

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ELCHAHID HAMMA lakhdar



Faculté des technologies Département d'hydraulique et de génie civil



Filière d'hydraulique

## MEMOIRE

en vue de l'obtention du diplôme de master professionnel en Hydraulique

Option : Conception et diagnostic du système d'AEP et d'Assainissement

### THEME

**Etude comparative de la qualité des eaux des différentes nappes de la région d'El Oued (Souf)**

Présenté par : **BESSER Djamel**

**BENINE Yahia**

Soutenu le 26 Mai 2016, devant le jury composé de:

- |                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| ❖ M <sup>lle</sup> A. MEZIANI  | Président |
| ❖ M <sup>me</sup> F. BOUCHEMEL | Examineur |
| ❖ M <sup>r</sup> B. GUESSEIR   | Promoteur |

Année Universitaire : 2015/2016

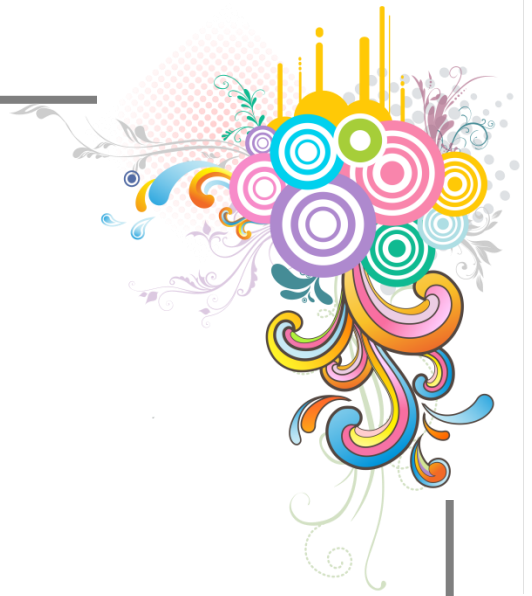


وَجَعَلْنَا الْمَاءَ حَيَاةً

(... and we made every living thing of WATER?  
Will they not then believe?) (Al-Anbiyaa' 21:30)



# Remerciements



Nous remercions Dieu tout puissant , pour nous avoir donné la force, le courage, la santé et les moyens afin d'accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier , tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Notre plus profonde gratitude va à Monsieur **GUESSIER Belgacem** qui a accepté la prise en charge de notre encadrement. Nous tenons à le remercier vivement pour sa présence, sa compréhension, son aide et ces précieux conseils.

Nous remercions également M<sup>elle</sup> **MEZIANI .A**, qui nous a fait l'honneur de présider le jury. M<sup>eme</sup> **BOUCHEMEL .F**, qui a bien voulu examiner ce mémoire. Qu'ils trouvent ici ma sincère reconnaissance.

Nos remerciements s'adressent à nos amis de la D.R.E d'El Oued spécialement M<sup>eme</sup>: TARFI. A, M<sup>er</sup>: REDOUANI Nacer et M<sup>elle</sup>: HETATRA . F, pour tous les renseignements qu'ils ont pu nous fournir et leur soutien.

Nous remercions d'abord Mr: BESSER Mohamed et Mr: MHAWA Mohamed, (Algérienne Des Eaux d'El Oued), pour son aide.

On adresse aussi nos vifs remerciement à tous nos amis spécialement : BOUHLEL . T , CHELBI . AR , AZALI , SELMI . S .



## المخلص :

نظام المياه الجوفية لمنطقة وادي سوف يتكون من ثلاث طبقات مائية : طبقة المياه الجوفية الغير محصورة ، طبقة المركب النهائي و طبقة المتداخل القاري . تعتبر هذه الطبقات المصدر الوحيد للمياه في المنطقة . وبالرغم من هذه الثروة الهائلة من المياه إلا أنها ذات نوعية رديئة إلى سيئة. المساهمة في دراسة المقارنة لنوعية المياه الفيزيائية و الكيميائية لمختلف الطبقات المائية لمنطقة وادي سوف تكشف و بصفة عامة على نسبة التركيز المعدني العالية ( و التي في الغالب من أصل جيولوجي) تتناقص مع العمق ، و هي تفوق المعايير الموصى بها من طرف منظمة الصحة العالمية . ولهذا يجب إتخاذ معايير صارمة لتحسين النوعية الكيميائية لهذه المياه و ضمان جودتها وفق المعايير الوطنية و الدولية قبل حشدها للمستهلك.

الكلمات الأساسية : المركب النهائي ، المتداخل القاري ، المياه الجوفية غير المحصورة ، الت ركيز المعدني ، النوعية الفيزيوكيميائية.

## Abstract :

The aquifer system of El-Oued consists of three layers: water table (groundwater) and two captive tablecloths ( terminal complex CT and intercalary continental CI ). These layers considered as a single water resources available in this region.

Despite this wealth, the quality of these waters are nevertheless poor to bad qualities. The contribution to the comparative study of the physico-chemical water quality in different layers in the Souf region, reveals a general, high mineralization (whose origin is essentially the geological nature of the surrounding ground) decreasing with depth, and exceed the standards recommended by WHO

why we must demand strict criteria to improve chemical water quality and ensure potability according to national and international standards, before mobilizing to consumers.

**Keywords:** *Terminal Complex, intercalary continental, groundwater, mineralization, physicochemical quality.*

## Résumé

Le système aquifère d'El-Oued est constitué de trois nappes : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire). Ces nappes considérés comme un seule ressource hydrique disponible dans cette région.

Malgré cette richesse, la qualité de ces eaux restent néanmoins des qualités médiocre à mauvaise. La contribution à l'étude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de différentes nappes dans la région de Souf, révèle en générale, une minéralisation élevée ( dont l'origine est essentiellement la nature géologique des terrains encaissants) diminuant avec la profondeur, et dépassent les normes recommandées par l'OMS

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

**Mots clés :** *Complexe Terminal, Continental Intercalaire, phréatique, Minéralisation, Qualité physico-chimique.*

# ABRIVIATIONS

---

- **ABHS** : Agence de Bassin Hydrographique Sahara
- **ADE** : Algérienne Des Eaux
- **AEP** : Alimentation en Eau Potable
- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques
- **CI** : Continental Intercalaire
- **CT** : Complexe Terminal
- **DSA** : Direction des Services Agricoles
- **DRE** : Direction des ressources en eau de la Wilaya(Ex: DHW)
- **NA** : Normes algériennes de potabilité
- **OMS** : L'organisation mondiale de la santé
- **ONM** : Office National Météorologique
- **ONS** : Office national de statistique
- **OSS** : L'Observatoire du Sahara et du Sahel
- **SASS** : Système Aquifère Saharien, partagé par trois pays, (Algérie, Libye, Tunisie)

# SOMMAIRE

Introduction Générale.....	01
----------------------------	----

## ***Chapitre I: Présentation de la région d'étude***

I.1 Identification de la région zone d'étude.....	03
I.1.1 Situation géographique.....	03
I.1.2 Topographie d'El-Oued.....	04
I.1.3 Contexte sociologique.....	06
I.1.4 Contexte économique.....	07
I.1.4.1 L'artisanat.....	07
I.1.4.2 Le commerce.....	07
I.1.4.3 L'industrie.....	07
I.1.5 l'agriculture à El-oued.....	08
I.1.5.1 L'élevage.....	08
I.2 CLIMATOLOGIE.....	09
I.2.1 Introduction.....	09
I.2.2 But L'étude Climatologique.....	09
I.2.3 Station de Mesure.....	09
I.2.4 Paramètres Climatologiques.....	09
I.2.4.1 La Température.....	09
I.2.4.1.1 Définition.....	09
I.2.4.1.2 Température moyenne mensuelle.....	10
I.2.4.1.3 Température moyenne annuelle.....	10
I.2.4.2 La Précipitation.....	11
I.2.4.2.1 Définitions.....	11
I.2.4.2.2 Précipitations moyenne mensuelles.....	11
I.2.4.2.3 Précipitations annuelles.....	12
I.2.4.2.4 conclusion.....	13
I.2.4.3 La Courbe Pluviothermique.....	13
I.2.4.4 L'humidité.....	14
I.2.4.5 Les Vents.....	15
I.2.4.6 Type de climat.....	17
I.2.4.6.1 Indice D'aridité.....	17
I.2.4.6.2 Diagramme d'Emberger.....	18
I.2.5 Conclusion.....	19

## ***Chapitre II: synthèse Bibliographique sur la géologie , l'hydrogéologie et la qualité des eaux souterraines de la région***

II.1 GEOLOGIE DE LA REGION.....	21
II.1.1 Introduction.....	21
II.1.2 Géomorphologie et tectonique d'El-oued.....	21
II.1.3 Géologie régionale d'El-oued.....	23
II.1.3.1 Formation de l'ère Secondaire.....	23
Le Barrémien.....	23
L'Aptien.....	23

L'Albien.....	23
Le Vraconien .....	23
Le Cénomaniens .....	23
Le Turonien .....	25
Le Sénonien .....	25
II.1.3.2 Formations de l'ère Tertiaire .....	25
L'Eocène.....	25
Le Miopliocène .....	26
II.1.3.3 Formations du Quaternaire .....	26
II.2 Système aquifère du Sahara septentrional.....	29
II.2.1 Présentation des nappes aquifères de la région d'El-Oued.....	31
II.2.1.1 Nappe libre .....	31
II.2.1.2 Nappes du complexe terminal (CT).....	33
A-Nappes des sables .....	33
B-la nappe des calcaires .....	34
II.2.1.3 Nappe du Continental Intercalaire (CI).....	36
II.2.2 ESTIMATION DES RESERVES.....	38
II.2.3 Aperçu sur la qualité des eaux souterraine dans la région d'Oued Souf.....	40
II.2.3.1 La qualité des eaux de la nappe phréatique.....	40
II.2.3.2 La qualité des eaux de la nappe de complexe terminal CT.....	40
II.2.3.3 La qualité des eaux de Nappe du Continental Intercalaire (Albienne).....	40
II.2.4 CONCLUSION.....	42

### ***Chapitre III : Matériels & Méthodes***

III.1 Présentation des stations d'étude .....	44
III.2 Conditions et mode d'échantillonnage.....	46
III.3 Appareils utilisés et mode opératoire .....	47
III.3.1 Le potentiel hydrogène "PH".....	47
III.3.2 La conductivité électrique .....	47
III.3.3 La Température.....	48
III.3.4 Calcium.....	48
III.3.5 Magnésium.....	48
III.3.6 Sodium.....	49
III.3.7 Potassium.....	49
III.3.8 Anhydrique carbonique.....	49
III.3.9 Sulfates.....	49
III.3.10 Chlorures.....	50

### ***Chapitre IV : Résultats & Discussions***

IV.1 Introduction.....	52
IV.2 Identification des faciès chimiques des eaux .....	53
IV.2.1 Diagramme de Piper.....	53
IV.2.2 Diagramme de Schoeller- Berkaloff.....	55
IV.2.3 Aptitude des eaux à l'irrigation et l'AEP .....	58
Sodium Adsorption Ratio (S.A.R) .....	58
IV.3 Potabilité chimique de eaux .....	61
IV.3.1 Les normes de potabilité .....	61
IV.3.2 les paramètres physico-chimique .....	62
IV.3.2.1 Le potentiel hydrogène (pH) .....	62
IV.3.2.2 La température (°C) .....	63

IV.3.2.3 La conductivité électrique CE .....	64
IV.3.2.4 Titre Hydrotimétrique .....	65
IV.3.2.5 Résidu sec (RS) .....	66
IV.3.2.6 Le calcium $\text{Ca}^{2+}$ .....	67
IV.3.2.7 Le magnésium $\text{Mg}^{2+}$ .....	68
IV.3.2.8 Le sodium $\text{Na}^{+}$ .....	68
IV.3.2.9 Le potassium $\text{K}^{+}$ .....	69
IV.3.2.10 Le Chlorures $\text{Cl}^{-}$ .....	70
IV.3.2.11 Les sulfates $\text{SO}_4^{-}$ .....	71
IV.3.2.12 Les bicarbonates $\text{HCO}_3^{-}$ .....	71
IV.3.2.13 Les nitrates $\text{NO}_3^{-}$ .....	72
IV.3.2.14 Les nitrites $\text{NO}_2^{-}$ .....	73
IV.4 Conclusion .....	74
Conclusion Générale .....	76
Références Bibliographie	
Annexes	

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.01</b> : Altitude moyenne des différentes communes d'El-Oued (DRE : 2004)	05
<b>Tableau I.02</b> : Répartition de la superficie et nombre d'habitant et la densité apparente par commune de la Wilaya d'El-Oued	06
<b>Tableau I.03</b> : Caractéristiques géographiques de station climatique	09
<b>Tableau I.04</b> : Températures moyennes mensuelles d'El-Oued (1978/2008)	10
<b>Tableau I.05</b> : Précipitations moyenne mensuelles de l'ONM d'El Oued (1978/2008).	11
<b>Tableau I.06</b> : données des précipitations et des températures moyennes mensuelles	13
<b>Tableau I.07</b> : Humidité moyenne mensuelle en (%) de l'ONM (1978/2008).	14
<b>Tableau I.08</b> : Vitesses moyenne des vents mensuels en (m/s) (1993/2008).	16
<b>Tableau I.09</b> : Classification de type de climat de la région d'étude	17
<b>Tableau II.01</b> : Récapitulatif des formations géologiques dans la région d'El-Oued	28
<b>Tableau II.02</b> : Étendue et volume des ressources en eaux souterraines	38
<b>Tableau II.03</b> : Récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued	39
<b>Tableau II.04</b> : duretés des eaux de la région du Souf	41
<b>Tableau II.05</b> : faciès chimique des différentes aquifères dans la région du Souf	41
<b>Tableau III.01</b> : Les forage du continental intercalaire CI (albiens) choisis	45
<b>Tableau III.02</b> : Les forage de complexe terminal CT choisis	45
<b>Tableau III.03</b> : Les puits améliorées de la nappe phréatique choisis	46
<b>Tableau IV.01</b> : Classification des eaux de la région d'étude par degrés d'aptitude à l'irrigation	58
<b>Tableau IV.02</b> : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R	59
<b>Tableau IV.03</b> : Normes Algériennes & Valeur guide OMS ou CEE de potabilité	61
<b>Tableau IV.04</b> : Variations du pH	62
<b>Tableau IV.05</b> : Variations de la Température (°C)	63
<b>Tableau IV.06</b> : Variations des conductivités électriques (µS/cm).	64
<b>Tableau IV.07</b> : duretés des eaux de la région du Souf (mg/l).	65
<b>Tableau IV.08</b> : Potabilité de l'eau en fonction de la dureté	65
<b>Tableau IV.09</b> : Variation de Résidu sec (mg/l)	66
<b>Tableau IV.10</b> : Variation de calcium Ca <sup>++</sup> (mg/l)	67
<b>Tableau IV.11</b> : Variation de Magnésium Mg <sup>++</sup> (mg/l)	68
<b>Tableau IV.12</b> : Variation de Sodium Na <sup>+</sup> (mg/l)	69
<b>Tableau IV.13</b> : Variation de Potassium <sup>+</sup> (mg/l)	69
<b>Tableau IV.14</b> : Variation de Chlorure Cl <sup>-</sup> (mg/l)	70
<b>Tableau IV.15</b> : Variation des Sulfates (mg/l)	71
<b>Tableau IV.16</b> : Variation des bicarbonates HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	72
<b>Tableau IV.17</b> : Variation des Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	72
<b>Tableau IV.18</b> : Variation des Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	73

# LISTE FIGURES

---

<b>Figure I.01</b> : Situation géographique de la région d'El Oued ( Larousse, 2009).	04
<b>Figure I.02</b> : Carte topographique de vallée du Souf (SIG 2009)	05
<b>Figure I.03</b> : Variation mensuelle interannuelle de température (1978/2008)	10
<b>Figure I.04</b> : Histogramme de Température moyenne annuelle	11
<b>Figure I.05</b> : Distribution mensuelle interannuelle des précipitations (1978/2008)	12
<b>Figure I.06</b> : Histogramme des variations annuelles des précipitations	12
<b>Figure I.07</b> : courbe pluviothermique (1978/2008)	13
<b>Figure I.08</b> : Histogramme des moyennes mensuelles d'humidité.	14
<b>Figure I.09</b> : Répartition des zones humide et aride dans les cotes de Méditerranée	15
<b>Figure I.10</b> : Vitesses moyenne des vents mensuels en (m/s) (1993/2008).	16
<b>Figure I.11</b> : Climagramme d'Emberger de la station d'El-Oued (1978-2008)	18
<b>Figure II.01</b> : cartes géologique de l'Algérie d'après l'UNESCO 1990	22
<b>Figure II.02</b> : La lithostratigraphique du forage F1, (ANRH, 1993).	24
<b>Figure II.03</b> : Carte d'extension géographique du système aquifère CI et CT	30
<b>Figure II.04</b> : Coupe hydrogéologique dans le système aquifère de sahara	30
<b>Figure II.05</b> : Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement de la nappe	32
<b>Figure II.06</b> : Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et Les sens d'écoulement	34
<b>Figure II.07</b> : Coupe hydrogéologique transversale du CT	35
<b>Figure II.08</b> : Carte des épaisseurs de CT	35
<b>Figure II.09</b> : Carte de profondeur du toit du CT	35
<b>Figure II.10</b> : Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement	37
<b>Figure III.01</b> : Localisation des points d'eau échantillonnés de la région (Image google Earth).	44
<b>Figure IV.01</b> : Le diagramme de Piper des eaux de la nappe phréatique	54
<b>Figure IV.02</b> : Le diagramme de Piper des eaux de la nappe du CT	54
<b>Figure IV.03</b> : Le diagramme de Piper des eaux de la nappe du CI	55
<b>Figure IV.04</b> : Le diagramme de Schoeller- Berkaloff des eaux de la nappe phréatique	56
<b>Figure IV.05</b> : Le diagramme de Schoeller- Berkaloff des eaux de la nappe de CT	56

<b>Figure IV.06</b> : Le diagrammes de Schoeller- Berkaloff des eaux de la nappe de CI	57
<b>Figure IV.07</b> : Classification des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigatio	59
<b>Figure IV.08</b> : Classification des eaux de la nappe de CT pour l'irrigation	60
<b>Figure IV.09</b> : Classification des eaux de la nappe de CI pour l'irrigation	60
<b>Figure IV.10</b> : Variations du PH	63
<b>Figure IV.11</b> : Variations de la Température	63
<b>Figure IV.12</b> : Variations des conductivités électriques.	64
<b>Figure IV.13</b> : duretés des eaux de la région du Souf	66
<b>Figure IV.14</b> : Variation de Résidu sec	67
<b>Figure IV.15</b> : Variation de calcium $\text{Ca}^{++}$	67
<b>Figure IV.16</b> : Variation de Magnésium $\text{Mg}^{++}$	68
<b>Figure IV.17</b> : Variation de Sodium $\text{Na}^+$	69
<b>Figure IV.18</b> : Variation de Potassium $\text{K}^+$	70
<b>Figure IV.19</b> : Variation de Chlorure $\text{Cl}^-$	70
<b>Figure IV.20</b> : Variation des Sulfates	71
<b>Figure IV.21</b> : Variation des bicarbonates $\text{HCO}_3^-$	72
<b>Figure IV.22</b> : Variation des Nitrates $\text{NO}_3^-$	73
<b>Figure IV.23</b> : Variation des Nitrites $\text{NO}_2^-$	73

## LISTE PHOTOS

---

<b>Photo III.01</b> : Appareil PH mètre et Conductivimètre	47
<b>Photo III.02</b> : thermomètre	48
<b>Photo III.03</b> : Spectrophotomètre d'absorption atomique	48
<b>Photo III.04</b> : Titration	49



***Introduction  
Générale***

## INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socioéconomique réel et durable d'un pays, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau existantes.

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigue et l'industrie (Harrat et Achour, 2010).

Dans les pays en voie de développement à climat aride, le rôle des eaux souterraines est d'autant plus important qu'elles constituent souvent la seule source d'approvisionnement en eau potable et sont donc vitales pour le développement de ces pays.

La gestion des ressources en eau, en quantité et en qualité, reste au centre des préoccupations du pays compte tenu de l'insuffisance des ressources qui est souvent aggravée par la sécheresse.

Pour le Sahara septentrional algérien, l'essentiel des ressources est constitué par les eaux souterraines. Ces dernières, contenues dans les formations continentales du continental intercalaire (C.I) et du complexe terminal (C.T) constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970; CDTN, 1992), dont les potentialités mobilisables sont estimés à 5 milliards de mètres cube d'eau (ANRH, 1986).

Malgré de richesse de cette région en eau souterraine elle présente néanmoins des qualités médiocre à mauvaise.

Le principal objectif de cette étude est de donner un aperçu sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines des différentes nappes de la région du souf grâce à un échantillonnage suffisamment représentatif de la nature des eaux de la région, aussi bien les eaux destinées à l'alimentation en eau potable que les eaux d'irrigation.

Le présent modeste travail est une contribution à l'étude comparative de la qualité des eaux des différentes nappes de la région d'ElOued (Souf).

Ce travail est structuré en quatre chapitres :

- ❖ **Chapitre 1** : Présentation de la zone d'étude.
- ❖ **Chapitre 2** : Synthèse bibliographique sur la géologie, l'hydrogéologie et la qualité des eaux sous terraines de la région d'étude.
- ❖ **Chapitre 3** : Matériels et méthodes.
- ❖ **Chapitre 4** : Résultats et discussions.

***Chapitre I :***  
***Présentation de la région***  
***d'étude***

## I.1 Identification de la région zone d'étude :

### I.1.1 Situation géographique :

La wilaya d'El-Oued est située au Nord-Est de Sahara septentrional (Figure I. 01) , se trouve au Sud-Est de l'Algérie, elle a une superficie de 54 573 km<sup>2</sup>. Elle demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Sa population est estimée à 695 396 habitants et une densité de 13 hab./km<sup>2</sup>, le taux d'accroissement de population égale à 3,4 ‰ selon le recensement de l'ONS de 2010.

Elle est limitée :

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

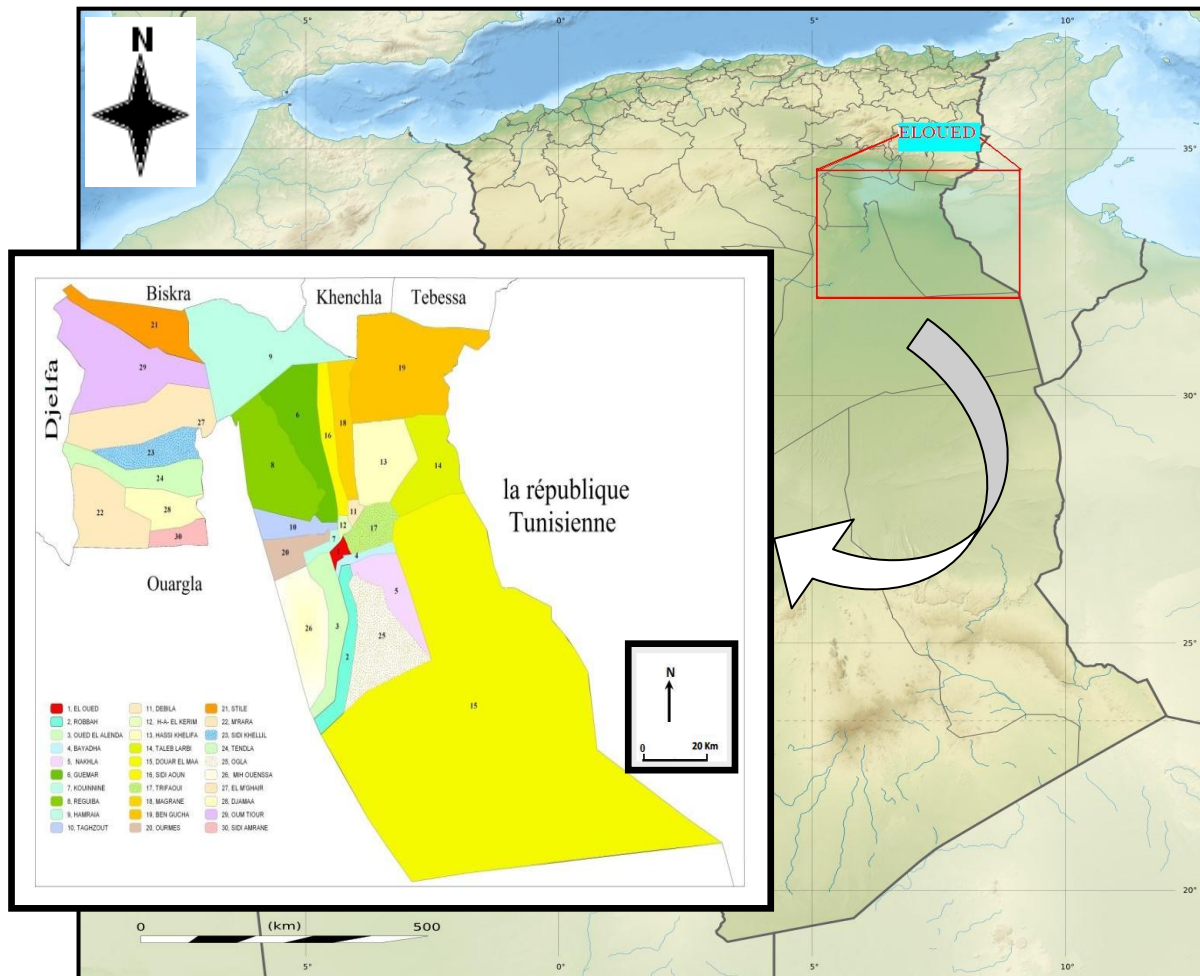
La longueur de sa frontière avec la Tunisie est de 300 Kms environ. Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire.

La configuration du relief se caractérise par trois grands ensembles à savoir :

- Une région de sable qui couvre la totalité du Souf, ainsi que les parties Est et Sud de l'Oued Righ.
- Un plateau rocheux qui longe la RN3 et s'étend vers le Sud.
- Une région de dépression, la zone des chotts qui est située au Nord de la Wilaya et se prolonge vers l'Est pour rejoindre le chott Djerrid en Tunisie.

**Cette zone est limitée géographiquement par les coordonnées suivantes :**

- ✓ Longitudes    X1 = 05°30' et            X2 = 07°00' Est.
- ✓ Latitudes     Y1 = 35°30' et            Y2 = 37°00' Nord.



**Figure I.01:** Situation géographique de la région d'El Oued ( Larousse, 2009).

### I.1.2 Topographie d'El-Oued :

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

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

Le relief du SOUF est caractérisé par l'existence de trois principales formes:

- ✓ Une zone sableuse, qui se présente sous un double aspects, l'Erg et le Sahara.
- ✓ Une forme de plateau rocheux qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et crêtes rocheuses.
- ✓ Une zone de dépressions caractérisées par la présence d'une multitude de chotts qui plonge vers l'Est.

