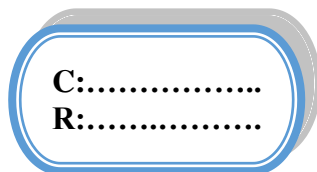


**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Kasdi Merbah Ouargla**



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**

**Département de : Génie Civil et Hydraulique**

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de**

**Master professionnel**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Forage d'eau**

**Thème**

**Contribution à l'étude Hydro-chimique de  
Champ de Captage de l'eau Souterraine à la  
Région de TAIBET**

**Présenté par :**

❖ **RAMDANI Ala Eddine**

**Soumis au jury composé de :**

<b>BAOUIA Kais</b>	<b>MCA</b>	<b>UKMO</b>	<b>Président</b>
<b>MANSOURI Zina</b>	<b>MAA</b>	<b>UKMO</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>KETEB Samir</b>	<b>Pr</b>	<b>UKMO</b>	<b>Encadreur</b>

***Année Universitaire: 2020/ 2021***

# Résumé

## ملخص

المياه الجوفية هي مصدر رئيسي لتلبية احتياجات الإنسان الزراعية والصناعية هذه المصادر جزء من حوض كبير من نظام المياه الجوفية في شمال الصحراء ويشمل ثلاث دول الجزائر تونس ليبيا التي تغطي مساحة مليون كيلو متر مربع. تقع منطقة الدراسة في طبيبات، وهي جزء من ولاية ورقلة (جنوب شرق الجزائر). وتتميز بانخفاض كبير يمتد في اتجاه الشمال، ويغطي مساحة قدرها 14622 كيلومتر مربع ويبلغ عدد سكانها حوالي 49352 نسمة. الغرض من هذا العمل 'قائم على دراسة هيدروكيميائية وهيدروجيولوجية تتعلق بالآبار المستغلة من أجل الحفاظ على معرفة جيدة بالموارد المائية لمنطقة الدراسة.

**الكلمات المفتاحية:** الطبيبات، جودة المياه، حفر.

## Résumé

Les eaux souterraines sont des sources principales pour la satisfaction du besoin humain agricole et industriel.

Ces sources fait partie du grand bassin (SASS) Système Aquifère du Sahara Septentrional englobe trois pays Algérie Tunisie Lybie qui couvre une surface d'un million km carrée.

La zone étudiée se trouve à TAIBET, elle fait partie de la wilaya de Ouargla (SE Algérie). Elle se caractérise par une large dépression allongée dans le sens nord, couvre une superficie de 14622 km<sup>2</sup> et une population de l'ordre de 49352 habitants.

L'objectif de cette mémoire c'est :

- L'étude l'hydrogéologique et hydrochimique des Eaux souterrains concernant les Forages de champ captant CI destiné pour AEP.
- La qualité physico-chimique de l'eau exploitée.
- Origine des eaux de l'aquifère CI.
- Détermination de l'Indice de Qualité de l'Eau.

**Mots clés :** Taibet, qualité de l'eau, forage.

## Abstract

Groundwater is a major source for the satisfaction of humain agricultural and industrial needs, these sources are part of the large basin (SASS) Aquifer System of the Northern Sahara encompasses three countries : Algeria, Tunisia and Libya which covers an area of one million square km.

The study area is located in TAIBET; it is part of the wilaya of Ouargla (SE Algeria). It is characterized by a large depression elongated in the north direction, covers an area of 14622 km<sup>2</sup> and a population of about 49352 inhabitants.

The purpose of this memory is:

- The hydrogeological and hydrochemical study of the groundwater concerning the CI catchment boreholes intended for AEP.
- The physico-chemical quality of the water used.
- Origin of the waters of the CI aquifer
- Determination of the Water Quality Index.

**Keywords:** Taibet, water quality, drilling.

# Remerciement

*Toute la gratitude et le merci à Dieu notre créateur qui nous a donné la force pour effectuer et achever ce travail.*

*.Ainsi nos parents qui nous aident*

*Nous tenons à remercier en premier lieu et très chaleureusement Notre Encadreur Pr. KATEB Samir.*

*Pour avoir accepté de diriger notre travail, pour ses précieux Conseils, pour leurs esprits d'ouverture et leurs disponibilités.*

*Grâce à lui, notre travail s'est déroulé.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury qui nous font l'honneur de juger notre travail.*

*Nous tenons à remercier Mr. DJOUHRI Mohammed et Mr. BAOUIA Kais et Melle. MANSOURI Zina.*

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à son élaboration : à tous mes amis mes proches et surtout mes chers parents, sans oublier les enseignants qui m'ont accompagné tout au long de ma carrière universitaire tous, sans exception, et je souhaite à tous du fond du cœur bonheur prospérité et sérénité.*

# **Sommaire**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des unités**

**Liste des abréviations**

## Sommaire

Titre	Page
<b>Introduction générale</b>	01
<b>Chapitre I : présentation de la zone d'étude</b>	
<b>I-Introduction</b>	02
<b>I-Description géographique</b>	03
<b>I-1- Situation géographique et administrative</b>	03
<b>I-2- Situation hydrogéologique</b>	04
<b>I-3- Les données climatiques</b>	04
<b>I-3-1- Le Climat</b>	04
<b>I-3-2-la température</b>	05
<b>I-3-3- L'évaporation</b>	05
<b>I-3-4- Les vents</b>	06
<b>I-3-5- Humidité de l'air</b>	07
<b>I-3-6- Pluviométrie</b>	07
<b>I-4- Situation démographique</b>	08
<b>I-5- Densité</b>	14
<b>I-6- Qualité des eaux brutes</b>	15
<b>I-7- Réseaux de distribution</b>	15
<b>A\ Secteur de Taibet</b>	9
<b>B\ Secteur de Bennaceur</b>	11
<b>C\ Secteur de M'Nagueur</b>	13
<b>I-5- Densité</b>	14
<b>I-6- Qualité des eaux brutes</b>	14
<b>I-7- Réseaux de distribution</b>	15
<b>A\ Secteur de Taibet</b>	15
<b>1- Les forages existant</b>	15
<b>2-Les ouvrages de stockage existants de la commune de Taibet</b>	16
<b>3- Réseau de distribution</b>	17
<b>4-Les ouvrages de stockage projeté</b>	17
<b>5-Réseau d'adductions</b>	17
<b>B\ Secteur de Bennaceur</b>	18
<b>1- Les forages existant</b>	18
<b>2-Les ouvrages de stockage existants de la commune de Taibet</b>	18
<b>3- Réseau de distribution</b>	19
<b>4-Les ouvrages de stockage projeté</b>	19
<b>5-Réseau d'adductions</b>	19
<b>C\ Secteur de M'Nagueur</b>	20
<b>1- Les forages existant</b>	20
<b>2-Les ouvrages de stockage existants de la commune de Taibet</b>	20
<b>3- Réseau de distribution</b>	21
<b>4-Les ouvrages de stockage projeté</b>	21
<b>5-Réseau d'adductions</b>	21
<b>I-Conclusion</b>	24
<b>Chapitre II : Traite qualité des eaux potable</b>	
<b>II-Introduction</b>	25
<b>II-1-Les ouvrages de production existants</b>	26
<b>II-2-Caractéristiques des eaux potables</b>	28
<b>II-2-1-Caractéristiques physico-chimique</b>	28
<b>II-2-2-Propriétés physico-chimiques</b>	28
<b>II-3-Sels minéraux nécessaires</b>	30

<b>II-3-1- Propriétés bactériologiques</b>	33
<b>II-4-Normes de potabilité</b>	34
<b>II-5-Qualité des eaux brutes</b>	36
<b>II-6-Résultats des analyses</b>	36
<b>II-7-LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES</b>	37
<b>II-8- Interprétation</b>	43
<b>II-8-1-paramètre physique</b>	43
<b>II-8-2-paramètre ioniques</b>	43
<b>II-Conclusion</b>	45
<b>Chapitre III : Etude hydrogéologique</b>	
<b>III-Introduction</b>	46
<b>III-1-Presentation de systeme aquifere de sahara septentrional</b>	47
<b>III-1-1-Extension de système aquifère de Sahara septentrional</b>	47
<b>III-1-2-Définition des nappes aquifères du SASS</b>	49
<b>III-1-2-1-Nappe libre</b>	49
<b>III-1-2-2-Nappe du complexe terminal (CT)</b>	50
<b>III-1-2-2-1-Nappe des Sables</b>	51
<b>III-1-2-2-2-Nappe des Calcaires</b>	52
<b>III-1-2-3-Nappe du Continental Intercalaire (CI)</b>	52
<b>III-1-2-3-1-Limites et morphologie du Continental Intercalaire</b>	53
<b>III-1-2-3-2-Lithologie de du Continental Intercalaire</b>	54
<b>III-1-2-3-3-Piézométrie du Continental Intercalaire</b>	55
<b>III-1-2-3-4-Alimentations et exutoires du Continental Intercalaire</b>	56
<b>III-1-3-Lithostratigraphie des nappes aquifères de SASS</b>	57
<b>III-2-Hydrogeologie locale</b>	58
<b>III-2-1-La nappe phréatique</b>	58
<b>III-2-2-Les Nappes du Complexe Terminal</b>	58
<b>III-2-2-1-La première nappe des sables (CT1)</b>	59
<b>III-2-2-2-La deuxième nappe du sable (CT2)</b>	59
<b>III-2-2-3-La nappe du Sénonien-Eocène (CT 3)</b>	60
<b>III-2-3-Nappe du Continental Intercalaire</b>	60
<b>III-3-Piezometrie de nappes des sables de la region de taibet</b>	61
<b>III-3-1-La carte piézométrique</b>	61
<b>III-3-2-Piézométrie de la nappe du CT</b>	63
<b>III-Conclusion</b>	65
<b>Chapitre IV : Etude hydro-chimique</b>	
<b>IV-Introduction</b>	66
<b>IV-1-Analyses des eaux : (voir le Tableau 34)</b>	67
<b>IV-1-1-Les paramètres physico-chimiques</b>	67
<b>IV-1-1-1-La Conductivité électrique (CE) en (<math>\mu\text{s}/\text{cm}</math>)</b>	67
<b>IV-2-Facies Chimiques Des Eaux De Complexe Terminal</b>	67
<b>IV-2-1-Classification de Piper</b>	68
<b>IV-2-2-Potentiel d'hydrogène</b>	68
<b>IV-2-3-Calcium (<math>\text{Ca}^{2+}</math>)</b>	69
<b>IV-2-4-Magnésium (<math>\text{Mg}^{2+}</math>)</b>	69
<b>IV- 2-5-Sodium et potassium (<math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>)</b>	69
<b>IV-2-6-Chlorures (<math>\text{Cl}^-</math>)</b>	70
<b>IV--2-7-Sulfates (<math>\text{SO}_4^{2-}</math>)</b>	70
<b>IV-2-8-Bicarbonates (<math>\text{HCO}_3^-</math>)</b>	70
<b>IV-3-Les substances indésirables</b>	71
<b>IV-3-1-Nitrates (<math>\text{NO}_3^-</math>)</b>	71
<b>IV-3-2-Potabilité de l'eau des nappes de complexe terminal</b>	71



<b>IV-4-Qualite Des Eaux De Complexe Terminale Pour L'irrigation</b>	71
<b>IV-4-1-Conductivité</b>	72
<b>IV-5-Etude statistique des données Hydrochimiques</b>	72
<b>IV-5-1-Statistique descriptive</b>	72
<b>IV-5-2-Origines du chimisme</b>	74
<b>IV-5-3-Les relations chimiques entre les éléments</b>	74
<b>IV-6-Eau d'Irrigation</b>	75
<b>IV-6-1-Diagramme Wilcox</b>	77
<b>IV-Conclusion</b>	78
<b>Conclusion générale</b>	79

## Liste des figures

<b>Figures</b>	<b>Titer</b>	<b>Page</b>
<b>Figure 01</b>	<b>Répartition de superficie par commune</b>	<b>3</b>
<b>Figure 02</b>	<b>situation géographique de la zone d'étude</b>	<b>4</b>
<b>Figure 03</b>	<b>Représentation de la température en fonction du mois</b>	<b>5</b>
<b>Figure 04</b>	<b>Représentation de l'évaporation en fonction du mois</b>	<b>6</b>
<b>Figure 05</b>	<b>Représentation de l'humidité en fonction du mois</b>	<b>7</b>
<b>Figure 06</b>	<b>Représentation de la pluie en fonction du mois</b>	<b>8</b>
<b>Figure 07</b>	<b>Evaluation de la population de Taibet entre 2006 et 2025</b>	<b>10</b>
<b>Figure 08</b>	<b>Evaluation de la population de Bennaceur entre 2006 et 2025</b>	<b>12</b>
<b>Figure 09</b>	<b>Evaluation de la population de M'Nagueur entre 2006 et 2025</b>	<b>14</b>
<b>Figure 10</b>	<b>Des photos les forages</b>	<b>27</b>
<b>Figure 11</b>	<b>Extension de système aquifère de Sahara septentrional</b>	<b>47</b>
<b>Figure 12</b>	<b>Coupe hydrogéologique des aquifères du Sahara septentrionale (UNESCO 1972)</b>	<b>49</b>
<b>Figure 13</b>	<b>Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS 2003)</b>	<b>51</b>
<b>Figure 14</b>	<b>Carte d'extension des Systèmes Aquifères (CT et CI) en Algéri</b>	<b>53</b>
<b>Figure 15</b>	<b>Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003)</b>	<b>56</b>
<b>Figure 16</b>	<b>Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (sanséchelle)</b>	<b>57</b>
<b>Figure 17</b>	<b>Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de TAIBET</b>	<b>59</b>
<b>Figure 18</b>	<b>Carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET</b>	<b>62</b>
<b>Figure 19</b>	<b>carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET</b>	<b>63</b>
<b>Figure 20</b>	<b>Figure 20 : Représentation des eaux de la complexe terminal de la région de Taibet sur le diagramme de PIPER.</b>	<b>67</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableaux</b>	<b>Titer</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau 01</b>	<b>Température moyenne mensuelle pour l'année 2006</b>	<b>5</b>
<b>Tableau 02</b>	<b>L'évaporation mensuelle pour l'année 2006</b>	<b>6</b>
<b>Tableau 03</b>	<b>Vitesse et la force maximale du vent mensuelle</b>	<b>6</b>
<b>Tableau 04</b>	<b>Pourcentage de l'humidité mensuelle</b>	<b>7</b>
<b>Tableau 05</b>	<b>quantité et nombre des jours de précipitation</b>	<b>7</b>
<b>Tableau 06</b>	<b>Taux d'accroissement de chaque commune</b>	<b>8</b>
<b>Tableau 07</b>	<b>Evaluation de la population de Taibet entre 2006 et 2025</b>	<b>9</b>
<b>Tableau 08</b>	<b>Les besoins en eau potable de la commune Taibet par horizon</b>	<b>11</b>
<b>Tableau 09</b>	<b>Evaluation de la population de Bennaceur entre 2006 et 2025</b>	<b>12</b>
<b>Tableau 10</b>	<b>Les besoins en eau potable de la commune Bennaceur par horizon</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 11</b>	<b>Evaluation de la population de M'Nagueur entre 2006 et 2025</b>	<b>13</b>
<b>Tableau 12</b>	<b>Les besoins en eau potable de la commune M'Nagueur par horizon</b>	<b>14</b>
<b>Tableau 13</b>	<b>Répartition de la densité de la population par commune au 31/12/2006</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 14</b>	<b>Caractéristiques des forages existants de la commune de Taibet</b>	<b>16</b>
<b>Tableau 15</b>	<b>Caractéristiques des ouvrages des stockages</b>	<b>17</b>
<b>Tableau 16</b>	<b>Les ouvrages de stockage projeté de la commune de Taibet</b>	<b>17</b>
<b>Tableau 17</b>	<b>Caractéristique des forages existants de la commune de Bennaceur</b>	<b>18</b>
<b>Tableau 18</b>	<b>caractéristiques des ouvrages des stockages de la commune de Bennaceur</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 19</b>	<b>Les ouvrages de stockage projeté de la commune de Bennaceur</b>	<b>19</b>
<b>Tableau 20</b>	<b>Caractéristiques des forages existants de la commune de M'Nagueur</b>	<b>20</b>
<b>Tableau 21</b>	<b>caractéristique des ouvrages des stockages de la commune de M'Nagueur</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 22</b>	<b>Les ouvrages de stockage projeté de la commune de M'Nagueur</b>	<b>21</b>
<b>Tableau 23</b>	<b>les caractéristique des forages exploite</b>	<b>26</b>
<b>Tableau 24</b>	<b>Qualité d'eau en fonction de sa dureté</b>	<b>29</b>
<b>Tableau 25</b>	<b>Les normes Algériennes de l'eau potable</b>	<b>35</b>
<b>Tableau 26</b>	<b>LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE : BIR EL ASSEL</b>	<b>37</b>
<b>Tableau 27</b>	<b>Tableau 27 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE : AEP DLILIAI (586 I 11)</b>	<b>38</b>
<b>Tableau 28</b>	<b>LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE : AIN TAIBET II F2 (531 I 11)</b>	<b>39</b>
<b>Tableau 29</b>	<b>LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE : AEP EL KHOBNA BENACEUR</b>	<b>40</b>
<b>Tableau 30</b>	<b>LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE : OUMIA BEN ALI (935 I 11)</b>	<b>41</b>
<b>Tableau 31</b>	<b>LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE : OUM ZBED (588 I 11)</b>	<b>42</b>

<b>Tableau 32</b>	<b>Données générales sur la nappe du Continental Intercalaire (Albien)</b>	<b>55</b>
<b>Tableau 33</b>	<b>Valeur du gradient hydraulique selon les régions</b>	<b>64</b>
<b>Tableau 34</b>	<b>D'analyse Des Eaux De Forages</b>	<b>67</b>
<b>Tableau 35</b>	<b>Statistiques descriptives (Données quantitatives)</b>	<b>73</b>
<b>Tableau 36</b>	<b>Matrice de corrélation (Pearson) entre les éléments physicochimiques</b>	<b>74</b>
<b>Tableau 37</b>	<b>Classification des eaux d'irrigation de Wilcox (méthode Richards)</b>	<b>76</b>
<b>Tableau 38</b>	<b>Résultats du SAR de forages CI</b>	<b>76</b>
<b>Tableau 39</b>	<b>Pourcentage de Sodium Na<sup>+</sup> des forages CI</b>	<b>77</b>

## Liste des unités

<b>m</b> : mètre
<b>km<sup>2</sup></b> : Kilomètre carré
<b>mm</b> : millimètre
<b>mg/l</b> : milligramme par litre
<b>méq/l</b> : milliéquivalent par litre
l/s : litre par seconde
<b>µs/cm</b> : micro siemens par centimètre
<b>°C</b> : Degré Celsius
<b>°F</b> : Degré français

## Liste des abréviations

<b>A.N.R.H</b> : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
<b>A.E.P</b> : Alimentation en eau potable
<b>CI</b> : Continental Intercalaire
<b>CT</b> : Complexe Terminal
<b>°F</b> : degré française
<b>SAR</b> : Sodium Absorption Ratio
<b>CE</b> : Conductivité électrique
<b>S.A.S.S</b> : Système Aquifère du Sahara Septentrional
<b>OMS</b> : Organisation Mondiale de la Santé
<b>TAC</b> : Titre Alcalimétrique Comple
<b>TH</b> : Titre Hydrotimétrique
<b>PH</b> : Potentiel d'Hydrogène
<b>RS</b> : Résidu sec
<b>WQI</b> : Water Quality Index
<b>IQE</b> : Indice de Qualité de l'Eau
<b>Wi</b> : poids relative
<b>K</b> : constante de proportionnalité
<b>n</b> : nombre de paramètres
<b>Si</b> : valeur maximale de norme standard Algérienne des eaux souterraines Paramètre en mg/l sauf pour la conductivité électrique, Titre hydrométrique, PH
<b>Qi</b> : échelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre
<b>Ci</b> : la concentration de chaque paramètre en mg/l

# **Introduction générale**

## *Introduction générale*

L'eau est un élément principal pour la vie et une source importante pour le Développement durable. Les réserves d'eaux souterraines dans les régions sahariennes Restent toujours à la demande aux besoins en eau suivi d'une croissance Démographique.

