



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université d'El-Oued

Faculté des sciences et technologie Département des sciences et technologie

Filière d'hydraulique

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme licence en Hydraulique

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

THÈME :

# L'ÉTAT ACTUEL DE LA REMONTÉE DES EAUX DANS LA VILLE D'EL OUED (CAS DE SIDI MESTOUR)

Encadré par

MLLE MEZIANI ASSIA

Réalisé par :

- GHENABZIA AHMED

- ZELLOUMA MESSAOUD

Promotion: Juin 2014



## Remerciements

Au terme de ce travail, on remercie Dieu tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous donné durant tous ces années d'étude. Il s'est agréable de remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail et en particulier:

Melle Asia meziani, qui a accepté de diriger  
Ce travail, on lui exprime ici toute notre gratitude.

Tous les fonctionnaires et les agents de DHW  
(La direction d'hydraulique de la Wilaya d'El-Oued)

Tous les étudiants de l'université d'El-Oued.

Nos remerciements vont encore à :

Notre Enseignants du département d'hydraulique,  
pour leur soutien moral et leur accueil chaleureux.

Notre collègues et amis pour leur encouragements  
et leur aide durant la réalisation de ce travail.

*Rajda*



## *DÉDICACES*

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents.*

*Ma mère qui m'a toujours soutenu,  
Qui m'a aidé à affronter les difficultés,*

*A tous mes enseignants pour leurs utiles conseils, leur  
patience, leur persévérance.*

*A Mes sœurs et mes frères*

*A Toute ma famille*

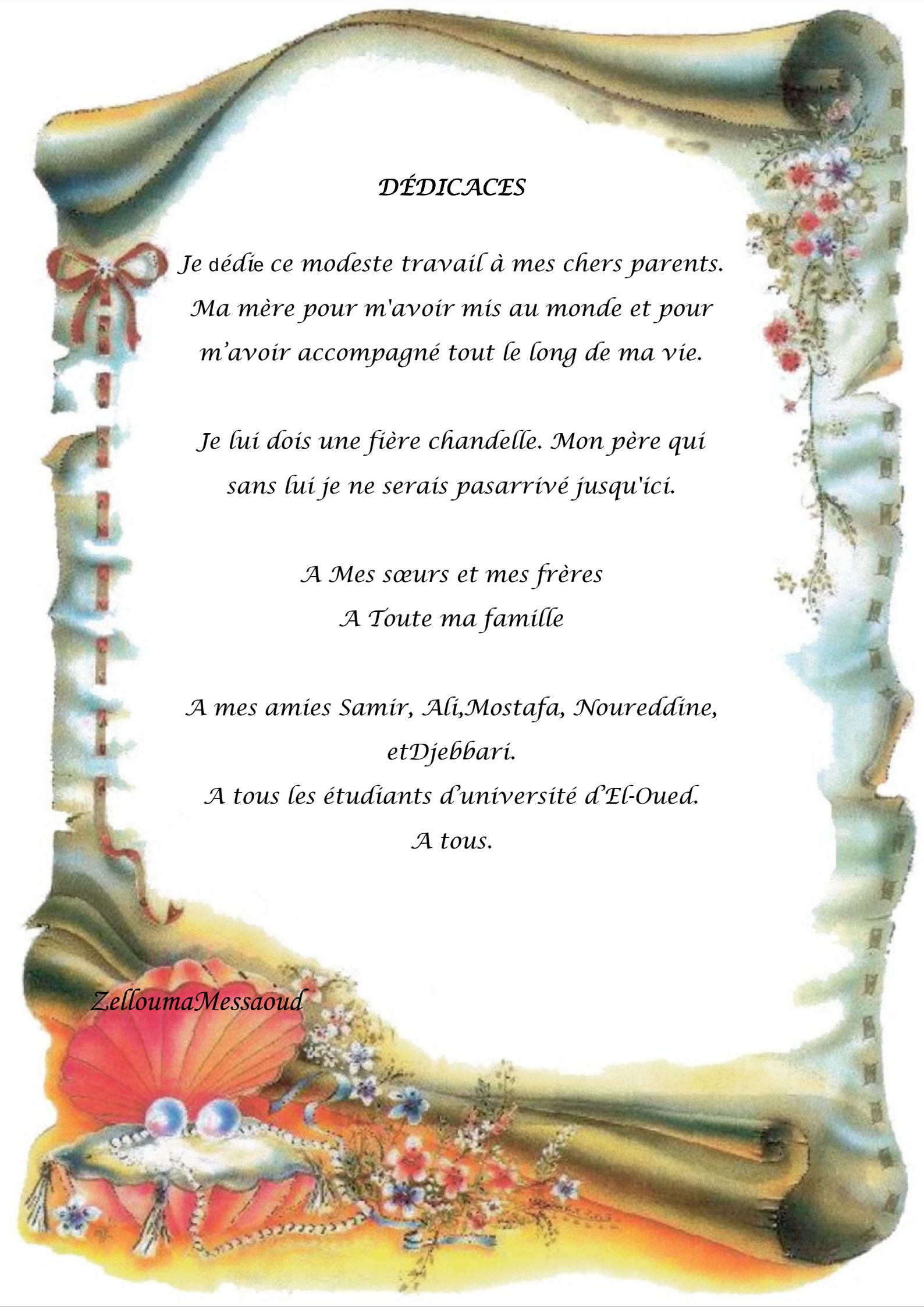
*Essentiellement à ma sœur Dr M et Larbi R*

*A tous mes amies et mes collègues pour leur  
soutien et leur aide.*

*Tous ceux que me sont chers*

*Je dédie ce travail...*

*Ghenabzia Ahmed*



## DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents.  
Ma mère pour m'avoir mis au monde et pour  
m'avoir accompagné tout le long de ma vie.*

*Je lui dois une fière chandelle. Mon père qui  
sans lui je ne serais pas arrivé jusqu'ici.*

*A Mes sœurs et mes frères*

*A Toute ma famille*

*A mes amies Samir, Ali, Mostafa, Noureddine,  
et Djebbari.*

*A tous les étudiants d'université d'El-Oued.*

*A tous.*

*Zellouma Messaoud*

**Sommaire :**

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction générale .....</b>                             | <b>1</b>  |
| <b>Chapitre I présentation de la région d'étude</b>            |           |
| <b>I. 1. Situation géographique .....</b>                      | <b>3</b>  |
| <b>I. 2. La topographie de la région.....</b>                  | <b>4</b>  |
| <b>I. 3. La pluviométrie de la région.....</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>I. 4. La température de la région.....</b>                  | <b>5</b>  |
| <b>I. 5. Conclusion.....</b>                                   | <b>6</b>  |
| <b>Chapitre II hydrogéologique</b>                             |           |
| <b>II. 1. Etude Géologique de la Région du Souf.....</b>       | <b>8</b>  |
| <b>II. 1. 1. Introduction.....</b>                             | <b>8</b>  |
| <b>II. 1. 2. Interprétation des coupes .....</b>               | <b>10</b> |
| <b>II. 2. Etude Hydrogéologique.....</b>                       | <b>15</b> |
| <b>II. 2. 1. Introduction.....</b>                             | <b>15</b> |
| <b>II. 2. 2. Cadre hydrogéologie générale.....</b>             | <b>15</b> |
| <b>II. 2. 2. 1. La nappe phréatique.....</b>                   | <b>15</b> |
| <b>II. 2. 2. 2. La nappe de complexe terminal.....</b>         | <b>16</b> |
| <b>II. 2. 2. 3. La nappe du continentale intercalaire.....</b> | <b>16</b> |
| <b>II. 2. 3. Litho stratigraphie des nappes d'El-Oued.....</b> | <b>17</b> |
| <b>II. 2. 3. 1. Nappe<br/>phréatique.....</b>                  | <b>17</b> |
| <b>II. 2. 3. 2. La nappe de complexe terminal.....</b>         | <b>17</b> |
| <b>II. 2. 3. 3. La nappe du continentale intercalaire.....</b> | <b>18</b> |
| <b>II. 2. 4. Etude des coupes hydrogéologiques.....</b>        | <b>19</b> |
| <b>II. 2. 5. La piezométrie.....</b>                           | <b>21</b> |
| <b>II. 2. 6. Conclusion.....</b>                               | <b>22</b> |

---

## **Chapitre III un constat sur la nappe phréatique**

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>III 1. Introduction .....</b>                                                                                | <b>24</b> |
| <b>III. 2. Historique de remontée de la nappe phréatique .....</b>                                              | <b>25</b> |
| <b>III. 2. 1. Période de la rupture d'un système fermé et l'ampleur du phénomène..</b>                          | <b>26</b> |
| <b>III. 2. 2. Période de la rupture totale d'un système fermé et l'éveil les pouvoirs publics.....</b>          | <b>28</b> |
| <b>III. 3. Au fil du temps ...l'apparition du problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique .....</b> | <b>31</b> |
| <b>III. 4. Les causes de la remontée des eaux .....</b>                                                         | <b>36</b> |
| <b>III. 4. 1. Accroissement des consommations en eau et des rejets d'eaux usées.....</b>                        | <b>36</b> |
| <b>III. 4. 1. 1. Production d'eau potable.....</b>                                                              | <b>36</b> |
| <b>III. 4. 1. 2. Réseau de distribution.....</b>                                                                | <b>36</b> |
| <b>III. 4. 1. 3. Réseau d'assainissement .....</b>                                                              | <b>36</b> |
| <b>III. 4. 1. 4. L'Absence D'exutoire.....</b>                                                                  | <b>36</b> |
| <b>III. 4. 2. Transfert des eaux des nappes profondes vers les nappes phréatiques.....</b>                      | <b>37</b> |
| <b>III. 4. 3. Eaux météores, infiltration et topographie .....</b>                                              | <b>37</b> |
| <b>III. 4. 4. Etude du suivi des nappes phréatique .....</b>                                                    | <b>37</b> |
| <b>III. 4. 5. Pluviométrie exceptionnelle.....</b>                                                              | <b>37</b> |
| <b>III. 4. 6. Hypothèse .....</b>                                                                               | <b>37</b> |
| <b>III. 5. Un constat sur le niveau de la nappe phréatique à Sidi-Mestour.....</b>                              | <b>38</b> |
| <b>III. 6. Conclusion.....</b>                                                                                  | <b>40</b> |
| <b>Conclusion générale.....</b>                                                                                 | <b>42</b> |

---

## Liste des tableaux

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau 1.</b> Les valeurs moyennes mensuelles interannuelles des précipitations [O.N.M 1999-2008].....              | 5  |
| <b>Tableau 2.</b> Les températures moyennes mensuelles(°C) durant les deux périodes [1913-1938] et [1975-2011].....     | 6  |
| <b>Tableau 3.</b> Log stratigraphique et l'hydrogéologie de forage Barrémien dans la région du Souf [D.W.H., 2004]..... | 18 |

## Liste des figures

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 1.</b> Carte géographique de la commune d'El-Oued et de la zone d'étude [d'après Google Earth, 2012].....            | 3  |
| <b>Figure 2.</b> La carte topographique de la vallée du Souf [ANRH, 2005].....                                                 | 4  |
| <b>Figure 3.</b> La variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations [1999-2008].....                              | 5  |
| <b>Figure 4.</b> Histogramme des températures moyennes mensuelles (T°C) Durant les deux périodes [1913-1938 et 1975-2011]..... | 6  |
| <b>Figure 5.</b> Carte géologique régionale du Sud-Est d'Algérie [OSS 2003]... ..                                              | 8  |
| <b>Figure 6.</b> Coupe géologique du forage F1 à l'Albien [coupe d'après ANRH1993].....                                        | 9  |
| <b>Figure 7.</b> Coupe géologique N°1 Extraite à partir des logs lithologiques de forage.....                                  | 11 |
| <b>Figure 8.</b> Coupe géologique N°2 Extraite à partir des logs lithologiques de forage.....                                  | 12 |
| <b>Figure 9.</b> Coupe géologique N°3 Extraite à partir des logs lithologiques de forage.....                                  | 13 |
| <b>Figure 10.</b> Coupe géologique N°4 Extraite à partir des logs lithologiques de forage.....                                 | 14 |
| <b>Figure 11.</b> Coupe hydrogéologique à travers le Sahara [UNESCO, 1972].....                                                | 17 |
| <b>Figure 12.</b> Coupe Hydrogéologique du Souf [A.N.R.H, 1989].....                                                           | 19 |
| <b>Figure 13.</b> Coupe Hydrogéologique d'El- Hamraia, El-Oued [A.N.R.H, 1989].....                                            | 21 |
| <b>Figure 14.</b> Carte du niveau piézométrique durant la période des hautes eaux [DHW 2010].....                              | 22 |
| <b>Figure 15.</b> Evolution de la situation des ghouts autour d'El Oued en 1980 [Cote Marc, 1998].....                         | 26 |
| <b>Figure 16.</b> Evolution des nombres des palmiers au début des années 80 [DSA. d'El Oued, 1984].....                        | 27 |

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure 17.</b> La situation catastrophique des ghouts d'El Oued en 1986 [Cote Marc, 1998]....                                                   | 28 |
| <b>Figure 18.</b> Situation d'un ghouts ennoyée complètement par les eaux polluée de l'année 90 [Cote Marc, 2006].....                             | 29 |
| <b>Figure 19.</b> Situation d'un ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers [Photo, Remini B., 1996]..... | 31 |
| <b>Figure 20.</b> La nappe phréatique avant 1956.....                                                                                              | 32 |
| <b>Figure 21.</b> La nappe phréatique entre 1956 à 1993.....                                                                                       | 33 |
| <b>Figure 22.</b> La nappe phréatique après 1993.....                                                                                              | 34 |
| <b>Figure 23.</b> Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la nappe phréatique de Sid Mestour [2002].....                    | 35 |
| <b>Figure 24.</b> Carte de conductivité hydraulique de la nappe phréatique de Sidi Mestour [2002].....                                             | 38 |
| <b>Figure 25.</b> Carte de recharge de la nappe phréatique de Sidi Mestour [2002].....                                                             | 39 |
| <b>Figure 26.</b> Situation des palmeraies à El-Oued [Sidi Mestour, Février 2014].....                                                             | 40 |

---

**Liste des abréviations :**

A.C.P : Analyse en Composante Principale.

A.D.E : Algérienne Des Eaux.

A.E.P : Alimentation en Eau Potable.

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydraulique.

C.I : Continental Intercalaire.

C.T : Complexe Terminal.

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

D.S.A : Direction de Service Agricole.

O.N.A : Office National d'Assainissement.

O.N.M : Office National de Météorologie.

O.N.S : Office National de Statistique.

O.S.S : L'Observatoire du Sahara et du Sahel.

S.A.U : Superficiel Agricole Utile.

U.N.E.S.C.O: United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.

---

# *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

### **Introduction générale :**

Nous proposons dans le cadre de notre étude de définir le comportement de la nappe phréatique dans la région de Sidi Mestour. Que s'est-il passé au juste pour que cette zone caractérisée par des dunes de sable, subisse l'invasion des eaux.

Les chaînes de dunes atteignent jusqu'à 100mètre de hauteur et reposent sur une formation quaternaire de plusieurs dizaines de mètre de sable éolien, compact, homogène et uniforme.

Une nappe d'eau phréatique dont la profondeur a beaucoup varié avec le temps, se trouve dans cet ensemble sableux. Selon les travaux de DERIVEUX[1956], le niveau piézométrique de la nappe aurait même baissé de 50 à 150cm vers les années 1953-1956. Les premières apparitions du phénomène inverse remontent à 1969. Cependant, durant les 15 dernières années, la remontée du niveau piézométrique de la nappe phréatique a été d'abord observée au niveau de certains ghouts, puis progressivement, il n'a cessé de s'accroître pour s'étendre à toute la région.

Le phénomène a pris des dimensions très alarmantes à partir de l'année 1991. En effet, de véritables mares d'eau se sont formées au niveau de plusieurs ghouts et des milliers de palmiers ont ainsi disparu. Au niveau d'el-oued ville, le niveau d'eau a dépassé la surface du sol et une bonne partie des constructions se trouve menacée.

En plus de cette remontée du niveau piézométrique, une détérioration très sérieuse de la qualité chimique et bactériologique des eaux en l'absence d'un réseau d'assainissement adéquat, pose de sérieux problèmes aux pouvoirs publics et plus particulièrement aux gestionnaires des ressources en eau de la région.

Quelles sont les causes qui ont entraîné cette remontée de la nappe phréatique dans Sidi Mestour?

