneurs en conductivité des eaux souterraines	43
<b>Figure IV.4 :</b> Carte d'iso-teneurs en calcium (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued	44
<b>Figure IV.5 :</b> Carte d'iso-teneurs en magnésium (mg/l) des eaux souterraines	45
<b>Figure IV.6 :</b> Carte d'iso-teneurs en potassium (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued	46
<b>Figure IV.7 :</b> Carte d'iso-teneurs en sodium (mg/l) des eaux souterraines d'El- Oued	47
<b>Figure IV.8 :</b> Carte d'iso-teneurs en chlorures (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued	48
<b>Figure IV.9 :</b> Carte d'iso-teneurs en sulfates(mg/l)des eaux souterraines d'El-Oued	49
<b>Figure IV.10 :</b> Carte d'iso-teneurs en bicarbonates (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued	50
<b>Figure IV.11 :</b> Le diagramme de Piper des eaux souterraines de la région d'El Oued	52
<b>Figure IV.12.-</b> Diagramme SchoelerBerkaloff	54
<b>Figure IV. 13 :</b> Couple $\text{Na}^+$ et $\text{Cl}^-$	55
<b>FigureIV.14 :</b> Couple $\text{SO}_4^{+2}$ et $\text{Ca}^{+2}$	56
<b>Figure IV.15 :</b> La relation $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^-$	57
<b>Figure IV.16 :</b> La relation $\text{Ca}^{++}-\text{Mg}^{++}$	58
<b>Figure IV. 17 :</b> couple $\text{Ca}^+$ et $\text{HCO}_3^-$	59
<b>Figure IV.18 :</b> Carte de Na% des eaux souterraines de la région d'El-oued	60
<b>Figure .IV. 19:</b> Carte de zonation par SAR des eaux souterraines de la région d'El-oued	61
<b>Figure IV.20 :</b> Carte de salinité des eaux souterraines de la région d'El-oued	62
<b>FigureIV. 21:</b> Carte de variation des teneurs $\text{NO}_3^-$ (mg/l) des eaux souterraines d'El-oued	63
<b>Figure V.1 :</b> Principe de fonctionnement d'un système par détentes successives (MSF)	68
<b>Figure V.2 :</b> Principe de fonctionnement de l'électrodialyse.	69
<b>Figure V.3 :</b> Principe de fonctionnement de l'osmose inverse	70
<b>Figure V.4 :</b> Camion citerne de transport des eaux traitées	71
<b>Figure V.5 :</b> Membrane d'osmose inverse	72
<b>Figure V.6 :</b> Corps de pression d'osmose inverse	73
<b>Figure V.7 :</b> Rack de tubes de pression d'osmose inverse	73

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

ABHS: Agence de Bassin Hydrographique Sahara

ADE: Algérienne Des Eaux

AEA : Alimentation en Eau d'Agriculture.

AEI : Alimentation en Eau d'Industrie.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques

CI: Continental Intercalaire

CT: Complexe Terminal

DSA : Direction des Services Agricoles.

DRH : Direction des Ressources Hydriques.

GIRE : Gestion Intégrée de la Ressource en Eau.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : Office National Météorologique.

## Résumé

### ملخص :

منطقة وادي سوف هي وحدة للموارد المائية تقع في الجنوب الشرقي الجزائري حيث أنها تزخر بمخزون جوفي كبير يتمثل في: الطبقة السطحية ، طبقة المتداخل القاري (CT) وطبقة المركب النهائي (CI) ، أغلب المياه المستغلة لتزويد السكان بالمياه الصالحة للشرب تستخرج من طبقة المتداخل القاري (CT).

تمثل الطبيعة الكيميائية لهذه الطبقة مشاكل عديدة منها التركيز المعدني الكبير بالإضافة إلى التركيز المرتفع لعدة عناصر هي  $Na^+$  ,  $Mg^{2+}$  ,  $Ca^{2+}$  ,  $K^+$  ,  $HCO_3^-$  ,  $SO_4^{2-}$  ,  $Cl^-$  (  $NO_3^-$  ) ، والذي تجاوز الحد المسموح به من طرف المنظمة العالمية لصحة (OMS) وغياب شبكة التصريف الصحي والنشاط الزراعي والحفر العشوائي للآبار المائية.

إن الهدف من هذا العمل هو تحديد نوعية مياه هذه الطبقة وتأثيرها على المحيط. من خلال النتائج المحصل عليها وبعد تطرقنا لعدة خطوات للمعالجة (رسم بياني - أداة إحصائية) نستنتج أن تركيز المواد المعدنية المرتفعة سببها الرئيسي هو الطبيعة الجيولوجية للمنطقة ، أي أنها متعلقة بتركيب الطبقات . يبقى في الأخير أن المشكل الأساسي للمياه لمدينة وادي سوف يقع في النوعية الرديئة، وهذا ما يستلزم وضع قوانين من أجل تحسين استغلاله وتحسين تركيبته النوعية وبحيث تضمن هذه القوانين معايير مياه الشرب العالمية قبل وضعها للاستهلاك.

للحد من هذا المشكل اقترحنا محطة لتحلية المياه لتحسين من نوعية المياه وتوسيع شبكة التصريف الصحي و الحد من ظاهرة الحفر العشوائي للآبار المائية .

## Résumé

---

### **Résumé :**

La région d'Oued-Souf est une unité de ressource en eau située au Sud-Est algérien. Elle possède un réservoir très important présentant sous forme de trois nappes : la nappe libre (phréatique). La nappe du complexe Terminal (Pontien), la nappe du Continental Intercalaire (Albien). Dont la quasi-totalité des eaux destinées à l'alimentation de la population sont des eaux souterraines.

La qualité chimique de ces eaux (Pontien) pose un grand problème, tel que la salinité, la minéralisation forte et la concentration de certains éléments ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) qui dépassent les normes recommandées par l'OMS. L'objectif de cette étude est de déterminer la qualité des eaux souterraines de la région et leur impact sur l'environnement.

Les résultats obtenus et traités par différentes méthodes, diagramme et outil statistique permettent de conclure que la minéralisation des eaux est d'origine géologique. Le problème essentiel des eaux de la première des eaux de la nappe des sables de la vallée d'Oued-Souf est un problème de qualité,

Pour cela il faut exiger des critères rigoureux pour améliorer la qualité chimique des eaux et garantir sa potabilité selon les normes internationales, avant de la mobiliser aux consommateurs.

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

-L'extension du réseau des eaux usées et de réduire le phénomène de creusement aveugle des puits d'eau

# INTRODUCTION GENERALE

### Introduction générale

L'accroissement démographique dans la partie Sud-Est de la wilaya d'El-Oued nécessite des besoins en eau de plus en plus croissants. La sécheresse et les risques de pollution des eaux souterraines , nécessite un requiert une attention particulière. Le présent travail s'oriente vers l'étude hydrogéologique, qualité des eaux souterraines de la région d'étude. Les ressources du secteur sont représentées par les nappes, phréatique, complexe terminale(C.T), continental intercalaire (C.I) , pour les besoins en irrigation et en eau potable .

Dans cette étude nous nous sommes intéressés aux points suivants :

L'étude des ressources en eaux souterraines dans la région d'El-Oued, qui souffrent non seulement du manque d'eau, mais aussi de sa salinité.

L'évaluation qualitative des ressources exploitables en eaux destinées aux l'usages domestique et agricole.

Le travail est structuré dans ce qui suit :

- La première partie est consacrée à l'étude des contextes géographique et géologique de la région d'étude.
- La deuxième partie présente l' Hydroclimatologie.
- La troisième partie traite l'hydrogéologique des nappes, en définissant les paramètres hydrodynamiques et interprétant sa piézométrie.
- La quatrième partie concerne l'étude hydrochimique des eaux de la nappe des sables.
- La cinquième partie est consacré à décrire les modes de gestion quantitative de la nappe du Complexe Terminal.

# CHAPITRE I :

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### I-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.

### I-2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La ville de Oued Souf, la commune la plus agglomère, est le chef lieu de d'El-Oued, l'une de principales oasis du Sahara septentrional Algérien dans l'Erg oriental. Elle est située au Sud-est de l'Algérie à environ 700 Km au Sud-est d'Alger et à 350 Km à l'Ouest de Gabes (Tunisie), au Nord-est du Sahara septentrional. La ville couvre une superficie totale de 40 km<sup>2</sup>.

La wilaya est limitée :

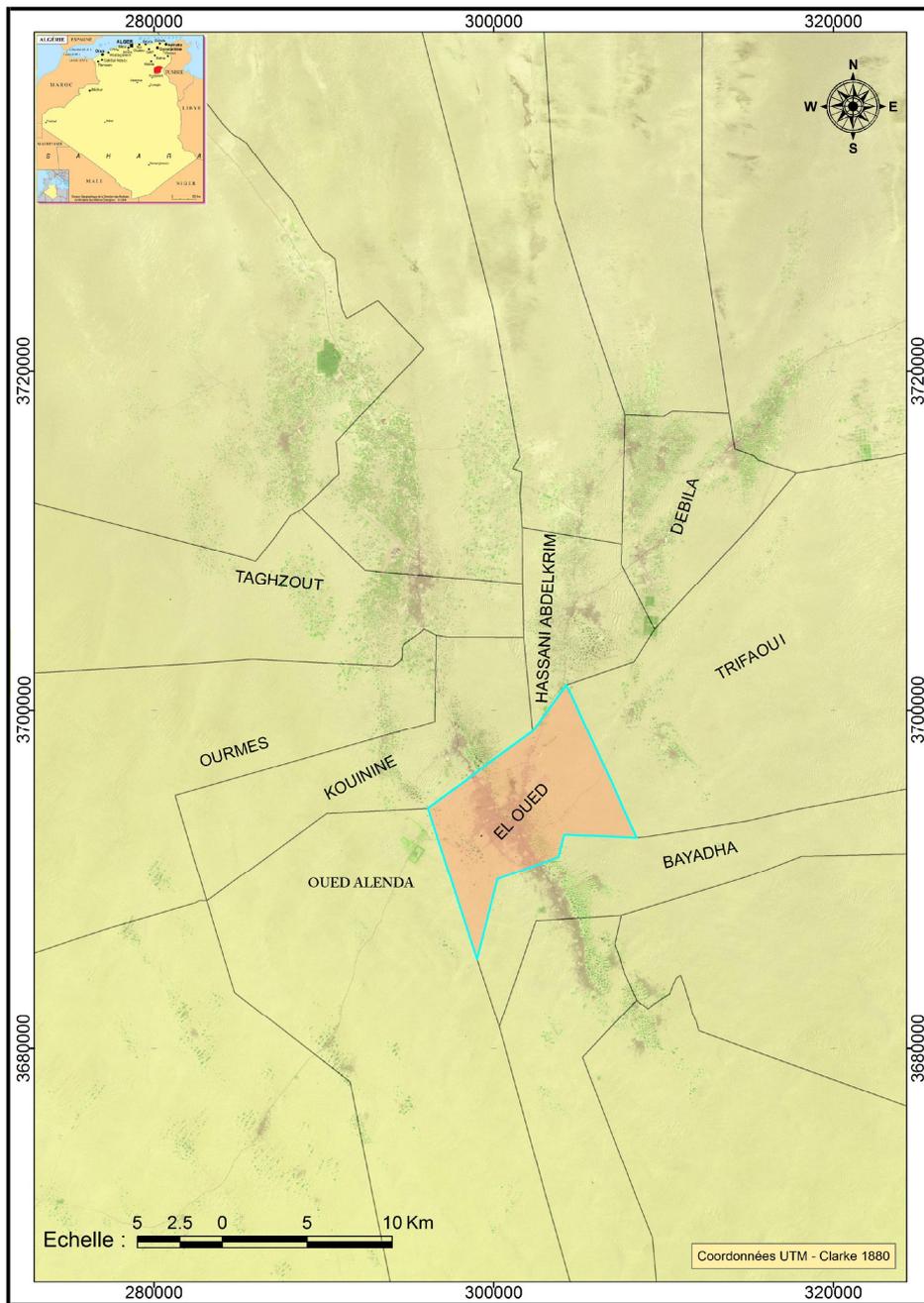
- au Nord par la wilaya de Khenchela,
- au Nord-est par la wilaya de Tébessa,
- au Nord-ouest par la wilaya de Biskra,
- à l'Ouest par la wilaya de Djelfa,
- au Sud et à l'Ouest par la wilaya d'Ouargla,
- à l'Est par la Tunisie.

Quant à elle, La ville d'El Oued est limitée au Nord par la commune de Kouinine, au Sud par la commune de Bayadha, à l'Est par la commune de Trifaoui et à l'Ouest par la commune de Oued Alenda (*Fig. 1.1*).

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

X = 298000 m ; Y = 3690000 m

X = 304000 m ; Y = 3698000 m



*Fig.1.1- Localisation géographique de la zone d'étude*

### I-3 TOPOGRAPHIE

La ville occupe une partie importante de la commune d'El Oued dans laquelle la surface topographique a été interpolée à partir de 9892 points nivelés au sol pour le réseau d'assainissement dans les zones urbaines et 129 points dans les zones non-urbanisées, soit 10021 points couvrant la zone d'un modèle numérique de terrain (Fig. I.2).

D'après le MNT (Modèle Numérique du Terrain), cette région a une altitude moyenne de 82 m au dessus du niveau moyen de la mer et accusée par une diminution notable du Sud-ouest au Nord pour atteindre les 66 m d'altitude.

Dans les cités du 19 mars et Errimel-ouest, il existe un dôme dont l'altitude varie entre 94 m et 100 m, il couvre une superficie de 1.2 km<sup>2</sup> (soit 3% de la superficie de la zone d'étude).

Dans les cités Chott et Nezla, il existe une dépression bien remarquée dont l'altitude varie entre 64 m et 70 m, et couvre une superficie de 3.2 km<sup>2</sup> (soit 8% de la superficie de la zone d'étude).

Dans la cité 08 mai, il existe également un dôme dont l'altitude varie entre 76 m et 82 m. Ce dôme couvre une superficie de 1.4 km<sup>2</sup> (soit 3.5% de la superficie de la zone d'étude). Ces caractéristiques topographiques ont été représentées dans le Tableau .1.1 par tranches d'altitudes.

**Tableau .1.1- Repartition des tranches d'altitudes.(ZINE.B.2008)**

Tranche d'altitude en m	Surface en Km <sup>2</sup>	Surface en %
64 - 70	4.2	10.5
70 - 76	15	37.5
76 - 82	13	32.5
82 - 88	3.6	9
88 - 94	3	7.5
94 - 100	1.2	3

## Chapitre I : Présentation générale de la zone d'étude

A partir de la carte des pentes (Fig.1.3), on remarque que cette région a une pente moins de 3% couvrant une superficie de 36 km<sup>2</sup> (soit 90% de la superficie de la zone d'étude).

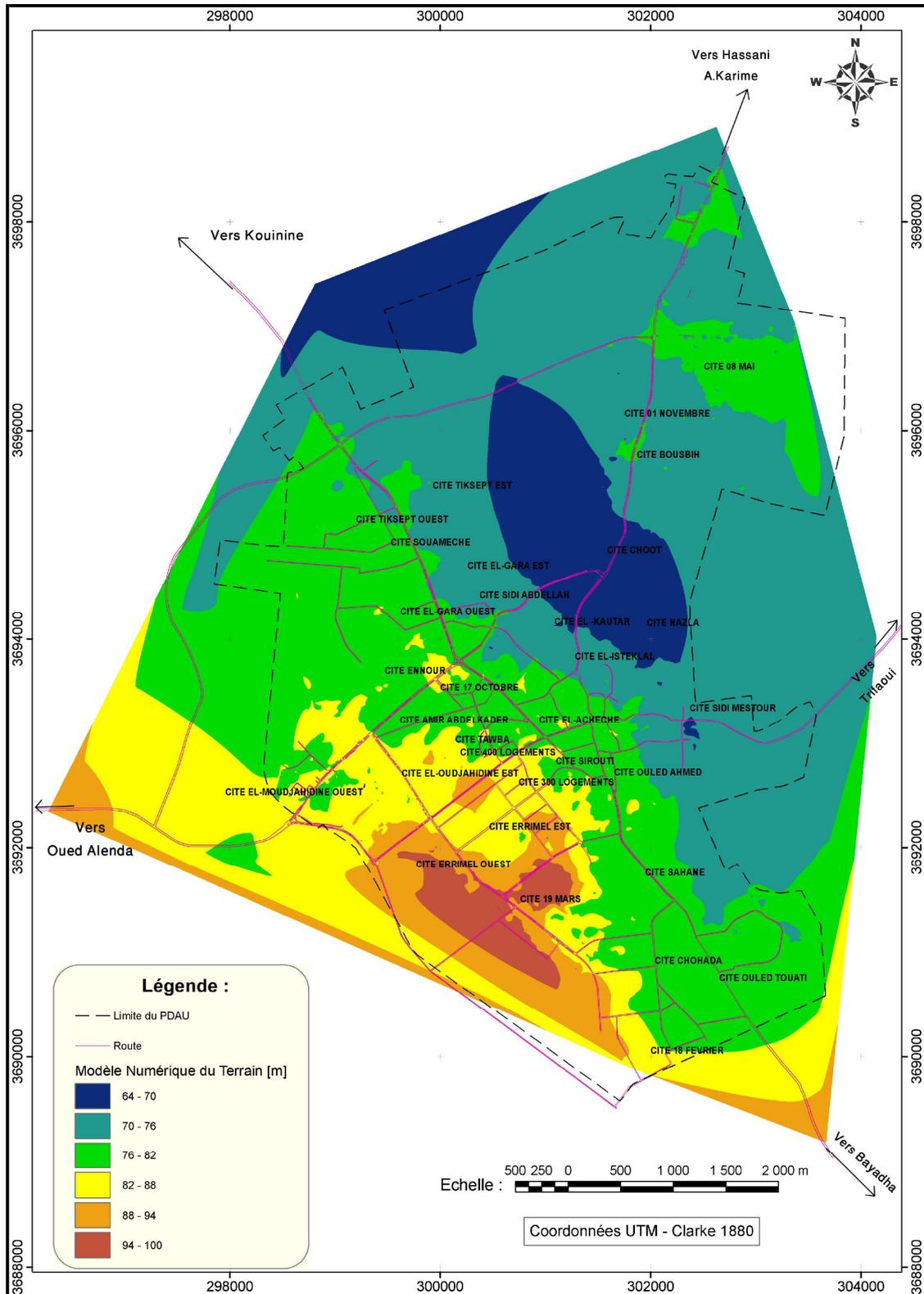


Fig.1.2- Carte topographique de la zone d'étude  
(ZINE.B.2008)

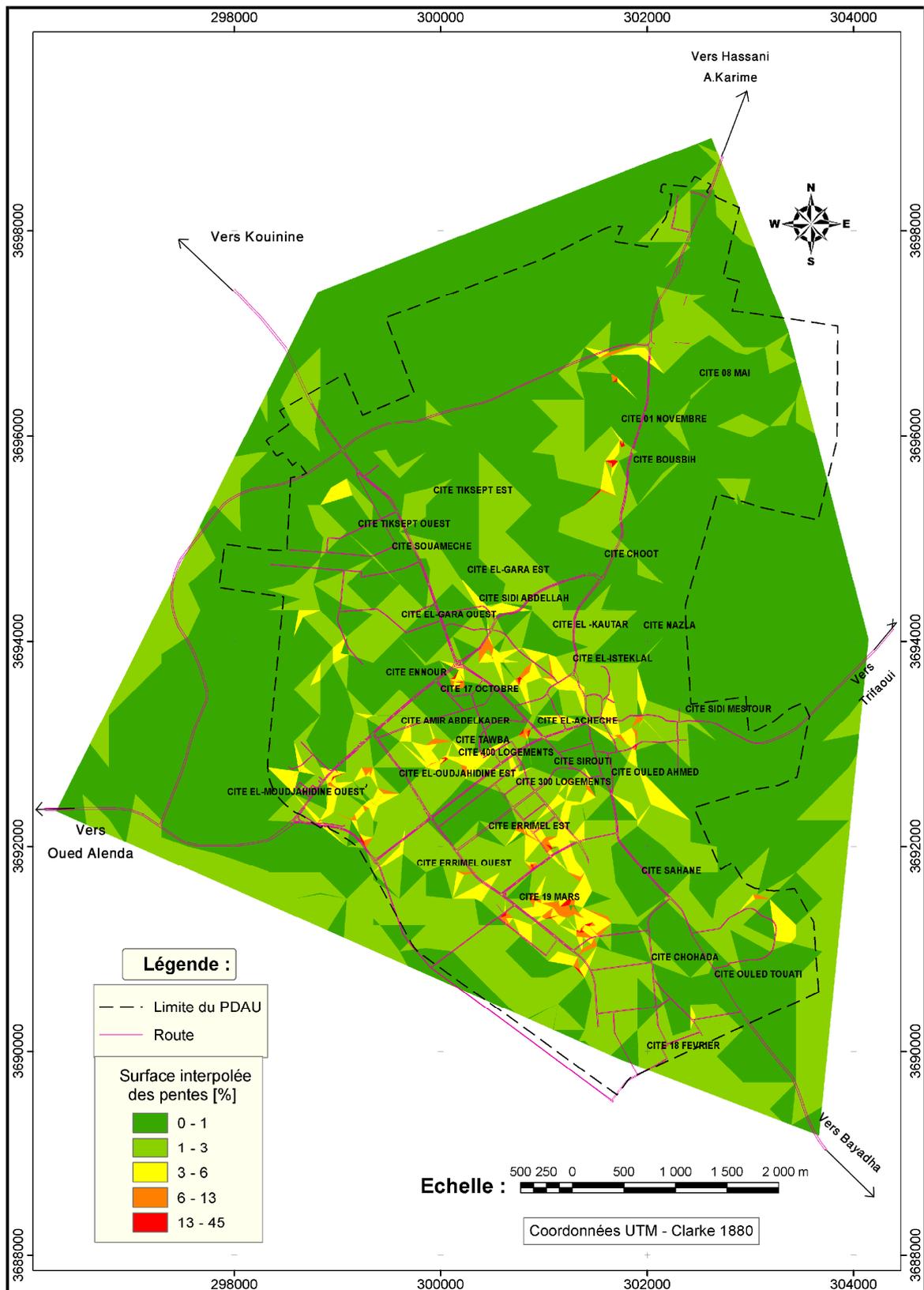


Fig.1.3- Carte des pentes de la zone d'étude.(ZINE.B.2008)

### I-4 GEOLOGIE DE LA VILLE DE OUED SOUF

La ville de Oued souf se situe 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 reperçés dans cette région (*Fig.1.4 et 1.5*):

#### I-4-1.Secondaire

- **Le Barrémien:**

Il est représenté par une alternance de grés 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 Å 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 grés, 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 Å 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 évaporitique, avec des argiles ou 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.

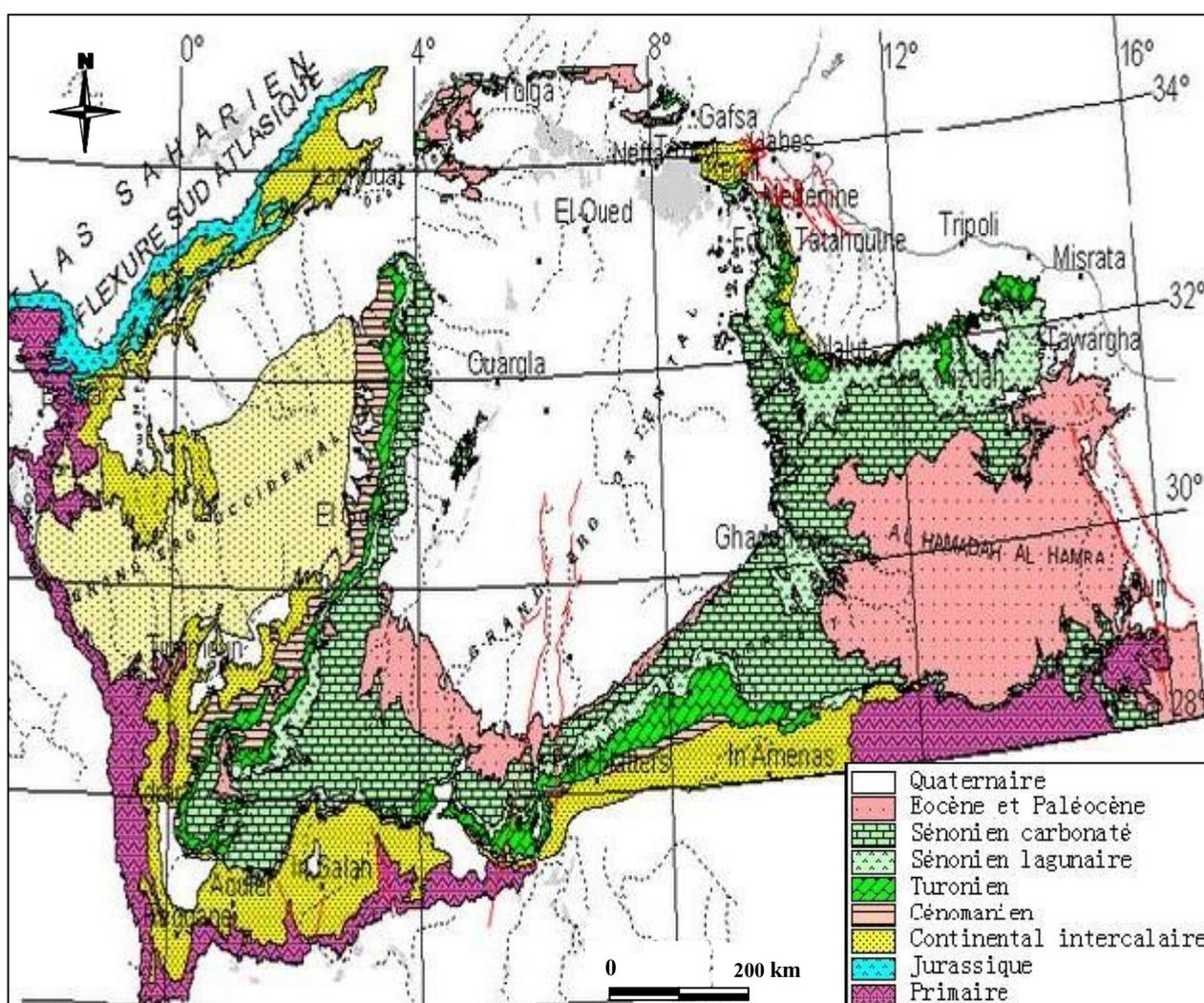


Fig.1.4- Carte géologique du Grand Erg Oriental, (Baba, 2005)

### I-4-2 Tertiaire

#### • L'Eocène:

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

- *L'Eocène carbonaté a la base*, formé 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 a l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T).

### I-4-3 Quaternaries:

Il est représenté par des dunes de sable récentes. On y trouve des grés beiges ou blanchâtres, des sables fins a 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.

Coupe du forage F1 É El-Oued		X=885.3 00 Y=314.0	Description géologique	Etages
0			Alternance d'argile parfois sableuse et de sable hétérogène É intercalation de gypse	<b>Mio-pliocène</b>
50				
100				
150				
200				
250				
300		300		
350			Alternance de calcaire fissuré et de calcaire massif avec des intercalations imperméables.	<b>Eocène</b>
400				
450				
500				
550				
600				
640		640		
650			Alternance de marne gris- verdâtre et de calcaire gris, compact et dur ;	<b>Sénonien</b>
700		740		
750			Alternance de dolomie beige compact, d'anhydrite blanche et de calcaire argileux	<b>Carbonaté</b>
800		840		
850			Anhydrite blanche, massive dure avec des passages de dolomie gris clair e et des intercalations de calcaire	<b>Sénonien Lagunaire</b>
900				
950				
1000				
1050				
1100		1110		
1150			Dolomie beige microcristalline compacte, dure, avec des passages de calcaire peu dolomitique	<b>Turonien</b>
1167		1167		
1200			Anhydrite massive et calcaire argileux É passages de marnes	
1250			Anhydrite avec passage de calcaire, de dolomie et de marne	<b>Cénomaniien</b>
1300		1270		
1350			Anhydrite avec passage de calcaire, marne et dolomie avec intercalation d'argile	
1400		1374		
1450			Calcaire gris clair argileux É passage de dolomie compact, parfois microcristalline	<b>Vraconien</b>
1500		1498		
1550			Marne grise É passage d'argile gris-vert, intercalation de silex, É faible passage de grès calcaire	<b>Albien</b>
1600		1589		
1650			Dolomie, calcaire, marne	<b>Aptien</b>
1700		1613		
1750			Argile brune rouge É intercalations de grès	
1800		1683		
1850			Gris, dolomie, calcaire et sable avec une intercalation de silex	<b>Barrémien</b>
		1720		
		1770		
		1800		

Fig.1.5- La lithostratigraphie du forage F1, (ANRH, 1993)

### I-5 CONCLUSION

La ville de Oued Souf s'étend sur une superficie de 40 Km<sup>2</sup>. Elle est limitée au Nord par la commune de Kouinine, au Sud par la commune de Bayadha, à l'Est par la commune de Trifaoui et à l'Ouest par la commune de Oued Alenda.

D'après le Modèle Numérique du Terrain (MNT), cette région a une altitude moyenne de 82 m au dessus du niveau moyen de la mer et accusée par une diminution notable du Sud-ouest au Nord pour atteindre les 66 m d'altitude.