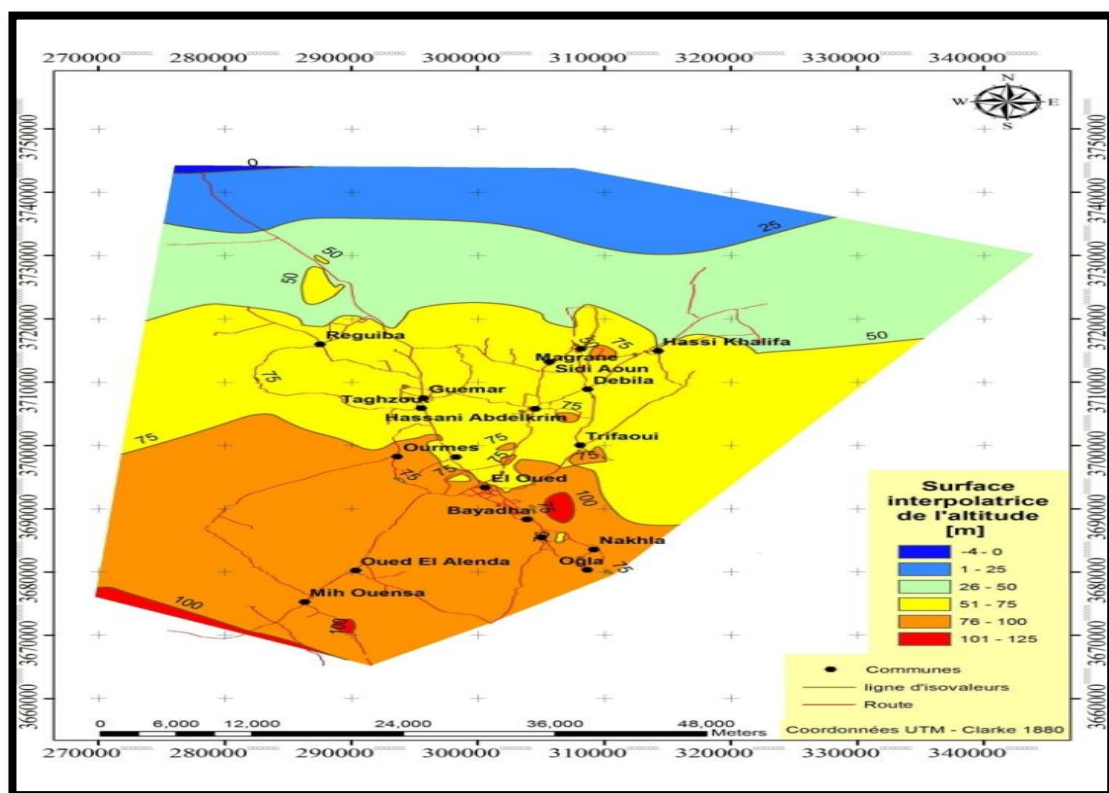
Du point de vue topographique la wilaya d'El-Oued se caractérise par une variation de

cote progressive (Figure I.02); l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour atteindre des valeurs négatives au niveau des chotts (75 m à El-Oued et - 6m à Meghaier).

\* **Pente de terrain** (Tableau I.01) : La pente de la zone d'étude est généralement orientée Sud-Nord, avec une pente moyenne très faible (l'ordre de 0.002 m/m à 0.003 m/m) et des incidents liés à la présence des dunes.

**Tableau I.01** : Altitude moyenne des différentes communes d'El-Oued (DRE : 2004)

N°	Commune	Altitude Moy (m)	N°	Commune	Altitude Moy (m)
01	El Oued	77	10	Sidi Aoun	54
02	El-Ogla	91	11	Trifaoui	81
03	Mouih Ouansa	91	12	Bayadha	90
04	Hassi Khalifa	77	13	Ourmes	85
05	Hassani	66	14	Kouinine	75
06	Oued Allenda	83	15	Guemar	64
07	Magrane	60	16	Taghzout	78.5
08	Nakhla	85	17	Débila	62
09	Reguiba	57	18	Robbah	93



**Figure I.02:** Carte topographique de vallée du Souf (SIG 2009)

### I.1.3 Contexte sociologique :

Dans le domaine religieux (Islam) et culturel (langue Arabe), le Souf est beaucoup plus riches que sur le plan matériel. ses habitants sont imbus de culture religieuse ; l'art des lettres, beaucoup d'adolescents connaissant le Coran par cœur, des gens voyagent des années pour s'instruire, la langue arabe restée très pur, permet même aux analphabètes, habitants sous la tente, de composer des poésies.

Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale.

**Tableau I.02:** Répartition de la superficie et nombre d'habitant et la densité apparente par commune de la Wilaya d'El-Oued (ONS, 2010)

N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densité hab/km <sup>2</sup>	N°	Commune	Population (hab)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densité hab/km <sup>2</sup>
1	El Oued	131270	77	1704.8	16	Bayadha	33296	139	239.54
2	Kouinine	10 208	116	88	17	Oued el Alenda	6 883	712	9.66
3	Réguiba	42 803	1966	21.77	18	Mih Ouansa	16320	1111	14.69
4	Guemar	40 087	1264	31.71	19	Hamraia	6 134	2443.82	2.51
5	Taghzout	14 082	539	26.12	20	Taleb Larbi	15740	1110	14.18
6	Ourmés	6 134	443	13.84	21	Ben Guecha	5 575	2642.18	2.11
7	Débila	25 147	78	322.4	22	Douar El Maa	14282	17852.5	0.8
8	Hassani Abdelkrim	22 910	58	395	23	El Meghaier	51432	1532	33.57
9	Hassi Khalifa	31 938	1112	28.72	24	Sidi Khalil	7 084	840.33	8.43
10	Trifaoui	8 291	474	17.5	25	Still	5 456	904.8	6.03
11	Magrane	24 568	618	39.75	26	Oum Tiour	11767	2116.37	5.56
12	Sidi Aoun	12 245	480	25.51	27	Djamaa	51452	780	65.96
13	Robbah	21 852	499	43.8	28	Sidi Amrane	21953	552	39.77
14	Nakhla	13 603	700	19.43	29	Mrara	9 721	1131.66	8.59
15	El Ogla	7 492	1352	5.54	30	Tendla	9 339	977.9	9.55
						<b>Total</b>	<b>679064</b>	<b>44586</b>	<b>15.23</b>

### **I.1.4 Contexte économique :**

Les manifestations de la vie quotidienne traduisent un système d'organisation qui tient compte des possibilités économiques, de la vocation agricole, commerciale et artisanale. Les principales activités, il nous donne un aperçu général sur l'économie d'El-Oued sont :

#### **I.1.4.1 L'artisanat:**

El Oued à toujours était un centre artisanal, notamment pour les objets liés à l'ancienne technologie de l'agriculture.

On note les activités artisanales, il s'agit des tailleurs, des tapissiers, des maçons, des cordonniers, des menuisiers, des bijoutiers, des forgerons.

#### **I.1.4.2 Le commerce:**

Tout soufi est commerçant dans l'âme, la ville d'el Oued compte 7000 registres de commerces, et 10000 l'ensemble du souf.

Grâce à la position géographique entre trois Etats (Algérie, Tunisie, Libye), le souf a acquis une position stratégique exceptionnelle, on peut dire que la ville d'El Oued est un centre d'échange commercial, très actif, ainsi elle constitue le centre d'achat de toute la région du souf d' où l'importance de son marché.

Cette activité commerciale se traduit également par le grand axe commerçant qui, sur plus de 15km, s'allonge le long de la Route Nationale de Kouinine-Robbah où la densité commerciale y est forte au centre 15 à 20 établissements pour 100 m pour décroître vers les extrémités 4 à 5.

#### **I.1.4.3 L'industrie:**

Dans la foulée du commerce, un phénomène tout nouveau est apparu au Souf: l'industrie, depuis la décennie 1980, de petites unités privées se sont montées.

Une spécialité est apparue, celle des parfums et cosmétique.

Au domaine cosmétique sont venues s'ajouter 3 autres branches d'activité: l'agro-alimentaire, les plastique, les matériaux de construction, les boissons.

Au total, aujourd'hui plus de 1600 personnes travaillent dans l'industrie.

Bref inventaire des unités industrielles du Souf:

- ✓ Parfums et cosmétique 20 unités.
- ✓ Transformation du plastique 15 unités.
- ✓ Fabrication carrelage 7 unités.
- ✓ Transformation aluminium 6 unités.
- ✓ Insecticides et détergents 4 unités.

- ✓ Semoulerie, pâtes alimentaire 3 unités.
- ✓ Unité déminéralisation eau 2 unités.
- ✓ Unité de fabrication de peinture 1 unité.
- ✓ Unité de fabrication des boissons 1 unité.

### **I.1.5 l'agriculture à El-oued :**

L'agriculture est la principale activité de la région pour l'homme du souf comme culture dominante, la Pomme de terre, le tabac (Guemar), le Palmier dattier dans les ghouts.

Les ghouts saharienne fonctionne comme un agro-système, reposant sur la trilogie eau/habitat/palmeraie; pour ne pouvant faire venir les eaux à eux, les soufis ont imagine d'aller à elle, d'excaver suffisamment le sable pour que l'épaisseur restante soit 2m, planter alors les palmiers dans sol de façon à ce qu'ils aillent puiser l'eau par leurs propres racine, c'est le principe de la culture Bour (en sec), on n'importe pas d'eau d'irrigation mais le palmiers va chercher lui-même ce dont il a besoin.

Les limites de cette ghouts atteignent la frontière libyenne au sud et voisinent avec les Monts des Nemamchas, suivant une ligne passant par Negrine, s'étire à l'est à la frontière tunisienne et à l'ouest par l'immense oasis d'Oued Righ.

La Wilaya d'El Oued dispose d'une superficie agricole totale égale à 1600 000 hectares mais la superficie réellement exploitée est 99 814 hectares, la superficie irriguée est égale à 90 000 hectares. (DSA : Direction de Service Agricole d'El-Oued en 2015).

#### **I.1.5.1 L'élevage:**

Les animaux domestiques les plus élevés sont: les chèvres, les ovins, les chameaux, les chevaux, les mulets, les ânes les poulets, les pigeons.

L'élevage est une autre activité qui se répartie comme suite :

- ✓ Ovin : 560 000 têtes.
- ✓ Caprin : 540 000 têtes.
- ✓ Camelin : 40 000 têtes.
- ✓ Bovin : 16500 têtes. *Source (DSA,2015)*

## I.2 CLIMATOLOGIE

### I.2.1 Introduction :

Le Souf s'inscrit dans le Nord du Sahara Oriental, la mer d'Annaba se trouve à 390km au Nord, la mer de Gabés à 305km à l'Est, El-Oued est à 1100km au Nord de tropique de Cancer et à 3700 km de l'Equateur.

Les données climatologiques que nous allons traiter relevées de l'Office National Météorologique d'El-Oued (ONM), sont réparties sur une période de 31ans (1978-2008).

### I.2.2 But L'étude Climatologique :

La connaissance des caractéristiques hydroclimatologique est nécessaire pour notre étude, il est indispensable pour évaluer l'alimentation de réservoir souterraine (nappe phréatique) par infiltration, et pour l'établissement d'un bilan hydrique.

### I.2.3 Station de Mesure :

La station des mesures climatique (ONM) est située dans la Daira de Guemar au Nord de ville d'El Oued

**Tableau I.03:** Caractéristiques géographiques de station climatique.

<i>Station</i>	<i>Code A.N.R.H</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Longitude</i>	<i>Latitude</i>
<i>Guemar</i>	13 04 09	64	06°47'E	33°30'N

(OMN : 2009)

### I.2.4 Paramètres Climatologiques:

#### I.2.4.1 La Température :

##### I.2.4.1.1 Définition :

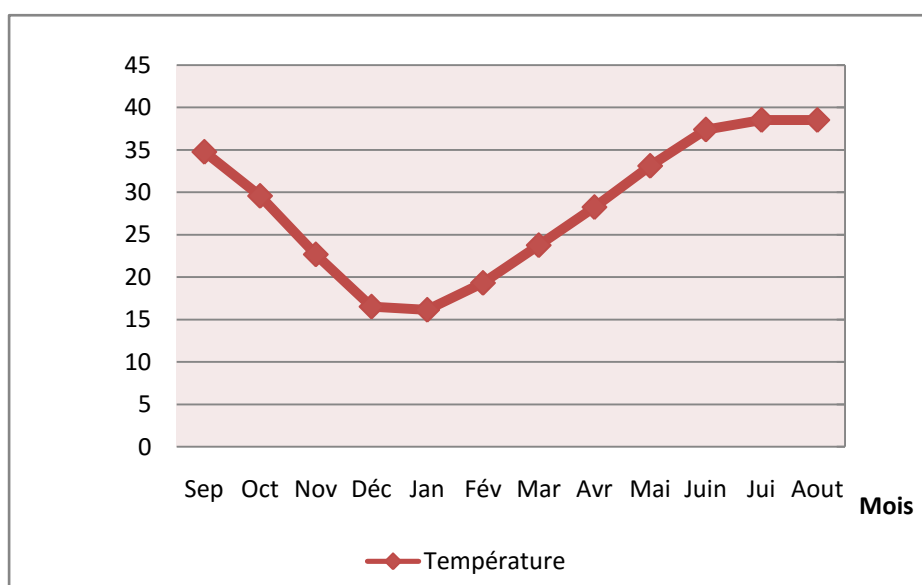
C'est grandeur physique qui caractérise de façon objective la sensation subjective de chaleur ou de froid, la température est mesurée avec le thermomètre.

### I.2.4.1.2 Température moyenne mensuelle :

Les moyennes des données de température durant la période (1978-2008) est représentée dans le Tableau I.4 et Figure I.03 .

**Tableau I.04 :** Températures moyennes mensuelles d'El-Oued (1978/2008)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
T(c°)	34.75	29.56	22.67	16.52	16.14	19.31	23.75	28.24	33.10	37.38	38.5	38.50



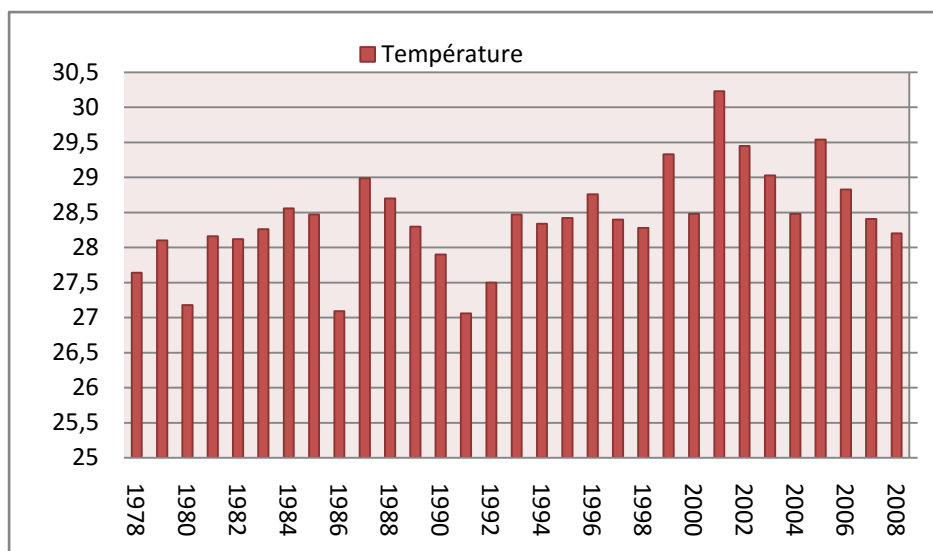
**Figure I.03:** Variation mensuelle interannuelle de température (1978/2008)

D'après courbe des variations moyennes mensuelles des températures on conclut que:

La température moyenne mensuelle est maximale au mois de juillet et aout avec une valeur d'ordre de 38,5 c° et minimale au mois de janvier avec une valeur d'ordre de 16,14 c°.

### I.2.4.1.3 Température moyenne annuelle :

D'après la courbe des variations moyennes annuelles des températures de la période d'étude (Figure I.04), on conclut que ; l'année la plus froide est celle de 1991 avec une valeur moyenne annuelle 27,06 c° et l'année la plus chaude est celle de 2001 avec une valeur moyenne annuelle 30,23c°. La moyenne interannuelle de notre période d'étude est:28,40c°.



**Figure I.04:** Histogramme de Température moyenne annuelle

### I.2.4.2 La Précipitation :

#### I.2.4.2.1 Définitions :

Formes variées sous lesquelles l'eau solide ou liquide contenue dans l'atmosphère se dépose à surface du globe. Les différentes formes de la précipitation sont: la pluie, la neige, brouillard, grêle, rosée, la quantité de la précipitation est mesurée à l'aide d'un pluviomètre.

#### I.2.4.2.2 Précipitations moyenne mensuelles :

Selon les données, nous avons établi la courbe de variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations ; Figure I.05 et Tableau I.05. On constate que :

le mois de janvier est le plus arrosé avec 12,67 mm, et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,26mm.

**Tableau I.05:** Précipitations moyenne mensuelles de l'ONM d'El Oued (1978/2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
<i>P mm</i>	5.59	7.69	8	7.58	12.67	6.12	7.40	6.65	4.91	1.45	0.26	2.05

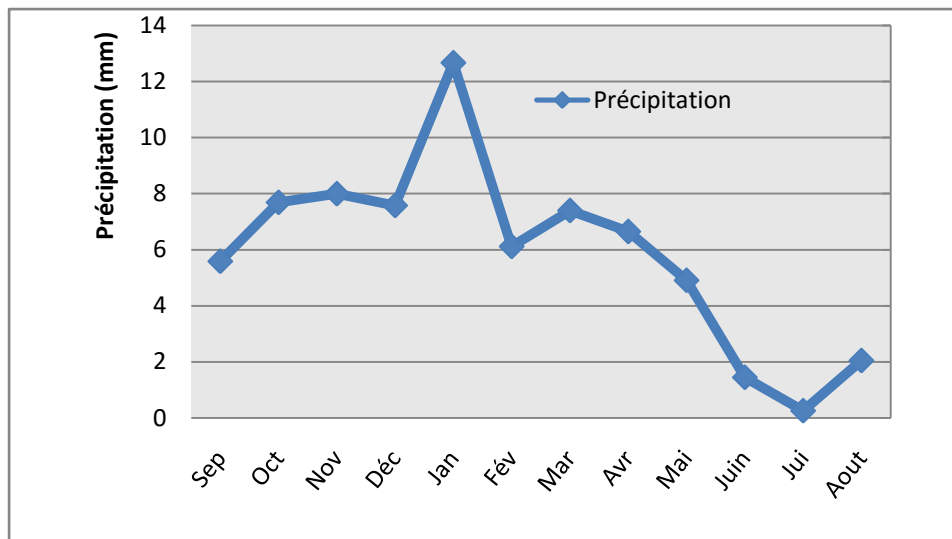


Figure I.05: Distribution mensuelle interannuelle des précipitations (1978/2008)

**I.2.4.2.3 Précipitations annuelles :**

La courbe des variations annuelles des précipitations (Figure I.06) montre que: L'année la plus pluvieuse est 1990 avec une quantité annuelle: 209,1mm et l'année la plus sèche est 1983 avec une quantité annuelle: 15,9 mm. la moyenne interannuelle de précipitation est 70.03 mm

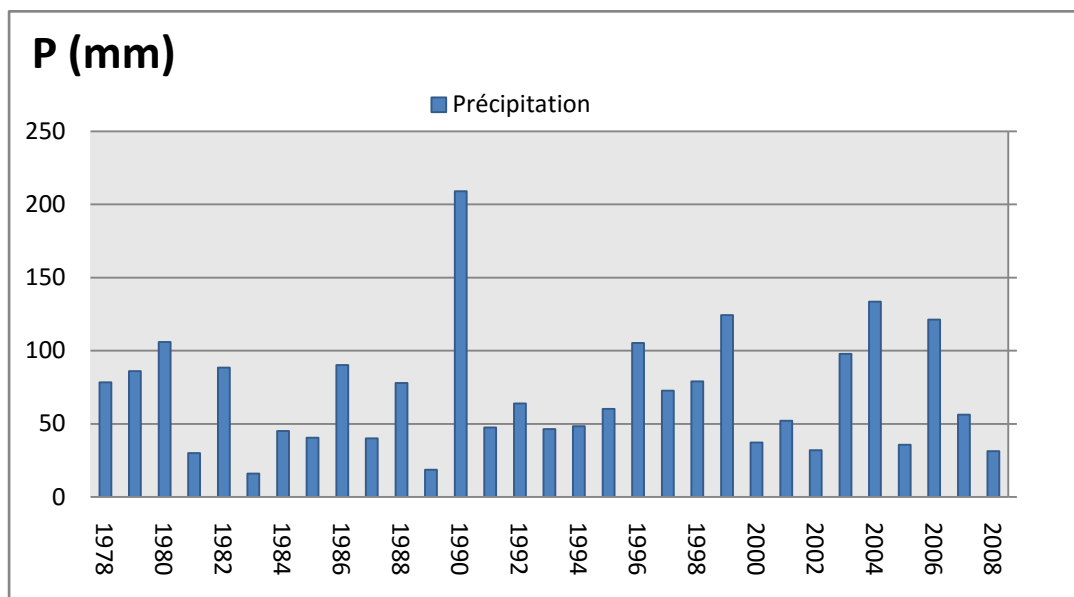


Figure I.06: Histogramme des variations annuelles des précipitations

#### I.2.4.2.4 conclusion :

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue du mois de Mai jusqu'au mois d'Août, et un maximum au mois de Janvier

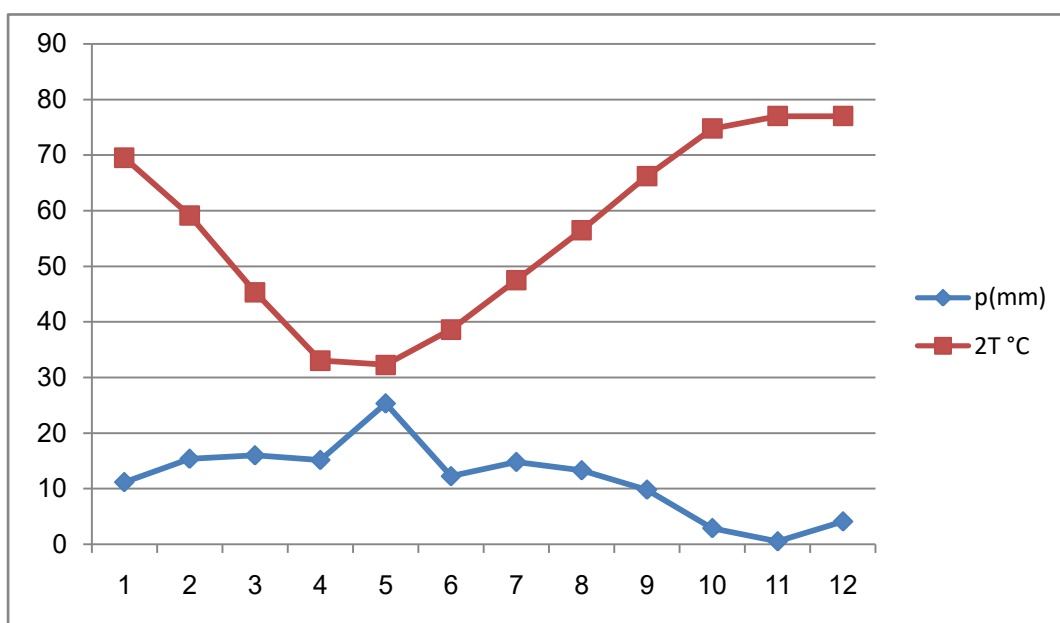
#### I.2.4.3 La Courbe Pluiothermique :

En se basant sur les données des précipitations et des températures mensuelles interannuelles pour la période de 31ans. On peut établir la courbe pluiothermique dont le but de déterminer la période sèche où  $T > 2P$  ainsi que la période humide où  $T < 2P$ .

Sur le même graphe on représente la température et le double de précipitation.

**Tableau I.06:** données des précipitations et des températures moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
<b>2P mm</b>	<b>11.18</b>	<b>15.38</b>	<b>16.00</b>	<b>15.16</b>	<b>25.34</b>	<b>12.24</b>	<b>14.80</b>	<b>13.30</b>	<b>9.82</b>	<b>2.90</b>	<b>0.52</b>	<b>4.10</b>
<b>T °C</b>	<b>34.75</b>	<b>29.56</b>	<b>22.67</b>	<b>16.52</b>	<b>16.14</b>	<b>19.31</b>	<b>23.75</b>	<b>28.24</b>	<b>33.10</b>	<b>37.38</b>	<b>38.5</b>	<b>38.50</b>



**Figure I.07:** courbe pluiothermique (1978/2008)

La courbe pluviométrique (Figure I.07), montre que la région d'El-Oued est caractérisé par une saison sèche qui dure toute l'année

#### I.2.4.4 L'humidité:

L'humidité est un état de climat qui représente le pourcentage de l'eau existant dans l'atmosphère, sous forme de vapeur, ou bien ; nombre de gramme de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air. Elle est mesurée par l'hygromètre.

D'après les données des moyennes mensuelles interannuelles d'humidité représentées dans le Tableau I.07 et la Figure I.08.

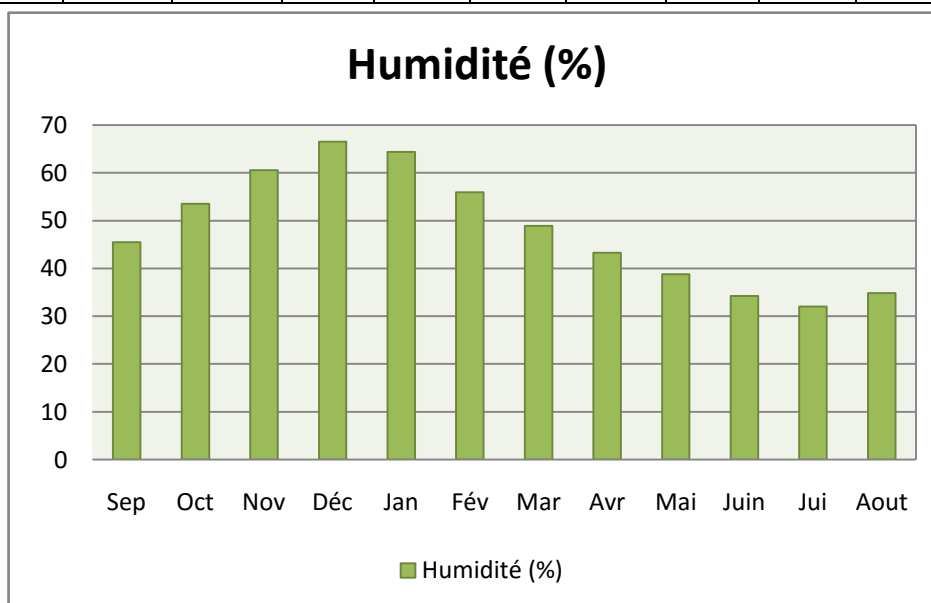
On peut tirer les informations suivantes:

La moyenne la plus forte pour la période d'étude est mois de décembre d'une valeur 66,5%, et la plus faible valeur est au mois de juillet d'une valeur de 32%.