Parmi ces régions la ville TAIBET fait partie de la wilaya de Ouargla est l'une Les plus grandes Oasis du Sahara Algérien suivi d'une activité humaine Importante qui Couvre les domaines (Agriculture et Urbanisation), des Nombreux forages ont été réalisés, s'ajoutant au système de captage des réserves d'eaux souterraine considérable.

D'étude Exploite uniquement la nappe du continental intercalaire CI qui couvre la Grande Partie de Sahara septentrional et son limite Sud-est du sous bassin occidentale

L'objectif de cette mémoire c'est :

- l'étude l'hydrogéologique et hydrochimique des Eaux souterrains concernant les Forages de champ captant CI destiné pour AEP.
- La qualité physico-chimique de l'eau exploitée.
- Origine des eaux de l'aquifère CI.
- détermination de l'Indice de Qualité de l'Eau.

Ce travail est divisé en quatre chapitres :

- le premier chapitre présentation de la zone d'étude.
- le deuxième chapitre traite qualité des eaux potable.
- le troisième chapitre étude hydrogéologique.
- le quatrième chapitre étude hydro-chimique.

**Chapitre I**  
**présentation de la zone**  
**d'étude**



**I-Introduction :**

Les plus importantes ressources aquifères dans la région de TAIBET sont contenues dans les formations continentales, ainsi les nappes phréatiques forment avec les nappes de l'Albien et sénonien l'un des plus vastes ensembles hydrauliques (réservoirs, bassins hydrogéologiques) du Sahara.

La nappe de l'Albien est de plus en plus exploitée depuis quelques années par des forages, dans la région de TAIBET.

C'est dans le but d'accompagner le développement des secteurs de l'économie, en préservant à la fois la santé public et l'environnement immédiat à TAIBET que viens s'inscrire cette étude.

Le but de l'étude est contribution à l'étude hydrochimique de champ de captage de l'eau souterraine à la région de TAIBET.

L'étude comporte cinq phases qui visent comme objectif, la description du système de déminéralisation des eaux des trois collectivités de TAIBET afin d'améliorer la qualité de ces eaux.

Les phases sont partagées selon les tâches assignées, et l'évolution.

## I-Description géographique :

### I-1- Situation géographique et administrative :

La daïra de TAIBET est située au nord de la Wilaya de OUARGLA.

Elle est limitée :

- Au NORD et l'Est par la willaya d'EL-OUED
- Au SUD par la daïra de HASSI MESSAOUD
- Au l'Ouest par la daïra de TOUGGOURT

Elle s'étend sur une superficie de 15551 Km<sup>2</sup>

La surface de chaque commune est égale :

- 4562 Km<sup>2</sup>, pour la commune de taibet
- 8399 Km<sup>2</sup>, pour la commune de Bennaceur.
- 2590 Km<sup>2</sup>, pour la commune de M'Nagueur.

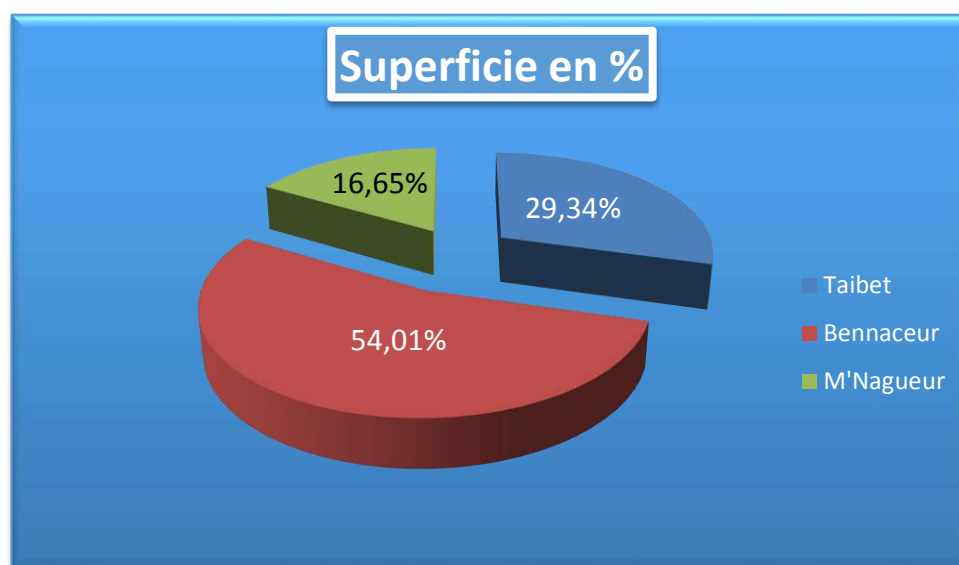


Figure 01 : Répartition de superficie par commune. (l'ANRH).

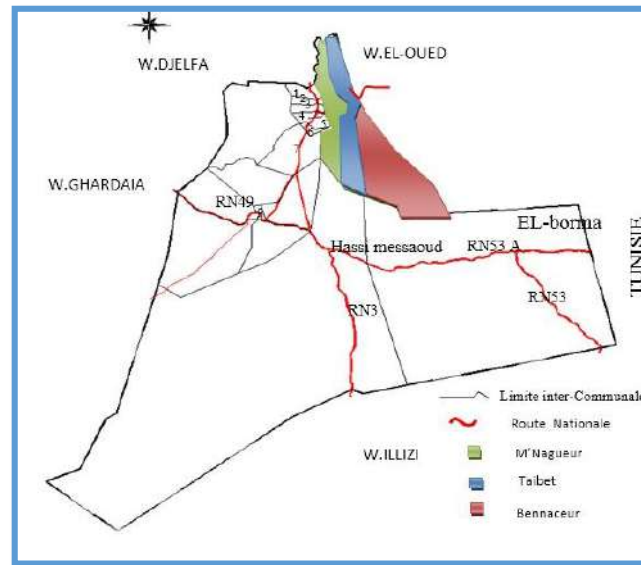


Figure 02 : situation géographique de la zone d'étude.

## I-2- Situation hydrogéologique :

Les eaux souterraines constituent l'unique ressource hydraulique de la région. Les couches aquifères exploitées sont :

A-Pour la commune de Taïbet

- la nappe du complexe terminal (C.T).
- la nappe du continental intercalaire (C.I).

B-pour les communes de Bennaceur et M'Nagueur

- La nappe du Miopliocène et Sénonien (la nappe du complexe terminal (C.T))
- la nappe d'Albiene (la nappe continentale intercalaire (C.I))

## I-3- Les données climatiques :

### I-3-1- Le Climat :

La daïra de TAIBET est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures très élevées en été, et une forte évaporation.

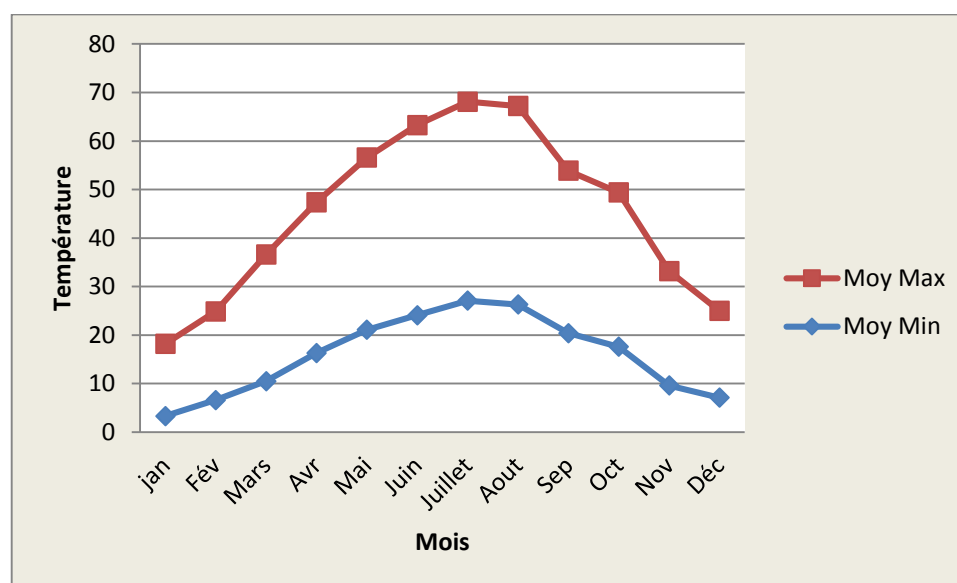
### I-3-2-la température :

Les températures mensuelles varient de (9.1°C) jusqu'à (34.1°C) On peut théoriquement diviser le climat en trois périodes :

- Période froide à partir de (Novembre) jusqu'à (Février).
- Période tempérée de (Février) à (Avril) et de (Octobre) à (Novembre).
- Période chaude de (Mars) à (Septembre).

**Tableau 01 : Température moyenne mensuelle pour l'année 2006. (S.E.D.A.T).**

Mois	jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy Min	3,30	6,60	10,50	16,30	21,10	24,10	27,10	26,30	20,40	17,60	9,60	7,10
Moy Max	14,90	18,30	26,10	31,10	35,50	39,20	41,00	40,90	33,50	31,80	23,60	17,90



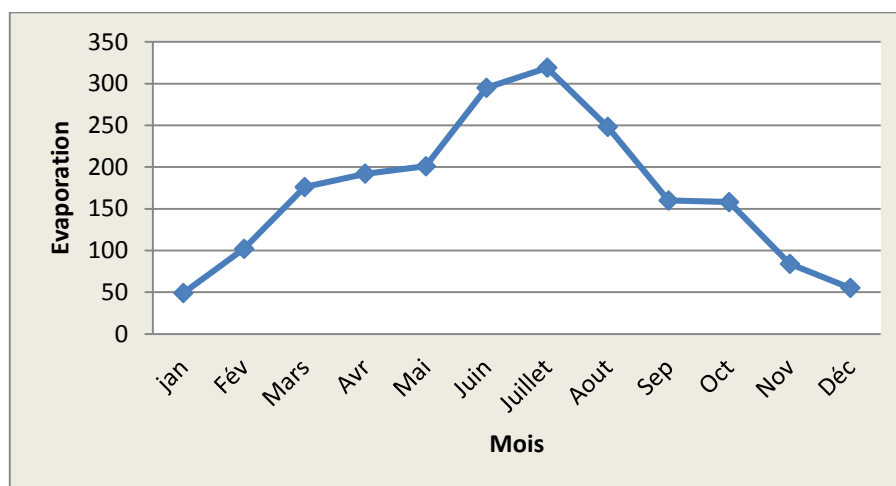
**Figure 03 : Représentation de la température en fonction du mois.**

### I-3-3- L'évaporation :

D'après les valeurs moyennes cumulées de l'évaporation mensuelle, l'évaporation maximale est enregistrée en mois de Juillet avec 319 mm, l'évaporation minimale est enregistrée en mois de Janvier qui atteint 49 mm.

**Tableau 02 : L'évaporation mensuelle pour l'année 2006. (S.E.D.A.T).**

MOIS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Evaporation en (mm)	49	102	176	192	201	295	319	248	160	158	84	55



**Figure 04 : Représentation de l'évaporation en fonction du mois.**

#### I-3-4- Les vents :

Les vents fréquents sont des vents NNE et SSE avec une vitesse pouvant atteindre et parfois dépasser 20m/s. le sirocco (vent chaud et sec) peut être observé à toute époque de l'année.

**Tableau 03 : Vitesse et la force maximale du vent mensuelle. (S.E.D.A.T 2009).**

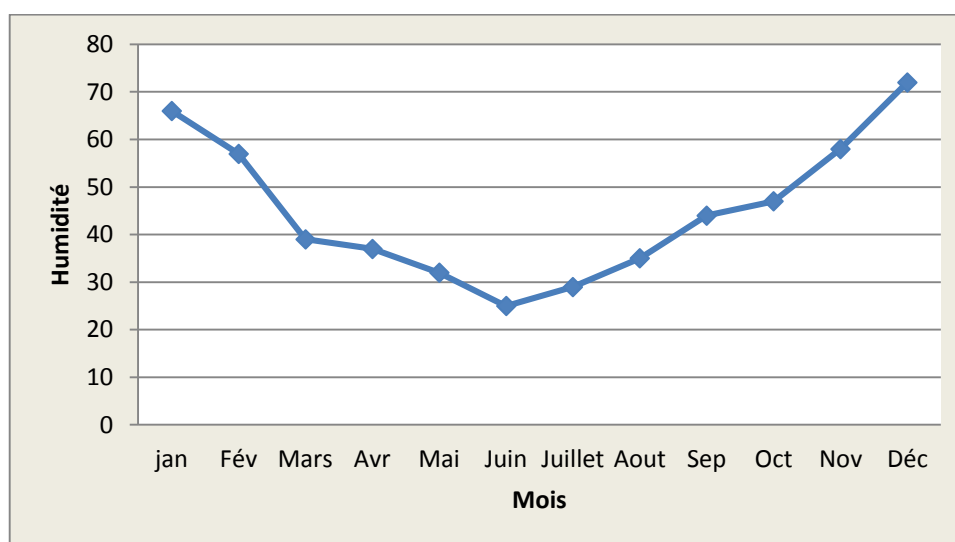
MOIS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
vitesse maximale des vents (m/s)	040/12	360/25	360/18	360/24	220/28	40/16	140/18	60/22	60/17	250/16	310/11	90/16

**I-3-5- Humidité de l'air :**

La moyenne annuelle de l'humidité de l'air est de 45.08%, et la moyenne mensuelle atteindra à son maximum au mois de Décembre avec une valeur de 72% et à son minimum au mois de Juin avec une valeur de 25%

**Tableau 04 : Pourcentage de l'humidité mensuelle. (2009 S.E.D.A.T).**

MOIS	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	66	57	39	37	32	25	29	35	44	47	58	72



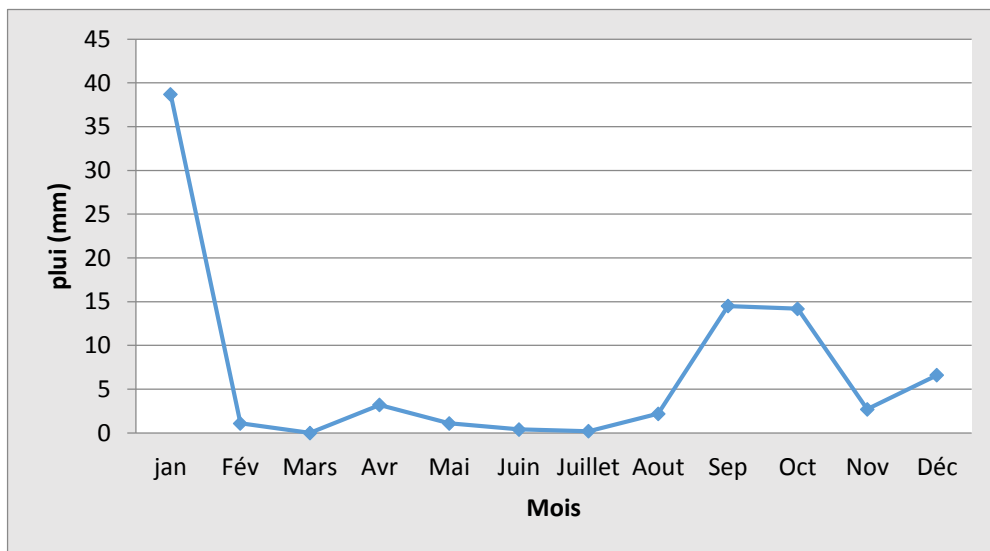
**Figure 05 : Représentation de l'humidité en fonction du mois.**

**I-3-6- Pluviométrie :**

Le premier constat qui nous interpelle est la très faible, variation du pluviomètre saisonnière : 38,70 mm en janvier à 0,20 mm en juillet.

**Tableau 05 : quantité et nombre des jours de précipitation. (2009 S.E.D.A.T).**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
N de jour	4	2	0	2	3	1	1	3	4	2	2	2	26
Pluie Mm	38,70	1,10	Néant	3,20	1,10	0,40	0,20	2,20	14,50	14,20	2,70	6,60	84,90



**Figure 06 : Représentation de la pluie en fonction du mois.**

#### **I-4- Situation démographique :**

La population: La région de Taibet englobe trois communes (Taibet. EL'Mnagueur. Ben Nasseur), étendue sur une superficie d'ordre de 14622 Km<sup>2</sup>, habitée par 49352 habitants.

- 20373 hab. pour la commune de Taibet.
- 10183 hab. pour la commune de Bennaceur.
- 14557 hab. pour la commune de M'Nagueur.

Pour une population totale de 45113 habitants en 2006

Les taux d'accroissement utilisés sont ceux figurant dans l'annuaire sus cité et qui donne :

- 3.5 % pour l'ensemble de la commune de Taibet.
- 1.59 % pour l'ensemble de la commune de Bennaceur.
- 0.25 % pour l'ensemble de la commune de M'Nagueur.

**Tableau 06 : Taux d'accroissement de chaque commune .**

Commune	Population	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Taux d'accroissement (%)
Taibet	20373	4562	3,5
Bennaceur	10183	8399	1,59
M'Nabueur	14557	2590	0,25

L'estimation de la population future à travers les horizons s'effectuera selon la formule des accroissements géométrique :

$$P_N = P_0 (1+t)^n$$

$P_N$  = nombre d'habitants à (N)

$P_0$  = nombre d'habitant à l'année de référence (2006)

T = taux d'accroissement

n = l'écart des années

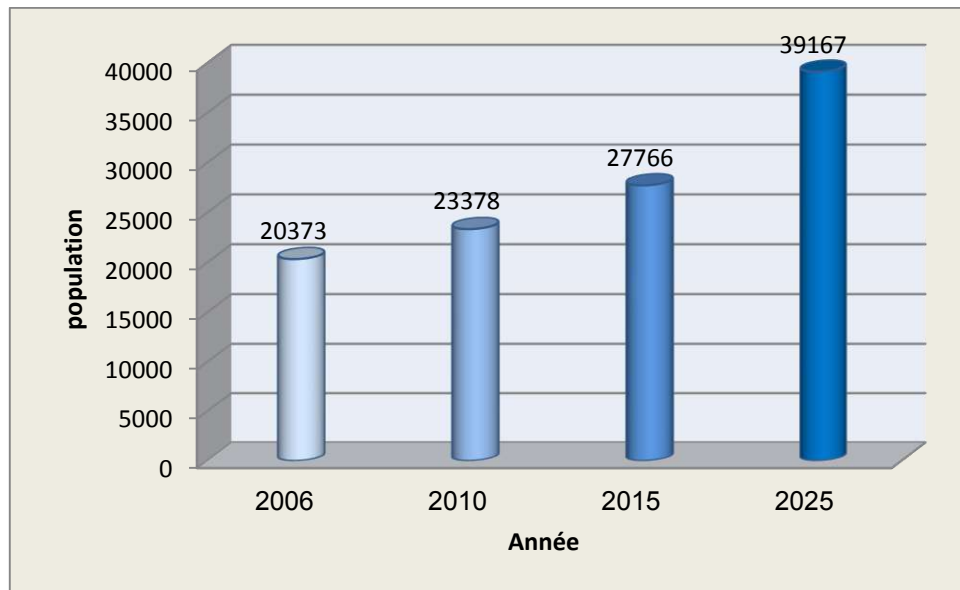
#### **A\ Secteur de Taibet :**

Les résultats de calcul dans le tableau suivant :

**Tableau 07 : Evaluation de la population de Taibet entre 2006 et 2025. (S.E.D.A.T).**

Année	Population
2006	14557
2010	14703
2015	14888
2025	15264





**Figure 07 : Evaluation de la population de Taibet entre 2006 et 2025. (S.E.D.A.T).**

Le taux d'accroissement utilisé est celui énoncé par l'annuaire statistique

Juin 2007 est de 3.5 %.