La zone d'étude est caractérisée par deux domes importants dans les cités du 19 mars et du 8 mai et par une dépression dans les cités Choot et Nezla.

Selon la carte des pentes, cette région se caractérise par une pente de moins de 3% qui couvrent presque toute la zone d'étude. Selon la coupe d'un forage de l'Albien de la ville de Oued Souf, les principaux étages repérés dans cette région sont :

Le Barrémien, L'Aptien, L'Albien, Le Vraconien, Le Cénomaniens, Le Turonien, Le Sénonien, L'Eocène et Le Mio-pliocène. Parmi ces étages, seuls le Cénomaniens et l'Eocène jouent le rôle d'écran imperméable.

# CHAPITRE II : CLIMATOLOGIE

**II-1 SITUATION CLIMATOLOGIQUE**

L'étude climatologique est très importante car avant toute projection ou dimensionnement d'un aménagement ou d'un ouvrage hydraulique, il faut impérativement tenir compte des facteurs climatiques.

**II-1-1 Le Climat**

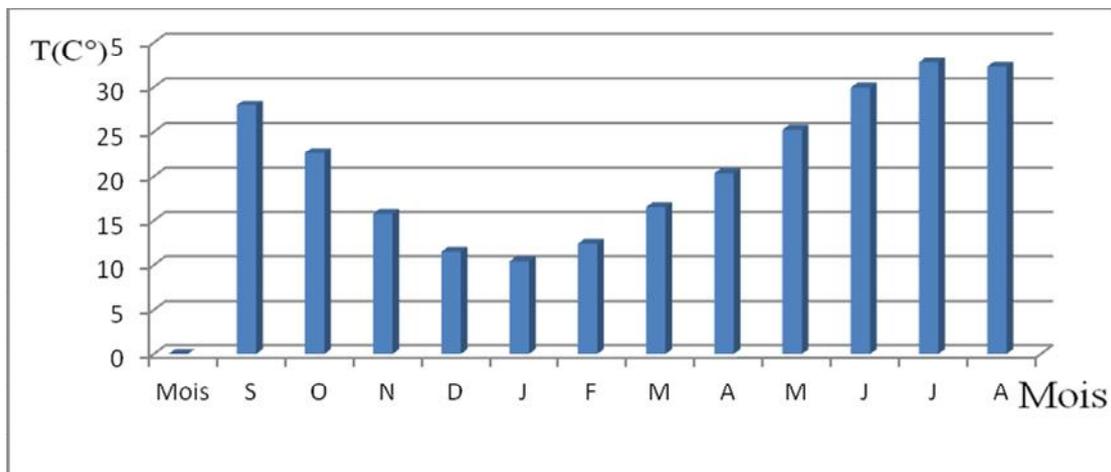
La wilaya d'El Oued, par situation géologique à un climat de type saharien, caractérisé par un faible taux des précipitations, des températures élevées, d'une évaporation importante et d'un rayonnement solaire excessif. Pour une meilleure caractérisation du climat de la région du Souf nous avons utilisé les données relatives aux différents paramètres climatiques (précipitation, température, vent, humidité et évaporation) dans une durée de 25 ans, entre la période 1989 et 2014 par l'office national de la météorologique (ONM), enregistrées par la station climatologique de l'aérodrome de Gumar, El-Oued.

**II-1-2 La température :**

D'après le tableau de la variation moyenne mensuelle montre une période froide qui s'étale du mois de Novembre au mois d'Avril avec un minimum durant le mois de Janvier (11.39°C), alors que la période chaude commence à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre avec un maximum de température relevé pendant le mois de Juillet ( 32.78 °C).

**Tableau II.1 : Les valeurs moyennes mensuelles de la température (1989-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	an
T(C°)	28.01	22.70	15.78	11.40	11.39	12.37	16.48	20.41	25.33	29.95	32.78	32.34	21, 81



**Figure II.1: La variation moyenne mensuelle interannuelle de la température (1989-2015)**

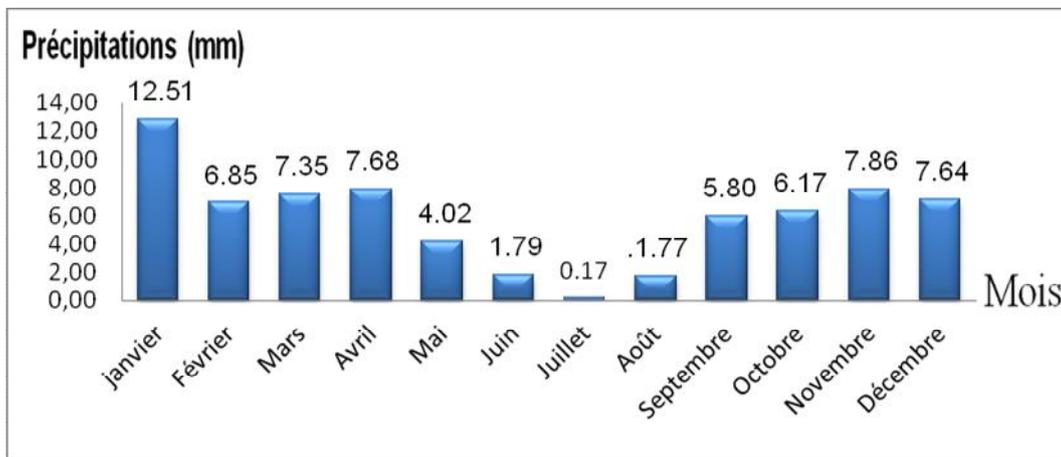
**II -1-3 Les précipitations :**

Les précipitations sont un facteur fondamental pour caractériser le climat d'une région. Les variations moyennes mensuelles interannuelles des précipitations d'une durée d'observation de 35 ans entre 1978-2015 sont de l'ordre de 70,29 mm.

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 12,51 mm enregistré pendant le mois de Janvier, et le minimum est de l'ordre de 0,17 mm enregistré pendant le mois de Juillet.

**Tableau II.2 : Les valeurs moyennes mensuelles de la précipitation (1978-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	an
<b>Précipitation (mm)</b>	5.80	6.17	7.86	7.64	12.51	6.85	7.35	7.68	4.02	1.79	0.17	1.77	69.61



**Figure II.2: La variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations (1978-2015)**

**II-1-4 Evaporation :**

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène est donc une vaporisation progressive.

Les variations moyennes mensuelles interannuelles d'évaporation d'une durée d'observation de 25 ans (1989-2014) sont résumées dans le tableau(II.3).

L'évaporation maximale est de l'ordre de 309.92 mm enregistré pendant le mois de Juillet, et le minimum est de l'ordre de 71.67 mm enregistré pendant le mois de Janvier.

**Tableau II.3 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation (1989-2014)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	an
Evaporati on (mm)	189,94	142,48	95,63	77,02	71,67	97,71	139,11	189,10	237,78	279,04	309,92	264,80	2094,22

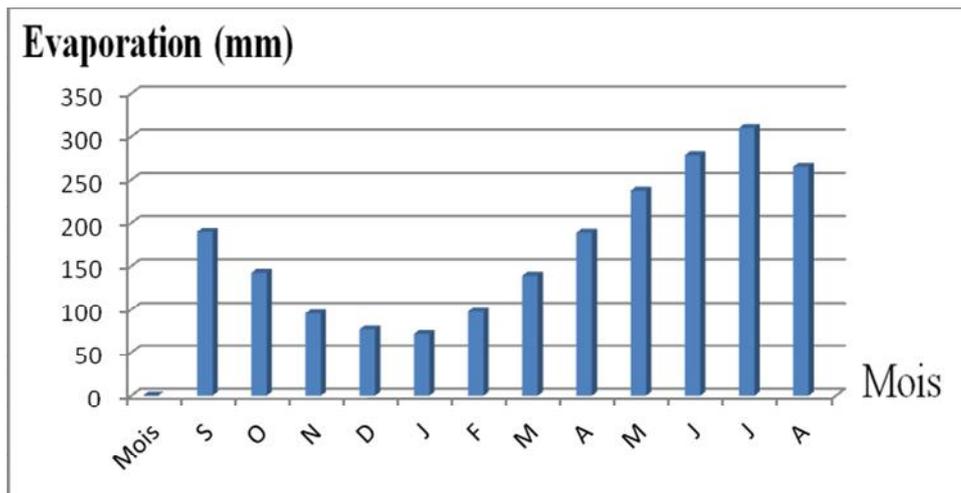


Figure II.3: La variation moyenne mensuelle interannuelle de l'évaporation (1989-2014)

II-1-5 L'humidité :

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

Tableau II.4 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité (1989-2015)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	An
Humidité (%)	44.75	51.00	56.94	64.50	64.38	53.27	46.65	41.98	36.71	32.15	30.02	33.20	46,29

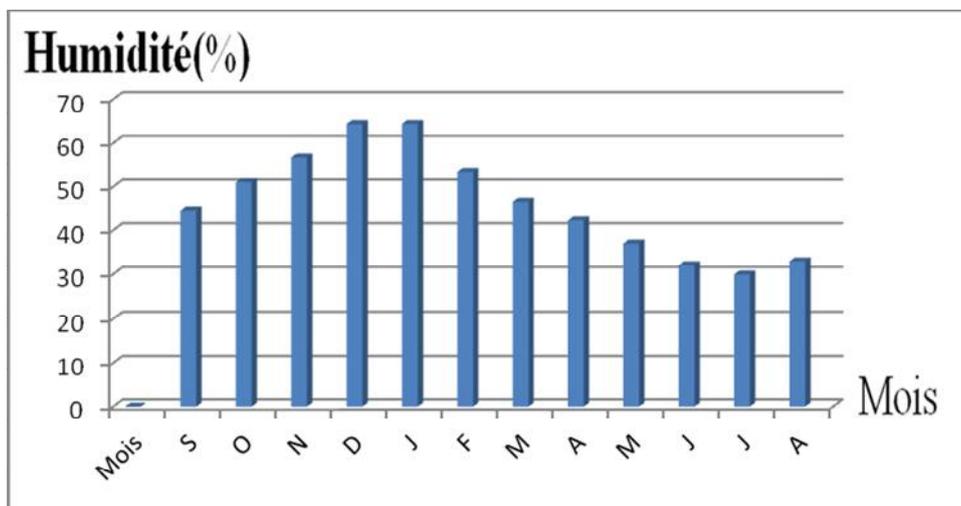


Figure II.4: La variation moyenne mensuelle interannuelle de l'humidité (1989-2015)

**II-1-6 Le vent :**

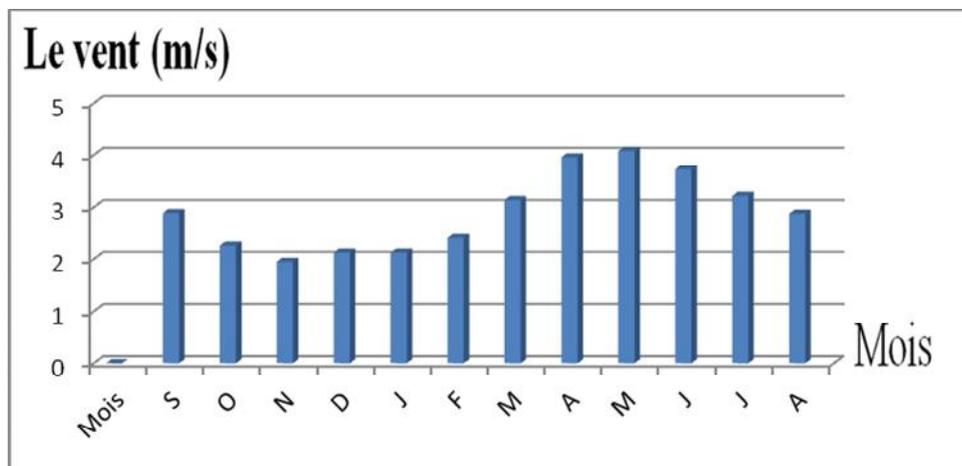
Les vents sont fréquents, les plus violents se situent au printemps. La direction dominante est Nord- Est, à l'exception des mois d'hivers dont la direction est Sud Ouest.

Le sirocco (Chihili) présente le vent caractérisant la saison d'été souffle fréquemment dans la région, prenant un sens Sud-Nord et jeter des courants d'air chauds parfois avoisiner des vagues de sables. Il faut aussi parler des vents de sables qui ont leurs saisons de prédilection entre Février et Avril (durant le printemps), mais heureusement, les véritables tempêtes restent très rares.

La vitesse moyenne des vents enregistrée pour la période de (1989-2014) est reportée sur le tableau (I.5). On remarque qu'au printemps les vents sont les plus forts dominés par le vent d'Est communément appelé "El-Bahri". Ce dernier souffle principalement pendant la période qui s'étale d'Avril à Juillet. En été, il apporte de la fraîcheur, mais il est peu apprécié au printemps car il donne naissance au vent de sable.

**Tableau II.5 : Les valeurs moyennes mensuelles du vent (1989-2015)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	an
vent (m/s)	2,89	2,21	1,91	2,07	2,11	2,43	3,13	3,92	4,02	3,73	3,08	2,88	٤,٠٣



**Figure II.5: La variation moyenne mensuelle interannuelle du vent (1989-2015)**

**II-2 CONCLUSION:**

La répartition interannuelle des précipitations d'une moyenne 5,80 mm, on a, pour la température une valeur moyenne de 21,57 C°, pour l'humidité une moyenne de 46,29%, les vents a une vitesse moyenne de 2,86 m/s

Le mois le plus humide est Janvier caractérisé par une forte humidité (moyenne de 64,38%) et d'un faible rayonnement solaire et le mois le plus sec est juillet caractérisé par une faible humidité (moyenne de 30,02 %) et d'une faible évaporation

La brillance de soleil est très élevée (moyenne de 352 heures) ce qui traduit un pouvoir évaporant excessif.

On peut conclure que la région du Souf est caractérisée par un climat hyperaride de type saharien avec fortes températures et faibles précipitations.

Cette région présente un hiver froid et un été chaud.

# CHAPITRE III : GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

### III-1 INTRODUCTION:

La vallée du souf, regroupe un certain nombre d'oasis au sein du Grand Erg oriental, et comme dans la plupart des oasis du Sahara septentrional, les seules ressources hydriques disponibles pour l'irrigation, sont les nappes souterraines. Celles de la région du Souf, sont contenues dans des formations aquifères de natures différentes. A l'échelle régionale et du pays, les auteurs (*Baba SY, 2005 ; BRL-BNEDER, 1992 ; Cornet, 1961; Castany, 1982 ; UNESCO, 1972a*) distinguent généralement deux ensembles géologiques qui contiennent les ressources en eau souterraine d'épaisseur et de caractéristiques hydrogéologiques variables.

### III-2 CADRE HYDROGEOLOGIQUE 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).

#### III-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.III.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.

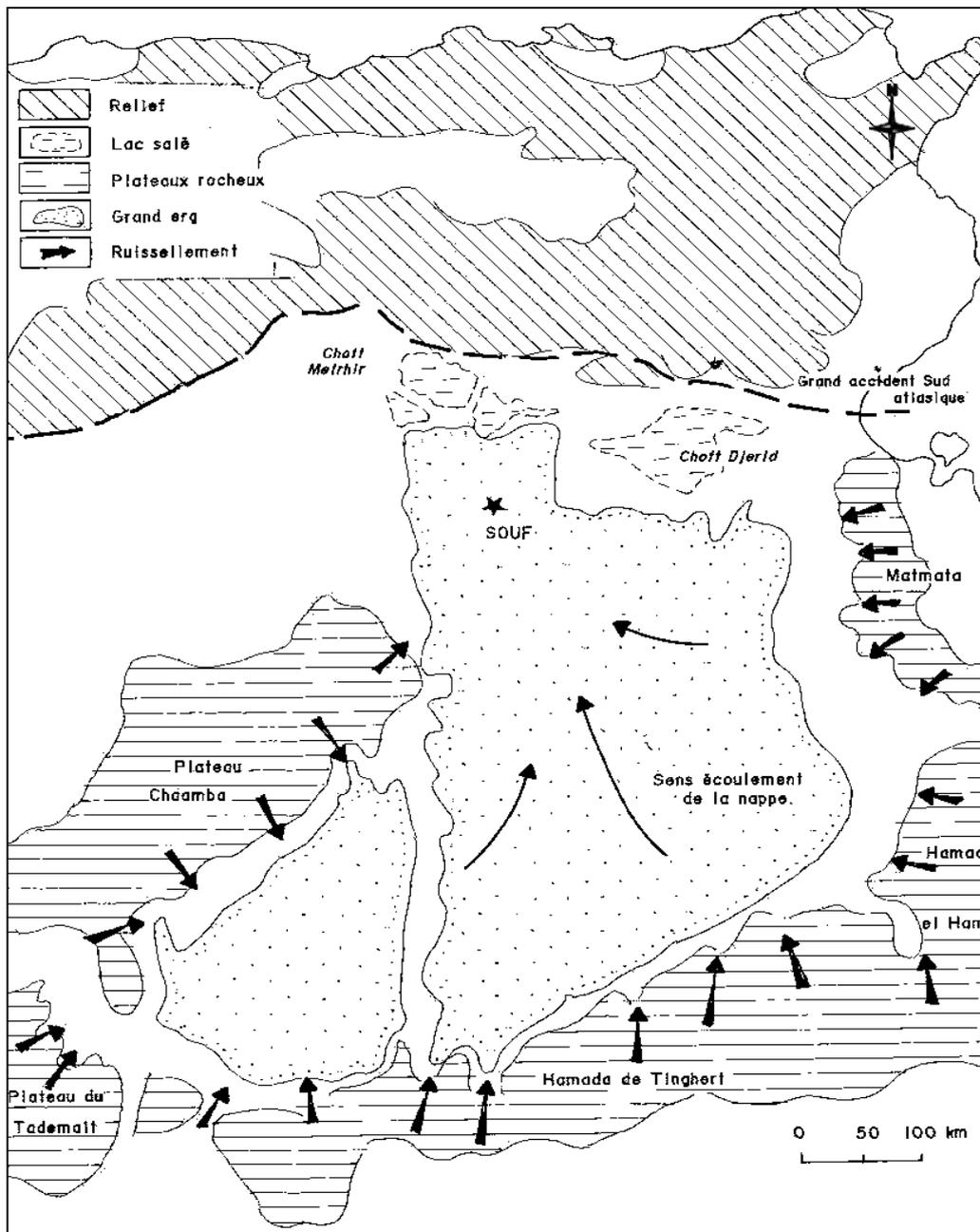


Fig. III.1- Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'Écoulement de la nappe (Cote Marc, 2006)

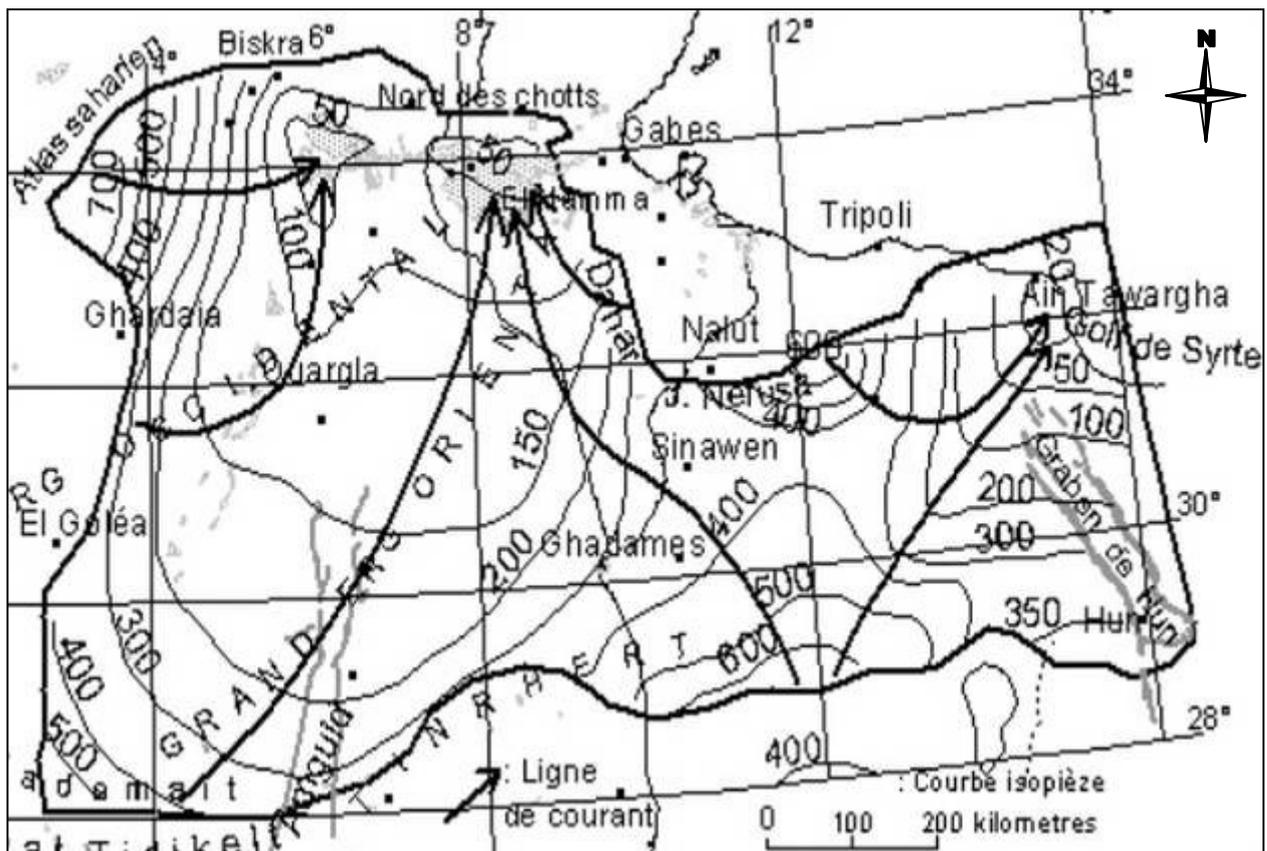
**III-2-2 Complexe Terminal:**

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 ».

«Le *Complexe Terminal*», appellation publiée pour la première fois par BEL et Cuche (1969) : ce terme de « *nappe du Complexe Terminal* » qui groupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes, a été retenu car ces nappes font bien partie d'un même ensemble hydraulique. Les intercommunications entre Sénonien, Eocène et Miopliocène sont évidentes sur l'ensemble du Bassin, à l'exception de la région des Chotts où l'Eocène moyen et supérieur imperméable vient s'intercaler. La nappe turonienne est plus individualisée par suite de la couverture imperméable du Sénonien lagunaire. Cependant, 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.III.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. III.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 ergs (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.III.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.

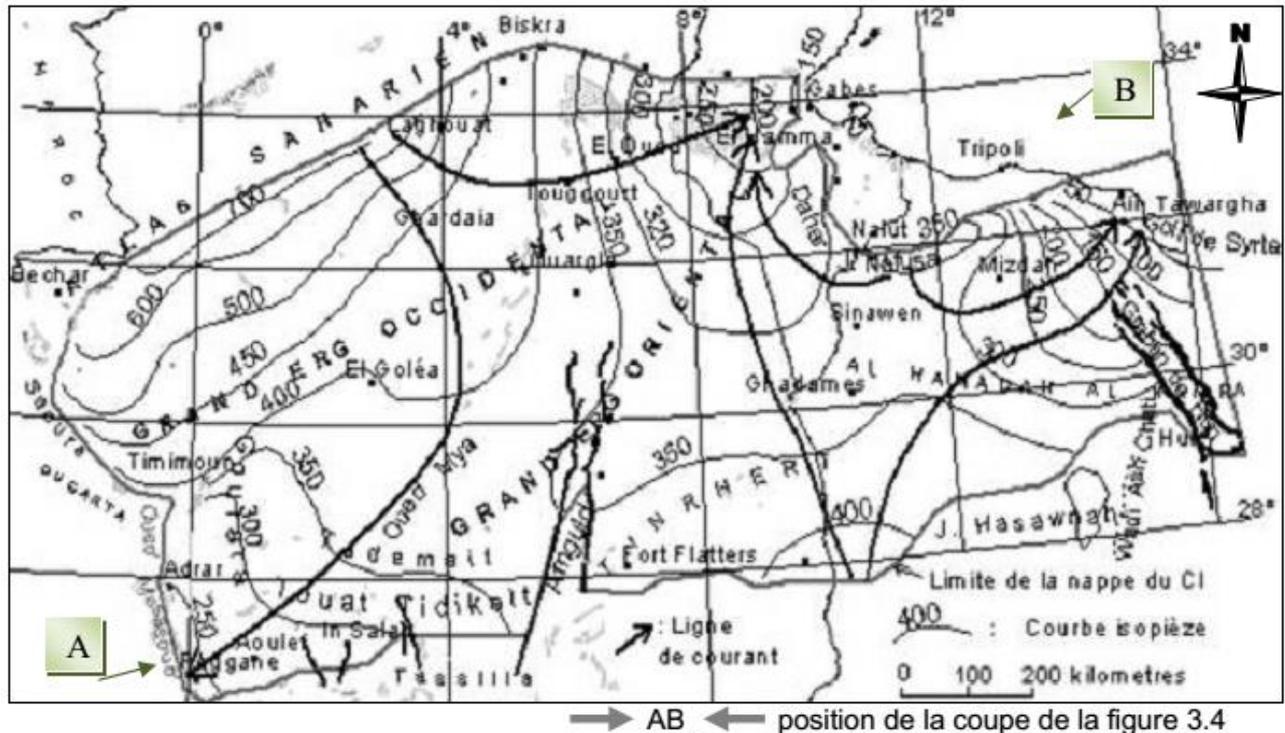
La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 100 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m. Elle est exploitée par 102 forages dans la région d'Oued Souf d'après l'inventaire et l'enquête sur les débits extrait dans la Wilaya d'El Oued (B.G 2002).

### **III-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 réduit 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 Néocène 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. III.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:

- a) piémont sud atlasique au Nord-Ouest, b) Tinhert au Sud, c) Dahar à l'Est,
- d) Jebel Na fusa au Nord-est, e) Jebel Hassawna au Sud, où la nappe du Cambro-Ordovicien est drainée vers le Nord par la nappe du Continental Intercalaire (Fig. III.3).

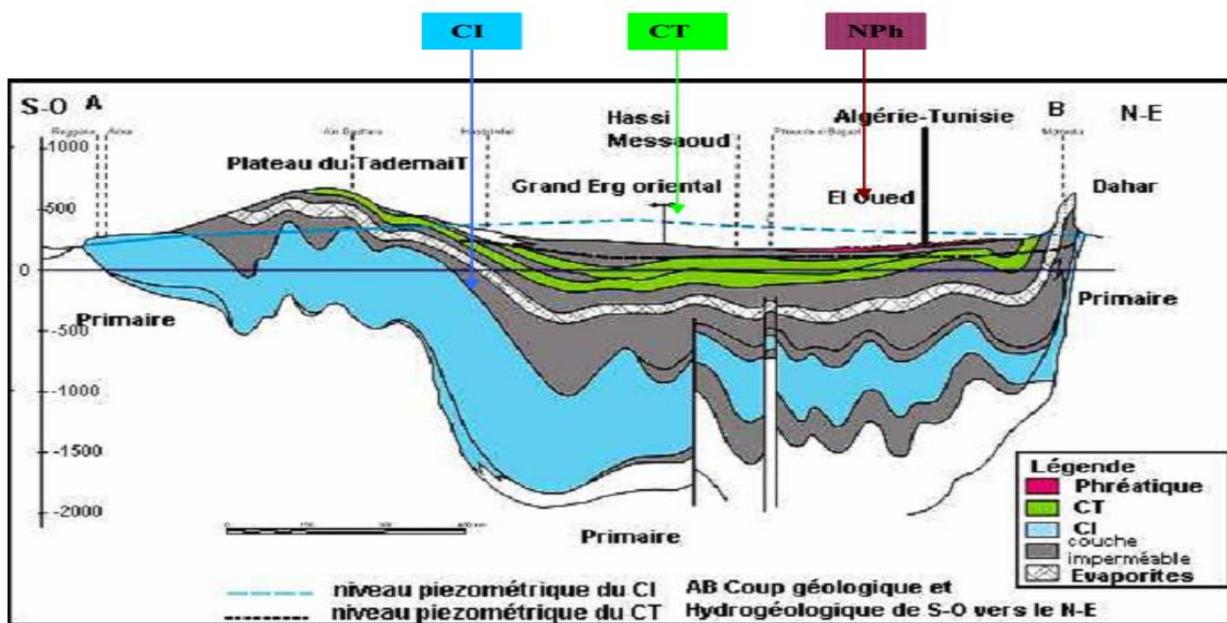
L'exutoire naturel principal de l'aquifère est situé en Tunisie. Il consiste en des remontées verticales par failles dans la zone du Chott Fedjaj et grâce à un écoulement vers la nappe de la Geffara tunisienne par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine.