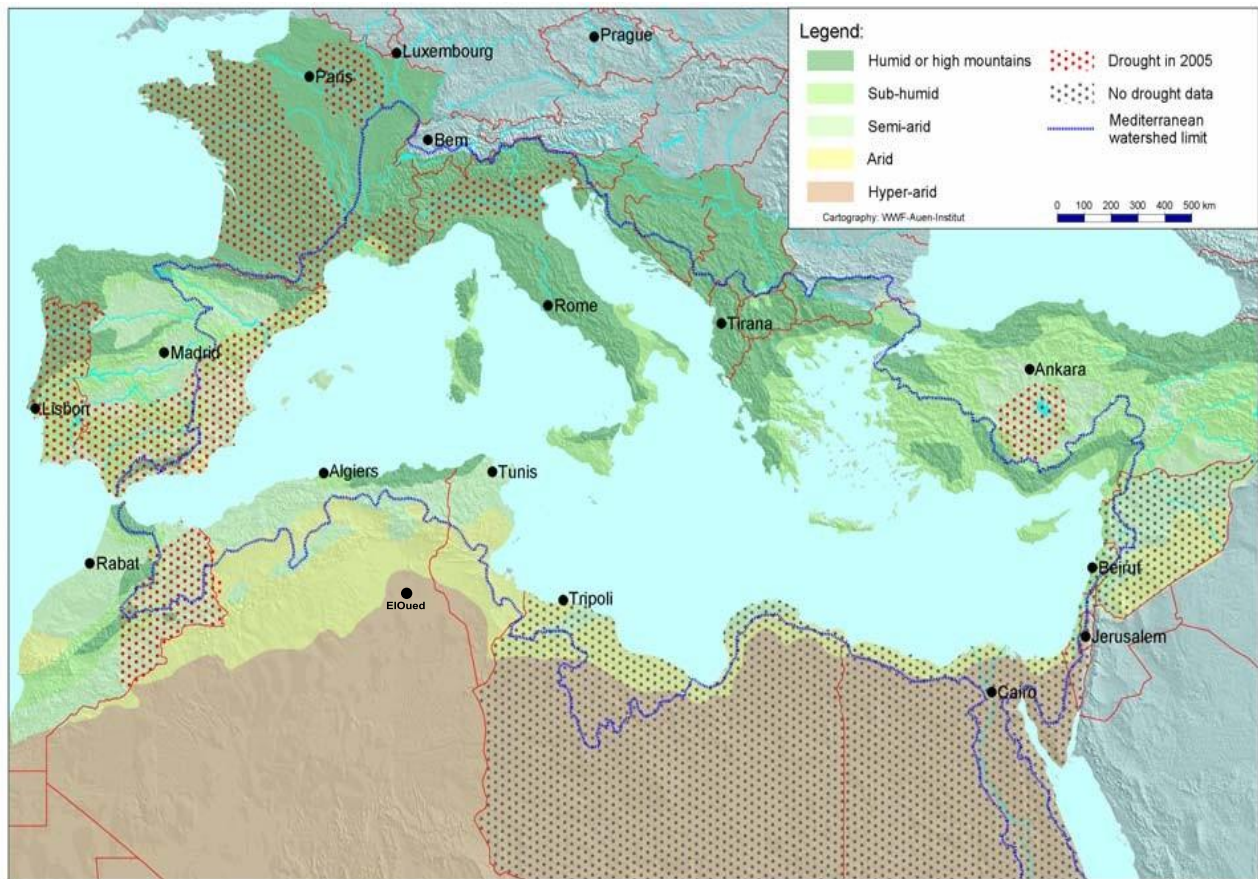
D'après la carte de la Figure I.09, la région d'el-oued est hyperaride.

**Tableau I.07 :** Humidité moyenne mensuelle en (%) de l'ONM (1978/2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Humidité (%)	45.45	53.548	60.533	66.5	64.4	55.9	48.87	43.3	38.8	34.23	32	34.8



**Figure I.08 :** Histogramme des moyennes mensuelles d'humidité.



**Figure I.09** : Répartition des zones humide et aride dans les cotes de Méditerranée  
(WWF-Auen-Institut , 2007)

#### I.2.4.5 Les Vents:

Le vent est mouvement de l'air entre deux différentes pressions atmosphérique de l' haute pression, vers la basse pression, il est influencé par la température

Il y a trois mois durant lesquels les vents de sables sont les plus nombreux: Avril, Mai et Juin. Les vents atteignant 80km/h, présentent un phénomène normal; l'air reste obscurci pendant 2 à 3 jours et les particules minérales peuvent être soulevées jusqu'à 1500m. En hiver, les vents froids dominants sont ceux des secteurs Ouest (N-O et S-O), au printemps et en été, ils viennent uniquement de l'Est (N-E et S-E), en automne, ils sont N-E ou S-O. Le vent d'Est est appelé:

**a. Le Bahri:** c'est le vent dominant de la saison chaude, il est apprécié au printemps parce qu'il amène la fraîcheur, mais il est redouté en toute autre saison car il est violent, c'est lui qui apporte le sable. Le vent Gharbi, ou d'Ouest: est le vent froid.

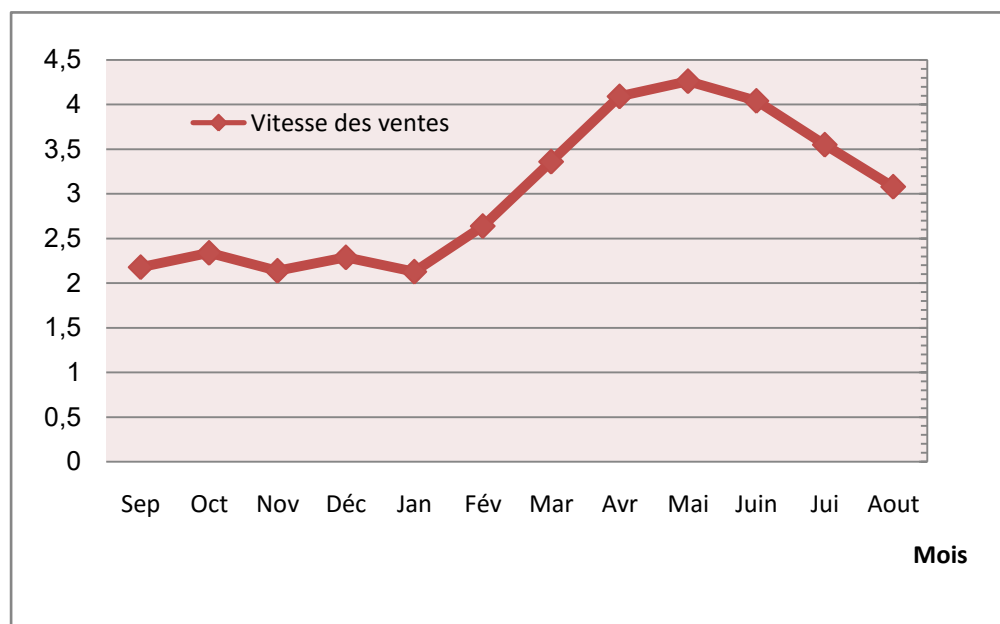
**b. Le Chihili:** c'est un vent brûlant qui ne souffle qu'une quinzaine de jours par ans, c'est le vent du Sud, le vent du désert.

**c. Le Dhahraoui:** vent N.O-S.E, souffle surtout au printemps. Les plus fréquents sont ceux de direction Nord-Ouest, suivi à degrés moindres par ceux de direction Ouest et Sud Ouest.

**d. Le sirocco:** Soufflant du Sud vers le Nord il est relativement fort où pendant l'été il devient dangereux, notamment pour les plantes. Il est chargé de sable désertique donnant au ciel une couleur jaune, il peut durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse moyenne de 40 à 50 km/h.

**Tableau I.08 :** Vitesses moyenne des vents mensuels en (m/s) (1993/2008).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout
Vitesse (m / s)	3.18	2.34	2.14	2.29	2.13	2.64	3.36	4.09	4.26	4.04	3.55	3.08



**Figure I.10 :** Vitesses moyenne des vents mensuels en (m/s) (1993/2008).

### I.2.4.6 Type de climat :

#### I.2.4.6.1 Indice D'aridité :

Sur la base de la fourchette de l'indice d'aridité fixée par De Martone, nous pouvons tirer le type de climat de la région d'étude.

Cette fourchette de l'indice d'aridité est la suivante :

$0 < I_a < 5$ .....Climat hyperaride

$5 < I_a < 7,5$ .....Climat désertique

$7,5 < I_a < 10$ .....Climat steppique

$10 < I_a < 20$ .....Climat semi-aride

$20 < I_a < 30$ .....Climat tempéré

Cet indice dépend essentiellement des précipitations moyennes mensuelles en (mm) et la température annuelle en (°C), en appliquant la formule suivante :

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

Avec :  $I_a$  : Indice d'aridité.  $P$  : Précipitation moyenne annuelle (mm).

$T$  : Température moyenne annuelle (°C).

**Tableau I.09** : Classification de type de climat de la région d'étude

Station	P (mm)	T(c°)	Ia	Observation
ONM Guemar	70.03	28.40	1.82	Hyper-aride

On calcule l'indice d'aridité :  $I_a = \frac{70.37}{28.20 + 10} = 1.84$

Alors le climat d'El-Oued est Climat hyperaride

### I.2.4.6.2 Diagramme d'Emberger :

Le facteur d'Emberger est déterminé par la relation suivante :

$$Q_2 = 3,43 \times P / (M-m)$$

Où :

$Q_2$  : Quotient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitations annuelles

M : la température du mois le plus chaud

m : la température minimale du mois le plus froid.

D'après les données de la période de 31 ans on a :

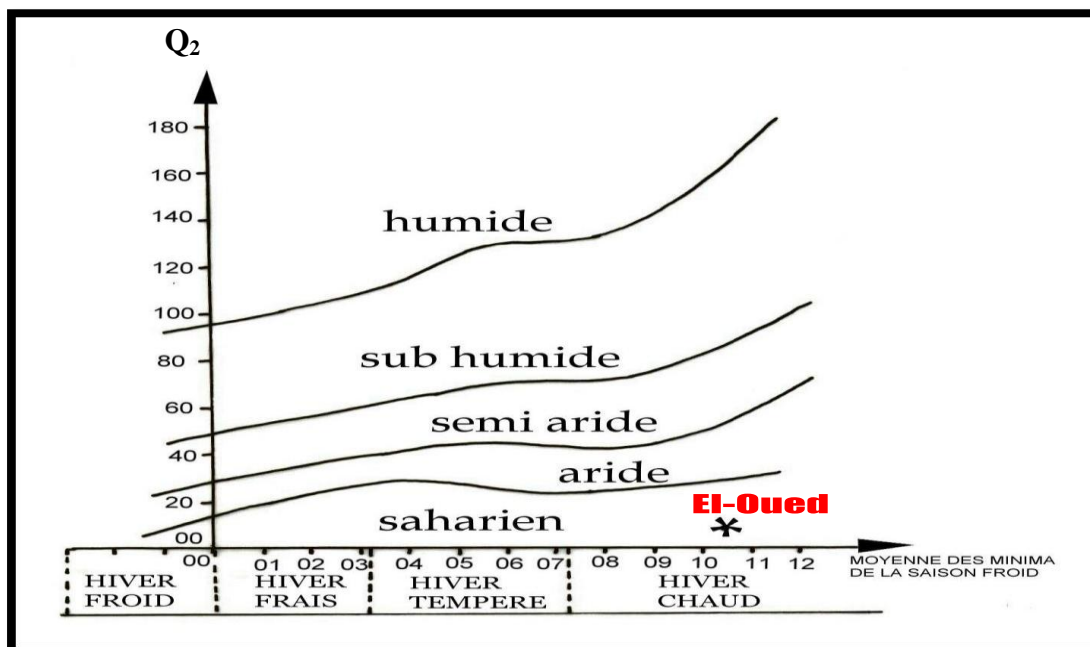
P = 70.03 mm

M = 38,50 °C

m = 16,14 °C

Donc  $Q_2 = 10.74 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$

Selon la position sur le Diagramme d'Emberger, la région d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver doux . Voir Figure I.11.



**Figure I.11** : Climagramme d'Emberger de la station d'El-Oued (1978-2008)

### **I.2.5 Conclusion :**

La wilaya d'El Oued, est une wilaya algérienne, ayant pour chef-lieu la ville éponyme d'El Oued, située au Sud-Est de l'Algérie. La wilaya existe depuis 1984, elle compte douze daïras et trente communes.

Le climat de la région d'El-Oued est Saharien, caractérisé par un été chaud, sec et un hiver doux ; la température moyenne mensuelle interannuelle est de l'ordre de 28.2°C, le maximum de la température est atteint au mois de juillet et d'août (38.5°C) et son minimum est enregistré au mois de janvier (16.14°C). Les précipitations moyennes interannuelles sont de l'ordre de 70.37 mm. La valeur maximale des précipitations est observée au mois de janvier 12.67 mm et la valeur minimale est observée au mois de juillet 0,26 mm. Les vents ont une direction Est et Nord-Est avec une vitesse moyenne de l'ordre de 45 km/h. L'humidité relative moyenne est d'ordre de 43.69%.

## ***Chapitre II :***

***synthèse Bibliographique sur la  
géologie l'hydrogéologie et la qualité  
des eaux souterraine de la région***

## II.1 GEOLOGIE DE LA REGION

### II.1.1 Introduction :

L'Algérie comprend quatre grands domaines géologique du nord au sud:

- ✓ L'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est.
- ✓ Les Hauts Plateaux et haute plaine.
- ✓ L'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie.
- ✓ Le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, ouargla, Ghardaïa et Djanet. Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forment, pratiquement la limite méridionale du Sahara algérien.

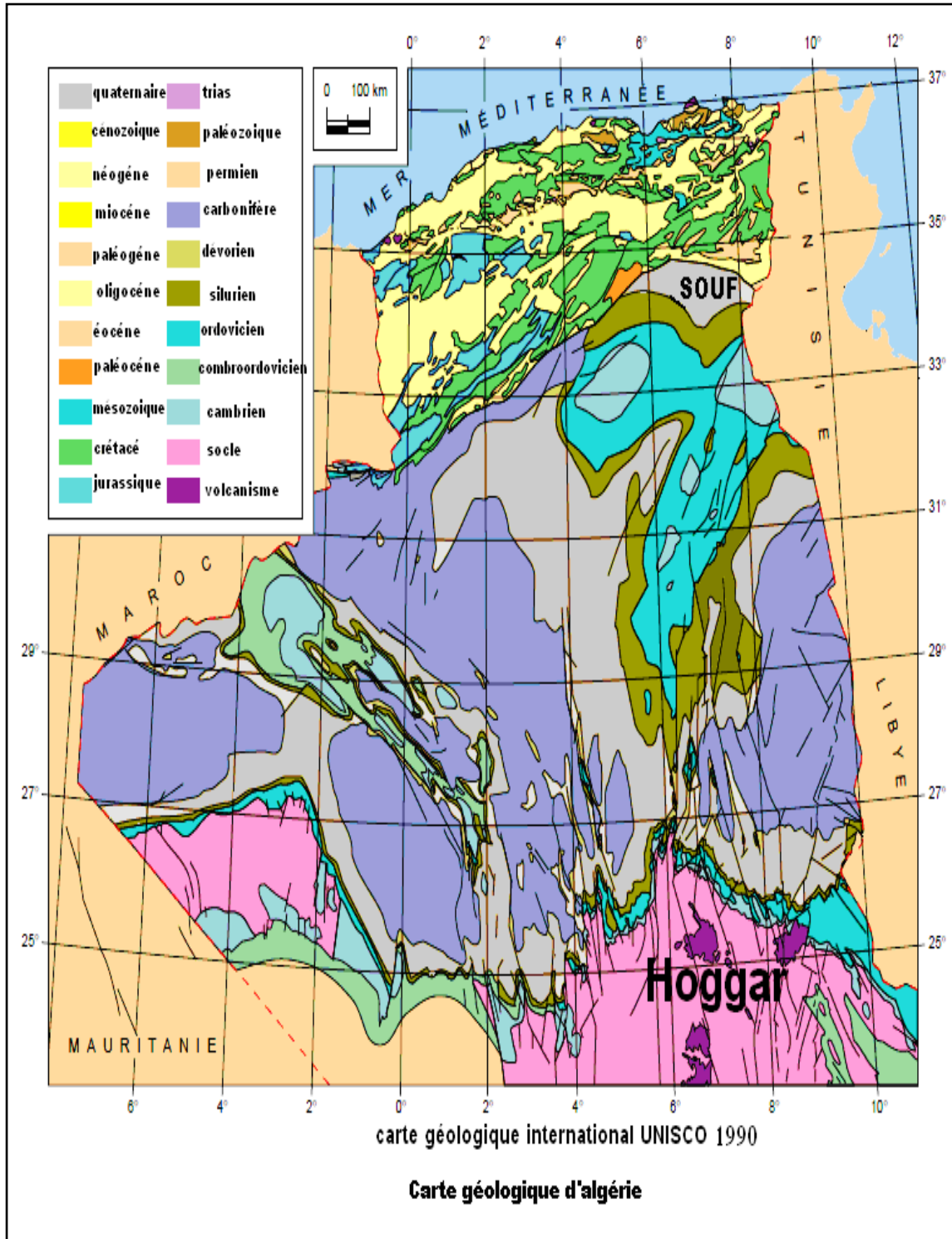
### II.1.2 Géomorphologie et tectonique d'El-oued :

Sur l'ensemble de la région d'El-Oued, les formations miopliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental.

La zone d'étude fait partie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional dont l'extension couvre une superficie de 780 000 km<sup>2</sup>. Ce bassin, vaste zone d'épandage, constitue une importante dépression topographique, laquelle est sous-tendue par une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique. La série sédimentaire est marquée, au centre de la fosse, par d'importants accidents tectoniques sub-verticaux.

La série sédimentaire lagunaire recouvrant la plate-forme créacé forme un vaste synclinal dont le fond a un très grand rayon de courbure. Les couches sédimentaires semblent s'épaissir du Nord d'El Oued vers le centre de cette dépression, ce qui montre que l'approfondissement suit de près la sédimentation. Donc si nous désirons retracer l'évènement paléogéographique d'oued Souf, il faut noter qu'au cours de la jeunesse de l'immense dépression au début du Quaternaire et sous l'effet de la sédimentation, le centre de celle-ci (dépression) se déplace en fonction du temps vers le Nord tout en donnant naissance à des nouvelles dépressions correspondant actuellement à la

zone des chotts, où leur naissance ne s'est effectuée qu'à la fin du Quaternaire. Ces caractéristiques ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara, de plusieurs aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès.



**Figure II.01:** cartes géologique de l'Algérie d'après l'UNESCO 1990.

### II.1.3 Géologie régionale d'El-oued :

D'après (Cornet 1964, Bel 1968) et les coupes de sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre.

Sur la base des logs de forage de l'Albien faite par l'ANRH (1993) sur la région de Oued-Souf, nous citons les principales strates repérées dans cette région, en allant de la plus ancienne vers le plus récente (Figure II.02: Log de forage F1 de l'Albien):

#### II.1.3.1 Formation de l'ère Secondaire :

- ✓ **Le Barrémien** : Cet étage est capté par tous les forages du continental intercalaire réalisés dans cette région; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres.
- ✓ **L'Aptien** : Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.
- ✓ **L'Albien** : Cet étage est constitué par une alternance de marnes, de grès de sables et par des calcaires avec passages de silex et d'argile. La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.
- ✓ **Le Vraconien** : C'est en fait, une zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo dolomitiques. On montre aussi des argiles sableuses et de rares passées de grés à ciment calcaire.  
Dans la zone d'étude, l'épaisseur de cet étage varie entre 250 et 300 mètres. En raison de l'importance de ses niveaux argileux, il constitue une importante couverture de l'Albien.
- ✓ **Le Cénomaniens** : Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable.

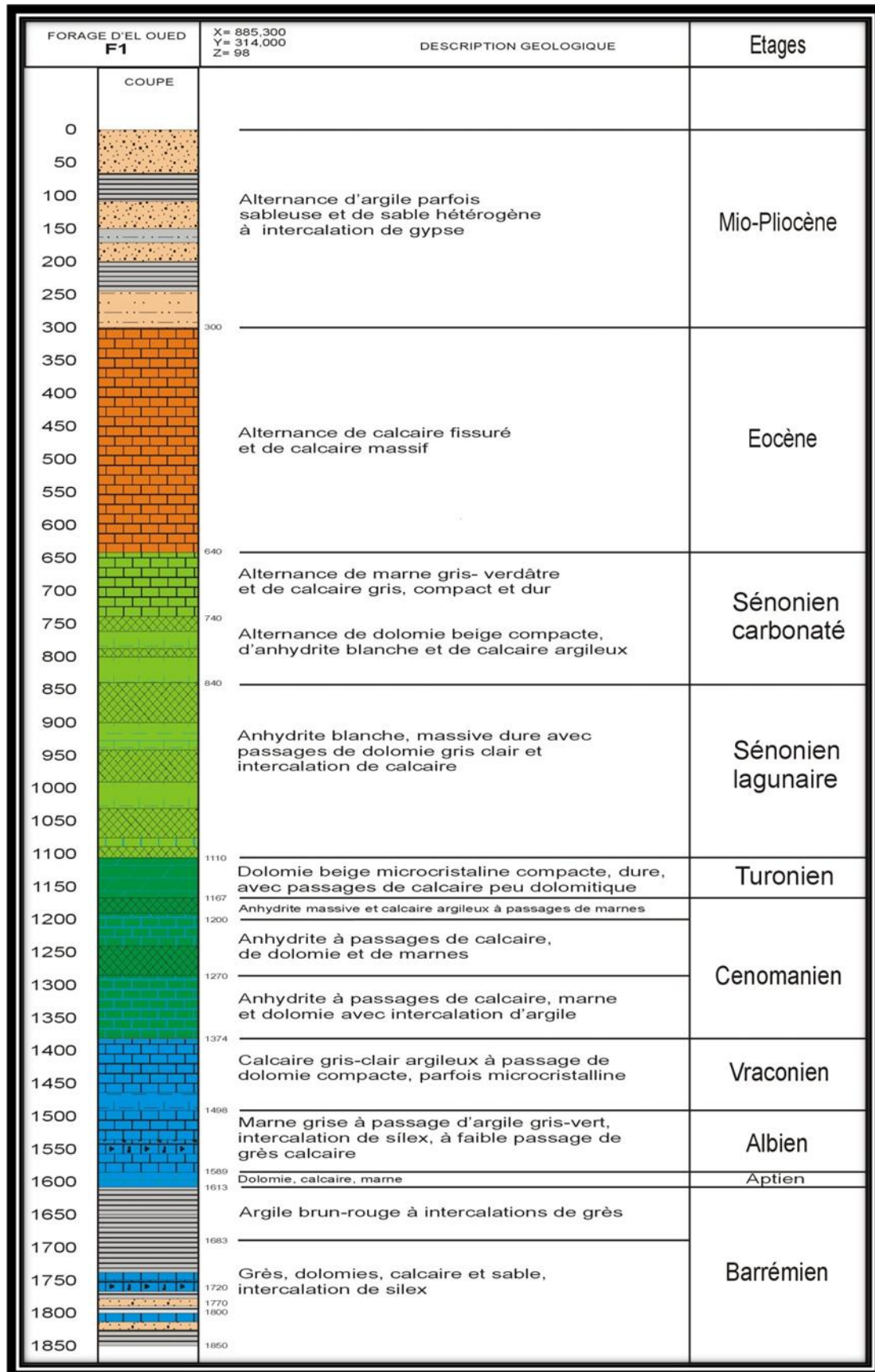


Figure II.02 : La lithostratigraphie du forage F1, (ANRH, 1993).

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

- ✓ **Le Turonien :** Cet étage représente la base du complexe terminale. Il est généralement carbonaté et constitué par des calcaires dolomitiques et des dolomies micro cristallines compactes avec des intercalations de calcaires Turoniens et parfois de marnes. Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.
- ✓ **Le Sénonien :** La plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.
  - ◆ ***Sénonien lagunaire* :** La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporé avec des argiles où ces derniers sont aisément différenciés de ceux du Turonien. Il est constitué également d'anhydrites, de calcaires dolomitiques d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur avoisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.
  - ◆ ***Le Sénonien carbonaté* :** Ce second sous étage est constitué par des dolomies, des calcaires dolomitiques avec des intercalations marno-argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres.

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

### **II.1.3.2 Formations de l'ère Tertiaire :**

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

- ✓ **Le Miopliocène :** Il repose en discordance indifféremment sur le Primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le Cénomaniens et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminale (C.T). La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montrent que le Miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès. Sur toute l'étendue du Sahara oriental, Bel et Demargne séparent cet horizon en 4 niveaux:
- ◆ Niveau argileux : Il est peu épais et existe uniquement dans la zone centrale du Sahara oriental. Avec l'Eocène lagunaire, les argiles de la base du Miopliocène constituent une barrière peu perméable entre les nappes du Sénono-Eocène carbonatées et celle du Pontien sableux.
  - ◆ Niveau grès sableux : C'est le plus intéressant sur le plan hydrogéologique, son épaisseur reste presque régulière sur toute l'étendue du Sahara oriental. A sa base, on trouve parfois des graviers alors que le sommet se charge progressivement d'argiles. C'est à ce niveau que se rattache le principal horizon aquifère du Complexe Terminal.
  - ◆ Niveau argileux : Il ne présente pas un grand intérêt du point de vue hydrogéologique, ce niveau renferme des lentilles sableuses qui peuvent former le quatrième niveau (sableux) du Miopliocène.
  - ◆ Niveau sableux : Ce niveau constitue le deuxième horizon aquifère du complexe terminal, du point de vue hydrogéologique, ces niveaux sableux présentent un grand intérêt car ils correspondent pour ainsi dire à la nappe des sables du Complexe Terminal.

### II.1.3.3 Formations du Quaternaire :

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

Le sous-sol présente des contrastes frappants. C'est ainsi qu'au Sud, à 6 km d'El-Oued et jusqu'à El-Ogla 24 Km plus loin, on remarque l'absence totale de « Tefza » (pierre à plâtre

calcaire), alors que la roche de louss ou gypse se raréfie au fur et à mesure qu'on avance vers le sud d'atteindre le Reg ou plateau crétacé, dénudé, non couvert de sable.

D'El Oued jusqu'au Nord de Ghamra, tout au long des villages le louss forme une masse rocheuse plus ou moins compacte et profonde alors que, parallèlement, à l'Ouest, la tafza dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à 3 ou 4 mètres, occupe les terrains étendant de Tiksebt à Hobba, soit 25km.

Ce phénomène géologique se manifeste très distinctement suivant que l'on étudie l'Ouest ou l'Est des agglomérations qui s'alignent d'El'Oued à Hobba ; prenons donc cette orientation Sud-Nord, Tiksebt Kouinine, Taghzout, Guemar, Ghamra et Hobba.