#### - Estimation des besoins en eau :

##### Débit moyen ( $Q_{moy}$ ) :

C'est la consommation moyenne en eau, calculée par la formule :

(Daniel Bernoulli)

$$Q_{moy} = q_0 \cdot N + Q_{\text{équi}}$$

$l/j$

Avec :

$Q_{moy j}$ : débit moyen ( $l/j$ )

$q_0$  : dotation ( $l/j/hab$ )

$N$  : nombre d'habitants.

$Q_{\text{équi}}$  : débit d'équipement ( $l/s$ ).

$$Q_{\text{équi}} = 30\% q_0 \cdot N$$

**Débit moyen majoré :**

$$Q_{\text{moy maj}} = K_j \cdot Q_{\text{moy}}$$

l/j

**(Daniel Bernoulli)**

$Q_{\text{moy maj}}$  : débit moyen majoré (l/j)

$K_s$ : coefficient de majoration.

**Débit maximum :**

$$Q_{\text{max}} = K_j \cdot Q_{\text{moy maj}}$$

l/j

**(Daniel Bernoulli)**

$Q_{\text{max}}$  : debit maximum (l/j)

**Débit de pointe :**

$$Q_P = Q_{\text{moymaj}} \cdot K_P$$

l/j

**(Daniel Bernoulli)**

$K_P$  : coefficient de pointe, donné par :

$$K_P = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{\text{moy}}}}$$

**(Daniel Bernoulli)**

**Tableau 08 : Les besoins en eau potable de la commune Taibet par horizon (S.E.D.A.T).**

Horizons	2006	2010	2015	2025
Nombre d'habitant	20373	23378	27766	39167
Dotation (l/j,hab)	180	200	200	200
débit moyen (m <sup>3</sup> /j)	4767,28	6078,28	7219,16	10183,42
coefficient de majoration ks	1,20	1,20	1,20	1,20
débit moyen majoré (m <sup>3</sup> /j)	5720,74	7293,94	8662,99	12220,10
coefficient journalier kj	1,20	1,20	1,20	1,20
débit max (m <sup>3</sup> /j)	6864,89	8752,72	10395,59	14664,12
coefficient de pointe kp	1,84	1,80	1,77	1,73
débit de pointe (m <sup>3</sup> /j)	10506,47	13114,95	15363,80	21144,16

**Remarque :**

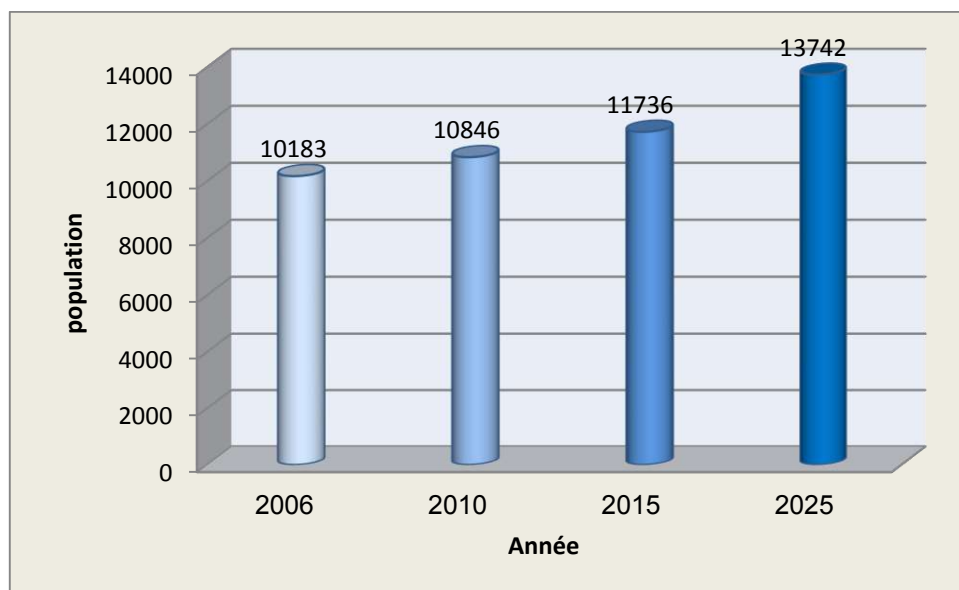
On constate que les résultats sont en constante augmentation au fil des années.

**B\ Secteur de Bennaceur :**

Résultats de calcul dans le tableau suivant :

**Tableau 09 : Evaluation de la population de Bennaceur entre 2006 et 2025. (S.E.D.A.T).**

Année	Population
2006	10183
2010	10846
2015	11736
2025	13742



**Figure 08 : Evaluation de la population de Bennaceur entre 2006 et 2025. (S.E.D.A.T).**

Le taux d'accroissement utilisé est celui énoncé par l'annuaire statistique juin 2007 est de 1.59 %.

**Tableau 10 : Les besoins en eau potable de la commune Bennaceur par horizon (S.E.D.A.T.)**

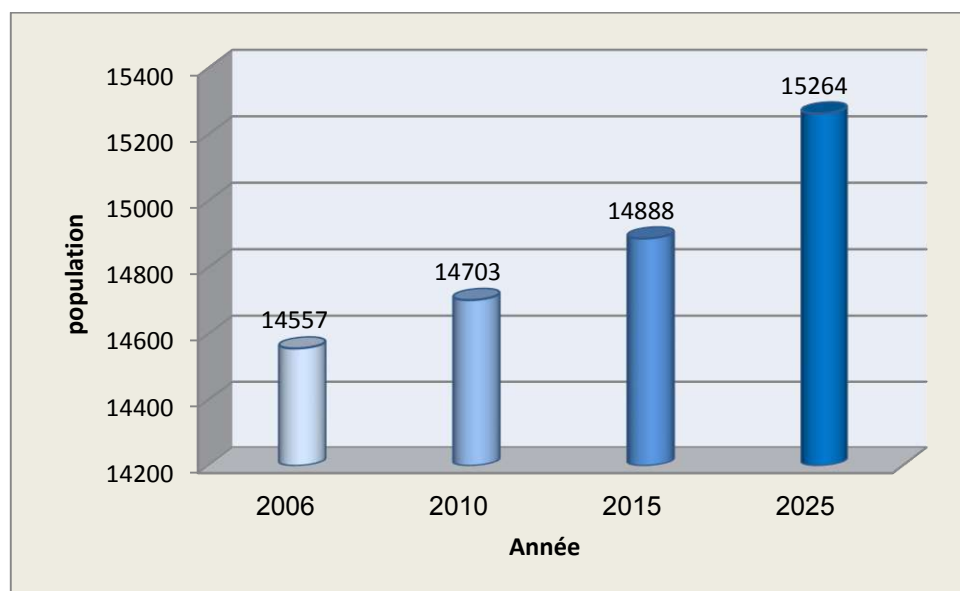
Horizons	2006	2010	2015	2025
Nombre d'habitant	10183	10846	11736	13742
Dotation (l/j,hab)	180	200	200	200
débit moyen m <sup>3</sup> /j	2382,82	2819,96	3051,36	3572,92
coefficient de majoration ks	1,2	1,2	1,2	1,2
débit moyen majoré m <sup>3</sup> /j	2859,39	3383,95	3661,63	4287,50
coefficient journalier kj	1,2	1,2	1,2	1,2
débit max m <sup>3</sup> /j	3431,26	4060,74	4393,96	5145,00
coefficient de pointe kp	1,98	1,94	1,92	1,89
débit de pointe m <sup>3</sup> /j	5650,29	6556,74	7032,82	8098,08

**C\ Secteur de M'Nagueur :**

Résultats de calcul dans le tableau suivant :

**Tableau 11 : Evaluation de la population de M'Nagueur entre 2006 et 2025. (S.E.D.A.T).**

Année	Population
2006	14557
2010	14703
2015	14888
2025	15264



**Figure 09 : Evaluation de la population de M'Nagueur entre 2006 et 2025. (S.E.D.A.T).**

Le taux d'accroissement utilisé est celui énoncé par l'annuaire statistique juin 2007 est de 0.25 %.

**Tableau 12 : Les besoins en eau potable de la commune M'Nagueur par horizon. (S.E.D.A.T).**

Horizons	2006	2010	2015	2025
Nombre d'habitant	14557	14703	14888	15264
Dotation (l/j,hab)	180	200	200	200
débit moyen m <sup>3</sup> /j	3406,34	3822,78	3870,88	3968,64
coefficient de majoration ks	1,2	1,2	1,2	1,2
débit moyen majoré m <sup>3</sup> /j	4087,61	4587,34	4645,06	4762,37
coefficient journalier kj	1,2	1,2	1,2	1,2
débit max m <sup>3</sup> /j	4905,13	5504,80	5574,07	5714,84
coefficient de pointe kp	1,90	1,88	1,87	1,87
débit de pointe m <sup>3</sup> /j	7758,91	8605,13	8702,52	8900,26

#### I-5- Densité :

D'après l'annuaire statistique juin 2007 de la wilaya, la daïra de TAIBET à une densité de :

- 4.47 hab/Km<sup>2</sup> pour la commune de Taibet .
- 1.21 hab/Km<sup>2</sup> pour la commune de Bennaceur.
- 5.62 hab/Km<sup>2</sup> pour la commune de M'Nagueur.

**Tableau 13 : Répartition de la densité de la population par commune au 31/12/2006.**

COMMUNE	Population	Superficie Km <sup>2</sup>	Densité Hab/Km <sup>2</sup>
Taibet	20373	4562	4.47
Bennaceur	10183	8399	1.21
M'Nagueur	14557	2590	5.62

#### I-6- Qualité des eaux brutes :

L'eau des forages albien est riche en éléments minéraux tel que (Ca, Mg, Cl, HCO, etc...), la teneur de certain élément dépasse les normes.

- la salinité des eaux des forages est comprise entre 1000 à 5000 mg/l ce qui implique que cette eau est classifiée saumâtre
- pour la minéralisation vue la conductivité des eaux analysées et le résidu sec déterminé, on peut dire que ces eaux ont une forte minéralisation.

- La température de l'eau est très élevée ce qui implique que ces eaux ne peuvent pas être consommées qu'après être refroidies et traitées.
- La valeur de pH suivant les normes (6,5 à 8,5)

### I-7- Réseaux de distribution :

L'ensemble des éléments rassemblés en termes de données techniques et de plans de tracés indique d'une manière générale que :

#### A\ Secteur de Taïbet :

##### 1- Les forages existant :

Il existe 04 forages

- Le forage Albien de Bir lassel avec un débit d'exploitation de 150/250 l/s.
- Le forage sénonien de DLILIAI avec un débit d'exploitation de 25/45 l/s.
- 02 forages au Miopliocène à Taïbet en état d'arrêt.

**N.B :** La commune de TAIBET est alimentée actuellement en eau potable partir de forage de BIR LASSEL seulement.

**Tableau 14 : Caractéristiques des forages existants de la commune de Taïbet(S.E.D.A.T)**

Nom de forage	Localisation	Nappe captée	Profondeur (m)	Température C°	Débit (l/s)		observations
					mobilisé	exploité	
BIR LASSEL	Khobna et bir lassel	C.I	1890	56	250	150	Exploité
AEP DLILIAI	Dliliai	Sénonien	193	22	45	25	Non exploité
AIN TAIBET I	Taïbet centre	Miopliocène	165.25	22	28	-	Non exploité
AIN TAIBET II	Taïbet centre	Miopliocène	150.50	22	45	-	Non exploité

## 2-Les ouvrages de stockage existants de la commune de Taibet :

La commune de TAIBET est alimentée à partir des différents châteaux d'eaux existants repartis sur toute la commune de TAIBET.

L'ensemble des caractéristiques des ouvrages des stockages sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 15 : Caractéristiques des ouvrages des stockages (S.E.D.A.T).**

Nom de l'ouvrage	localisation	Capacité (m <sup>3</sup> )	Hauteur fond du cuve (m)
Château d'eau de Taibet	Taibet centre	500	22
Château d'eau Diliai	Diliai I	300	18
Château d'eau Bir lassel	Bir lassel	200	19.6
Château d'eau Bekkar	bekkar	200	19

## 3- Réseau de distribution :

Le réseau d'AEP de la commune de TAIBET est du type ramifié et maillé, il est réalisé totalement en PVC de différents diamètres : 63, 90, 110, 160 et 200 mm de pression nominale de 10 bars.

La longueur totale de réseau d'AEP de la commune de Taibet est égale 70448 ml

## 4- Les ouvrages de stockage projeté :

**Tableau 16 : Les ouvrages de stockage projeté de la commune de Taibet. (S.E.D.A.T).**

Nom de l'ouvrage	Localization	Capacité (m <sup>3</sup> )	Hauteur fond du cuve (m)
Château d'eau projeté N°02	TAIBET CENTRE	500	25
Château d'eau projeté N°03	EL GHARBIA	300	16



## 5- Les ressources en eau potable projeté :

Le forage projeté au C.I près de château d'eau existant de Bennaceur à la distance de 382 ml, fournirait pour la commune de Taibet 101.56 l/s à long terme.

Sachant bien que le forage au C.I fournit entre 120 à 150 l/s à la pression d'exploitation de 5 à 7 bars.

### B\ Secteur de Bennaceur :

#### 1- Les forages existant :

Il existe 01 forage :

- 01 forage au Miopliocène à l'arrêt.

N.B :

La commune de Bennaceur est alimentée actuellement en eau potable à partir de forage de BIR LASSEL.

**Tableau 17 : Caractéristique des forages existants de la commune de Bennaceur.**

(S.E.D.A.T).

Nom de forage	Localisation	Nappe captée	Profondeur (m)	Température °C	Débit (l/s)		observations
					mobilisé	exploité	
<b>AEP EL KHOBNA BENACEUR</b>	<b>EL KHOBNA BENACEUR</b>	<b>Miopliocène</b>	<b>186</b>	<b>22</b>	<b>41</b>	<b>-</b>	<b>- Non Exploité -mise en service en 1980</b>

#### 2-Les ouvrages de stockage existants :

Par contre pour les ouvrages de stockage, la commune est dotée d'un seul château d'eau destiné à la régulation de débit et de pression dans le réseau de distribution. Il est implanté en tête du réseau de distribution (hors de l'agglomération), de hauteur de 19 m et de 500 m<sup>3</sup> de volume.

L'ensemble des caractéristiques des ouvrages des stockages sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 18 : caractéristiques des ouvrages des stockages de la commune de Bennaceur. (S.E.D.A.T).**

Nom de l'ouvrage	Localisation	Capacité (m <sup>3</sup> )	Hauteur fond de la cuve (m)
Château Bennaceur	Bennaceur	500	19

### 3-Réseau de distribution :

Le réseau d'AEP de la commune Bennaceur est du type ramifié et maillé, il est réalisé totalement en PVC de différents diamètres : 63, 90, 110, 160,200 mm, avec une longueur totale de réseau d'AEP de la commune est égale 41700 ml.

### 4- Les ouvrages de stockage projeté :

**Tableau 19 : Les ouvrages de stockage projeté de la commune de Bennaceur. (S.E.D.A.T).**

Nom de l'ouvrage	Localisation	Capacité (m <sup>3</sup> )	Hauteur fond de la cuve (m)
Château d'eau projeté N°01	BENNACEUR	500	25

### 5- Les ressources en eau potable projeté :

Le forage projeté au C.I près de château d'eau existant de Bennaceur à la distance de 382 ml, fournirait pour la commune de Taibet 101.56 l/s à long terme.

Sachant bien que les forages au C.I fournissent entre 120 à 150 l/s à la pression d'exploitation de 5 à 7 bars, dans la région.

### C\ Secteur de M'Nagueur :

#### 1- Les forages existant :

Il existe 03

Forages :

- 01 forage Miopliocène à M'Nagueur en état d'arrêt.
- 01 forage au sénonien à Oumia Benali avec un débit d'exploitation de 15l/s. la température de l'eau est égale à 23°C. le temps de fonctionnement par jour est égale à 20h
- 01 forage du Miopliocène de Oum Zabed avec un débit d'exploitation de 20 l/s. la température de l'eau est égale à 22°C. le temps de fonctionnement par jour est égal à 12h.

**Tableau 20 : Caractéristiques des forages existants de la commune de M'Nagueur.**  
(S.E.D.A.T).

Nom de forage	Nappe captée	Profondeur (m)	Température °C	Temps de fonctionnement	Débit (l/s)		observations
					mobilisé	exploité	
AEP M'Nagueur	Miopliocène	175	22	-	40	-	Non Exploité
OUMIA BENALI	Sénonien	203	23	20	50	15	En exploité
OUM ZBED	Miopliocène	173	22	12	40	20	En exploité

## 2-Les ouvrages de stockage existants :

La commune de M'NAGUEUR est alimentée à partir des différents châteaux d'eaux existants.

- le château d'eau de M'Nagueur 250 m<sup>3</sup>
- le château d'eau d'Oum Zabed 100 m<sup>3</sup>
- le château d'eau Oumia Benali 100 m<sup>3</sup>

L'ensemble des caractéristiques des ouvrages des stockages sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau 21 : caractéristique des ouvrages des stockages de la commune de M'Nagueur. (S.E.D.A.T).**

Nom de l'ouvrage	Localisation	Capacité (m <sup>3</sup> )	Hauteur fond du cuve (m)
Château M'NAGUEUR	M'NAGUEUR centre	250	12
Château OUM ZBED	OUM ZBED	100	16
Château OUMIA BENALI	OUMIA BENALI	100	16

### 3- Réseau de distribution :

Le réseau d'AEP de la commune M'NAGUEUR est du type ramifié et maillé, il est réalisé totalement en PVC de différents diamètres : 63, 90, 110, 160,200 mm, avec une longueur totale de réseau d'AEP de la commune est égale à 39300 ml.

### 4- Les ouvrages de stockage projeté :

**Tableau 22 : Les ouvrages de stockage projeté de la commune de M'Nagueur. (S.E.D.A.T).**

Nom de l'ouvrage	localisation	Capacité (m <sup>3</sup> )	Hauteur fond du cuve (m)
Château d'eau projeté N°04	M'NAGUEUR	500	16

### 5-Réseau d'adductions :

1- La distribution de l'eau dans la commune de Bennaceur caractérisé par.

Un château d'eau Bir lassel est alimenté essentiellement à partir du forage albien de Bir lassel.

Les deux châteaux d'eaux de Bekkar et Dliliai sont encore alimentés à partir de même forage albien (Bir lassel).

Le débit total qu'il faudra assurer pour la commune de Bennaceur est de :

\* au moyen terme est de : 35.39 l/s.

\* au long terme est de : 41.52 l/s.

La distribution se fera comme suit :

- Le château d'eau BENNACEUR (château existant) assure un débit de 26.17 l/s à moyen terme, et un débit de 30.73 l/s à long terme.
- Le nouveau château projeté (Chp1) assure un débit de 9.22 l/s à moyen terme, et un débit de 10.79 l/s au long terme.

2- La distribution de l'eau dans la commune de M'NAGUEUR caractérisé par.

Les deux châteaux d'eau de BEKKAR et DLILIAI sont alimentés essentiellement à partir du forage albien de Bir lassel.

Le débit total qu'il faudra assurer pour la commune de M'NAGUEUR est de :

\* au moyen terme est de : 44.85 l/s.

\* au long terme est de : 46.02 l/s.