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.3.4), 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, introduit 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 continentaux sablo-gréseux et sablo-argileux du Crétacé Inférieur. C'est un système aquifère multicouches dont la profondeur atteint localement 2000 mètres et dont la puissance varie entre 200 et 400 m. Elle est exploitée par trois forages 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

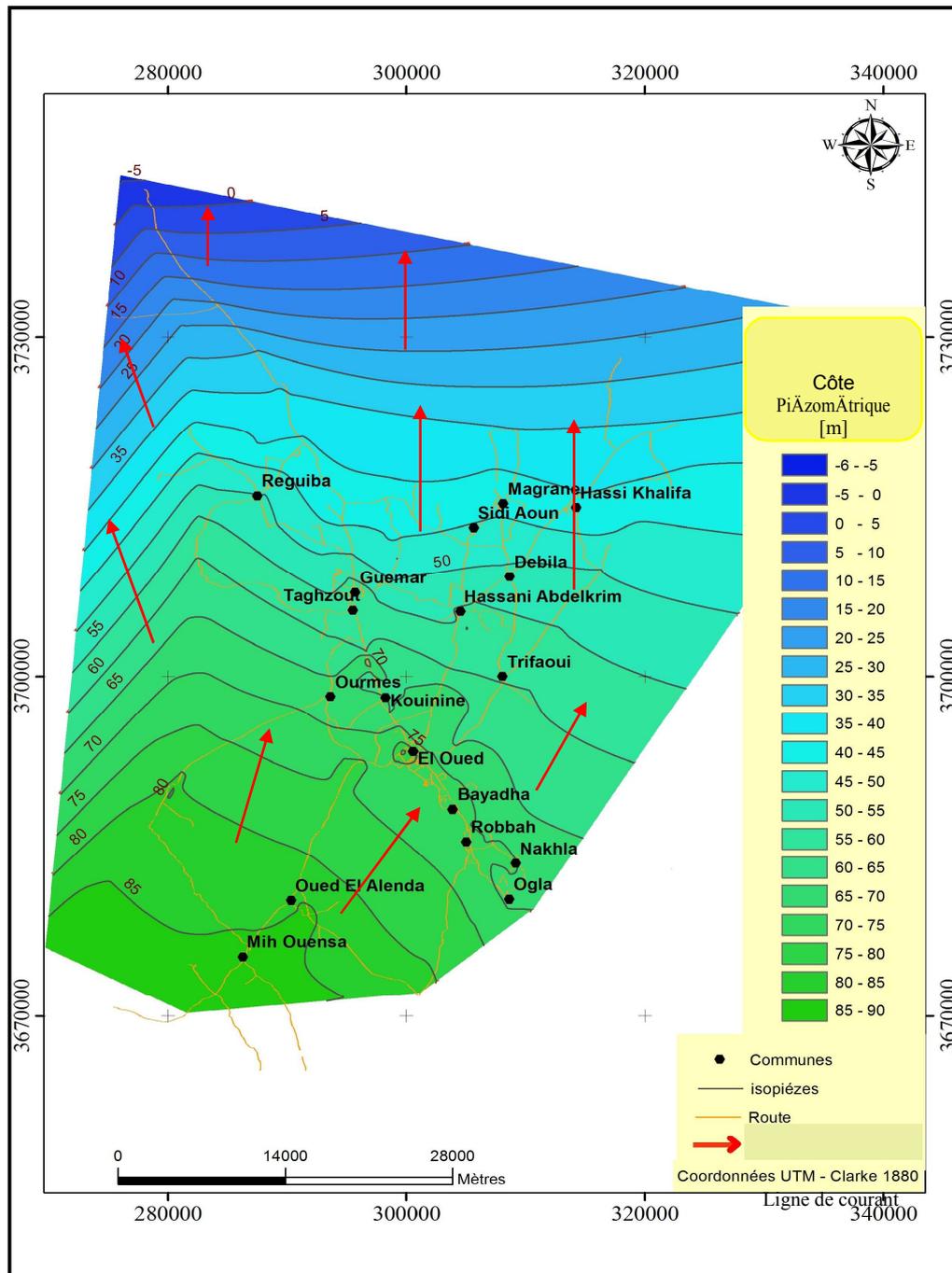


**Fig. III.4- Coupe hydrogéologique synthétique de Sahara Septentrionale (UNESCO, 1972)**

### III-3- LA REMONTEE DES EAUX DANS LA NAPPE PHREATIQUE

L'Oasis saharienne classique fonctionne comme un agro-système, reposant sur la trilogie eau/habitat/palmeraie. Pour la région du Souf, les Soufis ne se sont pas implantés n'importe où dans le Grand Erg. Ils ont choisi le centre nord de ce vaste ensemble, c'est-à-dire le secteur qui combine un couvert végétal relativement dense et une nappe phréatique proche et abondante : les eaux souterraines s'y sont progressivement concentrées (Cote Marc, 2006).

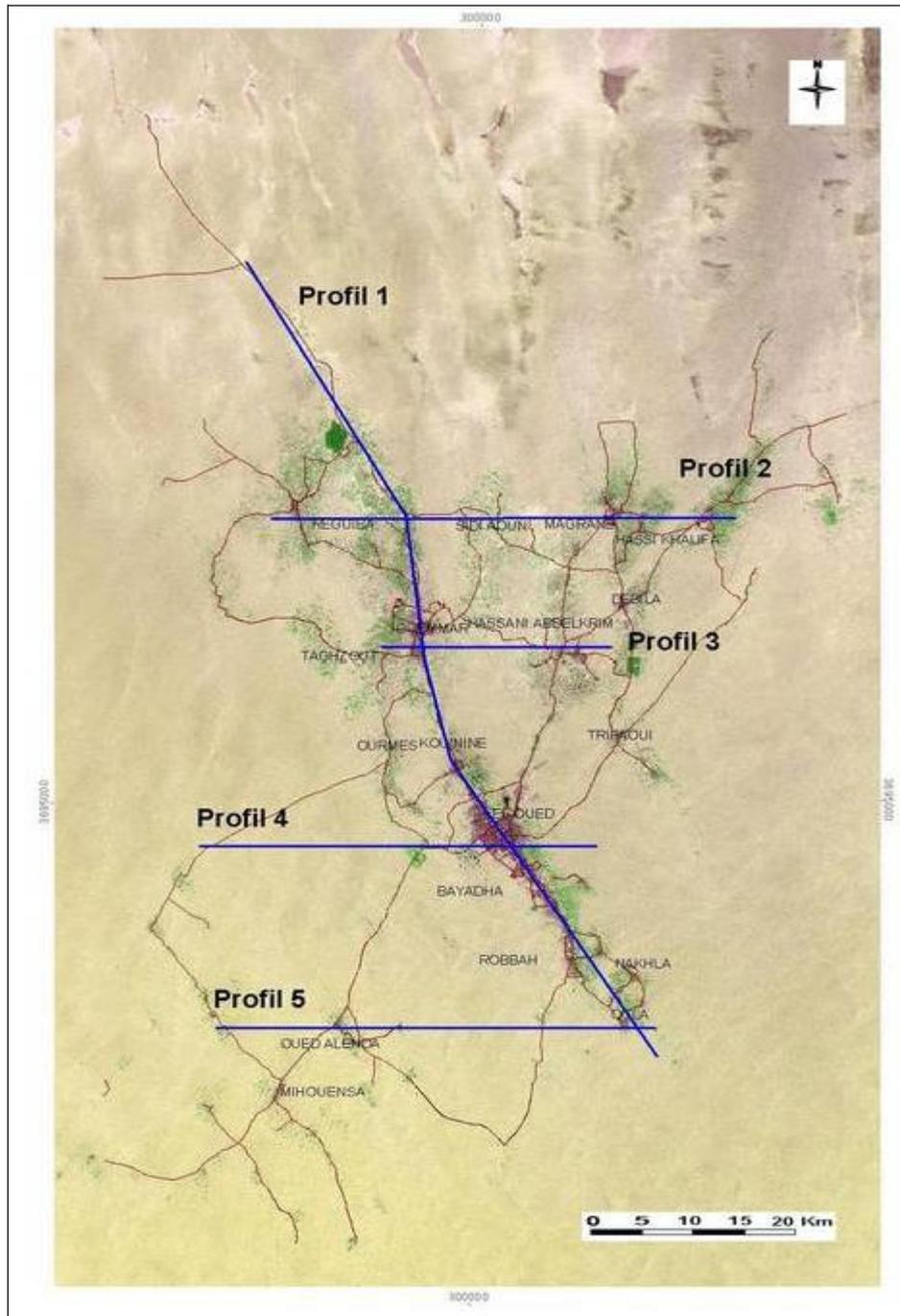
L'assainissement des eaux résiduaires dans la vallée du Souf est caractérisé par la prépondérance d'un assainissement individuel pour toutes les agglomérations de la vallée du Souf. Les puits (fosses) perdus ont été conservés dans la ville d'Oued Souf, où le nombre a atteint les 36265 fosses. Donc, parmi les eaux introduites à la nappe phréatique, on a en plus les eaux usées. En 1993, le réseau d'assainissement des eaux usées n'a été installé que dans quelques quartiers de la ville d'Oued Souf et dans la ville de Guemar la figure III.5. montre la situation de la ville.



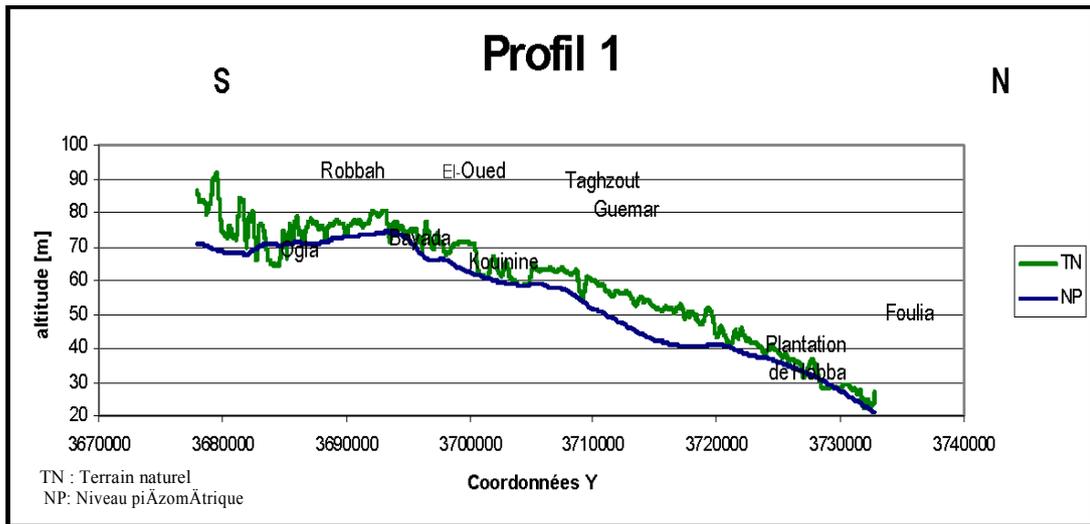
**Fig.III.5- Carte piézométrique de la nappe phréatique de la vallée du Souf en avril 2002 (Bonnard & Gardel, 2002)**

Ainsi qu'on peut facilement le constater, la surface piézométrique n'est pas régulière (Fig.III.6 et profils 1 à 5 ci-après – Fig.III.7).

des points hauts dans les zones d'alimentation représentées par les agglomérations et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des points bas dans les zones de prélèvement par évaporation des surfaces d'eau libre (Chott, ghouts inondés) et évapotranspiration de la végétation.

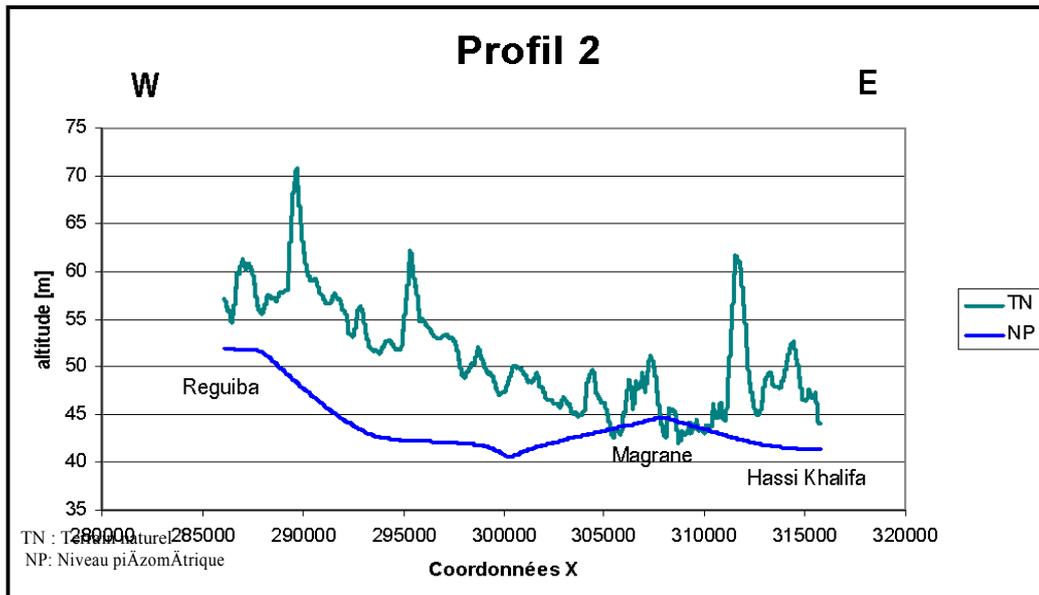


**Fig.III.6- Situation des profils de dépression de la nappe phréatique**



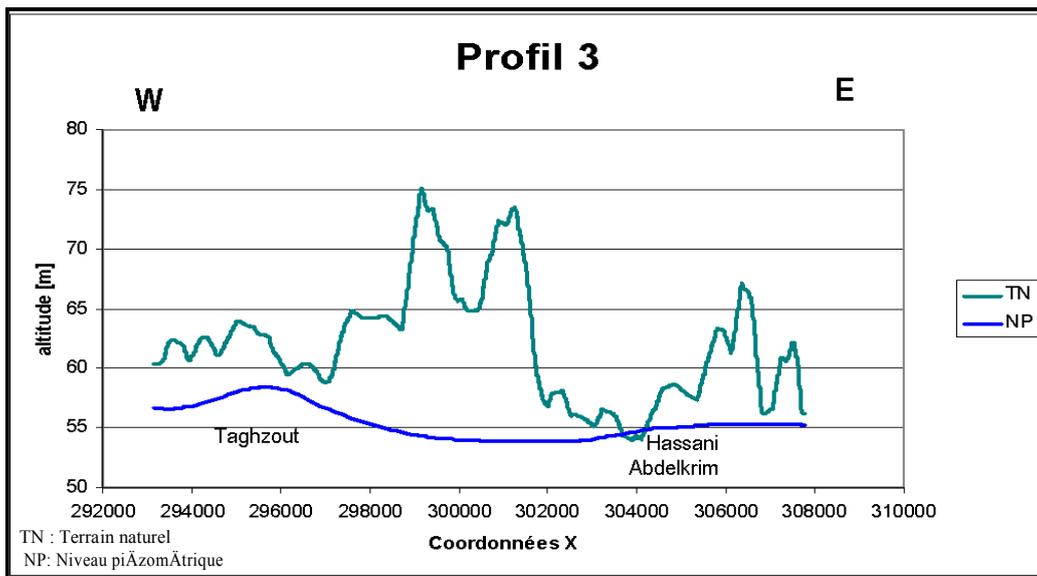
**Fig.III.7-1- Profil Nord-sud de la nappe phréatique dans l'axe Foulia - El Oued – Oglia**

Le profil 1 passe par les principales agglomérations. La nappe affleure au niveau des ghouts près de celles-ci. Au Nord, elle s'approche de la surface du sol.

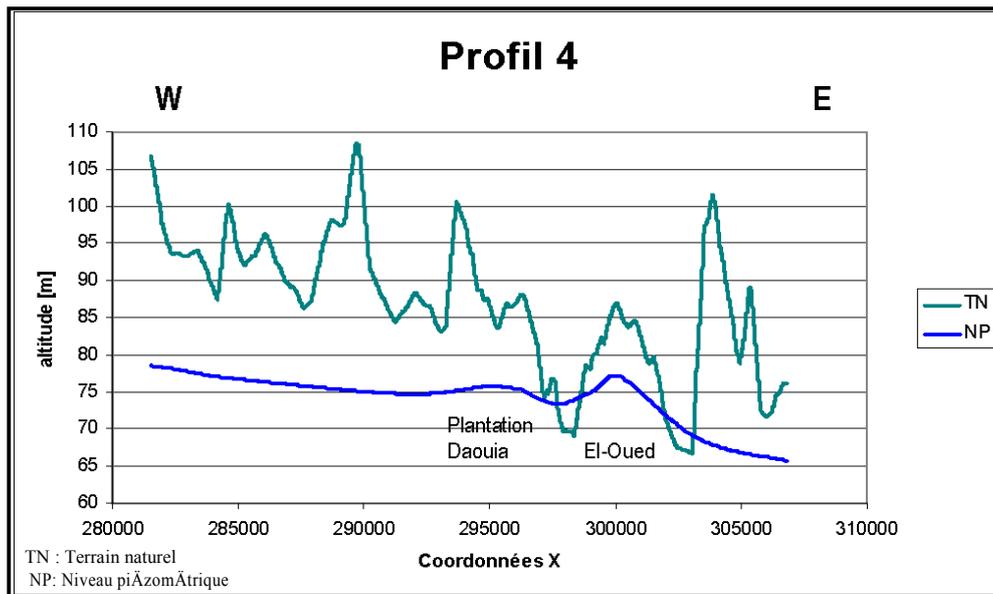


**Fig.III.7-2- Profil Est-Ouest de la nappe phréatique passant par Magrane**

La nappe est profonde à l'Ouest et au centre, très proche de la surface du sol près de Magrane. Elle est déprimée sous les zones de cultures.

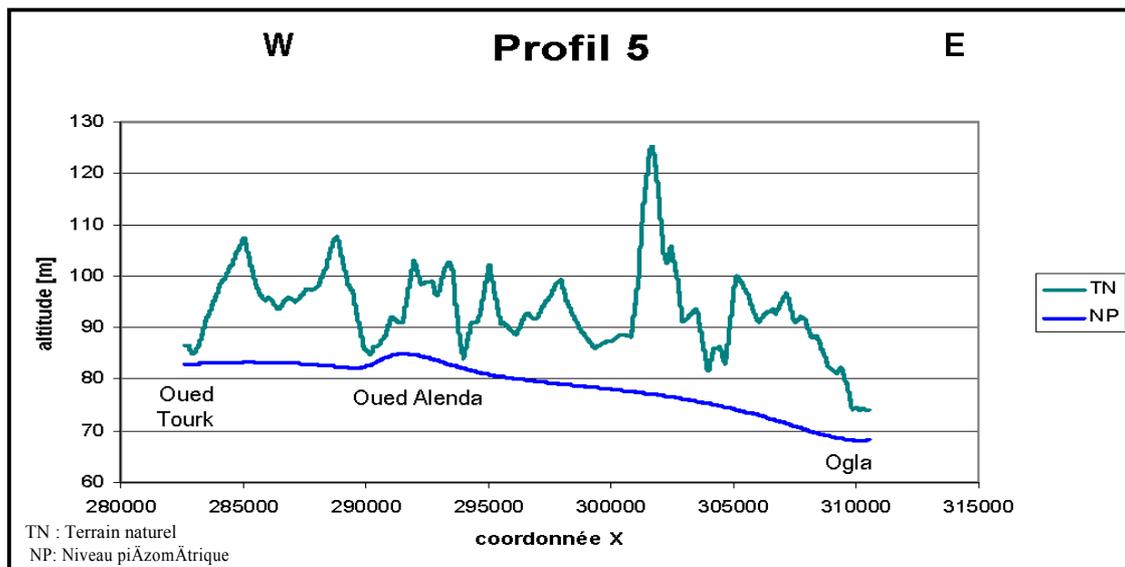


**Fig.III.7-3- Profil Est-ouest de la nappe phréatique par Taghzout**



**Fig.III.7-4- Profil Est-ouest de la nappe phréatique par El Oued**

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



**Fig.III.7-5- Profil Est-ouest de la nappe phréatique par Ogla**

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

#### III-4- CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES

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

En 2003, des essais de pompage par paliers et de longue durée ont été réalisés par le bureau d'étude Suisse « BG » dans la commune d'El Oued. (Bonnard & Gardel, Mai 2002).

Le site des essais de pompage est constitué par un puits de pompage et 3 piézomètres complets, situés à 5, 15 et 45 m du puits de pompage. Le rejet des eaux de pompage a été fait à plus de 98 m plus loin.

L'essai par paliers est composé de trois débits d'une durée de pompage de 6 heures chacun à débit constant, séparés par un intervalle de 12 heures. L'essai de longue durée a consisté en un pompage à débit constant de 72 heures suivi de 24 heures de remontée. Son interprétation a permis de calculer la transmissivité ( $T$ ), le coefficient de perméabilité ( $K$ ), le coefficient de perméabilité verticale ( $K_v$ ) et la porosité efficace ( $S_y$ ).

L'interprétation des essais de pompage par paliers et à longue durée ont permis de constater que :

- Le débit spécifique est  $2.15 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ .

- La transmissivité moyenne est de  $2.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ .
- La perméabilité moyenne est de  $4.91 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ .
- La porosité efficace est de 7.05 % valeur usuelle pour les sables fins. Le coefficient de perméabilité dans la zone d'aération est de  $10^{-2} \text{ m/s}$ .

### **III-5- PIÉZOMÉTRIE DE LA VILLE D'OUEDSOUF:**

#### **II-5-1 Inventaire des points d'eau:**

Le réseau de surveillance de la ville d'Oued Souf, mis en place en 2006 a été composé à l'origine de 62 points, répartis dans la ville dans une zone de  $40 \text{ km}^2$ , les coordonnées ont été relevées au GPS et toutes les données recueillies ont été introduites dans une base de données liée à un S.I.G (système d'information géographique) (*Fig.III.8*).

En 2008, une campagne de mesure des niveaux piézométriques de la nappe phréatique a été effectuée par l'ANRH au mois de mai.

En 2009, ils ont fait une campagne de mesure des niveaux piézométriques de la nappe phréatique dans les zones inondées au mois de janvier et au mois de mai.

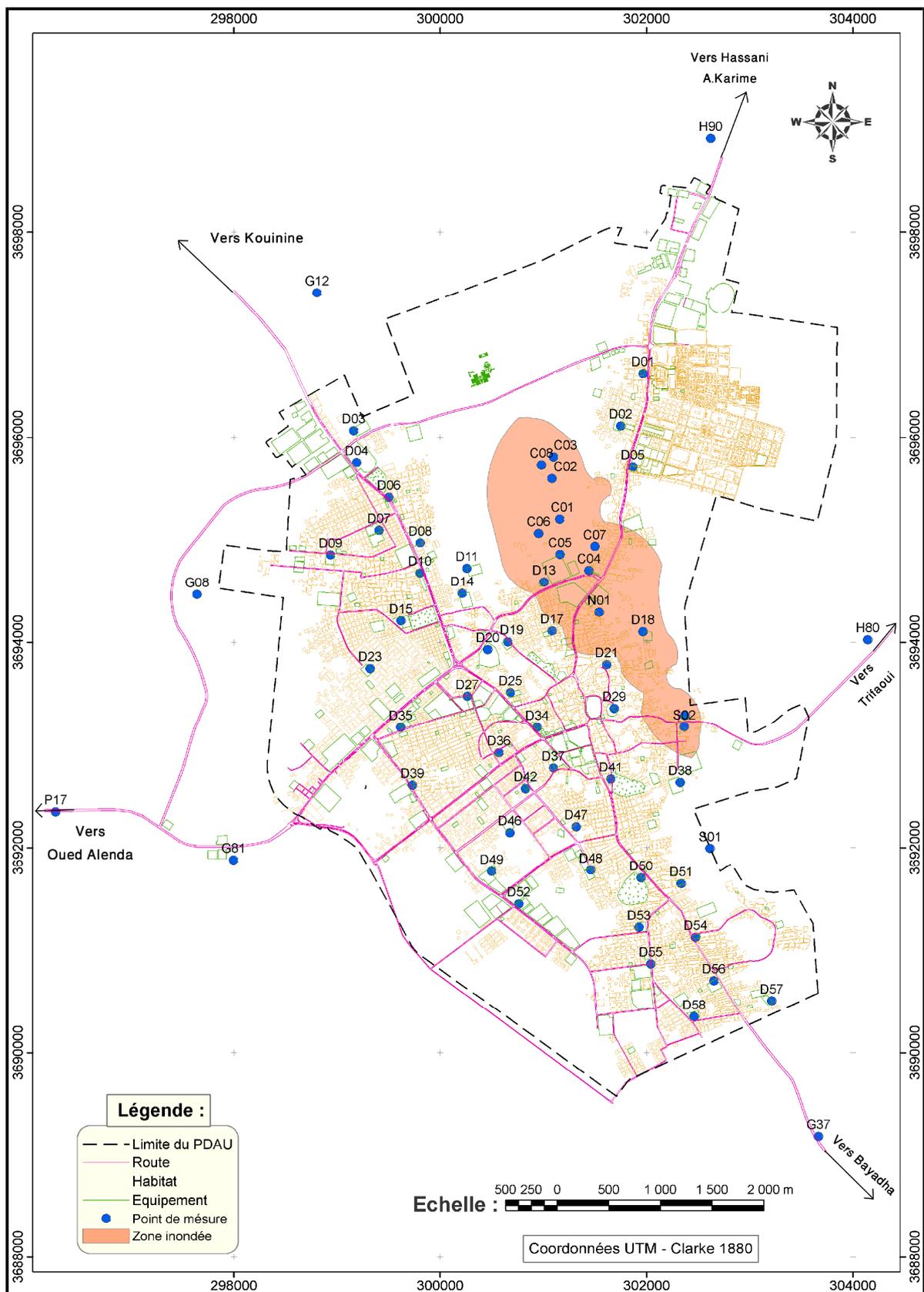


Fig.III.8- Réseau de surveillance de la ville d'Oued Souf

### III-5-2 Évolution de la piézométrie

L'objectif principal de l'étude de l'évolution de la piézométrie dans le temps est de visualiser la direction de l'écoulement horizontal et éventuellement vertical (drainance), ainsi que la profondeur du niveau d'eau dans le sol.

C'est d'après l'écoulement qu'on peut reconnaître les zones vulnérables ou contaminées à condition de pouvoir localiser les rejets.

#### III-5-2-1- La piézométrie du mois de Mai 2008

Les mesures piézométriques qui ont été réalisées en mai 2008 par l'ANRH nous ont permis d'établir une carte piézométrique (*Fig.III.9*). On remarque que La nappe phréatique est caractérisée l'existence de trois zones importantes.

- Zone A1, celle de la cité du 19 mars, Errimel-Ouest, Errimel Est, El- Moudjahidine Ouest, El-Moudjahidine-Est, 300 logements, 400 logements, Tawba, Amir Abdelkader, 17 octobre et Ennour caractérisée par la présence d'un dôme piézométrique d'une altitude allant de 74.7 m à 77.7 m.
- Zone B1, représentée par les cités 08 mai et 1 novembre au N.E dont caractérisée par un dôme piézométrique d'une altitude allant de 67.2 m à 70.2 m.
- Zone C1, au centre représentée par la cité Chott correspondant à une dépression importante d'une altitude allant de 64.2 m et 65.7 m, elle est caractérisée par la remontée de la nappe phréatique en surface (*Fig.III.10*).

On remarque au passage que

- Le dôme piézométrique correspond à une zone d'alimentation.
- Une dépression piézométrique correspond à un drainage.

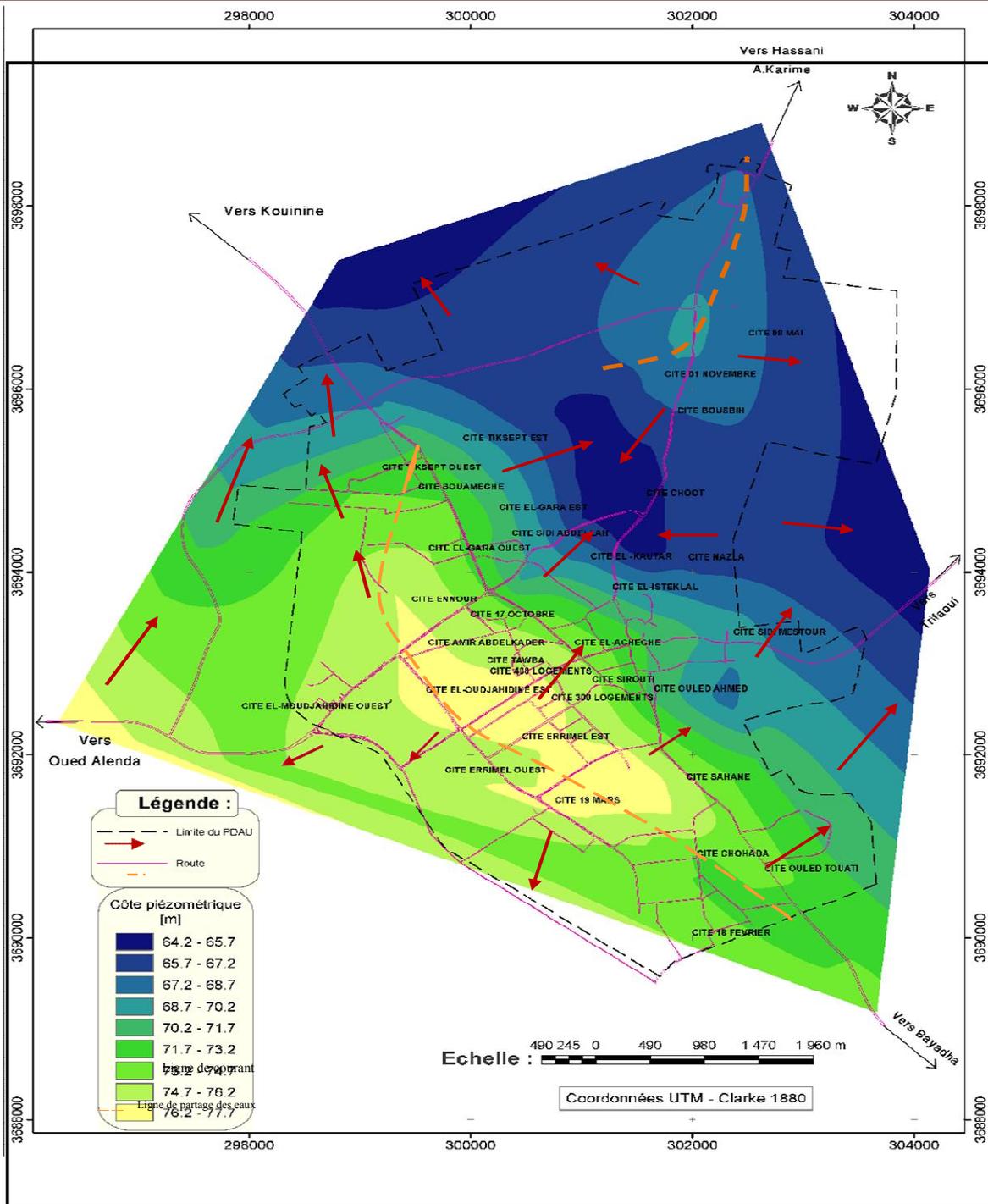
La nappe phréatique dans la ville d'Oued Souf présente les directions d'écoulement suivantes

- Du Nord-est de la zone A1 vers la zone C1 (cité Chott)
- Du Nord de la zone A1 vers le Nord-ouest de la ville près du point G12.