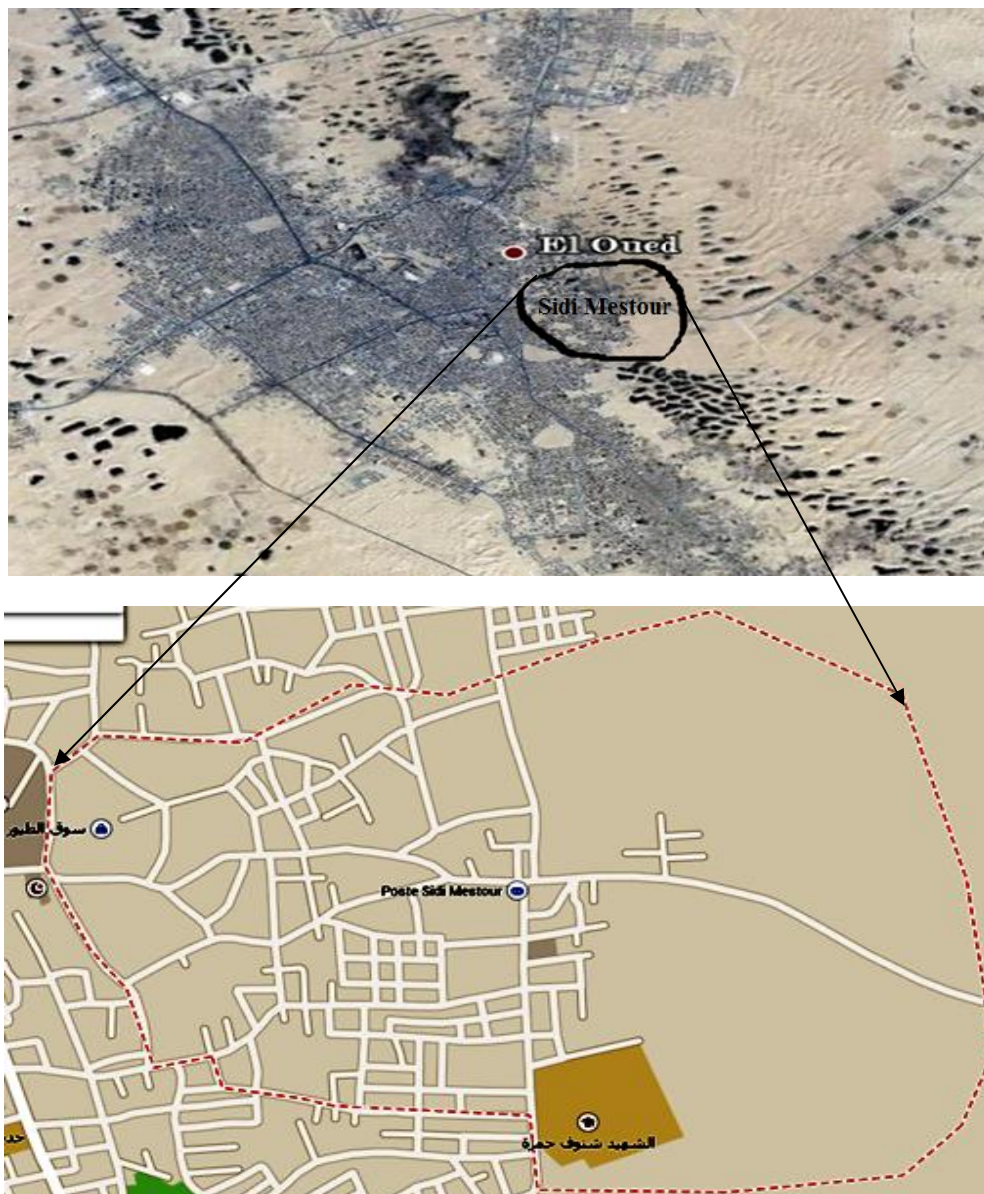
Pour mettre fin au problème ou au moins atténuer cette remontée, l'ANRH de Ouargla avec la collaboration de plusieurs organismes (DHW d'El-Oued, ENAGEO, CDTN d'Alger), suivent depuis 1990, l'évolution de ce phénomène. Pour ce qui concerne, notre tâche primordiale est d'entreprendre une étude hydrogéologique de toute la région de Sidi Mestour accompagnée d'une étude du comportement de cette nappe en fonction de l'exploitation des autres nappes sous-jacentes (CT et CI). Les données de base de notre travail ont été collectées auprès des organismes précités, et nous ont permis d'entreprendre une interprétation hydrologique appliquée à toute la région de Sidi Mestour.

*CHAPITRE I*  
*PRÉSENTATION DE LA*  
*RÉGION D'ÉTUDE*

### I. 1. Situation géographique

La cité de Sidi Mestour appartenant à la commune d'El-Oued, occupe une superficie de 1043430 m<sup>2</sup>, 1041 maisons avec une population de 6373 habitants en [2008]. Elle est située (voir figure 1):

- Au Nord par la cité d'El-Istiklal
- Au Sud par les cités OuledAhmed et Telayba
- A l'Est par la cité: Bouhmid
- A l'Ouest par les cités Lacheche et OuledAhmed



**Figure 1.** Carte géographique de la commune d'El-Oued et de la zone d'étude [Google Earth, 2012].

## I. 2. La topographie de la région

Le relief de la ville d'El Oued est caractérisé par l'existence de deux principales formes :

- Une région sableuse qui se présente sous un double aspect ; le Sahara et l'Erg.
- Une zone de dépression qui se caractérise par la présence d'une multitude des chotts.

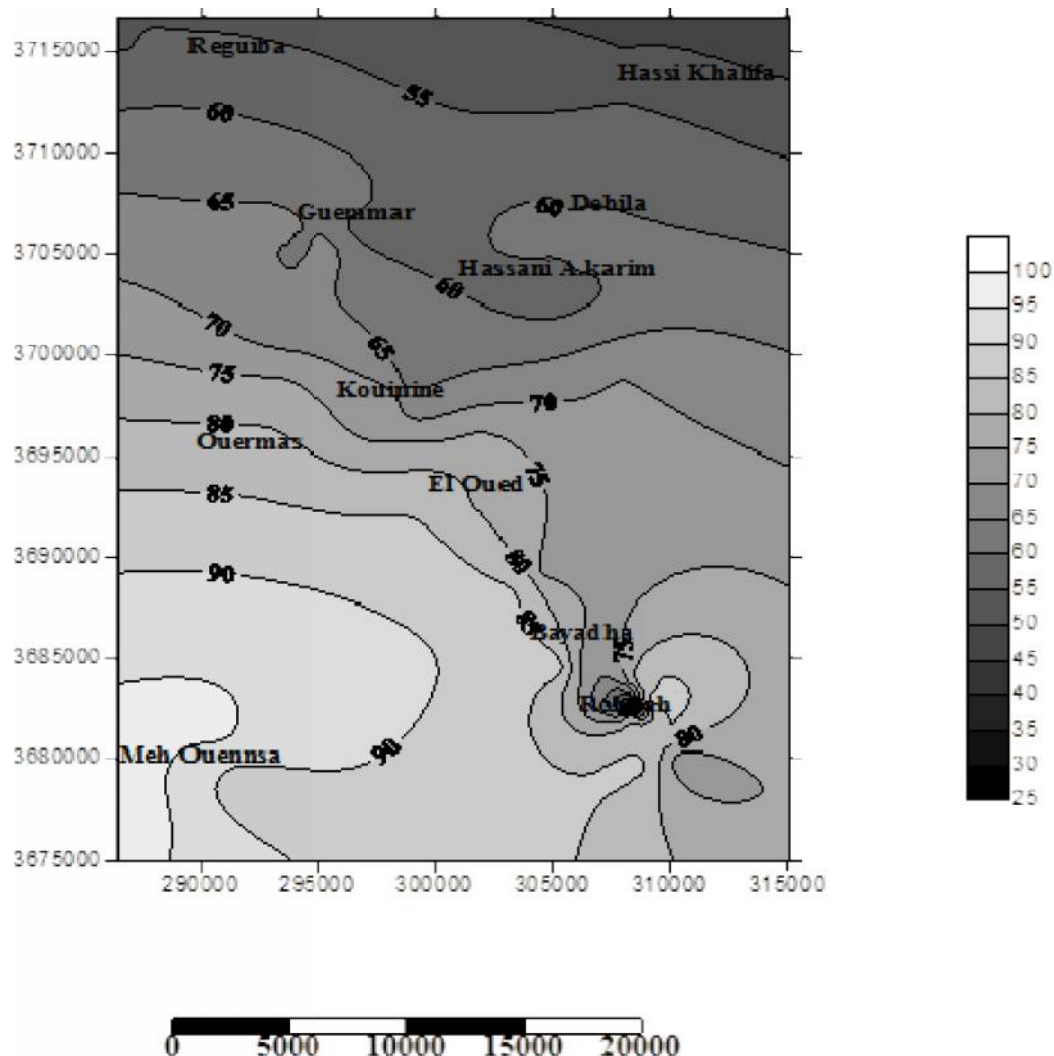


Figure 2. La carte topographique de la vallée du Souf [ANRH, 2005].

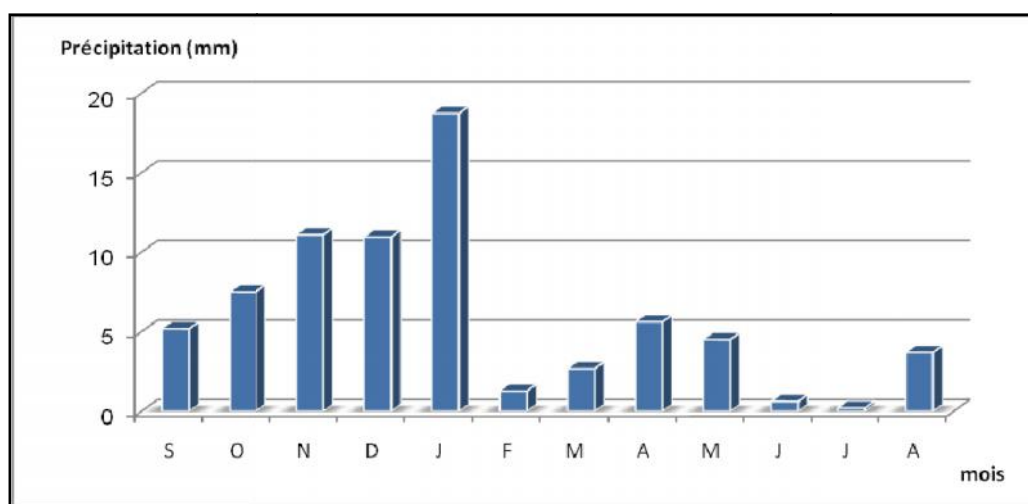
## I. 3. La pluviométrie de la région

Les précipitations sont un facteur fondamental pour caractériser le climat d'une région. Les variations moyennes mensuelles interannuelles des précipitations d'une durée d'observation de 10ans [1999-2008] sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau 1.** Les valeurs moyennes mensuelles interannuelles des précipitations [O.N.M 1999-2008].

| Mois              | S    | O    | N    | D     | J     | F    | M    | A    | M    | J    | J    | A    | cumulée      |
|-------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| <b>P<br/>(mm)</b> | 5.19 | 7.51 | 11.1 | 10.96 | 18.74 | 1.28 | 2.68 | 5.63 | 4.51 | 0.62 | 0.22 | 3.71 | <b>72.15</b> |

La pluviométrie maximale est de l'ordre de 18.74 mm enregistré pendant le mois de Janvier, et le minimum est de l'ordre de 0,22 mm enregistré pendant le mois de Juillet.



**Figure 3.** La variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations [1999-2008].

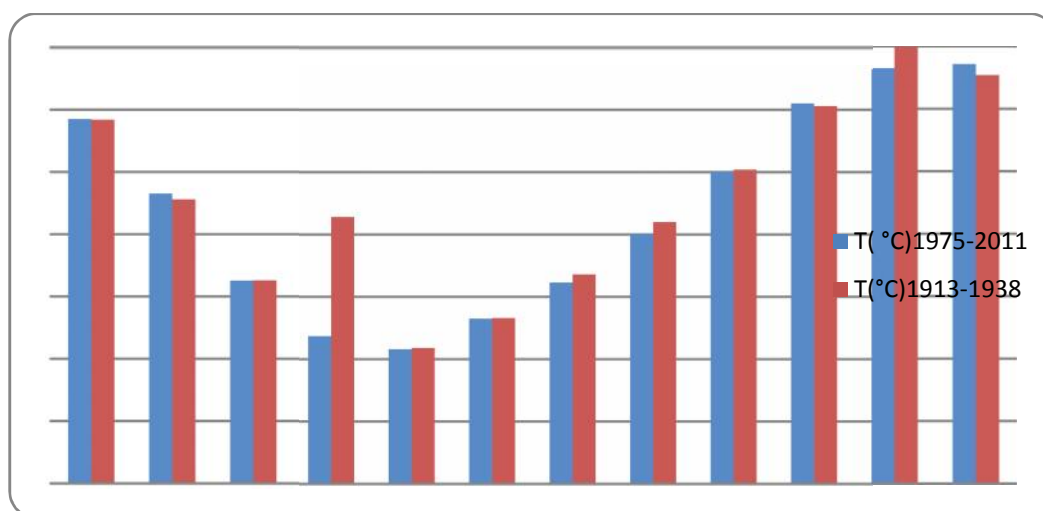
#### I. 4. La température de la région :

Les températures dans cette région sont constamment variables. Les écarts entre la nuit et le jour dépassent parfois 21°C. A l'ombre, les minimax de températures progressent régulièrement de 3 °C à 25 °C, alors que les maximas de 15°C à 40°C et c'est selon la durée de l'ensoleillement. Ces valeurs sont élevées entre le début du mois de Janvier et la fin du mois de Juillet. En outre, nous constatons que les données obtenues auprès du service de météorologie (au niveau de la station d'El-Oued) montrent que la température s'échelonne sur deux périodes différentes: L'une allant de 1913 à 1938 établie par Seltzer alors que l'autre plus récente [1975 à 2011].

**La température moyenne mensuelle :**Le tableau ci-dessous donne les valeurs de température moyennes mensuelles observées durant les deux périodes [1913-1938 et 1975-2011].

**Tableau 2.**Les températures moyennes mensuelles(°C) durant les deux périodes [1913-1938] et [1975-2011].

| mois      | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   | Jan   | Fev   | Mar   | Avr   | Mai   | Juin  | Juil  | Aout  | Moy   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1913-1938 | 29,2  | 22,8  | 16,3  | 21,4  | 10,9  | 13,3  | 16,8  | 21    | 25,2  | 30,3  | 35    | 32,7  | 22,9  |
| 1975-2011 | 29,25 | 23,27 | 16,28 | 11,85 | 10,80 | 13,25 | 16,15 | 20,05 | 25,02 | 30,51 | 33,26 | 33,59 | 21,94 |



**Figure 4.** Histogramme des températures moyennes mensuelles (T°C) Durant les deux périodes [1913-1938 et 1975-2011].

L'histogramme montre que : le mois de Janvier est le mois le plus froid et le mois de Juillet est le plus chaud pour la série de [1913-1938].

Pour la série [1975-2005], le mois le plus froid est le même que la première série 1913-1938 (Janvier) ; par contre le mois le plus chaud est Aout et Juillet.

### I. 5. Conclusion

A partir de ce chapitre, nous constatons que la région d'étude se caractérise par une situation géographique spécifique, en raison de son caractère distinctif. Comme tous les régions sahariennes.

La cité de Sidi Mestour appartenant à la commune d'El-Oued, elle possède les mêmes caractéristiques climatologique, topographiques, l'accroissement de la population et formations géologique, etc.