La distribution se fera comme suit :

- Les châteaux d'eau M'NAGUEUR centre existant et projeté assurent un débit successivement de 16.15 l/s et de 11.66 l/s à moyen terme, et un débit de 16.57 l/s et de 11.97 l/s à long terme.
- Les châteaux d'eau existants OUM ZBED EL DJADIDA et OUMIA BEN ALI assurent un débit successivement de 4.71 l/s et de 12.33 l/s à moyen terme, et un débit de 4.83 l/s et de 12.65 l/s au long terme.

3- La distribution de l'eau dans la commune de TAIBET caractérisé par.

Le château d'eau Bir lassel est alimenté essentiellement à partir du forage albien de Bir lassel.

Les deux châteaux d'eau de Bekkar et Diliai sont encore alimentés à partir de même forage albien (Bir lassel). Mais une vérification des pressions à partir du nouveau forage albien projeté (C.I) est indispensable.

Le débit total qu'il faudra assurer pour la commune de Taibet est de :

\* au moyen terme est de : 70.99 l/s.

\* au long terme est de : 101.56 l/s.

Nous avons supposé que leur distribution se fera comme suit :

- Les châteaux d'eau Dliliai et Bekkar (châteaux existants) assurent un débit successivement de 10.99 l/s et de 4.23 l/s à moyen terme, et un débit de 15.72 l/s et de 6.045 l/s à long terme.

- Le nouveau château d'eau projeté (Chp2) à Taibet centre assure un débit de 42.25 l/s à moyen terme, et un débit de 60.45 l/s à long terme.

- Le nouveau château d'eau projeté (Chp3) à EL Gharbia assure un débit de 13.52 l/s à moyen terme, et un débit de 19.34 l/s à long terme.

**I-Conclusion :**

La zone étudiée se trouve à TAIBET, elle fait partie de la wilaya de Ouargla

(SE Algérie).

Elle se caractérise par une large dépression allongée dans le sens nord, couvre une superficie de 14622 km<sup>2</sup> et une population de l'ordre de 49352 habitants. La zone d'étude est une région agricole, la principale activité est la culture du palmier dattier, pastèque et de la pomme de terre.

La région de Taïbet se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction N-S. Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie sous le Grand Erg Oriental. Excepté quelques affleurements observés, sur les bordures. La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont défini la profondeur du socle Précambrien, située entre 3000 et 5000 m, et les dépôts sédimentaires ont environ 4000 m d'épaisseur. Les terrains du Mésozoïques et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures. Les dépôts continentaux Tertiaires et Quaternaires occupent le centre de la cuvette. La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants : le Continental Intercalaire(CI) et le Complexe Terminal(CT).

Le climat de la région est saharien où la période sèche est étendue pendant les deux mois de l'année, le mois de janvier est le plus arrosé avec 15,88 mm et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,84mm. La température moyenne mensuelle est maximale au mois de Juillet et Aout avec une valeur d'ordre de 34,8 °C et minimale au mois de Janvier avec une valeur d'ordre de 11,3 °C.

Le bilan hydrique de la région de TAIBET suivant la méthode de Thorntwaite est déficitaire à cause de faible précipitation et très forte évaporation.

**Chapitre II**  
**Traite qualité des eaux**  
**potable**



**II-Introduction :**

Suite à la première phase d'Étude de station de déminéralisation de la ville TAIBET. Les plus importantes ressources aquifères dans la région de Taibet et Bennaceur Et M'nagueur sont contenues dans les formations continentales, ainsi les nappes phréatiques forment avec les nappes Albiennes et sénonien l'un des plus vastes ensembles hydrauliques du Sahara. La nappe de l'Albiennes est de plus en plus exploitée depuis quelques années par des forages, dans le Sahara.

Nous élaborons à travers le présent document d'étude qui consiste en :

- Présentation des ouvrages de production ;
- Présentation des ouvrages de régulation ;
- Détermination la qualité des eaux de consommation ;

**II-1-Les ouvrages de production existants :**

Ces informations ont été recueillies et mises dans un tableau pour organiser notre travail et initier la jurisprudence.

L'ensemble des caractéristiques des ouvrages des productions sont résumés dans suivant :

**Tableau 23 : les caractéristiques des forages exploite. (S.E.D.A.T)**

Commune	Nappe	Débit (m <sup>3</sup> )	Coordonnées (m)
TAIBET (BIR EL ASSEL)	ALBIEN	0.25 m <sup>3</sup>	X= 818
			Y= 3666
AEP DLILIAI (586 I 11)	ALBIEN	0.045 m <sup>3</sup>	X= 819
			Y= 3674
AIN TAIBET II F2 (531 I 11)	ALBIEN	0.045 m <sup>3</sup>	X= 816
			Y= 3600
AEP EL KHOBNA BENACEUR	ALBIEN	0.041m <sup>3</sup>	X= 820
			Y= 3654
M'NAGUEUR OUMIA BEN ALI (995 11)	ALBIEN	0.05 m <sup>3</sup>	X= 813
			Y= 3671
OUM ZBED (588 I 11)	ALBIEN	0.025 m <sup>3</sup>	X= 828
			Y= 3669



Figure 10 : Des photos les forages. (S.E.D.A.T).

## II-2-Caractéristiques des eaux potables :

### II-2-1-Caractéristiques physico-chimique :

Ces caractéristiques englobent la turbidité, la couleur, l'odeur et le goût. Jadis, lorsque les eaux renferment ces propriétés, elles sont considérées comme potables.

#### -Turbidité :

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée de la teneur en matière en suspension. Une turbidité importante peut mettre les micro-organismes à l'abri des effets de la désinfection, stimule la croissance des bactéries et entraîne une demande élevée en chlore. Une eau dont la turbidité est inférieure à 5 unités néphelométrique (UNT) est généralement jugée acceptable pour la consommation.

#### - Couleur :

La couleur de l'eau de boisson peut être imputable à la présence de matière organique colorée, par exemple de substances humiques, de métaux tels que le fer et le manganèse ou de déchets industriels à coloration intense. La plupart des gens sont capables de déceler la coloration de l'eau contenue dans un verre lorsqu'elle dépasse 15 UNT (unité colorimétrique vraie)

#### - gout et odeur :

L'odeur de l'eau de boisson s'explique principalement par la présence de substances organiques. Certaines odeurs témoignent une augmentation d'activité biologique tandis que d'autres tirent leur origine d'une pollution industrielle.

### II-2-2-Propriétés physico-chimiques :

#### -potentille hydrogène pH :

Il dépend de l'équilibre calcocarbonique dans la plupart des eaux naturelles. Le pH de la plupart des eaux brutes se situe entre 6.5 et 8.5. Au-dessous de ce seuil, l'eau est dite agressive. Il a un effet corrosif sur les canalisations, et peut conduire à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb. Le pH influe sur les différents procédés de traitement physicochimique.

$$PH = 10 - \log [H_3O^+]$$

**-Température :**

L'eau est plus agréable à boire fraîche que tiède. L'eau de boisson a une bonne fraîcheur si sa température varie de 9 à 56°C.

Les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs saisonniers et autres.

La température agit également sur les traitements physicochimiques des eaux.

**- Conductivité :**

Toute eau est plus ou moins conductible. Cette conductivité est liée à la présence des ions dans l'eau, elle augmente avec la concentration des sels ioniques dissous et aussi avec la température. La conductivité donne une idée précise sur la minéralisation de l'eau.

**- Dureté (TH) :**

La dureté de l'eau ou l'hydrométrie est une mesure globale de la concentration en sels (de calcium et de magnésium) dissous dans l'eau. Dans les zones où l'eau est très dure, les canalisations peuvent être obstruées par des dépôts de tartre.

Une dureté de 100mg (CaCO<sub>3</sub>)/l représente un bon compromis entre la corrosion et l'entartrage bien que, pour des considérations organoleptique, la valeur indicative recommandée soit fixée à 500 mg/l de (CaCO<sub>3</sub>) ou soit entre 32 et 54 F°

**Tableau 24 : Qualité d'eau en fonction de sa dureté.**

Dureté (°F)	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Qualité d'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure

**-Titre alcalimétrique (TA) :**

Le titre alcalimétrique (TA) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$TA = [CO_3^{2-}] + [OH^-]$$

**-Titre alcalimétrique complet (TAC) :**

Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F).

$$\text{TAC} = [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-]$$

**3-Sels minéraux nécessaires :**

La nature et la composition de l'eau sont en relation avec sa structure naturelle. Au contact prolongé du sol, les eaux se chargent de plusieurs substances que l'on trouve communément dans l'eau, il s'agit essentiellement de sels minéraux comme le calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{+2}$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le chlore ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfate ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), les carbonate ( $\text{CO}_3^{-2}$ ).

**- Calcium  $\text{Ca}^{2+}$  :**

Considéré comme un élément essentiel (99% dans le squelette), le calcium doit être fourni au corps humain à raison de 0.7 à 2 g/j. Des concentrations élevées dans l'eau ne présentent pas de danger pour la santé. Le seuil de détection gustative se situe entre 100 à 300 mg/l. Dépendant de la température, du pH et de l'alcalinité de l'eau, la concentration en calcium constitue un facteur favorisant selon le cas, soit l'entartrage (forte teneur), soit la corrosion (faible teneur). Une teneur suffisante peut provoquer un léger dépôt de carbonate sur les conduites métalliques et les protéger contre la corrosion.

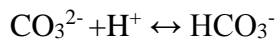
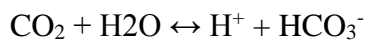
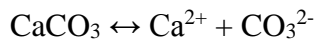
**-Magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  :**

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 présentant des insuffisances rénales), les sels de magnésium, essentiellement les sulfates, peuvent avoir un effet laxatif à partir de 400 mg/l.

**- Bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  :**

Les bicarbonates résultent de la dissolution de carbonate de calcium ou suite à l'hydrolyse de  $\text{CO}_2$  comme le montre les équilibres chimiques suivants :



Leur concentration dépend de plusieurs facteurs tels que le pH, l'alcalinité ainsi que la température du milieu aqueux.

**- Chlorures  $\text{Cl}^-$  :**

Ils sont très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium ( $\text{NaCl}$ ), de potassium ( $\text{KCl}$ ), et de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, aux rejets des égouts.

Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux de surface et les eaux souterraines. Les eaux chlorurées alcalines sont laxative, mais généralement les chlorures présents dans l'eau potable n'ont pas de conséquences toxiques pour l'homme, même à de fortes concentrations (1000 mg/l). A des concentrations élevées, ils peuvent provoquer des maladies rénales ou cardiovasculaires ou nuire le goût de l'eau en lui donnant une saveur salée.

**- Sodium  $\text{Na}^+$  :**

Pour le sodium contenu dans les eaux de boisson, il faut souligner que les valeurs limites varient en fonction de ressources disponibles et des habitudes alimentaires.

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

Les eaux souterraines en contiennent parfois beaucoup, ce qui dans certains cas peut accroître leur salinité.

**- Sulfates  $\text{SO}_4^{2-}$  :**

La teneur en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) dans l'eau est liée aux composés alcalins de la minéralisation. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau est de l'ordre de 400mg/l

**-Potassium  $\text{K}^+$  :**

La teneur du potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10à15mg/l à une telle valeur, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus.

**-Oxygène dissous :**

L'oxygène dissous dans l'eau agit essentiellement sur les réactions d'oxydoréduction qui met en jeu le fer, le magnésium, le cuivre et d'autres composés. Généralement, les eaux souterraines sont dépourvues d'oxygène et elles nécessitent une aération avant leur utilisation pour la consommation.

**\* Eléments Indésirables****- Fer :**

Le fer contenu dans les eaux superficielles peut avoir une origine géologique, mais le plus souvent il provient de lessivage de terrains et de pollution minière ou métallurgique. Dans les eaux souterraines, plus réductrices, le fer va se retrouver sous forme ferreuse  $\text{Fe}^{2+}$  qui est soluble. Dans les eaux superficielles plus aérées, le fer se trouve. Sous forme ferrique et précipite sous forme d'hydroxyde ferrique  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  ; il sera donc associé aux matières en suspension. Le fer est un élément essentiel de la nutrition humaine. Les limite des potabilités sont basées sur les effets esthétiques, les effets ménagers et sur les inconvénients qu'il procure au réseau de distribution. Pour le sulfate de fer, on a trouvé comme seuil gustatif les valeurs de 0.1 à 0.2 mg/l mais la moyenne des individus testé n'ont perçu un goût qu'a partir de 1.8 mg/l.

**-Nitrates  $\text{NO}_3^-$  :**

Un excès de nitrates dans les eaux de boisson peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales chez l'adulte. L'OMS considère comme limite maximale acceptable une concentration de 50mg/l de nitrates.



**-Nitrites  $\text{NO}_3^{2-}$  :**

Un excès de nitrites dans les eaux de boisson peut provoquer de l'hypotension chez les adultes et la méthémoglobinémie chez les nourrissons.

Donc, il est conseillé qu'une eau potable ne doit pas contenir plus que 0.1 mg/l en azote nitreux.

**- Fluorures :**

Il y'a des traces de fluorures dans de nombreux types d'eau, les teneurs les plus élevées se trouvent fréquemment dans les eaux souterraines. Rien n'indique que des effets nocifs quelconques soient associés aux concentrations relativement faibles auxquelles les humains sont couramment exposés.

On considère généralement qu'une faible teneur en fluore dans l'eau (0.4 mg/l) est favorable à la formation de l'email dentaire et protégé les dents contre la carie.

Des doses supérieures à 1mg /l risquent de faire, apparaître des taches sur l'email dentaire qui s'aggravent par des calcifications et des chutes des dents.

**\* Eléments toxiques**

Les éléments toxiques dans l'eau ayant une incidence directe sur la santé, ils regroupent les métaux lourds (mercure Hg, plomb Pb, cuivre Cu, cadmium  $\text{Cd}^{2+}$  Crome  $\text{Cr}^{2+}$ ), les pesticides et les hydrocarbures. Actuellement pour les éléments toxiques dans l'eau les teneurs tolérées sont de plus en plus minimales, parfois de l'ordre de micro de gramme par litre.

**II-3-1-Propriétés bactériologiques :**

L'eau destinée à la consommation humaine peut contenir des microorganismes pathogènes pouvant être responsables d'épidémies.

Les deux groupes de microorganismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets, qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz en moins de 48h à 35°C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les coliformes pouvant former des gaz en moins de 24h à 44.5 °C.

On retrouve les bactéries de coliformes fécaux en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud. Etant donné que cette particularité est associée à la contamination fécale. On utilise de préférence les coliformes fécaux comme indicateurs de la qualité des eaux brutes, ce qui permet de déceler la présence d'organismes pathogènes à la source.

Les coliformes totaux étant largement répartis dans la nature, ils n'indiquent pas nécessairement qu'il y a une contamination. Par ailleurs, ces organismes survivent plus longtemps dans l'eau et résistent mieux à la chloration que les coliformes fécaux ou les bactéries pathogènes communes. On utilise donc de préférence les coliformes totaux comme indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau potable. La présence d'un organisme coliforme quelconque dans l'eau traité révèle en effet que le traitement n'était pas efficace ou qu'il y a eu une contamination après traitement.

#### **II-4-Normes de potabilité :**

Une eau potable doit répondre à des normes physico-chimiques établies officiellement par chaque pays. En absence de ces dernières, la plupart des pays se réfère aux normes de l'OMS.

Les ressource en eau : L'alimentation en eau potable et l'irrigation des cultures dans cette région dépendent deux forages Albien et 23 forages du complexe terminal plus un nombre important des puits traditionnels qui captent la nappe phréatique.

Dans la région de Taïbet le débit extrait est destinée à L'AEP est supérieur aux besoins, (216 à 220 L/j/hab) et la consommation journalière dépasse les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) (100 à 150 L/j/hab).

Tableau 25 : Les normes Algériennes de l'eau potable.

Paramètres	symbole	Valeur	Unités
<b>Paramètres organoleptiques</b>			
Couleur		25	
Odeur		Doit être acceptable	Taux de dilution
Turbidité		1 – 2	NTU
Saveur		Doit être acceptable	Taux de dilution
<b>Paramètre physico – chimiques</b>			
Température	T	25	°C
PH	pH	6.5 – 8.5	-
Conductivité	CE	2,8	µs/cm
Résidu sec		2000	mg/l
Calcium	Ca	75 – 200	mg/l
Magnésium	Mg	150	mg/l
Sodium	Na	200	mg/l
Potassium	K	20	mg/l
<b>Substances indésirables</b>			
Nitrates	NO3	50	mg/l
Nitrites	NO2	0.1	mg/l
Bore		0.3	mg/l
Fer		0.3	mg/l
Cuivre	Cu	0.05 – 1.5	mg/l
Zinc	Zn	1 – 5	mg/l
Manganèse	Ma	0.5	mg/l
Baryum	Ba	0.7	mg/l
Fluorure	F	0.8 – 2	mg/l
Azote	N	2	mg/l
<b>Substances toxiques</b>			
Cadmium	Cd	0.01	mg/l
Cyanure	Cy	0.05	mg/l
Mercure	Me	0.001	mg/l
Plomb	Pb	0.05	mg/l
Chrome	Cr	0.05	mg/l
Sélénium	Se	0.01	mg/l
<b>Paramètres microbiologiques</b>			
Coliformes totaux		0	N/100 ml
Streptocoques fécaux		0	N/100 ml
Coliformes thermo tolérants		0	N/100 ml

**II-5-Qualité des eaux brutes :**

Les campagnes d'analyse concernant les eaux de forage existant a pour objectif de préciser la qualité physico chimique de ces eaux.

Il est à noter que l'O.M.S fait référence aux concentrations maximales admissibles, c'est –à– dire à la qualité de telle à la telle substance qu'un individu peut absorber quotidiennement, sans danger tout au Long ou sa vie.

C'est sur cette base qu'a été calculée la quantité maximale qui peut être apportée par l'eau.

**II-6-Résultats des analyses :**

Les prélèvements des échantillons des eaux de forgeas ainsi que les analyses physico-chimiques, de ces eaux, ont été effectuées par le laboratoire de l'Agence Nationale des Ressource Hydraulique (ANRH)-direction régionale du sud (Ouargla).