---

Du Sud-ouest de la ville près du piézomètre P17 vers le Nord-ouest de la ville près du puits G12.

- De l'Est de la zone A1 vers l'Est la ville près du puits H80.
- Du Sud de la zone B1 vers la zone C1 (cité Chott).
- On a un écoulement divergent à partir du dôme piézométrique de la zone A1 donc du SW vers le NE et du NE vers le SW.
- On a un 2<sup>ème</sup> écoulement diverge à partir du dôme piézométrique de la zone B1 au NE donc de l'Est vers l'ouest et de l'ouest vers l'Est.
- Une convergence des écoulements de tous les sens vers la zone C1 du Chott.



**Fig.III.9- Carte piézométrique de la nappe phréatique de la ville d'Oued Souf en mai 2008 (ANRH)**



**Fig.III.10- la remontée de la nappe phréatique en surface dans la cité Chott  
(Juin, 2009)**

#### **III-5-2-2 La piézométrie du mois de Mai 2009:**

Pour suivre l'évolution de la nappe phréatique, l'ANRH c'est pas vous des mesures piézométriques en mai 2009, elles nous ont permis d'établir une carte piézométrique (*Fig.III.11*). Nous avons remarqué que la nappe phréatique a gardé la même structure que précédemment, avec une remontée sensible du niveau piézométrique.

Nous avons estimé cette remontée à  $50000 \text{ m}^3$  d'eau en une année.

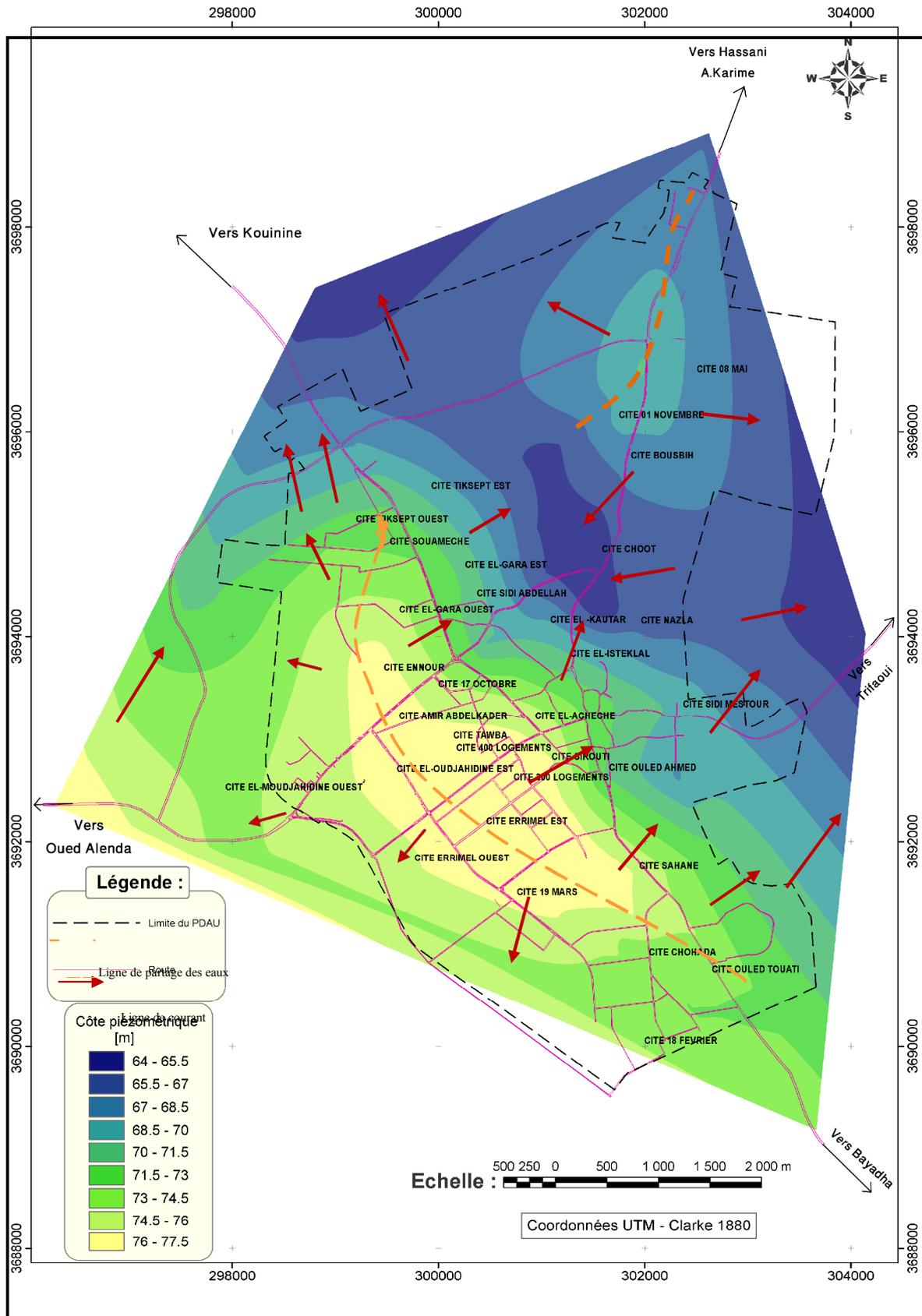


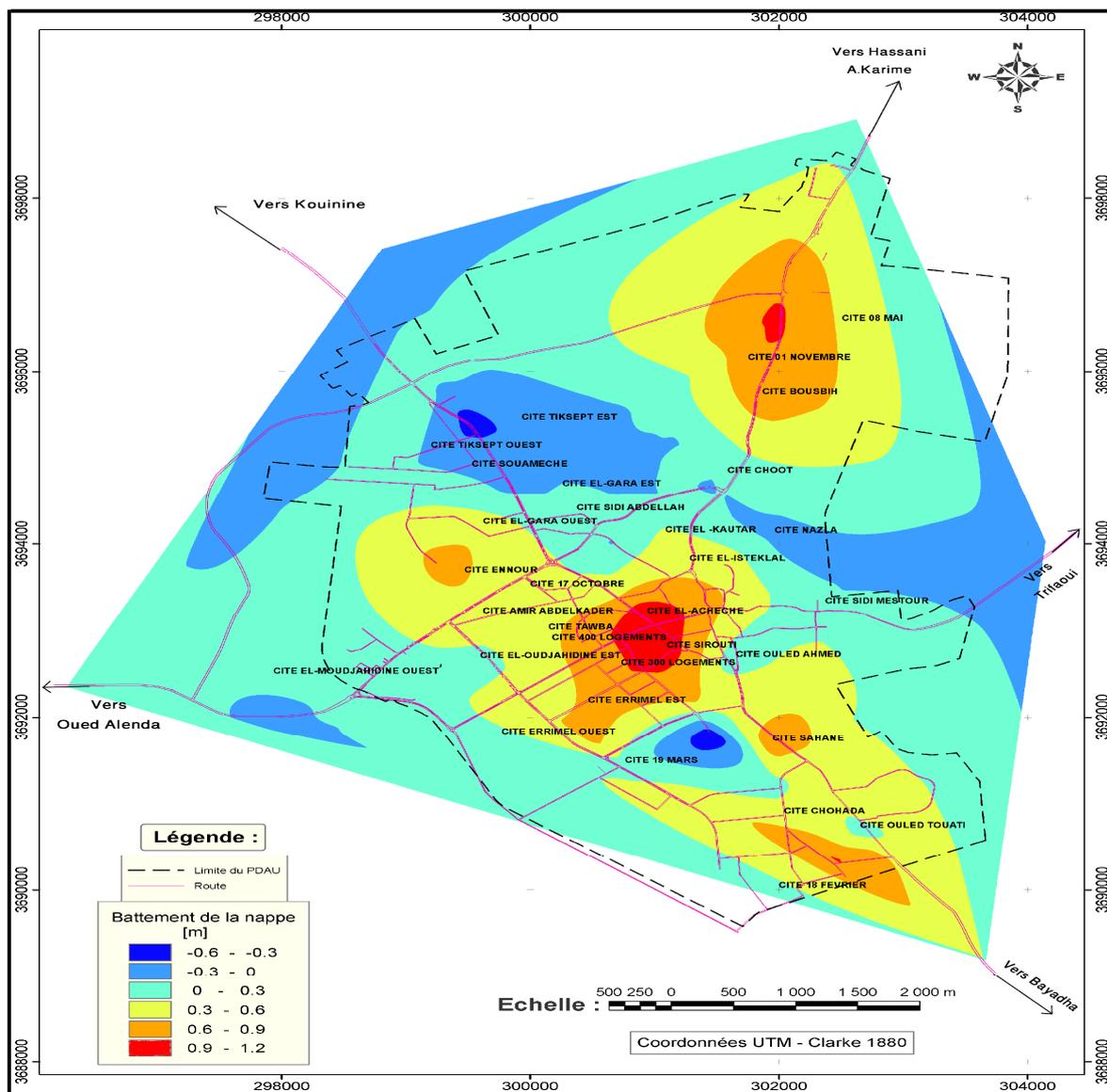
Fig.III.11- Carte piézométrique de la nappe phréatique de la ville d'Oued Souf en mai 2009

( ANRH)

**III-5-2-3 La piézométrie entre Mai 2009 et Mai 2008:**

La carte de la figure ci-dessous (Fig.III.12) montre l'évolution de niveau piézométrique d'une année à l'autre.

Entre mai 2008 et mai 2009, une montée du niveau de la nappe phréatique atteignant 1.2 mètre a été constatée aux zones d'alimentation représentées par les agglomérations et un rabattement atteignant 0.6 mètre dans les zones de prélèvement par évaporation des surfaces d'eau libre (Chott, ghouts inondés) et évapotranspiration de la végétation (cultures traditionnelles en ghouts, cultures irriguées par des puits traditionnels ou améliorés dans la nappe phréatique).



**Fig.III.12- Carte d' abattement piézométrique entre mai 2008 et mai 2009 dans la ville d'Oued Soufi(ANRH)**

**III-5-2-4 La piézométrie en Janvier 2009:**

En janvier 2009, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec inondation de quelques cités dans la ville d'Oued Souf (*Fig.III.13*). Et pour suivre l'évolution de la nappe phréatique dans les zones inondées ils sont faits des mesures piézométriques.

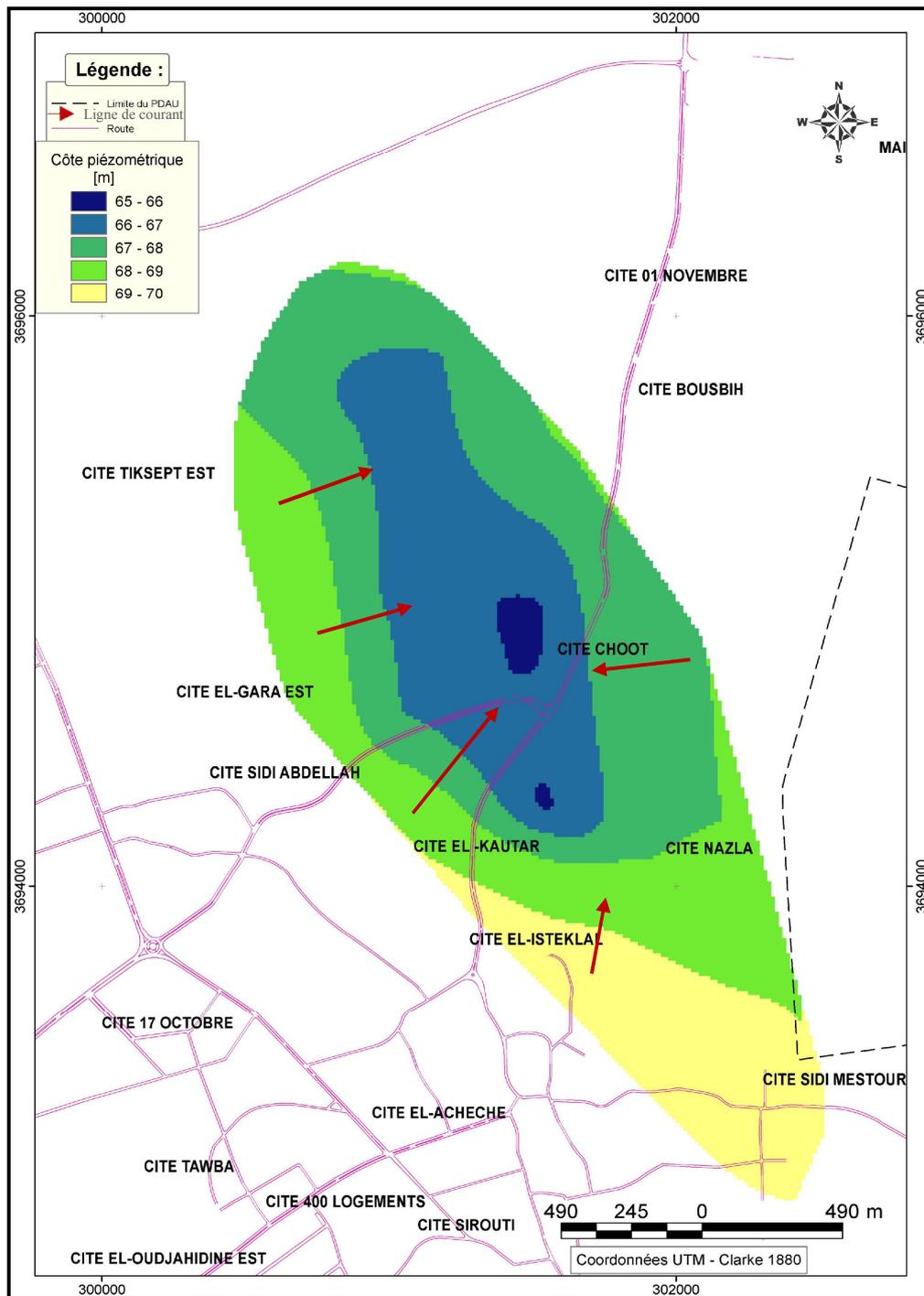
Les mesures permis d'établir la carte piézométrique qui est représentée dans la figure (*Fig.III.14*).

Les zones touchées par l'inondation dans la période de crue sont : Les citées du Chott, El-koutar, Nezla et Sidi Mastour correspondant à la zone de dépression.

La quantité d'eau qui a augmentée au dessus de la surface dans les zones inondées est 350000 mètre cube dont une lame d'eau de 115 mm.



**Fig.III.13- Zone inondée a la cité Chott (janvier, 2009)**



**Fig.III.14- Carte piézométrique de la nappe phréatique dans les zones inondées de la ville d'Oued Souf en janvier 2009**

**III-6- LE BILAN DE LA NAPPE:**

L'établissement d'un bilan d'eau au niveau d'une nappe exige la connaissance précise de son alimentation et de ses pertes. Or, celles-ci sont multiples, directes ou indirectes, superficielles ou profondes. Ce bilan a pour but d'étudier la balance entre les apports et les pertes et d'étudier ainsi la variation des réserves en eau. (Tableau III.1).

**Tableau .III.1- Bilan d'eau de la ville d'Oued Soufi(etude.ZINE.B.2008)**

<b>Entrées</b>	<b>m<sup>3</sup>/j</b>	<b>m<sup>3</sup>/j</b>
QF-Irr-Inf : Eau d'irrigation infiltrée	4550	
QAEP-Fuit : Fuite d'AEP (départ-arrivé)	9616	
QEU-Inf : Eau usée infiltrée	10770	
QP-Eff : Précipitations efficaces		
<b>Sorties</b>		
QD : Drainage provenant de la station 10		5482
QF-Irr : Infiltration à partir de l'irrigation		6500
QE-PI Zh : Evaporation des plans d'eau libres et des zones humides		1764
<b>Totaux</b>	<b>24936</b>	<b>13746</b>
<b>Soit une différence de <math>24936-13746=11190</math> m<sup>3</sup>/j.</b>		

L'examen de ce bilan permet de formuler les remarques suivantes :

- Le débit d'eau responsable à la remontée de la nappe phréatique est de  $11190$  m<sup>3</sup>/j.
- La lame d'eau remontée est de 102 mm/an.

**III-7-CONCLUSION:**

Les seules ressources hydriques disponibles sont les nappes souterraines. L'aquifère de la vallée du Souf est contenu dans des formations de nature différente. L'alimentation de l'aquifère superficiel est assurée par l'infiltration des eaux des forages profonds du CT et CI, par les eaux urbaines, par les eaux d'irrigation et par les rares et faibles précipitations exceptionnelles. Cette nappe remonte dans les dépressions, sous les agglomérations et baisse dans les zones irriguées.

Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est du S-W vers le N-E.

Les cartes piézométriques de la ville d'Oued Souf montrent bien cette situation.

Devant cette situation critique, surtout dans les zones d'agglomération, il y a plusieurs solutions qui ont été proposés et qui en cours d'exécution pour façonner aujourd'hui un nouveau paysage Soufi.

# CHAPITRE IV: HYDROCHIMIE

IV-1-Introduction

La composition chimique d'une eau est importante 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.).Et visualiser à l'aide de cartes en iso-teneurs, la répartition et l'évolution géographique des concentrations en éléments chimiques dissous.

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques d'échantillons d'eau que nous avons prélevés au niveau de la nappe CT du Souf où nous avons sélectionné 20 points d'eau .

IV-2 Cartographie hydrochimique

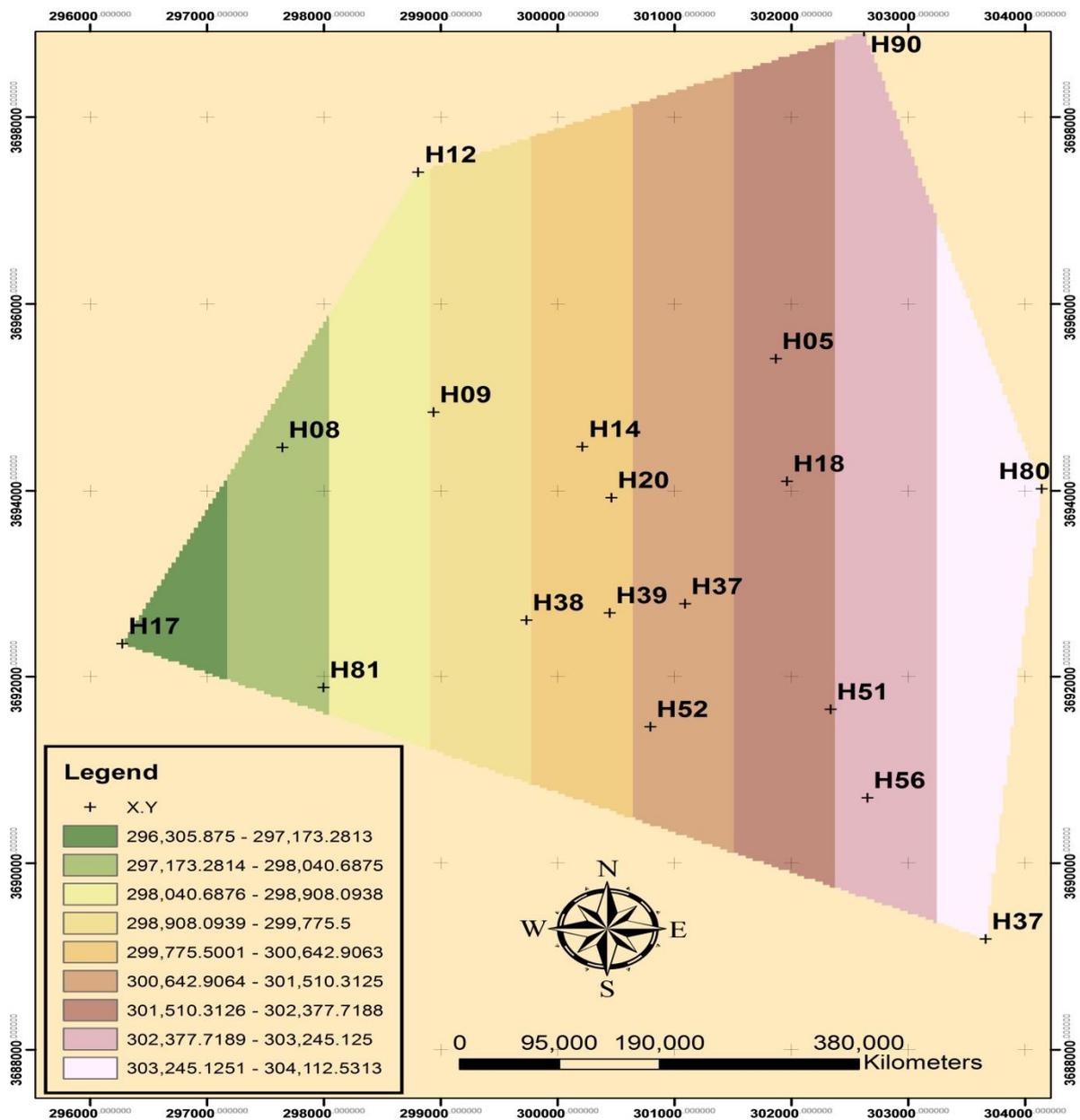


Fig. IV. 1: La carte de la répartition des points de prélèvements dans la région à la ville d'El-Oued

IV-3 Paramètres physico-chimiques

IV-3.1. Paramètres physiques

IV-3-1-1 Température

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz ainsi que sur la valeur du pH. La connaissance de ce paramètre permet aussi de donner des indications sur les profondeurs de circulation des eaux souterraines.

Dans cette étude, les températures des eaux souterraines observées varient de 22 °C à 29°C. Elles semblent ainsi indiquer l'influence de la température de l'air ambiant sur les eaux souterraines, traduisant une circulation peu profonde.

IV-3-1-2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de la concentration en proton en solution. Les valeurs de pH ont été mesurées sur terrain.

Les eaux de la région d'étude montrent deux zones principales

- Une zone où le pH est légèrement basique variant entre 7.5 et 8.5 dans la région Nord et le Sud et le centre de la carte de variation de teneurs de PH (H08.H81...ect ) liée probablement au faciès lithologique
- Et une zone où le pH est relativement faible (varie entre 6.7 et 7.30) au Sud-Ouest.

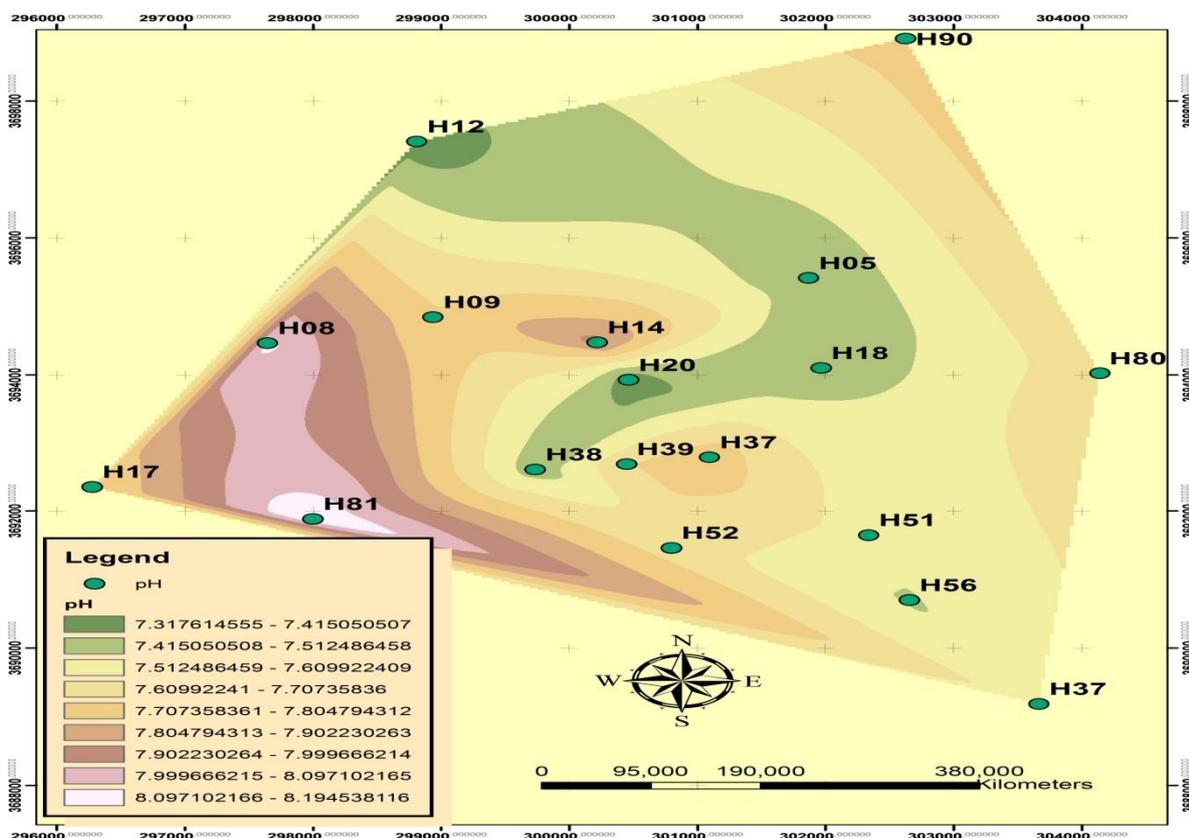


Fig. IV. 2: Carte de variation des teneurs de pH des eaux souterraines d'El-Oued

IV-3-1-3 La conductivité électrique

La conductivité électrique est une mesure qui permet un contrôle simple et rapide de la minéralisation des solutions. Elle dépend de la force ionique de l'eau et augmente en fonction de la teneur en ions dissous, de la nature des différentes substances dissoutes, à leurs concentrations réelles et relatives et à la température à laquelle elle est mesurée.

La conductivité électrique de l'eau de la nappe (CT), la zone non saturée renseigne sur le degré de la salinité et les risques de salinité des sols. Les mesures de la conductivité pendant l'année 2013 montrent un dépassement de la norme recommandée pour les eaux d'alimentation en eau potable. Elle varie entre 2800µs/cm au Sud-Est de la zone d'étude au niveau du forage H08 et 2170µs/cm au Sud-Ouest (Fig3) ;

La figure montre que la conductivité électrique augmente dans les zones inondées (de 4000 à 12000 µs/cm) par apport aux autres zones. Ceci est lié à plusieurs facteurs tels que

- L'existence d'un réseau du drainage.
- L'évaporation : lorsque le niveau piézométrique est proche de la surface du sol.