*CHAPITRE II*  
*GÉOLOGIE ET*  
*HYDROGÉOLOGIE*

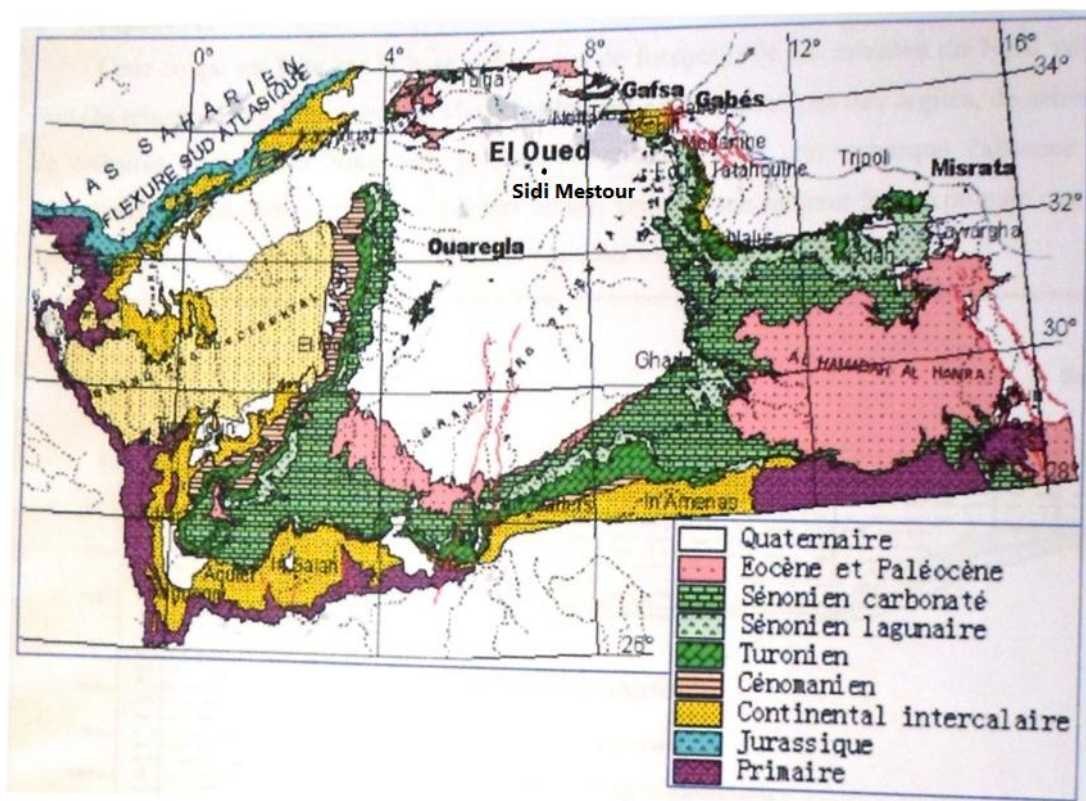
## II. 1. Etude Géologique de la Région du Souf:

### II. 1. 1. Introduction:

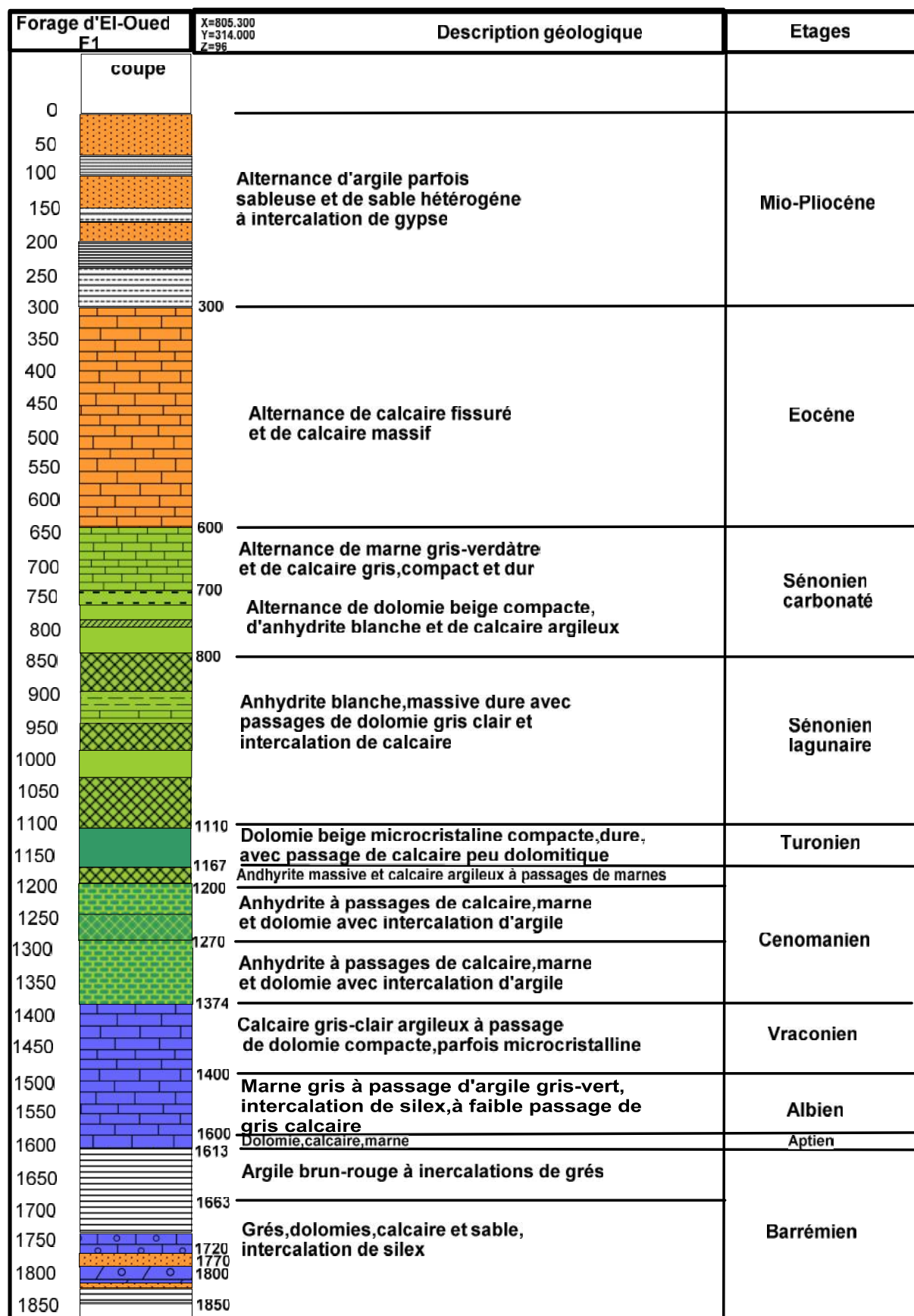
Nous nous proposons dans le cadre de notre étude de définir le comportement de la nappe phréatique, pour cela nous étudierons plus précisément les formations allant du crétacé inférieur et jusqu'au quaternaire en passant par le Miopliocène (Figure 5).

Sur l'ensemble de la région d'EL Oued, seules les formations Miopliocènes sont visibles. Dans la plupart des endroits ces dernières sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant la naissance à un immense Erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand Erg Oriental.

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



**Figure 5.** Carte géologique régionale du Sud-Est d'Algérie [OSS, 2003].



**Figure 6.** Coupe géologique du forage F1 à l'Albien [coupe d'après ANRH 1993].

D'après les logs stratigraphiquement de forage F1, on constate qu'il existe les étages des formations géologiques suivants :

1. Le secondaire

- Crétacé inférieur
- Crétacé moyen
- Crétacé supérieur

2. Le Tertiaire

3. Le Quaternaire

Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours.

Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses.

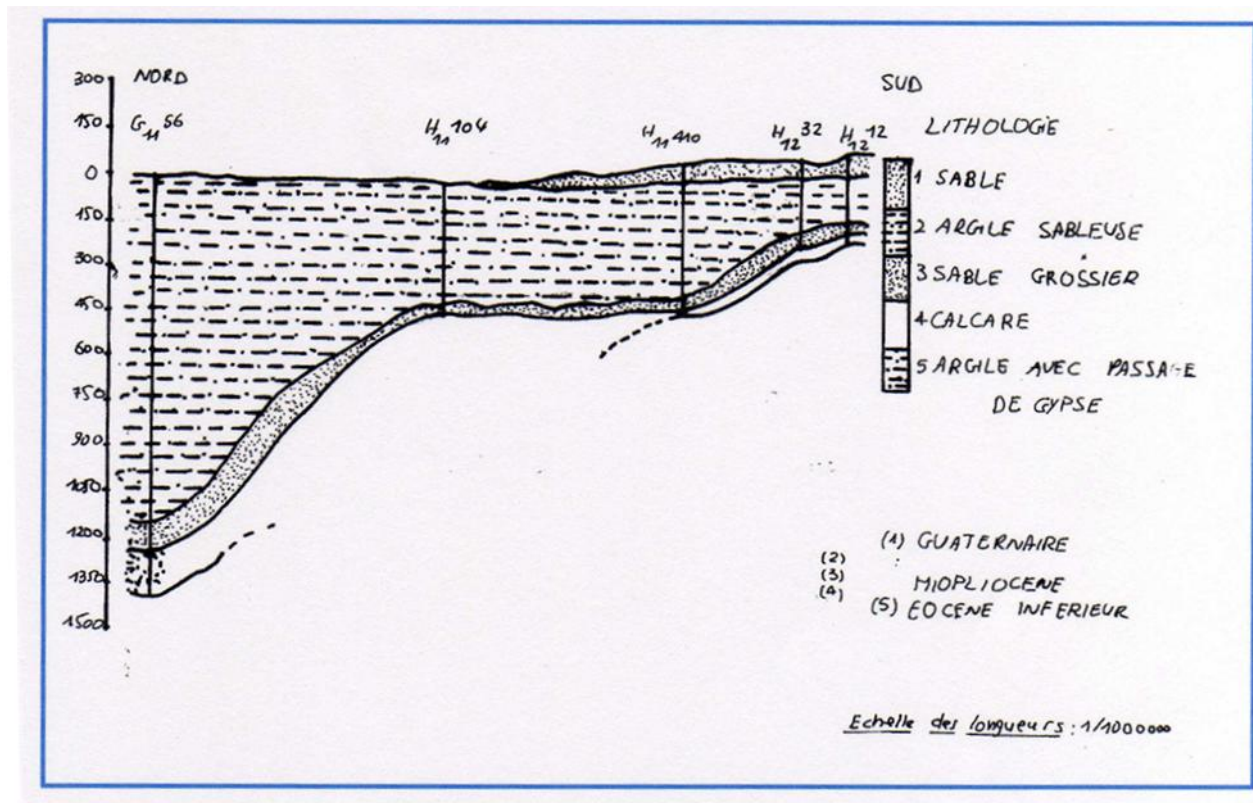
## **II. 1. 2. Interprétation des coupes :**

Ces coupes ont pour but, d'une part d'établir une corrélation lithologique du sous- sol, d'autre part d'identifier l'extension géographique ainsi que l'épaisseur utile de la nappe phréatique de la région.

### **a) Coupe N°1 :**

Cette coupe orientée Nord – Sud, faite sous la base de coupes de forages, on remarque que l'épaisseur de formation miopliocène (constituée par des argiles sableuses, de sable et de calcaire) diminue du Nord vers le Sud.

Au niveau du H11.104, on remarque l'absence des formations quaternaires correspondant aux formations sableuses ; ce manque ne peut être expliqué que par l'effet d'une érosion éolienne, ces formations tendent à s'épaissir vers le Sud (voir H12.32 et H12.23).



**Figure 7.** Coupe géologique N°1

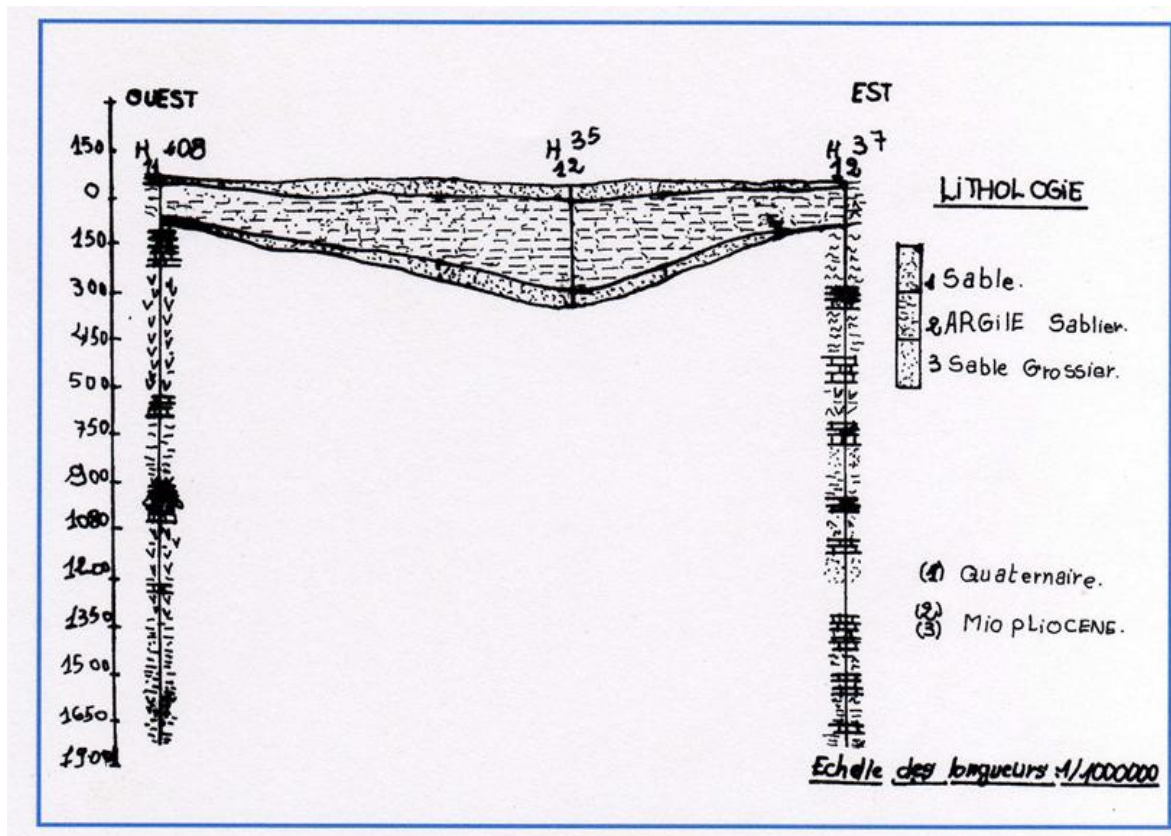
Extraite à partir des logs lithologiques de forage.

#### b) Coupe N°2 :

Cette coupe est effectuée sur une distance de 170 Km allant de Djamaa vers Bouaroua, en passant par Magrane, on constate que les couches d'argile sableuses qui correspondent au substratum de la nappe phréatique sont caractérisées par une épaisseur considérable (plus importante que les formations sableuses).

Cette importance est plus remarquable dans la région de Magrane que dans les autres régions, c'est ce qui nous donne une forme de cuvette remplie de sédiments sableux d'âge quaternaire correspondant à ceux de la nappe phréatique.

L'épaisseur de la couche de sable diminue progressivement à l'Est et à l'Ouest de Magrane. C'est ce qui montre que ces sédiments quaternaires suivent l'allure de cette cuvette par les argiles.



**Figure 8.** Coupe géologique N°2

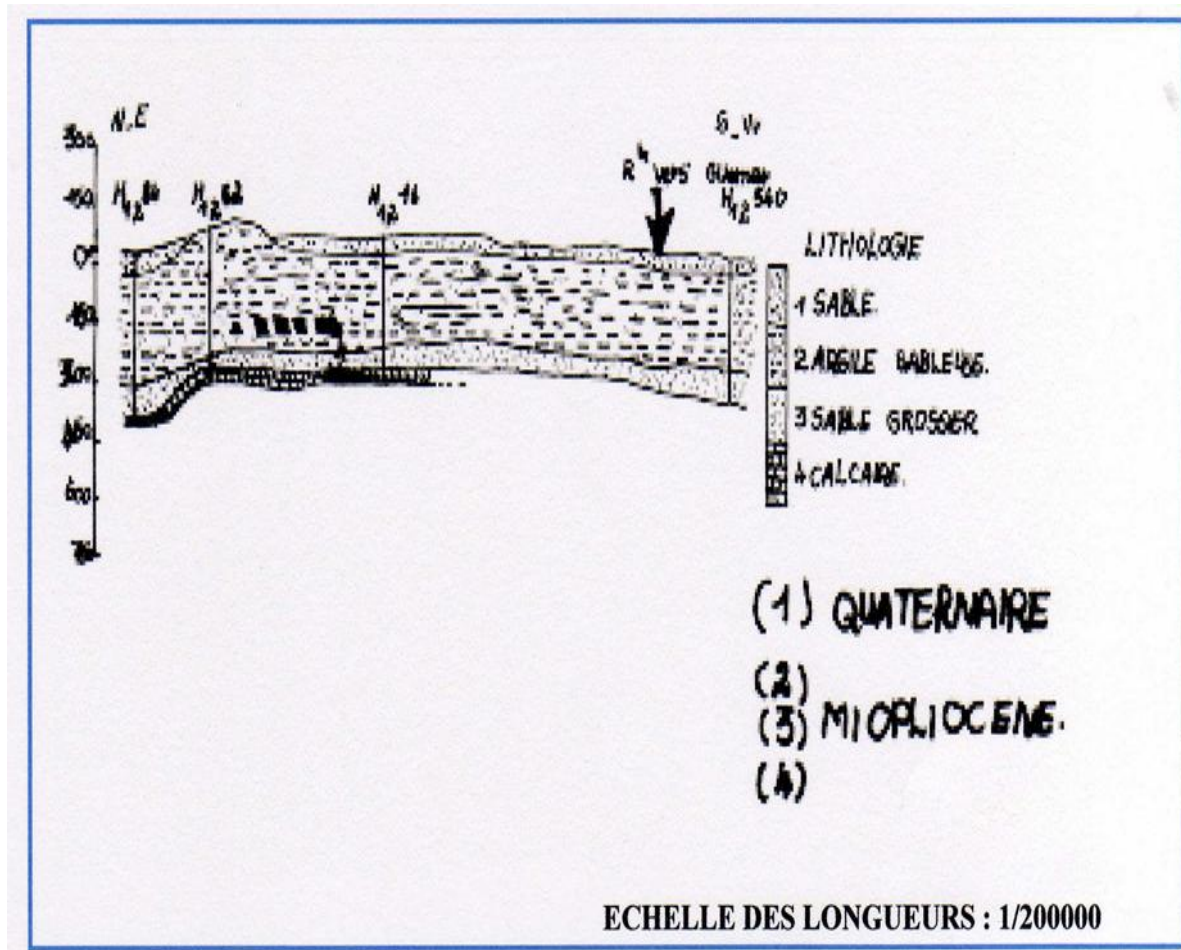
Extraite à partir des logs lithologiques de forage.