**II-7-LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES :(2019)**

ETUDE DE STATION DE DEMINERALISATION POUR LES TROIS COMMUNES

Lot N°01 : TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR

**DATE DE PRELEVEMENT :****LABORATIORE :** laboratoire chimie des eaux et sols Ouargla**Tableau 26 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE :  
BIR EL ASSEL.**

Eléments	mg/l	méq/l
Ca <sup>2+</sup>	187.5	9.38
Mg <sup>2+</sup>	119.04	9.76
Na <sup>+</sup>	307.50	1.,37
K <sup>+</sup>	43.50	1.12
Cl <sup>-</sup>	650	18.31
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	775	16.15
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	00	0.00
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	147.93	4.93
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	00	0.00
Somme des cations (mg/l)	655.54	
Somme des anions (mg/l)	1572.93	
Résidus sec à 105°C (mg/l)	2384	
Conductivité 25°C (ms/cm)	2.03	
PH	7.50	
TH° Français	95.80	
TAC° Français	12.10	
Fer Total	0.01	
Phosphates	00	
Baryum	00	
Fluor	0.64	
Turbidité EB (NTU)	03	
Turbidité ED (NTU)	00	

ETUDE DE STATION DE DEMINERALISATION POUR LES TROIS COMMUNES

Lot N°01 : TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR

**DATE DE PRELEVEMENT :**

**LABORATOIRE :** laboratoire chimie des eaux et sols Ouargla

**Tableau 27 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE :  
AEP DLILIAI (586 I 11).**

Eléments	mg/l	méq/l
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>275</b>	<b>13.75</b>
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>204.77</b>	<b>16.78</b>
<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>675</b>	<b>29.35</b>
<b>K<sup>+</sup></b>	<b>28</b>	<b>0.72</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>1162.50</b>	<b>32.75</b>
<b>(SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup></b>	<b>1425</b>	<b>29.69</b>
<b>(CO<sub>3</sub>)<sup>-2</sup></b>	<b>00</b>	<b>0.00</b>
<b>(HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup></b>	<b>137.25</b>	<b>2.25</b>
<b>(NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup></b>	<b>37</b>	<b>0.60</b>
<b>Somme des cations (mg/l)</b>	<b>1182.77</b>	
<b>Somme des anions (mg/l)</b>	<b>2724.75</b>	
<b>Résidus sec à 105°C (mg/l)</b>	<b>4396</b>	
<b>Conductivité 25°C (ms/cm)</b>	<b>4.12</b>	
<b>PH</b>	<b>7.52</b>	
<b>TH° Français</b>	<b>153</b>	
<b>TAC° Français</b>	<b>11.30</b>	
<b>Fer Total</b>	<b>0.01</b>	
<b>Phosphates</b>	<b>00</b>	
<b>Baryum</b>	<b>00</b>	
<b>Fluor</b>	<b>1.72</b>	
<b>Turbidité EB (NTU)</b>	<b>00</b>	
<b>Turbidité ED (NTU)</b>	<b>00</b>	

ETUDE DE STATION DE DEMINERALISATION POUR LES TROIS COMMUNES

Lot N°01 : TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR

**DATE DE PRELEVEMENT :**

**LABORATOIRE :** laboratoire chimie des eaux et sols Ouargla

**Tableau 28 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE :  
AIN TAIBET II F2 (531 I 11).**

Eléments	mg/l	méq/l
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>273.80</b>	<b>13.69</b>
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>202.22</b>	<b>16.58</b>
<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>665.00</b>	<b>28.91</b>
<b>K<sup>+</sup></b>	<b>29.00</b>	<b>0.74</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>1212.50</b>	<b>34.15</b>
<b>(SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup></b>	<b>1375</b>	<b>28.65</b>
<b>(CO<sub>3</sub>)<sup>-2</sup></b>	<b>00</b>	<b>0.00</b>
<b>(HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup></b>	<b>103.70</b>	<b>1.70</b>
<b>(NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup></b>	<b>19.50</b>	<b>0.31</b>
<b>Somme des cations (mg/l)</b>	<b>1170.02</b>	
<b>Somme des anions (mg/l)</b>	<b>2710.7</b>	
<b>Résidus sec à 105°C (mg/l)</b>	<b>4450</b>	
<b>Conductivité 25°C (ms/cm)</b>	<b>4.12</b>	
<b>PH</b>	<b>7.30</b>	
<b>TH° Français</b>	<b>151.60</b>	
<b>TAC° Français</b>	<b>8.50</b>	
<b>Fer Total</b>	<b>0.02</b>	
<b>Phosphates</b>	<b>00</b>	
<b>Baryum</b>	<b>00</b>	
<b>Fluor</b>	<b>1.40</b>	
<b>Turbidité EB (NTU)</b>	<b>29</b>	
<b>Turbidité ED (NTU)</b>	<b>18</b>	

ETUDE DE STATION DE DEMINERALISATION POUR LES TROIS COMMUNES

Lot N°01 : TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR

**DATE DE PRELEVEMENT :**

**LABORATOIRE :** laboratoire chimie des eaux et sols Ouargla

**Tableau 29 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE :  
AEP EL KHOBNA BENACEUR.**

Eléments	mg/l	méq/l
Ca <sup>2+</sup>	272.50	13.63
Mg <sup>2+</sup>	204.77	16.78
Na <sup>+</sup>	685	29.78
K <sup>+</sup>	30	0.77
Cl <sup>-</sup>	1162.50	32.75
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	1437.50	29.95
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	00	0.00
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	128.10	2.10
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	37.50	0.60
Somme des cations (mg/l)	1192.27	
Somme des anions (mg/l)	2765.6	
Résidus sec à 105°C (mg/l)	4336	
Conductivité 25°C (ms/cm)	3.40	
PH	7.59	
TH° Français	152.30	
TAC° Français	10.50	
Fer Total	0.05	
Phosphates	00	
baryum	00	
Fluor	1.49	
Turbidité EB (NTU)	00	
Turbidité ED (NTU)	00	



ETUDE DE STATION DE DEMINERALISATION POUR LES TROIS COMMUNES

Lot N°01 : TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR

**DATE DE PRELEVEMENT :**

**LABORATOIRE :** laboratoire chimie des eaux et sols Ouargla

**Tableau 30 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES FORAGE:  
OUMIA BEN ALI (935 I 11).**

Eléments	mg/l	méq/l
Ca <sup>2+</sup>	265	13.25
Mg <sup>2+</sup>	181.80	14.90
Na <sup>+</sup>	655	28.48
K <sup>+</sup>	27	0.69
Cl <sup>-</sup>	1100	30.99
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	1375	28.65
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	00	0.00
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	131.15	2.15
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	55	0.89
Somme des cations (mg/l)	1128.8	
Somme des anions (mg/l)	2661.15	
Résidus sec à 105°C (mg/l)	4088	
Conductivité 25°C (ms/cm)	3.63	
PH	7.63	
TH° Français	141	
TAC° Français	10.80	
Fer Total	0.04	
Phosphates	00	
baryum	00	
Fluor	2.05	
Turbidité EB (NTU)	00	
Turbidité ED (NTU)	00	

## ETUDE DE STATION DE DEMINERALISATION POUR LES TROIS COMMUNES

Lot N°01 : TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR

**DATE DE PRELEVEMENT :****LABORATOIRE :** laboratoire chimie des eaux et sols Ouargla**Tableau 31 : LES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX DES FORAGES****FORAGE : OUM ZBED (588 I 11).**

Eléments	mg/l	méq/l
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>272.50</b>	<b>13.63</b>
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>176.70</b>	<b>14.48</b>
<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>655</b>	<b>28.48</b>
<b>K<sup>+</sup></b>	<b>28</b>	<b>0.72</b>
<b>Cl<sup>-</sup></b>	<b>1062.50</b>	<b>29.93</b>
<b>(SO<sub>4</sub>)<sup>-2</sup></b>	<b>1387.50</b>	<b>28.91</b>
<b>(CO<sub>3</sub>)<sup>-2</sup></b>	<b>00</b>	<b>0.00</b>
<b>(HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup></b>	<b>125.05</b>	<b>2.05</b>
<b>(NO<sub>3</sub>)<sup>-</sup></b>	<b>14</b>	<b>0.23</b>
<b>Somme des cations (mg/l)</b>	<b>1132.2</b>	
<b>Somme des anions (mg/l)</b>	<b>2589.05</b>	
<b>Résidus sec à 105°C (mg/l)</b>	<b>4166</b>	
<b>Conductivité 25°C (ms/cm)</b>	<b>3.86</b>	
<b>PH</b>	<b>7.54</b>	
<b>TH° Français</b>	<b>140.80</b>	
<b>TAC° Français</b>	<b>10.30</b>	
<b>Fer Total</b>	<b>0.02</b>	
<b>Phosphates</b>	<b>00</b>	
<b>baryum</b>	<b>00</b>	
<b>Fluor</b>	<b>1.46</b>	
<b>Turbidité EB (NTU)</b>	<b>02</b>	
<b>Turbidité ED (NTU)</b>	<b>00</b>	

**II-8-Interprétation :****II-8-1-paramètre physique :****1-température :**

La température des eaux de forages au niveau de la zone d'étude varié entre 45°C et 55°C, cette valeur supérieurs à la norme d'OMS (25 °C).

**2- potentielle de hydrogène pH :**

Le pH des eaux de forages au niveau de la zone d'étude de l'ordre de 7.8, cette valeur montre l'existence d'équilibre entre les hydrogénocarbonates déterminés par le TAC et l'acide carbonique libre (CO<sub>2</sub>).

**3-La conductivité électrique :**

Les résultats d'analyse des eaux de forages en eau dans la zone d'étude caractérisée par une valeur moyenne de conductivité électrique varié entre (2,20-2,46 ms/cm) légèrement supérieure à la norme 1,5 ms/cm

**4-Turbidité :**

Les résultats des analyses montre que les de forges de la zone d'étude sont des eaux claires.

**5- résidu sec :**

La valeur moyenne en résidu sec a 110°C très un importante par rapport la limite en résidu sec dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 1500mg/l.

**6- Fer totale :**

Le fer totale à l'état de trace dans les eaux de forage de Taibet, les concentrations sont très en dessous de la norme de OMS.

**II-8-2-paramètre ioniques :****Cation****1-Sodium Na :**

On a constaté dans les eaux de forge des teneurs en potassium supérieure aux normes (200 mg/l) ; la enregistrée varié entre (285-325mg/l).

### **2-potassium K :**

Les résultats en sodium dans de la zone d'étude entre de (40,50-41,50mg/l), cette valeur supérieurs à la norme d'OMS (20mg/l).

### **Anion**

#### **1-chlore Cl :**

Les résultats d'analyse des eaux de forges en eau dans la zone d'étude caractérisée par une valeur entre (550-540mg/l) cette valeur il est très élevée rapport les normes de l'organisation mondiale de la santé 250 mg/l peuvent provoquer un goût discernable.

#### **2-Sulfate SO<sub>4</sub> :**

La concentration de sulfate dans les eaux de forges entre (825-793mg/l) supérieure aux normes de l'OMS.

#### **3-Nitrates NO<sub>3</sub> :**

La teneur moyenne en nitrates dans les eaux des forges est de 1mg/l. cette valeur très faible par rapport les normes OMS (50 mg/l).

#### **4-phosphate et baryum :**

Les concentrations en ions fluorures et baryum dans les eaux de forge de Meggarine sous forme de trace est en dessous de la norme OMS (1,5 mg/l).

#### **5- la dureté TH (calcium, magnésium) :**

Le titre alcalimétrique (TH) exprime la teneur en sels de calcium et de magnésium (la dureté totale).les eaux du forage présentent une dureté importante de l'ordre 93<sup>OF</sup>.

**II-Conclusion :**

En conclusion, nous pouvons classer les eaux des forages de TAIBET, BENNACEUR ET M'NAGUEUR comme étant des eaux sulfaté-chlorurées sodique.

Après les caractéristiques physico-chimiques des ces eaux comme étant des eaux saumâtre nécessitant une station de déminéralisation.

**Chapitre III**  
**Etude hydrogéologique**

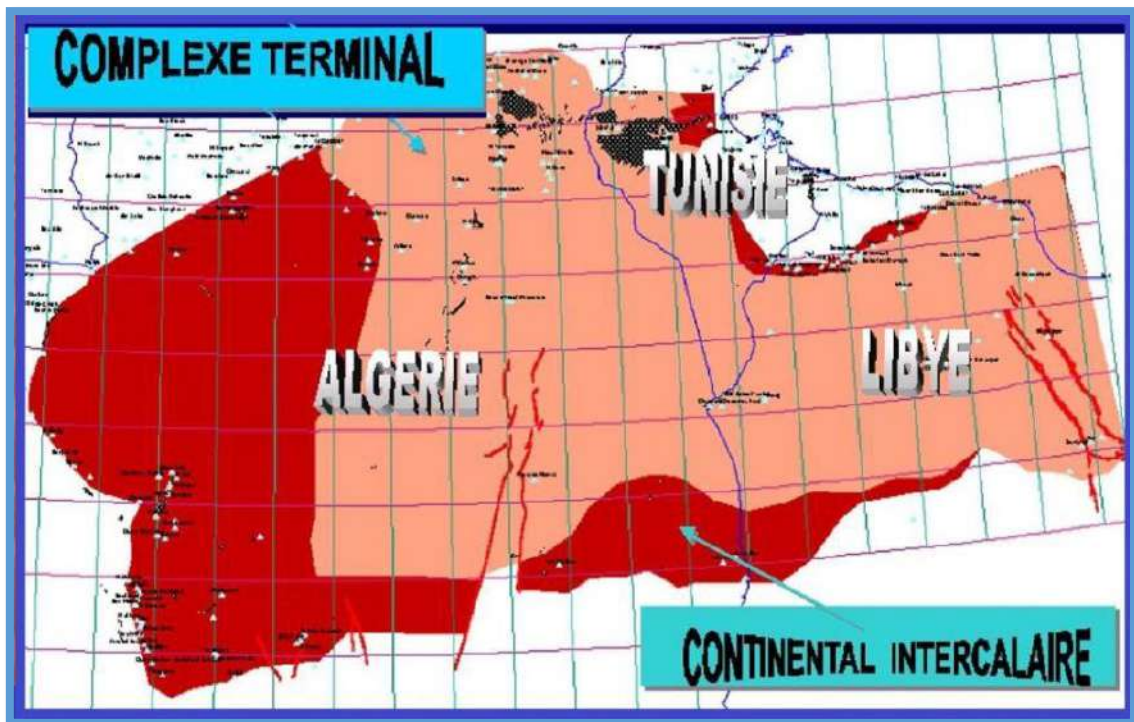
**III-Introduction :**

La zone d'étude fait partie de la grande plate-forme saharienne, située au Sud de L'Algérie, elle appartient au Craton Nord-Africain. Elle comprend un socle précambrien (Surface infra-tassilienne) sur lequel repose en discordance une puissante couverture Sédimentaire, structurée au paléozoïque en plusieurs bassins.

### III-1-Presentation de systeme aquifere de sahara septentrional :

#### III-1-1-Extension de système aquifère de Sahara septentrional :

Le système aquifère du Sahara septentrional (SASS) est partagé entre trois pays : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Il recouvre une étendue de plus d'un million de km<sup>2</sup>, dont 70 % se trouvent en Algérie, 6 % en Tunisie, et 24 % en Libye. Le SASS est la superposition de deux principales couches aquifères ; la formation du Continental Intercalaire, CI, la plus profonde et celle du Complexe Terminal, CT (Fig11).



**Figure 11 : Extension de système aquifère de Sahara septentrional.**

Le bassin sédimentaire du Sahara septentrional (BG, 2002) couvre une superficie de 780 000 km<sup>2</sup>. Ce bassin possède une envergure de 1800 km E-O et de 900 km N-S (OSS, 2003). Il est limitée au Nord-ouest par les piémonts du versant Sud de l'Atlas saharien, au Nord par l'accident sud atlasique au Nord des Chotts, relayé vers le golf de Gabès par la faille d'El Hama - Médenine. A l'Ouest, la limite se situe au niveau de l'Oued Saoura-Reggane, au Sud par un alignement Est-ouest, de plateaux (Hammadas) du Tinrhert et du Tademaït. Enfin, la limite Nord-est se situe un peu après les reliefs du Dahart et celle du Sud-est parcourt la région



de Syrte et va jusqu'à la ville de Hun en Libye (Castany, 1982). Ce bassin, constitue une importante dépression topographique, laquelle est sous-tendue par une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique (Fig1.). La série sédimentaire est marquée, au centre de La fosse, par d'importants accidents tectoniques subverticaux. Les pendages des bancs sont en général faibles, à l'exception de la zone bordière située au nord-est du bassin (Busson.G, 1970 ; Fabre.J, 1976 ; SASS 2002). Celui-ci comporte, à sa base, des formations paléozoïques marines surmontées en discordance par les formations continentales du Secondaire et du Tertiaire épaisses de plusieurs milliers de mètres. Le Quaternaire y succède. Il est constitué essentiellement de sables dunaires dont l'épaisseur peut atteindre quelques centaines de mètres. Seule la série supérieure présente un intérêt hydrogéologique.

Les formations Paléozoïques, reformant de l'eau salée ainsi que des gisements de pétrole et degaz surtout la partie sud de la région qui se terminent par l'orogénèse Hercynienne. La région de Taibet comporte deux principales aquifères qui sont :

- **Continental Intercalaire** : elle représente une nappe parfois artésienne (Albien). composé de sable gréseux ou gréseux argileux.
- **Complexe Terminal**, composé de trois nappes superposées, l'une dans les sables et argiles du Pliocène (CT<sub>1</sub>), l'autre dans les sables grossiers à graviers, du Miocène supérieur (CT 2) et la troisième dans les calcaires fissurés, plus ou moins karstiques, de l'Eocène inférieur (CT3).
- Au dessus des aquifères de complexe terminale et continental intercalaire, il existe un aquifère superficiel libre, dite **nappe phréatique**.

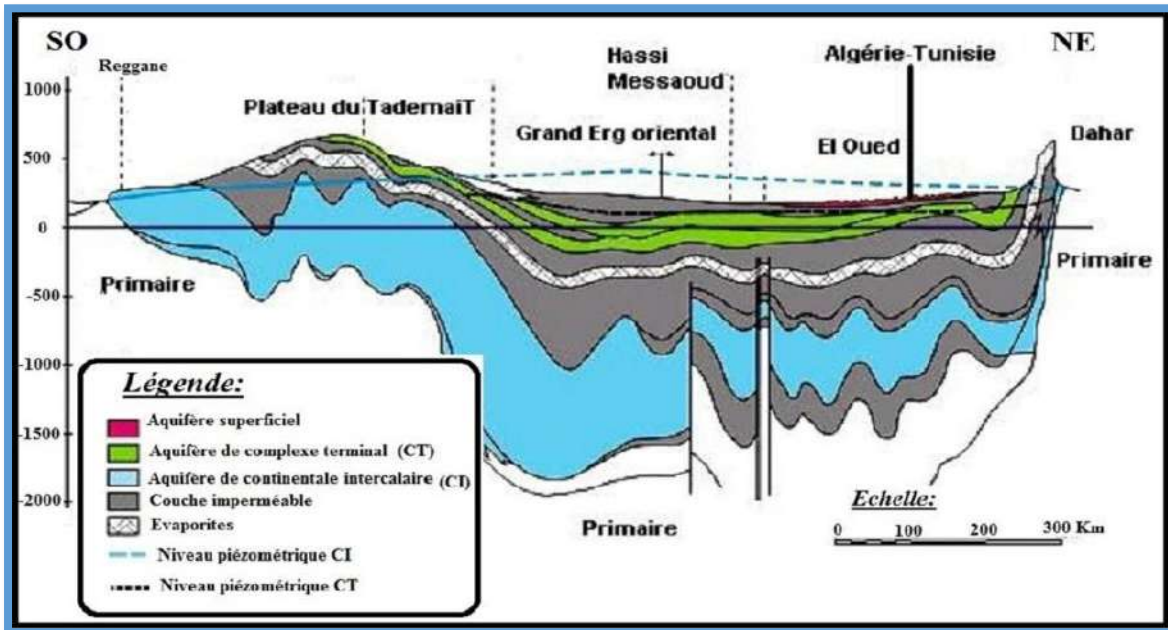


Figure 12 : Coupe hydrogéologique des aquifères du Sahara septentrionale (UNESCO 1972).

### III-1-2-Définition des nappes aquifères du SASS :

#### III-1-2-1-Nappe libre :

La nappe libre présente dans toute l'Oasis du Souf et d'Oued Righ correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 1 et 20 mètres (BG2002). Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente. Les principales sources d'alimentation de cette nappe sont les pluies torrentielles, l'infiltration des eaux domestiques sous les zones urbaines, viennent s'ajouter depuis quelques années, les eaux d'irrigation provenant des nappes profondes (CT et CI).

**III-1-2-2-Nappe du complexe terminal (CT) :**

Le terme de complexe terminal regroupe sous une même dénomination un ensemble de nappes aquifères qui sont situées dans des formations géologiques différentes allant du Sénonien supérieur (carbonaté) au Mio-Pliocène (détritique). Dans le bassin oriental, la nappe du complexe terminal s'étale sur près de 350000 Km<sup>2</sup>, et limitée à l'Ouest par la dorsale du M'zab, au Nord par l'accident majeur de l'Atlas saharien, à l'Est par le Dahar, au Sud par la ligne passant au Nord de l'axe d'In Salah- Zarzaitine sous l'Erg oriental. D'après (D.H.W, 2005), nous rappelons l'existence de 3 nappes dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge mio-pliocène et pontien, alors que la dernière correspond à la nappe des calcaires d'âge sénonien à éocène supérieur.

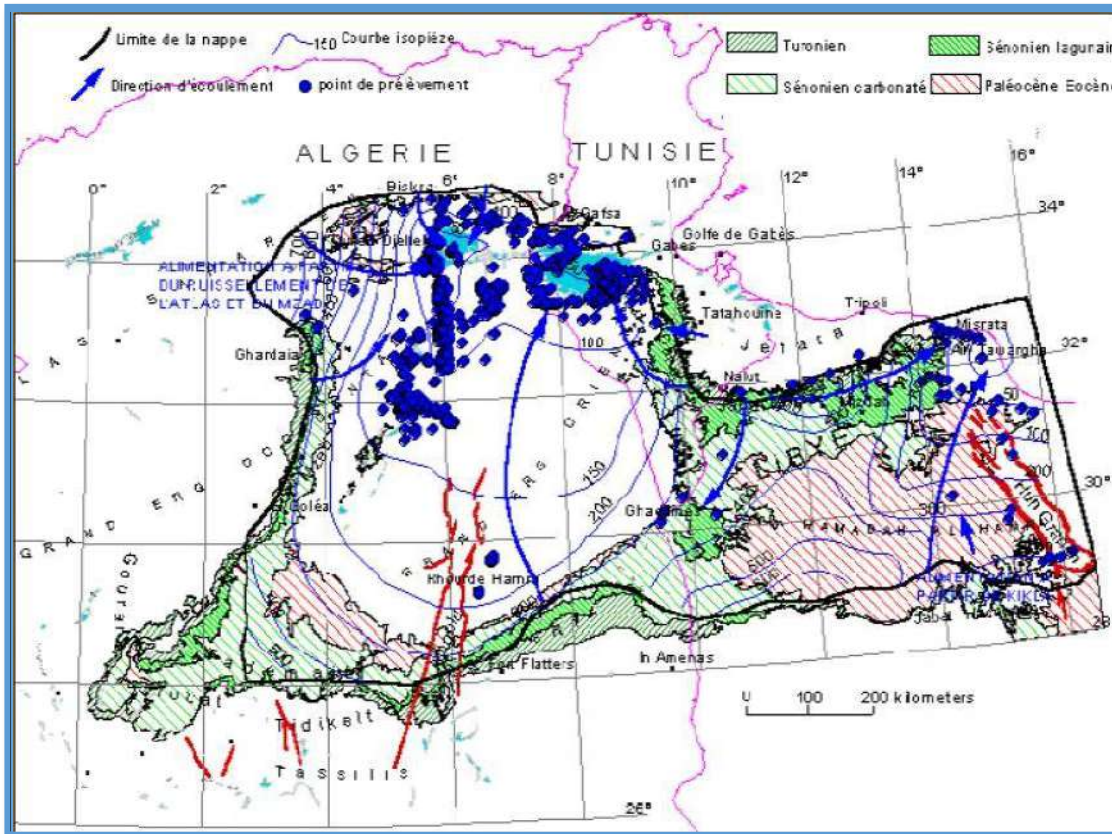
L'écoulement des eaux de la nappe du CT (Fig13.) s'oriente vers les chotts du Sahara Oriental ; Melghir et Merouane en Algérie, Rharsa et Djerid en Tunisie. Alors que dans le bassin occidental les eaux de la nappe se mélangent avec celles du Continental Intercalaire (OSS 2003 ; Guendouz et al 1992-1995).

Au sommet, le Continental Terminal, constitué par les sables du Mio-Pliocène, couvrant en discordance, pratiquement la totalité de l'Erg oriental depuis la dorsale du M'zab à l'Ouest jusqu'au Dahar tunisien à l'Est. L'épaisseur de l'aquifère des sables du Mio-Pliocène est de 50 à 100 m en moyenne. Elle est minimale dans la région de Hassi-Messaoud (30 m) et augmente vers le Sud (400 m), et le Nord où elle peut atteindre 600 m.

Les formations carbonatées du Sénonien supérieur, s'étendent sur l'ensemble du bassin oriental. L'Eocène inférieur ne couvre que la zone située au Nord d'une ligne Djemaa-Tozeur. Les calcaires et les dolomies du Turonien sont reliés hydrauliquement aux formations carbonatées précédentes par l'aquifère des sables du Mio-Pliocène. L'épaisseur moyenne du réservoir carbonaté est de 100 à 200 m, augmentent vers le Nord où elle atteint 500 m sous le Chott Melghir et 600 m dans la fosse atlasique.

Le substratum du complexe terminal est constitué d'une manière générale par la formation lagunaire du Sénonien. La couverture est formée par les argiles plus ou moins sableuses du sommet du Mio-Pliocène et les marnes et évaporites de l'Eocène moyen pour l'aquifère Eocène.

L'alimentation se fait sur les affleurements perméables, par infiltration des eaux de ruissellement apportées par les oueds en période de crue qui descendent les reliefs des bordures. Un apport non négligeable se fait par l'impluvium propre du Grand Erg oriental.



**Figure 13 : Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS 2003).**

### III-1-2-2-1-Nappe des Sables :

Au sein de ces niveaux sableux viennent s'engendrer deux nappes de type captif, dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal. Cette nappe constituée de sables grossiers et faisant partie du Complexe Terminal, émerge progressivement vers le Nord du Sahara en direction de la fosse Sud au Rustine. La deuxième nappe de sables est d'âge pontien. Au dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires et en contact avec les marnes de l'éocène inférieur et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du pontien.

**III-1-2-2-2-Nappe des Calcaires :**

Les forages captant cette nappe montrent l'existence de deux niveaux durs 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 et correspond ainsi 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 en passant par des argiles (rouges). Il faut mentionner également que cette dernière n'est pratiquement pas exploitée dans la région.

**III-1-2-3-Nappe du Continental Intercalaire (CI) :**

Le terme du Continental Intercalaire, correspond ainsi aux formations continentales du Crétacé inférieur, qui ne peut être que la période continentale intercalée entre deux cycles sédimentaires ; la régression marine suivie 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, il représente le plus important aquifère dans le Sahara septentrional, du à son extension (plus de 600 000 Km<sup>2</sup>) et à son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. L'intérêt majeur de ce système aquifère réside dans la grande quantité d'eau stockée au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire et peut être maintenant exploitée, 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'exutoires. Le réservoir est constitué par des sables et des grès d'âge crétacé inférieur. La nappe est confinée entre un toit, constitué par une épaisse couche d'argiles et de marnes d'âge Cénomaniens, alors que le mur est constitué des argiles d'âge néocomien. L'épaisseur totale du réservoir dépasse 250 m dans les plus grandes parties du Sahara Septentrional. Elle atteint 1000 m au Nord-Ouest. Le C.I affleure dans la partie Sud et Sud-ouest (Fig4.) par contre il plonge en profondeur vers le Nord-est, captive sous le M'Zab, le Tademaït, le Grand Sud tunisien et la Hamada Al Hamra, et artésienne dans l'oued Rhigh-Souf-Djerid-Fedjej (Besbes M et al 2007).

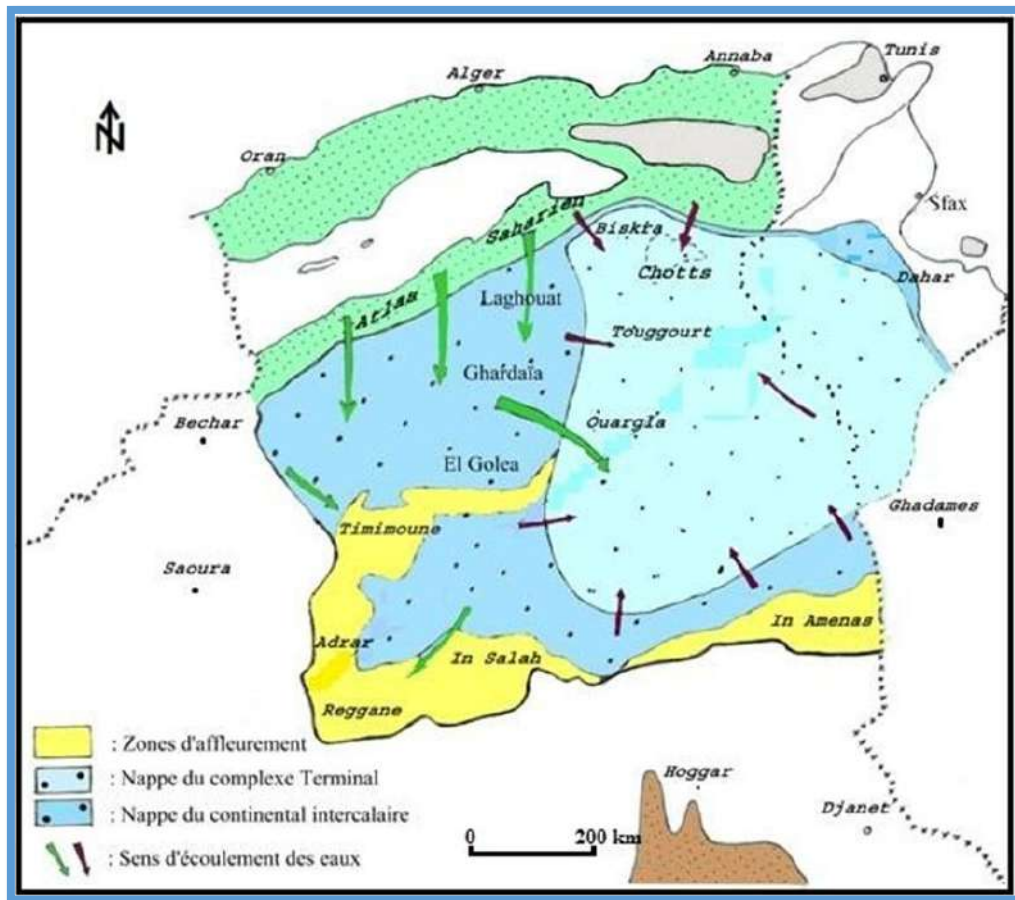


Figure14 : Carte d'extension des Systèmes Aquifères (CT et CI) en Algérie.

### III-1-2-3-1-Limites et morphologie du Continental Intercalaire :

Le continental intercalaire est limité au nord par l'Atlas saharien, à l'ouest par l'axe Béchar-Reggane et au sud par l'axe Reggane Ain Amenas, A l'est, il se prolonge au-delà des frontières Algéro-Libyenne et Algéro-Tunisienne. Il est divisé par la dorsale M'zab en deux bassins ; le bassin occidental oriental et le bassin oriental qui englobe le bas Sahara, dont une partie la zone d'étude.

La transgression cénomanienne, très générale au Sahara, donne au Continental Intercalaire une limite supérieure beaucoup plus uniforme que sa limite inférieure. Ainsi, sur la plus grande partie du Sahara algérien, les grés du Continental Intercalaire sont recouverts par une série argilo-gypseuse lagunaire d'âge probablement Cénomaniens inférieur, tandis qu'une transgression du cénomaniens supérieur est très générale.

A la périphérie du Sahara, le Continental Intercalaire se termine évidemment en biseau sur les anciens reliefs hercyniens, mais il atteint très vite une grande puissance dans les anciennes cuvettes d'accumulation.

Le toit de cette nappe varie selon les régions : à l'ouest (Gourara, Touat), il est en surface et l'aquifère forme une nappe libre captée par les foggaras et forme des chottes. A l'est, le toit plonge progressivement sous d'épais terrains, jusqu'à atteindre son maximum de profondeur dans la dépression de l'oued Righ. Une même morphologie du substratum est observée dans le sens méridien, qui atteint son maximum au Nord, en bordure de l'Atlas saharien.

L'épaisseur utile de réservoir est souvent déterminée à partir des diagraphies, cette épaisseur utile correspond à la sommation des horizons perméables gréseux et des couches calcaires dolomitiques de l'Aptien émergents au sein de cette série gréseux-sableuse. Les plus fortes épaisseurs sont localisées de l'Est d'El Goléa ou elles sont comprises entre 750m et 1000m.

#### **III-1-2-3-2-Lithologie de du Continental Intercalaire :**

Le CI n'est pas constitué uniquement d'horizons perméables. La composante argileuse peut représenter en Proportion une place importante. Il a alors été effectué une distinction du réservoir utile. Ainsi, dans la lithologie du Continental Intercalaire, on distingue :

- Les grés, quand les couches renferment moins de 10% d'argiles,
- des grés argileux, s'il y a de 10 à 50% d'argiles,
- des argiles, quand il y a plus de 50% d'argiles.
- La porosité moyenne de cette nappe se situe entre 22 et 29%.

Le tableau suivant donne les caractéristiques générales de du Continental Intercalaire

Tableau 32 : Données générales sur la nappe du Continental Intercalaire (Albien).

<b>Etendue</b>	<b>600 000km<sup>2</sup></b>
<b>Epaisseur totale (m)</b>	<b>50 à 1 000</b>
<b>Profondeur (m)</b>	<b>60 à 2 400</b>
<b>Profondeur au toit (m)</b>	<b>20 à 2 000</b>
<b>Epaisseur de la couche utile productrice (m)</b>	<b>150 à 200</b>
<b>Débit (l/s)</b>	<b>50 à 300</b>
<b>Niveau statique par rapport au sol (m)</b>	<b>artésien (25 bars)</b>
<b>Rabattement par rapport au N.S (m)</b>	<b>Artésien</b>
<b>Transmissivité (10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>10 à 30</b>
<b>Coefficient d'emmagasinement (10<sup>-4</sup>)</b>	<b>6 à 1200</b>
<b>Alimentation moyenne (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	<b>270</b>
<b>Réserve théorique calculée (m<sup>3</sup>)</b>	<b>50 000x 10<sup>9</sup></b>
<b>Température (°C)</b>	<b>25 à 70</b>
<b>Salinité des eaux</b>	<b>0.5 à 6 g/l</b>

### III-1-2-3-3-Piézométrie du Continental Intercalaire :

L'écoulement de la nappe du CI (Fig.15) se produit du piedmont de l'Atlas vers les zones des Foggaras au sud, du Tinhert et du Djebel Hassaouana vers le golfe de Syrte et vers l'exutoire tunisien du golfe de Gabès. Les exutoires naturels du CI sont formés par les bordures occidentales et méridionales du Tademaït où se trouvent les foggaras du Gourara, du Touat et du Tidikelt et les remontées dans la zone du Chott Fedjaj.



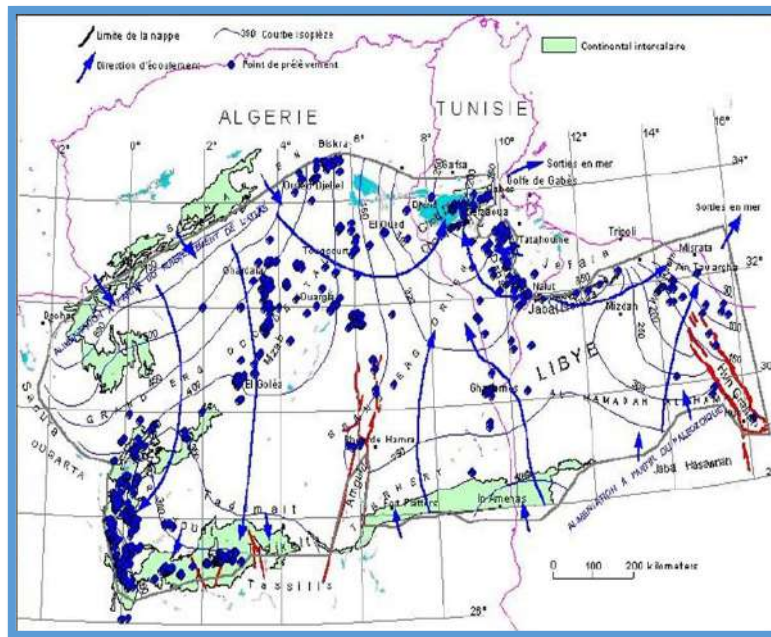


Figure 15 : Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003).

#### III-1-2-3-4-Alimentations et exutoires du Continental Intercalaire :

Cette nappe s'est chargée au cours des périodes pluviales du Quaternaire. A partir de son impluvium d'une part et par les grand fleuves qui descend de l'atlas tellienne jusqu'au bas fond saharienne comme le fleuve Saoura, ighargharen. Actuellement, elle reçoit une faible recharge, surtout à partir du piémont de l'Atlas saharien : la quantité d'eau qui tombe annuellement sur les affleurements du crétacé inférieur continental est estimée à 2,5 milliards  $m^3$ /an. Mais, il est difficile d'appliquer à ces formations un coefficient d'infiltration, les conditions climatiques (hauteur de pluies faibles et évaporation intense), étant très différentes

De celles des régions où ces coefficients ont pu être expérimentés. Le volume d'eau

Emmagasiné dans le CI, évalué à  $3.5 \times 10^9 m^3$ , ce qui se signifie qu'il faudrait un débit

Continu de  $1000 m^3 / s$  pendant **1000 ans** pour le rempli.

Les exutoires du Continental Intercalaire sont constitués par :

- **Les foggaras** : longues galeries drainantes, fonctionnant sous un faible rabattement et utilisant la topographie locale pour permettre l'écoulement libre de l'eau vers des points bas (cas du bassin occidental).
- **Les puits artésiens** (bassin oriental).
- **Les sebkhas** : vastes étendues humides et salines, surfaces évaporant dont le débit

total n'est pas négligeable.

**III-1-3-Lithostratigraphie des nappes aquifères de SASS :**

A l'instar des coupes hydrogéologiques réalisées dans la région (Fig16.), nous avons établi une colonne lithostratigraphique qui montre la répartition des aquifères et les caractéristiques hydrogéologiques des formations représentées dans la zone d'étude.

ERE	Etage		Lithologie	Nature Hydrogéologique
<b>Quaternaire</b>			Sables.	Nappe superficielle (la nappe phréatique)
			Argiles, évaporites.	Substratum (imperméable)
<b>Tertiaire</b>	<b>Mio-Pliocène</b>		Sables.	1 <sup>ère</sup> nappe des sables (Complexe Terminal).
			Argiles gypseuses	(imperméable)
	<b>Eocène</b>	<b>Pontien</b>	Sables, graviers et grès	2 <sup>ème</sup> nappe des sables (Complexe terminal).
		<b>Moyen</b>	Argiles lagunaires	Substratum
		<b>Inférieur</b>		Nappe des calcaires (Complexe Terminal).
<b>Secondaire</b>	<b>Crétacé</b>	<b>Sénonien calcaire</b>	Dolomies et calcaires	
		<b>Sénonien lagunaire</b>	Evaporites, argiles	Substratum
		<b>Cénomaniens</b>	Argiles, marnes	Substratum
		<b>Albien</b>		Nappe CI
		<b>Barrémien</b>	Sables et grès	

**Figure16 : Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (sans échelle).**

### **III-2-Hydrogéologie locale :**

Comme dans la plupart des oasis du Sahara, les seules ressources hydriques sollicitées sont les eaux souterraines. Les formations géologiques de la région de Taibet contiennent deux grands ensembles de formations aquifères séparés par d'épaisses séries d'évaporites ou argileuses de la base du crétacé supérieur, l'ensemble inférieur appelé le Continental Intercalaire (CI) ou "Albien", et l'ensemble supérieur appelée le Complexe Terminal (CT). Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédents est la nappe phréatique d'âge quaternaire.

#### **III-2-1-La nappe phréatique :**

Il existe une continuité lithologique entre les sables Mio-pliocènes sous-jacent et les sables du Quaternaire ce qui suggère que les deux formations constituent pratiquement le même aquifère. Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités, les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées, la conductivité électrique est de l'ordre de 1,5 ms/cm à 17 ms/cm.

La nappe phréatique est principalement alimentée par les eaux d'irrigation et de distribution urbaine, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés, par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du Complexe Terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation.

#### **III-2-2-Les Nappes du Complexe Terminal :**

On regroupe sous le nom de " Complexe Terminal " l'ensemble des formations les plus récentes allant du Sénonien supérieur au Mio-Pliocène. Cette dénomination semble préférable à celle de " Continental Terminal " d'abord parce qu'un certain nombre de 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

Le complexe Terminal se distingue en trois formations aquifères très exploitées dans la région de Taibet. Ce sont :

### III-2-2-1-La première nappe des sables (CT1) :

Hormis la nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grès, d'âge Mio-pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argiles constitue, son substratum et son toit est formé par des argiles et des évaporites.

C'est une nappe captive qui était jadis très exploitée, avec un débit faible à moyen, Cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui captent sont actuellement moins utilisés.

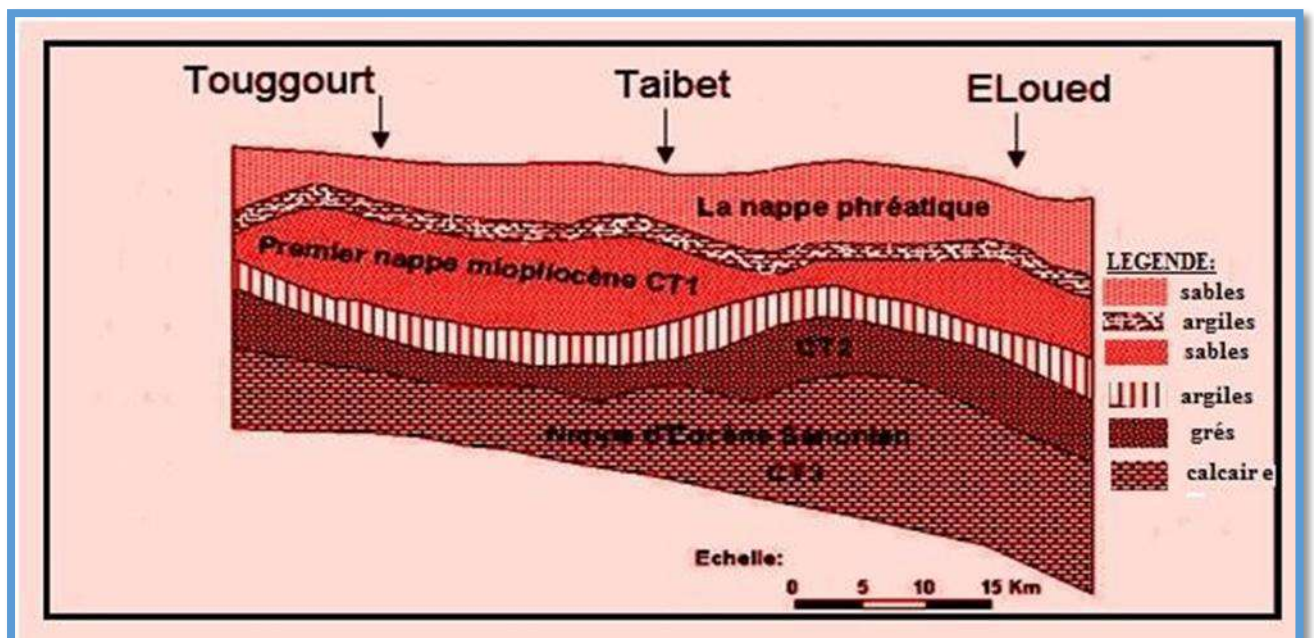


Figure 17 : Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de TAIBET.

### III-2-2-2-La deuxième nappe du sable (CT<sub>2</sub>) :

Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-pliocène. Comme la première nappe, elle est formée essentiellement des grès, de gravier et de sables avec la présence de quelques lentilles argileuses. L'épaisseur de la couche aquifère est de 20 à 36 m. Cette nappe captive est moins exploitée par des forages moyennement profonds (100 et 165 m). Des argiles à niveaux calcaires et des marnes, forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

Ces deux nappes de Mio-pliocène sont alimentées localement par les rares précipitations sur les bordures perméables et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal de l'oued Righ), et les percolations des nappes artésiennes sous-jacentes. Les prélèvements par forages représentent leur seule exhaure.

Ces deux nappes du Mio-Pliocène surmontent l'autre ensemble du Complexe Terminal (CT), constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur – Sénonien supérieur.

### **III-2-2-3-La nappe du Sénonien-Eocène (CT 3) :**

Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse. Il est très exploité à Taibet, donnant un débit de 10 à 17 l/s et parfois présentant un artésianisme à forte débit. Leur toit est supérieur à 180 m, dont le débit global peut atteindre 0,06 m<sup>3</sup>/s.

A la base, le sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux. La porosité moyenne de cette nappe est de 20%.

### **III-2-3-Nappe du Continental Intercalaire :**

C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux ou argileux. L'épaisseur de la couche productive peut dépasser 500 m, mais son épaisseur utile est proche de 400m. Le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien et Albien).

La nappe du Continental Intercalaire (CI) dans la région de Taibet est caractérisée par :

- Sa grande profondeur, plus de 1700 m,
- Un fort artésianisme (15 à 20 bars),
- Un grand débit d'exploitation (100 à 150 l/s),
- Une température de l'eau élevée (50 à 65°C),
- Une charge en CO<sub>2</sub>, qui lui donne un caractère corrosif,
- Un résidu sec des eaux variant

Entre 3 et 5 g/l. Les apports d'eau au système aquifère s'effectuent par :

- L'infiltration des eaux de ruissellement des reliefs situés à la périphérie du domaine et par des précipitations sur les affleurements,
- Le piémont de l'Atlas saharien, au Nord,
- Le plateau de Tinhert, au Sud,

### **III-3-piezometrie de nappes des sables de la region de taibet :**

#### **III-3-1-La carte piézométrique :**

A cause de la forte salinité de la nappe phréatique, elle est de plus en plus moins exploitée dans la région de TAIBET, c'est pour cette raison nous remarquons la multiplication des forages captant les nappes de complexe terminal. L'inventaire de forages de CT ne donne pas la différenciation entre les forages captant le CT<sub>1</sub> et les forages captant le CT<sub>2</sub>.

Nous disposons des données piézométriques de 11 forages captant les nappes de sables dans la région de TAIBET (Fig 8.).

L'établissement d'une carte piézométrique est une étape très importante, C'est une figure schématique de la distribution spatiale, elle représente la morphologie de la surface piézométrique des nappes à une période déterminée. En effet les courbes isopièzes déterminent :

- Les directions d'écoulement.
- Le gradient hydraulique.
- La localisation des zones d'alimentation et de drainage.

Notre carte piézométrique a été établie par le logiciel du surfer 12.

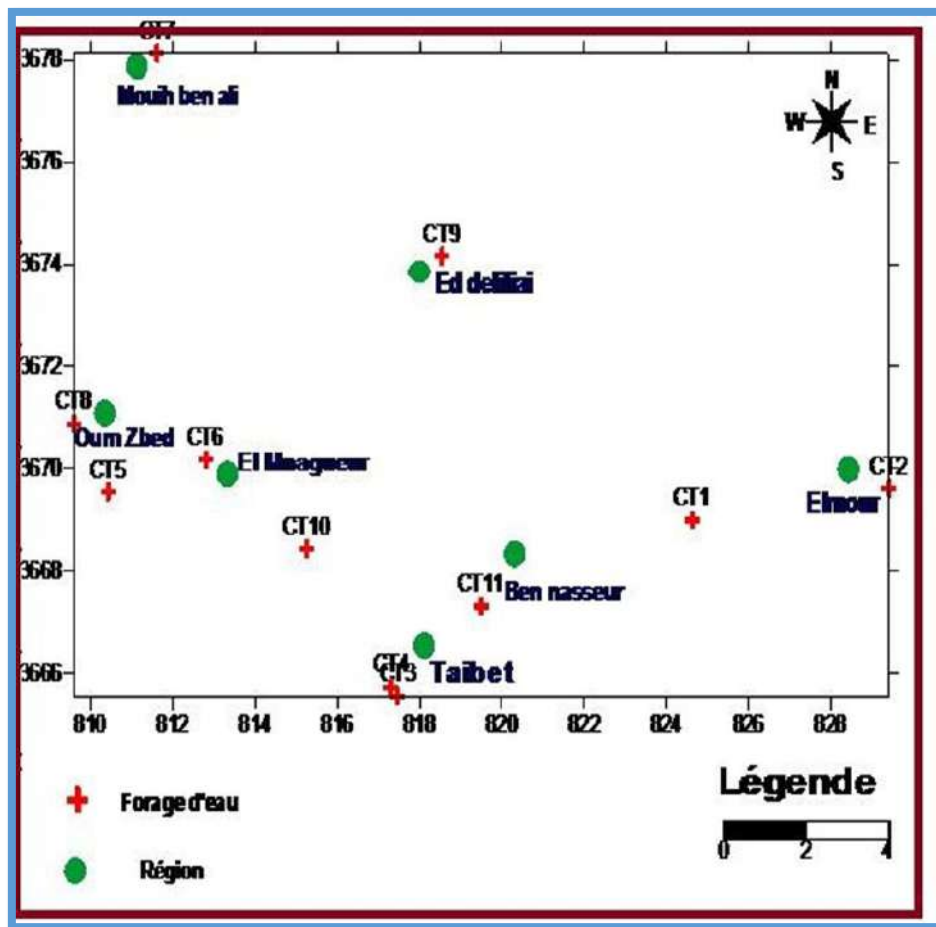


Figure 18 : Carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET.

III-3-2-Piézométrie de la nappe du CT :

Les cartes piézométriques sont une retranscription cartographique de la surface des nappes d'eau souterraine. Elles peuvent être lues comme des cartes topographiques, les courbes de niveau (ou isopièzes) correspondant aux altitudes de la nappe.

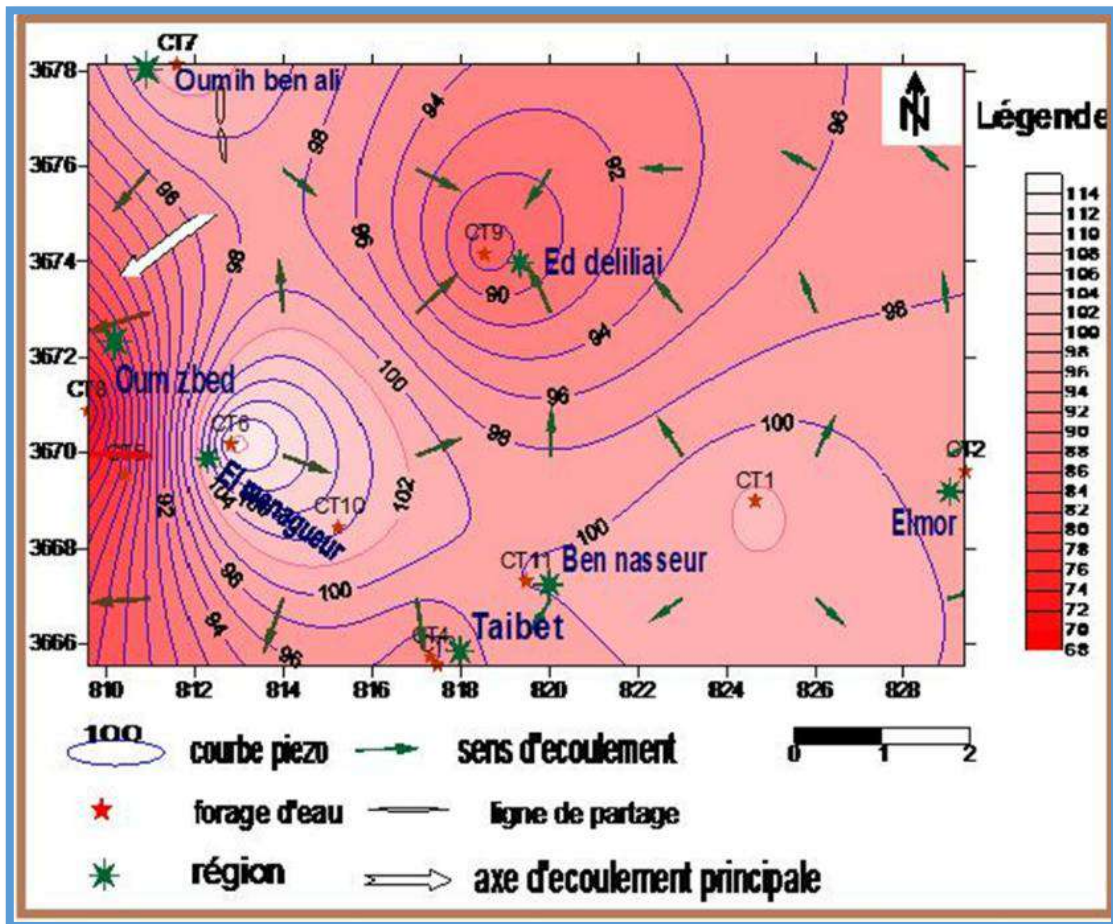


Figure 19 : carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET.

La partie Est : la forme des isopièzes présente des courbes espacées qui se traduisent par un écoulement faible, une bonne perméabilité et faible gradient hydraulique.

On distingue deux zones de divergences (Ben nasserur et El menagueur) et une zone de convergence.

Dans la partie ouest l'allure des courbes présentent un espacement faible c'est – à-dire une faible perméabilité et un forte gradient hydraulique.



Les courbes des isopièzes permettent de calculer les gradients hydrauliques dans 3 zones :

**Tableau 33 : Valeur du gradient hydraulique selon les régions.**

<b>Localité</b>	<b>Gradient hydraulique</b>	<b>Sens d'écoulement</b>
<b>Oum Zded</b>	<b><math>150 \times 10^{-4}</math></b>	<b>Sud-ouest vers Nord-est</b>
<b>Taibet</b>	<b><math>16,66 \times 10^{-4}</math></b>	<b>Sud-ouest vers Nord-est</b>
<b>El deliliai</b>	<b><math>9,09 \times 10^{-4}</math></b>	<b>Nord-Ouest vers Sud-est</b>

**III-Conclusion :**

Dans la région de Taïbet, il existe trois systèmes aquifères ; le premier profond étendu, dit le Continentale Intercalaire (CI), constitué en grande partie par des sables et des grès d'âge Albien, le deuxième est multicouche, peu profond et moins étendu que le premier dit le Complexe Terminal (CT), constitué de deux ensembles différents (marin constitué par les calcaires d'âge Sénonien-Eocène CT<sub>3</sub> et continentale constitué par des sables, graviers et des grès d'âge Mio-Pliocène caractérise la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> nappe du Complexe Terminal) et un aquifère superficiel qui surmonte ces deux ensembles dit nappe Phréatique contenue dans les sables fins à moyens d'âge Quaternaire à récent.

L'analyse de la carte piézométrique de la nappe du complexe terminal montre que dans la partie Est, la forme des isopièzes présente des courbes espacées qui se traduisent par un écoulement faible, une bonne perméabilité et faible gradient hydraulique. On distingue deux zones de divergences (Ben nasseur et El menagueur) et une zone de convergence. Dans la partie Ouest l'allure des courbes présentent un espacement faible c'est-à-dire une faible perméabilité et un forte gradient hydraulique. Les gradients hydrauliques varient entre  $9,09 \times 10^{-4}$  et  $150 \times 10^{-4}$ .

**Chapitre IV**  
**Etude hydro-chimique**

**IV-Introduction :**

L'étude hydrochimique des eaux souterraines à la région TAIBET nous Permet de comprendre l'évolution du chimisme des eaux de la nappe du Continental Intercalaire Et les phénomènes qui se produisant dans le système aquifère, par les Différents échanges possibles entre l'eau et la roche.

Les analyse hydrochimique été faite à fin de savoir la différente classification Des eaux souterraine selon l'alimentation en eau potable et de comparer les différents Résultat au norme de potabilité OMS l'objectif de l'étude hydrochimique de savoir :

- les paramètres d'influence sur l'évolution chimique des eaux.
- l'origine des éléments chimiques des eaux de la région d'étude
- les principaux faciès chimiques des eaux
- Relation enter lithologie de l'aquifère et les faciès chimiques.

**IV-1-Analyses des eaux : (voir le Tableau 34).**

Les analyses chimiques effectuées aux échantillons concernant :

- les paramètres physico-chimiques :

Potentiel d'Hydrogène (PH) la Conductivité Électrique (CE), Rési du Sec

Titre Hydrométrique (TH) et la Minéralisation

- les paramètres chimiques :

Les éléments majeurs

Cations : ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ )

Anions : ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )

Les éléments d'origine biologique ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

**Tableau 34 : D'analyse Des Eaux De Forages.**

Nom des échantillons	pH	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3$	TAC°
BIR EL ASSEL	7,5	187,5	119	307,5	43,5	147,93	650	775	0	12,1
AEP DLILAI (586 I 11)	7,52	275	204,8	675	28	137,25	1163	1425	37	11,3
AIN TAIBET II F2 (531 I 11)	7,3	273,8	202,2	665	29	103,7	1213	1375	19,5	8,5
AEP EL KHOBNA BENACEUR	7,59	272,5	204,8	685	30	128,1	1163	1438	37,5	10,5
OUMIA BEN ALI (935 I 11)	7,63	265	181,8	655	27	131,15	1100	1375	55	10,8
OUM ZBED (588 I 11)	7,54	272,5	176,7	655	28	125,05	1063	1388	14	10,3

**IV-1-1-Les paramètres physico-chimiques :****IV-1-1-1-La Conductivité électrique (CE) en ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) :**

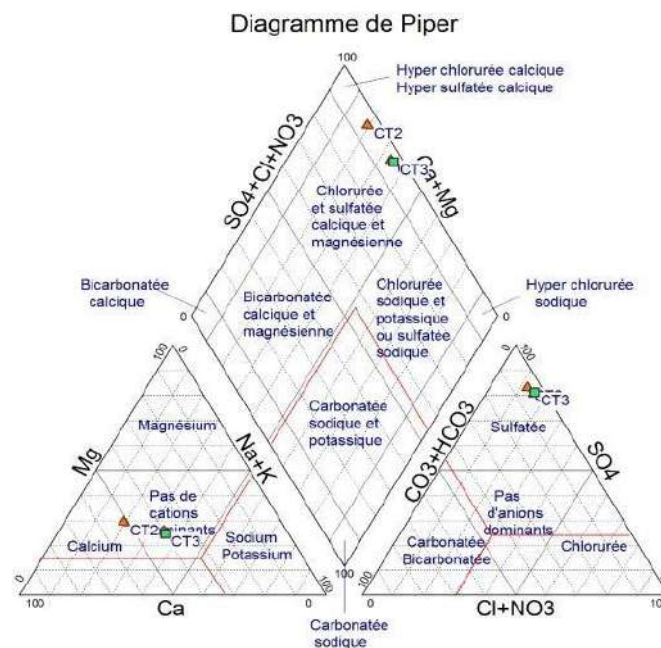
La conductivité est une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique, L'analyse des données de la conductivité montre que les eaux de la région TAIBET ont une conductivité élevée qui dépasse parfois les normes de potabilité, elles sont supérieures à 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

**IV-2-Facies Chimiques Des Eaux De Complexe Terminal :**

Plusieurs méthodes de classification des eaux ont été définies et sont conditionnées par deux critères qui sont ; la composition chimique et l'origine et le gisement des eaux. Dans notre étude, nous avons utilisé deux méthodes de représentation de la composition chimique ce sont la représentation du diagramme de PIPER

### IV-2-1-Classification de Piper :

Le diagramme de Piper comprend un losange et deux triangle équilatéraux, le losange occupe la partie centrale du diagramme et les triangles la partie inférieure. Dans ce diagramme les eaux sont considérées comme des solutions à trois cations et à trois anions représentés en quantité, en réaction, en %. D'après la classification de Piper on constate que tous les eaux du complexe terminal de la région de Taibet ont les familles de faciès chimiques Sulfaté calcique ou Sulfaté sodique.