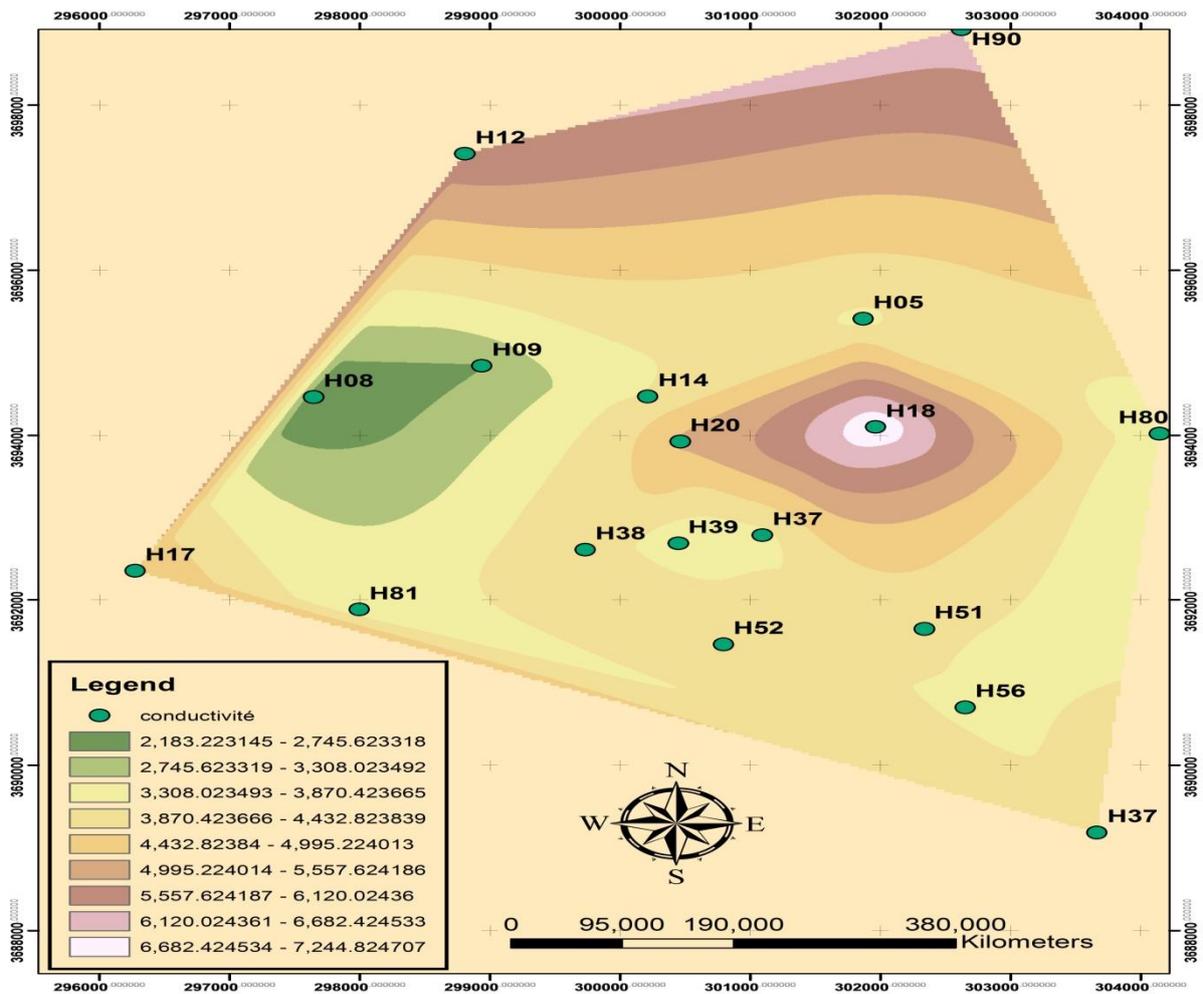


Fig. IV. 3 : Carte d'iso-teneurs en conductivité des eaux souterraines d'El-Oued

IV-4 Les éléments chimiques

IV-4-1 Les Cations

Les cations analysés sont le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium.

IV-4-1-1 Le Calcium (Ca<sup>++</sup>): Sa présence résulte principalement de l'infiltration des eaux météoriques à travers des formations carbonatées. La dissolution qui s'en suit est favorisée par le gaz carbonique provenant de l'atmosphère et du sol.



Dans le cas présent, on peut envisager une autre source de minéralisation, engendrer par les formations gypsifères du Trias (CaSO<sub>4</sub> ; 2H<sub>2</sub>O).

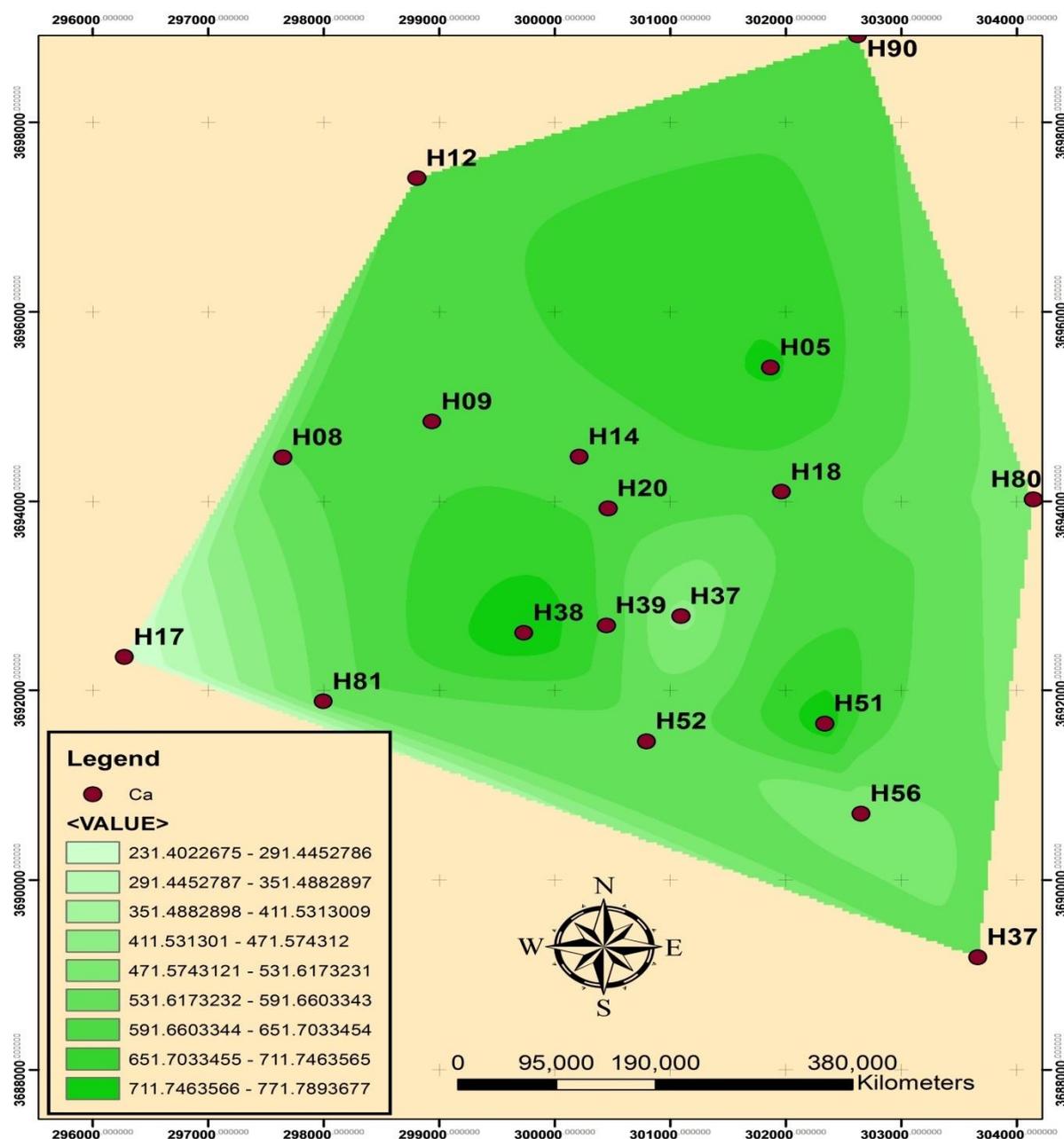


Fig. IV. 4 : Carte d'iso-teneurs en calcium (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued

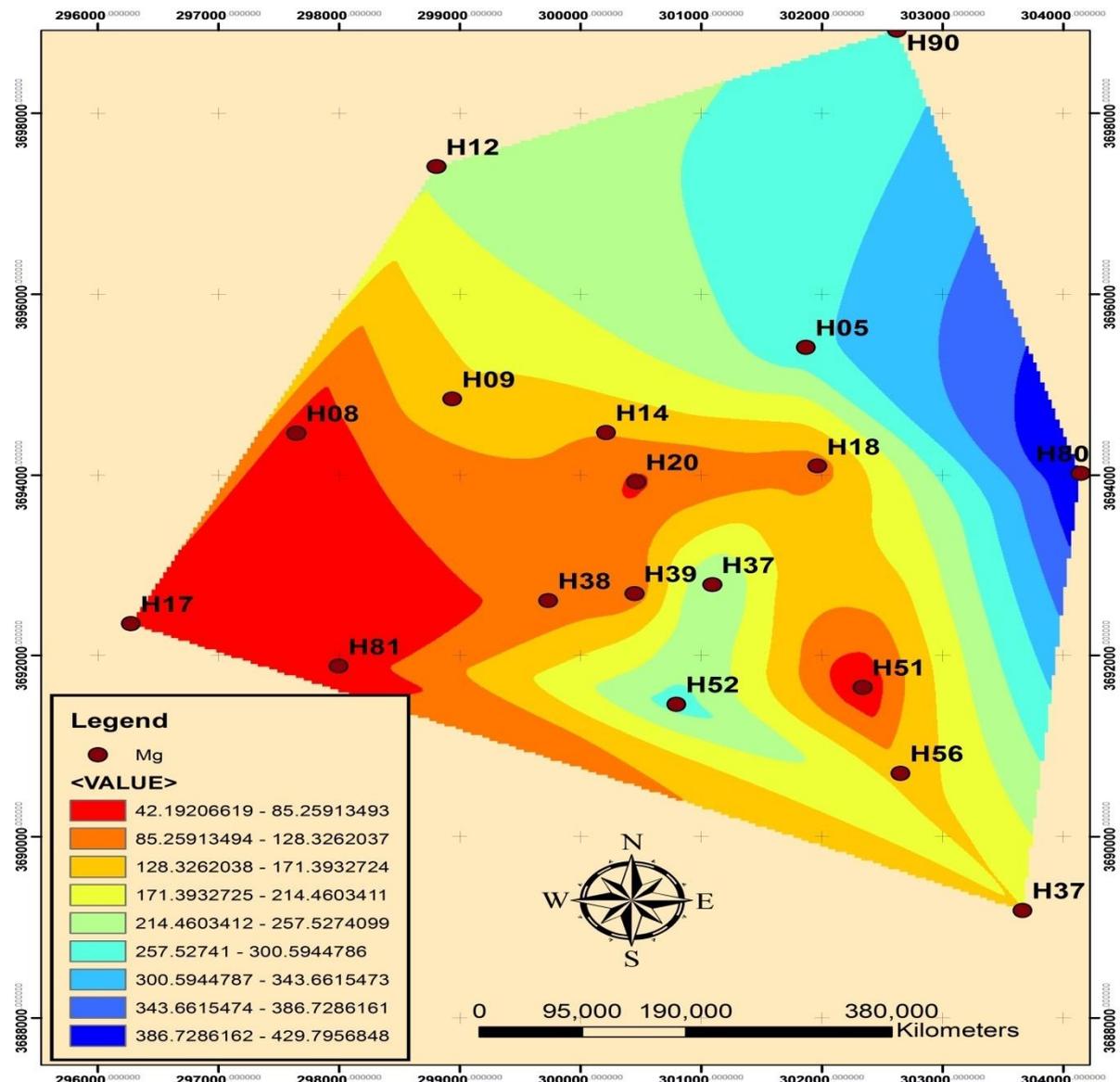
La carte de répartition du calcium (Fig 4.) montre que la valeur maximale est 224.45 mg/l a été enregistrée dans le forage H17 à l'Ouest de la région d'étude, ou les faibles teneurs observées dans la partie Sud-Est dans le forage H56.

**IV-4-1-2 Le Magnésium (Mg<sup>++</sup>) :**

Second élément intervenant dans la dureté totale des eaux, le magnésium est moins abondant que le calcium et le sodium. En effet, la majorité des forages étudiés présentent des teneurs inférieures à la norme admissible de 50 mg/l, fixée par l'OMS.

Il faut avoir deux origines :

- Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par dissolution, en présence du gaz carbonique.
- La dissolution du Mg SO<sub>4</sub> des terrains gypseux du Trias.



**Fig. IV.5 : Carte d'iso-teneurs en magnésium (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued**

L'allure de la carte de répartition du magnésium (Fig. 5) est à peu près semblable à celle du calcium. Son trait dominant réside dans le fait que les teneurs les plus élevées se localisent dans les zones d'épandage d'engrais (partie Nord-Est de la région), où on note des maxima de 432.63 mg/l au forage H80.

**IV-4-1-3 Le sodium et le potassium (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup>) :**

Les teneurs en sodium admises par l'O.M.S sont de l'ordre de 100 mg/l tandis que celles du potassium, très souvent en très faibles quantités dans les eaux, ne présentent pas d'inconvénient majeur.

Mis à part la dissolution de couches salifères, le sodium dans les eaux peut provenir :

- Du lessivage des formations riches en NaCl (argiles- marnes),
- Des eaux usées d'origine industrielle et domestique,
- De l'invasion d'eau marine.

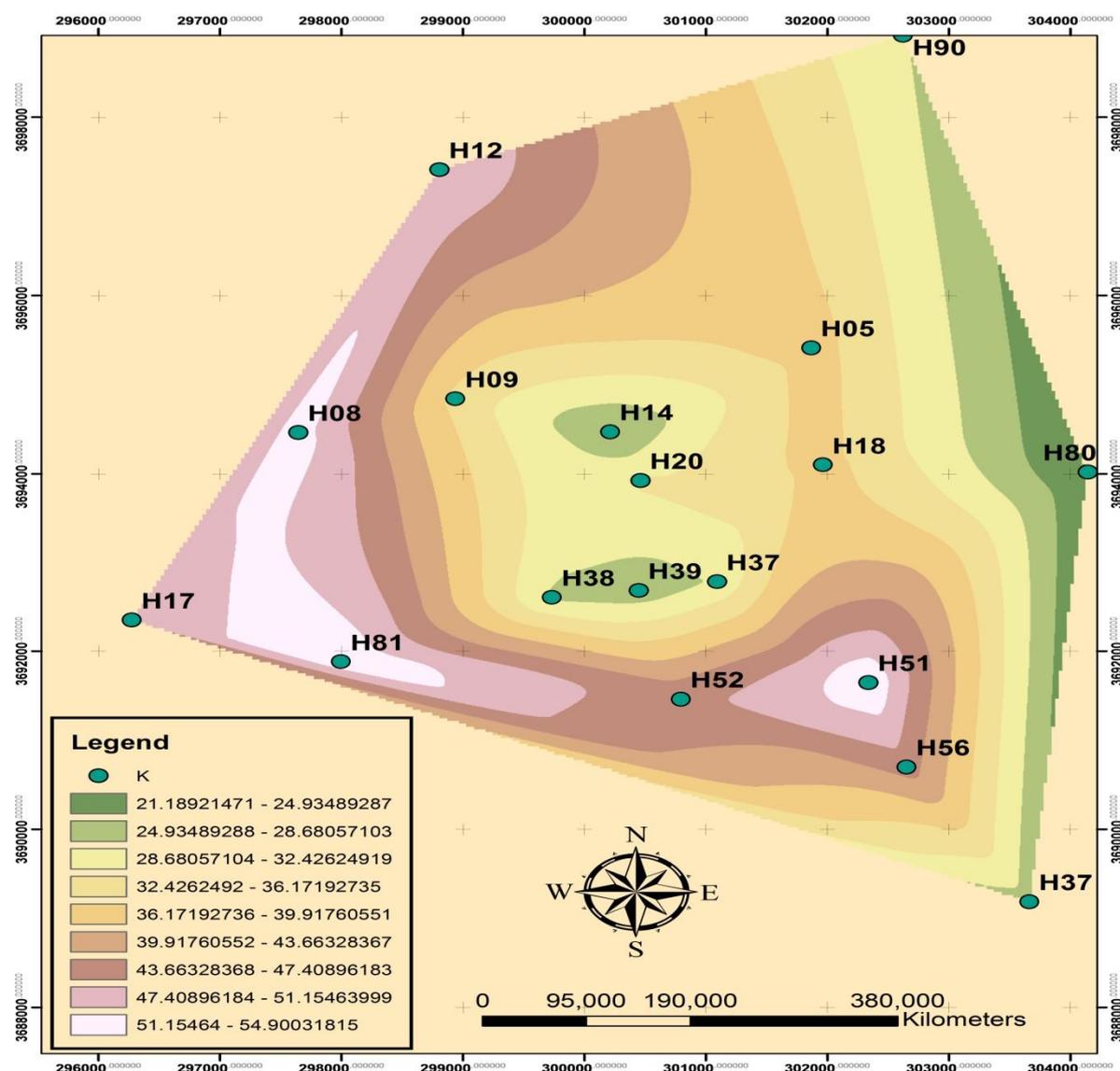


Fig. IV. 6 : Carte d'iso-teneurs en potassium (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued

L'interprétation de la carte de répartition du potassium (Fig.6) concentration de potassium varie entre 21 mg/l au forage H80 situé au Sud de la carte de potassium et 55 mg/l au forage H51. Les concentrations sont très élevées. Cette élévation est due à l'infiltration des eaux usées.

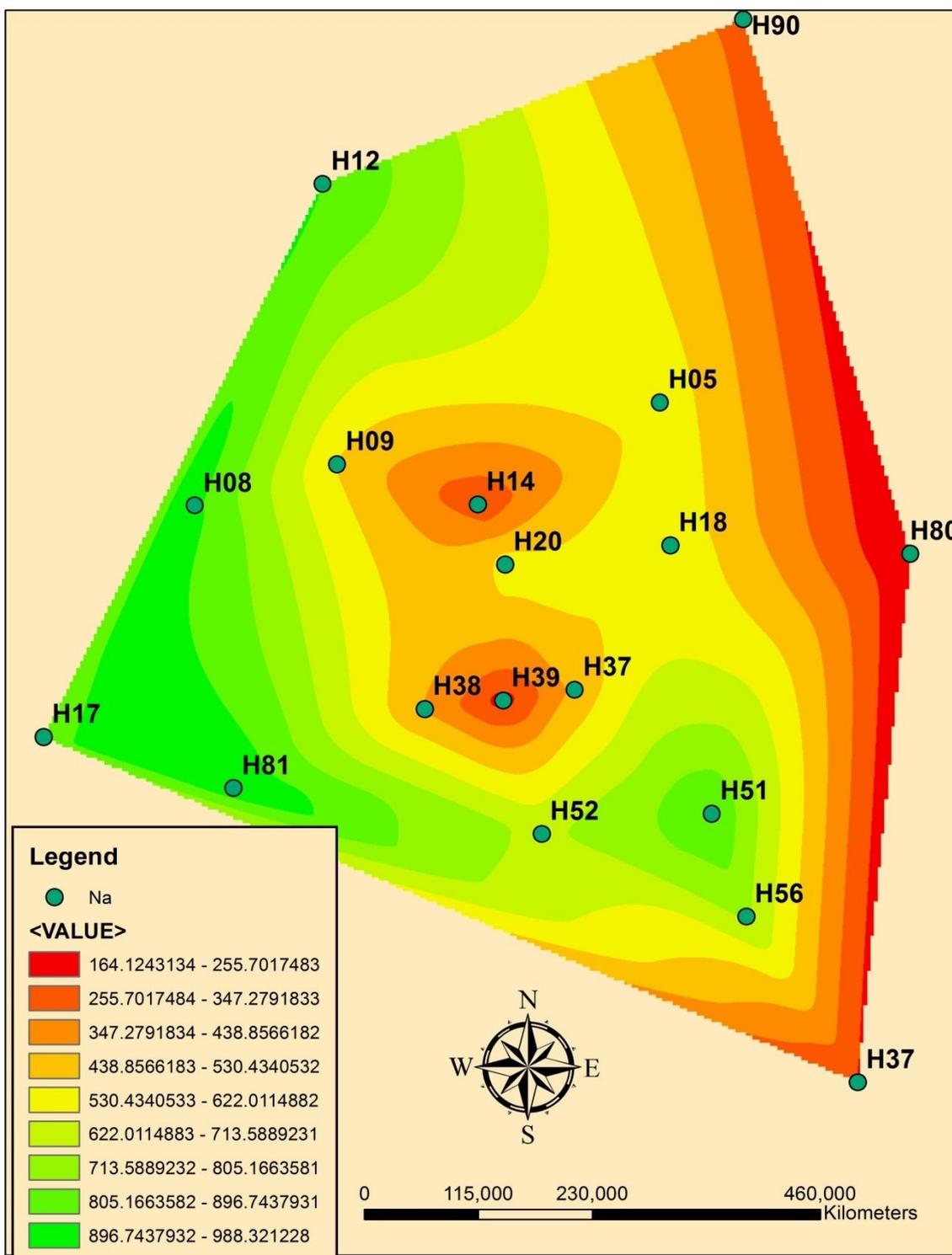


Fig. IV.7 : Carte d'iso-teneurs en sodium (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued

Pour les échantillons analysés, la concentration de sodium à une valeur minimale de 160 mg/l au forage H80 et une valeur maximale de 990 mg/l au forage H81 où les faibles teneurs observées dans la partie Est de la région variant entre 100-400 mg/l(Fig.7).

**IV- 4-2 Les Anions :**

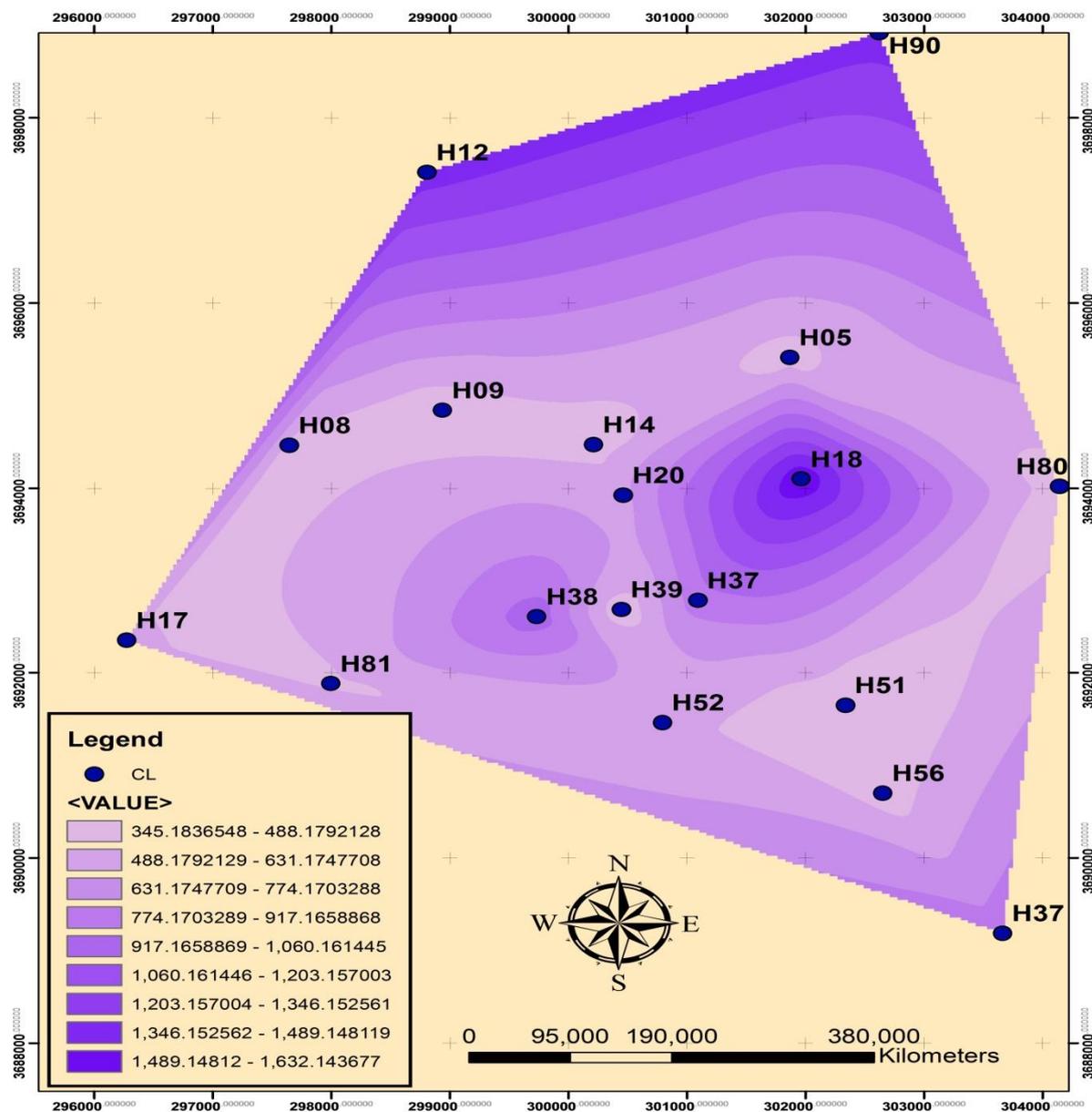
Les anions analysés sont les chlorures, les sulfates et les bicarbonates.

**IV-4-2-1 Les Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :**

l'examen de la carte des chlorures montre que les valeurs varient entre 344.06mg/l (forage H51) et 1640.23 mg/l (forage H18) .

Dans les zones étudiées, les concentrations sont très élevées à cause de l'infiltration dans la nappe CT.

D'après l'OMS on constate qu'on a un dépassement la norme.



**Fig. IV. 8 : Carte d'iso-teneurs en chlorures (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued**

IV-4-2-2 Les Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) :

Dans la carte de répartition du sulfate les échantillons prélevés ont des teneurs comprises entre 896 mg/l (forage H39) et 3373 mg/l (forage H20), ils dépassent 250 mg/l admissible .

D'après la carte de répartition de cet élément (Fig.9), les valeurs les plus élevées se situent au Sud- Est; par contre les valeurs moins élevées sont localisées au Nord. Cette augmentation due à l'infiltration des eaux usées dans la nappe CT.

D'après les normes de l'OMS on constate quelles dépassent les normes

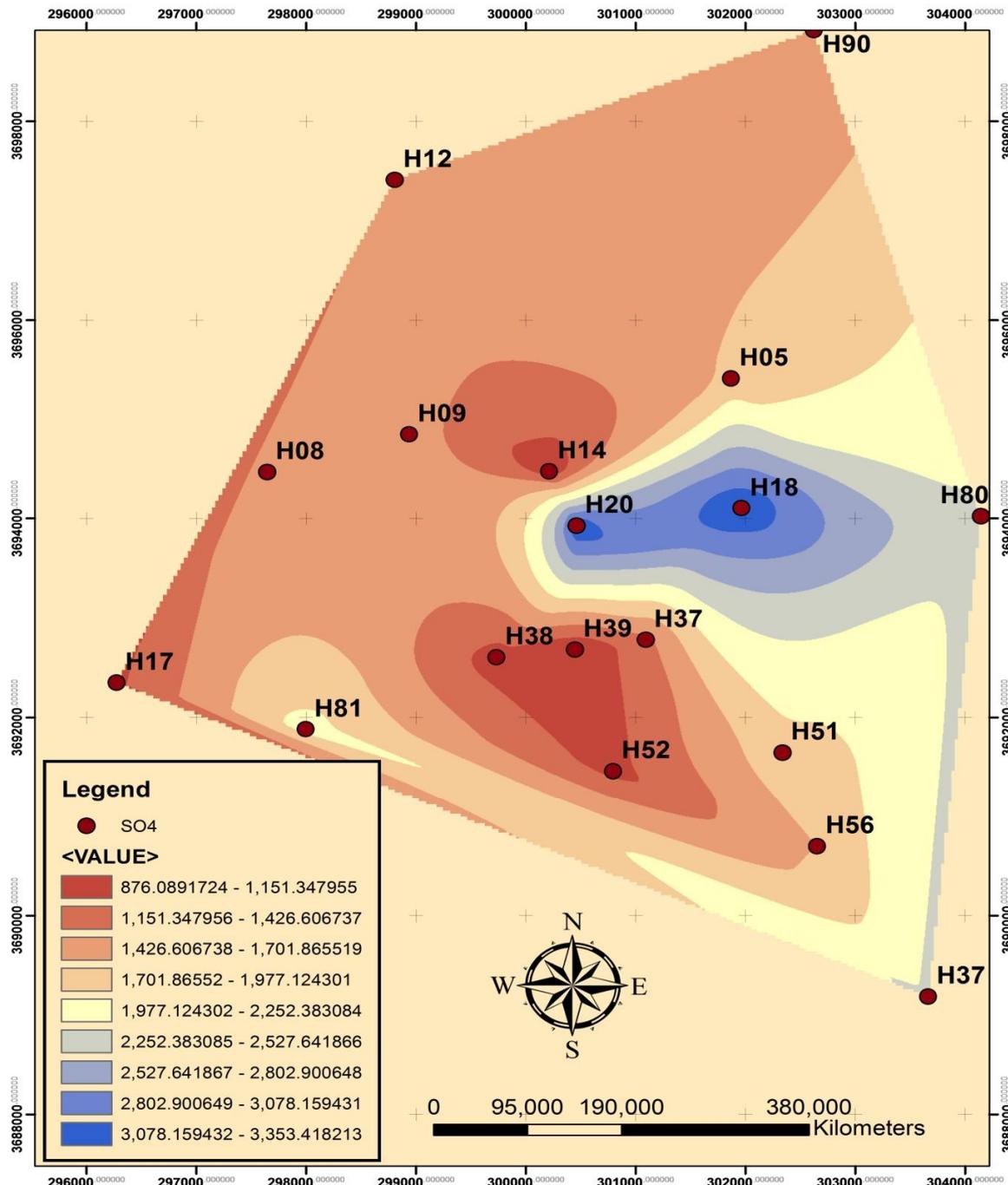
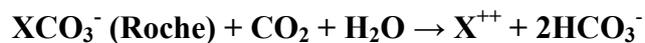


Fig. IV.9 : Carte d'iso-teneurs en sulfates(mg/l)des eaux souterraines d'El-Oued

IV-4-2-3 .Les Bicarbonates (HCO<sub>3</sub>) :

Les bicarbonates sont le résultat de l'équilibre physicochimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique, selon l'équation générale suivante :



La concentration des bicarbonates dans l'eau est fonction des paramètres suivants :

- Température de l'eau,
- Tension du CO<sub>2</sub> dissous,
- Concentration de l'eau en sels et nature lithologique des terrains traversés.