Ainsi, sur une distance de 25km environ, tous les terrains calcaires se trouvent à notre gauche. Le gypse (roche louss) ne s'y rencontre que par ilots. Par contre, il abonde par endroit au Nord-est des villages où l'on ne trouve aucune trace de tafza.ici, la formation gypseuse apparaît sur une bande 2 à 4 km de large dans la direction Nord, puis Nord-Est. à l'Est de cette bande, le sous sol ne renferme guère de gisement, hormis quelques agglomérés de gypse et de terre, ressemblant à de minuscules roses de sable ; la terre de tercha; c'est le terrain «Sbekh» ou chotteux, suivi à l'Est par une bande uniquement, à eau; douce; puis un «Sahane» calcaire, aboutit non loin de béhima, le louss prend

**Tableau II.01:** Récapitulatif des formations géologiques dans la région d'El-Oued (DRE,2005).

Ere		Système			Lithologie	Epaisseur Moy en(m)	
Cénozoïque	Quaternaire	Supérieur			Sables	54	
		Inférieur			Argiles	150-260	
	Tertiaire	Néogène (Moi-pliocène)		Pliocène	Plaisancien	Sables	150 – 200
					Tabianien	Argiles gypseuses	
				Miocène	Pontien	Sables grossiers; Gravier.	
		Paléogène	Oligocène		Argiles lagunaires ; marnes.		
			Eocène	Moyenne			
				Inférieure			
	Paléocène	Vitrollien		Calcaire fissuré			
	Secondaire (Mésozoïque)	Crétacé		Supérieur	Sénonien	Carbonaté	Calcaire fissuré
Lagunaire						Evaporites, argiles	≈ 150
Moyenne				Turonien		Dolomie, passage de calcaire peu Dolomitique	≈ 650
				Cénomaniens		Argiles, marne	≈ 560
inférieure				Vraconien		Calcaire argileux dolomie	250 - 300
				Albien		Sables, Grés	100 – 200
				Aptien		Dolomie, calcaire, marne	≤ 30
				Barrémien		Grés, dolomie, calcaire, sable, silex	200 – 230
				Néocomien		Argiles sableuses, Sables	

## II.2 Système aquifère du Sahara septentrional :

Les besoins en eau sont en continuel augmentation afin d'assurer la survie et le développement des peuples ; par conséquent, l'eau devient avec le temps de plus en plus précieuse.

La prospection pétrolière au XX<sup>ème</sup> siècle est à l'origine de la découverte d'un gigantesque appareil hydraulique au Sahara qui est le système aquifère du Sahara septentrional (SASS). Ce système aquifère formé par les nappes aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal s'étend dans sa plus grande partie dans le territoire saharien algérien. (OUALI Salima, 2006)

Le bassin du Système Aquifère du Sahara septentrional, plus connu sous l'acronyme « SASS », s'étend sur une superficie totale de plus d'un million de km<sup>2</sup>. Cet aquifère transfrontalier est partagé par l'Algérie (700 000 km<sup>2</sup>), la Libye (250 000 km<sup>2</sup>) et la Tunisie (80 000 km<sup>2</sup>). (OSS, 2015)

Ses réserves en eau sont estimées à 60 000 milliards de m<sup>3</sup> répartis sur deux aquifères superposés : le Continental intercalaire (CI), d'une profondeur qui atteint 3 000 m à certains endroits, et le Complexe terminal (CT) d'une profondeur comprise entre 300 et 500 m. Selon les estimations de l'OSS et des pays, la recharge annuelle du système aquifère s'élève à un milliard de m<sup>3</sup>, alors que les prélèvements sont passés de 0,6 milliard de m<sup>3</sup>/an, au début des années 1970, à 2,7 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2012. En cinq décennies, l'exploitation des eaux du SASS a quadruplé en faisant basculer le système dans un état de surexploitation, dont le seuil a été franchi au début des années 1980.

En Algérie, ce système aquifère couvre une surface de 700 000 Km<sup>2</sup>, et est d'une épaisseur de 4000 à 5000 mètres environ (Cornet, 1964). L'anticlinal du M'Zab, véritable passerelle structurale entre l'Atlas saharien et le plateau de Tademaït, divise ce réservoir « multicouche » en deux (02) sous bassins hydrogéologiques, l'un occidental de 280 000 Km<sup>2</sup>, recouvert partiellement par le Grand Erg Occidental, et l'un oriental, le plus étendu avec 500 000 Km<sup>2</sup>, occupé en grande partie par le Grand Erg Oriental.

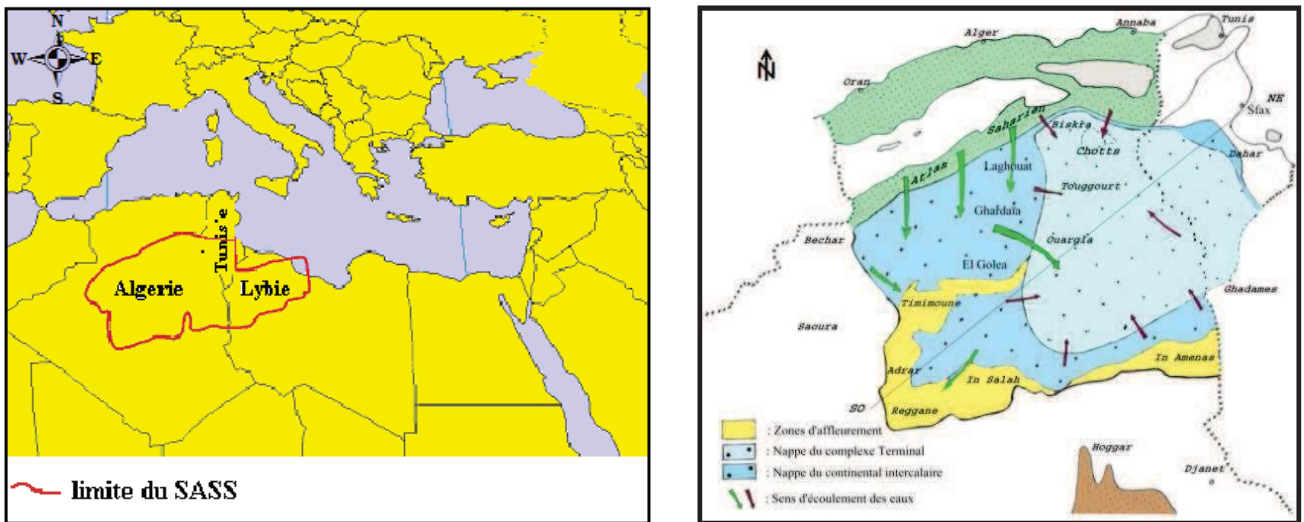


Figure II.03 : Carte d'extension géographique du système aquifère CI et CT (UNESCO, 1972)

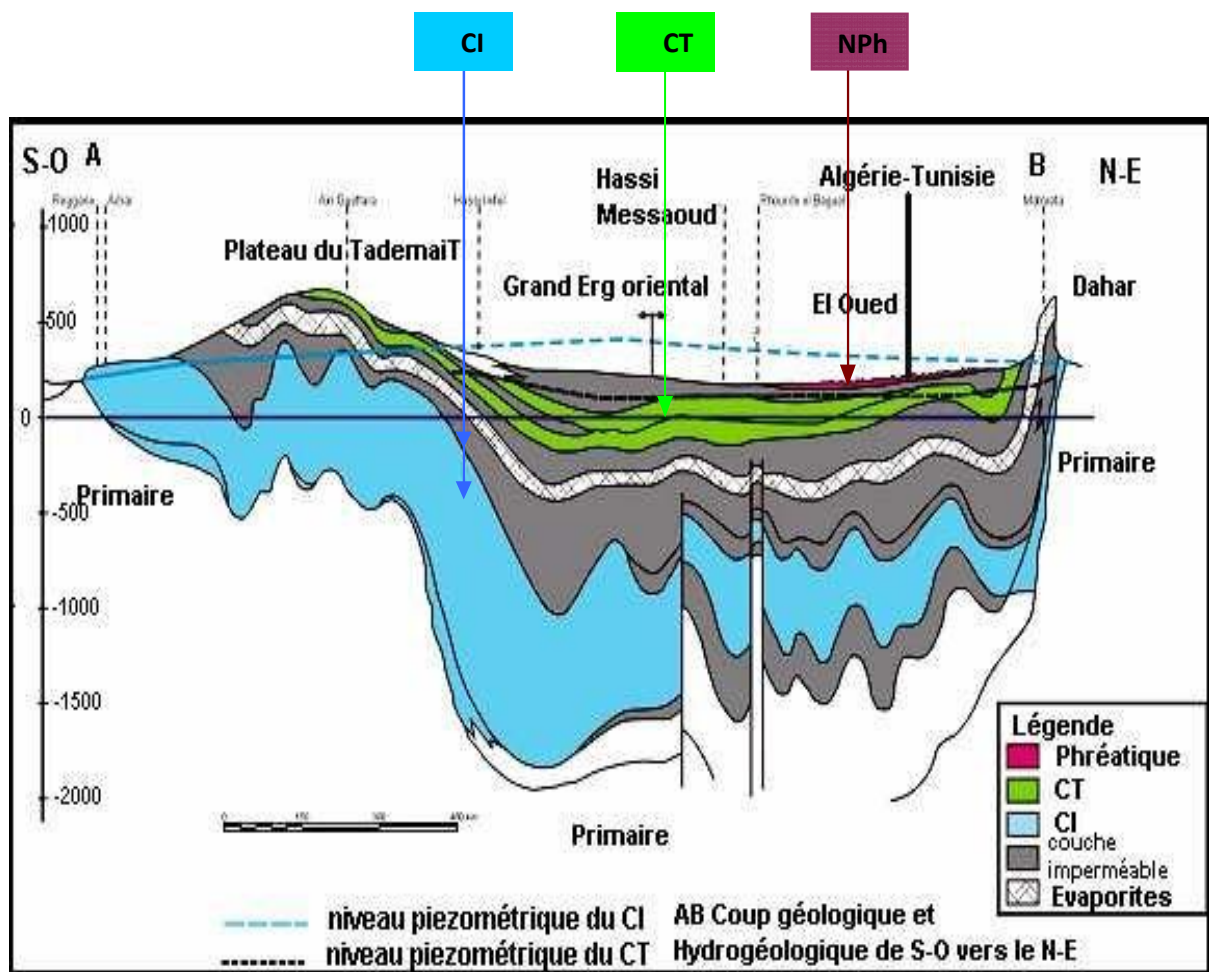


Figure II.04 : Coupe hydrogéologique dans le système aquifère de sahar (UNESCO, 1972)

## **II.2.1 Présentation des nappes aquifères de la région d'El-Oued:**

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 ; Castany, 1982 ; UNESCO, 1972)

D'après les études hydrogéologiques, nous observons l'existence de trois types de nappes :

- une nappe libre superficielle ;
- nappes captives de Complexe Terminal;
- nappe captive de Continental Intercalaire.

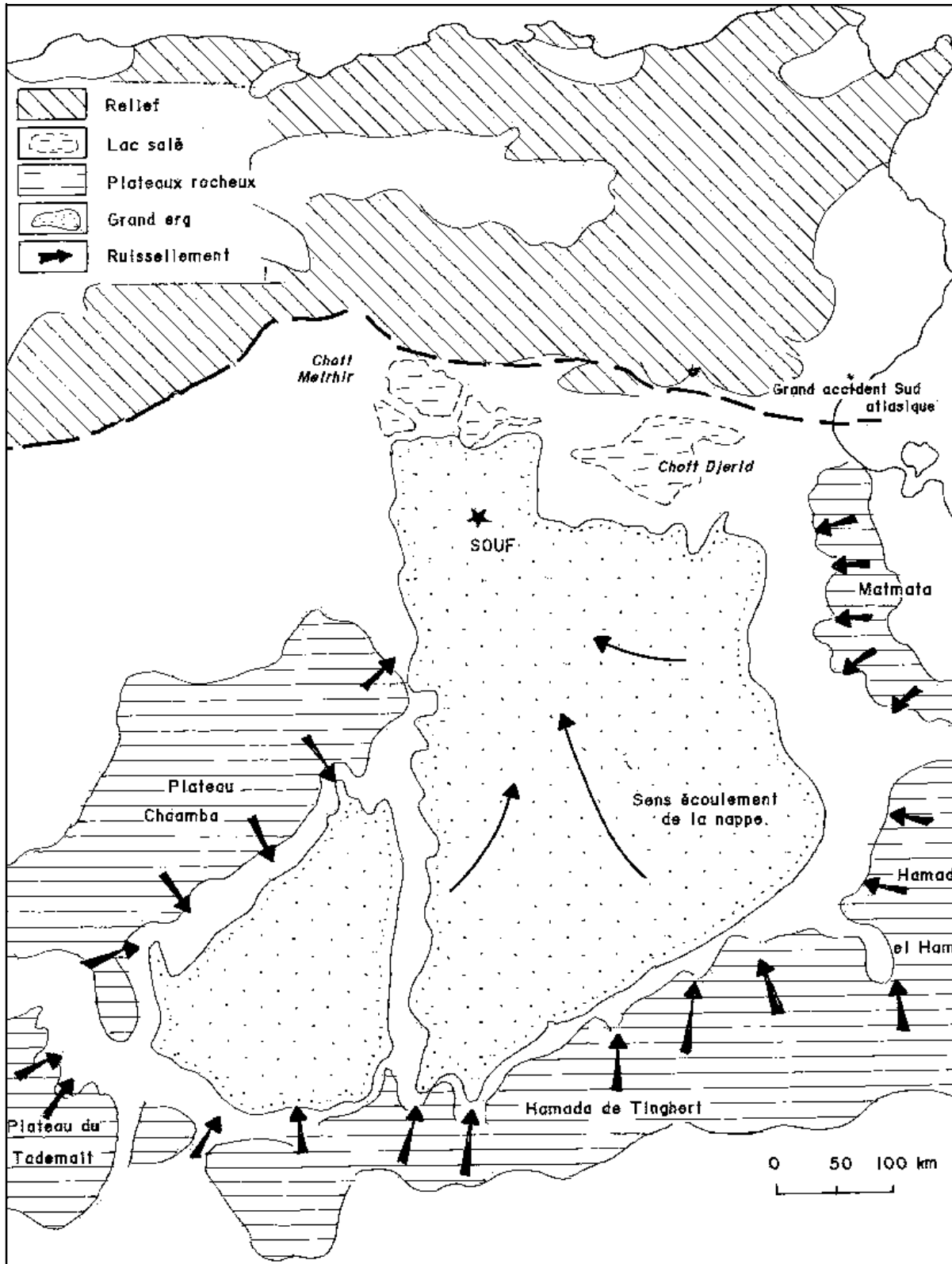
### **II.2.1.1 Nappe libre :**

Elle est contenue dans les niveaux sableux et argilo-évaporitiques du Quaternaire, pelliculaires par rapport à la nappe des sables qui lui succède en profondeur, dont elle est généralement séparée par un niveau semi-perméable du Moi-Pliocène. Dans ces régions, on assiste au phénomène de remontée du niveau de la nappe phréatique, lié au développement de l'irrigation (prélèvements excessifs dans les nappes profondes) et au manque de drainage.

La nappe libre est découverte dans toutes les oasis d'el-oued et correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire. Son épaisseur varie entre 40 et 100 mètres environ.

Vu son importance, cette nappe représente la source principale en eau des palmeraies. elle est surtout exploitée par des puits traditionnels (environ 10000 puits).

Les principales sources d'alimentation de cette nappe sont les pluies torrentielles, viennent s'ajouter depuis quelques années, les eaux d'irrigation provenant des nappes profondes (complexe terminal et continental intercalaire) et enfin les eaux de rejets vu l'inexistence un réseau d'assainissement et d'exutoire naturel.



**Figure II.05 :** Zone d'alimentation de la nappe phréatique et le sens d'écoulement de la nappe

(Marc Cote, 2006)

### II.2.1.2 Nappes du complexe terminal (CT) :

On regroupe sous le nom de “ Complexe Terminal ” l'ensemble des formations les plus récentes allant du Sénonien supérieur (carbonaté) au Mio-Pliocène . Cette dénomination semble être préférable à celle de “ Continental Terminal ” d'abord parce que certains nombres des formations calcaires ne sont pas, à proprement parler, d'origine continentale. Ensuite parce que le terme “ complexe ” représente bien le fait que plusieurs aquifères, en plus ou moins étroite relation, sont regroupés au sein d'un même réservoir. Ces aquifères sont, dans la partie centrale du bassin :

- le Sénonien et l'Eocène carbonatés (Eocène inférieur),
- le Miopliocène sableux (Continental Terminal au sens strict).

Les sables du Miopliocène recouvrent en discordance presque tout le domaine, sauf sur les bordures, où ils s'interrompent. Le réservoir n'est plus alors représenté que par les calcaires sénoniens, relayés à leur tour vers l'extérieur par les dolomies turoniennes. Celles-ci, qui sont fissurées sur leurs zones d'affleurement, participent alors au réservoir, tandis qu'en profondeur elles perdent leur fissuration et (ou) renferment de l'eau salée lorsqu'elles sont aquifères.

D'après CORNET 1964, nous rappelons l'existence de 03 nappes de complexe terminal dans la région d'El-Oued dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge Mio-Pliocène, alors que la dernière est d'âge Eocène Inférieur et Sénonien carbonaté, il s'agit de la nappe des calcaires.

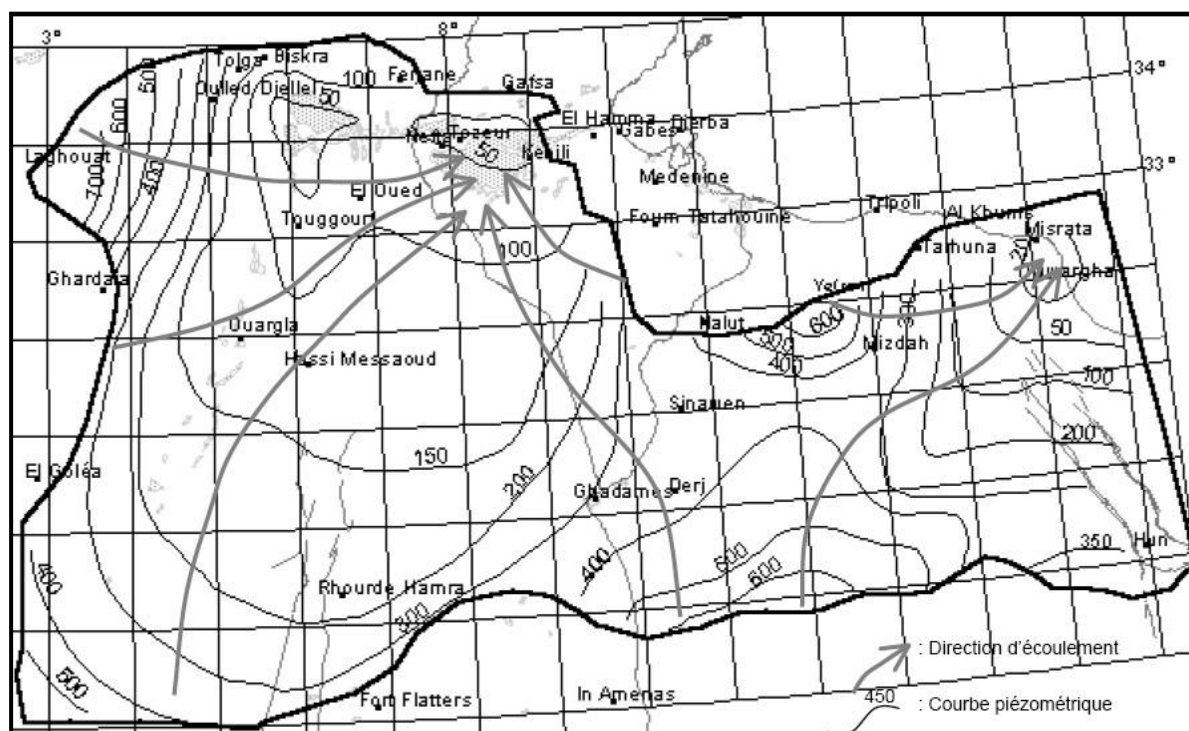
a- Nappes des sables : Au sein de ces niveaux sableux, viennent s'engendrer deux nappes semi captives, dont la première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal appelée communément réservoir du « Sub-Souf ». Cette nappe constituée de sables et sables argileux, faisant partie du Complexe Terminal, plonge progressivement vers le Nord du Sahara en direction de la fosse Sud aurésienne, dans la région d'étude elle se trouve à une profondeur comprise entre 200 m à 400 m.

La deuxième nappe de sables d'âge Miocène supérieur (Pontien), constituée de sables grossiers et de graviers, se trouve au dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires en contact avec les argiles et les marnes d'âge Eocène moyen. la profondeur de cette nappe varie entre 250 et 700 mètres cependant elle n'est pas présente dans toute la région d'El-Oued (El-ogla et Amiche). Elle se développe du sud-est vers nord-ouest, Les deux nappes constituent une nappe captive multicouches, appelée nappes des sables.

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

Dans la zone à forte exploitation au niveau de la ville d'El-Oued, l'extraction des eaux se fait par pompage. Par contre dans les régions où l'exploitation est moindre (Taleb Laarbi et Douar El Maa), la nappe est jaillissante. C'est le cas de la nappe du Pontien. les forages captant cette nappe donnent un débit variant de 10 l/s à 30 l/s

B – la nappe des calcaires : La nappe des calcaires est constituée de deux formations d'âge différents est sont représentées par les formations calcaires de l'Eocène Inférieure et du Sénonien carbonaté ; sa profondeur varie entre 500 et 800 mètres. cette nappe a un contact direct avec la première nappe des sables à El-Ogla et Amiche et la deuxième nappe des sables à El-Oued. Elle plonge vers le Nord-Ouest et se cache sous un toit imperméable constitué d'argiles et de marnes d'âge Eocène Moyen. sur le reste de la zone d'étude. le sens d'écoulement est orienté du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Les débits des forages captant cette nappe sont de l'ordre de 30 l/s avec un résidu sec variant entre 2 g/l et 3 g/l.



**Figure II.06 :** Limites de l'aquifère du Complexe terminale avec les niveaux piézométrique et Les sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

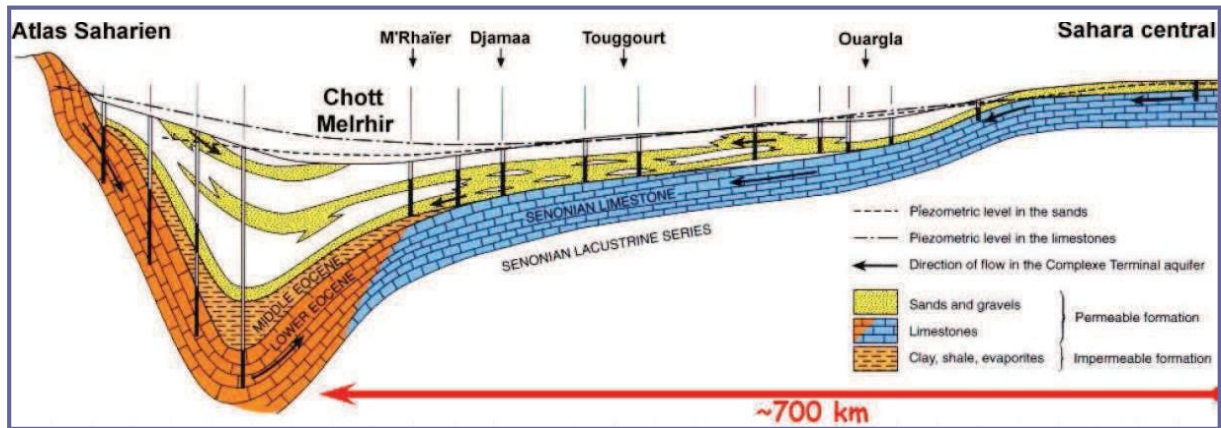


Figure II.07: Coupe hydrogéologique transversale du CT (UNESCO, 1972)

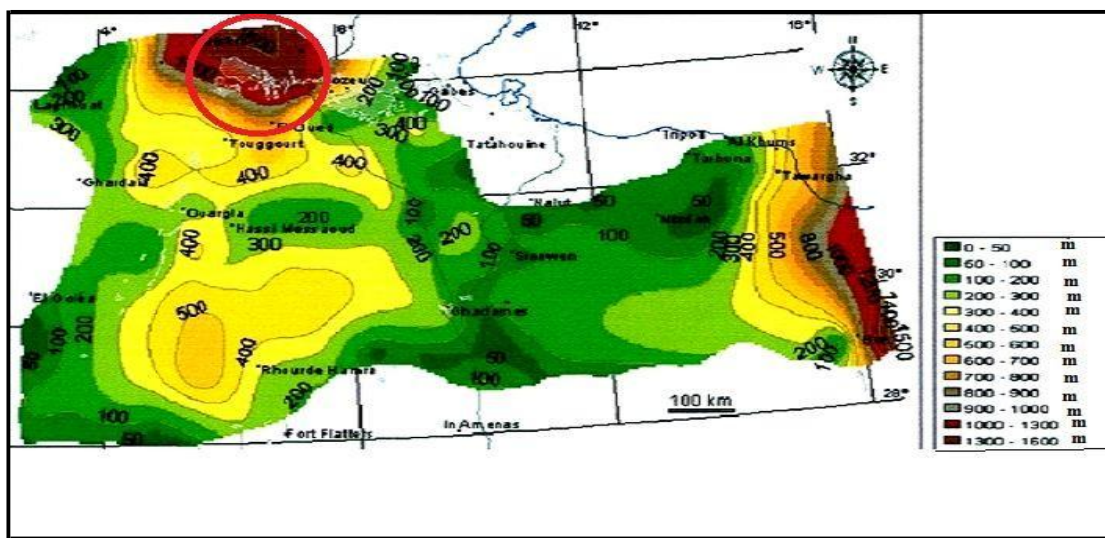


Figure II.08 : Carte des épaisseurs de CT (OSS, 2003)