**Figure 20 : Représentation des eaux de la complexe terminal de la région de Taibet sur le diagramme de PIPER.**

### IV-2-2-Potentiel d'hydrogène :

Le pH de l'eau conditionne les équilibres physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitique. Il est alcalin dans les calcaires (sa valeur varie en fonction de la force ionique).

Milieu neutre PH= 7.

Milieu acide PH < 7.

Milieu basique PH > 7.

Il se déduit directement de la présentation des analyses chimiques sur les diagrammes semilogarithmes Schoeller- Berkallof qui traduit le caractère agressif ou incrustant d'une eau, en le comparant au pH mesuré, l'eau a une tendance selon le pH.

1. pH d'équilibre > pH mesure agressive.
2. pH d'équilibre < pH mesure incrustante.
3. pH d'équilibre = pH mesure neutre.

D'après la carte de pH des eaux de complexe terminal (tableau d'analyse), le pH varie entre 7.06 et 7.55. Les points de mesure ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (6.5 à 8.5).

#### **IV-2-3-Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :**

Il résulte de la dissolution des roches carbonatées en présence du  $\text{CO}_2$  dans l'eau, comme il peut provenir des terrains gypseux ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Les teneurs de  $\text{Ca}^{++}$  dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 336,32mg/l au niveau d'Oum Zbed à l'ouest et 416,83 mg/l au niveau d'El mour à l'est de la carte au (tableau d'analyse). Ces valeurs mesurées dépassent la norme algérienne de l'eau potable (200 mg/l).

#### **IV-2-4-Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :**

Il peut provenir de la dissolution des calcaires dolomitiques en présence du  $\text{CO}_2$  ou de la dissolution des sels de manganèse dans les terrains gypsifères ( $\text{MgSO}_4$ ). Les eaux du complexe terminal renferment les concentrations de Mg élevées ne dépassant pas dans la majorité la norme algérienne de l'eau potable (150mg/l), ces teneurs de  $\text{Mg}^{++}$  sont comprises entre 119,6 mg/l au niveau de Menagueur zaouïa à l'Ouest et 158 mg/l au niveau de Taibet au Sud de la carte (tableau d'analyse).

#### **IV- 2-5-Sodium et potassium ( $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ ) :**

Le sodium est toujours présent dans l'eau, provient du lessivage des formations géologique riches en Na cl, il est facilement entraîné en solution en présence de l'eau. Il est beaucoup plus abondant que le potassium qui se trouve essentiellement sous forme de chlorure dans les évaporites (sylvite). Les données fournis par le laboratoire donnent une seule valeur pour le sodium et le potassium, il sera donc difficile de comparer les résultats avec la norme algérienne de ces éléments.

**IV-2-6-Chlorures (Cl<sup>-</sup>) :**

On les rencontre en grande quantité dans les eaux souterraines qui proviennent de la dissolution du sel par lessivage des terrains salifères. Les teneurs de Cl<sup>-</sup> dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 185 mg/l au niveau d'El mour à l'est et 280 mg/l au niveau d'Ed deliliai et Taibet au Sud de la carte (tableau d'analyse).

Ces concentrations mesurées ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable qui est 500 mg/l.

**IV-2-7-Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :**

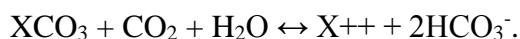
Ils sont toujours présents dans les eaux souterraines, leur présence dans l'eau provient :

- De la légère solubilité des sulfates de calcium (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) dans les formations gypseuses ;
- Du lessivage des terrains argileux et marneux.

L'excès de la concentration des sulfates donne un goût amer à l'eau, (goût médical) Ces fortes valeurs des sulfates de la nappe du complexe terminal indiquent la présence des formations gypsifères très solubles où les sulfates prennent des fortes concentrations. Les teneurs de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 1500 mg/l au niveau d'Oum Zbed à l'ouest et 1975 mg/l au niveau de Taibet 2 au sud de la carte (tableau d'analyse). Ces concentrations mesurées dépassent largement la norme algérienne de l'eau potable qui est 400 mg/l.

**IV-2-8-Bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Ils proviennent de la dissolution des roches carbonatées dont l'eau est fonction de la tension en CO<sub>2</sub>, de la température, du pH et de la nature lithologique des terrains traversés. Ce sont les résultats de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le CO<sub>2</sub> selon l'équation suivante :



Les teneurs de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 97,6 mg/l au niveau de Taibet 1 et 2, El menagueur et Oum Zbed et 109,8 mg/l au niveau de Ben nasseur et Ed deliliai au Nord de la carte. Probablement les carbonates trouvent leur origine dans la nappe éocène (riche en formations carbonatées).



**IV-3-Les substances indésirables :****IV-3-1-Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) :**

Les nitrates sont les principales formes d'azote dans les eaux. Ils peuvent être utilisés comme indicateurs de pollution chimiques des eaux. Plusieurs auteurs la présence des nitrates dans les eaux en plus du cycle normale de l'azote, à différentes sources à savoir : les engrais chimiques organiques et inorganiques, les pesticides et les herbicides, les installations d'élevages des animaux, les effluents domestiques et industriels (eaux usées).

La plage de concentration rencontrée s'étale entre 0.7 mg/l (et 49 mg/l.), tous les puits mesurés présentent des concentrations de nitrate ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (50mg/l).

**IV-3-2-Potabilité de l'eau des nappes de complexe terminal :**

Les eaux de des nappes de complexe terminal sont non potable, elles sont fortement minéralisées, très dures, de conductivité très élevé et présentent des teneurs éléments majeurs dépassant dans la plus part des cas les normes recommandées par l'OMS et les normes algérienne pour l'eau potable. Ces eaux nécessitent un traitement avant leur utilisation.

**IV-4-Qualite Des Eaux De Complexe Terminale Pour L'irrigation :**

Les sels minéraux contenus dans l'eau en quantités ont des effets néfastes sur le sol et les plantes. Ils peuvent perturber le développement des plantes, agissent sur le processus osmotique, en causant des réactions métaboliques, ils causent également des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante. Donc il est impératif dans ce cas d'étudier les paramètres définissant les eaux destinées à l'irrigation, tel que :

La concentration totale du sel dissous dans l'eau.

- La concentration réelle de Na<sup>+</sup> par rapport aux autres cations.
- La concentration des éléments toxiques
- Dans certains cas la concentration de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- par rapport au Ca<sup>+2</sup> et Mg<sup>+2</sup>.

**IV-4-1-Conductivité :**

Les sels contenus dans les eaux d'irrigation, s'accumulent dans la zone racinaire après que la plante ait prélevé l'eau. Ces sels s'épaississent et limitent la disponibilité de l'eau dans le sol pour la culture. Pour éviter ce risque, on doit déterminer la valeur de la conductivité et la classer suivant les valeurs seuils suivantes :

- Inférieure à  $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$   
L'eau ne présente aucun risque.
- Varie entre 250 et  $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$   
L'eau peut être utilisée que s'il y a de drainage.
- Supérieure à  $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$   
L'eau est considérée impropre à l'irrigation.
- Les eaux de complexe terminale affichent des conductivités supérieures à  $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , donc cette ils sont impropre à l'irrigation.

**IV-5-Etude statistique des données Hydrochimiques :****IV-5-1-Statistique descriptive :**

L'analyse statistique des données Hydrochimiques est basée sur la description quantitative (le minimum, le maximum, la moyenne, l'écart -type et le coefficient de variation).

**Le minimum et le maximum :**

Ils représentent la plus grande et la plus petite valeur de l'échantillon.

**La moyenne arithmétique :**

La moyenne arithmétique d'une série quantitative est définie par la somme des valeurs observées, divisée par l'effectif total.

**L'écart-type :**

L'écart-type observé correspond à la racine carrée de la variance observée.

**Le coefficient de variation (CV) :**

Le coefficient de variation est le rapport entre l'écart -type et la moyenne.

Les paramètres statistiques des variables physico-chimiques et chimiques des eaux souterraines d'In-Salah sont reportés dans le Tableau 35.

Tableau 35 : Statistiques descriptives (Données quantitatives).

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Ca <sup>2+</sup>	187,5	275	257,717	34,577
Mg <sup>2+</sup>	119,04	204,77	181,18	32,708
Na <sup>+</sup>	202,22	685	529,953	215,984
K <sup>+</sup>	27	43,5	30,917	6,248
Cl <sup>-</sup>	650	1212,5	1058,333	206,861
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	775	1437,5	1295,833	256,499
(CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	0	0	0	0
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	103,7	147,93	128,863	14,747
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	0	55	27,167	19,74
Somme des cations (mg/l)	655,54	1192,27	1076,933	208,08
Somme des anions (mg/l)	1572,93	2765,6	2504,03	460,155
Résidu sec à 105°C ( mg/l)	2384	4450	3970	789,122
Conductivité 25°C (ms/cm)	2,03	4,12	3,527	0,785
PH	7,3	7,63	7,513	0,115
TH° Français	95,8	153	139,083	21,932
TAC° Français	8,5	12,1	10,583	1,207
Fer Total	0,01	0,05	0,025	0,016
Phosphates	0	0	0	0
Baryum	0	0	0	0
Fluor	0,64	2,05	1,46	0,467
Turbidité EB (NTU)	0	29	5,667	11,501
Turbidité ED (NTU)	0	18	3	7,348

## IV-5-2-Origines du chimisme :

Les résultats de tableau ci-dessous montre que la majorité des éléments sont bien corrélés entre eux, voir mieux avec la conductivité selon la Matrice de corrélation entre les éléments physicochimiques Voir le Tableau.18

Tableau 36 : Matrice de corrélation (Pearson) entre les éléments physicochimiques.

Variabes	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	Résidus sec à 105°C (mg/l)	TAC° Français
Ca <sup>2+</sup>	1	0,948	0,480	-0,972	0,975	0,995	-0,647	0,620	0,994	-0,630
Mg <sup>2+</sup>	0,948	1	0,403	-0,879	0,981	0,951	-0,605	0,649	0,972	-0,593
Na <sup>+</sup>	0,480	0,403	1	-0,532	0,346	0,549	0,308	0,629	0,415	0,328
K <sup>+</sup>	-0,972	-0,879	-0,532	1	-0,930	-0,972	0,579	-0,707	-0,953	0,558
Cl <sup>-</sup>	0,975	0,981	0,346	-0,930	1	0,968	-0,707	0,642	0,992	-0,694
(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	0,995	0,951	0,549	-0,972	0,968	1	-0,588	0,682	0,986	-0,570
(HCO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	-0,647	-0,605	0,308	0,579	-0,707	-0,588	1	-0,094	-0,679	1,000
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	0,620	0,649	0,629	-0,707	0,642	0,682	-0,094	1	0,617	-0,078
Résidus sec à 105°C (mg/l)	0,994	0,972	0,415	-0,953	0,992	0,986	-0,679	0,617	1	-0,663
TAC° Français	-0,630	-0,593	0,328	0,558	-0,694	-0,570	1,000	-0,078	-0,663	1

## IV-5-3-Les relations chimiques entre les éléments :

## A-Sodium-Chlorure (Na·Cl) :

L'examen de cette relation montre une évolution proportionnelle entre le sodium et les chlorures ce qui indique une origine commune, probablement l'halite (NaCl), et qui confirme la domination du faciès chlorurée sodique. Le coefficient de corrélation est de **0.70**

B-Sulfate-Calcium (SO<sub>4</sub>·Ca) :

Les sulfates ont une relation proportionnelle avec le Calcium, donc ils ont des origines communes, soit du gypse (CaSO<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O) soit de l'anhydrite (CaSO<sub>4</sub>), avec

Un excès pour les sulfates, d'où l'échange de base du calcium des formations

Argileuses, le coefficient de corrélation régression linéaire est **0.38**

**C-Sulfate-Sodium (SO<sub>4</sub>-Na) :**

L'examen de cette relation montre une évolution peut proportionnelle du sulfate et du sodium, cette proportionnalité confirme la petite domination du faciès Sulfaté sodique des eaux souterrains dans la zone d'In-Salah, le coefficient de corrélation est de 0.02.

**F-Calcium – Dureté (Ca-TH) :**

La relation est bien visible sur les statistique d'analyse montre que la relation entre la dureté et le calcium,

Avec un coefficient de corrélation de la régression linéaire de **0.66**, qui confirme le Classement de diagramme de Piper où les eaux sont classés d'une dureté élevée et une salinité très élevée.

**IV-6-Eau d'Irrigation :**

L'étude chimique des eaux pour l'irrigation est nécessaire pour mettre en Évidence le danger que présente certains éléments chimiques, pour les plantes qui Supportent mal les sols saturés en sodium, il est nécessaire de savoir l'évolution Chimiques des eaux et leur caractéristiques qui ont une influences sur les Différentes cultures.

La classification des eaux d'irrigation selon le pourcentage du sodium Absorbé (%Na) par les eaux en fonction de la conductivité électrique dans l'eau. (Voir la Méthode de Richards).

**Richards 1954** (Laboratoire de Salinité du Département de L'Agriculture aux USA), le **SAR** (Sodium Adsorption Ratio), défini Par la Formule ci-dessous :

$$SAR = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{rCa^{++} + rMg^{++}}{2}}}$$

Le **S.A.R** est un indice qui mesure le danger de la salinité et le risque

D'alcalinisation des sols Où rNa, rCa et rMg sont les quantités en réaction

(Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>) sont exprimées en méq/l.

SAR < 10 : eau à faible danger d'alcalinisation des sols, (eaux excellentes).

10 < SAR < 18 : eau avec un danger d'alcalinisation assez appréciable (eaux bonnes).

18 < SAR < 26 : eau avec un danger d'alcalinisation important (eaux convenables).

SAR > 26 : eaux présentant un danger d'alcalinisation très fort (eaux médiocres).

**Tableau 37 : Classification des eaux d'irrigation de Wilcox (méthode Richards).**

N°	Qualité	Classe	Utilisation
1	Excellente	C1-S1 C1-S2	Utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures sur la plupart des sols.
2	Bonne	C2-S1 C2-S2	Convenable aux plantes qui ont une tolérance aux sels, cependant son utilisation peut générer des problèmes pour les argiles.
3	Admissible	C2-S3 C3-S1 C3-S2	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainés.
4	Médiocre	C3-S3 C4-S1 C4-S2	En général, Eau fortement minéralisée, utilisée uniquement pour des plantes très résistantes aux sels dont le sol présente une bonne perméabilité.
5	Mauvaise	C3-S4 C4-S3 C4-S4	Eau ne convenant pas à l'irrigation, mais pouvant être utilisé sous certaines conditions, soit plantes très résistantes aux sels dont le sol et une bonne perméabilité.

**Tableau 38 : Résultats du SAR de forages CI.**

Forages	Na <sup>+</sup> (%)
F1	45.79
F2	48.42
F3	44.23
F4	45.44
F5	64.78
D3	50.25

**IV-6-1-Diagramme Wilcox :**

Le développement des plantes dans les sols saturés en sodium il est nécessaire de savoir la Classification des eaux de la région selon le diagramme de « **Wilcox** », fondée sur la conductivité électrique et le pourcentage du sodium soluble dans l'eau.

Le pourcentage du sodium peut être défini comme suit :

$$\text{Na}^+(\%) = \frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} \times 100$$

Les éléments ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) sont exprimés en méq/l.

**Tableau 39 : Pourcentage de Sodium  $\text{Na}^+$  des forages CI.**

Forages	S.A.R
F1	5.10
F2	5.46
F3	5.01
F4	5.07
F5	9.15

**Conclusion :**

L'étude hydrochimique des eaux de la nappe continentale intercalaire de la Région Taibet nous permet de mettre en évidence que ces eaux sont caractérisées Par la dominance du faciès chlorurée sodique, et de forte Minéralisation d'après la Comparaison des éléments physico-chimiques  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$  dépassent la norme Algérienne.

La Conductivité électrique, résidu sec,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ne dépassent pas La norme.

D'après le SAR et Wilcox on remarque que les eaux de la nappe CI de la Région Taibet sont médiocre à l'irrigation.

Les résultats obtenus par les différentes méthodes utilisées, on peut Dire que la Minéralisation des eaux de la région TAIBET est due principalement à la Géologie des terrains traversés.



**conclusion générale**

## *Conclusion générale*

L'analyse des données climatiques nous montre que la région est caractérisée par un climat hyper aride, températures très élevées, rareté de pluie, de faible précipitation, forte évaporation et une période sèche durant toute l'année sont traduits que le climat dans la région a un impact négatif sur le comportement hydraulique des aquifères.

L'étude géologique nous a permis de voir l'ensemble des formations géologiques dans la zone d'étude qui couvre une grande partie de Mésozoïque (crétacé inférieur) au Nord qui représente la nappe de CI.

La majorité des forages exploités dans la région au niveau de la nappe de Continental Intercalaire. L'étude hydrochimie les analyses physico-chimiques sont traitées selon les diagrammes Hydrochimiques qui nous a permis de bien définir les faciès chimiques sur l'ensemble de la zone d'étude.

D'après les résultats la plupart des forages caractérisent par domination des faciès chloruré sodique et d'autres des faciès sulfaté sodique se traduisent l'existence des relations entre les éléments chimiques.

La qualité des eaux pour l'irrigation est Admissible, Médiocre et mauvaise. Le problème de qualité des eaux de la région est forte salinité.



**Les références  
Bibliographique**

## Les références Bibliographique

**AIR** : la station de SIDI MEHDI Durant la période (1978-2014)

**ANRH** : Agence nationale des ressources hydriques (Touggourt) archive albienne dans la région d'Oued Righ Nord. Aspect technique et qualité des eaux souterraines.

**Benabdessadok djahida et Guetiche saliha (2005-2006)** : Contribution à l'étude de la Possibilité de réutilisation des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigation dans la région de l'Oued Righ.

**Benaoune abd el karim (2003-2004)** : Modélisation des deux nappes de sable (CT<sub>1</sub> CT<sub>2</sub>) du Complexes Terminal (région de Touggourt).

**Bouselsal** : B. 2016. Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'aquifère libre d'El Oued souf (SE Algérie). Th. Doctorat, Univ. d'Annaba, 204 p.

**BUSSON, G. 1967** : Le Mésozoïque saharien. 1ère partie : L'Extrême Sud-tunisien. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 8, 194 p. Ed. C.N.R.S.

**Busson, G. 1970** : Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 11, 811p. Ed. C.N.R.S.

**Busson, G. 1971** : Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Edit., Paris, 464p.

**Castany.G. (1982)** : Principes et méthodes de l'hydrogéologie.

**CASTANY Gilbert (1982)** : Principe et méthode de l'hydrogéologie. Dunod, 237p.

**Cornet, A. 1964** : Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géographie Physique et Géologie Dynamique. Vol.VI. 1964. fasci, pp.5-72.

**Cote, M. 1993** : Une région saharienne malade de trop d'eau. Le Souf. Rapport, 17p.

**Cote, M. 2001. Souf 2001** : l'Agriculture peut-elle résoudre le problème de la remontée de la nappe ? BG. Lausanne.

**Detay, M. 1997** : La gestion active des aquifères. Masson Paris, 416 p.

**Djidjel, M. 2008** : Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle

**DHW** : Direction de l'hydraulique de Touggourt.

**DHW** : Direction de l'hydraulique de Taïbet.

**S.E.D.A.T** : **S**OCIETE DES **E**TUDES **D**IVERES ET **A**SSISTANCE **T**ECHNIQUE