D'après la carte de répartition du bicarbonate (Fig10.) on observe que la valeur maximale est de 1305.4 mg/l a été enregistrée dans le forage H38 à l'est de la région d'étude, où les faibles teneurs observées dans la partie Sud-Ouest au niveau du forage H81.

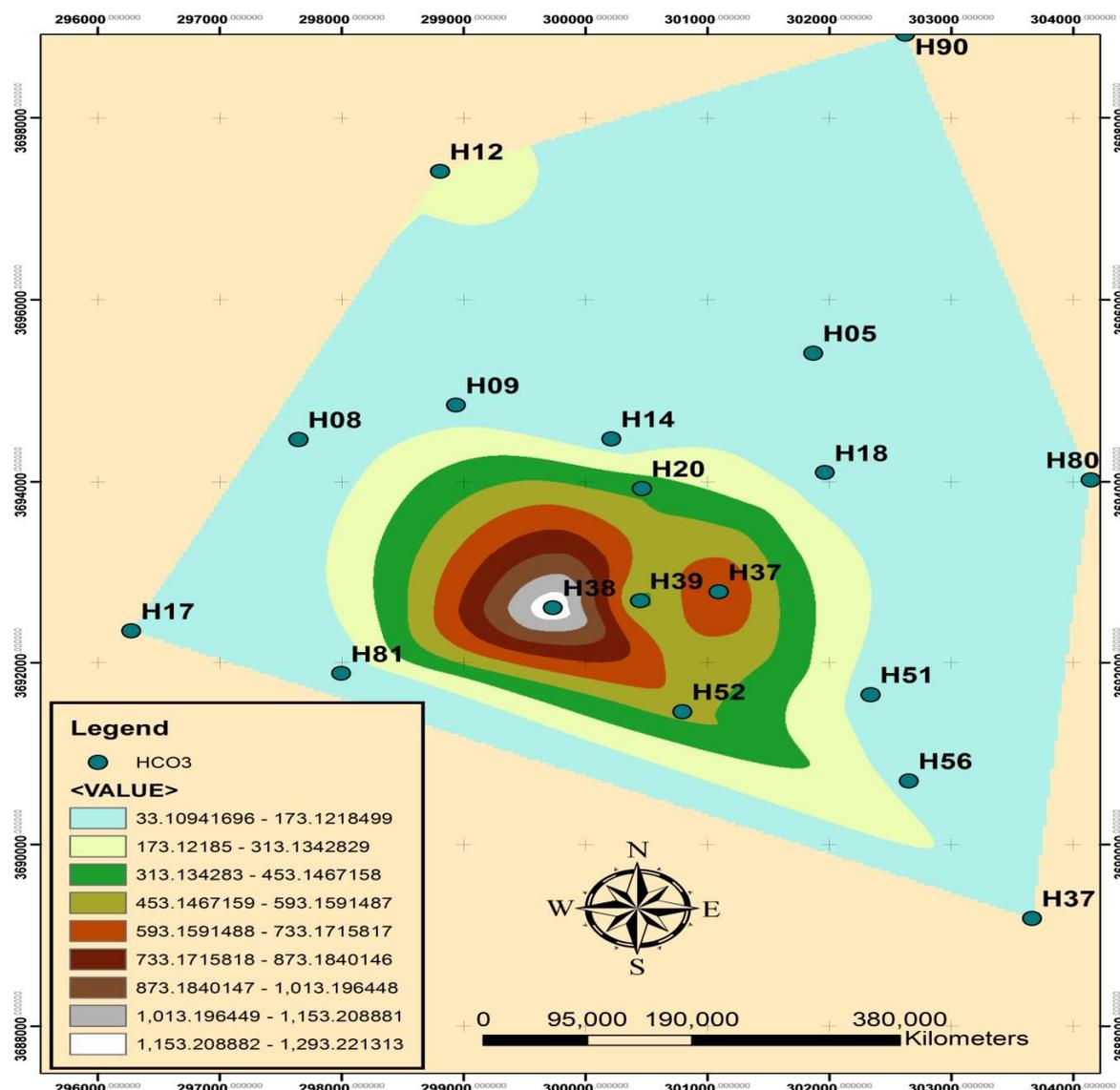


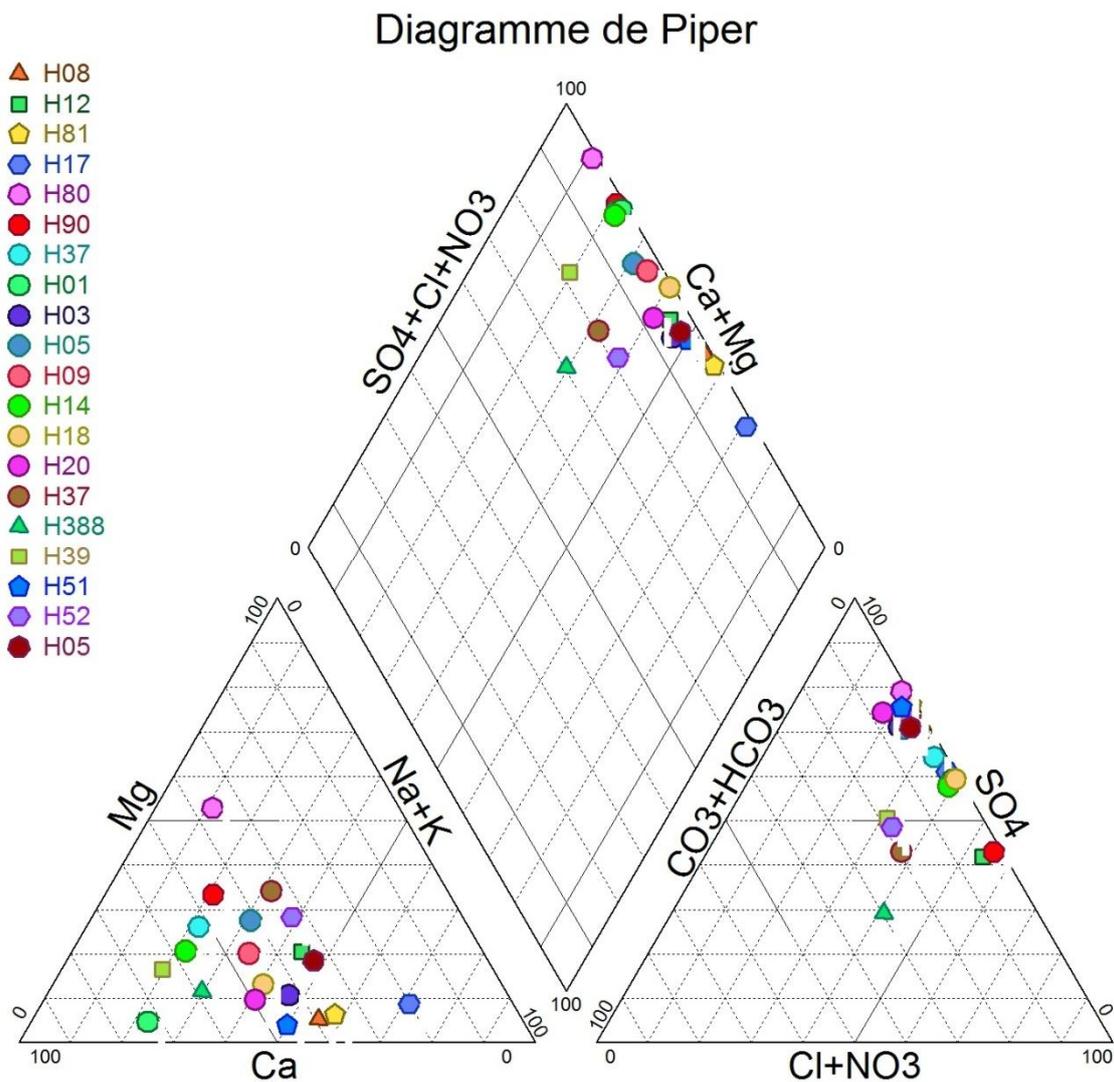
Fig. IV.10 : Carte d'iso-teneurs en bicarbonates (mg/l) des eaux souterraines d'El-Oued

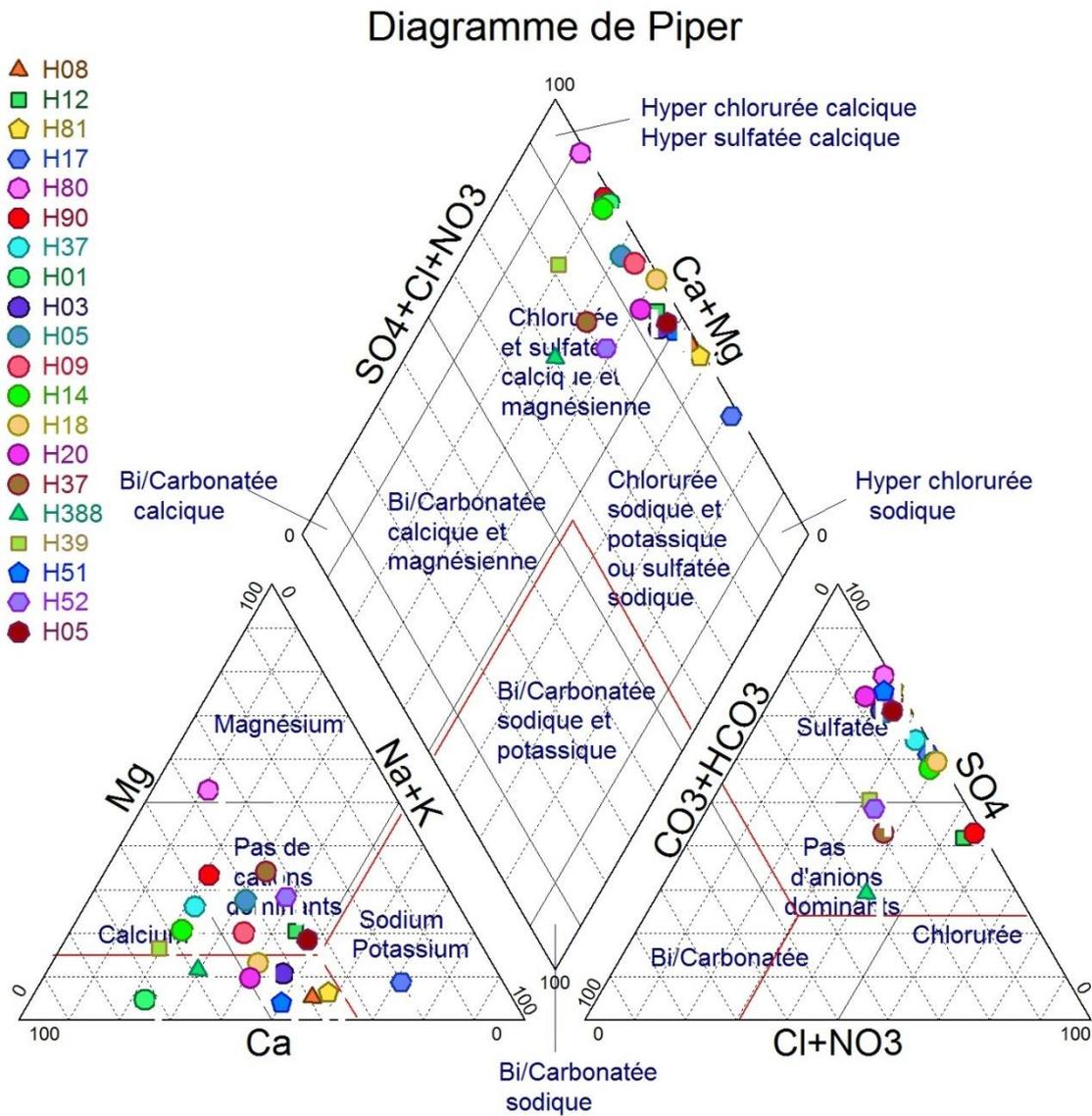
IV.5. Caractéristiques chimiques des eaux :

IV.5.1. Diagramme de PIPER :

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite). La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau concernée :

A partir du diagramme de Piper nous remarquons que la plus part des eaux analysées à l'échelle de notre zone d'étude présentent un faciès sulfaté sodique à chloruré sodique en liaison avec la nature lithologique des terrains aquifères.

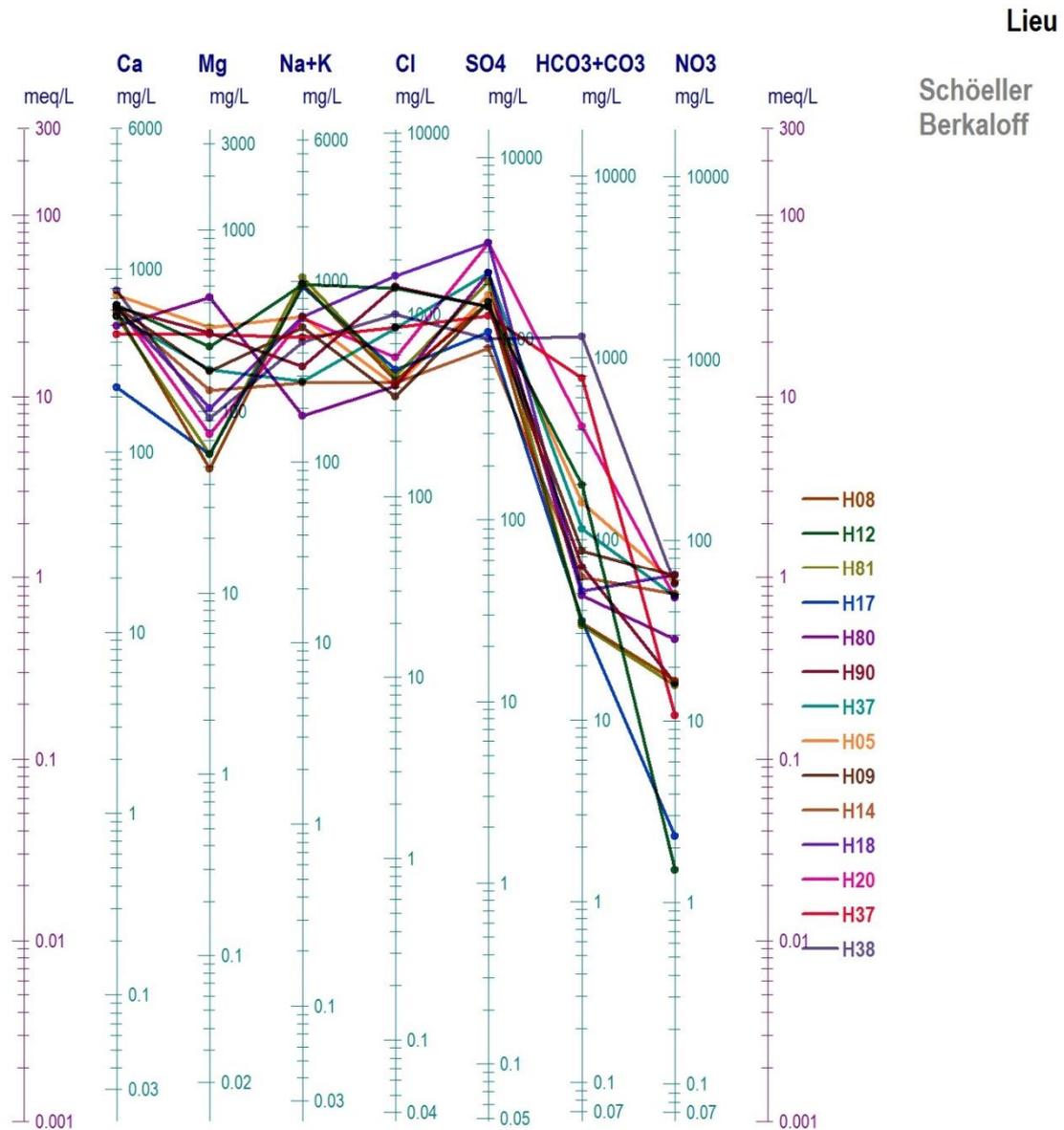


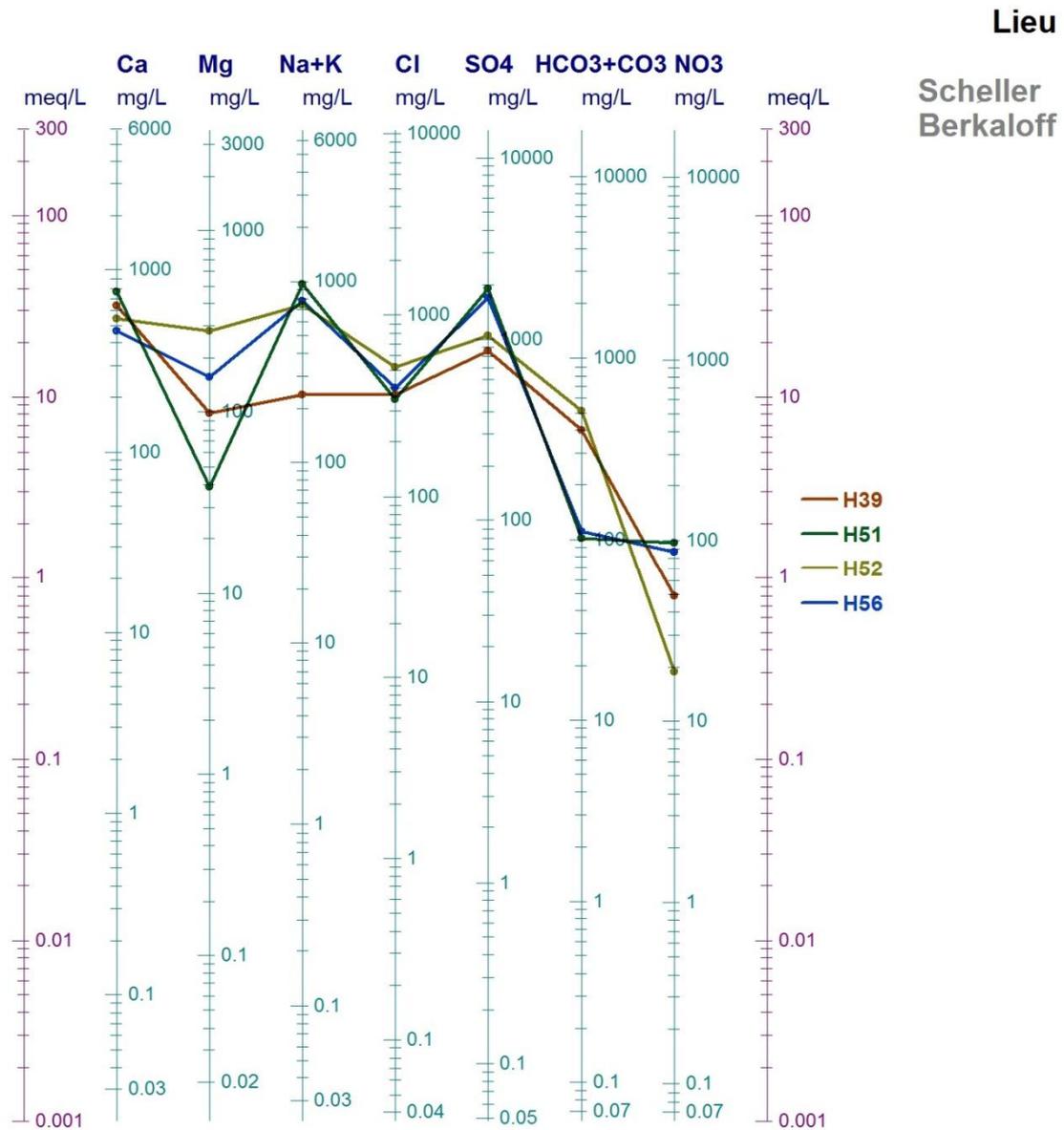


**Fig. IV.11 : Le diagramme de Piper des eaux souterraines de la région d'El Oued**

IV .5.2. Diagramme de Schoeler 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. IV.12.- Diagramme SchoelerBerkaloff**

Dans le diagramme Schoeler Berkaloff, il est noté qu'il existe une grande variation entre les teneurs des eaux issues des forages de la nappe CT, mais en général on le même faciès qui prédomine le sulfaté sodique à chloruré sodique.

IV.5. 3. Le couple  $\text{Na}^+$ - $\text{Cl}^-$  :

Le graphe montre un alignement des points, ce qui implique la même origine des deux éléments chimiques qui est probablement la dissolution d'Halite. Cependant, quelques points présentent un excès de sodium, d'autres un excès des chlorures. Cette relation se confirme par l'existence du faciès chloruré sodique. (Fig13).

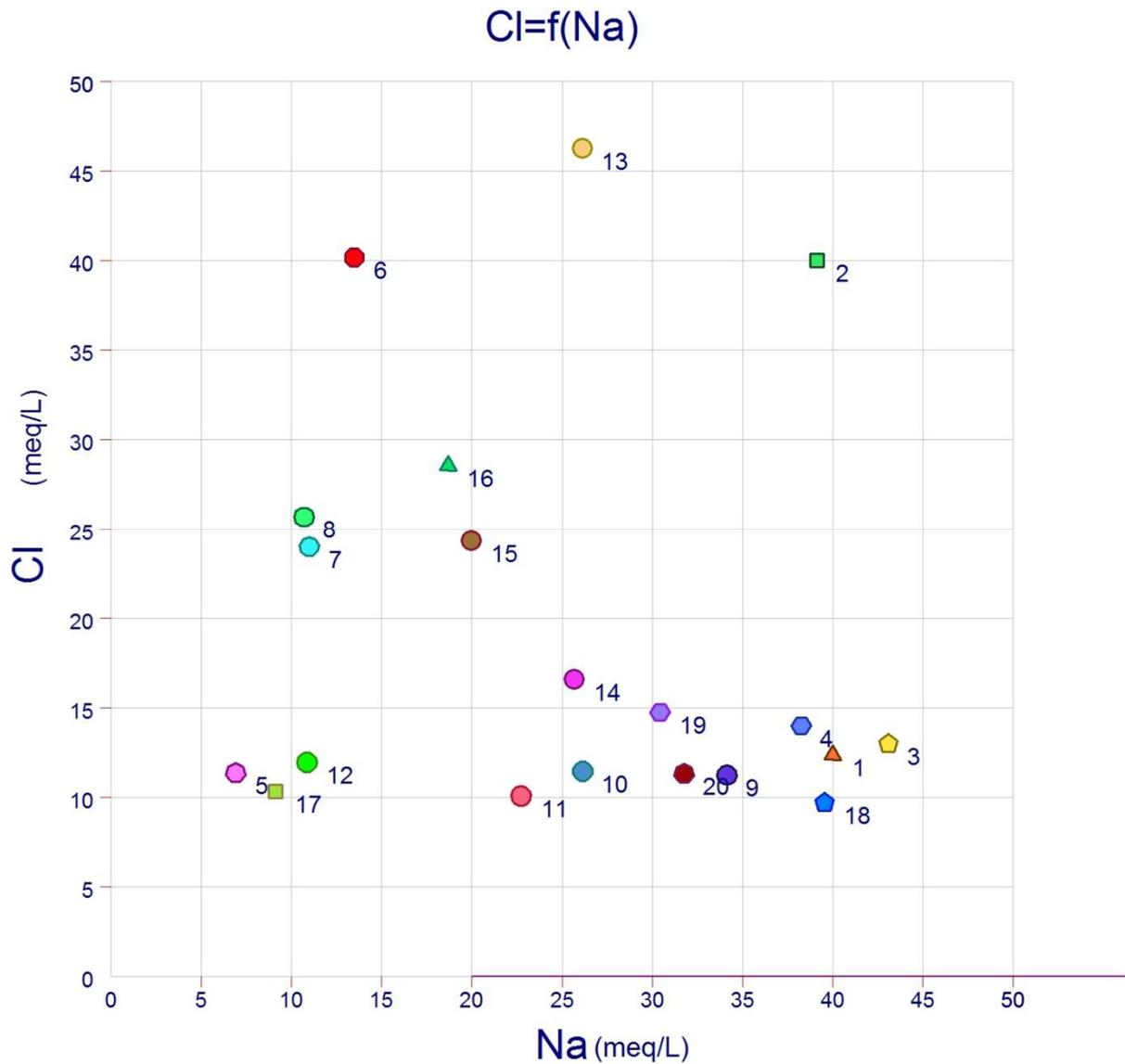


Fig. IV. 13 : Couple  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$

V.5.4. Le couple  $\text{Ca}^{++}$  -  $\text{SO}_4^{2-}$  :

On remarque deux familles distinctes, l'une caractérise une eau forte teneure en calcium (au Sud de la plaine) due au lessivage des formations carbonatée, et l'autre en sulfate (vers l'Ouest de la plaine) qui résulte probablement par le lessivage des niveaux gypseuses (fig14) .

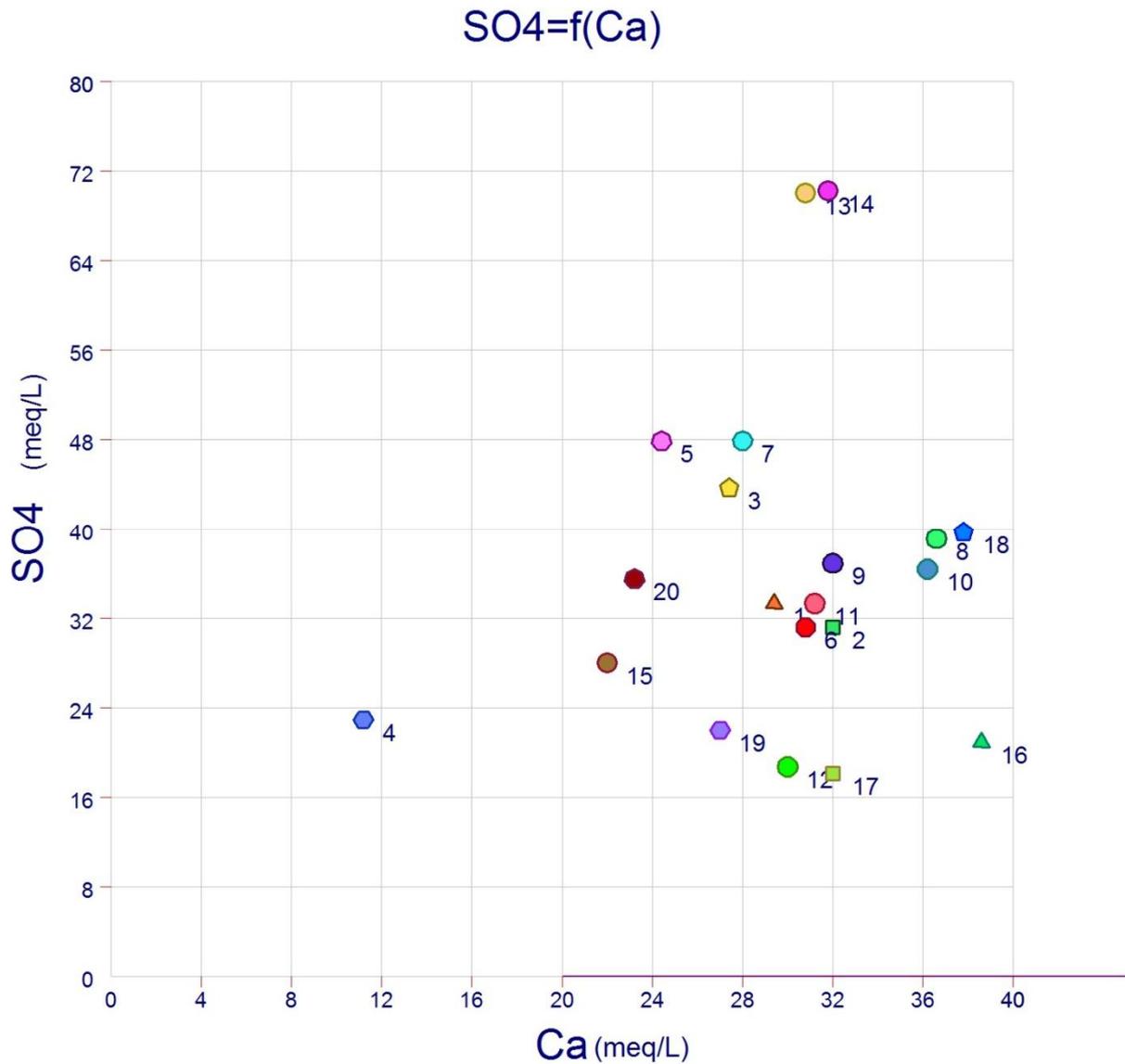


Fig. IV.14 : Couple  $\text{SO}_4^{+2}$  et  $\text{Ca}^{+2}$

V.5.5. La relation  $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^-$  :

On remarque que la majorité des points présentent un excès de sulfates vis-à-vis le sodium (toujours vers le Sud de la plaine), due à une alimentation minérale latérale l'oued au Nord l'Oust de la plaine (fig15) .