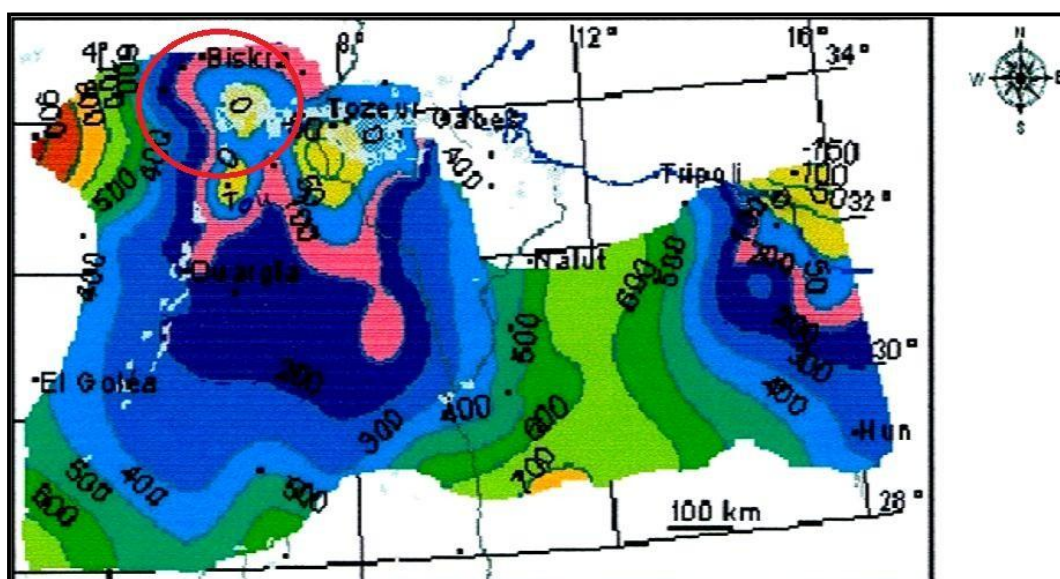


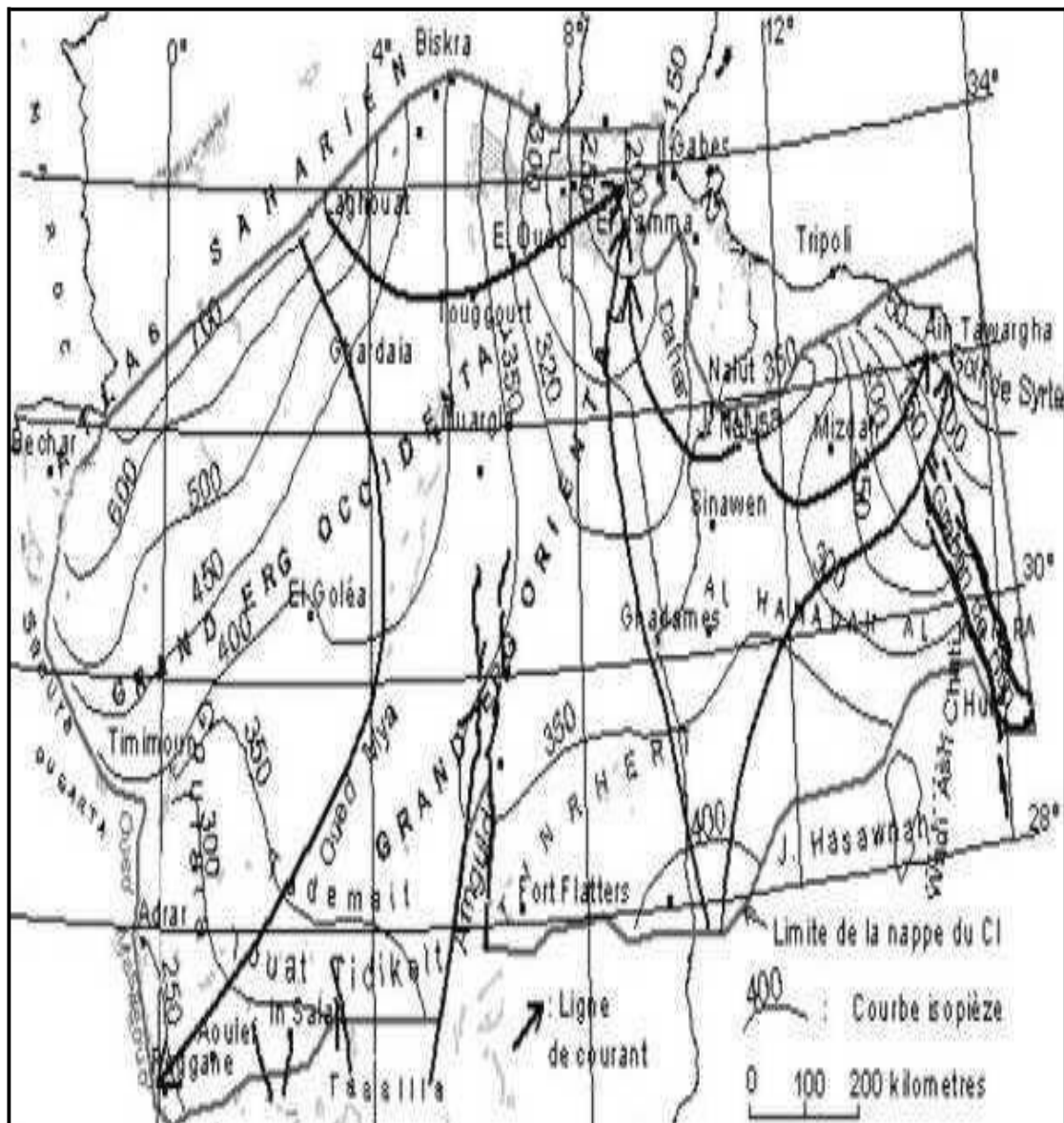
Figure II.09 : Carte de profondeur du toit du CT (OSS, 2003)

### **II.2.1.3 Nappe du Continental Intercalaire (CI):**

On appelle “ Continental Intercalaire ” au sens large l'ensemble des dépôts sédimentaires du 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, voir franchement marins, nous préférons emprunter la définition hydrogéologique plus classique d'un continental intercalaire au sens strict réduit aux seuls dépôts détritiques (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 Néocomien 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 algérien et tunisien, 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).

La profondeur de la nappe du continental intercalaire dans la région d'El-Oued est variée entre 1600 et 2000 m. L'épaisseur utile totale du réservoir (c'est-à-dire l'épaisseur des dépôts perméables aquifère) peut atteindre 900 mètres, avec un débit jaillissant variant de 150 l/s à 200 l/s. Le résidu sec de ses eaux est de l'ordre de 2 à 3 g/l. La température de l'eau avoisine les 60°C.



**Figure II.10 :** Limite de l'aquifère du Continental Intercalaire avec les niveaux piézométrique et le sens d'écoulement (Baba SY et al., 2006)

## II.2.2 ESTIMATION DES RESERVES :

Les études hydrogéologiques montrent que le Sahara renferme d'énormes réserves d'eaux souterraines, constituée par des grès de porosité 25%, le bassin considéré ayant 600 000 Km<sup>2</sup> (en Algérie), l'étude UNESCO (1972) évalue approximativement la réserve d'eau moyenne de l'ensemble des aquifères du CI et du CT à 60000 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

MARGAT (1992), sans détail précis sur la méthode de calcul, fait état de 40000 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> de réserves aquifères du CI. Il évalue la réserve du CT (couvrant 350 000 Km<sup>2</sup>) à 20 000 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>.

Nous tentons, ici, d'évaluer la ressource dans les aquifères du Sahara septentrional au dessous de la région du Souf. Les réserves totales contenues dans le réservoir représentent le volume total des formations aquifères, auquel est appliquée la porosité efficace (OSS 2002).

L'estimation des réserves, des aquifères de la nappe phréatique, du CT et du CI est rendue possible après la connaissance de l'épaisseur moyen de chaque aquifère

Le volume utile ou la réserve est calculée par la formule :  $V = e \times s \times ne$

Où *e* : épaisseur moyen

*s* : la superficie

*ne* : la porosité efficace

D'après les études faites par l'ANRH pour mieux connaître les aquifères du Sahara septentrional, ces études nous a permis d'avoir une estimation de l'épaisseur moyen de chaque aquifères.

**Tableau II.02:** Étendue et volume des ressources en eaux souterraines

<i>La nappe souterraine</i>	<i>La superficiel (l'étendue)</i>	<i>Le volume</i>	<i>Le temps de renouvellement</i>
<i>La nappe phréatique</i>	250 000 km <sup>2</sup>	/	6 000 ans
<i>La nappe du complexe terminal</i>	350 000 km <sup>2</sup>	/	/
<i>La nappe du continental intercalaire</i>	600 000 km <sup>2</sup>	60 000 .10 <sup>9</sup>	70 000 ans

Source : ANRH 2005

**Tableau II.03 : Récapitulatif des systèmes aquifères d'El-Oued.**

Nature hydrogéologique		Nature lithologique	Etage		Ere
Nappe phréatique		Sables	Quaternaire		
Niveau imperméable		Argiles			
1 <sup>re</sup> nappe des sables	Complexe Terminal	Sables	Pliocène		Tertiaire
Semi-perméable		Argiles gypseuses			
2 <sup>me</sup> nappe des sables		Sables grossiers, graviers	Pontien	Miocène	
Niveau imperméable		Argiles lagunaires, marnes	Moyen	Eocène	
Nappe des calcaires (perméables)		Calcaire fissuré	Inférieur	Crétacé	
Semi-perméable		Evaporites, argiles	Sénonien lagunaire		
Niveau imperméable	Argiles, marne	Cénomaniens			
Nappe de Continental Intercalaire	Sables et Grés	Albien			Secondaire

Source : DRE 2005

## **II.2.3 Aperçu sur la qualité des eaux souterraine dans la région d'Oued Souf :**

### **II.2.3.1 La qualité des eaux de la nappe phréatique :**

Selon (MESSEKHER I , 2010) Les eaux de la nappe phréatique du Souf, de qualité chimique très dégradée, sont caractérisées par une minéralisation très élevée (Moulla et al, 2005). Les faciès chimiques prédominants sont sulfatés à chlorurés sodiques, typiques des régions évaporitiques et sont répartis d'une manière diffuse à travers toute la vallée. La présence des nitrates dans les eaux souterraines est généralement considérée comme un indicateur de pollution d'origine agricole. Ils proviennent également de l'azote organique du sol ainsi que des eaux usées domestiques non traitées. La teneur admissible fixée par l'OMS est de 45 mg/l. Selon cette norme, la plus grande partie de la zone est au-dessus du taux acceptable pour l'eau de boisson. Les rares endroits où le taux de nitrates est inférieur à 45 mg/l sont : • les plantations irriguées par des forages du CT au domaine Daouia, à Foulia et à Hobba par dilution des nitrates par l'eau des nappes profondes, • dans les ghouts ennoyés recouverts de roseaux et au niveau du rejet d'El-Oued par utilisation des nitrates par les roseaux, • quelques points localisés où la dénitrification a pu s'effectuer correctement

### **II.2.3.2 La qualité des eaux de la nappe de complexe terminal CT :**

Selon (KHECHANA S , 2014) .... Au cours de ce travail, on a pu définir la qualité des eaux de la nappe du CT, du point de vu potabilité et aptitude à l'irrigation. D'après l'interprétation des analyses physico- chimiques, ces eaux sont trop salées et la concentration des éléments majeurs dépasse de loin les normes de potabilité de l'OMS, ce qui nous laisse parler à des eaux de mauvaise qualité pour la consommation humaine.

La classification des eaux du CT selon le diagramme de Richards montre qu'elles ont des conductivités très fortes et sont impropres pour les utilisations agricoles.

Selon (KHOMRI A K , GHRAIRI Y , 2010) Dans la région d'El Oued, le faciès chimique dominant des eaux de la nappe du Complexe Terminal est sulfaté magnésien. Les eaux de cet aquifère présentent un résidu sec variant entre 1,6 à 2,7 g/l.

### **II.2.3.3 La qualité des eaux de Nappe du Continental Intercalaire (Albienne) :**

Selon (KHOMRI A K , GHRAIRI Y , 2010) Les eaux de la nappe du continental intercalaire (albienne) présentent un résidu sec variant entre 1,8 à 2,1 g/l. Le faciès chimique dominant est de type sulfaté magnésien au Sud, tandis qu'au Nord, il est sulfaté sodique. La qualité chimique est généralement passable à médiocre.

**Tableau II.04** : duretés des eaux de la région du Souf.

<i>Région</i>	<i>Nappe</i>	<i>Valeur Min (F°)</i>	<i>Valeur Max (F°)</i>
<b>El Oued</b>	<b>Phréatique</b>	<b>144</b>	<b>666</b>
	<b>CT</b>	<b>88</b>	<b>144</b>
	<b>CI</b>	<b>77</b>	<b>122</b>

(ANRH : 2005)

**Tableau II.05**: faciès chimique des différentes aquifères dans la région du Souf.

<i>Nappe</i>	<i>Faciès</i>
<b>Phréatique</b>	Chlorurées et sulfatées, calciques et magnésienne. Les anions dominants sont $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{HCO}_3^-$ Les cations dominants sont $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2} > \text{Na}^+$
<b>CT</b>	Type chloruré sodique et potassique. Les cations dominants sont $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$ Les anions dominants sont $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{-2} > \text{HCO}_3^-$
<b>CI</b>	Sulfatées et chlorurées calcique et magnésiennes. Les cations dominants sont $\text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$ Les anions dominants sont les sulfates $\text{SO}_4^{-2} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ ( $\text{SO}_4^{-2} > 50\%$ )

(ANRH : 2005)

## **II.2.4 CONCLUSION**

D'après ce synthèse bibliographique, nous constatons que la région d'oued Souf est disposée d'une réserve hydrique très importante, présenté sous forme de trois nappes souterraines : la nappe phréatique, la nappe du complexe terminal (CT) et la nappe du Continentale intercalaire (CI).

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

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

D'une façon générale les qualités des eaux souterraines de la région sont caractérisées par une minéralisation élevée et elles sont apparues globalement médiocres à mauvaises avec des valeurs non conformes aux normes de potabilité .

***Chapitre III :***  
***Matériels et Méthodes***

### III.1 Présentation des stations d'étude :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les stations d'étude et les étapes de notre travail commençant par la réalisation des analyses physicochimiques des eaux effectués sur les 27 échantillons prélevés des forages de différentes nappes: 12 puits améliorés (nappe phréatique), 12 forages CT et 03 forage Albiens CI.

Les choix de ces stations obéit à des raisons de facilité d'accès et de proximité, et pour balayer toute la zone d'étude , il s'agit des stations en service :

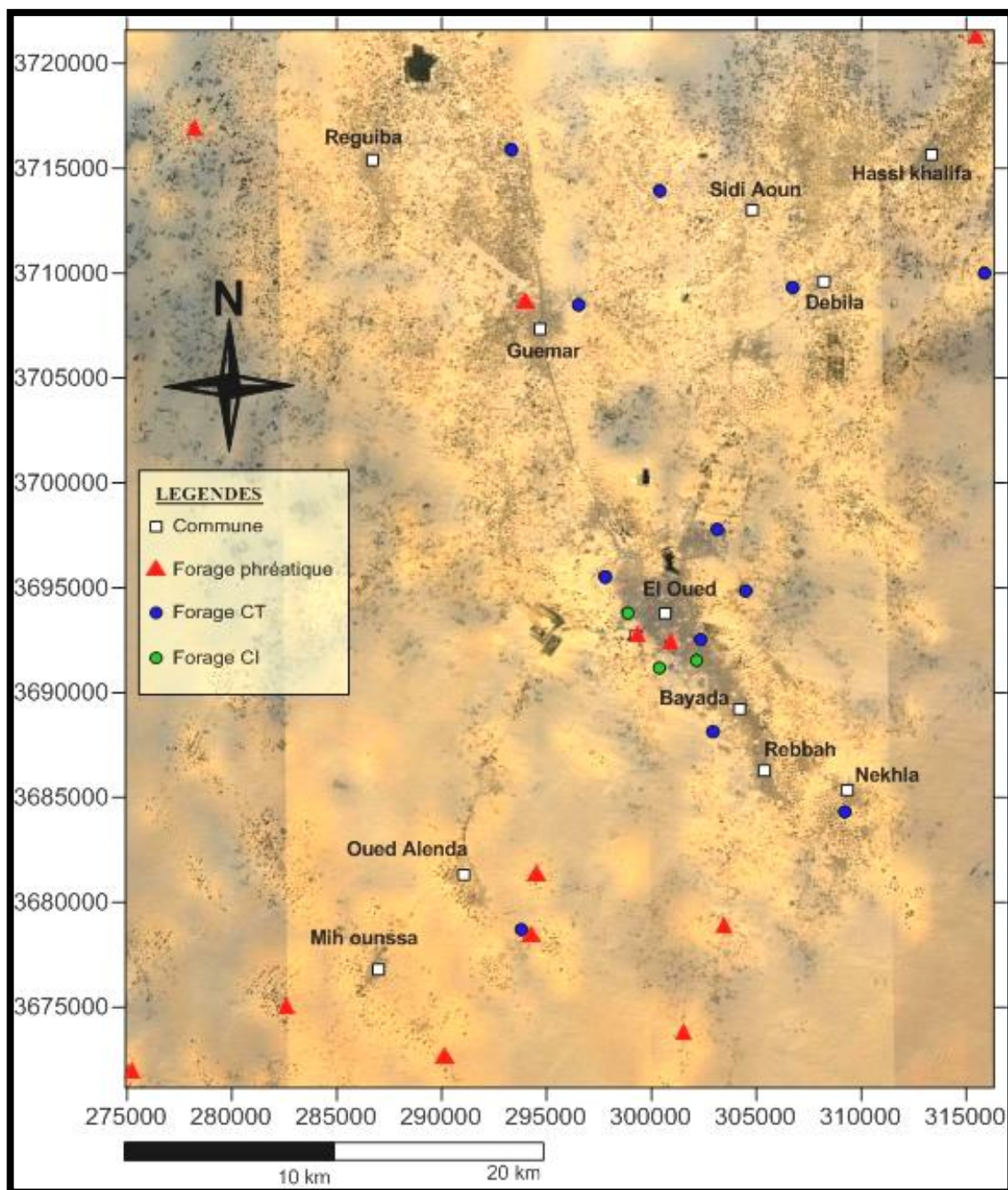


Figure III.01: Localisation des points d'eau échantillonnés de la région.

**Tableau III.01:** Les forage du continental intercalaire CI (albiens) choisis

Forages (Commune)	Année de réalis	Les coordonnées			Prof (m)	Debit (l/s)	N S (m)	N D (m)	Usage
		X	Y	Z					
Route Touggourt	1986	298884	3693421	87	1850	100	13 bar	AEP	
Chouhada	1987	302075	3690921	77	1842	140	14 bar	AEP	
19 mars	2011	300311	3690629	105	1883	180	15 bar	AEP	

(DRE, 2016)

**Tableau III.02 :** Les forage de complexe terminal CT choisis

Forages (Commune)	Année de réalis	Les coordonnées			Prof (m)	Debit (l/s)	N S (m)	N D (m)	Usage
		X	Y	Z					
Ouled rehouma (Sidi Aoun)	2013	301241	3714412	44	354	40	34.41	42.21	AEP
Erg Souari Ghamra (Guemar)	2012	294364	3716709	54	364	40	37	55	AEP
EST (Guemar)	2013	297270	3708836	55	348	42	37.54	47.70	AEP
Sahine (Trifaoui)	2013	316326	3709779	50	341	39	36.10	53.05	AEP
Sommam (Bayada)	2013	302810	3687309	77	255	28	54	99.04	AEP
Dabadib (OuedAlenda)	2013	293882	3677485	97	222	42	32	68	AEP
Debila Garbia (Debila)	2007	307296	3709370	66	358	40	33.94	51.76	AEP
Nekhla Garbia (Nekhla)	2013	308873	3683112	80	238	34	37.56	59.64	AEP
forage 8 Mai (Eloued)	2010	303370	3697411	68	293	41	37.5	42.05	AEP
Bouhmid 01 (Eloued)	1988	304611	3694298	75	275	45	32	41.62	AEP
cité Nassime (Eloued)	2008	302423	3691932	92	266	43	33.8	40	AEP
Teksebt Ghar (Eloued)	2010	298031	3695243	79	278	40	42.3	47	AEP

(DRE, 2016)

**Tableau III.03:** Les puits améliorées de la nappe phréatique choisis

Puit (Commune)	Année de réalis	Les coordonnées			Prof (m)	Debit (l/s)	N S (m)	N D (m)	Usage
		X	Y	Z					
El Katef (MihOuanssa)	2008	282328	3674223	96	64	13	8.9	14.4	AEP
Geddachi (Rebbah)	2016	300875	3672224	95	56	12	17	25	AEP
Debidibi (Rebbah)	2014	303007	3677535	86	56	8	15	19.9	AEP
Herouila (MihOuanssa)	2014	289682	3671458	102	60	6	14	19	AEP
Bougssisia (HassiKhalifa)	2008	316310	3721585	45	61	18	3.9	16.22	AEP
Dmirini (MihOuanssa)	2008	274919	3671156	103	56	13	12,5	21,7	AEP
Nadour (Reguiba)	2008	279486	3718261	56	50	6	-	-	AEP
Chegamet (OuedAlenda)	2008	294296	3680396	94	60	7	14,8	22,5	AEP
Dabadibe (OuedAlenda)	2008	293882	3677485	97	52	10	11,3	20,2	IRR
Piscine 19 Mars (ElOued)	2006	300938	3691739	96	58	-	-	-	Piscine
Forg Irrg Centre de finance (ElOued)	2007	299397	3692210	91	58	-	-	-	IRR
Piscine (Guemar)	2009	294704	3709082	63	48	7	18	24	Piscine

(DRE, 2016)

### III.2 Conditions et mode d'échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

En outre Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau distillée puis séchés. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat si l'échantillon n'est pas excessivement pollué. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse des éléments minéraux seront traités à l'acide nitrique .tout ces étapes sont réalisés à l'aide de laboratoire d'ADE d'ElOued .

### III.3 Appareils utilisés et mode opératoire :

#### III.3.1 Le potentiel hydrogène "PH" :

Méthode Potentiométrique

##### Principe de la méthode

Détermination potentiométrique de la concentration des ions hydrogènes dans l'eau.

##### Réactifs

1- solution tampon à PH=4      2- solution tampon à H=6.9      3 - solution tampon à PH=9.2

##### Mode opératoire

Après avoir étalonné le PH-mètre à l'aide des solutions tampons, on lave soigneusement les électrodes avec l'eau distillée. Ensuite, on les introduit dans la solution, agitée pour déterminer son PH .

#### III.3.2 La conductivité électrique :

##### Principe de la méthode

La conductivité électrique offerte d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes.

##### Mode opératoire

On lave soigneusement les électrodes à l'eau distillée, et on les plonge dans l'échantillon, agitée. Ensuite, on lit la température de l'échantillon et on la fixe sur le compensateur du conductimètre. Enfin, on lit la conductivité sur l'échelle, le résultat est exprimé en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et  $\text{mS}/\text{cm}$ .



**Photo III.01 :** Appareil PH mètre et Conductivimètre

### III.3.3 La Température:

La mesure de la température est effectuée sur le terrain sur le thermomètre après son immersion dans l'eau pendant une durée de 10 minutes.



Photo III.02 : thermomètre

### III.3.4 Calcium :

Il pourrait se déterminer par l'utilisation de la méthode par absorption atomique basée sur la propriété qu'ont les atomes neutre d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum d'énergie.

On acidifie par 1ml de HCL un échantillon de 100ml d'eau. On porte à l'ébullition. Après refroidissement, ramener au volume initial. On dilue à l'aide de la solution de chlorure de strontium de façon à ramener les teneurs dans . s'effectue à une longueur d'onde de 422.67 nm

### III.3.5 Magnésium :

On évapore le filtrat acétique provenant 150ml. On ajoute 2 gouttes de HCl puis 20ml à l'ébullition. On neutralise la solution encore cl volume d'ammoniaque pure. Agiter et laisser au repos 12 heures à la température ambiante. Filtrer sur filtre sans cendres et laver la précipité a l'ammoniaque au 1/2. Sécher puis calciner au rouge vif dans une capsule tarée. Peser ,soit P mg de pyrophosphate de magnésium.



Photo III.03 : Spectrophotomètre d'absorption atomique

### III.3.6 Sodium :

Dans deux tubes à centrifuger conique de 15 ml. On introduit dans le premier 2 ml d'eau analyser et 11 ml de réactif ZUA et dans le second 2ml d'eau distillée et 11ml de ZUA. On mélange avec un agitateur (2mn) et on laisse reposer pendant 15mn. On centrifuge pendant 15 mn puis on décante le liquide surnageant. On lave le précipité en le remettant en suspension dans 2 ml d'alcool acétique puis on centrifuge et laisse ce décanter.

Enfin, on effectue les lectures au spectrophotomètre à la longueur de l'onde de 420 nm. On se reporte à la courbe d'étalonnage.

### III.3.7 Potassium :

On évapore au bain marie 100ml d'eau à analyser en présence de 1ml de solution de soude au 1/4. Porte le résidu à l'étuve à 180 °c 2 heures. Reprendre par 5 à 10ml d'eau distillée chaude acidifié par HCl . Transvaser dans un tube à centrifuger puis traiter ensuite la solution comme les tubes étalons. Enfin, on effectue les lectures au spectrophotomètre à 590nm tout en se reportant à la courbe d'étalonnage.

### III.3.8 Anhydrique carbonique :

Dans une fiole jaugée de 200ml. On introduit 10ml de solution d'hydroxyde de sodium N/40, puis on complète avec de l'eau à analyser. On ajoute 6 à 8 gouttes de solution de phénolphtaléine.

On titre ensuite avec HCl N/10 jusqu'à décoloration. La quantité de CO<sub>2</sub> en ml litre est donnée par l'expression:  
 $1.0526 A \times 22$



Photo III.04 : Titration

### III.3.9 Sulfates :

On introduit 100ml d'eau à analyser dans un bécher. On ajoute 5 ml de HCl à 10%. On chauffe jusqu'à ébullition. On fait tomber goutte à goutte 20ml de solution de chlorure de baryum à 10% .On prolonge l'ébullition et on laisse reposer. On décante sur un filtre puis on lave la précipité avec H<sub>2</sub>O. on calcine et on refroidit dans un dessiccateur et on pèse. Soit P le poids de sulfate de baryum trouvé. la teneur en sulfates en mg/l est :  $P \times 10 \times 0.416$ .

**III.3.10 Chlorures:**

On introduit 10ml d'eau à analyser filtrée dans un erlenmeyer de 250ml. On ajoute 2 à 3 gouttes de  $\text{HNO}_3$  puis une pincée de  $\text{CaCO}_3$  et 3 gouttes de solution de chromate de  $\text{K}^+$  0 10%. On verse par une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre. Soit  $V$  le nombre de ml de nitrate d'argent N/10 utilisés. La teneur en mg de chlorure par litre d'eau est :  $V \times 10 \times 5.85$ .

**Conclusion :**

Afin de concrétiser une étude se rapportant à l'hydrochimie des différentes nappes sous terraines d'El Oued, nous avons repéré dans la mesure du possible le maximum des forages d'eau ayant une bonne répartition significative dans toute la vallée d'El Oued.

Des mesures in situ et des analyses au laboratoire ont été effectuées et ont porté sur un certain nombre de paramètres physicochimiques.

Des programmes informatiques ont été utilisés pour représenter les paramètres sus indiqués et en tirer des renseignements particuliers.

***Chapitre IV :***  
***Résultats et Discussion***

### IV.1 Introduction :

On sait que les caractéristiques chimiques des eaux souterraines sont presque toujours Influencées par la nature physico-chimique du terrain constituant leurs aquifères.

De plus la vitesse de circulation dans l'aquifère est un facteur important, suivant lequel Les contacts eaux et sol peuvent être court ou long, diminuant ou augmentant l'importance des échanges ioniques entre l'eau et le terrain qui les contient, par ailleurs on sait que la Perméabilité d'un aquifère est un facteur important agissant sur la vitesse de circulation de la nappe contenue suivant sa pente (Aya B; 2014).