### c) Coupe N°3 :

Cette coupe est orientée du Nord-Est vers Sud-Ouest en allant de la région dite MERZAKA vers OURMES, on remarque au niveau du forage (H12.52), l'absence de formation quaternaire, ceci ne peut être expliqué que par l'effet d'une érosion éolienne.

Les formations de miopliocène sont caractérisées par une épaisseur considérable (plus de 200m).

Cette dernière devient régulière sur tout le reste de la région, par contre celle des formations quaternaires sont constituées par des sables qui changent d'une région à une autre.



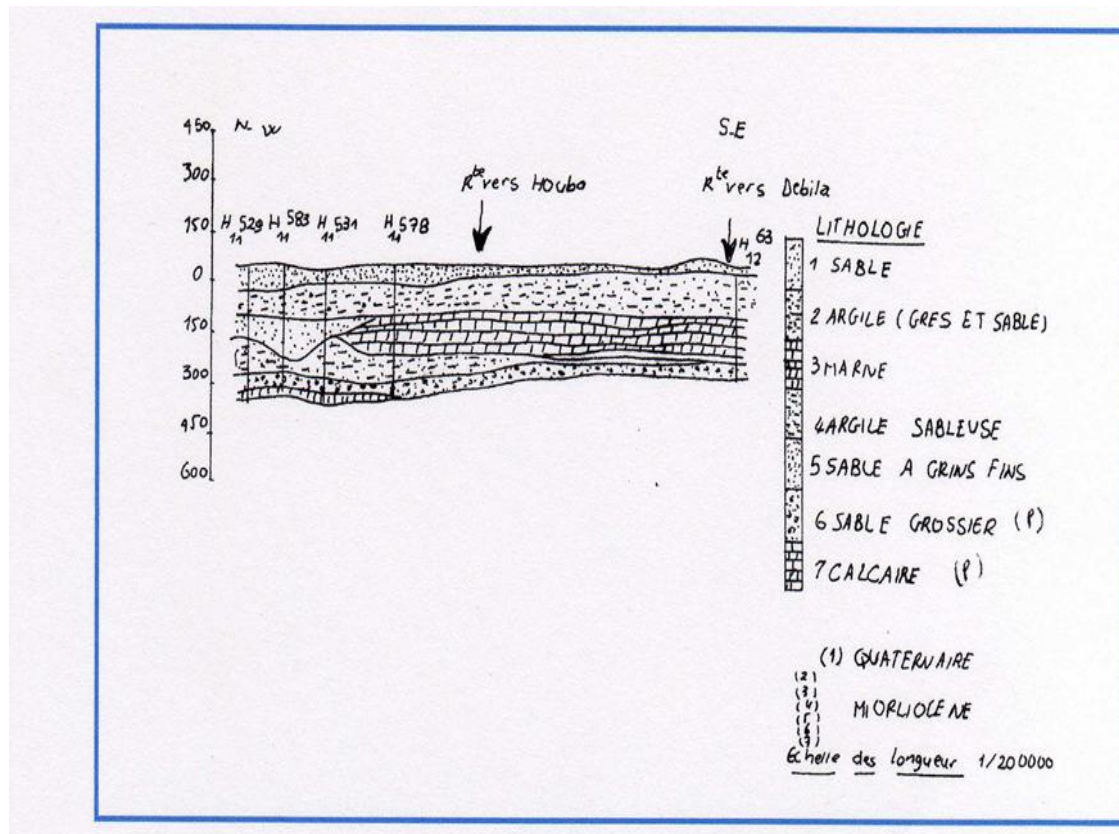
**Figure 9.** Coupe géologique N°3

Extraite à partir des logs lithologiques de forage.

**d) Coupe N°4 :**

La coupe N°4 est différente des autres surtout du point de vue stratification ; cette dernière entrecroisée, donne ainsi naissance à des « biseautages » résultant d'un évènement paléogéographique. Cette situation est bien visible dans les quatre premiers forages.

Quant aux formations quaternaires, on constate que leur épaisseur est plus importante au Nord-Ouest qu'au Sud-est.



**Figure 10.** Coupe géologique N°4

Extraite à partir des logs lithologiques de forage.

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, où il se termine par une croûte gypseuse.

## **II. 2. Etude Hydrogéologique:**

### **II. 2. 1. Introduction :**

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

### **II. 2. 2. Cadre hydrogéologie générale :**

La nappe phréatique du Souf, contenue dans le réservoir sableux superficiel Quaternaire, représente la principale ressource hydrique pour l'irrigation des palmeraies. Elle est exploitée par des puits traditionnels au nombre de 10 000 puits selon l'enquête effectuée en 1993 par l'A.N.R.H, de Ouargla. Dans le Sahara Septentrional, les nappes aquifères les plus sollicitées sont la nappe du Continental Intercalaire (C.I) et celle de Complexe Terminale (C.T).

#### **II. 2. 2. 1. La nappe phréatique :**

La nappe phréatique est comprise dans des dépôts sableux fins de type éolien, localement intercalés de lentilles d'argiles sableuses et gypseuses. Elle est limitée par un substratum argileux imperméable. Le substratum de la nappe a une pente Sud-Ouest /Nord-Est, ce qui traduit par un écoulement des eaux dans ce sens à travers les sables des atterrissements tertiaire et quaternaires.

L'exploitation de La nappe phréatique est délicate à cause de sa faible profondeur qui dépend de l'altitude qui varie de façon étonnante. La perméabilité avoisine les  $10^{-4}$  m/s et le débit varie de 0,4 à 18 l/s. Elle est exploitée par 1040 puits équipés de groupes motopompes [d'après DHW repris de M. Côte 2001].

L'aquifère quaternaire de Sidi Mestour présente une épaisseur moyenne de 40 mètres .Son substratum est structuré en de nombreuses dépressions, dômes et sillons.

La nappe phréatique, à l'origine des palmeraies, était alimentée initialement par les rares et faibles précipitations qui tombent dans la région et surtout par infiltration des précipitations plus abondantes qui tombent sur les reliefs bordant la cuvette, à des distances de l'ordre de 200 à 500 Km [d'après DHW repris de M. Côte 2001]. Depuis 1956, date d'exploitation des

nappes profondes (CT), la nappe phréatique est alimentée par tous les rejets et infiltrations des eaux pour l'AEP et l'irrigation.

#### **II. 2. 2. 2. La nappe de complexe terminal :**

Les formations du Complexe Terminal sont très hétérogènes. Elles englobent les assises perméables du Sénonien calcaire et du Mio-Pliocène. En fait, il est possible d'y distinguer trois corps aquifères principaux, séparés localement par des horizons semi-perméables ou imperméables. Ces trois corps sont représentés par les calcaires et dolomies du Sénonien et de l'Eocène Inférieur, par les sables, grès et graviers du Pontien, et par les sables du Mio-Pliocène. La profondeur du Complexe Terminal est comprise entre 100 et 600 mètres et sa puissance moyenne est de l'ordre de 300 m. En 2001, elle est exploitée par 83 forages dans la zone d'étude, 70 pour l'AEP, 12 pour l'irrigation et 1 mixte (irrigation et AEP). Le débit total moyen mesuré en 2002 est de 3'200 m<sup>3</sup>/h (0,9 m<sup>3</sup>/s). Selon une étude récente les prélèvements étaient de 16,3 m<sup>3</sup>/s pour le territoire algérien en 1998. Le niveau piézométrique est en baisse générale. Cette baisse deviendrait catastrophique dans une trentaine d'années dans les zones les plus exploitées où elle pourrait dépasser 200 mètres d'après une simulation de la même étude.

#### **II. 2. 2. 3. La nappe du continentale intercalaire:**

Le terme "C.I", correspond ainsi aux formations continentales du crétacé inférieur, ne peut être que la période Continentale Intercalée entre deux cycles sédimentaires : La régression marine suivit d'une transgression du crétacé supérieur.

Le Continental Intercalaire (C.I) occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien. Le réservoir aquifère du Continental Intercalaire est considérable du à son extension (surplus de 600000 Km<sup>2</sup>) et à son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres.

L'intérêt majeur de ce système aquifère et qu'il est constitué par de grandes quantités d'eau, qui ont été stockées au cours des périodes pluvieuses du quaternaire et peuvent être maintenant exploitées, il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle par les eaux météoriques et présente donc un fonctionnement hydraulique caractérisée par une alimentation, un écoulement et une série d'exutoires, l'épaisseur totale du réservoir dépasse 250 mètres dans les plus grands partis du Sahara Septentrional.

Elle atteint 1000 mètres au Nord-Ouest. Le C.I affleure dans la partie Sud et Sud-Ouest par contre il plonge vers le Nord-Est.

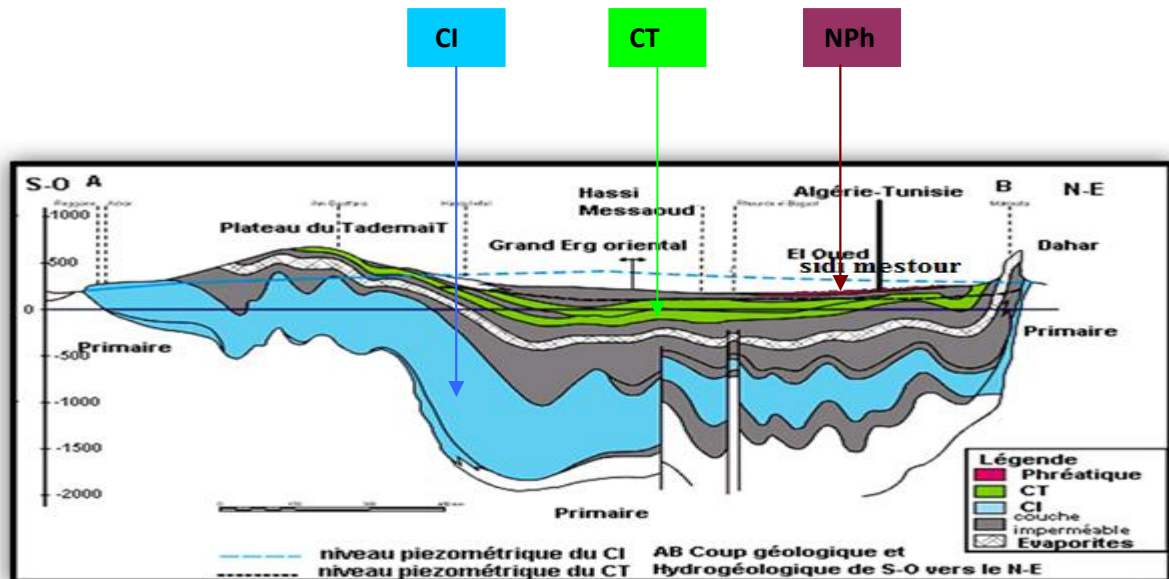


Figure 11. Coupe hydrogéologique à travers le Sahara [UNESCO, 1972].

### II. 2. 3. Litho stratigraphie des nappes d'El-Oued:

Les coupes des sondages profonds réalisées dans la région, montrent que les nappes aquifères d'el-oued, composées des formations suivantes :

#### II. 2. 3. 1. Nappe phréatique :

D'âge Quaternaire, cette nappe est constituée de sable, sable argileux, argile sableuse, avec des intercalations de gypse et des lentilles argileux d'âge quaternaire et miopliocène. Le substratum est argileux.

#### II. 2. 3. 2. La nappe de complexe terminal :

**a) Les nappes de Sable :** Est essentiellement constitué de sable, sable argileux, avec des intercalations de gypse et de calcaire. Le toit est argileux et le mur est constitué d'argiles lagunaires et de marnes d'âge Eocène moyen correspondant au toit de la nappe des calcaires.

**b) La nappe des calcaires est constituée de calcaires à silex :** Au niveau supérieur d'âge Eocène inférieur et de calcaires gypseux au niveau inférieur d'âge sénonien carbonaté. Sa limite supérieure rencontre l'Eocène moyen qui est formé par des argiles lagunaires et des marnes, tandis que sa limite inférieure rentre en contact avec le Sénonien lagunaire, constitué d'évaporites et d'argile.

### II. 2. 3. 3. La nappe du continentale intercalaire :

La nappe du continental intercalaire représente le plus important aquifère dans le Sahara septentrional. Elle est constituée par des sables et des grès d'âge Crétacé inférieur. Cette nappe est confinée entre un toit, constituée par une épaisse couche d'argiles et de marnes d'âge Cénomaniens; alors que le mur est constitué d'argiles, lui conférant caractère captif.

**Tableau 3.** Log stratigraphique et l'hydrogéologie de forage Barrémien dans la région du Souf [D.W.H, 2004].

| Nature hydrogéologique           |                                | Nature lithologique        | Étage              |         | Ère       |
|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------|---------|-----------|
| Niveau perméable                 | Nappe Phréatique               | Sables                     | Quaternaire        |         |           |
| Niveau Imperméable               |                                | Argiles                    |                    |         |           |
| nappe des sables                 | Complexe Terminale             | Sables                     | Pliocène           |         | Tertiaire |
| Semi–perméable                   |                                | Argiles gypseuses          |                    |         |           |
| nappes des sables                |                                | Sables grossiers, graviers | Pontien            | Miocène |           |
| Niveau imperméable               |                                | Argiles lagunaires, marnes | Moyen              | Éocène  |           |
| Nappe des calcaires (perméables) |                                | Calcaire fissuré           | Inférieur          |         |           |
|                                  |                                |                            | Sénonien carbonaté |         |           |
| Semi-perméable                   | Nappe Continental Intercalaire | Évaporites, argiles        | Sénonien lagunaire | Crétacé |           |
| Niveau imperméable               |                                | Argiles, marne             | Cénomanien         |         |           |
| Niveau perméable                 |                                | Sables et Grés             | Albien             |         |           |
| Semi-perméable                   |                                | calcaire, marne            | Aptien             |         |           |
| Niveau perméable                 |                                | calcaire, sable            | Barrémien          |         |           |

### II. 2. 4. Etude des coupes hydrogéologiques :

Il est difficile d'aborder en détail l'étude de toutes les nappes de la région de Souf. Pour cette raison, nous avons effectué 02 coupes hydrogéologiques pour visualiser la géométrie et la superposition des aquifères (Figure 12) et une coupe (Figure 13) confirme les informations rapportées par la géophysique.