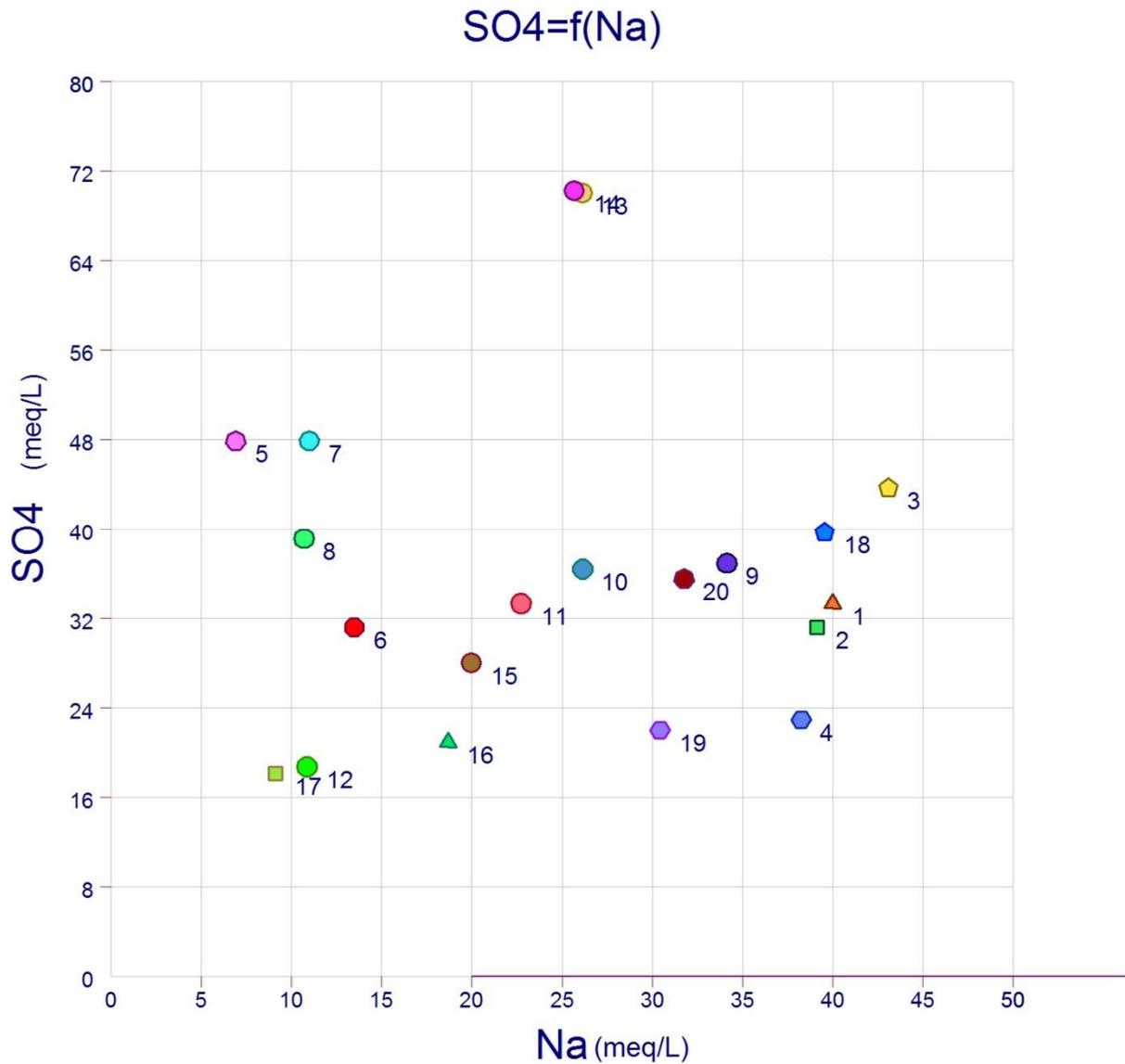


Fig. IV.15 :La relation  $\text{Na}^+ - \text{SO}_4^-$

V.5.6. La relation  $Ca^{++}$ - $Mg^{++}$  :

Suivant la figure (IV.16) nous constatons qu'il y a une bonne corrélation entre les deux éléments ce qui nous permet de dire qu'ils ont la même origine (origine carbonaté) à l'exception de quelques points qui présentent des teneurs forte de calcium (Sud-Est de la plaine), les points mettant en solution rapidement les ions  $Mg^{++}$  par rapport à ceux de  $Ca^{++}$  c'est une dissolution sélective.

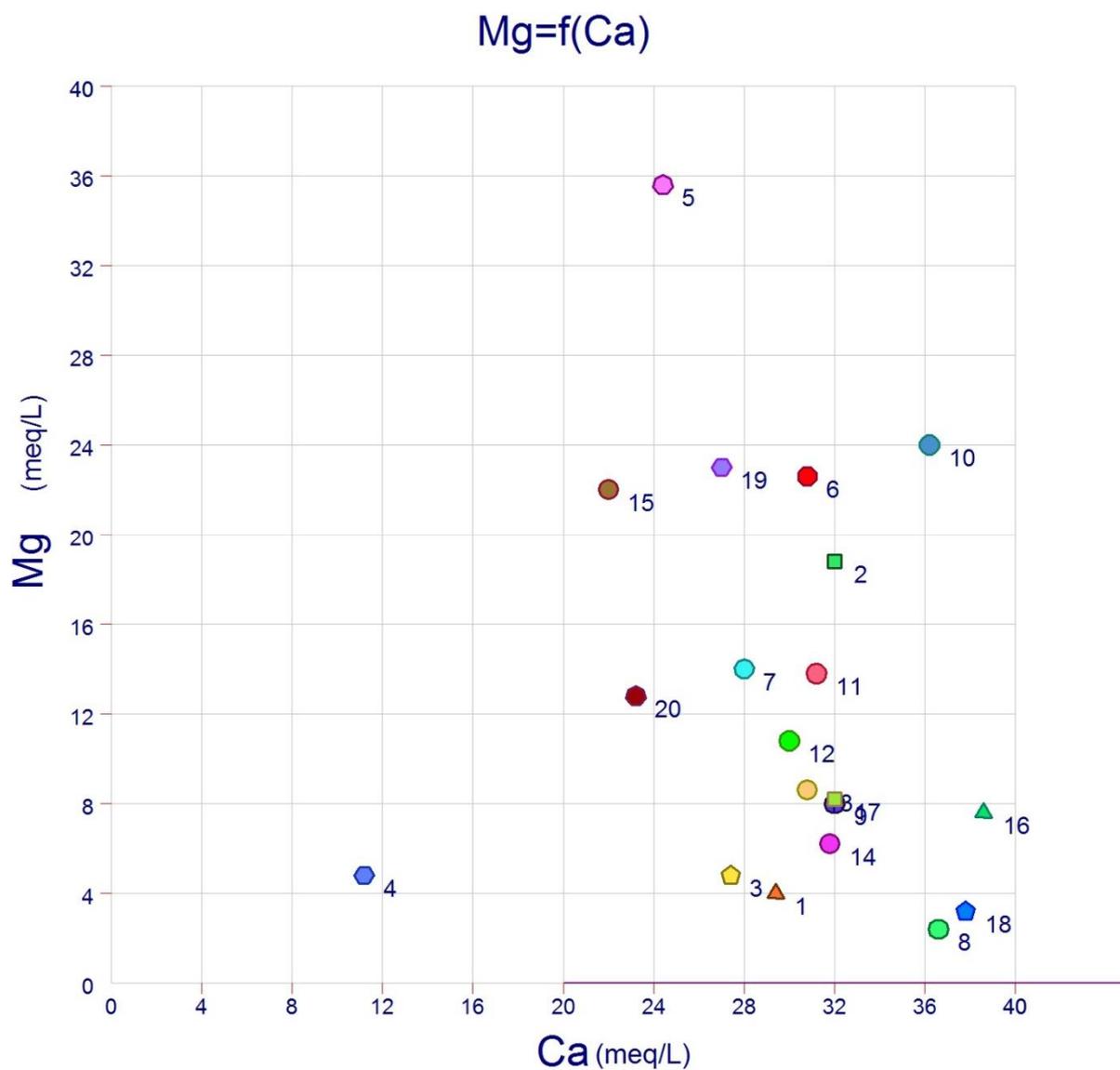


Fig. IV.16 : La relation  $Ca^{++}$ - $Mg^{++}$

V.5.7. Le couple  $\text{Ca}^{2+}$  - $\text{HCO}_3^-$

On examine ici l'origine du calcium en fonction de deux éléments chimiques (bicarbonates et les sulfates) qui indiquent ses deux origines principales (carbonates et le gypse) Fig. (18). La représentation graphique de l'évolution de calcium en fonction des bicarbonates, montre un ensemble regroupé des points selon la droite, indiquant l'origine carbonatée des ions de calcium. Par contre le point reste présente un excès en teneur en calcium interprété comme le résultat de la mise en solution du gypse.

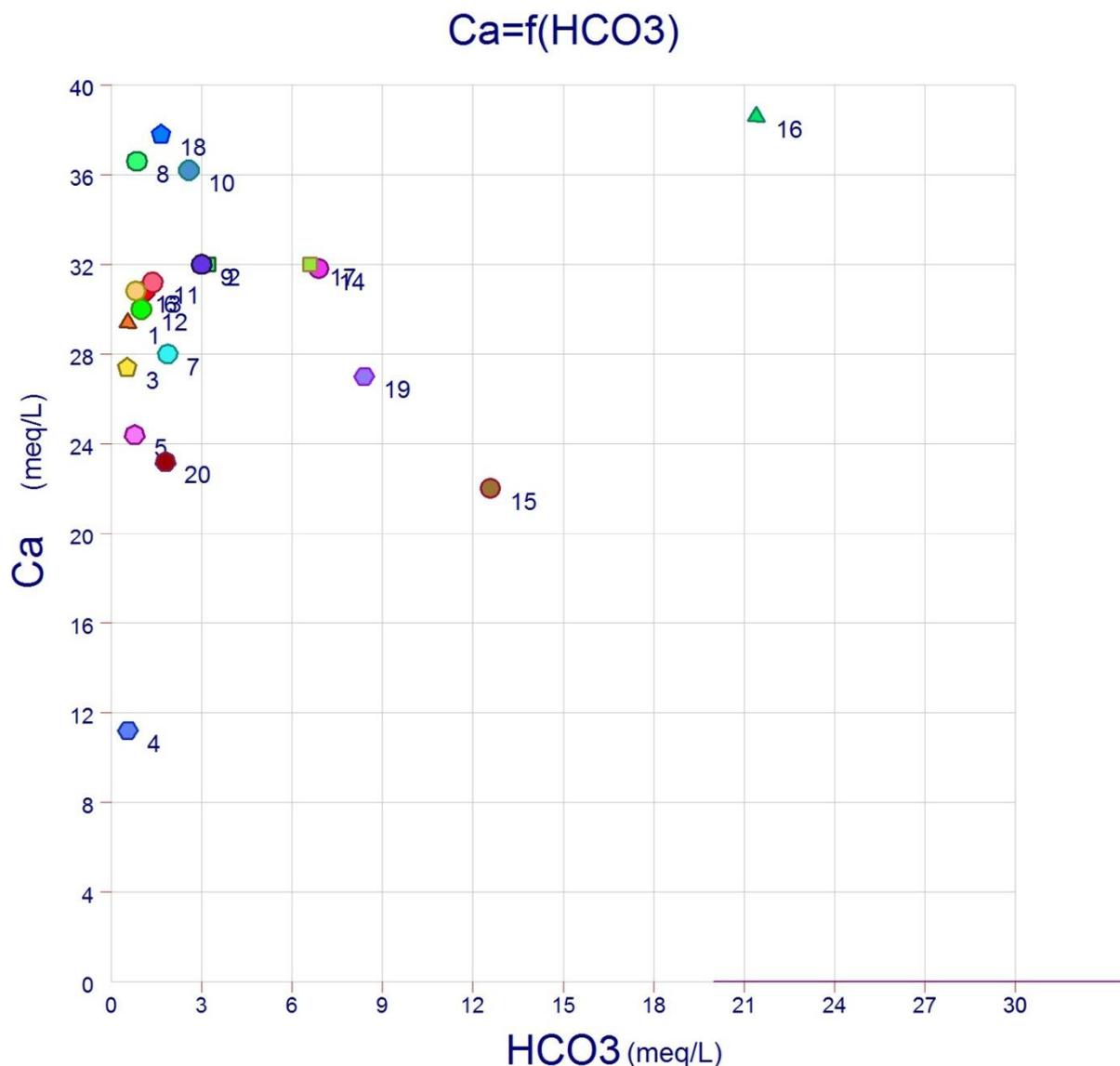


Fig. IV. 17 : couple  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{HCO}_3^-$

VI.6. Carte d'aptitude des eaux de nappe CT selon le diagramme de Richard :

D'après les cartes (fig. 18, fig. 19) on observe que les valeurs( Na%) les plus élevées se situées dans la partie Sud-Ouest et Nord-Ouest de la région d'étude par contre les valeurs moyennes et faibles sont remarquées au sud –Est et au centre de la plaine d'El-Oued.

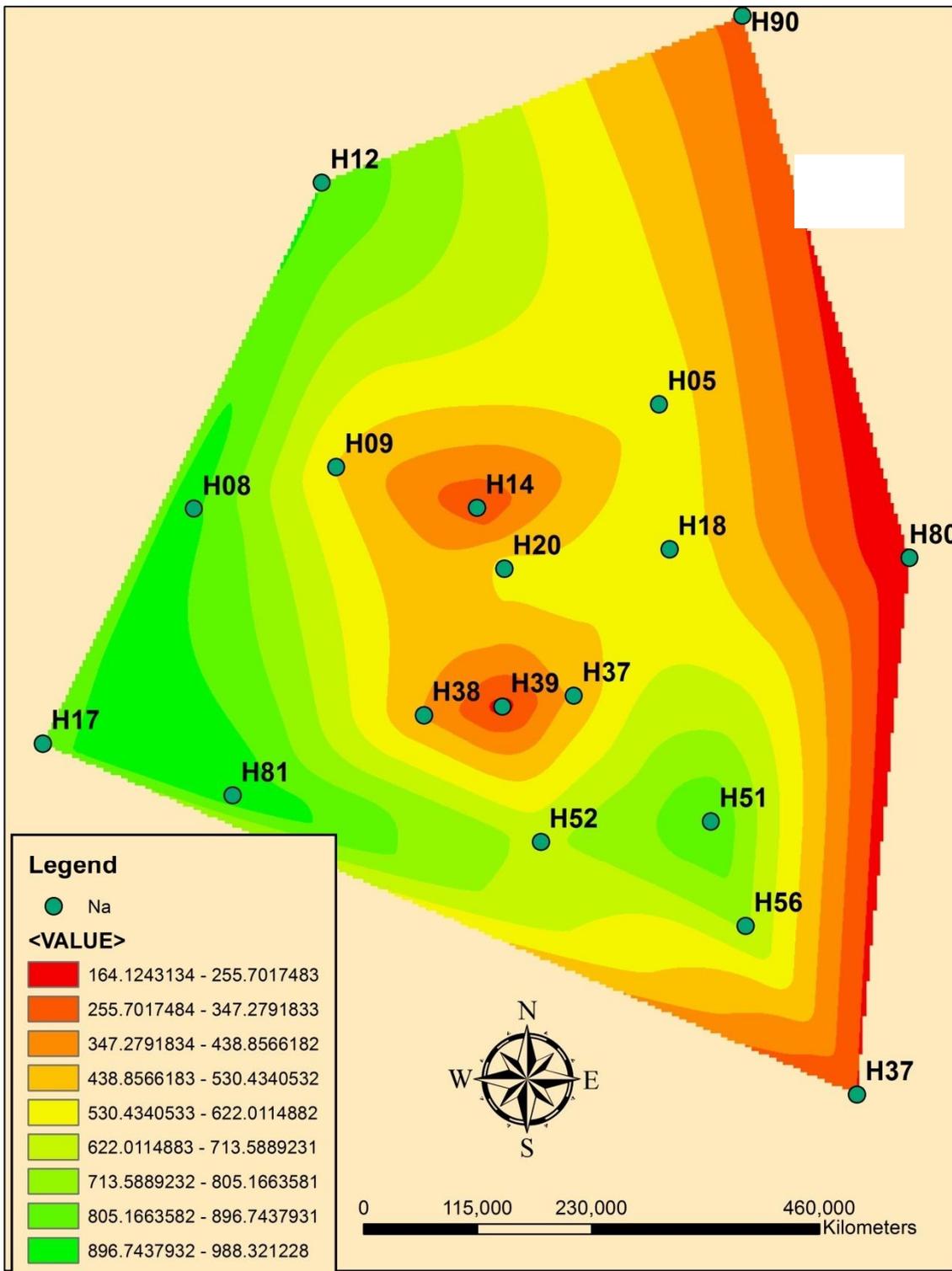


Fig. IV.18 : Carte de Na% des eaux souterraines de la région d'El-oued

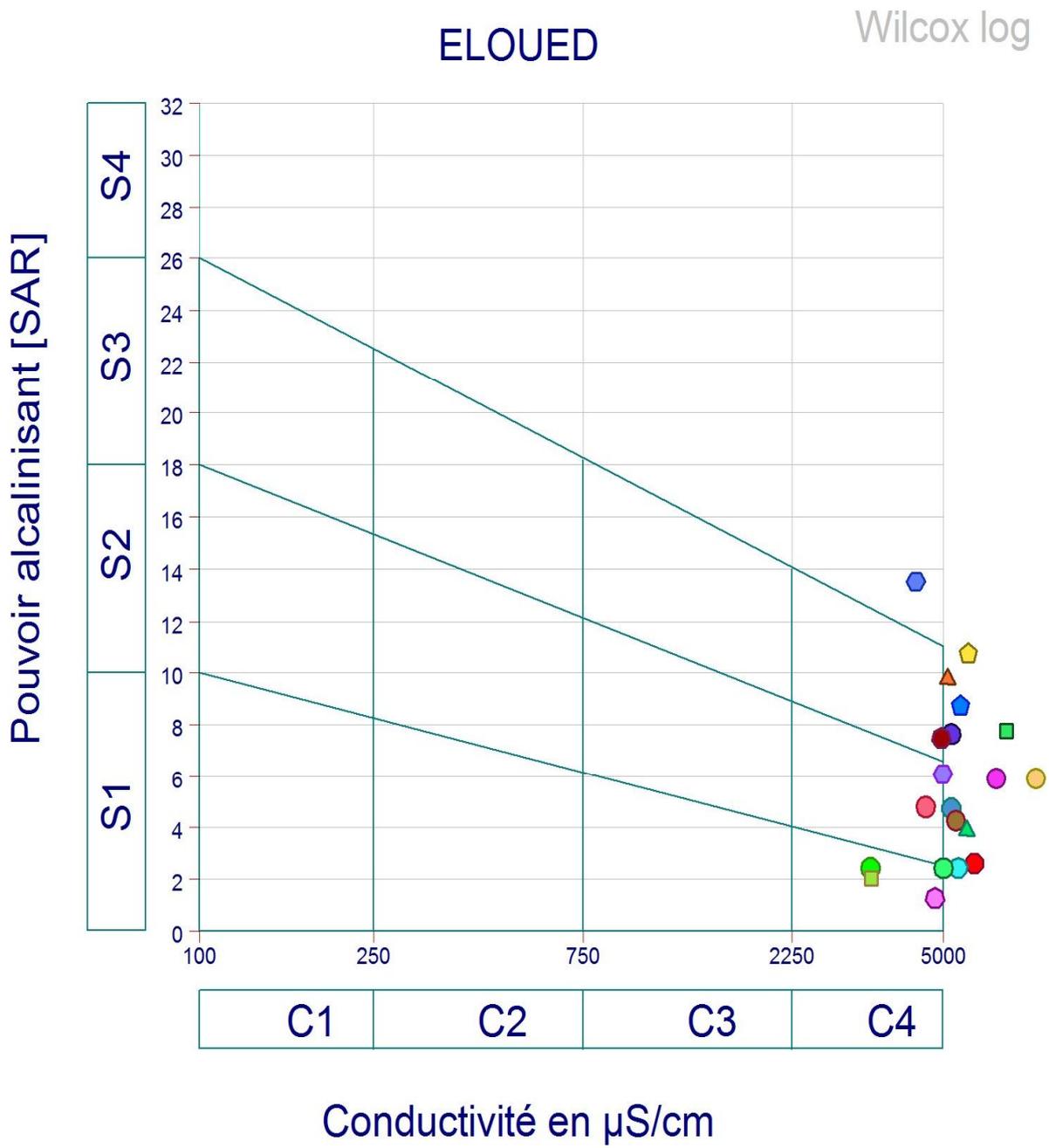


Fig .IV. 19: Carte de zonation par SAR des eaux souterraines de la région d'El-oued

VI.7. La salinité : La carte fait ressortir deux catégories d'eaux :

Les eaux de qualité médiocre se localisent au Nord et au centre du terrain. Les eaux à mauvaise qualité occupant la plupart du terrain.

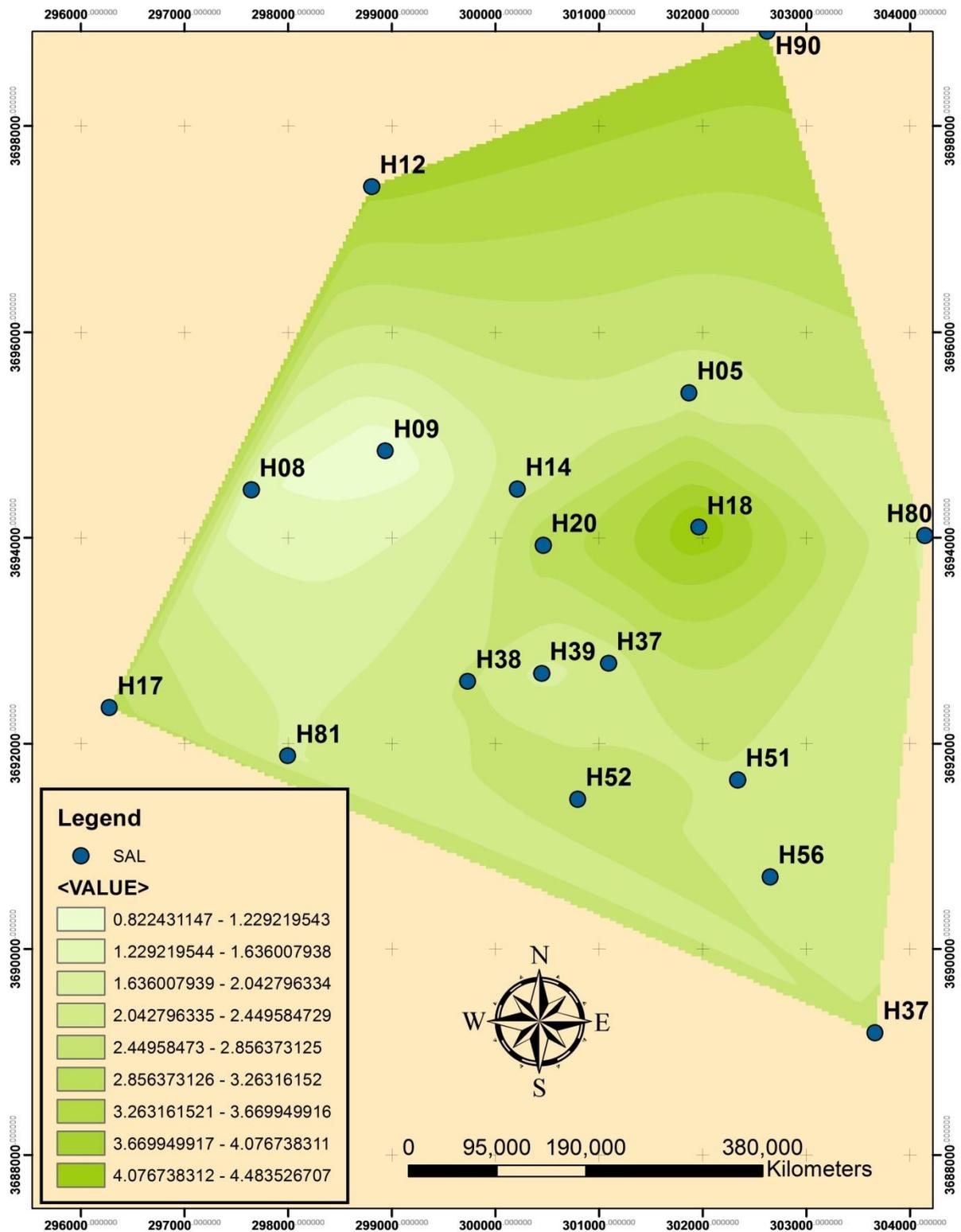


Fig. IV.20 : Carte de salinité des eaux souterraines de la région d'El-oued

VI.8. Polluant  $\text{NO}_3^-$ :

D'après la carte de nitrate on remarque que les concentrations de ces éléments dépassent les normes de l'O.M.S, dans un endroit les valeurs de nitrates dépassent 180 mg/l.

Les valeurs faibles sont enregistrées au Sud-Ouest de la région d'étude (H5, H18, H51, H56) puis elles augmentent vers le centre et le Sud-Est de la plaine d'El-Oued avec un maximum de 286,7 mg/l.

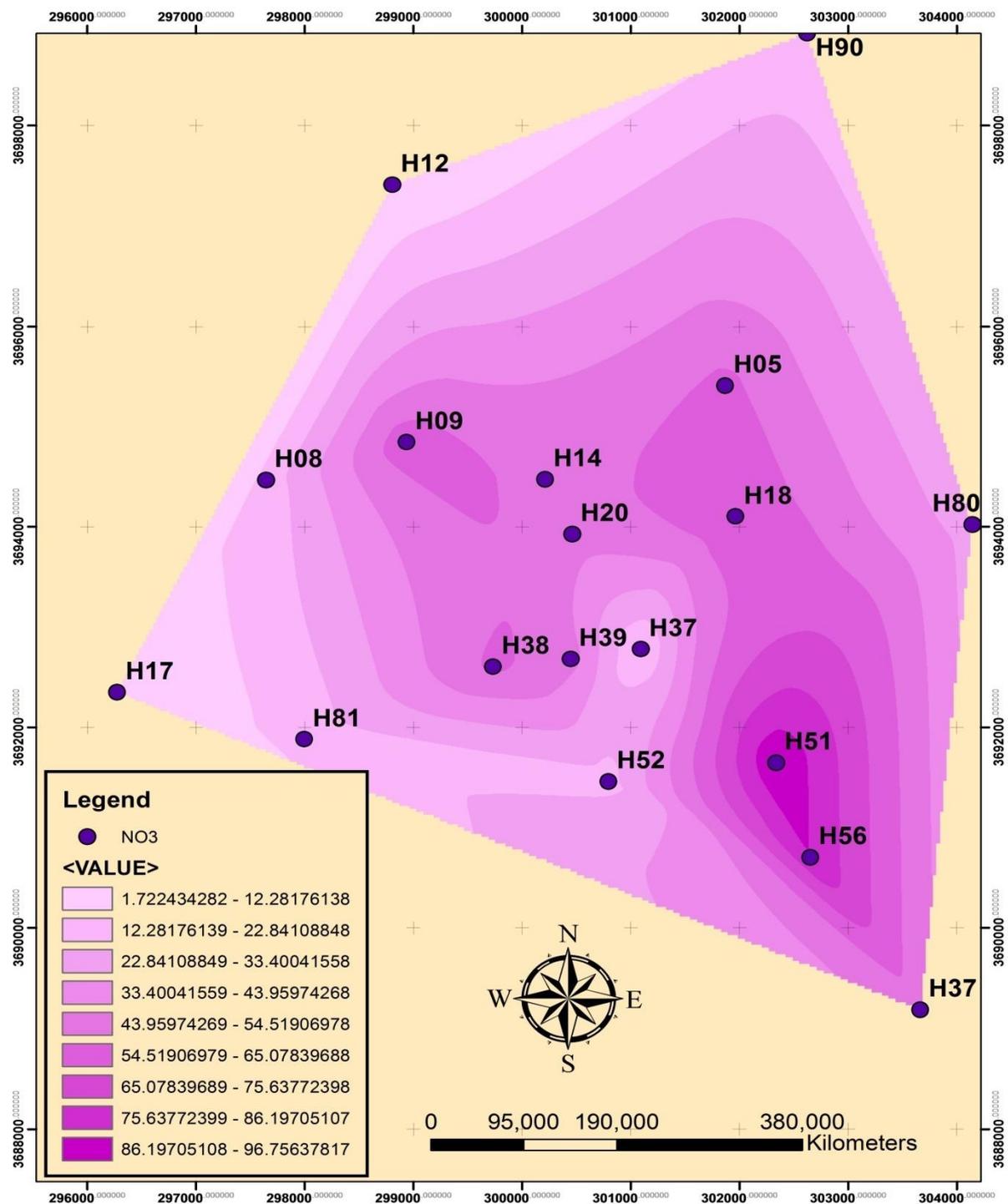


Fig.IV. 21: Carte de variation des teneurs  $\text{NO}_3^-$  (mg/l) des eaux souterraines d'El-oued

**VI. 9. Conclusion**

L'étude hydrochimique de la région montre la prédominance des éléments chimiques ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{Ca}^{++}$ ) et des faciès sulfaté sodique, chlorure sodique, sulfaté calcique, chloruré calcique et faciès sulfaté magnésien.

L'origine de la salinité des eaux est due principalement à la dissolution des formations gypso-salifères d'âge triasique.

La majorité des points d'eau présente une mauvaise qualité d'eau pour l'irrigation et pour l'alimentation en eau potable à cause de leur salinité et résidu sec très élevé.

Ce chimisme est lié à la nature lithologique de l'aquifère par la dissolution des formations géologiques perméables. Il s'agit des formations évaporitiques et carbonatées.

# CHAPITRE V:

## GESTION QUALITATIVE DES EAUX DU CT

## V-1 INTRODUCTION

La consommation d'eau mondiale se chiffre à 5 500 km<sup>3</sup> par an alors que le volume total de captage est estimé à 3 300 km<sup>3</sup>. Une grande partie des besoins en eau est donc couverte par les précipitations.

La situation des ressources en eaux dans le Sahara algérien en général et dans sa partie Sud-Est en particulier est jugée alarmante par les spécialistes. La problématique de la surexploitation des ressources hydriques dans le Sahara Septentrional est plus que jamais d'actualité. Le principal et plus spectaculaire effet direct de cette surexploitation est la dégradation et la remontée des eaux des nappes phréatiques autant en milieu agricole qu'en milieu urbain ainsi que l'accroissement de la salinité des sols. Donc gérer efficacement et équitablement les ressources en eau est l'un des défis les plus importants auxquels la région d'Oued-Souf doit faire face, surtout avec les enjeux liés à la gestion et l'évaluation des ressources en eau qui ne cessent à croître en importance sous le double effet de la croissance démographique et de l'augmentation des besoins par habitant. Ainsi que l'eau étant menacée par sa rareté, le gaspillage, la pollution et la grande sollicitation du secteur agricole.

## V-2 SCENARIO TENDANCIEL DE LA GESTION QUALITATIVE DES EAUX

### V-2-1 Etat actuel des forages de la nappe du CT

Dans la zone d'étude, La nappe du Complexe Terminal n'est plus artésienne. Une argile plastique est présente partout, à une profondeur d'une soixantaine de mètres, avec une épaisseur suffisante pour assurer une couverture imperméable et une bonne protection.

Les ouvrages opérationnels sont surveillés, entretenus et les ouvrages obsolètes ou abandonnés ont été rebouchés, ce qui a éliminé le risque d'infiltration des eaux superficielles dans les ouvrages de captage.

Les ouvrages sont rarement équipés de débitmètres ou de sécurités de niveau bas. Sur plus de 10 % des forages, des perturbations sont produites par des entrées d'air au niveau des crépines, signe d'une pompe surdimensionnée, placée trop haut ou d'un rabattement de l'aquifère trop important. Il est à prévoir que ce phénomène s'amplifie avec les années à cause de la baisse générale du niveau des nappes profondes.

## Gestion qualitative des eaux du CT

---

### V-2-2 Etat préventif des forages du CT

Pour bien maîtriser la gestion qualitative dans notre zone d'étude tout en assurant une consommation d'une eau potable, nous devons prendre les mesures suivantes :

#### V-2-2-1 Protection des forages de la nappe du CT

- ✓ Installation de tableaux de contrôle avec sécurité de niveau bas ;
- ✓ Réalisation régulière d'essais de pompage par paliers pour vérifier l'évolution de l'ouvrage de captage ;
- ✓ Installation de pompes de débit inférieur ou installation à une profondeur plus grande selon les possibilités et les besoins, en prenant garde de ne pas installer la pompe au niveau des crépines, ce qui risquerait de créer des venues de sable (par augmentation de la vitesse de passage de l'eau) et pour le suivi de la nappe ;
- ✓ Pose de débitmètres ;
- ✓ Suivi du niveau piézométrique dans les forages ;

#### V-2-2-2 Traitement des eaux de la nappe du CT

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

- ✓ Techniques classiques de traitement des eaux ;
- ✓ Techniques universelles de traitement des eaux ;

Les ouvrages sont rarement équipés de débitmètres ou de sécurités de niveau bas. Sur plus de 10 % des forages, des perturbations sont produites par des entrées d'air au niveau des crépines, signe d'une pompe surdimensionnée, placée trop haut ou d'un rabattement de l'aquifère trop important. Il est à prévoir que ce phénomène s'amplifie avec les années à cause de la baisse générale du niveau des nappes profondes.

### V-3 Technique de traitement des eaux

#### V-3-1 Les techniques 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

## Gestion qualitative des eaux du CT

---

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'effectue 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 chimique comme le chlore ou l'ozone, soit des rayonnements Ultraviolets.

Il est important 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.

## **V-3-2 Les techniques universelles de traitement des eaux**

### **a)- Distillation**

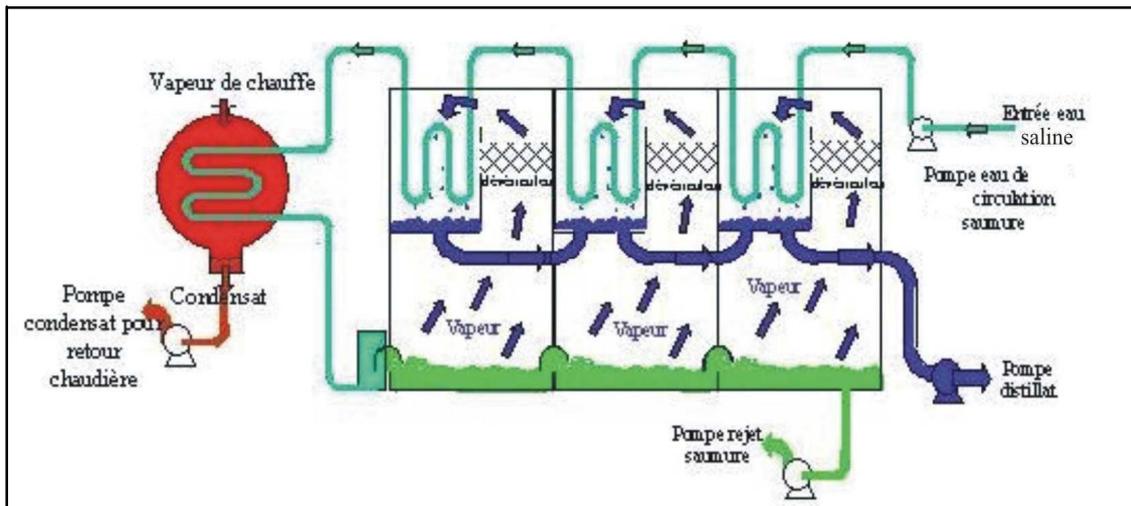
La méthode la plus ancienne, mais la plus grosse consommatrice d'énergie, consiste à faire évaporer l'eau salée et à condenser la vapeur d'eau. La distillation se développe principalement dans les pays où l'installation peut être couplée à une unité de production d'énergie thermique, dont elle utilise une partie de la

chaleur basse température.

Le distillat est très peu minéralisé (10 à 50 mg/l), ce qui nécessite une reminéralisation pour obtenir une eau apte organoleptique à la consommation humaine.

Cette technique est principalement réservée au traitement de l'eau de mer.

- ✓ Le procédé de distillation à détente étagées (Multi-Stage Flash distillation MSF)



**Figure (V-1) : Principe de fonctionnement d'un système par détente successive (MSF)**

### **b)- L'échange d'ions**

Longtemps les eaux saumâtres contenant jusqu'à 2 500 mg/l de sels ou environ 50 méq/l de salinité ont été déminéralisées partiellement sur des échangeurs d'ions. L'osmose inverse a fait des progrès tels, que l'échange d'ions est pratiquement supplanté par ce procédé pour les eaux les plus chargées et que la limite économique se trouve maintenant entre 10 et 20 méq/l (soit environ 500 à 1000 mg/l).

### **c)- L'électrodialyse**

La troisième méthode utilise un principe électrochimique appelé électrodialyse, consommant peu d'énergie (pour des salinités faibles), mais adapté pour des stations de faible capacité. La limite économique de salinité de l'eau à traiter est de 2 g/l.

Ce procédé consiste à éliminer les sels dissous dans l'eau saumâtre par migration à travers des membranes sélectives sous l'action d'un champ électrique.

## Gestion qualitative des eaux du CT

Un des inconvénients de cette technique est que les bactéries et les virus restent dans l'eau traitée. Les autres inconvénients du procédé sont l'impossibilité d'obtenir des eaux fortement déminéralisées, la limitation du taux d'élimination des sels, la formation de chlore à l'anode, et l'utilisation de tensions relativement élevées en courant continu. Ces deux derniers points peuvent poser des problèmes de sécurité.

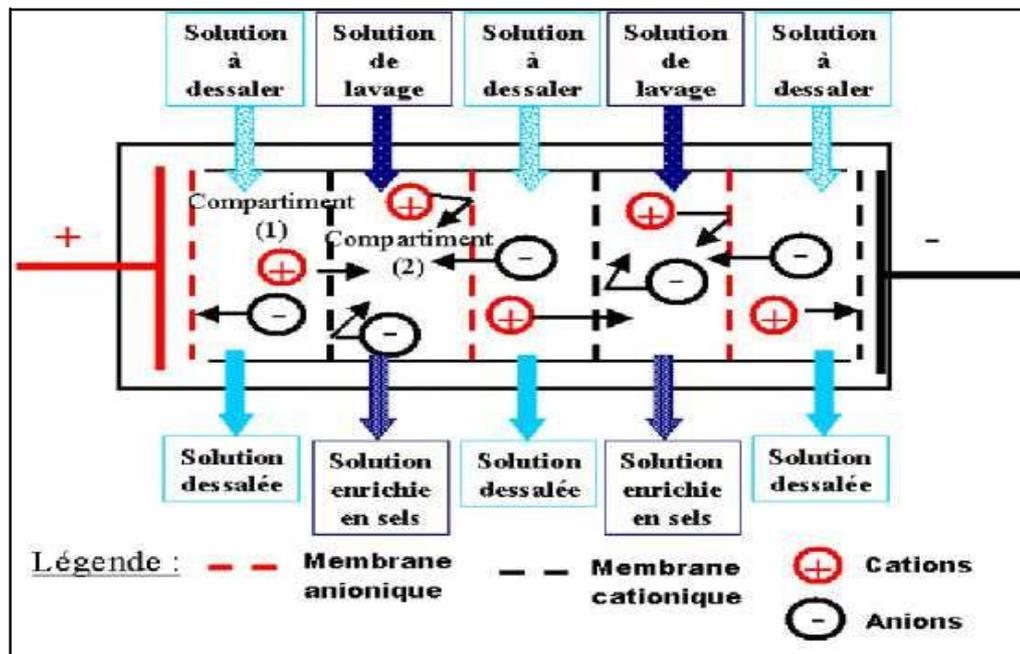


Figure (V-2) : Principe de fonctionnement de l'électrodialyse.

### d)- L'osmose inverse

L'osmose est un phénomène naturel à travers une membrane semi-perméable : l'eau douce migre vers l'eau salée (milieu 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.

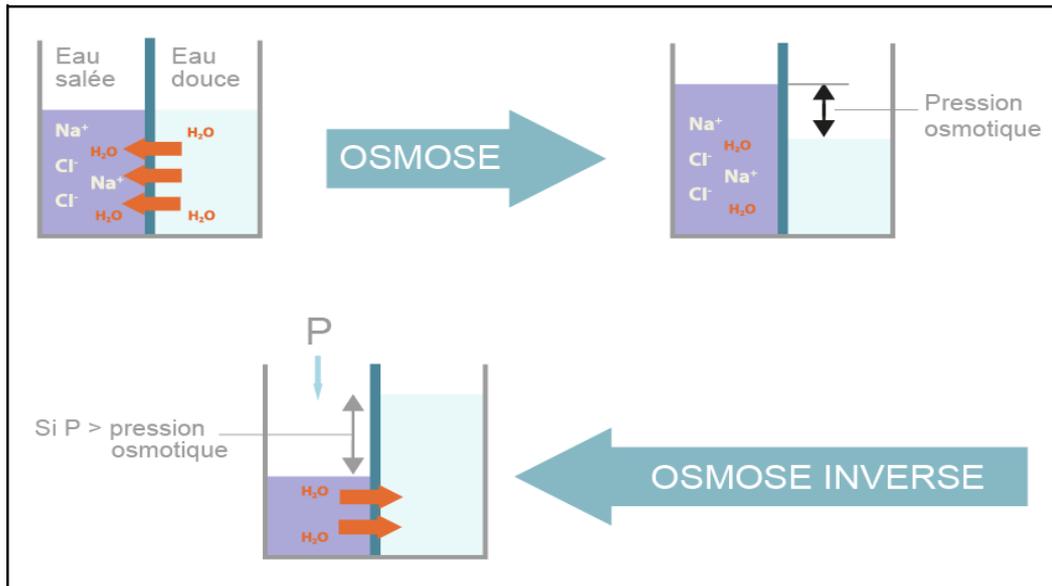


Figure (V-3) : Principe de fonctionnement de l'osmose inverse

### V-3-3 Le traitement d'eau utilisée actuellement dans la vallée d'Oued - Souf

En 2001, la première station de traitement dans la région d'Oued- Souf a été installée par l'investisseur Mr. SAHARA AZZEDINE dans la commune de Kouinine sous le nom MALLAK. La technique utilisée par cette station est l'osmose inverse qui 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 qui n'est pas le cas pour l'électrodialyse.

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

Cette station produit une quantité d'eau environ 85 m<sup>3</sup>/j de bonne qualité suivant la norme OMS, même la population a sentie une grande différence entre les eaux de forages et cette eau que se soit sur le plan salinité ou dureté.

Le besoin progressif du jour au jour de cette qualité d'eau a encouragé les autres investisseurs de créer d'autres stations similaires à travers la wilaya.

Le tableau ci –dessous montre l'identification de ses stations.

## Gestion qualitative des eaux du CT

**Tableau (V-1) : Stations de déminéralisation dans la vallée d'Oued-Souf.**

Commune	Agglomération	Nom de la station	Mode de traitement	Capacité (m³/j)	Usage	Gestio nnaire
Kouinine	Zone d'activité	Massafi	Osmose inverse	80	AEP	DIA
El-Oued	Teksebt	Chamel Afrika	Osmose inverse	66	AEP	HL ASS
Bayada	Zone d'activité	Tiba	Osmose inverse	85	AEP	DREH EM
Réguiba	Bachagha	Bachag-ha	Osmose inverse	87	AEP	Com mu
El-Oued	Om salma	Attra	Osmose inverse	/	AEP	

**DREW : 2012**

Ces stations de traitement offre cette eau aux citoyens a un prix de 1.5 dinars/l et la distribution se fait par des camions citernes qui sont en nombre de 900, numérotés avec une autorisation établi par la direction des Ressources En Eau de la Wilaya d' El Oued.



**Figure (V-4) : Camion citerne de transport des eaux traitées**

Les résultats des analyses physico chimiques des eaux avant et après traitement effectué par la station de « Tiba Drinking ».

### V-3-3 Description de la technique de 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.

#### a)- Les membranes

Les membranes sont fabriquées en acétate de cellulose, en polyamides ou en polysulfones. La couche active (barrière) est le plus souvent en polyamide.

En osmose inverse les transferts de solvant et de soluté se font par solubilisation diffusion. Toutes les espèces moléculaires (soluté et solvant) se dissolvent à travers la membrane et diffusent à l'intérieur de celle-ci. Le transfert ne dépend donc que de la solubilité des composants ioniques dans le milieu membranaire. Les séparations sont donc d'origine chimique et sont liées au pouvoir solvant de la membrane.

Une membrane est caractérisée par :

- ✓ Sa sélectivité (taux d'élimination des chlorures par exemple, pour des membranes d'eau saumâtre : 98 à 99.5% en fonction de la pression appliquée).
- ✓ Sa perméabilité ( $l.h-1.m^{-2}$  par bar).
- ✓ Sa résistance au pH, à la température, au chlore.

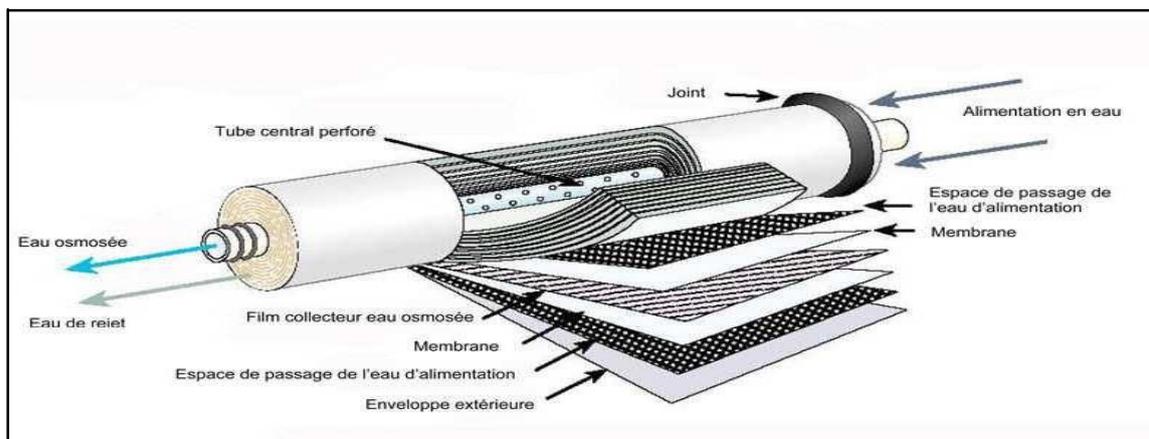
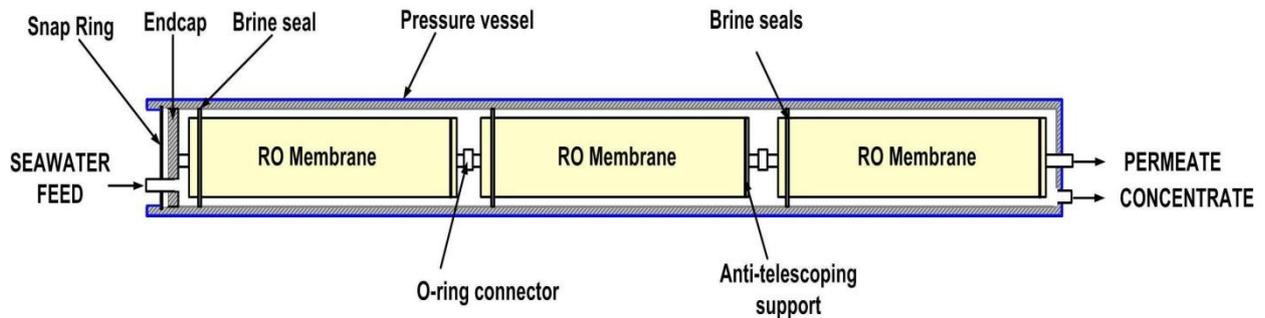


Figure (V-5) : Membrane d'osmose inverse

### b)- Les corps de pression

Les modules sont regroupés en séries dans des corps de pression et le nombre de modules par corps de pression varie entre 1 et 8 :



**Figure (V-6) : Corps de pression d'osmose inverse**

Les corps de pression sont alors arrangés en parallèle et disposés en deux ou trois étages. La configuration en plusieurs étages consiste à alimenter le deuxième étage par le concentrat du premier étage, et ainsi de suite. Cela permet d'obtenir un meilleur taux de conversion.



**Figure (V-7) : Rack de tubes de pression d'osmose inverse**

### V-4 SCENARIO ENVISAGE DE LA GESTION QUALITATIVE DES EAUX

La ville d'El-Oued a bénéficié d'un projet de traitement des eaux des nappes profondes (CT et CI), ce projet qui est en cours de concrétisation, concerne en premier pas, seulement la ville d'El-Oued et va être généralisé, en deuxième étape, sur toute la région. Ce projet qui introduit dans le cadre de développement des régions arides, repose sur deux schémas : schéma de traitement et schéma de distribution, dont les eaux traitées seront stockées tout d'abord dans un premier réservoir situé sur le site de la station de traitement, puis dirigées par pompage vers le château d'eau.

En ce qui suit, on va éclaircir et présenter les grands axes de ce projet, après avoir décrit l'état actuel des ressources et les besoins en eau, les ouvrages de stockage et le fonctionnement de système proposé du pompage des eaux du CT jusqu'à l'achèvement des eaux traitées aux consommateurs.

#### V-4-1 Diagnostic d'état actuel de la ville d'El-Oued

##### V-4-1-1 La ressource en eau

Les ressources en eau de la ville d'El-Oued sont situées au niveau même de l'agglomération, les eaux prélevées ne subissent aujourd'hui aucun traitement correctif. Le système d'AEP est constitué par 08 forages :

- ✓ 02 forages de type artésien, profonds (~ 1 850 m), qui sollicitent l'aquifère Albien.
- ✓ 06 forages, moins profonds (274 m à 345 m), qui sollicitent l'aquifère Pontien.

##### V-4-1-2 Ouvrages de stockage

Les ouvrages de stockage sont des châteaux d'eau (réservoirs surélevés). La liste des ouvrages est présentée dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

## Gestion qualitative des eaux du CT

**Tableau (V-2): Liste des ouvrages de stockage de la Ville d'El Oued**

Désignation	Caractéristiques
Château d'eau 19 MARS	1 500 m <sup>3</sup>
Château d'eau 400 LOGEMENTS	1 000 m <sup>3</sup>
Château d'eau CHOUAHADA	1 000 m <sup>3</sup>
Château d'eau CHOTT	1 000 m <sup>3</sup>
Château d'eau EL GARA	1 000 m <sup>3</sup>
Château d'eau SIDI-MESTOUR	1 000 m <sup>3</sup>

### V-4-2 Schéma de traitement proposé

#### V-4-2-1 Principe

La solution proposée à ce jour pour améliorer l'alimentation en eau potable de la Ville d'EL OEUD, 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;

## Gestion qualitative des eaux du CT

---

### V-4-2-2 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 02 sites de traitement. Par ailleurs, il est conseillé de réaliser ces installations en 02 fois :

#### **a)- À court terme (2007 à 2015)**

- Capacité : 20 000 m<sup>3</sup>/j (pour un apport d'eau brute correspondant à la production annoncée pour les 2 forages soit 25 000 m<sup>3</sup>/j - 145 l/s)
- Alimentation : par les 2 forages albiens actuels

#### **b)- 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 12 150 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 :

**a)- 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

## Gestion qualitative des eaux du CT

---

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 ; il seront néanmoins entretenus afin qu'ils puissent être remis en service lorsque la seconde usine sera mise en service.

### **b)- 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.

### **V-4-3 Schéma de distribution proposé**

#### **V-4-3-1 Objectifs**

La distribution sera réorganisée à court terme et à long terme autour de ces 02 installations de traitement prévues.

#### **a)- À court terme**

- ✓ L'eau traitée sur la 1ère usine sera distribuée sur l'ensemble des réseaux de distribution de la Ville d'El Oued ;
- ✓ Les autres forages (06 pontiens) seront mis à l'arrêt mais néanmoins entretenus afin qu'ils puissent être remis en service lorsque la seconde usine sera mise en service ;

#### **b)- À long terme**

- ✓ Les forages pontiens seront remis en service pour alimenter la seconde usine de traitement (d'autres forages seront créés pour assurer l'apport d'eau brute complémentaire nécessaire.
- ✓ Chaque usine dédiée à une partie des réseaux de distribution de la Ville d'El Oued.

#### **V-4-3-2 Distribution à court terme (2007 - 2015)**

#### **a)- Bilan besoins/ressources et conséquence sur la distribution**

Durant les premières années le bilan besoins/ressource sera le suivant :

- ✓ Production : 20 000 m<sup>3</sup>/j ;



Usine de Touggourt : desserte des secteurs (Touggourt, Naoura, 400 Logements, 19 Mars, Chouhada et Gara).

Usine de Nadhour : desserte des secteurs (Chott, Nadhour, Sidi Mestour) .

### V-5 CONCLUSION

Il est connu que la qualité des eaux destinées à la population dans la vallée d'Oued-Souf sont mauvais, à cause de ses salinités très élevées, conduit les habitants à acheter les eaux des citernes (filtrées ou approvisionner des régions voisines tel que Biskra et Tebessa) pour leurs propres consommations (boisson) et n'utilisent ces eaux que pour le lavage ou l'arrosage des espaces verts. En effet, les autorités chargées de la gestion des ressources hydrique ont muté ses efforts pour sauver cette situation alarmante, en installant des usines de traitement des eaux de la nappe du CT en différentes communes.

L'élaboration de ce chapitre nous a permis de :

- ✓ Faire un diagnostic sur l'état de lieu de la gestion qualitative des eaux de la nappe de CT dans la région d'El-Oued ;
- ✓ Présenter les efforts de l'Etat pour répondre aux besoins de populations en matière d'eau potable ainsi que les procédés de traitement des eaux classiques et universelles ;
- ✓ Donner une vision prévisionnelle de la gestion qualitative, à travers un méga projet de traitement qui va, selon les experts, satisfèras les besoins des eaux d'AEP et qui est basé essentiellement sur : un schéma de traitement, schéma de stockage et schéma de distribution

**CONCLUSION GENERALE**

## **Conclusion générale :**

La région du Souf fait partie du Sahara Septentrional ; est caractérisé par une activité économique basée principalement par le commerce et la culture de palmiers dattiers, et dernièrement la pomme de terre.

La région est caractérisée par un climat saharien avec un été très chaud et un hiver relativement froid avec une pluviométrie très faible de l'ordre de 70 mm.

L'analyse lithostratigraphique montre que le système hydrogéologique de la région est composé de trois nappes aquifère la première correspondant le continental intercalaire, la deuxième est représenté par le complexe terminal et la dernière et qui correspond la nappe libre.

La piézométrie montre un sens d'écoulement général Sud-Nord vers les chotts.

La chimie des eaux de la nappe CT d'Oued Souf possèdent des valeurs élevées de conductivité, due à l'existence de certains éléments chimiques à concentration élevée ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ) ce qui rend les eaux de la nappe impropre à l'irrigation.

Cette excès est dû d'une part à la dissolution des formations géologique (formation salifères, formation évaporitiques) et d'autre part à la forte évaporation des eaux surtout dans les Ghouts.

La concentration des nitrates est au-dessus de les normes de l'OMS pour l'eau de besoin, elle présente un danger pour la santé humain.

La qualité de l'eau ne convient pas pour le traitement de l'eau potable devrait être en établissant des usines de dessalement.

# ***BIBLIOGRAPHIE***

# Bibliographie

- [1] **AYA. B:** Mini projet de fin d'étude Réalisation d'un forage d'eau à la région d'El-Oued (2012) Université Hadj Lakhdar Batna.
- [2] **A.N.R.H:** Coupe Hydrogéologique du Souf (1989)
- [3] **A.N.R.H:** La litho stratigraphique du forage F1 à l'Albien (1993)
- [4] **A.N.R.H:** Coupe Hydrogéologique d'El- Hamraia, El-Oued (1989)
- [5] **DHW:** Répartition de la population du logement de la Wilaya d' El Oued par
- [6] **DHW:** Log stratigraphique et l'hydrogéologie de forage Barrémien dans la région du Souf (2004).
- [7] **DHW:** inventaire des puits 2010 wilaya d'el oued
- [8] **DHW:** Enquête sur les exploitations et les besoins en AEP dans la wilaya d'El-Oued.
- [9] **DHW:** Etat du réseau d'assainissement existant arrêté au (2012)
- [10] **UNESCO:** Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (1972)
- [11] **ZAIR.N (2007) :** Détermination des paramètres hydrodynamique de la nappe phréatique de la région d'El-Oued.
- Mémoire de l'ingénieria université Badji Mokhtar Annaba.
- [13] **DPSB:** Répartition de la population du logement de la Wilaya d' El Oued
- [14] **DROUCHE Abdelmalek(2007) :** Mémoire de Magister université Badji Mokhtar Annaba.
- [15] **Bousbia Brahim. A ; 2002 :** Approche hydrodynamique et hydrogéologique de la nappe libre de l'Oued Souf et définition de problème de la remontée des eaux ; Mémoire d'ingénieria université Badji Mokhtar Annaba,110p.
- [16] **HPO – BONNARD ET GARDELL ; 2001 :** rapport de la première campagne des mesures hydrogéologique dans la nappe phréatique du soufi

**[17] HPO – BONNARD ET GARDELL ; 2001** : rapport de la deuxième campagne des mesures hydrogéologique dans la nappe phréatique du souf.

**[18] HPO – BONNARD ET GARDELL ; 2001** : rapport de la troisième campagne des mesures hydrogéologique dans la nappe phréatique du souf.

**[19] KHADHRAOUI . A ; 1998** : contribution à l'étude de la remontée des eaux de la nappe phréatique du souf.

**[20] ZINE .B, 2008**. La remontée des eaux souterraines en surface: mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas d'Oued Souf). Thèse de Magister, option: Construction hydro-technique et environnement. Univ. Batna.

**[21] ZAIZ Issam,2015**.Etude qualitative des eaux de la nappe du complexe terminal dans la vallée d'Oued –Souf (Sud-Est algérien). Thèse de Magister, universite kasdi merbah ouargla