Nous exposons dans ce chapitre les caractéristiques physico-chimiques de différents nappes (phréatique, CT et CI) dans la région d'étude et nous allons faire une interprétation des résultats des compositions chimiques.

Les éléments dosés ont été portés essentiellement sur les cations ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ) et les anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  et  $\text{NO}_3^-$ ).

Le principal objectif de cette étude est de donner un aperçu sur la qualité physico-chimique des eaux souterraines de différents nappes (phréatique, CT et CI) et la comparaison entre eux d'une part, et entre les normes de potabilité Algérienne et celles de l'OMS d'autre part . Grâce à un échantillonnage suffisamment représentatif de la nature des eaux de la région, aussi bien les eaux destinées à l'alimentation en eau potable que les eaux d'irrigation.

## IV.2 Identification des faciès chimiques des eaux :

Il existe plusieurs classifications des faciès des eaux naturelles; on distingue deux critères fondamentaux de classification :

- La composition chimique.
- L'origine et le gisement des eaux.

Les principales classifications basées sur la composition chimique des eaux naturelles et les plus utilisées sont celles de PIPER, STABLER et SCHOELLER.

### IV.2.1 Diagramme de Piper:

C'est une représentation graphique de la chimie d'un ou plusieurs échantillons d'eau. Les anions et les cations sont représentés dans deux diagrammes ternaires distincts.

Les deux diagrammes ternaires sont projetés dans un losange déterminant le faciès chimique d'une eau. Les unités de mesures utilisées sont les % de meq/l.

Ce type de représentation est particulièrement adaptée pour étudier l'évolution, dans le temps, du faciès des eaux

Les diagrammes de nos analyses sont représentées sur les figures : (IV.01) (IV.02) (IV.03).

Selon ces diagrammes, on remarque que :

- a- Dans les cas concernant les eaux de *la nappe phréatique*, la majorité des échantillons se situent sur les pôles : faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésienne. ce qui est probablement dû à la dissolution des évaporites.
- b- Dans les cas de eaux de *la nappe CT* ce diagramme de piper, permet d'avoir une approche globale de la composition chimique des eaux souterraines.  
Nous remarquons que la plus part des eaux analysées(75%) présentent un faciès Chlorurées et sulfatées calciques et magnésiennes et (25%) présentent un faciès chloruré sodique et potassique, en liaison avec la nature lithologique des terrains aquifères.
- c- Dans les cas de eaux de *la nappe CI* , On remarque que les eaux analysées présentent un faciès Chlorurées et sulfatées calciques et magnésiennes en liaison avec la géologie de l'aquifères.

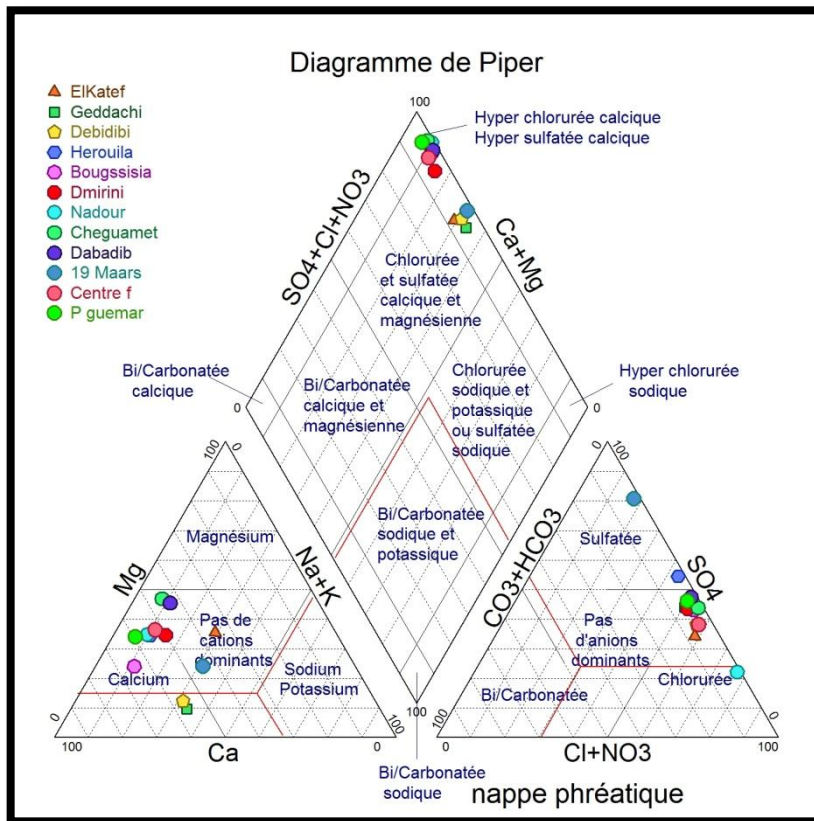


Figure IV.01: Le diagramme de Piper des eaux de la nappe phréatique région de Oued Souf, mars 2016

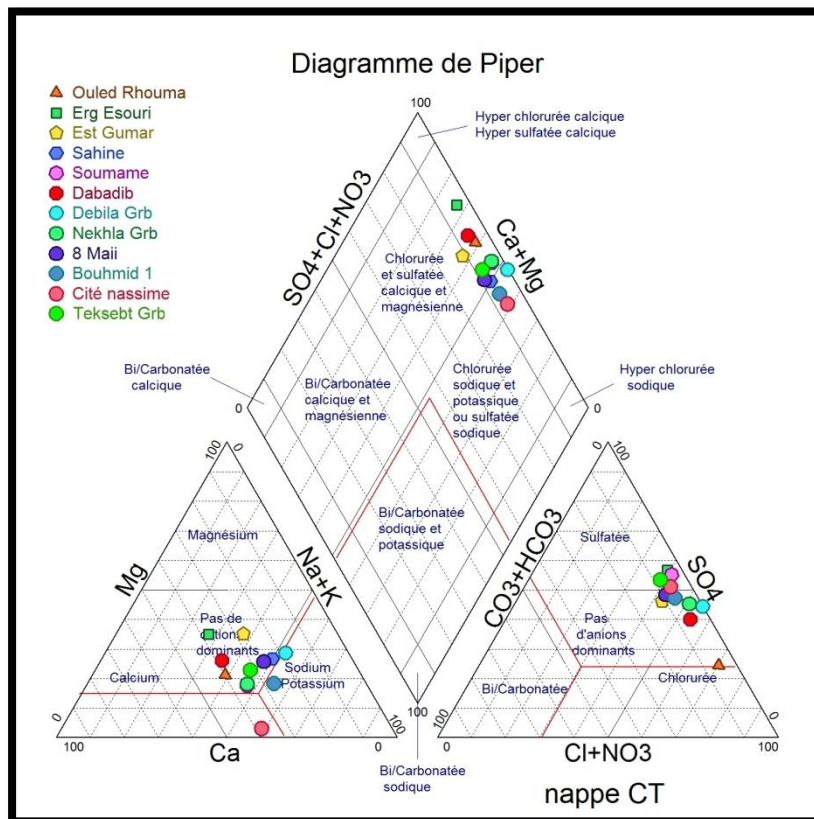
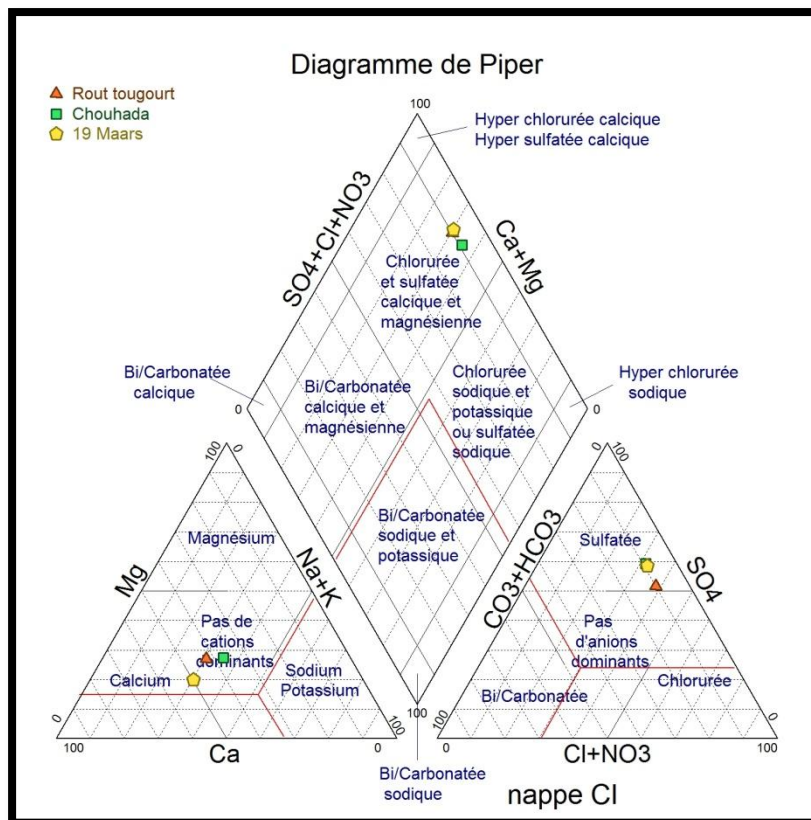


Figure IV.02 : Le diagramme de Piper des eaux de la nappe de CT région de Oued Souf, mars 2016



**Figure IV.03 :** Le diagramme de Piper des eaux de la nappe de CI région de Oued Souf, mars 2016

#### IV.2.2 Diagramme de Schoeller- Berkaloff:

Il permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux à la fois. La concentration de chaque éléments chimiques est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. Une ligne brisé est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques. Les concentrations sont exprimées en en mg/l ou meq/l.

- D'après la figure IV.04 (*eau de la nappe phréatique*), il est noté qu'il existe une grande variation entre les teneurs des eaux issues des puits de la nappe phréatique, mais en général on a le même faciès qui prédomine le sulfaté calcique. Les anions dominants sont :  $SO_4^- > Cl^- > HCO_3^-$ , et les cations dominants sont :  $Ca^{++} > Na^+ > Mg^{++}$ .
- Selon la figure IV.05 (*eaux de la nappe CT*). On remarque presque les droites se superposent coté anions et présentent une légère divergence du côté des cations. Mais indiquent dans tous les cas la dominance des sulfates et du sodium et donc un faciès pour tous les échantillons de type sulfaté sodique. Les anions dominants sont :  $SO_4^- > Cl^- > HCO_3^-$ , et les cations dominants sont :  $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++}$ .
- D'après la figure IV.06 (*eaux de la nappe CI*). il est noté qu'il existe une superposition à la coté anion et présentent une légère divergence du coté des cations . mais en général on a le même faciès qui prédomine le sulfaté calcique. Les anions dominants sont :  $SO_4^- > Cl^- > HCO_3^-$ , et les cations dominants sont :  $Ca^{++} > Na^+ > Mg^{++}$ .

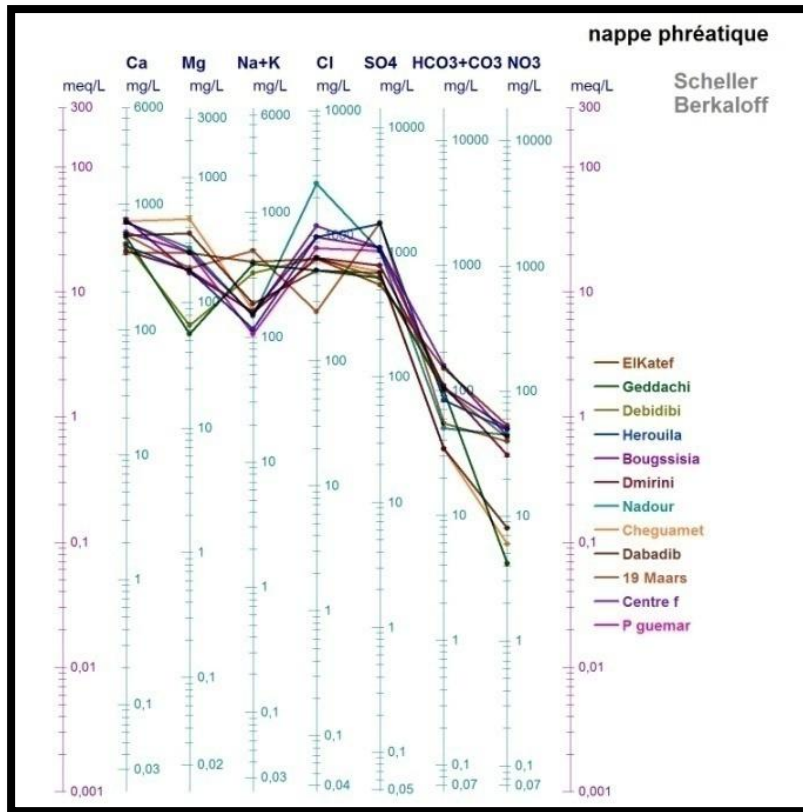


Figure IV.04 : Le diagramme de Schoeller- Berkaloff des eaux de la nappe phréatique région de Oued Souf, mars 2016

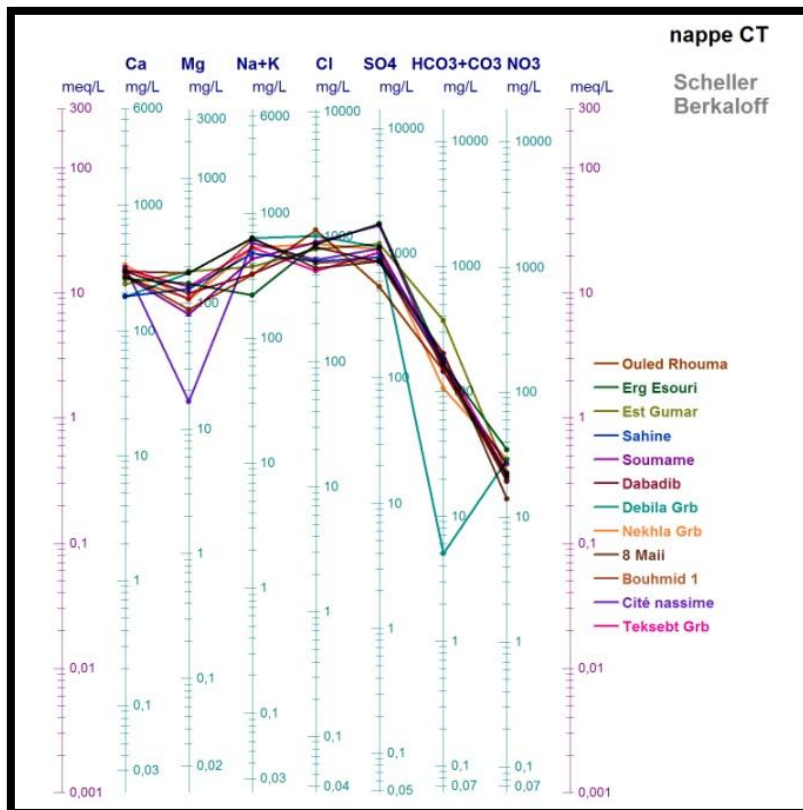
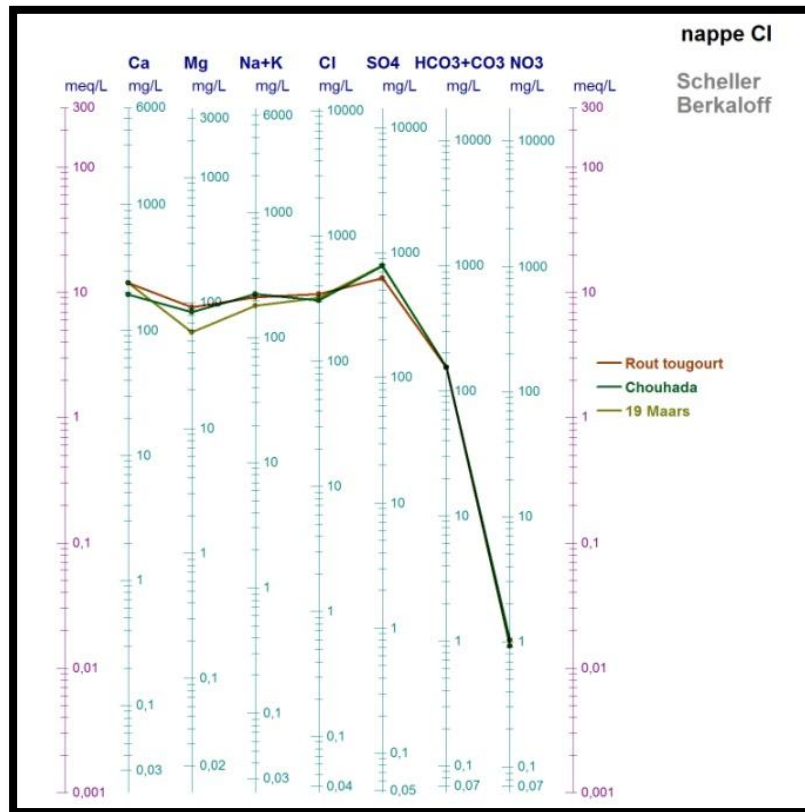


Figure IV.05 : Le diagramme de Schoeller- Berkaloff des eaux de la nappe de CT région de Oued Souf, mars 2016



**Figure IV.06 :** Le diagrammes de Schoeller- Berkaloff des eaux de la nappe de CI région de Oued Souf, mars 2016

### IV.2.3 Aptitude des eaux à l'irrigation :

L'aptitude des eaux à être utilisées pour l'irrigation, peut être évaluée par un certain nombre de coefficients plus ou moins fiables parmi lesquels :

- Le pourcentage en sodium (% Na).
- Sodium adsorption ratio (S.A.R).

#### ❖ Sodium Adsorption Ratio (S.A.R) :

Le S.A.R est un indice qui mesure le danger que représente l'existence d'une teneur donnée en sodium dans l'eau.

Il se calcule par la formule suivante :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Mg^{++} + Ca^{++}}{2}}}$$

Où tous les éléments sont exprimés en méq/l .les valeurs de SAR ont été calculées à partir des données des analyses chimiques.

Le report des résultats sur ces diagrammes montrent que les eaux souterraines de la région de Oued Souf appartiennent à trois classes ( figures (IV.7), (IV.8), (IV.9) et le tableau IV.1 et le tableau IV.2) .

Il s'agit de C4-S1 C4-S2 de qualité médiocre et C4-S3 de mauvaise qualité. La qualité des eaux pour l'irrigation est donc du type médiocre à mauvais. En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés

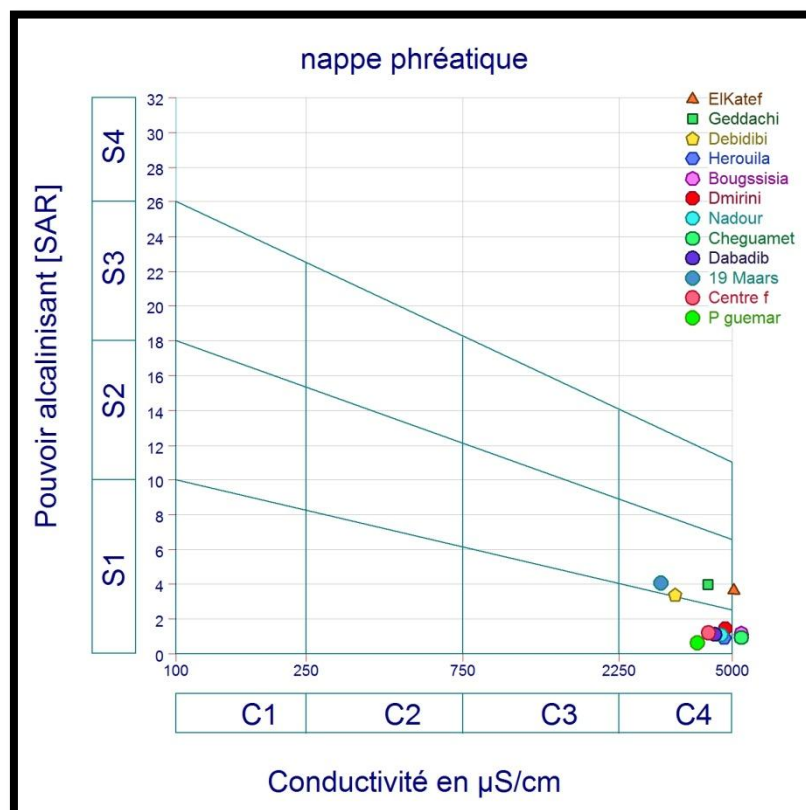
**Tableau IV.01:** Classification des eaux de la région d'étude par degrés d'aptitude à l'irrigation

	<i>Classes</i>		<i>% des points d'eau</i>
<i>Eaux de la nappe phréatique</i>	Médiocre	C4 S1	66.66
		C4 S2	33.33
<i>Eaux de la nappe CT</i>	Médiocre	C4 S1	8.33
		C4 S2	75
	Mauvaise	C4 S3	16.66
<i>Eaux de la nappe CI</i>	Médiocre	C4 S1	100

**Tableau IV.02:** Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R (In M.Louvrier 1976 -B.R.G.M-)

Degré	Qualité	Classe	L'état d'utilisation
1	Excellente	C1-S1	Eau utilisable sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart du sol.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel sur sols ayant une bonne perméabilité
3	Admissible	C3-S1 C3-S2 C2-S3	En général, eau convenant à l'irrigation de cultures tolérantes au sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée
4	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C3-S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation mais pouvant être utilisée sous certaines conditions. Sol très perméables, bon lessivage, plantes tolérant très bien le sel.

( Source: BRINIS N , 2011)



**Figure IV.07 :** Classification des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigation selon la méthode de SAR ,région de Oued Souf, mars 2016

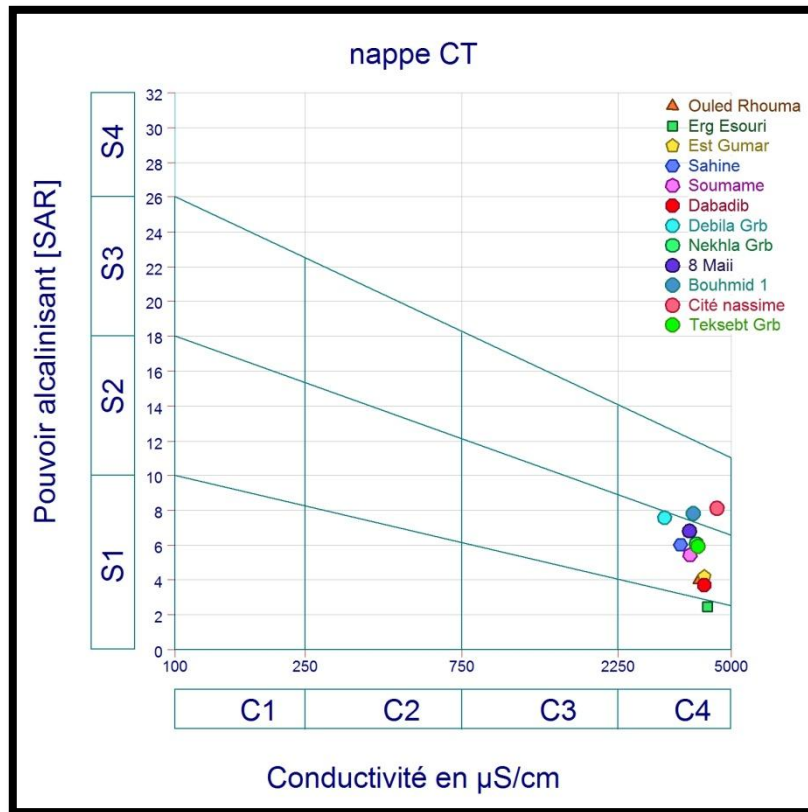


Figure IV.08 : Classification des eaux de la nappe de CT pour l'irrigation selon la méthode de SAR ,région de Oued Souf, mars 2016

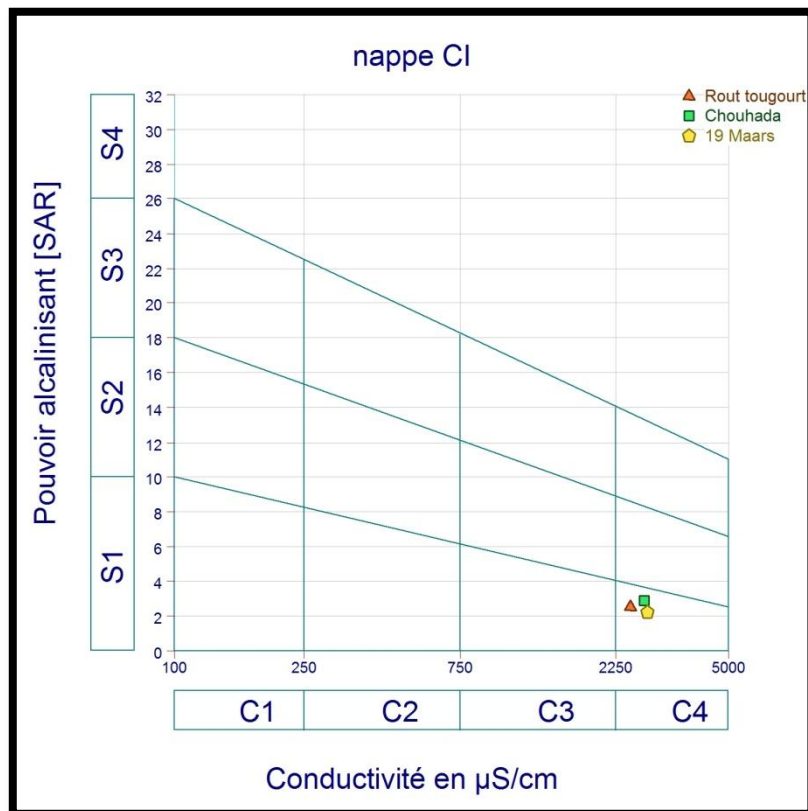


Figure IV.09 : Classification des eaux de la nappe de CI pour l'irrigation selon la méthode de SAR ,région de Oued Souf, mars 2016

### IV.3 Potabilité chimique de eaux :

#### IV.3.1 Les normes de potabilité :

La potabilité et la qualité chimique des eaux sont en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. On ne peut gérer une eau ou donner sa destination, qu'après avoir vérifié sa qualité vis-à-vis des normes demandées par les utilisateurs.