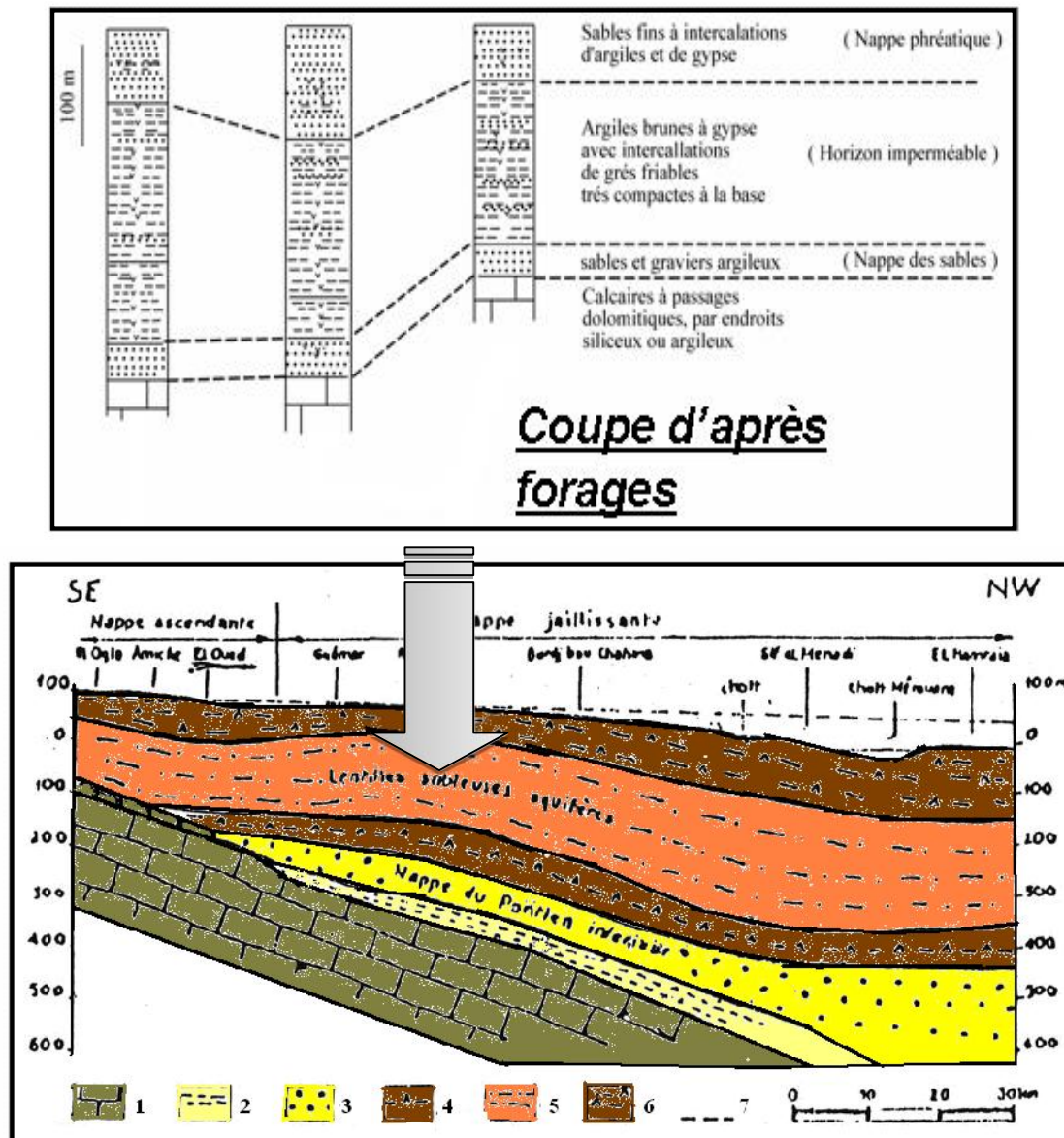


Figure 12. Coupe Hydrogéologique du Souf [A.N.R.H, 1989].

#### a) Nappe du complexe terminal (CT) :

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

➤ **Nappes des sables :**

Au sein de ces niveaux sableux, vient s'engendrer deux nappes captives, dont la première correspond à la formation supérieure du Complexe Terminal appelée communément réservoir du « Sub-Souf ». Cette nappe constituée de sables grossiers et faisant partie du Complexe Terminal mène progressivement vers le Nord du Sahara en direction de la fosse Sud aurésienne, dans la région d'étude elle se trouve à 280 mètre de profondeur. Il faut mentionner également l'existence d'une deuxième nappe de sables d'âge Pontien. Au-dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires en contact avec les marnes de l'Eocène Inférieurs et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du Pontien du Sud tunisien, la profondeur de cette nappe varie entre 400 et 450 mètres. Quant à l'épaisseur utile de cette nappe, elle est de 50 mètres environ. [D'après DHW : 2002].

➤ **Les nappes de calcaires :**

Le Complexe terminal possède une litho-stratigraphie plus complexe, les forages captant cette nappe nous montrent l'existence de deux niveaux servant de repère pour la classification des eaux souterraines ; du Sud au Nord, nous observons l'existence d'un premier niveau calcaire mieux individualisé, parfois il est purement calcaire, quelque fois il est formé par des calcaires gypseux. Il correspond au niveau inférieur.

Le niveau supérieur, principalement représenté par des calcaires siliceux, est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables. Dans l'ensemble, ces deux niveaux sont séparés par des formations tantôt marneuses, tantôt sableuses avec des passées d'argile rouge.

D'après les forages, profonds, captant cette nappe, nous remarquons que sa profondeur varie entre 500 et 800 mètres.

Cette dernière n'est pratiquement pas exploitée dans la région de Souf.

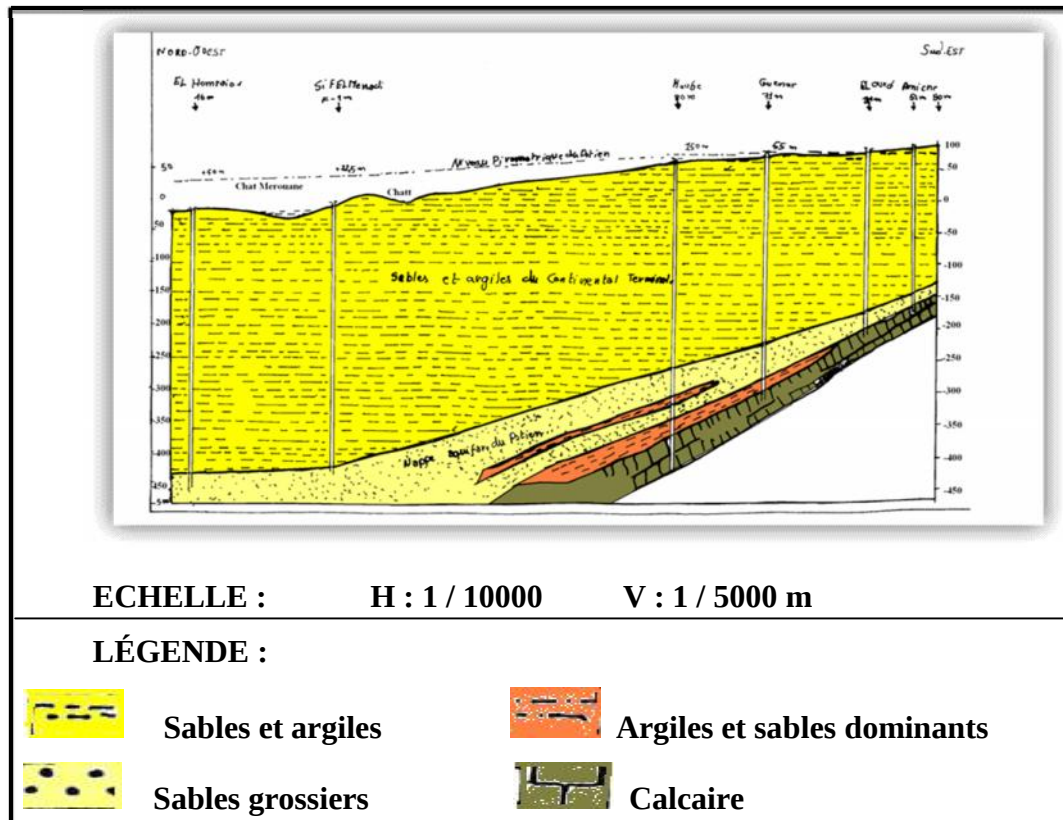
**b) Nappe du Continent Intercalaire (CI) :**

Le terme « C.T. » correspond ainsi aux formations continentales du Crétacé Inférieur cette période se situe entre deux cycles sédimentaires régit par une régression marine suivit d'une transgression du crétacé supérieur. Le Continent Intercalaire occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base Trias et le sommet de l'Albien. Le traitement manquant du réservoir aquifère du continental intercalaire est son volume considérable dû à la fois à son extension sur plus de 600 000 Km<sup>2</sup>, et son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. Bien que l'intérêt majeur de ce système aquifère soit constitué par les grandes quantités d'eaux qui ont été stockées au cours des périodes pluvieuses du quaternaire et qui peuvent maintenant être exploitées ; il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle

par les eaux météoriques et présente donc un fonctionnement hydraulique caractérisé par une alimentation, un écoulement et une série d'exutoire. La puissance de l'ensemble des formations aquifères existantes dans la région (crétacé Inférieur, Miopliocène, Éocène et nappe phréatique) dépasse parfois 2000 mètres [DHW, 2002].

Lithologie :

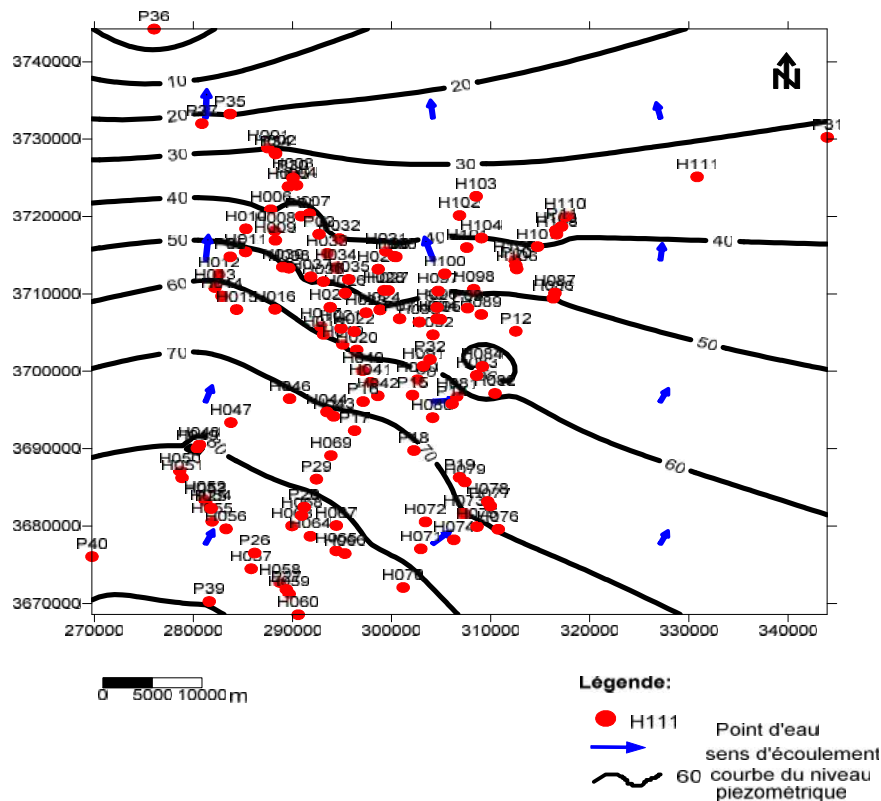
- 1- calcaire de l'Eocène inférieure marin et de l'Eocène moyen évaporés.
- 2- argiles sableuses et marnes de la base du complexe terminal.
- 3- sables grossiers du Pontien inférieur.
- 4- argiles et gypses dominants.
- 5- argiles et sables dominants.
- 6- argiles, sables et gypses (les trois derniers étages appartiennent au Moi-pliocène).
- 7- niveau hydrostatique de la nappe du Pontien inférieur.



**Figure 13.** Coupe Hydrogéologique d'El-Hamraia, El-Oued [A.N.R.H, 1989].

## II. 2. 5. La piézométrie:

L'observation de la carte piézométrique (figure 14) permet de dire qu'il y a un seul système hydrogéologique, parce qu'il n'y pas une ligne de partage des eaux souterraine, Le sens général d'écoulement des eaux souterraines est Sud-Ouest vers le Nord-Est.



**Figure 14.** Carte du niveau piézométrique durant la période des hautes eaux [DHW, 2010].

La carte au-dessus représente la piézométrie haute eaux durant la période 2010 de la région d'El oued. D'après cette carte on observe que le sens d'écoulement des eaux souterraines de la région s'oriente vers le nord (vers les chotts).

## II. 2. 6. Conclusion:

Dans ce chapitre nous concluons que : L'étude hydrogéologique nous a permis de constater que le sens d'écoulement des eaux souterraines est orienté suivant une direction générale SW-NE. 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, où il se termine par une croûte gypseuse.

# *CHAPITRE III*

## *UN CONSTAT SUR LA NAPPE PHRÉATIQUE*

---

### III. 1. Introduction

Si l'homme entretient avec l'eau des rapports singuliers, c'est en raison de l'absolue nécessité dans laquelle il se trouve de faire appel à elle, simplement pour se maintenir en vie. Impossible, dans ces conditions, de prendre du recul. Vingt-quatre heures sans elle, et la plus belle des mécaniques intellectuelles s'arrêtent, le cerveau n'entend sa soif.

L'eau est un élément cosmique, au même titre que le soleil et la terre. Elle est, au même titre que les deux autres, la condition de la vie.

Mais lorsque on parle d'excédent d'eau en milieu désertique peut paraître aberrant à première vue [Idder T, 1998]. C'est pourtant une réalité dont j'ai pu me rendre compte à Oued Souf, ville dont nous sommes originaires.

Un coin de désert, un morceau de Sahara. Dunes et palmiers. On se trouve étonné de découvrir en ce coin de terre une population aussi importante, une vie aussi intense, des problèmes aussi cruciaux.

Dans les années 1900, une jeune journaliste et écrivaine, française d'origine russe, attirée par le Maghreb, découvrir le Souf. Et Isabelle Eberhardt fut éblouie par ce pays. (Jamais, en aucune contrée de la terre, je n'avais vu une ville se parer d'aussi magnifiques splendeurs) [Eberhardt I, 1990].

Mais par la suite depuis les années 1970, ce territoire synonyme de beauté pure, de condensé de Sahara, est entré en crise. Et ses paysages en ont été bouleversés.

Le cas du Souf est exemplaire à plus d'un titre. Longuement façonné par la société locale, peaufiné jusqu'en ses détails, son paysage est aujourd'hui brutalement remis en cause. Et comme toujours en pays saharien, les faits, anciens et nouveaux, positifs et négatifs, sont enregistrés avec une netteté éclatante. Nulle part mieux qu'au désert les paysages ne peuvent se lire à livre ouvert [Cote Marc, 2006].

Le problème des excédents hydriques ne touche pas uniquement la ville d'Oued Souf, mais il affecte également plusieurs autres villes du Sahara algérien, comme exemple Ouargla, et El Menéa.

Ce sont de grandes villes, où les volumes desquelles se sont développés de grands périmètres de mise en valeurs, qui rejettent des quantités considérables d'eau de drainage.

Le développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et l'évacuation des eaux des nappes phréatiques, aux eaux d'assainissement.

L'absence d'un exutoire naturel complique d'avantage le rejet du surplus d'eau et les eaux usées domestique. Cependant, la solution au problème de la remontée nécessite la suppression des fosses septiques et la généralisation d'un réseau d'assainissement dans toute la région d'Oued Souf équipées par des stations d'épurations.

Pour cela on choisit le titre "mécanisme et remèdes de phénomène de remontée des eaux de la nappe dans la région d'Oued Souf -Impact sur l'environnement de la région-" pour notre travail, et pour réaliser ce travail, plusieurs visites de prospection sur site d'étude et les chantiers des travaux, et dans d'autres Oasis du Sahara algérien, notamment celle de Ouargla, on est nécessaires pour acquérir une connaissance approfondie du cadre naturel.

La collecte des données scientifiques a été effectuée auprès de différentes administrations locales et régionale, en particulier, BG (Bureau d'étude de Bonnard & Gardel), l'O.N.M (Office Nationale de Météorologie), la D.H.W (Direction de l'Hydraulique de la Wilaya), la D.S.A (Direction des Services Agricole), l'O.N.A (Office Nationale d'Assainissement), et l'A.N.R.H (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques). Et l'interprétation de ces données a nécessité, en fragmentaire et parfois contradictoire, dû à l'absence, au niveau local, de bases de données fiable et régulièrement mises à jour. Il a donc été nécessaire, au préalable, de regrouper les différents éléments disponibles, de les vérifier et d'en faire la synthèse.

### **III. 2. Historique de remontée de la nappe phréatique**

Comment ce paysage s'est défilé en quelques décennies? Pour donner ou plutôt trouver la réponse de cette question, on retourne avant 1955. Lorsqu'en 1953 fut réalisé avec succès un forage profond à Sif Menadi (90 Km au nord d'El Oued), les techniciens, fiers de leur exploit, ne se doutaient pas que celui-ci allait constituer un coup de tonnerre dans le ciel serein du Souf. La cause principale de réaliser les forages profonds artésiennes dans la région

du Souf, c'est le manque de l'eau et par un autre mot la baisse de la nappe phréatique à cause de développement de débit extrait d'après l'agriculteur pour l'irrigation de son palmiers.

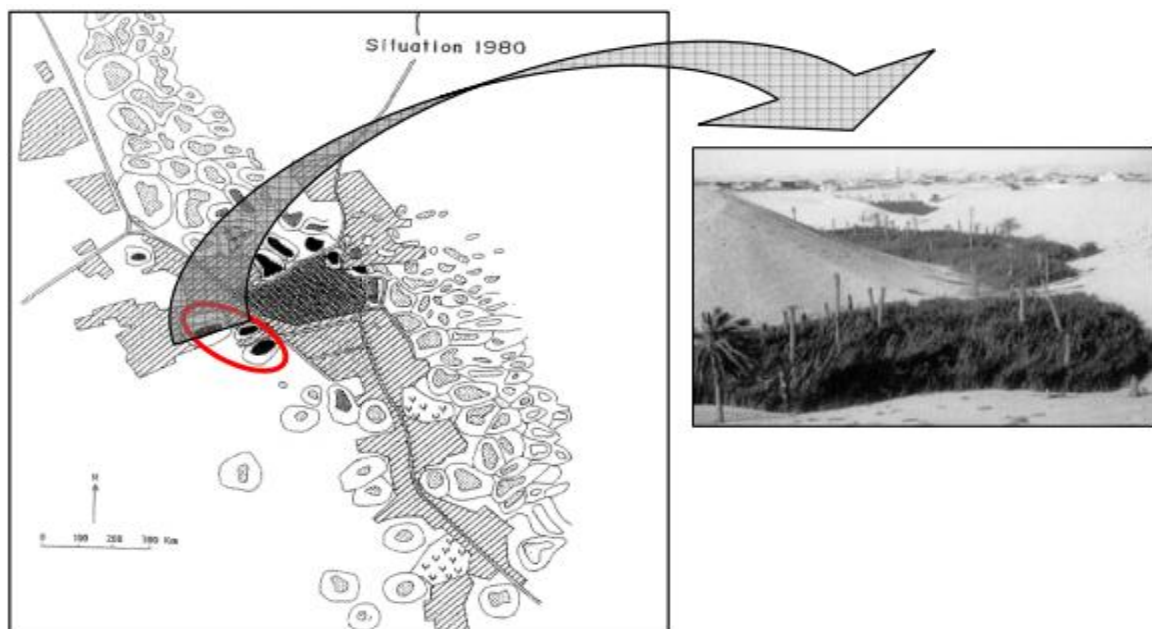
### III. 2. 1. Période de la rupture d'un système fermé et l'ampleur du phénomène:

Au cours des 50 dernières années, le Souf s'est urbanisé. Il faut donc recouvrir les besoins de ses habitants qu'ont cessé d'augmenter, notamment dans le domaine de la consommation en eau potable, on se conçoit plus la vie en ville sans l'adduction d'eau, et la distribution au robinet 24 heures sur 24.

Et pour assurer ça il faut réaliser des réseaux d'alimentation en eau potable et des ouvrages hydrauliques pour le stockage. Le château d'eau d'El Oued de capacité 500 m<sup>3</sup> fut élevé en 1957.

Durant la décennie 1980, le Souf s'est senti basculé et entrée ou vivre la rupture d'un système fermé ou par un autre terme, la mort du paysage agraire.

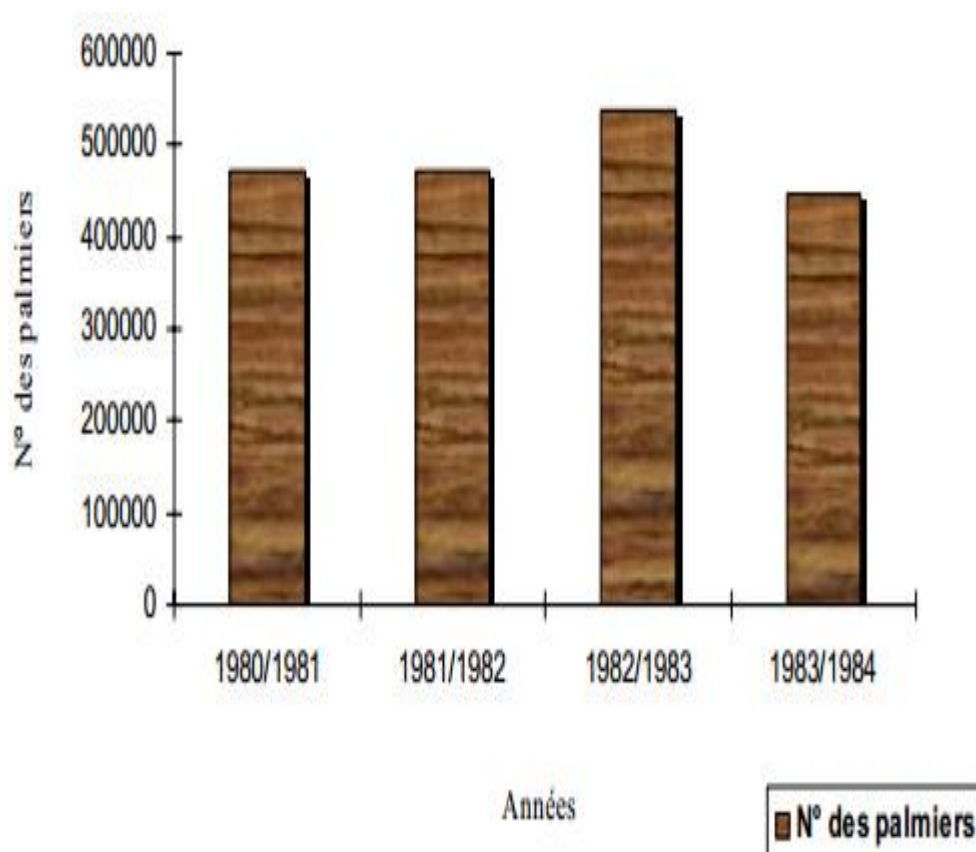
Et ce basculement s'est présenté sous un visage inattendu, celui d'une crise hydraulique spectaculaire, par excès d'eau (figure 2), comme il n'y en a eu nulle part ailleurs au Sahara.



**Figure 15.** Evolution de la situation des ghouts autour d'El Oued en 1980 [Cote Marc, 1998].

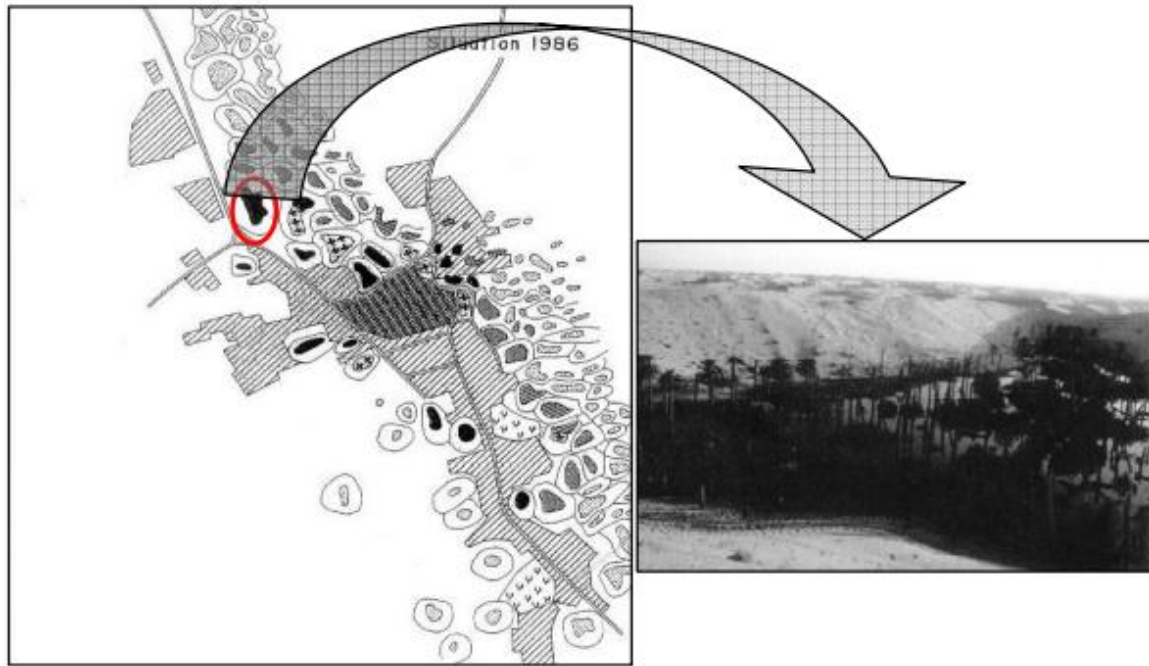
La répercussion sur les palmiers sont claires et directes: envahissement par les joncs et roseaux, arrêt de fructification des palmiers, puis dépérissement des arbres, et enfin morts des palmiers et abandon du ghout.

Où on trouve de la saison 1980-1981 à la saison de 1982-1983 il n'y a pas d'influence apparente sur le nombre total des palmiers dans la région, mais il y a une diminution de la rendement productive, lors de la saison de 1981-1982, le rendement à atteindre le 74 %, et la saison de 1982-1983 le rendement a diminué à 32 %, et on a perdu 94 523 palmiers de 1983 à 1984, et le rendement diminue jusqu'à le 28 % au ce saison [DSA. El Oued 1984].



**Figure 16.** Evolution des nombres des palmiers au début des l'années 80 [DSA. d'El Oued, 1984].

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



**Figure 17.** La situation catastrophique des ghouts d'El Oued en 1986 [Cote Marc, 1998].

Les réseaux d'alimentation en eau potable, sont alimentés par les ressources en eaux souterraines provenant des nappes du continental intercalaire et du complexe terminal, le taux d'AEP de 95.

Aucun plan d'ensemble cohérent et enseigné n'a été produit. Le linéaire total du réseau d'eau potable est actuellement estimé à 770km [Bonnard & Gardel, 2001].

Les branchements privés sont réalisés directement par les particuliers, le matériau choisi étant généralement le polyéthylène. Le système de piquage sur le réseau public n'est pas défini par la collectivité.

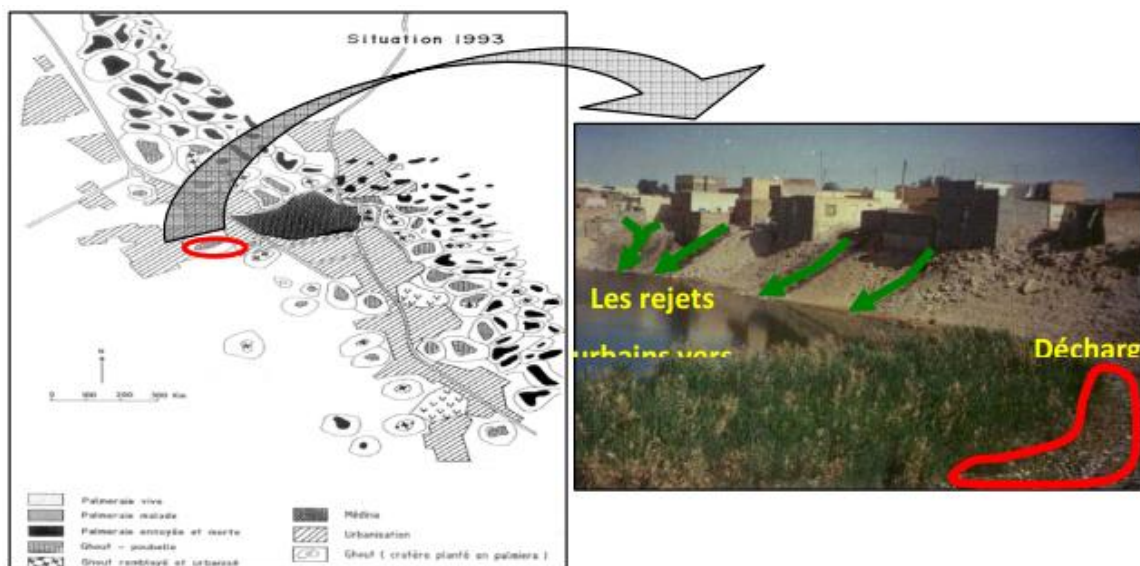
Que penser des nombreuses fuites probables mais non visibles dans la mesure où les eaux s'infiltrant directement dans la couche de sable sous-jacente ?

### **III. 2. 2. Période de la rupture totale d'un système fermé et l'éveil des pouvoirs publics:**

D'après [BNEDR 1993], le prélèvement pour le besoin d'alimentation en eau potable par les nappes du complexe terminal et le continental intercalaire atteignent le 3789 litres par seconde en 1993 (3109 l/s du CT et 680 l/s par le CI). Et pour l'irrigation le débit prélevé par la nappe phréatique est 6123 litres par seconde. Mais lorsque l'apport provenant de la profondeur est

puissant et continu dans le temps, le niveau de la nappe phréatique s'élève, finit par être proche de la surface où elle menace cultures et habitations.

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



**Figure 18.** Situation d'un ghouts ennoyée complètement par les eaux polluée de l'année 90 [Cote Marc, 2006].

L'évolution est d'autant plus spectaculaire qu'elle touche la partie sud du Souf, c'est-à-dire celle des grands ghouts profonds en milieu dunaire (Bayada, Rhobah, Ogl...). Les ghouts ennoyés qui cernant la ville présentant une eau noirâtre et nauséabonde (figure 18), qui incite la population à en faire autant de décharges sauvages. Et le cycle de pollution s'accroît.

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

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

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

Les résultats positifs des analyses bactériologique effectuées d'après le centre de développement des techniques nucléaires [CDTN 1992], sur un nombre bien choisi d'échantillons couvrant toute la région et la présence de germes pathogènes ne fait qu'aggraver encore plus la qualité des eaux de cette nappe.

Où il y a la présence des indices depollution bactériologique marquée principalement par la présence de streptocoques fécaux et de colibacilles, pouvant provoquer des infections et affections pathologiques graves d'après [Rodier 1984], telles que: l'ostéomyélite, la septicémie, le choléra infantile, la méningite, ...etc.

Donc on peut imaginer pendant les années 90 l'état de la santé de la région du Souf surtout les zones Nord-Ouest et Nord-est (Guemmar, Reguiba, Hassi Khalifa, Magrene....) parce qu'ils sont des zones agricoles.

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



**Figure 19.** Situation d'un ghout dans la commune d'El Oued remplis d'eau et de roseaux à la place des palmiers [Photo, Remini B., 1996].

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

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

### **III. 3. Au fil du temps ...l'apparition du problème de la remontée des eaux de la nappe phréatique :**

La pente de la nappe phréatique est faible et, bien que la transmissivité soit élevée, les quantités d'eau qui s'écoulent vers l'aval sont peu importantes.

Les apports d'eau extérieurs [C.I, C.T. ou rejets] restent pratiquement sur le site et font monter le niveau de la nappe en remplissant les pores du terrain, créant un dôme. La pente de la nappe augmentant localement permet un écoulement plus important jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse lorsque la nappe monte en surface du sol et les apports dépassent les possibilités d'écoulement souterrain.

Les premiers signes de la remontée de la nappe phréatique sont visibles dans les ghouts car la profondeur de l'eau y est, en temps initial, est de l'ordre de 1 à 2 mètres. Une remontée de 1,5 mètre aura comme conséquence l'apparition de traces d'humidité. Au-dessus, on observera l'apparition de roseaux puis d'eau stagnante.

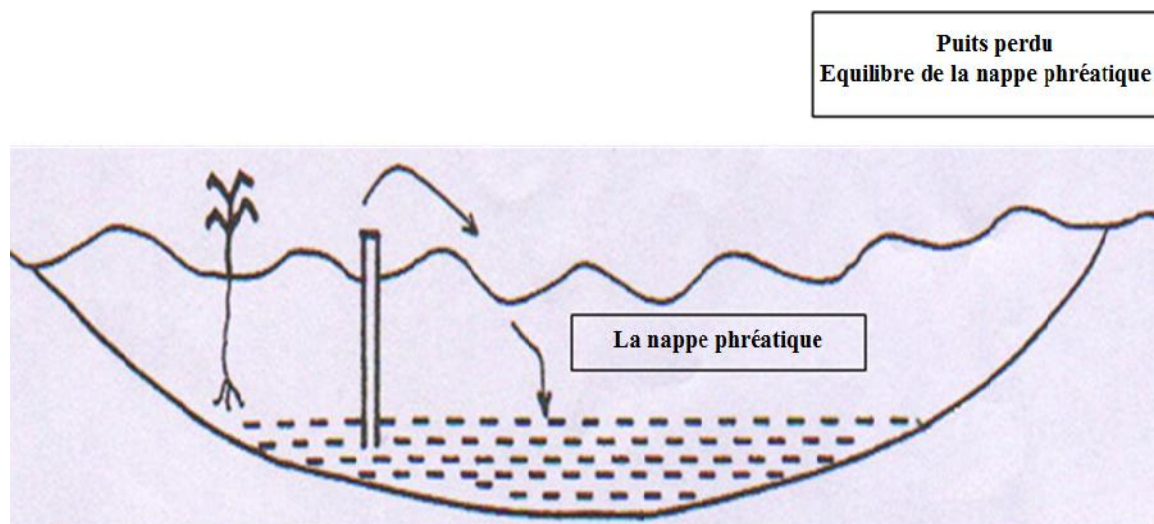
D'après M. Côte [2001], il a été observé 6 zones présentant des signes de remontée tels que ghouts humides, ghouts envahis de roseaux ou ghouts ennoyés. Ce sont, de la plus petite à la plus grande, les zones de : Mihouensa - Oued Alenda- Reguiba - Hassani Abdelkrim / Z'GoumOurmes / -Douira - Ogla à Guemmar- El Oued.

Ces 6 zones incluent 14 des 18 chefs-lieux de commune de la zone d'étude. Les chefs-lieux de Debila, Sidi Aoun, Hassi Khalifa et Magrane ne sont pas inclus mais une remontée de la nappe phréatique dans ces localités n'est pas exclue.

Le problème de la remontée de la nappe phréatique dans la région du Souf est complexe et s'étend pratiquement sur un demi-siècle. A partir des données contenues dans les rapports de Marc Côte [1993-2001], complétées par BNEDER [1992-1993 et 1994]; ANRH [1993]; ANRH [1994] et inventaire des forages et enquête sur les débits [ANRH 1999], on peut établir l'historique suivant :

#### **Avant 1956 :**

Jusqu'en 1956, toute l'eau utilisée pour l'alimentation humaine, animale et l'agriculture provenait de la nappe phréatique. L'augmentation de la population et l'extension des cultures ont eu comme conséquence une surexploitation avec en corollaire un abaissement lent et progressif de la nappe. Dans les années 1940, la baisse était déjà de l'ordre de 0,5 m au Sud d'El-Oued, 1 m à El-Oued, 1,5 m à Kouinine et 2 m au Nord de Kouinine.



**Figure 20.**La nappe phréatique avant 1956.

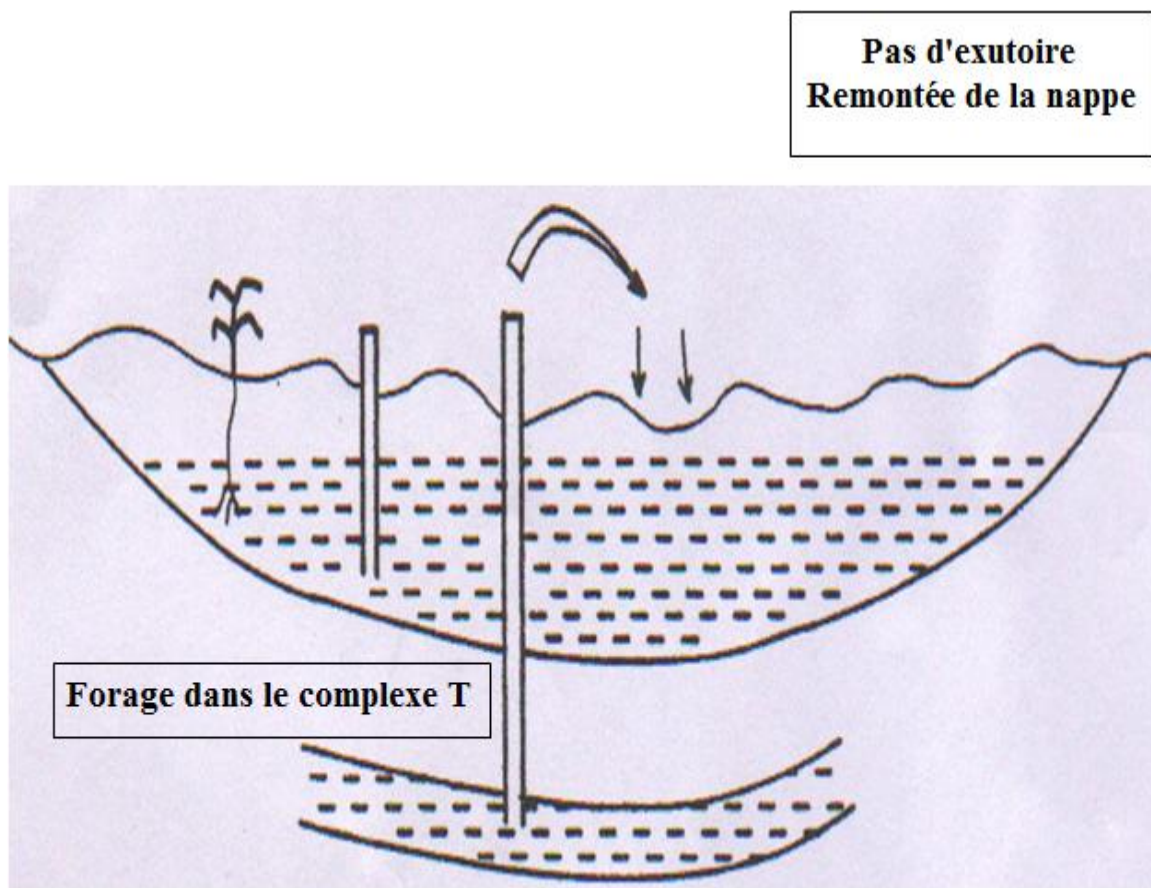
#### **De 1956 à 1993 :**

En 1956, un premier forage moyennement profond au Complexe Terminal (CT) a été creusé pour l'AEP d'El Oued et entre 1957 et 1969, environ un nouveau forage par année a été exécuté dans le CT.

En 1969, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée avec inondation de 150 ha dans la région de Magrane et Hassi-Khalifa. La nappe est progressivement redescendue par la suite [in BNEDER, décembre 1993, p.18].

De 1970 à 1980, environ 2 forages par année ont été réalisés dans le CT et dès 1980, on observe les premiers ghouts envoyés à El Oued et une montée progressive et persistante de la nappe phréatique aux portes d'El Oued, ce qui en 1985 alarme les autorités.

Entre 1980 et 1997 une centaine de nouveaux forages sont réalisés dans le CT. En 1986 et 1987, trois forages profonds, au Continental Intercalaire (C.I), ont été exécutés, deux d'entre eux sont exploités pour l'AEP d'El Oued, le troisième à Hassi-Khalifa, pour l'agriculture, est fermé. Ils sont fortement artésiens, et les débits, de l'ordre de 200 litres/seconde, sont de 5 à 10 fois plus importantes que ceux des forages dans le CT.

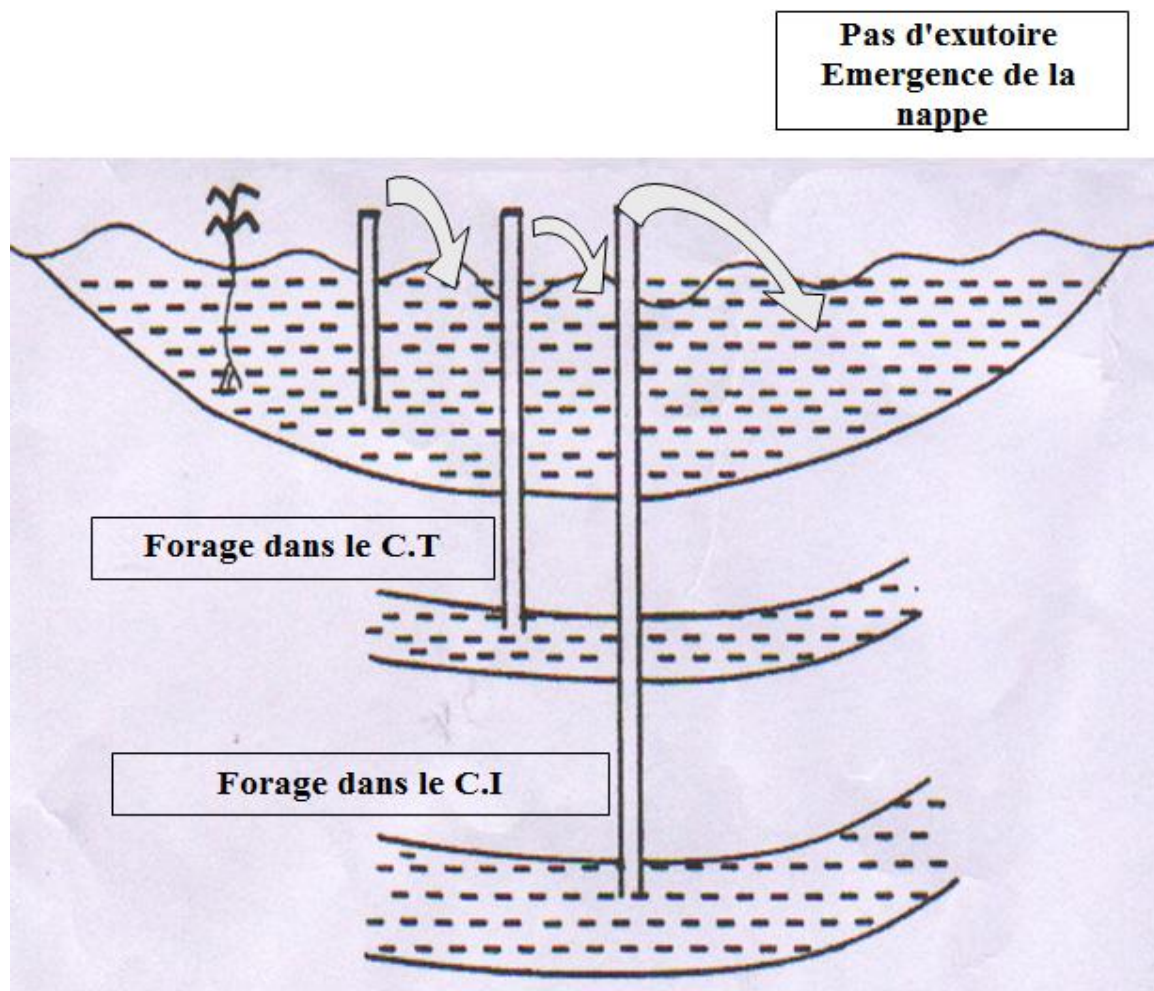


**Figure 21.**La nappe phréatique entre 1956 à 1993

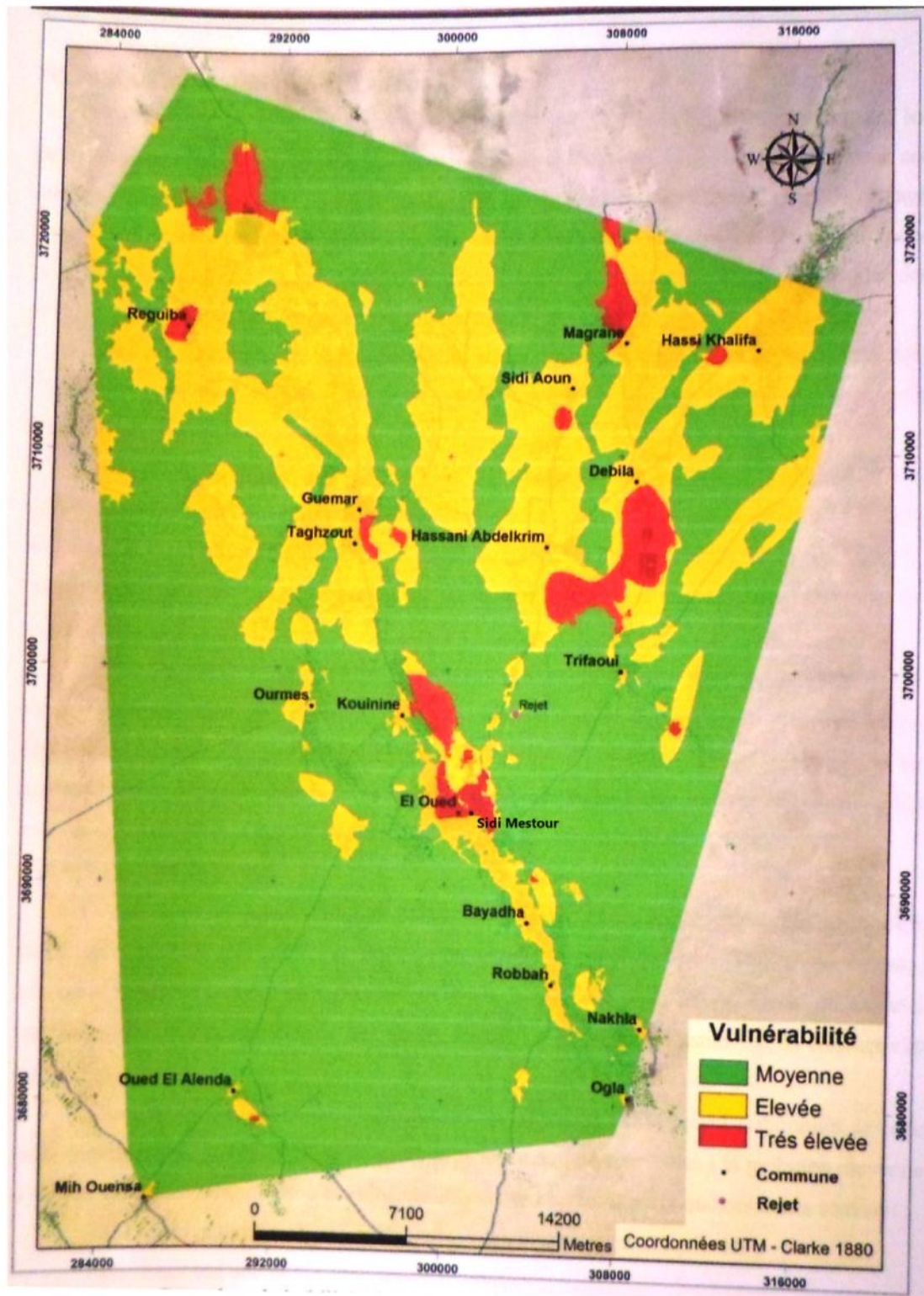
**Après 1993 :**

En 1993, la nappe avait ennoyé la palmeraie sur 25km dans le couloir Kouinine –Robbahet un réseau de surveillance de la nappe phréatique est mis en place [ANRH 1993]. Les zones touchées par la remontée du niveau de la nappe phréatique sont au nombre de 18, la plus importante est centrée sur El Oued et s'étend d'El Oglia au Sud-Est à Guemar au Nord-Ouest.

Les autres sont centrées sur Z'goum, Debila, Mihouensa et Reguiba. Entre 1993 et 2000 une série d'investigations ont été entreprises pour connaître les caractéristiques géométriques, géologiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'aquifère et un important travail de recensement et supervision des forages existants a été entrepris également.



**Figure 22.**La nappe phréatique après 1993



**Figure 23.** Carte de vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la nappe phréatique de Sidi Mestour [2002].

La carte de vulnérabilité de la nappe phréatique de Sidi Mestour est obtenue donc par la superposition spatial qui caractérisé par une vulnérabilité très élevée à la pollution.

**III. 4. Les causes de la remontée des eaux :**

Les causes de la remontée des eaux de la nappe phréatique du Souf sont multiples. Les principales sont : l'accroissement des consommations en eau et des rejets d'eau usées, le transfert des eaux des nappes profondes vers les nappes phréatique à cause de la vétusté des forages anciens, le manque d'exutoire naturel proche de la région.

**III. 4. 1. Accroissement des consommations en eau et des rejets d'eaux usées :****III. 4. 1. 1. Production d'eau potable:**

Les 80 forages implantés dans la nappes du Pontien (Complexe Terminal) exploités par pompage et les 3 forages albien (artésien) donnent une production de 180.000 m<sup>3</sup>/j, soit une dotation moyenne journalière de 480 litres par habitant.

Une grande partie de cette vient alimenter la nappe phréatique à cause d'une mauvaise gestion de la distribution d'eau.

**III. 4. 1. 2. Réseau de distribution:**

Le réseau de distribution d'eau portable est vétuste et ne fait qu'aggraver l'alimentation de la nappe phréatique.

Cette alimentation est facilitée par les branchements illicites sur le réseau, ce qui engendre des éclatements de conduites et la perte de milliers de m<sup>3</sup> par jour.

Ce problème est accentué par l'absence de compteurs d'eau sur les branchements particuliers et l'utilisation de cette eau pour l'arrosage des jardins.

**III. 4. 1. 3. Réseau d'assainissement :**

De toutes les localités du Souf, seule la ville d'EL Oued est dotée d'un réseau d'assainissement sur un linéaire de 75 km de conduite en béton et amiante. Seule une partie du réseau est opérationnelle, avec un rejet à 4 km à l'extérieur de la ville. Cette concentration d'eau va vers les nombreuses fosses septiques (eaux usées) et qui est directement versées dans la nappe phréatique. Ce qui provoque la pollution de la nappe phréatique.

**III. 4. 1. 4. L'Absence D'exutoire:**

L'évacuation des eaux usées se fait par fosses septiques et aussi par un réseau d'assainissement (environ 30 % de la ville d'EL Oued).

La zone du Souf n'étant pas pourvue d'un exutoire. Les eaux usées n'ont qu'un seul chemin, traverser le sable pour atteindre la nappe phréatique.

---

#### **III. 4. 2. Transfert des eaux des nappes profondes vers les nappes phréatiques :**

L'utilisation des nappes profondes (CI et CT) pour l'alimentation en eau potable et l'agriculture contribue fortement à la remontée des eaux des nappes superficielles. Ce transfert est facilité par la communication inter-nappes, due à la vétusté des équipements des forages. Il est à noter que les études réalisées dans la région du Souf ne mentionnent pas l'existence d'une interaction entre les différentes nappes.

#### **III. 4. 3. Eaux météores, infiltration et topographie :**

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

Cette topographie conjuguée à une très forte perméabilité des sols (90% de sable) facilite l'infiltration des eaux d'irrigation et de pluie (70mm/an) vers la nappe phréatique.

Cette situation est aggravée par l'absence d'exutoire naturel proche de la région.

#### **III. 4. 4. Etude du suivi des nappes phréatique :**

En vue de suivre les fluctuations des niveaux des nappes phréatiques dans la région du Souf ainsi que les variations chimiques de leurs eaux, des campagnes piézométriques ont été effectuées par l'ANRH /DRS / Ouargla sur 140 points de mesures.

Ces observations ont permis de préciser les niveaux hydrauliques de chaque zone homogène, le sens d'écoulement général de la nappe (Sud–Nord) avec des particularités pour certaines zones, ainsi que la répartition quantitative des éléments dissous, l'appréciation sur la potabilité des eaux de la nappe et la compréhension de la dynamique des sels.

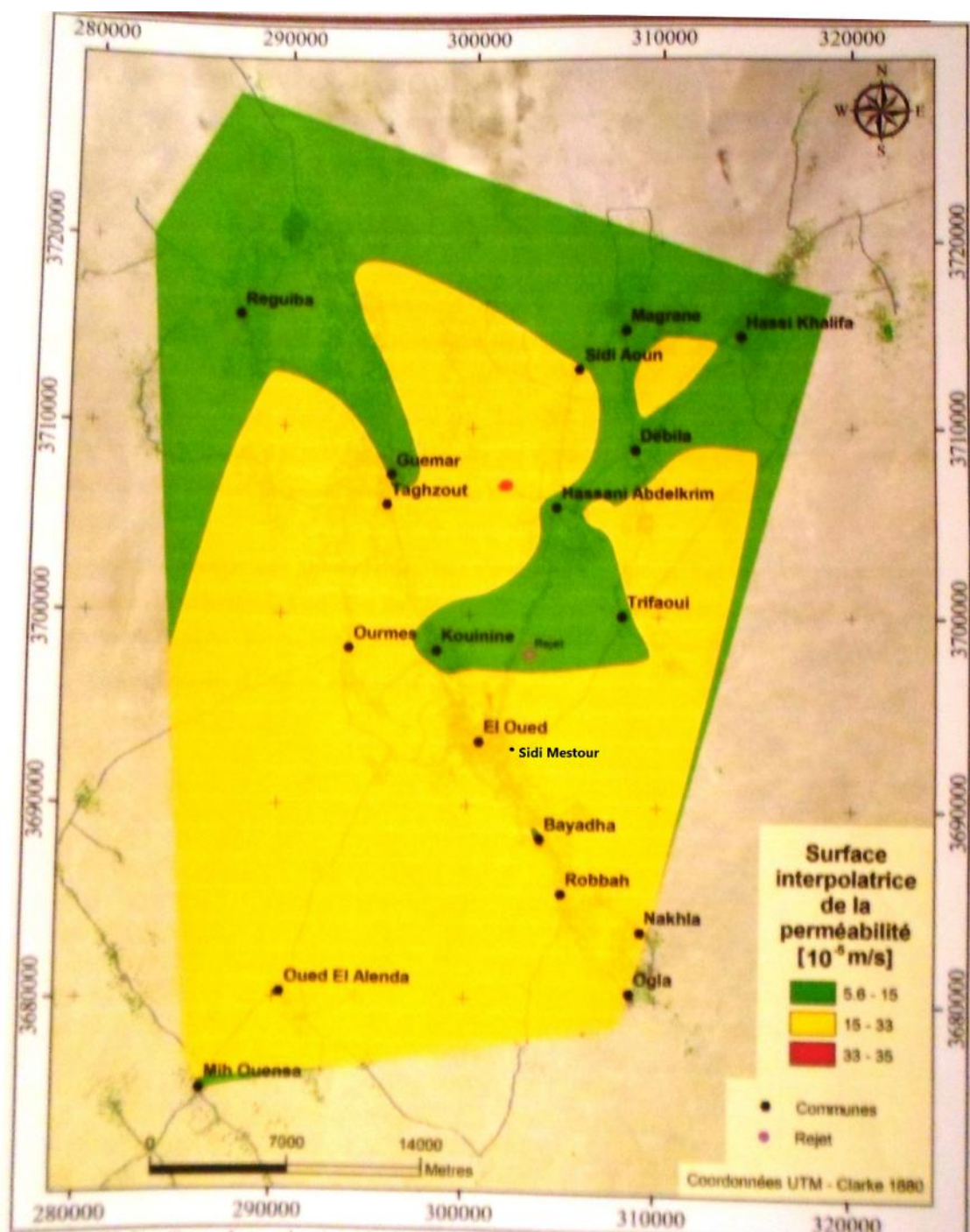
#### **III. 4. 5. Pluviométrie exceptionnelle:**

Généralement les précipitations dans la région du Souf ont lieu de Novembre à Février, elles sont le plus souvent, fines modérées et de courte durée. Elles peuvent parfois devenir torrentielles et engendrer des dégâts importants tel que ceux de l'année 1969, qui ont touché les communes de Hassi-Khalifa et Magrane, où environ 150 ha ont été inondés. De fortes pluies ont été enregistrées à nouveau dans la région en 1988.

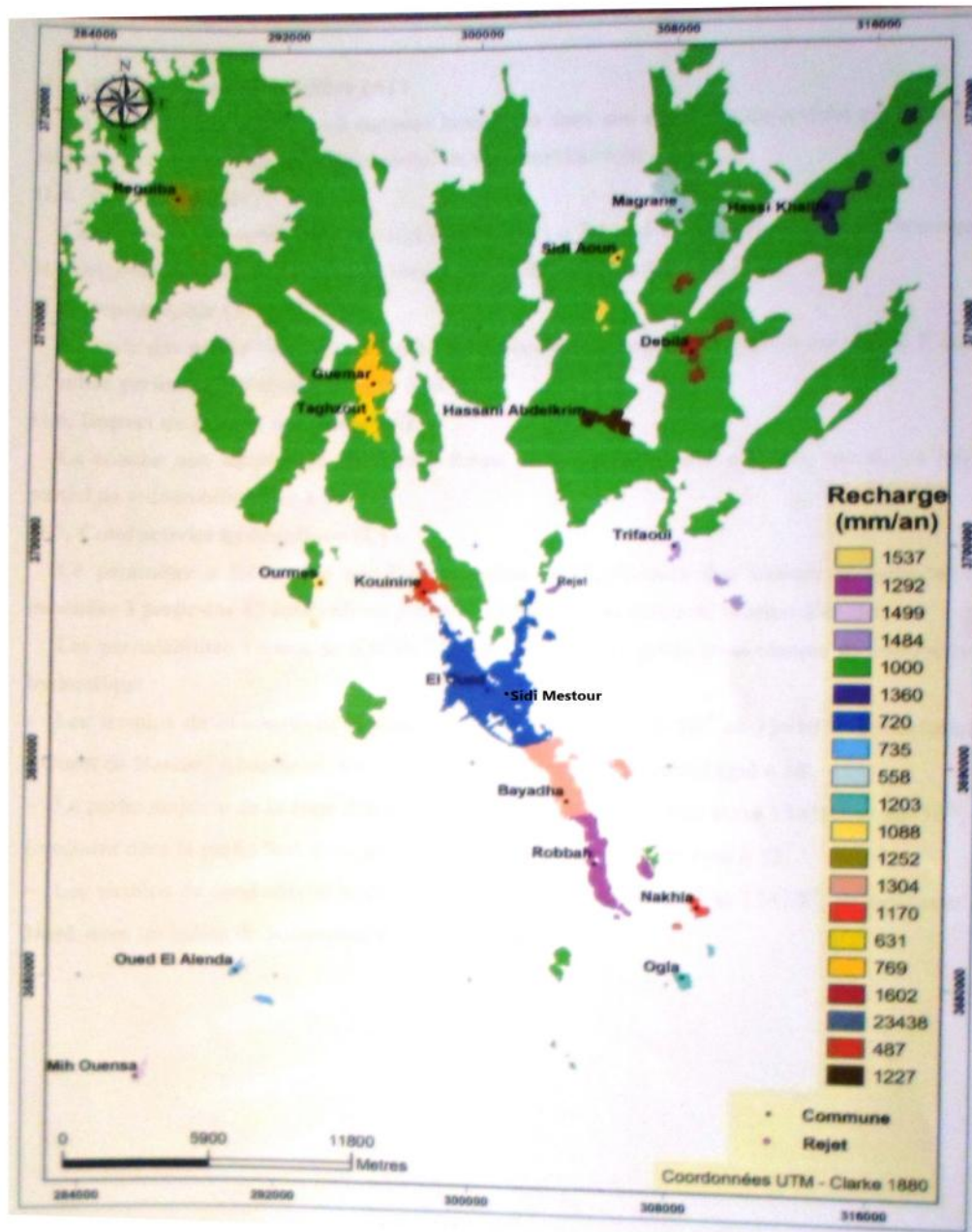
#### **III. 4. 6. Hypothèse :**

Modification des caractéristiques hydrodynamiques et géologiques de la nappe. Lors de fortes crues un Oued modifie ses caractéristiques géométriques ou hydrauliques (érosion d'une part et dépôt d'autre part). La nappe phréatique (Oued souterrain du Souf) peut elle aussi modifier les caractéristiques des sols traversés (migration des particules fines, colmatage de certaines couches) entraînant la remontée d'un côté et éventuellement une baisse de l'autre.

### III. 5. Un constat sur le niveau de la nappe phréatique à Sidi –Mestour :



**Figure 24.** Carte de conductivité hydraulique de la nappe phréatique de Sidi Mestour [2002].



**Figure 25.** Carte de recharge de la nappe phréatique de Sidi Mestour [2002].

Le niveau de la nappe phréatique s'élève finit par être proche de la surface où elle menace cultures et habitations en 1993. Dans les années 90 il y a nombre important de ghout, dont la profondeur de l'eau atteint 5 m qui par conséquent donne mort par noyade et infestation moustiquaire. Entre 1993 et 2000 une série d'investigations ont été entreprises pour connaître les caractéristiques géométriques, géologiques, physico-chimiques et bactériologiques de l'aquifère et un important travail de recensement et supervision des forages existants a été entrepris également.



**Figure 26.** Situation des palmeraies à El-Oued [Sidi Mestour, Février 2014]  
(Remplacement des palmeraies par les roseaux)

### III. 6. Conclusion

Les terrains de conductivité hydraulique comprise entre  $15 \cdot 10^{-5}$  et  $33 \cdot 10^{-5}$  m/s. La recharge de la nappe phréatique de Sidi mestour est 720 mm/an. La conductivité électrique de l'eau de la nappe phréatique renseigne sur le degré de la salinité et les risques de salinité des sols.

Les eaux stagnantes provoquées par la remontée des eaux ont perturbé la vie quotidienne des "Soufi" par la prolifération des moustiques et autres insectes qui ont rendu la vie nocturne un enfer. Sans oublié de signaler les cas de noyade enregistrés ces dernières années qui ont provoqué la mort de beaucoup d'enfants...etc.

L'étude piézométrique a montrée l'existence de dômes et de dépressions piézométriques. Ces dernières sont les symptômes d'une remontée des eaux souterraines accentuée surtout par le déversement des eaux usées. Ceci est confirmé par la qualité chimique des eaux de la région. En effet, les zones de remontées sont caractérisées par des eaux de mauvaise qualité par apport au reste de l'aquifère.

# *CONCLUSION GÉNÉRALE*

**Conclusion générale :**

Comme nous l'avons signalé au début de cette étude, le phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique de la région du Souf effectivement a posé de sérieux problèmes environnementaux, tels que les dégâts qui touchent tous les secteurs dans la région du Souf.

Ces excès ont fortement perturbé les équilibres naturels dans les milieux urbains sahariens, milieux déjà très difficiles, caractérisés essentiellement par une aridité excessive, par des nappes superficielles salées et souvent de faible profondeur, et enfin par une situation topographique défavorables.

Suite à la remontée des eaux à la surface du sol dans la région de Sidi Mestour, des habitations se sont détériorées, des fissures préjudiciables se sont apparues dans plusieurs maisons, notamment au niveau du quartier Sidi Mestour situé à la périphérie Nord de la ville. Plusieurs familles ont dû être transférés vers d'autres lieux par peur d'effondrement de leurs maisons en 2005.

La nappe phréatique dans la région d'el-oued spécialement à sidi-Mestour était fortement rechargé par les eaux d'où l'importance de son niveau, Le niveau de la nappe a augmenté 720 mm en 2002 d'où l'assainissement ainsi que le drainage de ces eaux doivent constituer des solutions majeurs.

**Référence Bibliographique :**

- ANRH, 1989. Coupe Hydrogéologique du Souf,
  - 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.
  - Baba Sy M, 2005. Recharge et paléorecharge du système aquifère du Sahara septentrional, Thèse Doct, Université De Tunis El Manar, Tunisie. 261 p.
  - BEL F, & Demargne F, 1966. Étude géologique du Continental Terminal ; DEC, ANRH, Alger, Algérie, 24 planches. 22p.
  - BEL F, & Cuhe D, 1969. Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal ; ERESS. Ouargla. Algérie. 20 p.
  - Bonnard & Gardel, 2001. Rapport de la première campagne des mesures hydrogéologique dans la nappe phréatique du souf.
  - Bonnard & Gardel, (Février) 2002a. Vallée du Souf. Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesure complémentaire de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Étude d'impact sur l'environnement. Alger. Algérie. 36 p.
  - BRL-BNEDER, 1999. Etude du plan directeur générale de développement des régions sahariennes. Alger. 63p.
  - Castany G, 1982. Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie Tunisie). Aquifères du continental intercalaire et du complexe terminal. Bull. BRGM 2 III, Vol. 2. p 127-167.
  - Cornet A, 1961. Initiation à l'hydrogéologie saharienne. Cours ronéoté destiné aux officiers du cours préparatoire aux Affaires sahariennes. S.E.S. Birmandreis, Alger, 108p.
  - Cornet A, 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Rev. Géogr. Phys. & Géol. Dyn. Vol. VI, France.
  - Cote M, 1998. Des oasis malades de trop d'eau? Paris, Sécheresse, vol 9, N°2. pp 123-130.
  - Cote M, 2006. Si le Souf m'était conté, comment fait et se défait un paysage. àdition Média-plus, Constantine. 135 p.
-

- DHW, repris de M. Côte 2001 ; Nappes des sables, CI 2002 ; Log stratigraphique et l'hydrogéologie de forage Barrémien dans la région du Souf, 2004.
  - Dubief J.1963. Le climat du Sahara.Mém. Hors-série. Instituts de recherches Sahariennes, 2, 275p. Université d'Alger.
  - KHADRAOUI A, 2003-Qualité des eaux et phénomène de leur dégradation dans les oasis Algériennes « Etude de cas », dans le proceeding Journées techniques et scientifiques sur laqualité des eaux du sud, El-Oued,les 19 et 20 mai 2003, vol.1pp 50-64.
  - MILOUDI A. 2011-Mécanisme et remèdes de la remontée des eaux de la nappe traditionnelle de la région du souf.
  - O.N.A : Office National d'Assainissement de la Wilaya d'EL-Oued, 2007.
  - UNESCO, 1972. Projet reg 100. Étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet, UNESCO, Paris. 78p.
-