Dans notre étude on utilise les normes algériennes de potabilité (définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00)) et les valeurs guides OMS (2006), qui sont présentée dans le Tableau suivant:

**Tableau IV.03 :** Normes Algériennes(2000) & Valeur guide OMS(2006) de potabilité

Paramètres	Unité	Norme algérienne (Eau de boisson)	Valeur guide OMS
Température	°C	25	12 à 25
pH	-----	6.5 – 8.5	6.5 à 9.5
Conductivité	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	2 800	400
Résidu sec	mg/l	2000	1500
Dureté total	mg/l	500	200
HCO <sub>3</sub>	mg/l	-----	-----
Cl	mg/l	500	250
NO <sub>3</sub>	mg/l	50	50
NO <sub>2</sub>	mg/l	0.1	3
NH <sub>4</sub>	mg/l	0.5	0.3
SO <sub>4</sub>	mg/l	400	500
Ca	mg/l	200	100
Mg	mg/l	150	50
Na	mg/l	200	200
K	mg/l	20	10
Turbidité	NTU	2	0.3

### IV.3.2 les paramètres physico-chimique :

Toute série de données peut donner lieu au calcul d'une moyenne ( $m$ ). Pour que cette moyenne soit réellement représentative de l'ensemble de la série, il faut que les données ne s'écartent pas trop de sa valeur. La dispersion autour de la moyenne est mesurée par le coefficient de variation (CV) qui représente le rapport de l'écart-type à la moyenne :  $CV = \sigma/m$ .

Par convention, on estime que la série d'analyse est homogène lorsque CV inférieur à 50%.

L'analyse physico-chimique d'une eau comporte obligatoirement les éléments nécessaires à l'établissement de sa balance ionique : on vérifie alors que la somme des cations est égale à celle des anions, pour ses ions majeurs : calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations; chlorures, sulfates, nitrates et bicarbonates pour les anions. On admet qu'une différence peut exister entre la somme des anions et celle des cations dans ce cas la balance ionique de cette analyse elle et Inférieur à 10% (sommes exprimées en milliéquivalent par litre) Si ces analyses sont acceptables dans ce cas.

#### IV.3.2.1 Le potentiel hydrogène (pH) :

Le terme pH est la concentration d'ions hydrogène dans une solution. Dans l'eau, ce facteur est d'une importance exceptionnelle, en particulier dans les procédés de traitement. Dans les laboratoires de routine des usines de traitement, il est mesuré et ajusté si nécessaire pour améliorer la coagulation/ floculation ainsi que pour contrôler la désinfection de l'eau, la valeur du pH allant de 0 à 14. En dessous de 7 l'eau est considérée comme acide et au-dessus de 7 comme alcaline. L'eau au pH de 7 est neutre.

Les valeurs de pH mesurées pour tous les échantillons prélevés dans les nappes de la région d'étude (Tableau IV.04) paraissent proches de la neutralité à légèrement alcalins dans la zone d'étude avec de faibles écarts types. dans l'histogramme (fig IV.10) et pour juste comparer les valeur de pH obtenus avec le pH neutre.

**Tableau IV.04 : Variations du pH**

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	7,41	7,35	7,38	0,030	0,004
CT	7,66	6,98	7,35	0,274	0,037
Phréatique	7,37	6,81	7,22	0,176	0,024

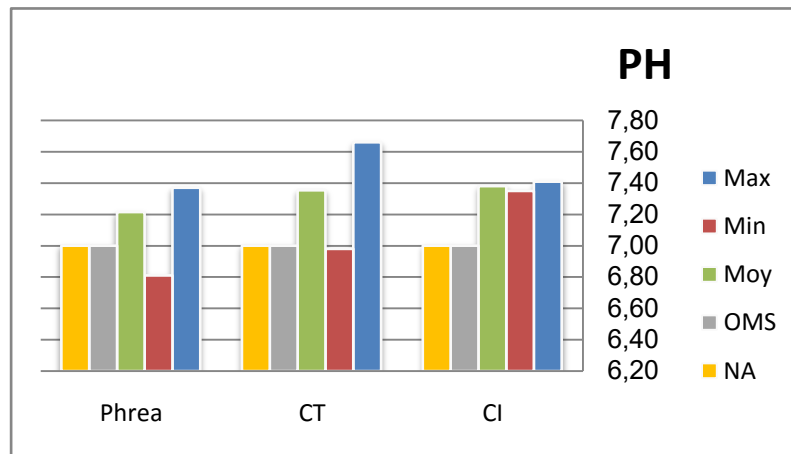


Figure IV.10: Variations du pH

IV.3.2.2 La température (°C) :

La température des eaux est variable selon différents facteurs; il s'agit essentiellement de la température extérieure (air), les saisons, la nature géologique des aquifères et également de la profondeur des eaux (gradient thermique).

Les températures (Tableau IV.05 ). on remarque: pour les deux nappes du complexe terminal et nappe phréatique sont thermiquement homogènes et dans les normes de potabilité.

La nappe de l'albien se caractérise dans la région d'étude par des eaux à températures très élevées (des eaux thermales), la température est de l'ordre de 56°C ceci implique la nécessité d'un refroidissement avant la distribution urbaine.

Tableau IV.05 : Variations de la Température (°C)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	56,8	51,2	54,3	2,859	0,053
CT	27,7	14,2	21,9	4,467	0,204
Phréatique	25,8	10,2	22,8	4,311	0,189

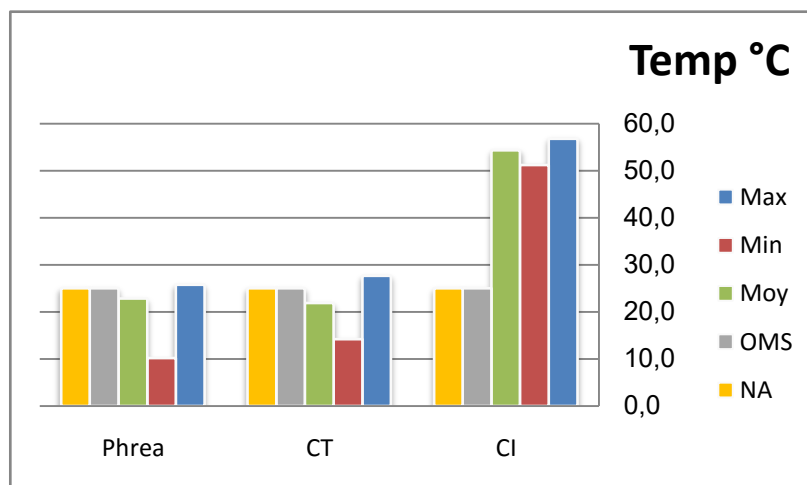


Figure IV.11 : Variations de la Température (°C)

### IV.3.2.3 La conductivité électrique CE :

La conductivité électrique donne une idée sur la minéralisation totale d'une eau (sels minéraux). Elle se mesure à une température des eaux entre 20° à 25° C, elle augmente avec la température et s'exprime en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

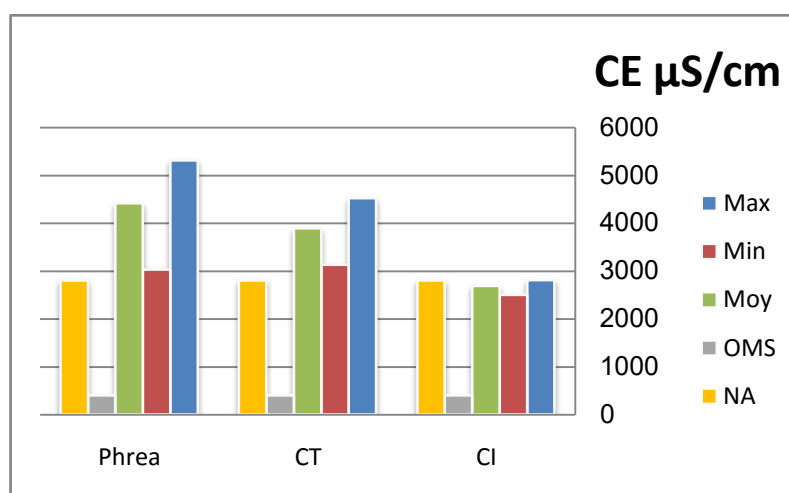
Toutes Les valeurs obtenus de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement ( $>1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). De plus elles correspondent à des valeurs de minéralisation totale dépassant les normes algériennes de potabilité (soit 2800 mg/l).

Remarquons enfin que cette salinité est avant tout d'origine géologique (salinité primaire).

Notons ici que les valeurs de la CE en tant que valeurs supérieures pour l'eau de nappe phréatique (4412.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) par rapport à CT (3893  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et de valeur minimum pour le CI (2686.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) . Ceci nous amène à programmer des stations de dessalement (deminéralisation) afin d'améliorer la qualité de cette eau et sa potabilité.

**Tableau IV.06 :** Variations des conductivités électriques ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	2810	2500	2686,667	164,418	0,061
CT	4520	3130	3893,333	360,362	0,093
Phréatique	5310	3030	4412,500	718,156	0,163



**Figure IV.12 :** Variations des conductivités électriques ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### IV.3.2.4 Titre Hydrotimétrique :

La potabilité de l'eau peut être évaluée par la dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) qui correspond à la somme des concentrations en calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et en magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ).

$$\text{TH} = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} \text{ (méq/l)}$$

$$\text{Delta TH} = (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) \times 5 \text{ (}^\circ\text{F)}$$

La dureté en degré français:  $1^\circ\text{F} = 10 \text{ mg/l CaCO}_3$

La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations et des appareils de chauffage, et sur le lavage du linge. Une eau dure donne des dépôts de tartre dans les canalisations, les bouilloires et chauffe-eau, ainsi que dans les filtres des robinets. D'autre part, ces dépôts carbonatés ont un effet bénéfique en protégeant les conduites de la corrosion.

Les résultats obtenus de la dureté, pour tous les échantillons prélevés dans les nappes de la région d'étude classées dans le tableau IV.07 . On observe que la dureté affiche des valeurs maximales dans les eaux de la nappe phréatique (2252 mg/l), et des valeurs minimales dans le CI (923 mg/l) .

**Tableau IV.07** : duretés des eaux de la région du Souf (mg/l).

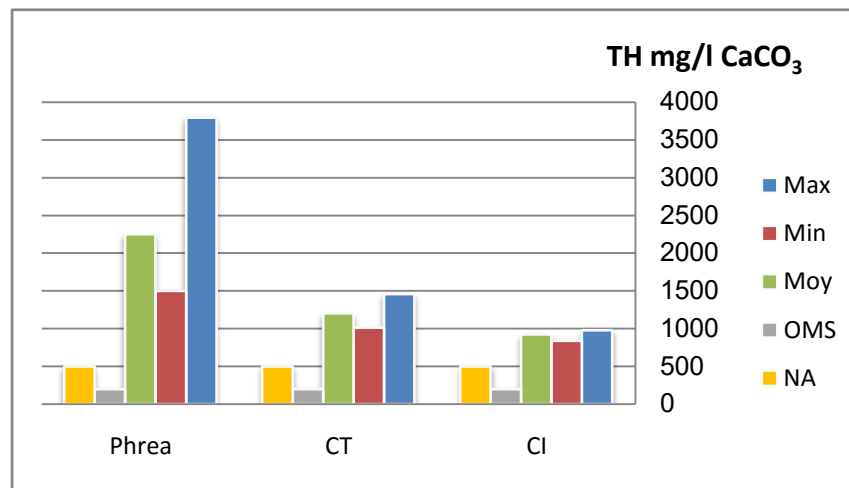
Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	980	840	923,333	73,711	0,080
CT	1460	1012	1202,333	141,426	0,118
Phréatique	3795	1500	2252,271	753,418	0,335

D'après les normes de potabilité des eaux établies par l'OMS(1972) tableau IV.08 , on remarque que pour tous les échantillons prélevés, le titre hydrotimétrique minimal dépasse  $54^\circ\text{F}$  ; ce qui montre que les eaux de notre région sont très dures.

**Tableau IV.08** : Potabilité de l'eau en fonction de la dureté.

TH $^\circ\text{F}$	0 -7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	> 54
Dureté d'eau	<i>Douce</i>	<i>Modérément douce</i>	<i>Assez douce</i>	<i>Dure</i>	<i>Très dure</i>

( D'après: OMS, 1972)



**Figure IV.13:** duretés des eaux de la région du Souf. (mg/l)

#### IV.3.2.5 Résidu sec (RS):

Exprimé en milligramme par litre (mg/l), il représente la minéralisation totale de l'eau, c'est-à-dire la totalité des sels dissous et la matière organique contenus dans l'eau, obtenue par pesées après dessiccation de l'échantillon à 105°C.

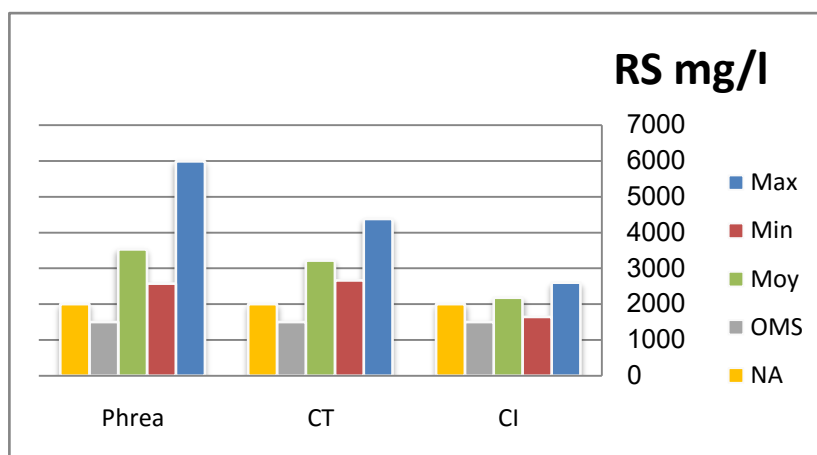
Cette teneur en résidu sec est liée à :

- la nature lithologique des formations.
- les rejets des eaux usées d'origines industriels.

**Tableau IV.09 :** Variation de Résidu sec (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	2600	1640	2180,000	491,121	0,225
CT	4380	2660	3220,833	450,786	0,140
Phréatique	5990	2570	3528,900	870,422	0,247

D'après le tableau IV.09 , on remarque que ces concentrations dépassent les normes de potabilité algérienne (2000 mg/l) et de l'OMS(1500 mg/l), surtout dans les deux aquifères CT(3220.8mg/l) et la nappe phréatique(3528.9 mg/l).



**Figure IV.14** : Variation de Résidu sec (mg/l)

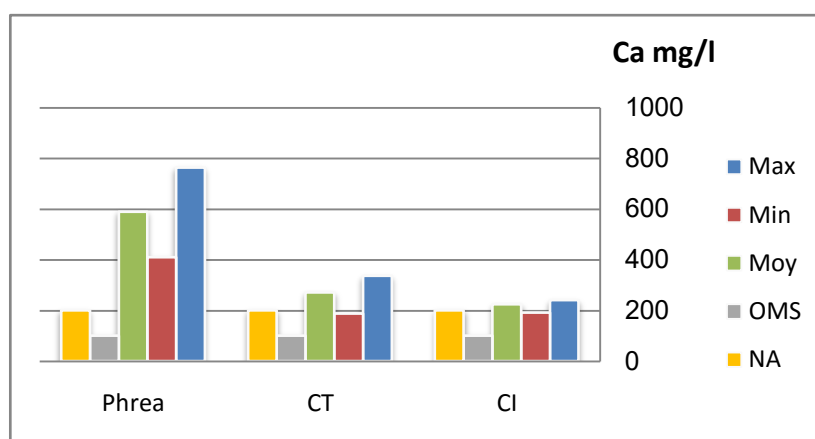
#### IV.3.2.6 Le calcium $\text{Ca}^{2+}$ :

Cet élément est fréquent dans les roches sédimentaires, il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{Ca SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Les teneurs trouvées de calcium (tableau IV.10) varient entre 224mg/l et 271 mg/l comme moyenne dans le CI et le CT respectivement, mais on observe dans le cas de l'eau de la nappe phréatique le teneur de calcium est très élevé et dépassé les norme de potabilité algérienne (200 mg/l) et de l'OMS (100 mg/l). ceci dû apparemment aux l'intervention de gypses.

**Tableau IV.10** : Variation de calcium  $\text{Ca}^{++}$  (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	240,480	191,760	224,240	28,129	0,125
CT	336,672	187,500	271,270	47,472	0,175
Phréatique	763,849	410,300	588,916	125,720	0,213



**Figure IV.15** : Variation de calcium  $\text{Ca}^{++}$  (mg/l)

### IV.3.2.7 Le magnésium $Mg^{2+}$ :

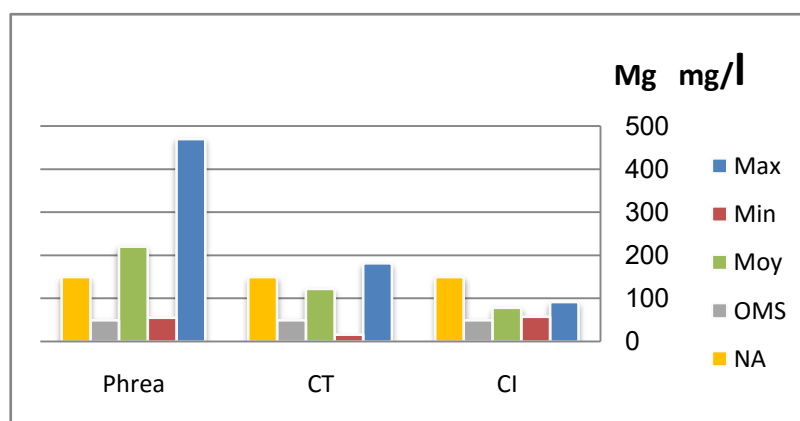
Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau.

A partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau. S'ils ne provoquent pas de phénomènes toxiques (sauf chez les personnes résultats des insuffisances rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

**Tableau IV.11** : Variation de Magnésium  $Mg^{++}$  (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	92,359	58,332	78,586	17,915	0,228
CT	182,287	16,306	122,777	47,113	0,384
Phréatique	470,340	55,901	220,527	115,038	0,522

Les concentrations moyennes observées de magnésium (Tableau IV.11), sont dans les normes algériennes (150 mg/l) concernant le CI et le CT, mais cet élément présente une augmentation remarquable dans la nappe phréatique, environ de 220,5 mg/l. Mais elles sont très élevées comparativement au normes (OMS,2006)qui à la limite de 50mg/l. On existe de magnésium de la région à dû de formation lithologique de terrain .



**Figure IV.16** : Variation de Magnésium  $Mg^{++}$  (mg/l)

### IV.3.2.8 Le sodium $Na^+$ :

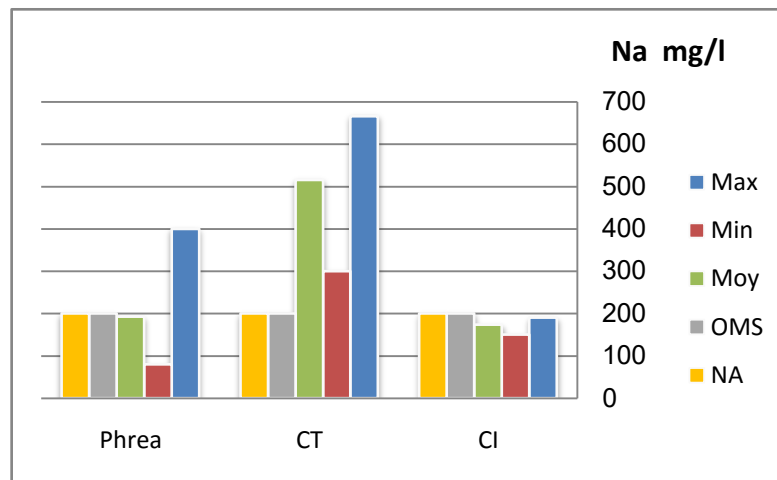
Le sodium est le plus abondant des éléments alcalins. Ses composés largement répandus dans la nature, représentent 26g/kg de la croûte terrestre.

L'existence de cet élément est liée, essentiellement, à la dissolution de l'Halite. En effet, les concentrations en sodium obtenus (tableau IV.12), affichent des teneurs élevées dans les eaux du Mio-Pliocène (CT). Mais elles présentent des valeurs

conforme avec les normes de potabilité algériennes et celle de l'OMS (200 mg/l) en ce qui concerne le CI et l'eau de la nappe phréatique.

**Tableau IV.12** : Variation de Sodium Na<sup>+</sup> (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	190	150	173,333	20,817	0,120
CT	666	300	515,542	115,371	0,224
Phréatique	400	80	192,708	107,471	0,558



**Figure IV.17** : Variation de Sodium Na<sup>+</sup> (mg/l)

#### IV.3.2.9 Le potassium K<sup>+</sup> :

Il provient, essentiellement des évaporites, en l'occurrence la Sylvite (KCl), ou par suite d'altération des argiles potassiques.

Les teneurs en potassium observées dans les eaux (Tableau IV.13) dévoilent des valeurs relativement élevées, en dépassant les normes algériennes de potabilité (20 mg/l) et de l'OMS(10 mg/l); mais contrairement aux autres éléments, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

**Tableau IV.13** : Variation de Potassium K<sup>+</sup> (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	33,000	30,000	31,667	1,528	0,048
CT	44,000	21,000	30,983	6,043	0,195
Phréatique	54,000	9,000	24,917	11,421	0,458

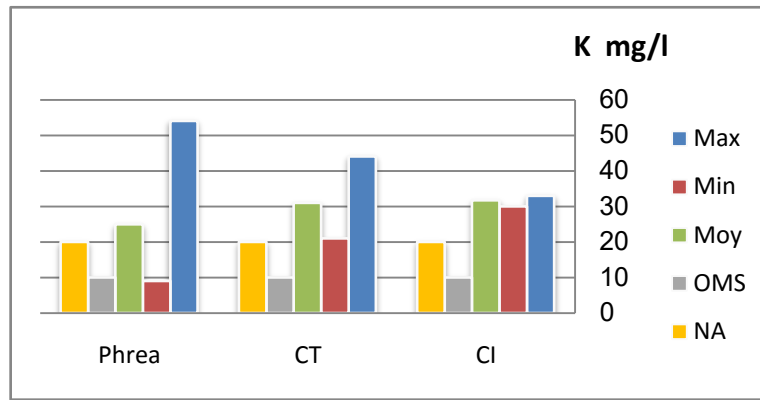


Figure IV.18 : Variation de Potassium K<sup>+</sup> (mg/l)

IV.3.2.10 Le Chlorures Cl<sup>-</sup> :

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl<sub>2</sub>).

Les eaux chlorurées alcalines sont laxative, mais généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme.

Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs.

Les valeurs de chlorure trouvées (tableau IV.14) sont très élevée et dépassant la norme en vigueur algériennes (500mg/l) notamment dans le CT (788,5mg/l) et l'eau de nappe phréatique (954,4mg/l). on rappelle que les teneurs en chlorure dépassent dans tous les cas la norme OMS (250 mg/l).

Tableau IV.14 : Variation de Chlorure Cl<sup>-</sup> (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	347,084	308,086	326,285	19,629	0,060
CT	1134,490	535,340	788,545	188,249	0,239
Phréatique	2626,712	248,500	954,447	589,847	0,618

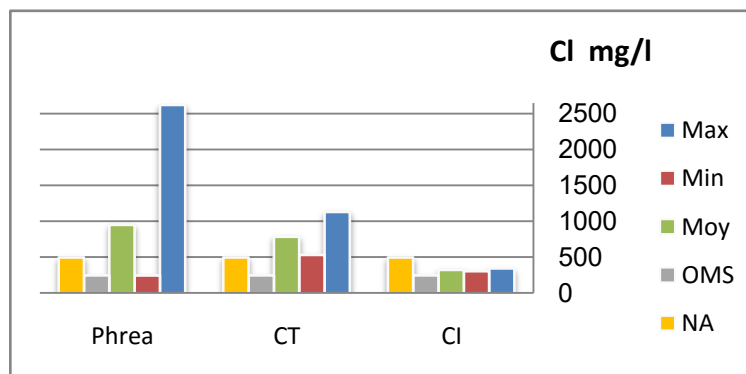


Figure IV.19 : Variation de Chlorure Cl<sup>-</sup> (mg/l)

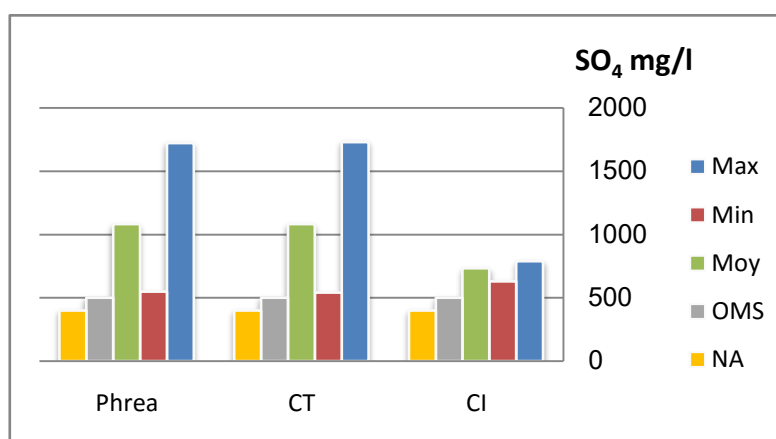
### IV.3.2.11 Les sulfates $\text{SO}_4^-$ :

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée principalement à la dissolution des formations gypseuses :

Les concentrations des sulfates obtenues (Tableau IV.15) dépassent les normes guide de l'OMS (500 mg/l), elles atteignent des concentrations très fortes valeurs dans le CT et nappe phréatique et pour le CI présentent une augmentation moins par rapport les autre aquifères.

**Tableau IV.15** : Variation des Sulfates (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	789,210	630,017	733,939	90,060	0,123
CT	1730,000	541,440	1082,489	337,330	0,312
Phréatique	1721,510	548,000	1081,309	402,106	0,372



**Figure IV.20** : Variation des Sulfates (mg/l)

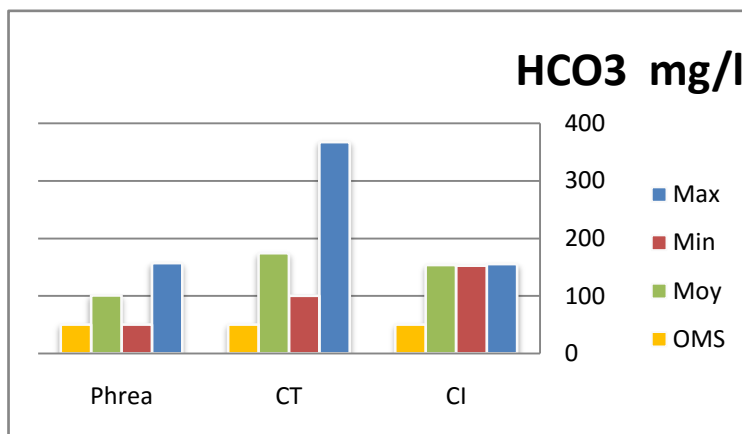
### IV.3.2.12 Les bicarbonates $\text{HCO}_3^-$ :

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (calcaire, dolomite....etc.) par des eaux chargées en gaz carbonique.

Selon (le tableau IV.16) Les bicarbonates dans les eaux du complexe terminal CT présentent des teneurs très élevées (173.9mg/l), et en moins degré dans l'eau de l'Albien (153 mg/l), avec des teneurs moins dans l'eau de la phréatique (100,6mg/l) . Généralement on peut dire que toutes les teneurs en bicarbonate dépassant les normes OMS de potabilité (50 mg/l) (d'après Belaid et all , 2014). ce qui laisse dire que ces eaux sont agressives .

**Tableau IV.16** : Variation des bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	154,940	152,500	153,720	1,220	0,008
CT	367,150	100,140	173,957	67,786	0,390
Phréatique	156,690	50,020	100,688	31,205	0,310

**Figure IV.21** : Variation des bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  (mg/l)

#### IV.3.2.13 Les nitrates $\text{NO}_3^-$ :

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, et c'est la forme la plus soluble de ce dernier.

Les teneurs en nitrates trouvées (tableau IV.17) sont faibles et conforme aux normes de potabilité utilisée (50mg/l). Ce qui témoigne d'une activité agricole faible ou les effets n'atteignant pas la nappe étudiée. Mais quelques fois( dans la nappe superficielle ), elles dépassent les normes (50 mg/l) ce qui laissent penser à l'infiltration de l'azote végétal à partir des zones d'infiltrations des eaux d'irrigation.

**Tableau IV.17** : Variation des Nitrates  $\text{NO}_3^-$  (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	1,039	0,934	0,969	0,061	0,063
CT	34,858	0,000	21,740	8,749	0,402
Phréatique	53,379	4,180	35,352	18,708	0,529

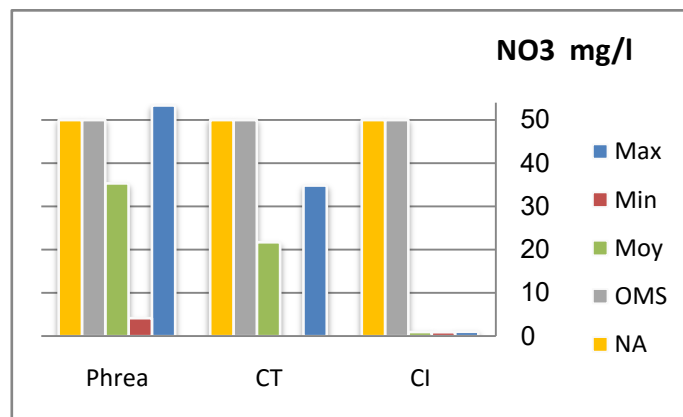


Figure IV.22 : Variation des Nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)

IV.3.2.14 Les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> :

Les nitrites présentent la forme la moins oxygénée et la moins stable de l’azote. Les concentrations de nitrite trouvées (Tableau IV.18) généralement sont faibles et dans les normes algériennes (0,1 mg/l) dans la plupart des échantillons de toutes les nappes, mais ça n’a pas empêché d’enregistrer des concentrations élevées ( 0,327mg/l enregistré dans un forage de CT).

Tableau IV.18 : Variation des Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l)

Les nappes	Valeur Max	Valeur Min	Valeur Moy	Ecart-type	Coefficient de variation
CI	0,016	0,002	0,008	0,007	0,901
CT	0,327	0,000	0,071	0,129	1,812
Phréatique	0,090	0,000	0,020	0,029	1,486

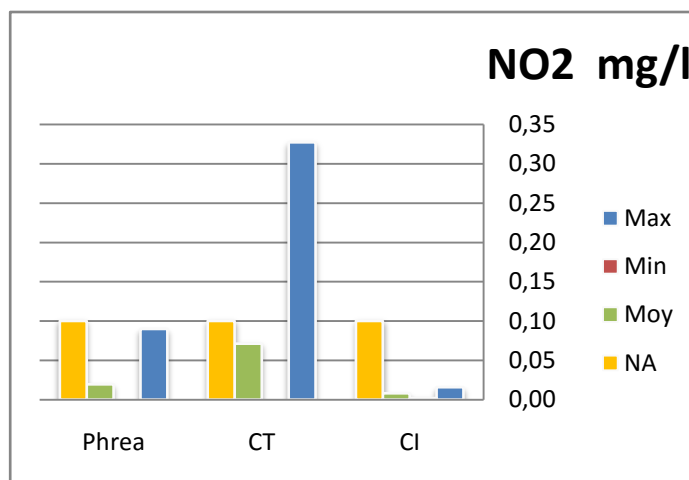


Figure IV.23 : Variation des Nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/l)

#### IV.4 Conclusion :

Les résultats d'analyses physico-chimiques montrent que les eaux des nappes du CI, CT et phréatique de la région de d'El-Oued sont caractérisées par un pH proches de la neutralité à légèrement alcalins. et une conductivité dans le norme algérien de potabilité dans le cas de CI (2686 us/cm), mais marque des valeurs plus dans le CT(3893 us/cm) et la phréatique (4412 us/cm) . la température des eaux de CT et phréatique dans les normes cependant chez les eaux CI sont très élevées de l'ordre 56° ceci implique la nécessité d'un refroidissement avant la distribution urbaine.

On note, quelque éléments chimiques présente une grande concentration (généralement d'origine géologique) tels que : ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^-$  et  $\text{HCO}_3^-$ ) pour différents niveaux aquifères et elles dépassent les valeurs guide de l'OMS .

La dureté totale de l'eau (TH) est rattachée principalement aux sels de calcium et de magnésium dans l'eau. Dans les échantillons d'eau : Le TH des eaux de CI marque une valeur min (923 mg/l) et une valeur max (2252mg/l) dans les eaux de la nappe phréatique . Pour tous les points d'eaux étudiés, le TH est dépasse la valeur guide (OMS,2006) qui est de 200 mg/l.

Les traitements des données d'analyse des échantillons par les différents diagrammes montrent que les faciès chimiques de ces eaux sont :

- faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésienne(concernant les eaux de la nappe phréatique)
- faciès chloruré et sulfatées sodique ( les eaux de la nappe CT)
- faciès sulfatées calciques et magnésiennes ( les eaux de la nappe CI )

Du point de vue agricole, et selon la classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation par la méthode du S.A.R; les eaux de la région fortement minéralisées pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés. elle présente néanmoins des qualités médiocre à mauvaise.

Dans cette région il n'y a pas un problème de quantité mais plutôt de qualité, pour cela il faut exiger des rigoureux critères pour améliorer la qualité chimique de l'eau et garantir la potabilité de l'eau dans les normes internationales.

***Conclusion  
Générale***

## CONCLUSION GENERALE

La vallée de Souf est une unité de ressource en eau située au Sud-Est algérien, occupe une superficie de 11738 km<sup>2</sup>, représente 18 communes administratives et englobe un nombre de population de 486170 habitants. Le relief d'El-oued est caractérisé par trois principales formes: une région sableuse, une forme de plateau rocheux et une zone de dépression. Du point de vue topographique l'altitude diminue du Sud vers le Nord, et de l'Ouest vers l'Est pour atteindre des valeurs négatives au niveau des chotts.

Le climat de la région d'El-Oued est Saharien, caractérisé par un été chaud, sec et un hiver doux ; la température moyenne mensuelle interannuelle est de l'ordre de 28.2°C, Les précipitations moyennes interannuelles sont de l'ordre de 70.37 mm.

Le système aquifère d'El-Oued est constitué de trois nappes : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire). Ces nappes considérées comme une seule ressource hydrique disponible dans cette région.

L'étude comparative de la qualité des eaux de différentes nappes dans la région de Souf montre :

De point de vue de faciès chimiques de ces eaux :

- Les eaux de la nappe phréatique caractérisées par un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésienne.
- Les eaux de la nappe de CT caractérisées par un faciès chloruré et sulfatées sodique.
- Les eaux de la nappe CI caractérisées par un faciès sulfatées calciques et magnésiennes

De point de vue des analyses physico-chimiques de ces eaux sont caractérisées par un pH proches de la neutralité à légèrement alcalins. et une conductivité élevée dans les eaux de CT et la phréatique. Avec une grande concentration de quelques éléments chimiques (généralement d'origine géologique) tels que : (Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans toutes les nappes étudiées et elles dépassent les valeurs guide de l'OMS .

La dureté totale de l'eau est rattachée principalement à la quantité de calcium et de magnésium dans l'eau. Pour tous les points d'eaux étudiés de chaque nappe, la TH est supérieure à la valeur guide OMS qui est de 200 mg/l.

D'une façon générale, les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la région d'étude notamment (CE, TH, RS, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub>) sont apparues globalement diminuant avec la profondeur en passant de la nappe phréatique vers la nappe albienne.

Concernant l'aptitude de ces eaux à l'irrigation, nous constatons que les eaux étudiées peuvent représenter un risque d'alcalinisation pour le S.A.R et de qualité médiocre à mauvaise. L'utilisation de cette eau reste tout de même possible puisque les sols de la région sont sableux et donc perméables à condition d'assurer un lavage fréquent des sels. La texture sableuse de ces sols a l'avantage de limiter les risques d'accumulation des sels en surface.(INSID , 2006) . L'utilisation de ces eaux doit prendre en considération des plantes adaptées et les risques encourus pour le sol.

La comparaison des paramètres physico-chimiques aux normes algériennes de potabilité et au celle de l'OMS spécifiques aux eaux de boisson ; montre que la majorité des points d'eau dépassent le seuil fixé par ces normes et ne s'y prêtent pas à la consommation humaine.

L'utilisation de ces eaux pour l'AEP ( notamment en ce qui concerne les nappes les plus exploitées CT et CI) sans traitement préalable est déconseillé, ce qui exige des rigoureux critères pour améliorer la qualité chimique de l'eau. Et ce qui oblige de créer des stations de déminéralisation par de procédés universelles (osmose inverse (voir l'annexe) , électrodialyse , échange d'ions ...) avant de la mobiliser aux consommateurs particulièrement humains.

***Références  
Bibliographiques***

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**ANRH, (1993)** :«Coupe lithologique du forage F1». Direction régionale de Ouargla. Algérie.

**ANRH,(2005)** : «inventaire des forages d'eau de la wilaya d'El Oued». La Direction régionale Ouargla. Algérie.

**ANRH, (1986)** : «Ressources en eau et en sols de l'Algérie», rapport.

**AYA Brahime, (2014)** : « Contribution à L'étude de la qualité physico-chimique des eaux Destinée à l'AEP de la ville D'EL-OUED». Memoire Master en géologie , Univ. de Batna

**Baba Sy M., (2005)**: « Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional», Thèse Doct., Université De Tunis El Manar, Tunisie.

**Baba Sy M., Besbes M.,(2006)**: «Holocene recharge and present recharge of the Saharan aquifers. A study by numerical modelling, Colloque international - Gestion des grands aquifères - 30 mai-1er juin 2006, Dijon.

**BEL. F., & CUCHE. D.,( 1970)** : «Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique». DHW., Ouargla.

**BRINIS Nafaâ, (2011)** : «caractérisation de la salinité d'un complexe aquifère en zone aride cas de l'aquifère d'el-outaya région nord-ouest de Biskra. Algérie», Mémoire de Doctorat en Sciences Univ Biskra.

**BRL-BNEDER, (1999)** : «Etude du plan directeur générale de développement des régions sahariennes». Alger.

**Castany G., (1982)** : « Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du continental intercalaire et du complexe terminal». Bull. BRGM 2 III, Vol. 2.

**C.D.T.N. (1992)** : «Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla », rapport.

**Cornet.A (1964)** : « Introduction a l'hydrogéologie du Sahara», Algérie. Revue géographie physique et de géologie dynamique, Vol. 6.

**DRE:** (Direction de ressource en eau de la Wilaya d'El-Oued), 2016 Rapports divers

**DSA:** Direction de Service Agricole d'El-Oued en 2015.

**HARRAT N., ACHOUR S. (2010)** : «Pollution physico-chimique des eaux de Barrage de la région d'El Tarf. Impact sur la chloration», Larhyss Journal, n°8.

**Journal officiel, N° (51/2000)** : Arrêté du 26 juillet relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation émanant du ministère du commerce.

**KHECHANA. S. (2014)** : «Perspective et méthode de la gestion intégrée des ressources en eau dans une zone hyper-aride. Application sur la vallée d'Oued-Souf (Sud-Est algérien) ». Mémoire de doctorat en hydrogéologie, université d'Annaba.

**KHOMRI A K , GHRAIRI Y (2010)** : «contribution à l' étude hydrologique et hydrodynamique de la région Oued Souf»,rapport ; Faculté des Sciences Appliquées Université KASDI Merbah Ouargla.

**Marc C., (2006)** : «Si le Souf m'était conté, comment fait et se défait un paysage». édition Média-plus, Constantine.

**MESSEKHER, I. (2010)** : « Etude hydrogéologique de la vallée de Oued Souf soumise à la remontée des eaux et perspectives de solutions palliatives », Thèse de Magister, Institut des Sciences de la Terre, Univ. de Batna.

**ONM** : (Office National Météorologique) Station de Guemar, données climatiques.

**OSS, (2015)**: «pour une meilleure valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du SASS, diagnostic et recommandations».

**OSS, (2003)**: «Système Aquifère du Sahara Septentrional». Volume 4 : Modèle Mathématique. Projet SASS ; Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie.

**OUALI Salima, (2006)**: «Etude géothermique du sud de l'Algérie» , Thèse de Magister, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie, UNIVERSITE M'HAMED BOUGUERRA BOUMERDES .

**UNESCO, (1972)** : «Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional», Rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris.

# ***Annexes***

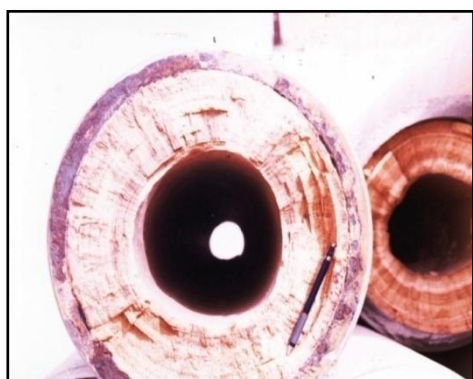
## ANNEXE 01

---

- Photos de refroidisseur
- Phénomène d'entartrage



**Refroidisseur**



Phénomène d'entartrage à l'intérieur des conduites et des vannes  
dans la région d'Oued - Souf.

## ANNEXE 02

### Valeurs guides affectées à des produits chimiques dont la présence dans l'eau de boisson est importante sur le plan sanitaire.

(OMS 2006).

Produit chimique	Valeur guide <sup>a</sup> (mg/litre)	Observations
Antimoine	0,02	
Arsenic	0,01 (P)	
Baryum	0,7	
Benzène	0,01b	
Bore	0,5 (T)	
Cadmium	0,003	
Chlore	5 (C)	Pour que la désinfection soit efficace, il doit rester dans l'eau une concentration résiduelle de chlore libre $\geq 0,5$ mg/l après un temps de contact de 30 min au moins à pH
Chrome	0,05 (P)	<8,0 Applicable au chrome total
Cuivre	2	Une coloration du linge et des sanitaires peut apparaître au-dessous de cette valeur guide
Cyanure	0,07	
Fluorure	1,5	Il convient de prendre en compte le volume d'eau consommé et l'absorption à partir d'autres sources dans la définition des normes nationales
Plomb	0,01	
Manganèse	0,4 (C)	
Mercure	0,006	Applicable au mercure inorganique
Nickel	0,01	
Nitrates (sous forme NO <sub>3</sub> -)	50	Exposition à court terme
Nitrite (sous forme NO <sub>2</sub> -)	3	Exposition à court terme
	0,2 (P)	Exposition à long terme
Sélénium	0,01	
Uranium		Seuls les effets chimiques de l'uranium sont considérés dans ce document

<sup>a</sup> P = valeur guide provisoire dans la mesure où l'on dispose d'éléments indiquant un danger, mais où les données disponibles sur les effets sanitaires sont limitées ; T = valeur guide provisoire parce que la valeur guide calculée est inférieure aux valeurs pouvant être obtenues dans la pratique par les méthodes de traitement, par la protection des sources, etc. A = valeur guide provisoire parce que la valeur guide calculée est inférieure au seuil de quantification pouvant être atteint ; D = valeur guide provisoire parce que la désinfection est susceptible d'entraîner un dépassement de la valeur guide ; C = à des concentrations inférieures ou égales à la valeur guide définie sur la base d'arguments sanitaires, la substance peut influencer sur l'aspect, l'odeur ou le goût de l'eau, ce qui suscite des plaintes de la part des consommateurs.

<sup>b</sup> Dans le cas des substances considérées comme cancérogènes, la valeur guide correspond à la concentration dans l'eau de boisson associée à une valeur limite supérieure plausible de l'excès de risque de cancer de  $10^{-5}$  (un cas supplémentaire de cancer pour 100 000 habitants consommant l'eau de boisson contenant la substance à la concentration définie comme valeur

guide pendant 70 ans). On peut calculer les concentrations associées aux valeurs limites supérieures plausibles de l'excès de cancer sur la durée de vie de  $10^{-4}$  et  $10^{-6}$  en multipliant ou en divisant respectivement la valeur guide par 10.

## Produits chimiques pour lesquels il n'a pas été établi de valeur guide.

(OMS 2006).

Produit chimique	Motif de l'absence de valeur guide définie
Aluminium	En raison des possibilités limitées d'utiliser les données obtenues en expérimentation animale comme modèle pour l'homme et de l'incertitude entachant les données humaines, il est impossible de déterminer une valeur guide reposant sur des arguments sanitaires. Néanmoins, l'optimisation des procédés de coagulation utilisant des agents coagulants à base d'aluminium dans les installations de traitement de l'eau de boisson a conduit à la définition de valeurs limites pratiques : 0,1 mg/l ou moins dans les grandes installations de traitement de l'eau et 0,2 mg/l ou moins dans les petites installations de traitement
Ammoniac	Présent dans l'eau de boisson à des concentrations bien inférieures à celles susceptibles de provoquer des effets toxiques
Amiante	On ne dispose pas de preuves cohérentes de la toxicité de l'amiante par ingestion
Chlorure	Non préoccupant pour la santé aux concentrations relevées dans l'eau de boisson <sup>a</sup>
Dureté	Non préoccupante pour la santé aux niveaux relevés dans l'eau de boisson <sup>a</sup>
Sulfure d'hydrogène	Non préoccupant pour la santé aux concentrations relevées dans l'eau de boisson <sup>a</sup>
Iode	Les données disponibles ne permettent pas la détermination d'une valeur guide reposant sur des arguments sanitaires et une exposition à l'iode sur la durée d'une vie par le biais de la désinfection de l'eau par cette substance est improbable
Fer	Non préoccupant pour la santé aux concentrations normalement relevées dans l'eau de boisson, le goût et l'aspect de l'eau étant modifiés par des concentrations inférieures à la valeur limite définie sur la base d'arguments sanitaires
Produits pétroliers	Dans la plupart des situations, le goût et l'odeur permettront de détecter la présence de ces produits à des concentrations inférieures à celles préoccupantes pour la santé, notamment en cas d'exposition à court terme
pH	Non préoccupant pour la santé aux niveaux relevés dans l'eau de boisson <sup>b</sup>
Argent	Les données disponibles ne permettent pas la détermination d'une valeur guide reposant sur des arguments sanitaires
Sodium	Non préoccupant pour la santé aux concentrations relevées dans l'eau de boisson <sup>a</sup>
Sulfate	Non préoccupant pour la santé aux concentrations relevées dans l'eau de boisson <sup>a</sup>
Matières solides totales (TDS)	Non préoccupantes pour la santé aux concentrations relevées Dissoutes dans l'eau de boisson <sup>a</sup>
Zinc	Non préoccupant pour la santé aux concentrations normalement relevées dans l'eau de boisson <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Susceptible de nuire à l'acceptabilité de l'eau de boisson.

<sup>b</sup> Paramètre opératoire important pour la qualité de l'eau.

# ANNEXE 03

---

## Législation algérienne

### • Eau de boisson

Le terme *eau potable*, en usage jusqu'à présent, est de moins en moins utilisé, pour désigner la

qualité de l'eau. Actuellement, certaines réglementations Européennes n'utilisent plus les termes *eau potable* ou *potabilité des eaux*, car il est admis, qu'une eau dans laquelle tous les critères de qualité ne sont pas requis, pourrait cependant être potable. Etant donné la marge de sécurité intégrée dans les normes de qualité de l'eau, un dépassement temporaire et modéré, d'un polluant est la plupart du temps sans conséquences, il doit tout de même déclencher la mise en œuvre d'un programme d'action et de surveillance. En revanche, la qualité bactériologique doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance de tous les instants. Le code de l'eau en Algérie, du 16 juillet 1983 (JO n° 30/83) qui a été repris par la loi 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau (JO n°5/05), stipule :

- Art. 52. L'eau potable, lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment. Elle ne doit contenir, en quantité nuisible, ni substances chimiques, ni germes nocifs à la santé.

La loi 85-05 du 16 février 1985 (JO n° 8/85) relative à la protection et à la promotion de la santé fait référence, dans son chapitre II, à des normes de qualité dans les articles 32 et 33.

- Art. 32 : *l'eau destinée à la boisson, à l'usage ménager et à l'usage corporel, doit satisfaire aux normes de qualité définies par voie réglementaire, tant en qualité, qu'en quantité.*

- Art. 33 : *Pour l'adduction de l'eau destinée à la boisson et à usage ménager, il est établi des règles et des normes de protection pour assurer une quantité appropriée de l'eau.*

La loi 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, (JO n° 43/03) dans son chapitre II, aux normes environnementales par le biais de l'article 10.

- Art. 10 : *L'état assure une surveillance des différentes composantes de l'environnement.*

*L'état doit définir les valeurs limites, les seuils d'alerte, et les objectifs de qualité, notamment pour l'air, l'eau, le sol et le sous-sol, ainsi que les objectifs de surveillance de ces milieux récepteurs et les mesures qui doivent être précisées par voie réglementaire.*

Sur cette base, l'Algérie a établi des normes de potabilité pour l'eau de boisson définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00) relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation émanant du ministère du commerce. Tableau 2. Ces normes ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique des wilaya du Nord et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 4 catégories :

- les paramètres organoleptiques ;
- les paramètres physico-chimiques ;
- les substances indésirables ;
- les substances toxiques.

**Tableau 2. Caractéristiques de qualité d'une eau minérale naturelle et d'une eau de source (Norme algérienne).**

Paramètres	Teneur	Unité
<b>PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES</b>		
Couleur	25	Mg/l
Odeur	Doit être accessible	Taux de dilution
Turbidité	1 – 2	NTU
Saveur	Doit être accessible	Taux de dilution
<b>PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>		
Température	25	°C
pH	6.5 – 8.5	-
Conductivité électrique	2 800	µS.cm <sup>-1</sup>
Résidu sec (110 °C)	2 000	mg/l
Calcium	75 – 200	mg/l
Magnésium	150	mg/l
Sodium	200	mg/l
Potassium	20	mg/l
Chlorures	200 – 500	mg/l
Sulfates	200 – 400	mg/l
Carbonates – bicarbonates	-	-
<b>SUBSTANCES INDESIRABLES</b>		
Aluminium	0.2	mg/l
Nitrates	50	mg/l
Nitrites	0.1	mg/l
Ammonium	0.05 – 0.5	mg/l
Phosphates	0.5	mg/l
MO (permanganate)	3.5	mg/l
Bore	0.3	mg/l
Fer	0.3	mg/l
Cuivre	0.05 – 1.5	mg/l
Zinc	1 – 5	mg/l
Manganèse	0.5	mg/l
Baryum	0.7	mg/l
Phénols	-	-
Fluorures	0.8 – 2	mg/l
Argent	-	-
COT	-	-
Azote Kjeldahl	2	mg/l
<b>SUBSTANCES TOXIQUES</b>		
Arsenic	0.05	mg/l
Cadmium	0.01	mg/l
Cyanure	0.05	mg/l
Mercure	0.001	mg/l
Plomb	0.05	mg/l
Chrome	0.05	mg/l
Nickel	0.02	mg/l
Antimoine	0.005	mg/l
Sélénium	0.01	mg/l

## ANNEXE 04

### *Les principales technologies de dessalement des eaux*

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

- Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases : la congélation et la distillation.
- Les procédés utilisant des membranes: l'osmose inverse et l'électrodialyse.

#### *L'osmose inverse*

L'osmose inverse est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression (54 à 80 bars pour le traitement de l'eau de mer). Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. Les membranes polymères utilisées laissent passer les molécules d'eau et ne laissent pas passer les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10-7 mm de taille.

L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement celle électrique consommée principalement par les pompes haute pression. La teneur en sels de l'eau osmosée est de l'ordre de 0,5 g/l.

#### **Principe de l'osmose inverse**

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration. Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes (figure 1)

Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique.

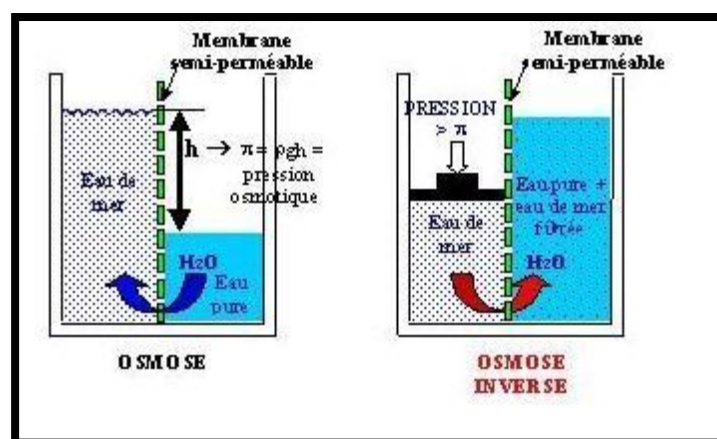
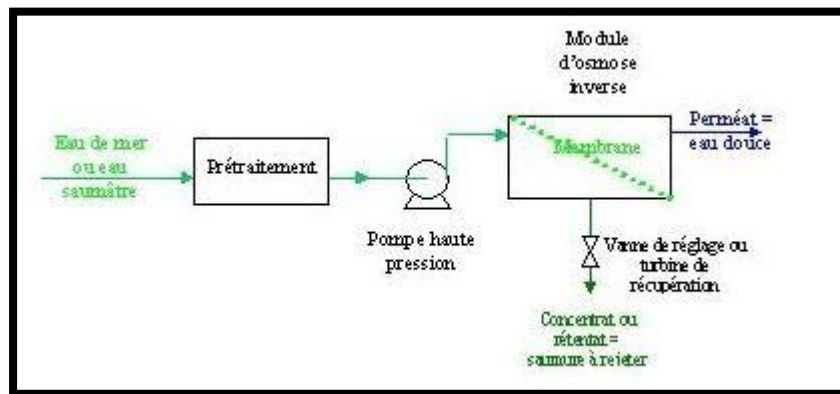


Figure 1. Principe de l'osmose et de l'osmose inverse

Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique (voir figure 1), c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée : c'est le phénomène d'osmose inverse.

## Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

Les éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse sont schématisés sur la figure 2.



*Figure 2. Éléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse*

Le dessalement par osmose inverse nécessite d'abord un pré-traitement très poussé de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits.

Il est nécessaire de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 10 à 50  $\mu\text{m}$  selon le type de module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'une préfiltration grossière puis d'une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Puis un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de microorganismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau de mer dans le module d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane. En effet, au cours du temps, la concentration de la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée rétentat tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat.

Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du rétentat une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression.