

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE**  
**SCIENTIFIQUE**



**UNIVERSITE DE GHARDAIA**  
**FACULTE DE SCIENCE ET TECHNOLOGIE**

N° d'ordre :  
N° de série:

**Département de Science et Technologie**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de**

**MASTER**

**Domaine : Sciences et Technologies**

**Filière : Hydraulique**

**Spécialité : Ressources hydriques**

**PAR : M<sup>r</sup> NADJA Abde nacer**

**Thème:**

***EVALUATION QUALITATIF DES EAUX POTABLES***  
***DISTRIBUEES POUR L'ALIMENTATION DE***  
***LA VILLE DE BERRIANE.***

**Soutenu publiquement le 24 /06 /2018**

**jury:**

**M<sup>me</sup> : CHENINI KHALTHOUM**

Maitre-Assistant A Univ. Ghardaïa

**Président**

**M<sup>me</sup> : AMIEUR ROKAYA**

Maitre-Assistante A Univ. Ghardaïa

**Examineur**

**M<sup>f</sup> : BOUBLI SALIM**

Maitre-Assistant A Univ. Ghardaïa

**Examineur**

**M<sup>f</sup> : CHEBBIHI LAKHDAR**

Maitre-Assistant A Univ. Ghardaïa

**Encadreur**

**ANNEE UNIVERSITAIRE: 2017/2018**

# **REMERCIEMENTS**

*Je remercie tout d'abord Mon Dieu qui m'a donné la force Pour terminer ce modeste travail et mes parents pour leur soutien pour moi.*

*Toutes pour moi infinies gratitudes à mon promoteur, Monsieur CHEBBIHI LAKHDAR pour son encadrement et ses aides précieuses.*

*Je remercie aussi les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter le jugement de mon travail.*

*Je remercie aussi mes enseignants du département des Sciences et Technologies*

*Enfin je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de me profondes gratitudes et respects.*

# *Dédicace*

*En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-moi de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:*

*A L'âme de mon père*

*A ma très chère mère*

*A mes très chers frères et sœurs.*

*A tous mes cousins sans exception*

*A toute ma famille.*

*A tous mes ami(e)s sans exception.*

*A tous ; je dédie cet ouvrage, qui est le sens de mes études supérieurs, tel un présent du cœur, en priant ALLAH tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur mon parcours professionnel.*

# Sommaire

Liste Des Tableaux

Liste Des Figures

Liste Des Abreviations

Introduction générale

## *CHAPITRE I Présentation générale de la zone d'étude*

<b>Problématique</b>	<b>1</b>
<b>I.Objectifs de l'étude</b>	<b>1</b>
<b>I.1.Considérations Générales</b>	<b>1</b>
<b>I.2.1.Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa</b>	<b>1</b>
<b>I.2.2.Situation géographique de la commune de Berriane</b>	<b>2</b>
<b>I.3.Situation administrative</b>	<b>3</b>
<b>I.4.Situation climatique</b>	<b>3</b>
<b>I.4.1.Températures</b>	<b>4</b>
<b>I.4.2.Les vents</b>	<b>5</b>
<b>I.4.3.L'évaporation</b>	<b>6</b>
<b>I.4.4.L'humidité</b>	<b>7</b>
<b>I.4.5.La pluviométrie</b>	<b>7</b>
<b>I.4.6.Diagramme Ombro-thermique</b>	<b>8</b>
<b>I.5.Situation hydrogéologique</b>	<b>8</b>
<b>I.5.1.Nappe phréatique</b>	<b>9</b>
<b>I.5.2.Nappe albienne</b>	<b>9</b>
<b>I.6.Situation géologique et relief</b>	<b>9</b>
<b>I.7.Géomorphologie</b>	<b>9</b>
<b>I.8.Aspect géologique</b>	<b>10</b>
<b>I.9.Description litho stratigraphique</b>	<b>11</b>
<b>I.10.Agriculture</b>	<b>12</b>
<b>I.10.1.Production végétale</b>	<b>12</b>
<b>I.10.2.les zones Agricoles Existantes</b>	<b>13</b>

<b>I.11. Contexte socio-économique.</b>	<b>13</b>
<b>Conclusion</b>	<b>14</b>
<i>Chapitre II L'aspect quantitatif des Ressources en eau de Berriane</i>	
<b>II.1.Introduction</b>	<b>15</b>
<b>II.1.1.Ressources en eau</b>	<b>15</b>
<b>II.2.Les ressources de la ville de Berriane</b>	<b>15</b>
<b>II.2.1. Nappe Phréatique</b>	<b>16</b>
<b>II.2.2. Nappe du Complexe Terminal (C.T)</b>	<b>17</b>
<b>II.2.3. Présentation de système aquifère du Sahara septentrional</b>	<b>17</b>
<b>II. 3.Evaluation quantification des ressources en eau de la ville de Berriane</b>	<b>18</b>
<b>II.4.Situation actuelle de l'alimentation en eau potable de Berriane</b>	<b>19</b>
<b>II.4.1.La Dotation</b>	<b>19</b>
<b>II.4.2.Le Réseau d'AEP de la ville de Berriane</b>	<b>19</b>
<b>II.4.3.Les Forages</b>	<b>19</b>
<b>II.4.4.Les ouvrages de stockage</b>	<b>20</b>
<b>II.5.Examen des besoins en eau</b>	<b>21</b>
<b>II.5.1.Estimation des besoins actuels et futurs</b>	<b>21</b>
<b>II.5.1.1.Définitions</b>	<b>21</b>
<b>II.5.1.2.Consommations</b>	<b>21</b>
<b>II.5.1.3.Méthode de calcul retenue</b>	<b>21</b>
<b>II.5.2.Estimation de la population actuelle et future et de leur besoin</b>	<b>22</b>
<b>II.5.2.1.Résultats</b>	<b>22</b>
<b>II.5.2.2.Présentation de l'évolution de la population retenue</b>	<b>22</b>
<b>II.6.Examen des capacités de stockage</b>	<b>23</b>
<b>Conclusion</b>	<b>23</b>

<i>Chapitre III L'aspect qualitatif des Ressources en eau de Berriane</i>	
<b>III.Introduction</b>	<b>24</b>
<b>III.1.Définition de l'eau potable</b>	<b>25</b>
<b>III.2.Qualité de l'eau potable</b>	<b>25</b>
<b>III.3.1.Paramètres organoleptiques</b>	<b>25</b>
<b>III.3.1.1.La couleur</b>	<b>26</b>
<b>III.3.1.2.La saveur et l'odeur</b>	<b>26</b>
<b>III.3.1. Les paramètres microbiologiques</b>	<b>26</b>
<b>III.3.2. Les paramètres physicochimiques</b>	<b>26</b>
<b>III.3.2.1. Les paramètres physiques</b>	<b>26</b>
<b>III.3.3.2.Les Paramètres chimiques</b>	<b>28</b>
<b>III.3.2.2. Les Eléments métalliques en trace (toxique dite aussi lourds)</b>	<b>32</b>
<b>III.4.Normes de potabilité</b>	<b>33</b>
<b>Conclusion</b>	<b>34</b>
<i>Chapitre IV Caractérisation De La Qualité</i>	
<b>Introduction</b>	<b>35</b>
<b>IV.1.Choix de la région d'étude</b>	<b>35</b>
<b>IV.1.1.Choix des points de prélèvement</b>	<b>35</b>
<b>IV.1.2.Exécution des prélèvements</b>	<b>35</b>
<b>IV.1.3.Stockage des échantillons</b>	<b>36</b>
<b>IV.1.4.Mesures in situ</b>	<b>36</b>
<b>IV.1.5.Zone d'échantillonnage</b>	<b>36</b>
<b>IV.2.Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau</b>	<b>38</b>
<b>IV.2.1.Paramètres physiques</b>	<b>38</b>
<b>IV.2.1.1.La température (T)</b>	<b>38</b>
<b>IV.2.1.2.Le potentiel d'hydrogène (pH)</b>	<b>39</b>
<b>IV.2.1.3 La conductivité électrique (CE)</b>	<b>40</b>

<b>IV.2.1.4. La salinité</b>	<b>40</b>
<b>IV.2.1.5. La turbidité (NTU)</b>	<b>41</b>
<b>IV.2.2. Les paramètres chimiques</b>	<b>42</b>
<b>IV.2.2.1.L'oxygène dissous (O2)</b>	<b>42</b>
<b>IV.2.2.2. Dureté total (TH)</b>	<b>42</b>
<b>IV.2.2.3.L'alcalinité (TA et TAC)</b>	<b>43</b>
<b>IV.2.3.éléments de pollution</b>	<b>44</b>
<b>IV.2.3.1.Le Calcium (Ca<sup>+2</sup>)</b>	<b>44</b>
<b>IV.2.3.2.Le Magnésium (Mg<sup>+2</sup>)</b>	<b>45</b>
<b>IV.2.3.3.Sodium (Na<sup>+</sup>)</b>	<b>45</b>
<b>IV.2.3.4.Potassium (k<sup>+</sup>)</b>	<b>46</b>
<b>IV.2.3.5. Les chlorures(Cl<sup>-</sup>)</b>	<b>47</b>
<b>IV.2.3.6. Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)</b>	<b>47</b>
<b>IV.2.3.7.Résidu sec</b>	<b>48</b>
<b>IV.2.4.métaux lourds</b>	<b>49</b>
<b>IV.2.4.1.Le Fer Fe<sup>2+</sup></b>	<b>49</b>
<b>IV.2.5.cle de l'azote</b>	<b>49</b>
<b>IV.2.5.1.Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>49</b>
<b>IV.2.5.2.Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	<b>50</b>
<b>IV.2.5.3.L'ammonium</b>	<b>51</b>
<b>IV.2.6. Eléments mineurs naturels</b>	<b>51</b>
<b>IV.2.6.1.L'ortho phosphate (PO<sub>4</sub>)</b>	<b>51</b>
<b>IV.3.Classification chimiques des eaux souterraines</b>	<b>53</b>
<b>IV.3.1.Classification des eaux souterraines selon PIPER</b>	<b>53</b>
<b>IV.3.2. Classification des eaux souterraines selon Schoeller-Berkaloff</b>	<b>54</b>
<b>IV.4.Evaluation de la qualité des eaux souterraines dans la ville de Berriane</b>	<b>56</b>
<b>IV.4.1.Evaluation de la qualité des eaux souterraines de Berriane pour l'irrigation</b>	<b>56</b>

<b>IV.4.1.1.Evaluation du risque de salinité</b>	<b>56</b>
<b>IV.4.1.2.Evaluation du risque d'alcalinité</b>	<b>57</b>
<b>IV.4.1.3.Classes d'irrigation</b>	<b>58</b>
<b>Conclusion</b>	<b>59</b>
<b>Conclusion générale</b>	

# Liste des tableaux

<i>N°</i>	<i>TITRE</i>	<i>PAGE</i>
<i>Tableau N° I-01</i>	<i>Données climatiques période 2002-2016 (O.N.M, 2017)</i>	<i>4</i>
<i>Tableau N° II-01</i>	<i>Les forages alimentent la ville de Berriane en eau</i>	<i>16</i>
<i>Tableau N° II-02</i>	<i>Capacité d'eau mobilisable de la ville de Berriane en eau</i>	<i>19</i>
<i>Tableau N° II-03</i>	<i>Liste des sites de production de la Ville de Berriane A.D.E ,2017</i>	<i>20</i>
<i>Tableau N° II-04</i>	<i>Capacité des réservoirs alimentent la commune de Berriane en eau potable.</i>	<i>20</i>
<i>Tableau N° II-05</i>	<i>Estimation de la population et des consommations du chef lieu</i>	<i>22</i>
<i>Tableau N° II-06</i>	<i>Examen des capacités de stockage</i>	<i>23</i>
<i>Tableau N° III-01</i>	<i>Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable</i>	<i>33</i>
<i>Tableau N° IV-01</i>	<i>Présentation générale des forages.(ADE 2017)</i>	<i>38</i>
<i>Tableau N° IV-02</i>	<i>Classification de l'eau basée sur la concentration totale en sels, selon Ayers et Westcot (1976).</i>	<i>57</i>
<i>Tableau N° IV-03</i>	<i>Classe d'alcalinité des eaux selon U.S.S.L (1954)</i>	<i>58</i>

# Liste des figures

N°	TITRE	PAGE
Figure N° I-01	<i>Localisation géographique de la wilaya de Ghardaïa</i>	2
Figure N° I-02	<i>Situation géographique de la région d'étude</i>	3
Figure N° I-03	<i>La variation moyenne mensuelle interannuelle de la température (2002-2016)</i>	5
Figure N° I-04	<i>La variation moyenne mensuelle de vitesse du vent (2002-2016)</i>	6
Figure N° I-05	<i>La variation moyenne mensuelle interannuelle d'Evaporation (2002-2016)</i>	6
Figure N° I-06	<i>La variation moyenne mensuelle interannuelle d'humidité (2002-2016)</i>	7
Figure N° I-07	<i>histogramme des pluviométries moyennes mensuelles entre (2002-2016)</i>	7
Figure N° I-08	<i>Diagramme Ombro-thermique caractéristique de la commune du BERRIANE (2002-2016).</i>	8
Figure N° I-09	<i>Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (Atlas, 2004. Modifier)</i>	10
Figure N° I-10	<i>Esquisse hydrogéologique du M'Zab (A.N.R.H, 2017)</i>	11
Figure N° I-11	<i>Colonne stratigraphie de la zone d'étude (ANRH.2017)</i>	12
Figure N° II.01	<i>Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien) (Helal et Ourihane, 2003 in Bahaz, 2013)</i>	18
Figure N° II.02	<i>Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)</i>	18
Figure N° II.03	<i>Hypothèses d'évolution de la population</i>	22
Figure N° IV.01	<i>Evolution de température d'eau des 09 forages</i>	39
Figure N° IV.02	<i>Evolution du pH de l'eau des 09 forages.</i>	39
Figure N° IV.03	<i>Evolution de la conductivité électrique (CE) de l'eau des 09 forages.</i>	40
Figure N° IV.04	<i>Evolution de la salinité de l'eau des 09 forages</i>	41
Figure N° IV.05	<i>Evolution de La turbidité (NTU) de l'eau des 09 forages</i>	41
Figure N° IV.06	<i>Evolution de L'oxygène dissous de l'eau des 09 forages</i>	42
Figure N° IV.07	<i>Evolution la dureté total (TH) de l'eau des 09 forages</i>	43
Figure N° IV.08	<i>Evolution de l'Alcalinité de l'eau des 09 forages.</i>	44
Figure N° IV.09	<i>Evolution des taux du Calcium de l'eau des 09 forages</i>	44
Figure N° IV.10	<i>Evolution des taux du Magnésium de l'eau des 09 forages</i>	45
Figure N° IV.11	<i>Evolution des taux du sodium de l'eau des 09 forages</i>	46
Figure N° IV.12	<i>Evolution des taux du potassium de l'eau des 09 forages</i>	46

<i>Figure N° IV.13</i>	<i>Evolution des taux de Chlorures dans l'eau des 09 forages</i>	<i>47</i>
<i>Figure N° IV.14</i>	<i>Evolution du sulfate dans l'eau des 09 forages</i>	<i>48</i>
<i>Figure N° IV.15</i>	<i>Evolution des taux du résidu sec dans l'eau des 09 forages</i>	<i>48</i>
<i>Figure N° IV.16</i>	<i>Evolution du fer dans l'eau des 09 forages</i>	<i>49</i>
<i>Figure N° IV.17</i>	<i>Evolution de nitrate dans l'eau des 09 forages</i>	<i>50</i>
<i>Figure N° IV.18</i>	<i>Evolution de nitrite dans l'eau des 09 forages</i>	<i>50</i>
<i>Figure N° IV.19</i>	<i>Evolution des taux d'ammonium dans l'eau des 09 forages</i>	<i>51</i>
<i>Figure N° IV.20</i>	<i>Evolution des taux d'ortho- phosphate dans l'eau des 09 forages.</i>	<i>52</i>
<i>Figure N° IV.21</i>	<i>Représentation du diagramme de Piper</i>	<i>53</i>
<i>Figure N° IV.22</i>	<i>Représentation des eaux souterraines sur le diagramme de PIPER</i>	<i>54</i>
<i>Figure N° IV.23</i>	<i>Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff</i>	<i>55</i>
<i>Figure N° IV.24</i>	<i>Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Riverside</i>	<i>58</i>

# ***LISTE DES ABREVIATIONS***

<b>A.N.R.H</b> : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.
<b>A.E.P</b> : Alimentation en eau potable
<b>AEI</b> : Alimentation en eau industriel
<b>AEA</b> : Alimentation en eau d'irrigation
<b>C.T</b> : Complexe Terminal
<b>C.I</b> : Continental Intercalaire
<b>S.A.S.S</b> : Système Aquifère du Sahara Septentrional
<b>OMS</b> : Organisation Mondiale de la Santé
<b>PH</b> : Potentiel d'Hydrogène
<b>TH</b> : Titre Hydrotimétrique
<b>AEP</b> : Approvisionnement en eau potable
<b>CE</b> : Conductivité électrique
<b>SAR</b> : Sodium Absorption Ratio
<b>RS</b> : Résidu sec
<b>U.S.S.L.</b> : United State Salinity Laboratory
<b>L.H.A</b> : Laboratoire d'Hydrologie d'Avignon
<b>RFU</b> : Réserve facilement utilisable
<b>ONM</b> : Office National Météorologique
<b>ADE</b> : Algérienne des eaux
<b>TAC</b> : Alcalinité totale
<b>TDS</b> : Taux De Salinité
<b>µS/cm</b> : Micro Siemens par centimètre

*Introduction  
Générale*

## *Introduction générale*

L'eau est une source de vie pour toutes sortes d'êtres vivants, grâce à son importance pour l'irrigation, l'alimentation en eau potable, les utilisations domestiques et même son utilisation pour les différentes activités industrielles. Il est nécessaire de garantir cette ressource en quantité et en qualité surtout dans une région aride comme Ghardaïa où on assiste à la rareté des pluies et à une évaporation intense. Paradoxalement, il existe des réservoirs aquifères importants tels que le Continental Intercalaire, la nappe des calcaires turoniens et l'aquifère alluvial.

L'Algérie, et plus particulièrement le Sahara, est considéré comme un pays relativement aride. Durant les dernières années, le pays est confronté à nombreuse problèmes de ressources en eau mobilisables qui ne se pose pas uniquement en termes de quantité disponible, mais aussi en termes de qualité acceptable [6].

Le développement important de la ville de Berriane pendant les dernières années a exigé un besoin considérable en eau potable. Cette situation est due à une forte concentration de population, l'irrigation en agriculture qui constitue à la fois l'activité principale dans cette ville et un moyen de fixation des populations locales, l'industrie, le commerce et l'apparition de nouveaux modes de vie ont aboutis à la consommation excessive de l'eau.

Dans cette situation nous avons donné des résultats d'analyses d'éléments physico-chimique des différents forages alimentant la ville Berriane, grâce à un échantillonnage effectuée par l'algérienne des eaux (ADE), récemment réaliser, dans un objectif de définir l'évolution spatio-temporelle des concentrations de ces éléments analysées et de faire une comparaison entre les caractéristiques de l'eau à la distribution et les normes de potabilité (pour les différents éléments mesurés) et de caractériser cette eau physico-chimiquement et déterminer leurs fasciés à l'aide de logiciel de hydrochimi .

Notre mémoire est scindé en quatre chapitres :

- **Le premier chapitre:** Consacré à Présentation de la zone d'étude à savoir :

La Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa et la ville de Berriane, le contexte géologie, le contexte climatologie, le contexte hydrogéologique, l'hydrographie, l'agriculture.

- **Le deuxième chapitre:** Consacré à l'aspect quantitatif des Ressources en eau de Berriane;
- **Le troisième chapitre:** réservé à l'aspect qualitatif des Ressources en eau de Berriane;
- **Le quatrième chapitre:** Caractérisation de la qualité des eaux distribuées pour l'alimentation en eau potable dans la ville de Berriane;

A la fin nous avons sortir avec une conclusion générale qui présente les résultats acquis à la fin de l'étude.

*Chapitre I :*  
*Présentation*  
*de la zone*  
*d'étude.*

## **I. Problématique:**

La valeur graduelle de l'eau, les préoccupations relatif à sa qualité et la quantité des approvisionnements, ainsi que les problèmes d'accès ou non à celle-ci, ont donné lieu au concept d'une géopolitique des ressources.

Vu que l'utilisation des eaux souterraine s'avère une exigence obligatoire ;

Vu que les caractéristiques minérales des eaux de la région d'étude sont apparues absolument médiocres démontré par les études antérieures.

Vu que les objectifs sur la population qui utilise cette eau et l'environnement sont aussi mal identifiés ;

Vu la position géostratégique de la ville de Berriane.

### **I.1. Objectifs de l'étude:**

faire un évaluation qualitatif des ressources en eaux dans la ville de Berriane, qui se localise au sein du territoire de la wilaya de Ghardaïa.

### **I.2. Considérations Générales:**

#### **I.2.1. Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa:**

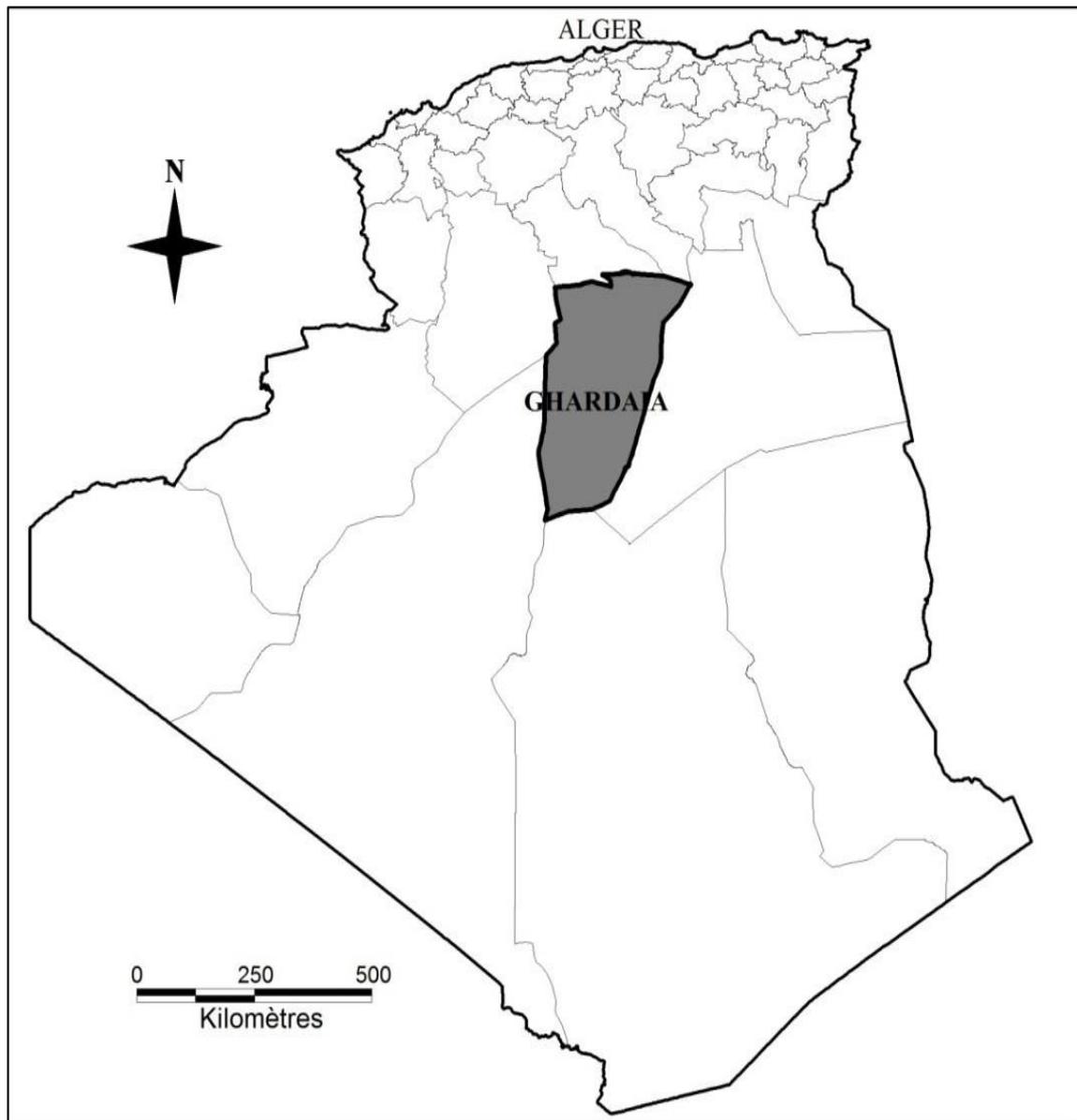
La wilaya Ghardaïa, se situe à 600 Km au sud d'Alger dans la partie centrale du nord du Sahara algérien aux portes du désert. Elle est issue du découpage administratif du territoire de 1984. L'ensemble de la nouvelle Wilaya dépendait de l'ancienne Wilaya de Laghouat.

Ses coordonnées géographiques selon le système longitude latitude WGS 84 sont :

- Altitude 480 m.
- Latitude 32° 30' Nord.
- Longitude 3° 45' Est.

La wilaya de Ghardaïa est limitée:

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300Km) ;
- A l'Est par la Wilaya de Ouargla (190 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1370Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350Km).

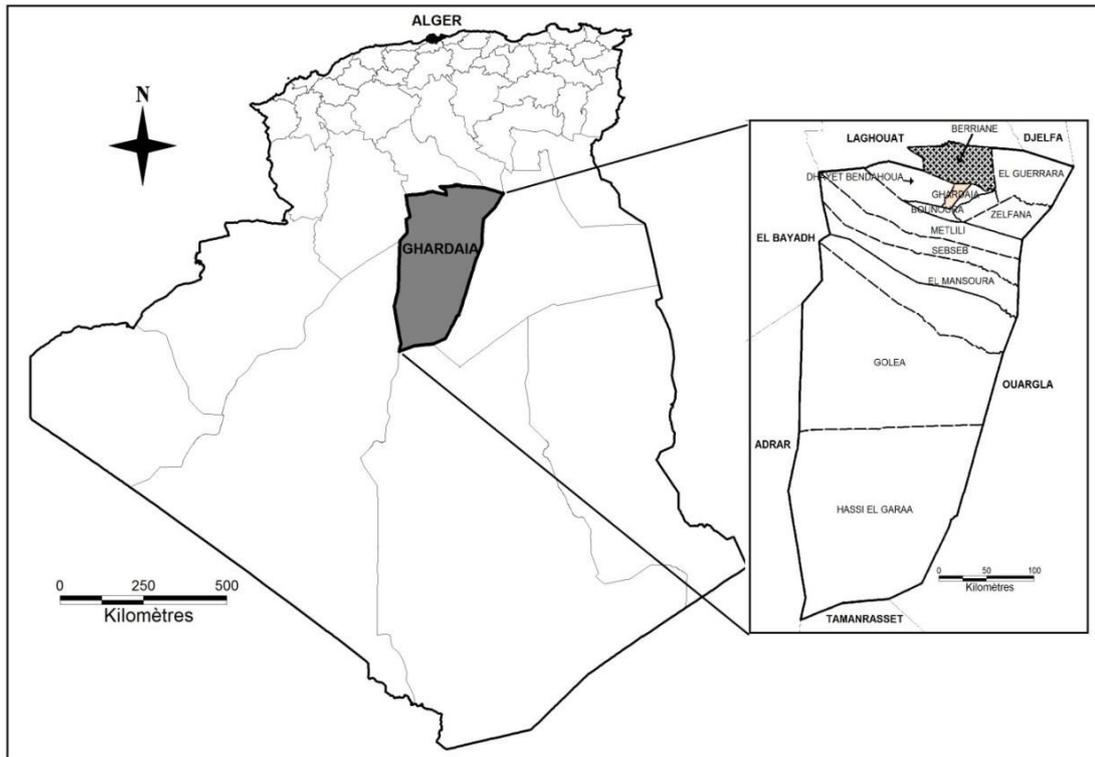


*Figure N° I-01: Localisation géographique de la wilaya de Ghardaïa.*

La wilaya couvre environ 86 560 Km<sup>2</sup>, avec une population estimée en 2007 à 361 570 habitants. C'est une base de l'activité agricole en raison de sa grande capacité d'adaptation aux conditions climatiques du milieu saharien [ 6 ].

### **I.2.2. Situation géographique de la commune de Berriane:**

La commune de Berriane située au Sud de l'Algérie 550 km de capitale Alger, sur l'axe routier N°01 reliant le nord au sud de pays, occupant une place stratégique par sa proximité de l'un des plus importants pôles industriels et économiques de pays « HASSI R'MEL ».



*Figure N° I-02: Situation géographique de la région d'étude.*

### **I.3.Situation administrative:**

La commune de Berriane appartient administrativement à la wilaya de Ghardaïa, Elle a une superficie de 2250 km<sup>2</sup>, elle est délimitée:

- Au Nord par la commune de HASSI DELAA,
- Au Sud par les commune DAYA BEN DAHOUA EL ATTEUF ET GHARDAIA,
- A l'ouest par la commune de HASSI R'MEL,
- A l'Est par la commune de GHERRARA.

### **I.4.Situation climatique:**

Le climat de la région de BERRIANE se caractérise par une grande sécheresse de l'atmosphère laquelle se traduit par un énorme déficit de sa saturation et d'évaporation considérable ainsi la très forte insolation due à la faible nébulosité qui sous cette altitude donne l'importance accrue aux phénomènes thermiques.

Le climat saharien se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux, surtout pendant la journée.

La très faible pluviosité à l'extrême fait disparaître la couverture végétale, accroît l'importance du moindre souffle de vent et lui permet des actions mécaniques toujours notables.

Apparenté au caractère fondamental du climat Saharien nous remarquons que les micro-climats jouent un rôle considérable dans cette région du Sahara, caractérisé par l'existence de palmeraies[1].

**Tableau N° I-01: Données climatiques période 2002-2016**

Paramètres Mois	Température			Pré (mm)	Eva (mm)	H (%)	Vent (m/s)
	T <sub>min</sub> °C	T <sub>max</sub> °C	T <sub>moy</sub> °C				
Septembre	16.2	40.9	28.55	25.8	358	37.2	18.1
Octobre	12	34.2	23.1	10.3	159	50	14.6
Novembre	6.5	27.7	17.1	5	113	47.1	13.7
Décembre	1.7	22.5	12.1	3.8	93	54.7	16.5
Janvier	1.6	22.2	11.9	13.5	88.9	54.4	16.6
Février	4.8	26	15.4	1.6	109	45.3	18.3
Mars	8.7	31.4	20.05	11.4	167	39.4	13.6
Avril	8.8	35.4	22.1	9.7	221	35.6	19.1
Mai	13.5	38.7	26.1	1.2	273	29.2	19
Juin	17.8	42.6	30.2	2.8	346	25.3	19.3
Juillet	23.9	44.9	34.4	3.2	384	21.3	11.5
Août	22.3	44.8	33.55	9	350	25.6	20.8

(O.N.M, 2017)

#### I.4.1 Températures :

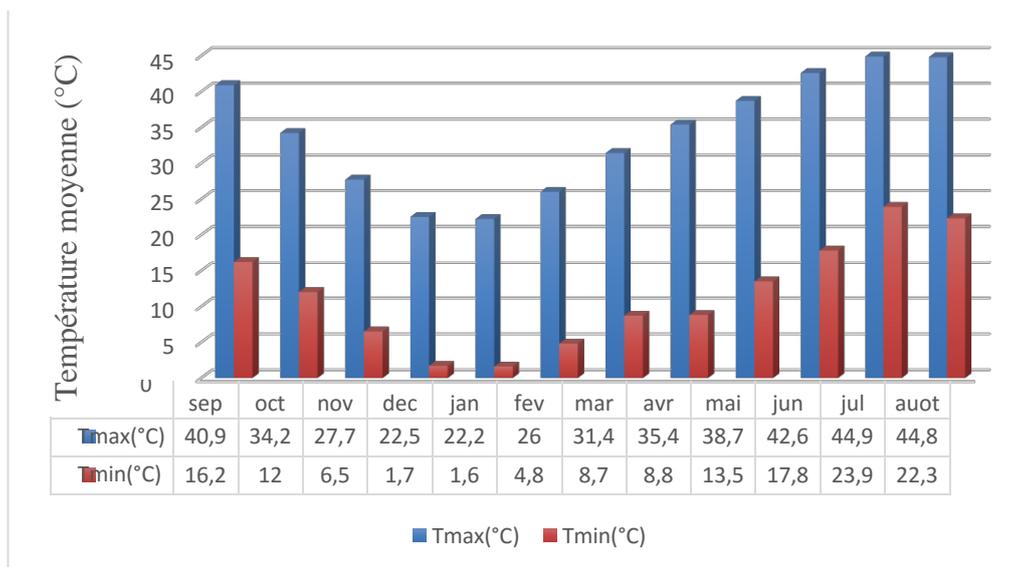
Elle est marquée par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver, et la période chaude commence au mois de Mai et dure jusqu'au mois de Septembre.

La température moyenne enregistrée au mois de juillet est de 34.4°C, le maximum absolu de cette période a atteint 44.9°C [1].

Pour la période hivernale, la température moyenne enregistrée au mois de Janvier ne dépasse pas 11.9 °C, le minimum absolu de cette période a atteint 1.6 °C [1].

Les températures moyennes mensuelles de l'air (sous abri) mesurées par L'office National Météorologique (ONM) au niveau de la station de mesure de Ghardaïa depuis l'année 2002 jusqu'à 2016 sont représentées par l'histogramme suivant (**FigI.03**) [1].

La région se caractérise par des températures élevées, notamment aux mois de Juin, Juillet, Aout, et Septembre. Le mois de Janvier est le plus froid avec une température moyenne de 11.9 °C varie entre 1.6°C et 22.2°C [1].



**Figure N° I-03: La variation mensuelle interannuelle de les températures Minimales et Maximales (2002-2016)**

**T max** : moyenne des températures maximales en (°C).

**T min** : moyenne des températures minimales en (°C).

#### I.4.2 Les vents :

Il n'y a pas de désert sans vents, le vent est le facteur principal de la topologie désertique.

Pendant certaines périodes de l'année, en général en Mars et Avril, on assiste au Sahara à de véritables tempêtes de sable, des trompes de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut. En région désertique, le vent et les particules de sable qui l'accompagnent imposent des contraintes à tous les niveaux de la vie sociale et économique[1].

Les vents qui ne trouvent plus d'obstacles à leur progression sur les régions dénudées apportant la sécheresse. L'érosion éolienne prend la relève de l'érosion hydrique.

Les vents dominants d'été sont forts et chauds provient du sud tandis que ceux d'hiver sont froids et humides soufflé en générale du nord-ouest. Pour ce qui est du sirocco, dans la zone de BERRIANE on note une moyenne annuelle de 11jours/an pendant la période ( Mai à septembre) [1].

Le vent est un facteur très important, il nous contraint à donner une orientation géographique au site d'implantation en fonction de la direction et de l'intensité des vents.

La force du vent est estimée à la moyenne mensuelle au cours de la période (2002-2016) (**FigI.04**) [1].

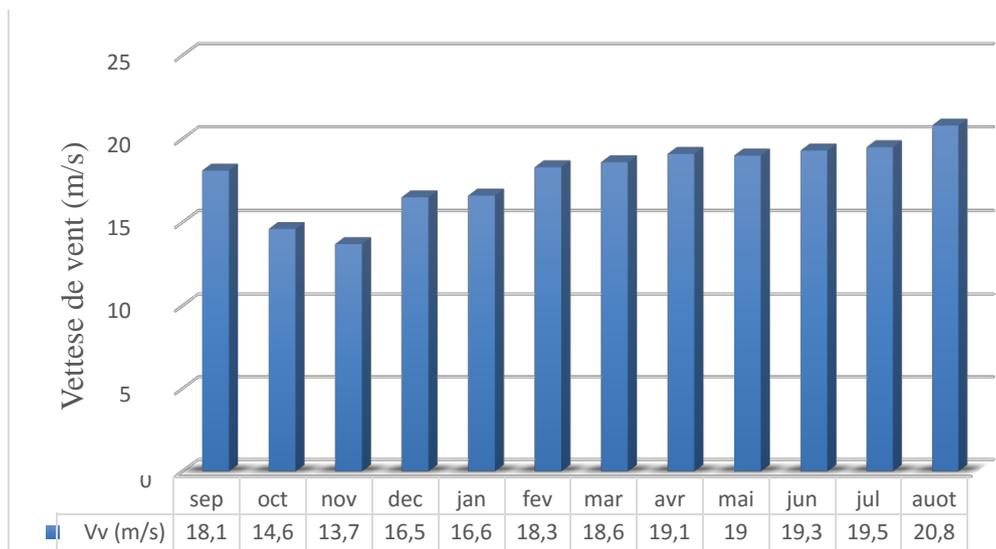


Figure N° I-04: La variation moyenne annuelle de vitesse du vent (2002-2016)

Vv : Vitesse moyenne du vent en (m/s)

Les vents soufflent avec une vitesse moyenne de 17.25 m/s varie entre 13.7 m/s et 20.8m/s. à une direction moyenne de 262° par rapport au nord géographique (NG) [1].

**I.4.3.L'évaporation :**

Les valeurs moyennes mensuelles de l'évaporation au niveau de la station de mesure de Ghardaïa sont les suivantes pour la période (2002-2016). (FigI.05) [1].

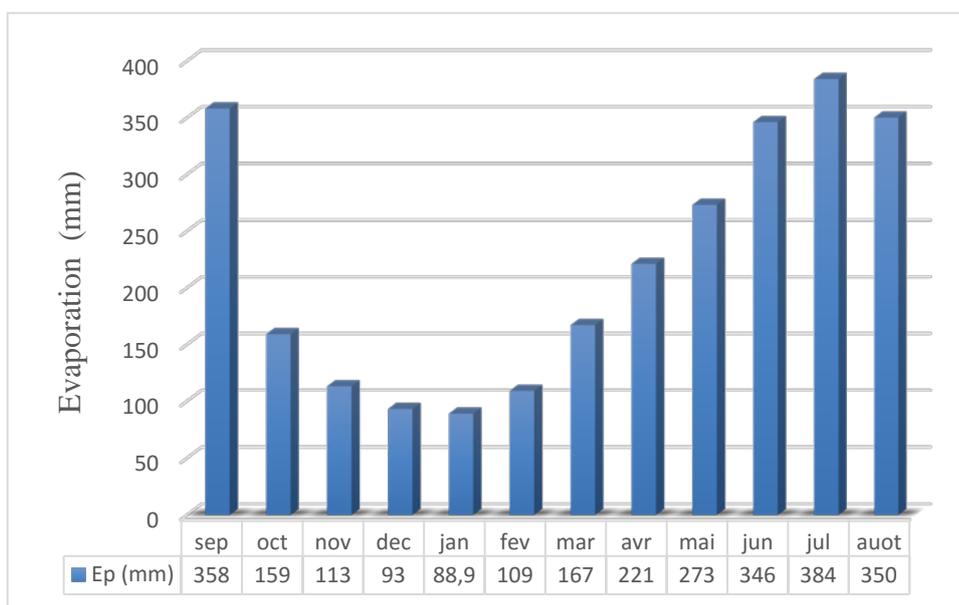


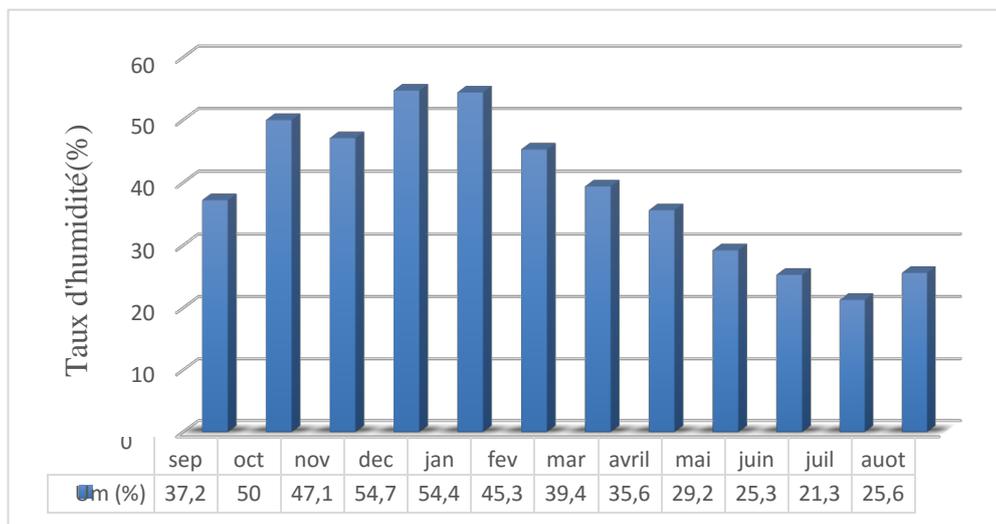
Figure N° I-05: La variation moyenne mensuelle interannuelle d'Evaporation (2002-2016)

Ep : Evaporation moyenne mensuelle en (mm)

Le taux d'évaporation atteint son maximum en mois de juillet avec une valeur de 384 mm et atteint son minimum en mois de janvier avec une valeur de 88.9 mm [1].

**I.4.4.L'humidité:**

Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité et de l'insolation au niveau de la station de mesure de Ghardaïa sont les suivantes pour la période (2002-2016) (**FigI.06**) [1].



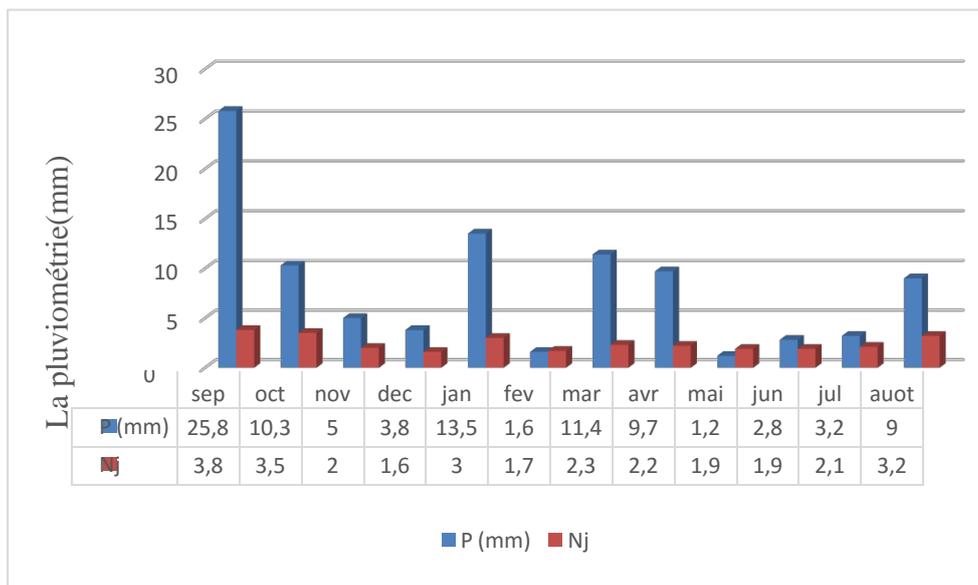
**Figure N° I-06: La variation moyenne mensuelle interannuelle d'humidité (2002-2016)**

**Um** : Moyenne mensuelle d'humidité en (%)

La région se caractérise par un climat sec qui se traduit par un taux d'humidité moyen de 38.3%.

**I.4.5.La pluviométrie :**

La région se caractérise par une très faible pluviométrie qui à fait disparaître la couverture végétale et accroître l'importance du moindre souffles de vent et lui permettre des actions mécaniques toujours notable (**FigI.07**) [1].



**Figure N° I-07: histogramme des pluviométries moyennes mensuelles entre (2002-2016).**

**Ep** : Quantité moyenne mensuelle de pluie recueillie en (mm).

**Nj** : nombre de jours moyen de pluie par mois.

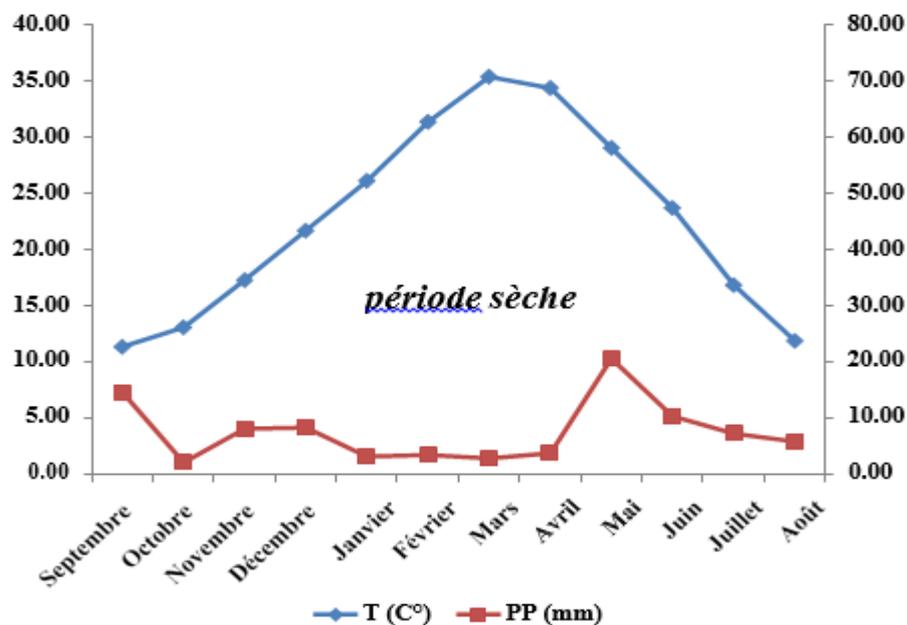
La pluviométrie est relativement faible dans la région varie entre 1.2 mm et 25.8 mm, elle se caractérise par des irrégularités remarquables. Nous constatons que la région connaît des orages de courtes durées et de forte intensité notamment au printemps et en automne.

#### I.4.6. Diagramme Ombro-thermique :

A l'aide des notations des données de précipitation et de températures mensuelles sur une période de 14 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme ombrothermique permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique, il est représenté.

- En abscisse par les mois de l'année.
- En ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C avec une échelle de  $P=2T$ .
- L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. En effet, dans la région de Ghardaïa, nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année (**FigI.08**) [1].



**Figure N° I-08 : Diagramme Ombro-thermique caractéristique de la commune de BERRIANE (2002-2016).**

#### I.5. Situation hydrogéologique :

On distingue deux types de nappes souterraines, une nappe phréatique et une nappe albienne [1] :

**I.5.1.Nappe phréatique:** la présence des synclinaux ainsi que la couche marneuse cénomaniennne a favorisé l'alimentation de la nappe phréatique. Cette dernière est exploitée dans les palmeraies par des puits ordinaires ; 535 puits traditionnels dont les profondeurs varient entre 25 et 40m,

le niveau hydrostatique dans ces puits est caractérisé par l'instabilité, avec un artésien de 2 l/s, il descend pendant les périodes sèches et remonte pendant la saison humide.

**I.5.2.Nappe albienne:** pour compléter l'irrigation de la palmeraie et subvenir aux besoins en eau potable de la population en croissance constate, les autorités ont réalisé 17 forages au niveau de la commune. Les forages en question sont creusés au niveau de la nappe albienne sur une profondeur de 350 à 500m, ces forages sont de types semi artésien.

## **I.6.Situation géologique et relief:**

Il s'agit d'un vaste plateau monotone et uniforme, légèrement incliné vers le Sud-Est, d'altitude moyenne comprise entre 500et 700m, formant un réseau serré de ravins séparés par des crêtes ou croupes, les ravins se sont creusés sous l'action de l'érosion pluviale au début du quaternaire, laissant apparaître un escarpement en pente très forte qui domine les fonds plats de l'oued[1].

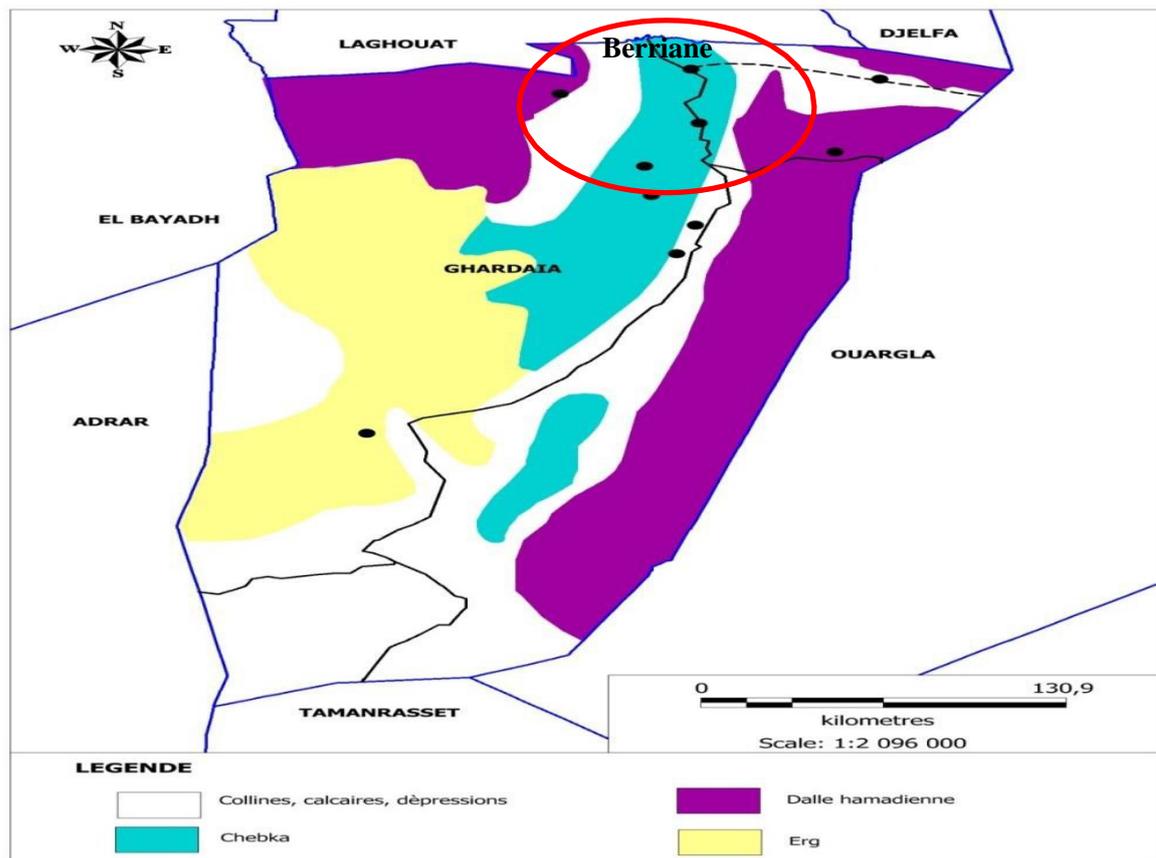
## **I.7.Géomorphologie:**

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques. -La Chabka du M'Zab. - La région des dayas. - La région des Ergs. (FigI.09)

### **La Chabka**

C'est un plateau crétacé rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes des autres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au-dessous des marnes, Le plateau rocheux occupe une superficie d'environ 8000 Km<sup>2</sup>, représentant 21 % de la région du M'Zab [9].Vers l'Ouest, il se lève d'une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise, qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement.

Mis à part Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, **Berriane**, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoua et Hassi -Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau [5].



*Figure N° I-09 : Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (Atlas, 2004. Modifier).*

### I.8.Aspect géologique:

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab". [29].

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite ; elle est attribuée au cénonomanien. L'étage de l'albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres. [29]

Les alluvions Quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'inféro-flux (nappes phréatiques) (**FigI.10**) [29].

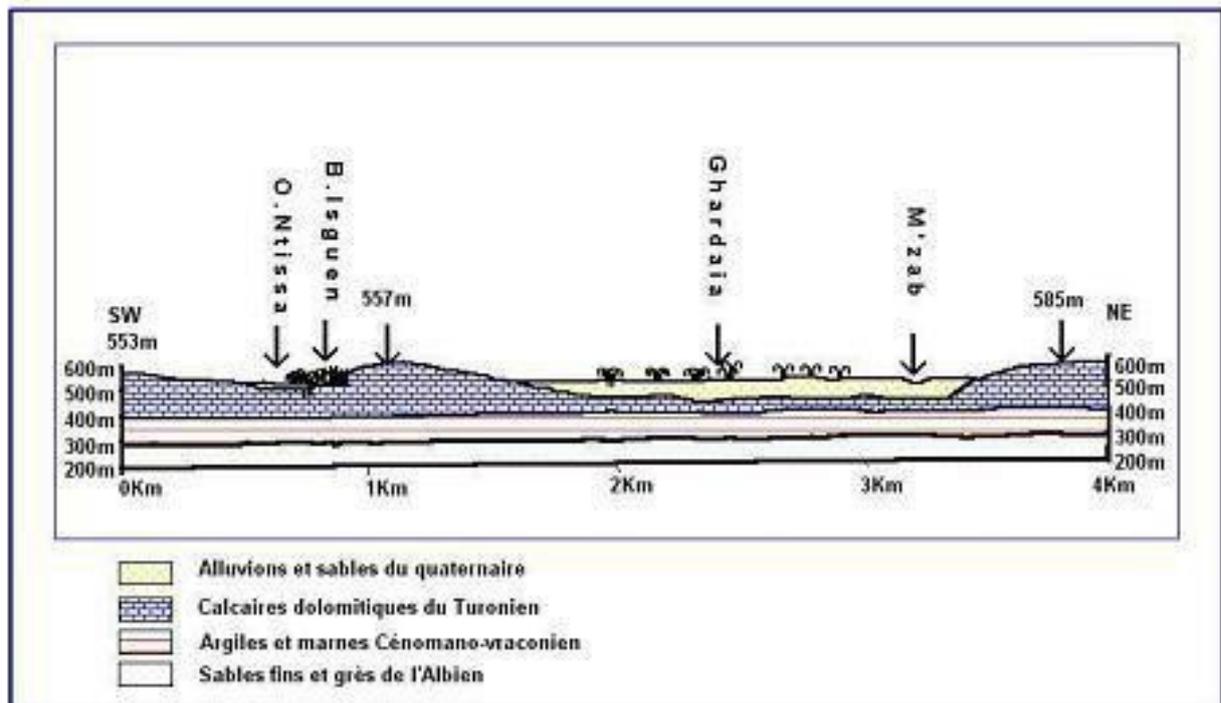


Figure N° I-10 : Esquisse géologique du M'Zab (A.N.R.H, 2017).

### I.9. Description litho stratigraphique :

Le territoire de la wilaya de Ghardaïa est localisé dans le domaine du craton Nord-Africain composé essentiellement de dépôt du crétacé, du néogène et du quaternaire (**FigI.11**)

**Le Barrémien** : caractérisé par des formations détritiques du Crétacé inférieur sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles avec des intercalations carbonatées peu nombreuses.

**L'Aptien** : renferme 30m en moyen de dolomies avec d'intercalation d'anhydrite et d'argile, c'est un bon repère lithologique pour les sondages.

**L'Albien** : est déterminé en général par des grès argileux, grès rouges et sables moyens à fins argileux avec une épaisseur de 200 à 300m.

**Le Cénomaniens** : environ 260m d'épaisseur, caractérisé par des argiles sableuses à la base, d'une série gypso-argileux au milieu et d'une trentaine de mètres a dominance carbonatée vers le sommet.

**Le Turonien** : essentiellement carbonaté, il est constitué de calcaire dolomitique massif et marne jaune à la base et de calcaire grisâtre à blanc au sommet.

**Le Sénonien** : représenté généralement par une série argilo-gypseuse à la base et de calcaire dolomitique au sommet.

**L'Eocène** : d'une épaisseur de 26m au nord de Hassi R'mel, caractérisé par des calcaires blancs à silex et a passées plastiques azoïques.

**Quaternaire alluvionnaire** : constitué de sables et des alluvions, son épaisseur peut arriver jusqu'à 45m.

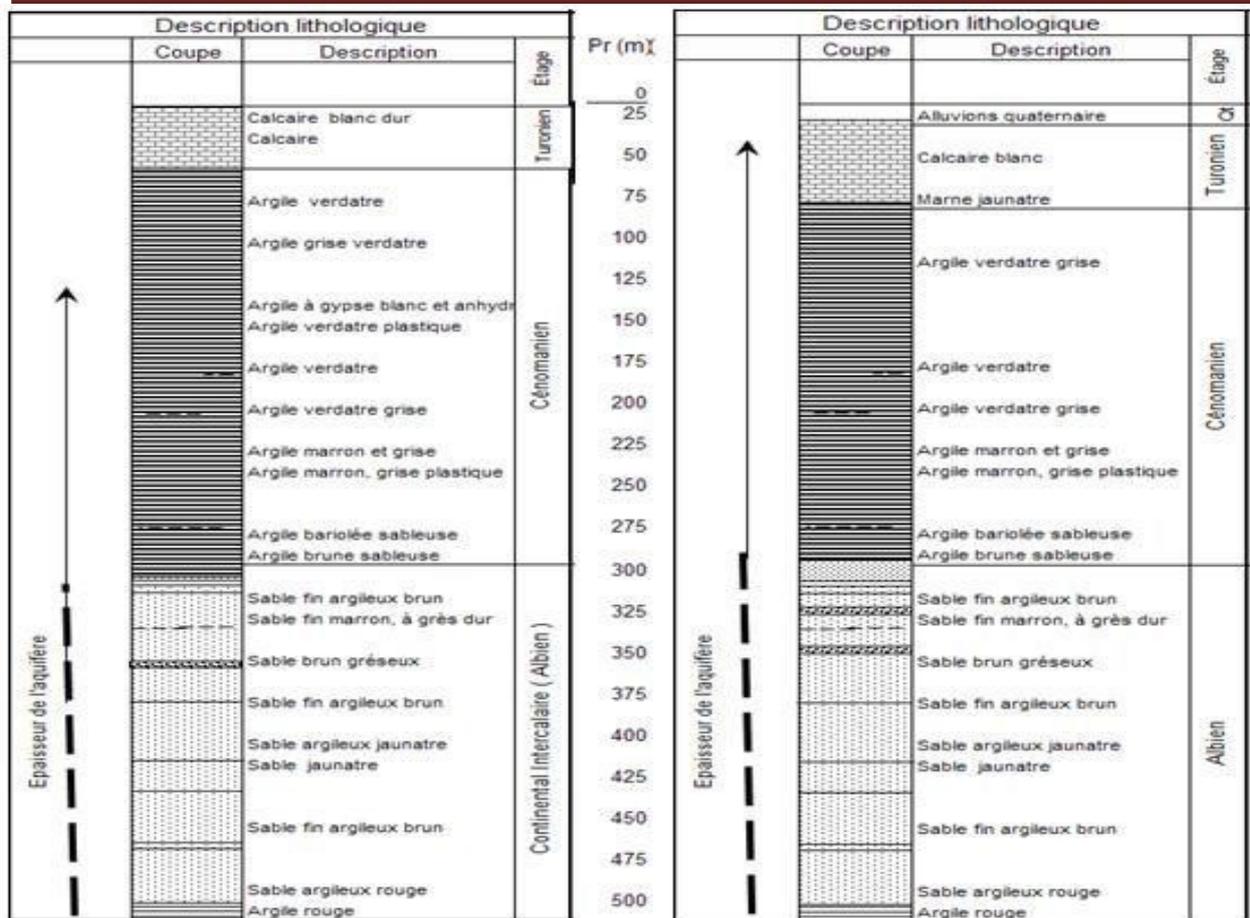


Figure N° I-11 : Colonne stratigraphique de la zone d'étude (ANRH.2017).

## I.10. Agriculture :

Si dans l'ensemble de la région, les données pédologiques sont assez favorables à une mise en valeur des terres, les données climatiques sont en revanche contraignantes.

### I.10.1. Production végétale:

- La mise en valeur des ressources et potentialités de la commune de Berriane est maintenant sa vocation typique agricole.
- La faiblesse des rendements céréaliers impose le recours à une activité agro-pastorale.
- Augmenter les rendements des céréales par une intensification.
- Améliorer les pâturages et les parcours dégradés pour rétablir et enrichir la couverture végétale.
- Utiliser de nouvelles techniques culturelles.
- Développer et intensifier les cultures irriguées aux abords des oueds.
- Utiliser les variétés qui s'adaptent à la région surtout la plantation d'arbres fruitiers favorables au climat.

**I.10.2. les zones Agricoles Existantes :**

Périmètre LAROUI – Périmètre LBAGUEL – Périmètre SIDI EMBARAK 01 – Périmètre SIDI EMBARAK 02 – Périmètre AMEUR BEN ALLI 01 – SOUDANE ALFRASS – ALHANIA ALOUAHA – OUED NACHOU.

**I.11.Situation démographique:**

L'évolution démographique en Algérie obéit à la loi de l'accroissement géométrique donnée par la formule suivante :

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

Ou :

**P** : population future. (hab)

**P<sub>0</sub>** : population de l'année de référence. (hab)

**t** : taux d'accroissement démographique.(%)

L'accroissement de la population sera calculé avec un taux d'accroissement de 2.4% à partir de l'année de référence 2017 jusqu'à l'année 2041.

Avec :

**P<sub>0</sub>** : 39002 hab (l'année de référence 2017).

**t** : 2.4% (la source APC).

Les résultats de la situation démographique de la commune de Berriane sont représentés dans le (*Tableau N° I-02*).

**Tableau N° I-02 : évaluation démographique da la ville de Berriane**

<b>Année</b>	<b>2017</b>	<b>Taux d'accroissement (%)</b>	<b>2041</b>
<b>Population</b>	39002	2.4	68910

## **Conclusion.**

La ville de Berriane, située à 550 km au sud de la capitale est considérée comme l'une des grandes oasis du Sahara algérien. Administrativement, elle fait partie de la wilaya de Ghardaïa. La population pour cette commune est estimée de 39002 habitants. L'agriculture oasienne représente la principale activité de la vallée, dont le sol est occupé en trois modes de culture ; culture des palmeraies, culture des arbres fruitiers et culture maraîchère et fourragère.

Le plateau de la ville de Berriane fait partie du bassin saharien en s'occupant une position de bordure, les formations géologiques qui affleurent dans la ville de Berriane se montrent comme un promontoire crétacé émergeant, autour duquel les atterrissements Mio-pliocènes et Quaternaires couvrent de vastes surfaces. On peut citer quatre formations lithologiques principales ; Les marnes inférieures, la barre carbonatée inférieure, les marnes supérieures et la barre carbonatée terminale.

L'étude climatologique montre que le climat de la zone d'étude est hyper aride de type saharien, la période sèche dure pendant toute l'année.

*Chapitre II :*  
*L'aspect quantitatif*  
*des Ressources*  
*en eau de*  
*Berriane*

## II.1.Introduction:

Dans cette vision quantitatif des ressources en eau de la ville de Berriane, nous allons présenter les ressources en eaux, ainsi que les sites des forages et leurs caractéristiques, et les infrastructures hydraulique de la ville Berriane tel que les ouvrages de stockage, alors que les ressources sont limitées et parfois non renouvelables dans cette région en absence d'une bonne gestion de la ressource.

Aussi, nous allons examiner la concordance des besoins de la ville de Berriane et la disponibilité de la ressource.

### II.1.1.Ressources en eau:

La première étude un peu étendue sur les crues sahariennes fût par l'hydrologue français Ville (1872) qui étudia avec détail les Oueds du sud-Constantinois et du Sud-Algérois et particulièrement ceux du M'Zab [10].

Les eaux de surface dans la Wilaya de Ghardaïa sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes. Les écoulements sont sporadiques, ils se manifestent à la suite d'averses orageuses qui connaît la région [13].

## II.2. Les ressources de la ville de Berriane :

Les principales ressources en eaux utilise au niveau de Berriane sont les eaux de surface et les eaux souterraines.

Actuellement on utilise, sans compter les réserves d'eau fossile situées dans la couche géologique du continent intercalaire (nappe albienne).

Les forages vont chercher l'eau à de grandes profondeurs. On parle d'une fabuleuse réserve de 800.000 m<sup>3</sup> située en dessous du grand Erg Oriental mais quelques soient les estimations, il n'y a qu'une certitude : ces réserves ne sont pas réalimentées et donc limitées dans le temps.

Actuellement, l'alimentation en eau s'effectue par des forages de profondeur variable de 350 à 500 mètres puisant l'eau fossile de la nappe albienne (Continental intercalaire) dont les réserves sont estimées à 15.000 milliards m<sup>3</sup>.

- **Eaux de surface** : Les inondations créés par les crues des Oueds alimentent les nappes inféra-flux .

- **Eaux souterraines** : Les principales ressources d'eaux souterraines ont pour origine deux nappes principales :
  - Nappe du complexe terminal (C.T)
  - Nappe du continental intercalaire (C.I).

La commune de Berriane satisfait ses besoins en eau (A.E.P, A.E.I et Irrigations) à partir des nappes (continental intercalaire).

Les réserves de ces nappes ne sont pas connues malgré les différentes études menées par des organismes nationaux et internationaux.

La ville de Berriane est alimentée par neuf (09) forages dont (02) forages mixtes et (01) forage agricole (destiné à l'irrigation). (le tableau N° II-01)

**Tableau N° II-01 : Les forages alimentent la ville de Berriane en eau.**

Commune	N° de forage	Nappe captée	Nom de forage	Débits (m <sup>3</sup> /h)
<b>Berriane</b>	01	<b>albienne</b>	CHEIGH AMEUR 1	70,2
	02		CHEIGH AMEUR 2	79,2
	03		BASSA mixte	100,8
	04		ELMADAGH 1	93,6
	05		ELMADAGH 2	108
	06		BALLOUH 1	75,6
	07		BAMED OULHADJ	79,2
	08		BALLOUH 2 (agricole).	64,8
	09		BABA SAAD	108
<b>Total</b>				<b>779,4</b>

(Source: A.D.E, 2017)

### II.2.1. Nappe Phréatique :

Elle est constituée par l'accumulation des eaux d'infiltration au-dessous d'une couche étanche située à quelque distance de la surface libre du terrain.

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège des nappes phréatiques.

L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers. L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie [29].

La qualité chimique des eaux est comme suit :

- à l'amont, elle est bonne à la consommation .
- à l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines [29].

La présence des synclinaux ainsi que la couche marneuse cénomanien à favoriser l'alimentation de la nappe phréatique. Cette dernière est exploitée dans les palmeraies par des puits ordinaires. Le niveau hydrostatique dans ces puits est caractérisé par l'instabilité, il décent pendant les périodes sèches et remonte pendant la saison humide .

### **II.2.2. Nappe du Complexe Terminal (C.T):**

C'est une nappe contenue, d'Ouest en Est, entre un toit constitué par les horizons imperméables Paléozoïques à Néocomiens et un substrat correspondant à la base argileuse du Cénoomanien .

Souvent appelée « Nappe de l'albien » couvrir les terrains dont l'âge va du Trias à l'albien (B.N.D.R, 2013). C'est une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie Algérienne du Continental Intercalaire couvre 600 000 Km<sup>2</sup>. Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards m<sup>3</sup> environ. Cette nappe est plus connue sous la dénomination d'«Albien».

La nappe du Continental Intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au Continental Intercalaire, elle est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage.
- Exploitée par pompage a des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'EL Menia) [29].

### **II.2.3. Présentation de système aquifère du Sahara septentrional :**

Le domaine du système aquifère du Sahara septentrional SASS s'étale, du Nord au Sud ; de l'Atlas saharien jusqu'aux plateaux de Tidikelt et Tinrhert, et d'Ouest en Est ; depuis la vallée Guir-Saoura en Algérie jusqu'au Graben de Hun en Lybie (**fig II.01**). Les études démontrent que ce système aquifère est composé de deux principaux réservoirs aquifères (**fig II.02**). Le complexe terminal au-dessus à nappe de sub-surface, et au-dessous, le continental intercalaire le plus étendu à nappe profonde captive.

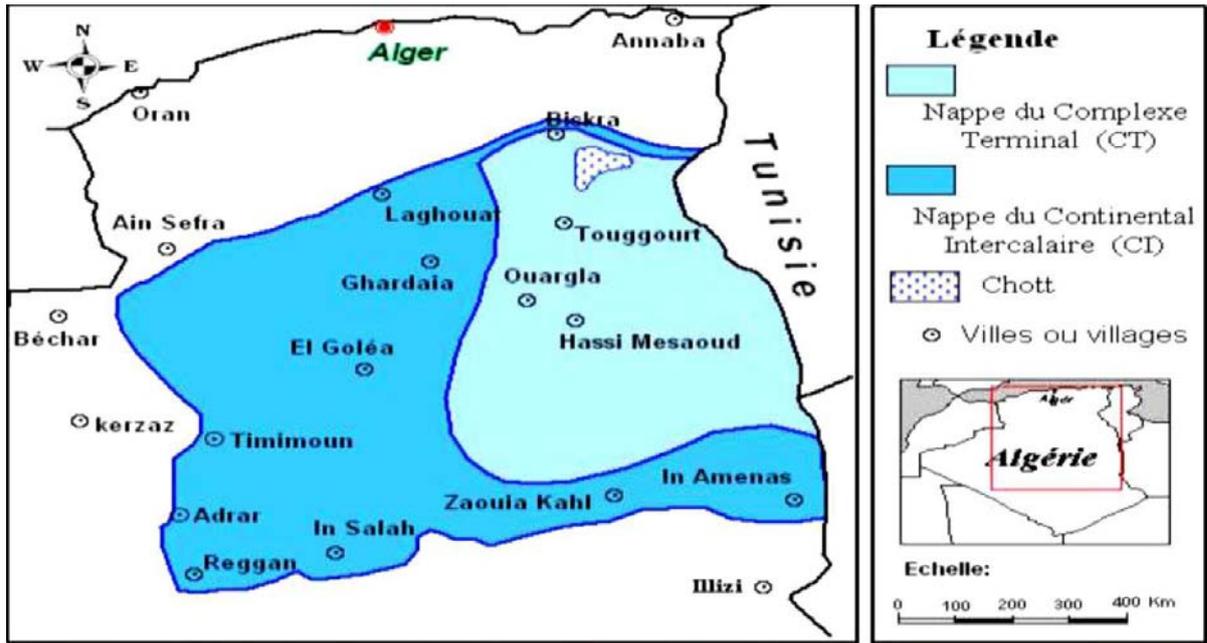


Figure II.01: Carte des ressources en eau souterraines (Sahara algérien)

(Helal et Ourihane, 2003 in Bahaz, 2013)

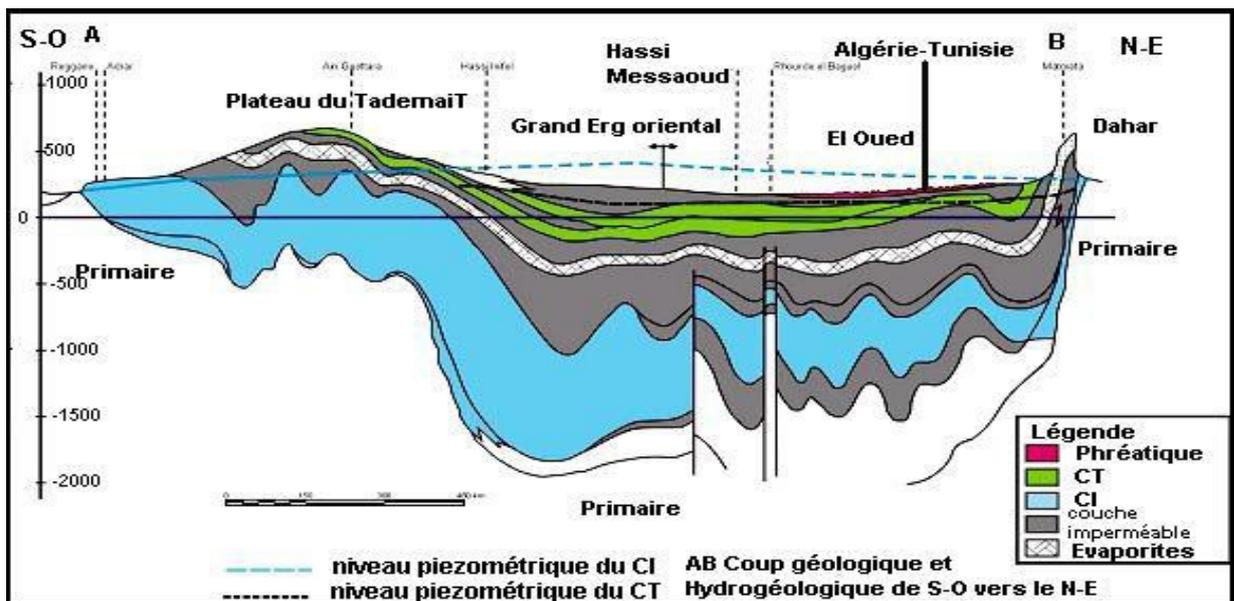


Figure II.02: Coupe hydrogéologique transversale du "CT" (UNESCO, 1972)

### II. 3.Evaluation quantification des ressources en eau de la ville de Berriane :

La disponibilité 09 forages au total de débit journalier moyen estimé à environ 13212 m<sup>3</sup>/jour, distribués par 13 réservoirs (02 réservoirs en arrêt) d'eau d'une capacité totale de 13310 m<sup>3</sup>. La longueur du réseau qui contribue a cette production de l'ordre de 72648 mètres linéaires. (le tableau N° II-02)

**Tableau N° II-02 : Capacité d'eau mobilisable de la ville de Berriane en eau.**

<b>N°</b>	<b>Désignation</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeur</b>
01	Capacité globale d'eau de production	Million M <sup>3</sup> /An	4,82
02	Capacité globale d'eau de distribution	Million M <sup>3</sup> /An	3,8
03	Nombre de forages	Nombre	09
04	Capacité des forages (volume de production)	Million L/S	152.9
05	Longueur du réseau d'AEP	Km	72,648

(Source : A.D.E 2017)

## II.4. Situation actuelle de l'alimentation en eau potable de Berriane:

### II.4.1. La Dotation:

La consommation domestique moyenne est généralement rapportée au nombre d'habitants, elle est alors exprimée en litres par jour et par habitant (en Litre/jour/hab). Cette consommation varie en fonction de plusieurs facteurs: le mode de vie, les habitudes, la disponibilité de l'eau, le climat, le prix de l'eau, la forme de la fourniture de l'eau (alimentation individuelle ou borne fontaine), etc.

Selon les renseignements de la Direction des ressources en eau D.R.E, la dotation en eau potable actuelle est de 200 l/j/hab.

### II.4.2. Le Réseau d'AEP de la ville de Berriane :

Les réseaux d'A.E.P du Berriane ont la longueur de 72,648 km (kilomètre). Les conduites du réseau d'alimentation sont fabriquées en Acier, amiante ciment, PVC, PEHD, et ont des diamètres confondus de (63, 90, 110,125, 160, 200, 250, 315,400 et 500mm).

Généralement, dans un réseau d'A.E.P on peut estimer les fuites:

- ❖ 20% pour un réseau en bon état.
- ❖ 25 à 35% pour un réseau en état moyen.
- ❖ 45% pour un réseau en mauvais état.

En tenant compte des facteurs ci-dessus, on majore les besoins moyens en eau de 20% (pertes et fuites d'eau) [28].

### II.4.3. Les Forages :

Les ressources en eau actuellement exploitées pour l'alimentation en eau potable de la ville de Berriane sont situées au niveau même de l'agglomération et sont composées de 09 forages présentées dans ( le tableau N°II-03):

**Tableau N°II-03: Liste des sites de production de la Ville de Berriane**

Nappe captée	Distination	Débits (l/s)	En (m <sup>3</sup> /j)	Etat Actuelle du forage
albiennne	<b>Forage</b> CHEIGH AMEUR 1	19,5	1684,8	Exploite
	<b>Forage</b> CHEIGH AMEUR 2	22	1425,6	Exploite
	<b>Forage</b> BASSA mixte	28	1713,6	Exploite
	<b>Forage</b> ELMADAGH 1	26	1404,0	Exploite
	<b>Forage</b> ELMADAGH 2	30	1944,0	Exploite
	<b>Forage</b> BALLOUH 1	21	1512,0	Exploite
	<b>Forage</b> BAMED OULHADJ	22	1584,0	Exploite
	<b>Forage</b> BALLOUH 2	18	1944,0	Agriculture
	<b>Forage</b> BABA SAAD	30	0,0	Non exploite
<b>Total</b>			13212,0	<b>A.D.E ,2017</b>

La capacité de production d'eau potable à partir des 09 forages est estimée donc à **13212 m<sup>3</sup>/j**, ces forages ne pas fonctionnent sur 24/24h.

#### II.4.4. Les ouvrages de stockage :

L'unité ADE Berriane contient 13 réservoirs de stockage d'eau, d'une capacité totale de 13310 m<sup>3</sup>.

Dans Le tableau ci-dessous (tableau N° 04) sont regroupés les différents réservoirs alimentant actuellement la commune de Berriane en eau potable :

**Tableau N°II-04 :Capacité des réservoirs alimentent la commune de Berriane en eau potable.**

N° de	Cité	Capacité de réservoir (m <sup>3</sup> )
<b>01</b>	CHEIGH AMEUR 1	<b>2*2000</b>
<b>02</b>	BASSA mixte	<b>2*750</b>
<b>03</b>	BASSA	<b>80</b>
<b>04</b>	BALLOUH 1 mixte	<b>2*750</b>
<b>05</b>	HOPITAL	<b>300</b>
<b>06</b>	ELMADAGH	<b>2*750</b>
<b>07</b>	GHI	<b>300</b>
08	BALLOUH 2	<b>750</b>
09	BAHMED	<b>2*750</b>
10	BAHMED	<b>300</b>
11	CHEIGH AMEUR 2	<b>2*750</b>
12	R300 hôpital	<b>40</b>
13	EL KSAR	<b>40</b>
<b>Total</b>		<b>13310</b>

(Source : A.D.E, 2017)

## **II.5. Examen des besoins en eau :**

L'objet de cette partie est de dresser le bilan entre les besoins actuels et futurs (horizon 2041) et les ressources identifiées, en vue de proposer un programme d'actions concernant la disponibilité des ressources en eau.

### **II.5.1. Estimation des besoins actuels et futurs :**

#### **II.5.1.1. Définitions :**

On désigne par « besoins », la somme :

- ✓ **de la « consommation » des abonnés, également désignée par « demande en eau » ou « dotation hydrique » ;**
- ✓ **des pertes physiques.**

Les besoins correspondent donc aux volumes à produire et à injecter en tête de réseaux.

Dans les calculs, les pertes sont traduites par le rendement qui correspond au ratio suivant (%) :

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Consommation}}{\text{Besoins}} (\%)$$

#### **II.5.1.2. Consommations :**

Les usages identifiés sont :

- ✓ la consommation de type domestique (principal usage) ;
- ✓ la consommation de l'administration et des équipements.

Les industries disposent a priori de leurs propres ressources en eau (leur forage).

#### **II.5.1.3. Méthode de calcul retenue :**

La consommation a été estimée sur la base des hypothèses suivantes :

- ✓ les projections de population.
- ✓ consommation domestique : 200 l/j/hab.
- ✓ consommation pour l'Administration, le Commerce et l'Industrie (petite industrie) : 33% de la consommation totale.

## II.5.2. Estimation de la population actuelle et future et de leur besoin :

La population actuelle et future a été estimée sur la base :

- ✓ du recensement de 2017 ;
- ✓ des taux de croissances, à savoir :

+2,4% par an entre 2017 et 2041,

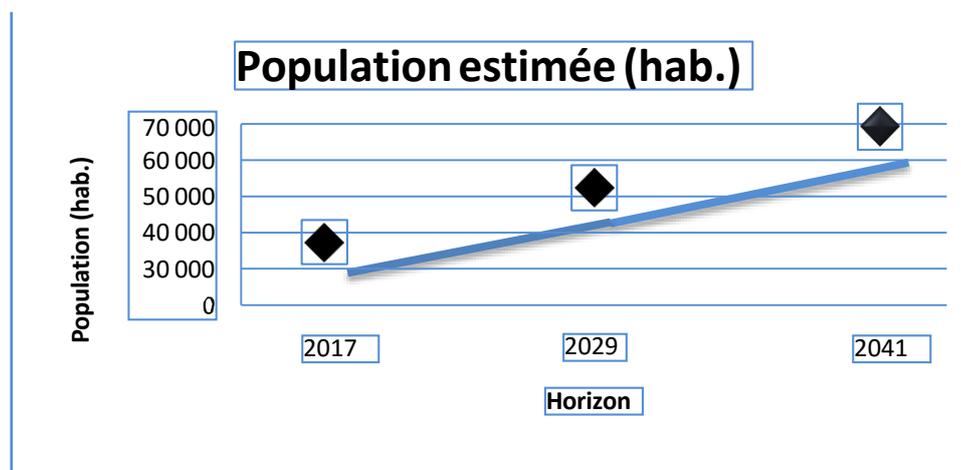
### II.5.2.1. Résultats :

Les résultats sont synthétisés dans le tableau N°II-05.

**Tableau N°II-05: Estimation de la population et des consommations du chef lieu.**

Désignation	2017	2029	2041
Population estimée (hab.)	39002	51842	68910
Consommation domestique (m <sup>3</sup> /j)	7800,4	10368,4	13782
Consommation de l'Administration, du Commerce et de l'Industrie (m <sup>3</sup> /j)	2623,7	2935,35	3674,09
Total en m <sup>3</sup> /j	10424,1	13303,75	17456,09
$P_f = p_0(1+T)^n$	120,61 l/s	153,97 l/s	202,03 l/s

### II.5.2.2. Présentation de l'évolution de la population retenue :



**Figure II.03: Hypothèses d'évolution de la population**

L'augmentation de la population entre 2017 et 2041 s'élève à 76,6%.

## II.6.Examen des capacités de stockage :

Tableau N°II-06: Examen des capacités de stokage .

HORIZONS	2017	2025	2033	2041
pop	39002	47150	51842	68910
Production actuel (m <sup>3</sup> )	13212	13212	13212	13212
Besoins en stockage (m <sup>3</sup> )	10424,1	12430.35	13303,75	17456,09
Déficit (m <sup>3</sup> )	/	/	91,75	4244,09

### ➤ Interprétation :

Le tableau montre qu'à l'horizon futur 2033 il y aura un déficit en matière de stockage de **91,75 m<sup>3</sup>** . donc il faudrait prévoir la réalisation des forages et des réservoirs. pour 2041 il y aura un déficit de capacité totale de **4244,09 m<sup>3</sup>**.

### Conclusion :

Le système aquifère de Berriane est constitué de trois nappes : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire).

Compte tenu de la rapidité de la croissance de la demande en eau dans la région de Berriane, il est obligatoire de poursuivre l'effort d'équipement déjà entrepris, et en particulier :

- D'engager les études préalables de confirmation des solutions,
- De mettre en place un suivi annuel de l'évolution de la demande et des ouvrages réalisés pour assurer une mise à jour permanente de ce schéma directeur.

Il faut prévoir diverses solutions à l'horizon 2041 pour permettre de répondre à l'évolution des besoins. Dont les principaux objectifs sont :

- Augmenter la capacité de production d'eau potable pour combler le déficit a cet horizon,
- Le renforcement des installations et les infrastructures de stockage existantes pour combler déficit de stockage,
- Améliorer la gestion on précipitant la mise en place et l'utilisation du système de télégestion des équipements et d'un SIG

*Chapitre III :*  
*L'aspect général*  
*de la qualité des*  
*Ressources en*  
*eau .*

## Introduction:

La qualité des eaux destinées pour l'Alimentation en Eau Potable et l'irrigation se pose avec acuité dans l'ensemble des régions sahariennes. Mais sa qualité physico-chimique (salinité) est le plus souvent médiocre. Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau, notamment souterraine. (Salinisation secondaire). Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une pollution d'origine anthropique, le plus souvent domestique, qu'industrielle ou agricole, ce qui rend l'eau le plus souvent impropre à la consommation et dès fois même à l'irrigation.

En effet, la qualité des eaux destinées pour l'irrigation subit également une dégradation surtout par l'augmentation de la salinité, qui a une influence directe sur l'évolution des sols, le choix des aptitudes culturales et le rendement des cultures. (ABH Sahara, 2011).

La qualité de l'eau fait référence aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. La qualité de l'eau se mesure en comparant les substances retrouvées dans l'eau à des standards et recommandations bien établis. Ces standards et recommandations ont été fixés dans le but de protéger les consommateurs.

Donc l'hydrochimie est la connaissance des caractéristiques physicochimiques du processus d'acquisition, de l'évolution ainsi que des lois qui régissent les échanges entre l'eau et le sol ou la relation entre Eau-Roche. L'étude hydro chimique que nous proposons de faire a pour but de préciser la qualité des eaux de l'AEP de la ville de Berriane et l'détermination de la potabilité de cet eaux.

A cet effet, nous disposons des résultats d'analyse chimique et bactériologique effectué sur les eaux de réseau d'AEP d'une part et d'autre part celle des eaux de la station en distribuer en vue de consommation publique, dans notre zone d'étude nous signalons que les dosages des éléments chimiques a été effectué respectivement au laboratoire de chimie de ADE de la wilaya de Ghardaïa ,qui sont porté sur les éléments majeur suivants :

- cation :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$
- anions :  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}^-$   $\text{NO}_3$

### III.2. Définition de l'eau potable :

L'eau potable est une eau qui peut être bue par l'homme sans danger pour sa santé, elle doit pour cela répondre à un certain nombre des normes fixées par L'OMS l'eau potable ou l'eau destinée à la consommation humaine doit être fraîche (la température comprise entre 20<sup>0</sup>c et 25<sup>0</sup>c) limpide ,incolore et de saveur agréable. Ainsi que ses propriétés physicochimiques, ses composés minéraux et organique et sa qualité bactériologique ne peuvent nuire à la santé.

### III.3. Qualité de l'eau potable :

**Qu'est-ce que la qualité de l'eau souterraine et quel sont les paramètres qui recommandent cette qualité?**

La qualité de l'eau souterraine est l'appréciation des concentrations des différentes substances chimiques qui la composent, vis-à-vis de concentrations de référence. Cette évaluation se fait en fonction des usages de l'eau, et pour leur usage prépondérant vis-à-vis du respect de la santé humaine, ces eaux destinées à la consommation humaine sont rassemblées sous le vocable « Alimentation en eau potable ». Les valeurs de concentrations de référence sont données par la **réglementation** ; Elles varient donc suivant l'utilisation faite de l'eau souterraine mais également suivant sa nature : on distingue la qualité de l'**eau brute** prise directement dans le milieu naturel de celle de l'**eau traitée** prélevée et stockée avant usage.

Par conséquent il n'y a pas une qualité de l'eau souterraine mais **des qualités de l'eau souterraine**. Les éléments chimiques constitutifs de l'eau souterraine peuvent être des minéraux, des molécules organiques, naturelles, ou de synthèse issues de l'activité de l'Homme - pression anthropique. Les substances naturelles sont acquises par l'eau souterraine lors de son transport et de son stockage dans les roches qui constituent l'**aquifère**. Cet enrichissement chimique de l'eau dépend donc directement de la **géologie** d'un secteur géographique. On parle de **fond géochimique**.

Plusieurs paramètres commandent la qualité de l'eau et en trouvent :

#### III.3.1. Paramètres organoleptiques :

Une eau destinée à la consommation humaine doit être limpide, fraîche, de saveur agréable et exempte de couleur et d'odeur.

### III.3.1.1. La couleur :

La couleur des eaux naturelles est généralement due à la présence en excès de certains minéraux (le fer par exemple) et également certaines matières organiques. Leur normalisation par traitement est indispensable pour rendre l'eau agréable à boire.

### III.3.1.2. La saveur et l'odeur :

Ce sont deux propriétés très subjectives. A nos jours, Il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Une saveur désagréable dans l'eau est généralement conférée par des excès de fer, de manganèse, de chlore actif, de phénol et chorophénol. Elle se développe de façon importante avec l'augmentation de la température.

Un développement d'odeur dans l'eau de consommation est généralement due au plancton et aux algues mortes pour les eaux de surface et au sulfure d'hydrogène pour les eaux souterraines. En exploitation, en règle générale, l'apparition d'odeur et de gout sont le plus souvent des signes d'activité bactérienne aussi, de pollution.

### III.3.2. Les paramètres microbiologiques :

La qualité microbiologique ou bactériologique d'eau destinée à la consommation humaine est la qualité la plus important, c'est d'ailleurs la cause la plus fréquente de la non potabilité de l'eau. Les germes susceptibles d'être présents dans l'eau sont très nombreux et très variés: **bactéries, virus, parasites**, etc..... La présence de germes fécaux dans l'eau peut suspecter de germes pathogènes d'ou sont un certain risque pour la santé humaine.

Pour les eaux souterraine moins de souci pour ce paramètre.

### III.3.3. Les paramètres physicochimiques :

#### III.3.3.1. Les paramètres physiques :

##### ➤ La Température :

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

La température d'une eau potable devrait être inférieur en été et supérieur en hiver à la température de l'air, donc l'eau potable a une température 10 à 20°C, voir même 25°C mais l'eau de boisson à une bonne fraîcheur sa température varie entre 9 et 12°C [15].

L'OMS ne recommande aucune valeur. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Cependant, une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps

qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs par contre, une température inférieure à 10°C ralentit les réactions dans les différents traitements des eaux. [22].

- **Conductivité Electriques (CE) :** la conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. La conductivité électrique d'eau s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ), la norme admise par l'OMS est de 1500  $\mu\text{S} / \text{cm}$ .
- **pH:** le pH de l'eau traduit son acidité ou son alcalinité par sa concentration en anhydride carbonique lié minéralisation totale. C'est un facteur déterminant de l'agressivité de l'eau vis-à-vis de la canalisation et de l'action du chlore lors de la désinfection pour ces raisons, les normes préconisent un pH compris entre (6.5 – 8.5) suivant l'OMS.
- **L'oxygène dissous:** l'oxygène est un élément instable dans l'eau. Sa teneur est fonction de la température et de la nature de l'eau et dépasse rarement les 10mg/l. les normes de l'OMS pour l'oxygène classe bonne comprise entre 5 à 7 mg/l.
- **La turbidité:** la mesure de la turbidité d'une eau nous renseigne sur sa charge en M.E.S (matières en suspension) qui sont de l'argile, limon, graine silice, matière organique, etc.
- **Totale des solides dissous (TDS) :** la précipitation totale des solides dissous (TDS). Le chiffre TDS indique les milli grammes par litre des solides présents dans l'eau.
- **Salinité:** Teneur en sels dissous d'un soluté; généralement en désigne la proportion chlorure de sodium NaCl en solution dans les eaux.
- **Résidus sec:** la détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles dans eau. Il permet d'apprécier la minéralisation de l'eau.
- **Titre Alcalimétrique Complet (TA):** permet de connaître la teneur hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ), moitié de la teneur en carbonates  $\text{CO}_3^{--}$  et un tiers environ des phosphates présentes.
- **Titre alcalimétrique complet TAC:** correspond à la teneur en  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  pour des pH inférieures à 8.3, la teneur en ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{CO}_3^{--}$  est négligeable ( $\text{TA}=0$ ). Dans ce cas, la mesure du TAC correspond au dosage des bicarbonates seuls. les bicarbonates sont dosage par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.
- **Dureté ou hydrotimétrie(TH):** La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout dû aux ions calcium et  
○ magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, manganèse.

### III.3.3.2. Les Paramètres chimiques :

#### ➤ Potassium ( $K^+$ ) :

La teneur en potassium soit presque aussi important que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. La concentration maximale admissible selon les normes l'OMS égale a 12 mg/l. [22].

Le potassium à faibles doses ne présente pas de risque significatif. Mais il est à signaler que l'excès du potassium dans le corps humain provoque une hyperkaliémie. Ses symptômes sont principalement une défaillance du cœur et du système nerveux central qui finit par un arrêt cardiaque. [22].

Le potassium joue un rôle dans l'osmolarité des cellules et dans la transmission de l'influx nerveux. Des concentrations sensiblement plus élevées que la norme peuvent être acceptées car cet élément sous contrôle de l'hémostase, même des variations important de la teneur de l'eau n'auraient que des effets négligeables sur la concentration de l'organisme et son excès est éliminé par transpiration, par les urines et par les selles. [22].

#### ➤ Calcium ( $Ca^{++}$ ) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Composant majeure de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfate, chlorure, etc.

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

L'ostéoporose est une maladie dont les sujets ont des os extrêmement poreux, sont sujets à des facteurs qui guérissent lentement. Elle touche essentiellement les femmes après la ménopause et conduit souvent à une courbure de la colonne vertébrale et à un tassement des vertèbres de la colonne. [22].

Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium, les eaux qui dépassent 200 mg de calcium présentent de nombreux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (l'installation de chauffage). [22].

➤ **Magnésium ( $Mg^{++}$ ) :**

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue 2.1% de l'écorce terrestre, son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle (réducteur chimique batteries sèches...) font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes.

Le magnésium est par ordre d'importance le deuxième cation contenu dans les cellules après le potassium, il joue le rôle de stabilisateur de la membrane cellulaire en protégeant la cellule contre une rétention de sodium.

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

Il constitue un élément activateur pour les systèmes enzymatiques, (phosphatase, catalase) pour la synthèse des protéines et pour le métabolisme des lipides.

L'insuffisance magnésique entraîne des troubles neuromusculaires, l'intérêt du magnésium dans thérapeutique de la spasmophilie est bien connu.

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

Élément essentiel de la nutrition chez l'homme et l'animale, la concentration maximale admissible est 100 mg/l. [22].

➤ **Chlorure ( $Cl^-$ ) :**

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

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

La norme d'OMS recommande que la teneur en chlorure ( $Cl^-$ ) des eaux ne dépasse pas 350 mg/l.[22].

➤ **Sodium ( $\text{Na}^+$ ) :**

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

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau, il n'a pas de valeur limite standard, cependant les eaux trop chargées en sodium devient saumâtre prennent un goût désagréables. [22].

➤ **Sulfates ( $\text{SO}_4^{--}$ ) :**

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

La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux de la minéralisation suivant ceux-ci, et selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfate dans l'eau peut entraîner des troubles gastro-intestinaux en particulier chez l'enfant. La propriété principale des sulfates sur la santé est une action laxative est plus importante en présence de magnésium et de sodium, utilisées d'ailleurs dans le thermalisme. Les concentrations maximales admissibles en sulfates sont de l'ordre de 400 mg/l selon la norme d'OMS ; [22].

➤ **Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

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

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

Si l'existence des nitrates à des doses inférieurs à la norme dans l'eau donne une saveur agréable en laissant une sensation de fraîcheur.

Par contre leur excès n'a pas d'effet toxique direct (sauf à doses très élevées) les faits qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduits à une toxicité indirecte provoquant chez nourrissons, une cyanose liée à la formation méthémoglobine.

Cette intoxication, provoquée par l'absorption de petites doses de nitrates, est en réalité due aux nitrites formés par la réduction des nitrates sous l'influence d'une action bactérienne, cette réduction ne se produit pas chez l'adulte car elle est contrôlée par l'acidité du suc gastrique, par contre dans l'estomac de nourrisson le liquide gastrique est insuffisamment acide, surtout chez les sujets diarrhéiques, permet la prolifération de bactéries réductrices de nitrates en nitrite. [22].

➤ **Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des doses faibles, les nitrites sont la forme intermédiaire entre l'azote ammoniacal et les nitrates car ils proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante.

Il faut retenir que les nitrites peuvent avoir une action méthémoglobinisante comme cela est indiqué à propos des nitrates. Les valeurs limites recommandées pour les nitrites dans l'eau boisson, sont des doses inférieures à 1 mg/l pour la norme d'OMS.

Une eau renfermant une quantité élevée des nitrites (supérieure à 1 mg/l) est considérée chimiquement impure. [22].

➤ **Fluor ( $\text{F}^-$ ) :**

Le fluor élément le plus électronégatif et par suite oxydant le plus puissant à la chimie. On considère qu'une faible teneur en fluor dans l'eau (0.4 à 1 mg/l) est favorable à la formation de l'émail dentaire et protège les dents contre la carie, des doses supérieures à 1 mg/l risquent de faire apparaître des taches sur l'émail dentaire (fluorose) qui s'aggravent par des décalcifications et des chutes des dents. [22].

➤ **Hydrocarbures ( $\text{CO}_3^-$ ) :**

Les hydrocarbures sont des substances qui surnagent à la surface de l'eau sous forme d'un film superficiel, ils peuvent être également émulsionnés dans l'eau ou adhérer aux particules en suspension dans le cas de contamination de réservoir ou d'un circuit de distribution d'eau par les hydrocarbures, les modifications du goût et de l'odeur de l'eau peuvent persister longtemps, rendant cette eau inutilisable durant de longues périodes.

La concentration maximale admissible a été réduite à 1 mg/l. [22].

➤ **Fer (Fe<sup>++</sup>) :**

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et précipite par oxydation à l'air. Le Fer est un élément ne représentant aucun inconvénient pour l'organisme humaine, il peut, cependant à certain concentration (excès), présenter des désagréments à la consommation (saveur) et au ménager (tache de rouille la ligne), les normes de l'OMS retiennent la valeur limite de 0.3 mg/l de fer dans l'eau. [22].

Les substances chimiques dites indésirables, Sont des substances dont la présence dans l'eau est tolérée, tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil. Plusieurs éléments sont indispensables à l'organisme humain à faible dose. [22].

### **III.3.3.3. Les Eléments métalliques en trace (toxique dite aussi lourds):**

On appelle métaux lourds les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5g/cm<sup>3</sup>. Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : mercure, plomb, cadmium, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb, le cadmium et le mercure.

La toxicité des métaux lourds n'est plus à démontrer. La toxicité du mercure est par exemple connue depuis l'Antiquité. La plupart du temps, les effets toxiques des métaux lourds concernent le système nerveux, le sang ou la moëlle osseuse. Ils sont généralement cancérigènes. Pour plus d'informations spécifiques sur chaque métal. [22].

➤ **Le mercure (Hg) :**

Élément chimique connu depuis l'Antiquité, extrêmement toxique sous forme de vapeur et sous forme de sels solubles dans l'eau. Le seul métal liquide à température ambiante, brillant, blanc argenté, légèrement volatile à température ambiante, s'altère lentement à l'air et élément de transition.

Le mercure est assez peu abondant dans le milieu naturel. En l'absence de pollution, sa teneur varie entre 0,01 et 0,0001 ppm dans les roches, l'air et l'eau. On le trouve en faibles quantités à l'état pur ou combiné avec l'argent ; On le rencontre le plus souvent sous forme de sulfure dans le CINABRE de formule (HgS) son principal minerai. De couleur rouge lumineux, ce minéral est assez rare et se présente habituellement sous forme de veines dans les roches sédimentaires, le cinabre cristallise dans le système hexagonal et son clivage prismatique est parfait. Sa dureté est de 2,5 et sa densité relative de 8,1. On trouve aussi le mercure dans des composés organiques, une partie du mercure dissout se dépose dans les sédiments, la norme de potabilité donnée par l'OMS égale a 0.001 mg/l. [22].

➤ **Plomb(Pb) :**

Il est rencontré en quantité très négligeable (non contaminées) ne dépasse pas quelques dizaines de microgramme par litre parce que le plomb est élément très toxique pour l'homme, est responsable du saturnisme et des altérations de la fertilité, les normes fixent sa CMA donnée par l'OMS et de 0.1 mg/l. (Dentelle, 2001). [22].

➤ **Zinc (Zn<sup>++</sup>) :**

Le Zinc est considéré comme un élément essentiel dans la nutrition humaine et animale mais la quantité ingérée par l'eau est négligeable, sa teneur dépasse rarement les 01mg/l, les normes fixent sa concentration maximale à 5mg/l, valeur au-delà de laquelle il confère à l'eau un désagréable goût. [22].

### III.4. Normes de potabilité :

Les normes sont des documents de références (établis par consensus entre divers partenaires), pour l'appréciation de la qualité de l'eau sur le plan de la sécurité sanitaire et le bien-être des populations. Elles doivent être reconnues par l'état et s'appuyer, pour leur mise en pratique, sur des textes des lois et des réglementations. ( **Le tableau N°III.01**)

*Tableau N°III.01 : Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable*

Caractéristiques physico-chimiques	N.Algérienne	Unité	OMS
température	25	°C	≤25
pH	6,5-8,5	-	6,5-8,5
conductivité	2800	μS/cm	2500
Turbidité	1_2	NTU	<u>5</u>
Calcium	75_200	(mg/l)	<u>200</u>
Magnésium	150	(mg/l)	150
Chlorures	200_500	(mg/l)	<u>250</u>
Potassium	<u>20</u>	(mg/l)	-
Sodium	<u>200</u>	(mg/l)	<u>200</u>
TH	<u>500</u>	(mg/l)	<u>500</u>
TAC	<u>250</u>	(mg/l)	<u>250</u>
Résidu sec	<u>2000</u>	mg/l après séchage	<u>1500</u>
Sulfates	200_400	(mg/l)	<u>400</u>
Fer total	<u>0.3</u>	(mg/l)	<u>0.3</u>
Nitrite	<u>0.1</u>	(mg/l)	<u>3</u>
Nitrates	<u>50</u>	(mg/l)	<u>44</u>
Phosphate	<u>0.5</u>	(mg/l)	<u>0.5</u>
Ammonium	0,05_0,5	(mg/l)	<u>0.5</u>

**Conclusion :**

- Dans un environnement socio-économique en pleine mutation, caractérisé par des conditions climatiques particulièrement difficiles, l'eau au Sahara demeure un facteur primordial de tout développement des activités humaines.
- Les eaux souterraines sont contenues dans des aquifères de natures très variées, définies par la porosité et la structure du terrain. Ces paramètres déterminent le type de nappe et le mode de circulation de l'eau.
- La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau. A chaque instant s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau.
- Suivant le terrain d'origine, les eaux souterraines peuvent contenir des éléments dépassant les normes de potabilité. ... Toutes ces dépassements doivent être traités avant distribution.
- Ce n'est pas parce qu'un élément chimique est d'origine naturelle qu'il ne sera pas nuisible pour l'Homme ou pour les espèces vivantes des milieux superficiels en contact avec les eaux souterraines.

*Chapitre IV:*

*Caractérisation  
de la qualité.*

## **Introduction :**

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au niveau de la nappe albienne (forages) de la région de Berriane.

L'objectif de notre est de déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux et des éléments dissous afin d'identifier leurs origines, et de définir les faciès chimiques des eaux de forages. Cette étude portera également sur la potabilité de l'eau étudiée, pour cela, un certain nombre de diagrammes ont été élaborés qui permettront l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques.

Les diagrammes illustrent une comparaison des paramètres physico-chimiques et des eaux souterraines avec les normes de potabilité fixées par l'état algériennes et celles de l'OMS.

Ces diagrammes représentent la comparaison des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines avec les normes fixées par l'OMS et les Norme Algériennes

### **IV.1.Choix de la région d'étude:**

Plusieurs critères déterminent le choix de la région d'étude, les plus importants sont:

- La présence de l'eau qui est un facteur limitant de toute activité agricole dans la région.
- L'existence des exploitations agricoles qui utilisent ces eaux pour l'irrigation et même pour l'alimentation en eau potable.

#### **IV.1.1.Choix des points de prélèvement :**

Pour une bonne représentativité des échantillons, nous avons choisi les forages de prélèvement selon les critères suivants :

- Une bonne répartition spatiale des forages
- L'utilisation pour l'eau potable pour l'irrigation
- L'accessibilité aux points d'eau à prélever.

#### **IV.1.2.Exécution des prélèvements :**

Après le choix des points de prélèvement, il est nécessaire d'ouvrir le robinet Suffisamment pour renouveler l'eau contenue dans le tubage jusqu'à ce qu'elle devienne représentative de la portion d'aquifère que l'on veut échantillonner.

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des flacons propres, rincés avec l'eau distillée puis avec l'eau à analyser. Après la mise en flacon des échantillons,

les flacons doivent être fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon. Les flacons doivent être clairement identifiés à l'aide d'étiquettes indiquant le numéro de l'échantillon.

#### **IV.1.3. Stockage des échantillons :**

Toutes les eaux sont susceptibles de se modifier plus ou moins rapidement par suite des réactions physiques, chimiques ou biologiques qui peuvent avoir lieu dans le flacon dans le laps de temps qui sépare le prélèvement de l'analyse.

Pour cela, il faut apporter les échantillons au laboratoire d'analyses dès que possible (délai inférieur à 24 heures). La température de l'échantillon ne doit jamais dépasser celle de l'eau souterraine prélevée. Les flacons doivent être stockés à l'abri de la lumière et au frais (glacière ou réfrigérateur).

Au laboratoire, les échantillons doivent être conservés au réfrigérateur entre 3 et 5°C (Thierrin, 2001).

#### **IV.1.4. Mesures in situ:**

Les mesures de terrain concernent, la conductivité électrique et la température. En effet, nous avons consulté un certain nombre de questions sur la qualité de l'eau, qui a été fait par la société SEDAT aux consommateurs des forages.

Ils ont mesuré la conductivité électrique et la température à l'aide d'un conductimètre de terrain.

#### **IV.1.5. Zone d'échantillonnage:**

Ils' agit des 09 forages d'utilisation urbaine et agricole a la région de Berriane wilaya de Ghardaïa, le tableau ci-dessus présentent quelques informations sur ces forages (**Tab N°IV.01**).

**Tableau N° IV-01: Présentation générale des forages.(ADE 2017)**

Nom	Nappe	Nom de forage	Date de mise en service	Coordonnées			Profou- nder	Qualité des eaux
				X	Y	Z		
F_01	Albienne	EL-MADAGH 01	1988	03 45 33	32 49 11	529	500	Bonne
F_02	Albienne	BASSA	1976	03 46 44	32 49 54	525	500	Bonne
F_03	Albienne	CHIEKH-AMER 01	1984	03 46 50	32 49 57	573	500	Bonne
F_04	Albienne	BALLOUH 1	1959	03 45 34	32 50 03	530	444	Bonne
F_05	Albienne	BAMED OULHADJ mixte	1995	03 45 10	32 49 52	534	487	Bonne
F_06	Albienne	BALLOUH 2	1977	03 44 55	32 49 32	530	500	Bonne
F_07	Albienne	CHIEKH-AMER 02	2013	/	/	/	545	Bonne
F_08	Albienne	BABA SAAD	1996	/	/	/	505	Bonne
F_09	Albienne	EL-MADAGH 02	2013	/	/	/	500	Bonne

## IV.2.Détermination de la qualité physico-chimique de l'eau :

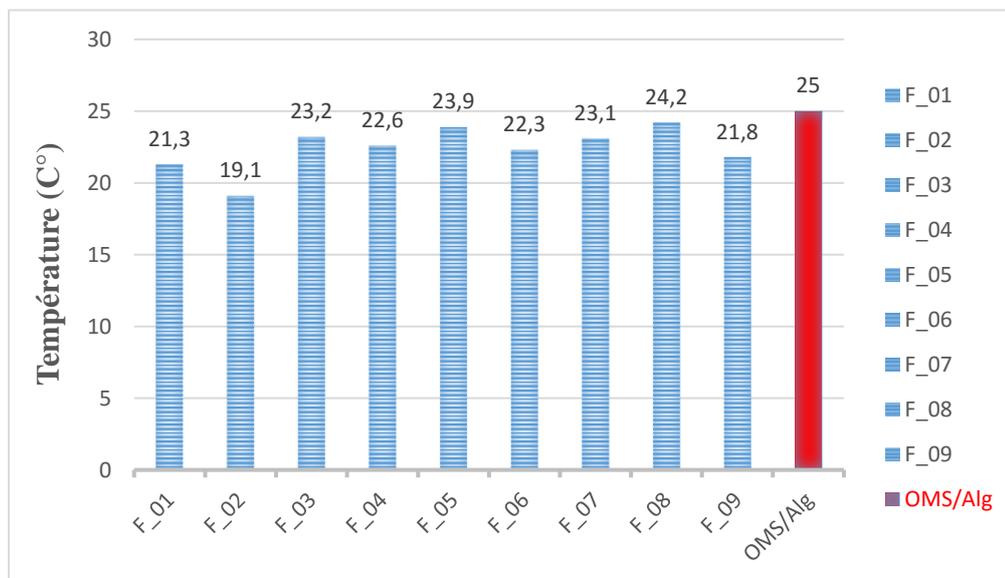
### IV.2.1.Paramètres physiques

#### IV.2.1.1.La température (T) :

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine [20].

Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol; les températures mesurées dans les 09 forages étudiés pendant toute la période d'étude varient entre 19.1°C et 24.2°C forage (F\_02) et (F\_08) .(Fig IV.01)

La totalité de ces valeurs mesurées sont dans les normes algériennes ainsi que les normes décrites par l'OMS. (Annexe. I)

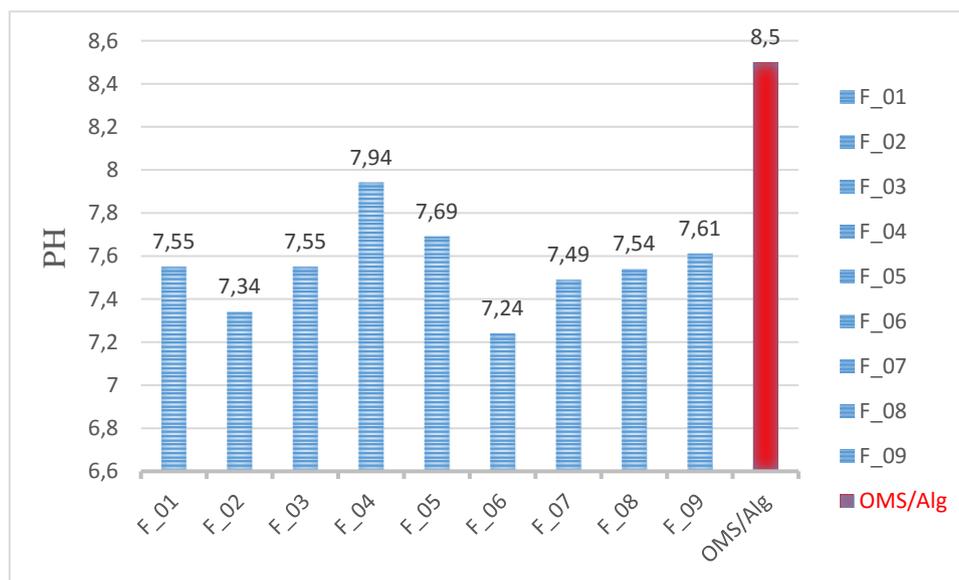


**Figure IV.01 : Evolution de température d'eau des 09 forages.**

#### IV.2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH mesure la concentration en ions  $H^+$ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. [8].

Les valeurs du potentiel Hydrogène se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles, l'eau de ces forages a présentée pendant toute la période de l'étude des valeurs de pH fluctuant entre 7.24 et 7.94 Le maximum est enregistré dans le forage (F\_04) et le minimum est enregistré dans le forage (F\_06) (**Fig IV.02**). On constate donc que ces valeurs proches de la neutralité, sont acceptables selon les normes de l'OMS et les normes algériennes.

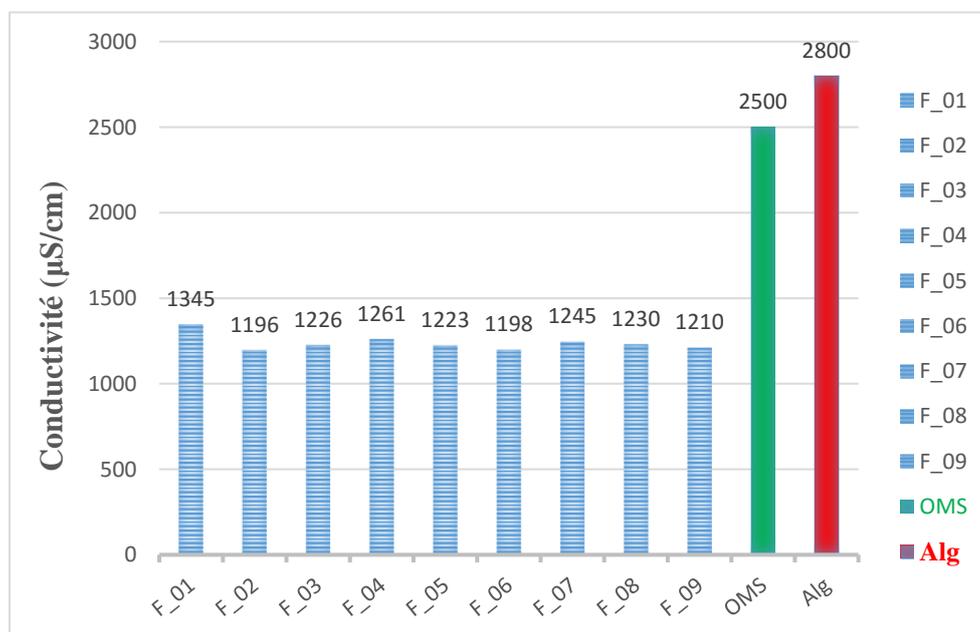


**Figure IV.02: Evolution du pH de l'eau des 09 forages.**

### IV.2.1.3 La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée.[24]. C'est la mesure de l'aptitude des eaux à conduire l'électricité et donne une bonne indication des concentrations en substances minérales dissoutes. Bien souvent, il existe une corrélation entre la conductivité et la dureté de l'eau due principalement à la présence de calcium et de magnésium [24].

Les valeurs de la conductivité varient pendant toute la période de l'étude entre 1196  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1345  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , la valeur le plus élevée enregistrée (1345  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) au niveau du forage (F\_01) tandis que le minimum est enregistré (1196  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) au niveau du forage (F\_02) (**Fig IV.03**). Ceci indique que la CE de cette eau est acceptable par rapport aux normes algériennes et internationales.

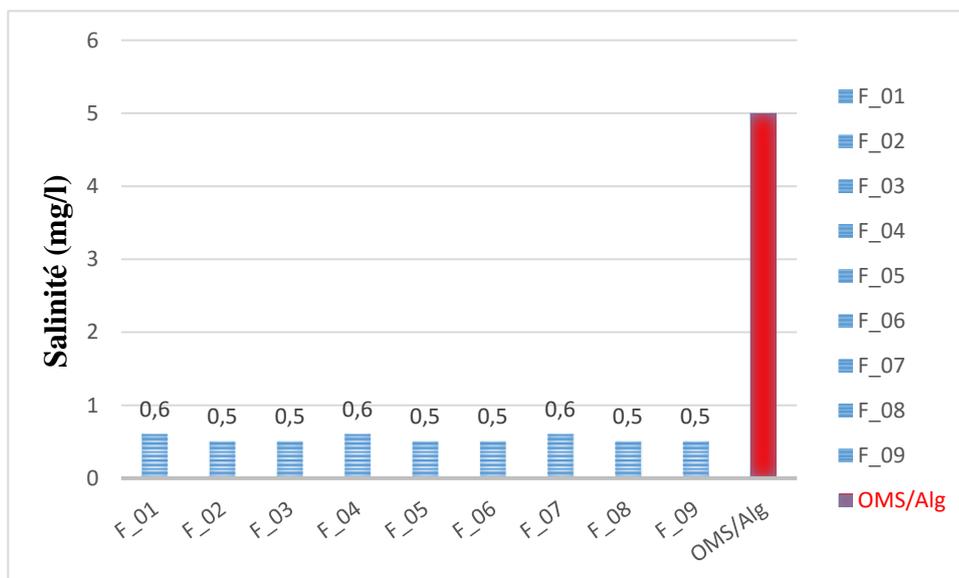


**Figure IV.03 : Evolution de la conductivité électrique (CE) de l'eau des 09 forages.**

### IV.2.1.4. La salinité:

La présence de sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité), la viscosité et l'absorption de la lumière ne sont pas influencées de manière significative, enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) [15].

La salinité est proportionnelle à la conductivité. Sa variation suit la même allure où la valeur le plus élevée est de 0.6 mg/l enregistré dans les forages (F\_01) et (F\_04) et (F\_07) pendant toute la période d'étude et les valeurs les moins élevées sont enregistrées dans les autres forages (**Fig IV.04**). Les valeurs donc ne dépassent pas les normes de l'OMS et les normes algériennes.

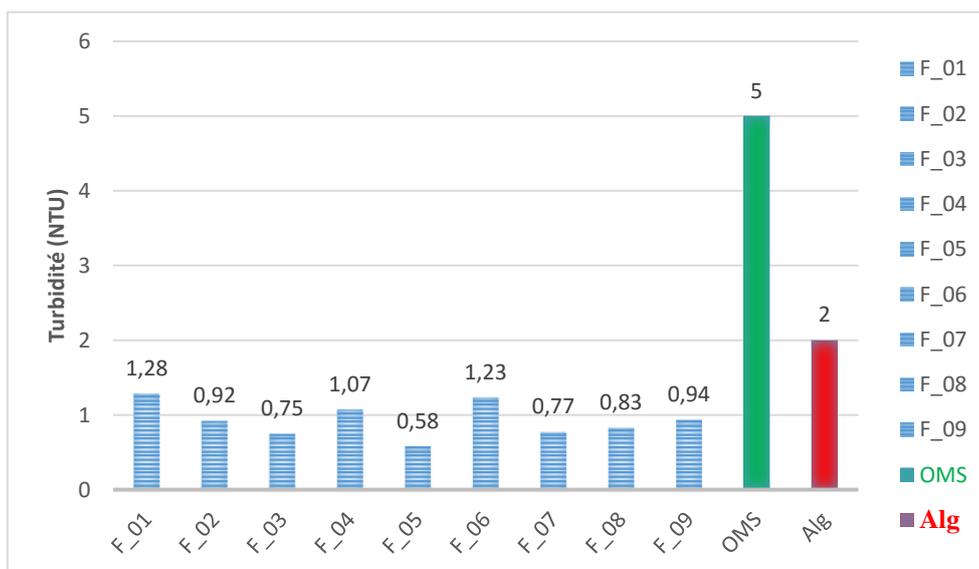


*Figure IV.04: Evolution de la salinité de l'eau des 09 forages.*

#### IV.2.1.5. La turbidité (NTU) :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées argiles, limons, grains de silice, matières organiques, algues, micro-organismes, etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux [22].

Les valeurs moyennes calculées de la turbidité de l'eau prélevée à partir des 09 forages montrent que la qualité de l'eau est conforme aux normes Algériennes ainsi que celles de l'OMS comme nous l'indique (**Fig IV.05**). La valeur la plus élevée enregistrée (1.28 NTU) au niveau du forage (F\_01), tandis que le minimum est enregistré (0.58 NTU) au niveau du forage (F\_05).



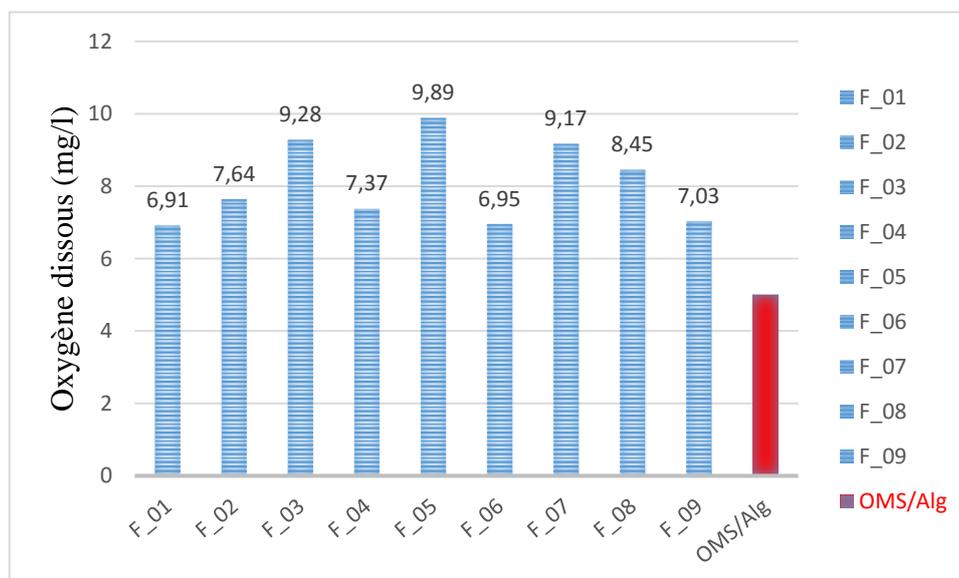
*Figure IV.05 : Evolution de La turbidité (NTU) de l'eau des 09 forages*

## IV.2.2. Les paramètres chimiques:

### IV.2.2.1.L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>):

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité [21].

Les teneurs en oxygènes mesurés dans tous les forages étudiés dépassent légèrement les normes nationales et internationales de l'eau destinée à la consommation humaine, le forage (F\_05) donne les teneurs les plus élevés pendant les 09 campagnes de prélèvements où le maximum est de (9.89 mg/l), tandis que le minimum est enregistré (6.91mg/l) au niveau du forage (F\_01). (**Fig IV.06**)

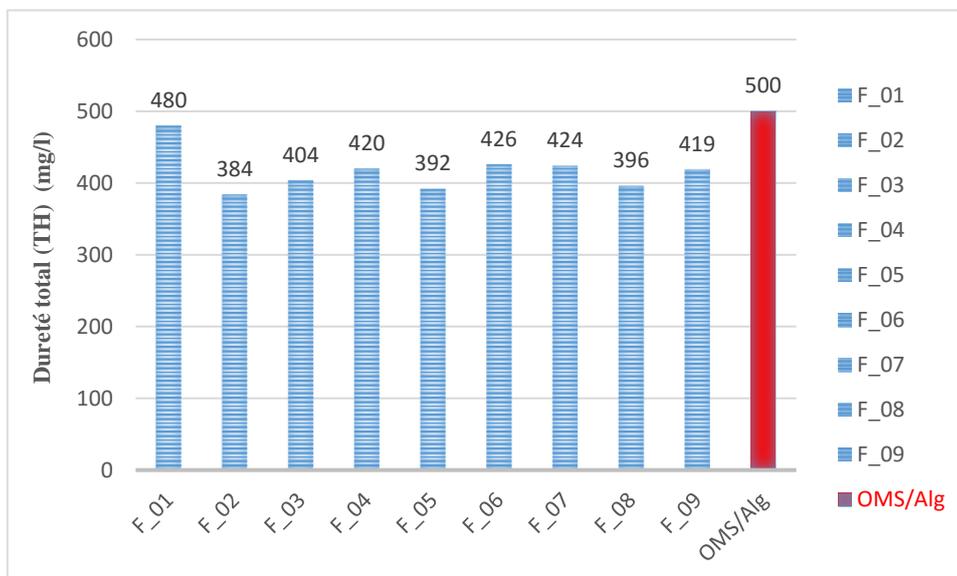


*Figure IV.06: Evolution de L'oxygène dissous de l'eau des 09 forages.*

### IV.2.2.2. Dureté total (TH) :

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sels de calcium et de magnésium sous forme de bicarbonates, de sulfates et de chlorures, c'est donc la concentration en ions alcalino-terreux, que l'on mesure globalement par le titre hydrotimétrique TH [11].

La figure ci-dessous (**Fig IV.07**) nous montre les résultats obtenus durant notre étude sur la qualité physico-chimique de l'eau de cette région, les valeurs données varient entre 480 mg/l et 384 mg/l où la valeur maximale est dans le forage (F\_01) et la valeur minimale est dans le forage (F\_02). Les résultats donc sont dans les normes algériennes et de l'OMS.



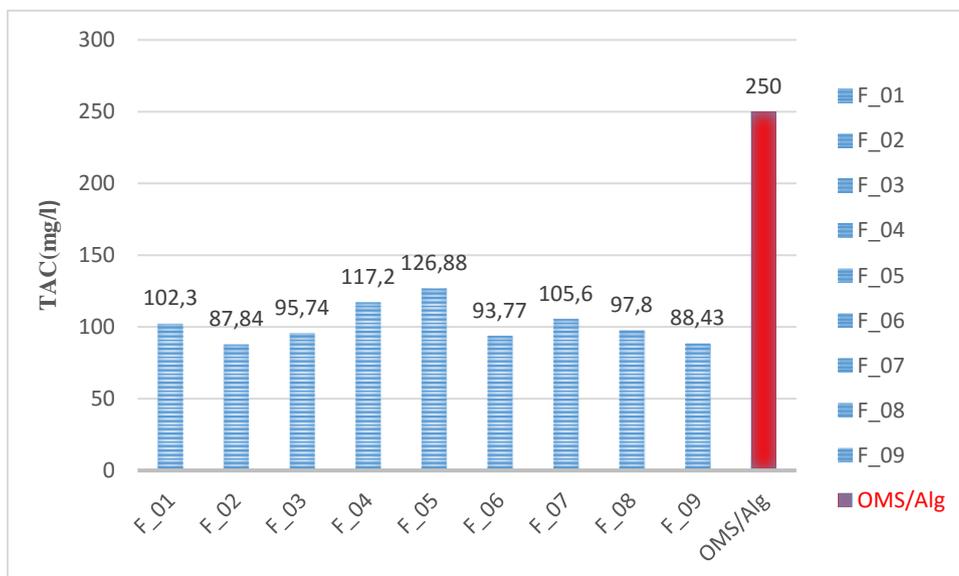
*Figure IV.07: Evolution la dureté total (TH) de l'eau des 09 forages.*

#### IV.2.2.3.L'alcalinité (TA et TAC) :

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène  $H^+$  qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates  $HCO_3^-$ , carbonate  $CO_3^{2-}$  et  $OH^-$ . Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacaux, matières organiques,...) ou industriels (apport basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur

le degré d'oxydation des composés organiques et elle permet de déterminer les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenus dans l'eau. [24].

Les concentrations du Titre Alcalimétrique Complet (TAC) au niveau des 09 forages étudiés sont inférieures par rapport à la norme de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine (**Fig IV.08**), ainsi que les normes algériennes. Ceci indique que la qualité de cette eau est acceptable par rapport à ces normes, nous observons que les valeurs sont généralement comprises entre (87.84 et 126.88 mg/l).



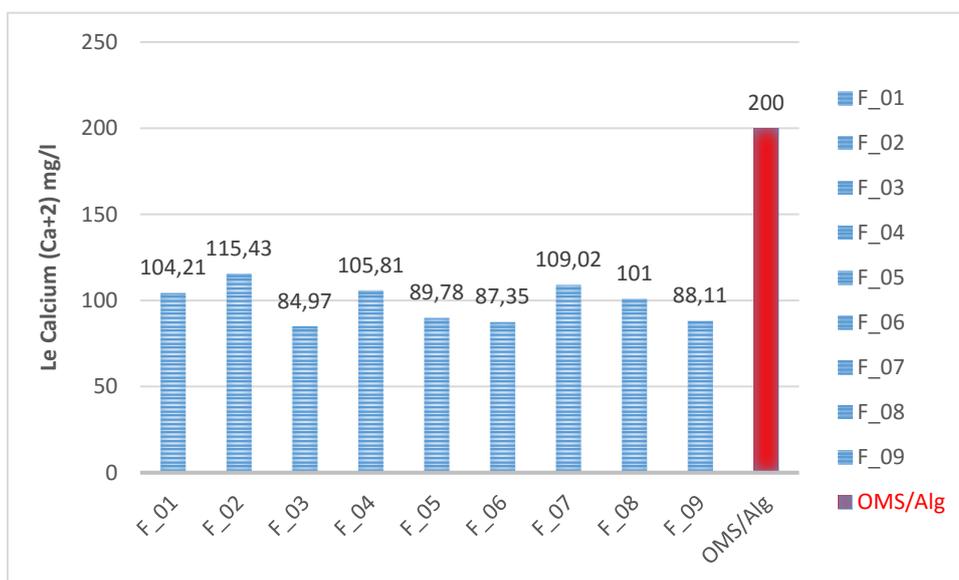
**Figure IV.08: Evolution de l'Alcalinité de l'eau des 09 forages.**

### IV.2.3.éléments de pollution

#### IV.2.3.1.Le Calcium ( $\text{Ca}^{+2}$ ):

$\text{Ca}^{+2}$  est un élément dominant dans les eaux potables. Composant majeur de la dureté de l'eau, il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures...etc.[3]

Les concentrations en ions calcium  $\text{Ca}^{+2}$  dans les échantillons variaient entre 115.43 mg/L et 84.97 mg/L; lorsque l'eau s'évaporé la concentration augmente. le taux le plus élevé du calcium est enregistré dans le forage (F\_02) et le taux minimal est enregistré dans le forage (F\_03), nous remarquons que toutes les valeurs ne dépassaient pas les 200 mg/l, la norme algérienne et de l'OMS (**Fig IV.09**).

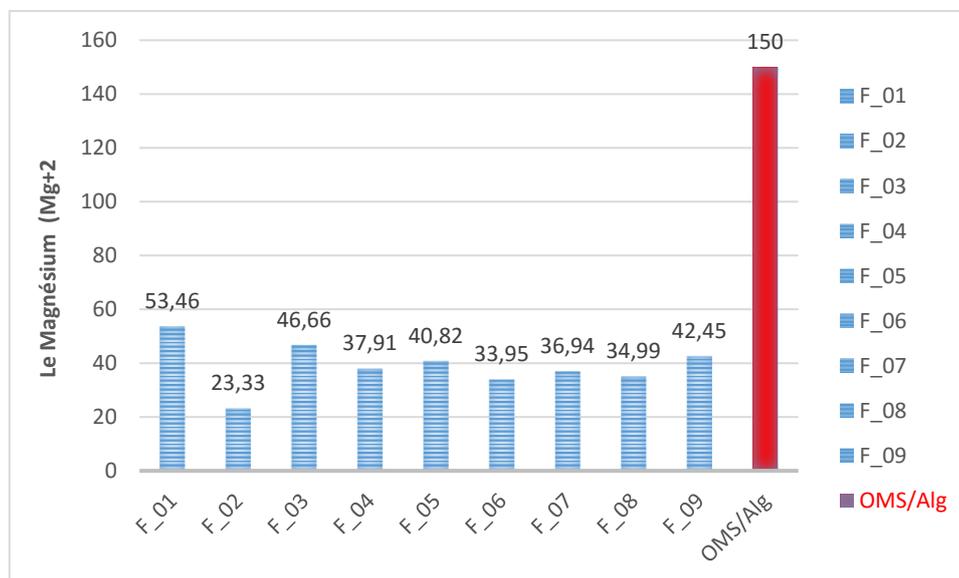


**Figure IV.09 : Evolution des taux du Calcium de l'eau des 09 forages.**

#### IV.2.3.2. Le Magnésium ( $Mg^{+2}$ ) :

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre, Est un constituant de nombreux minéraux et roches, en particulier la dolomite (carbonate double de calcium et de magnésium), il provient également de la dissolution d'autres roches (basalte, magnésites, argiles, etc.), il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. [23].

D'après les résultats des analyses de  $Mg^{+2}$  (**Fig IV.10**) nous remarquons que tous les échantillons ont des teneurs inférieures à (150 mg/l) ; qui est la teneur maximale admissible par l'OMS, la teneur la plus faible est de 23.33 mg/l est observé au niveau de forage (F\_02) et la valeur maximale est de 53.46 mg/l notée au niveau du forage (F\_01). Cette concentration est en relation directe avec la nature géologique des terrains traversés.



**Figure IV.10: Evolution des taux du Magnésium de l'eau des 09 forages**

**IV.2.3.3. Sodium ( $Na^+$ ) :** Le sodium est le sixième élément le plus abondant dans la croûte terrestre, il représente 2.83% sous toutes ses formes. Il provient essentiellement de la dissolution de l'Halite. Le sodium est nécessaire pour le fonctionnement des muscles et des nerfs, mais trop de sodium peut augmenter le risque d'hypertension artérielle. On note aussi les eaux trop chargées en sodium devient saumâtre prennent un goût désagréables. Pour des considérations liées à des critères gustatifs, l'OMS recommande une valeur limite de 200 mg/l.

Les concentrations du Sodium au niveau des 09 forages étudiés sont inférieures par rapport à la norme de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine sauf le forage (F\_08) (**Fig IV.11**), ainsi que les normes algériennes (200 mg/l). Ceci indique que la qualité de cette eau est acceptable par rapport à ces normes, nous observons que les valeurs de concentrations sont généralement comprises entre (122.76 et 207.3 mg/l).

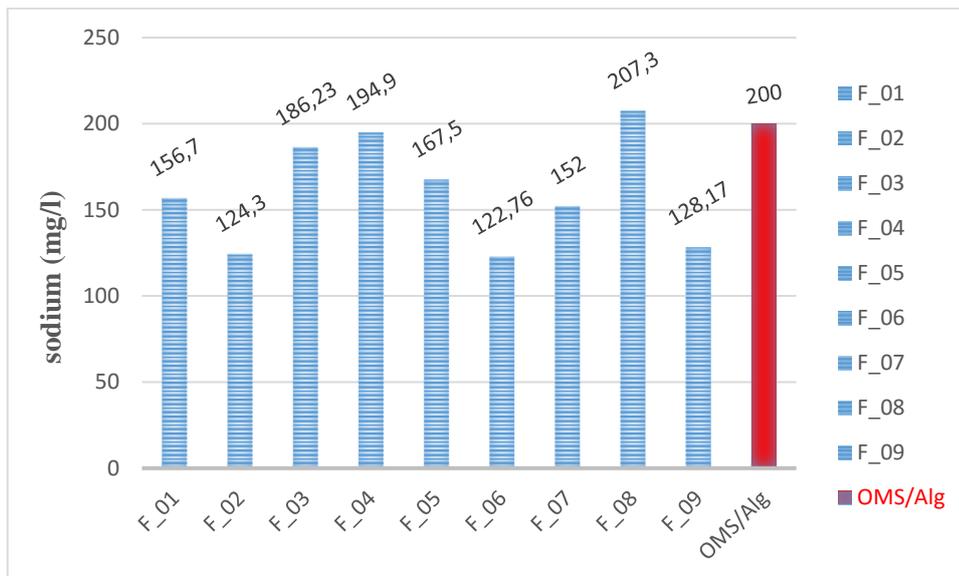


Figure IV.11 : Evolution des taux du sodium de l'eau des 09 forages

**IV.2.3.4. Potassium ( $k^+$ )** : Le potassium est un élément chimique, sa réaction avec l'eau est d'ailleurs bien plus forte que celle du sodium. Dans la zone d'étude on le retrouve dans les évaporites comme le Sylvite et les produits chimiques utilisés en agriculture (le sulfate de potassium).

Les résultats des potassiums (**Fig IV.12**) nous montrent que leurs concentrations dans les eaux de toutes les forages sauf le forage (F\_06) (23.2 mg/l) ne dépassent pas la norme OMS et algérienne (20 mg/l) le maximum (23.2 mg/l) enregistré dans le forage (F\_06) et le minimum (12.37 mg/l) dans le forage (F\_09).

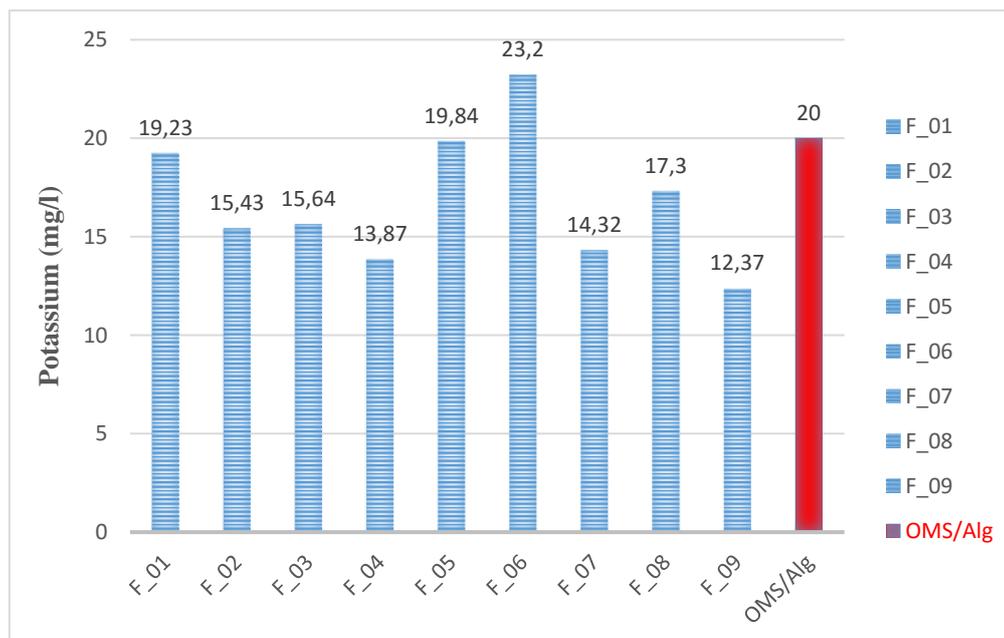
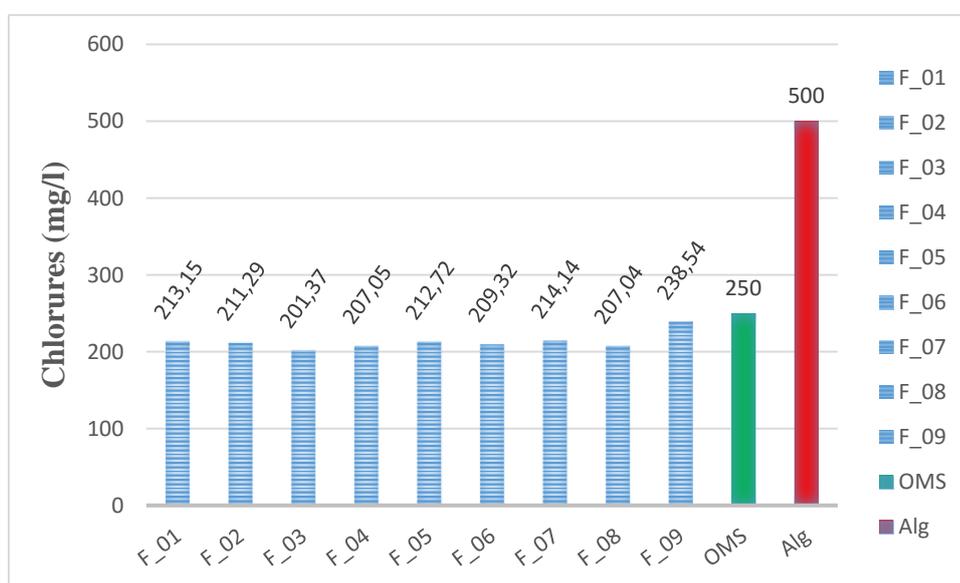


Figure IV.12 : Evolution des taux du potassium de l'eau des 09 forages

#### IV.2.3.5. Les chlorures( $\text{Cl}^-$ ):

Les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles mais à des proportions variables, ils proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salifères; des rejets des eaux usées d'origine domestique et industrielle [13].

La variation quantitative temporelle de chlorure dans les 09 forages montre que la concentration de chlorure dans le forage (F\_09) élevée que les autres et peut être liée principalement à la nature des terrains, nous avons observé que leur concentration ne dépasse pas ni la norme OMS (250mg/l) ni la norme algérienne (500mg/l); La teneur maximale a été enregistrée (238.54 mg/l) au niveau du forage (F\_09), et la valeur minimale est de (201.37 mg/l) enregistrée dans le forage (F\_03). (**Fig IV.13**)



**Figure IV.13: Evolution des taux de Chlorures dans l'eau des 09 forages.**

#### IV.2.3.6. Sulfate $\text{SO}_4^{2-}$ :

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable, dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé [23].

Les concentrations des sulfates dans les forages prélevés sont dans l'ensemble inférieures à 400 la norme L'OMS et les normes Algériennes, la valeur maximale est 395.57mg/l au niveau de forage (F\_8) (**Fig IV.14**), la présence de cet élément dans l'eau est liée à la dissolution des lentilles gypseuses, les concentrations en sulfates sont plus élevées

en période de pluies et ceci dans tous les points de prélèvement.

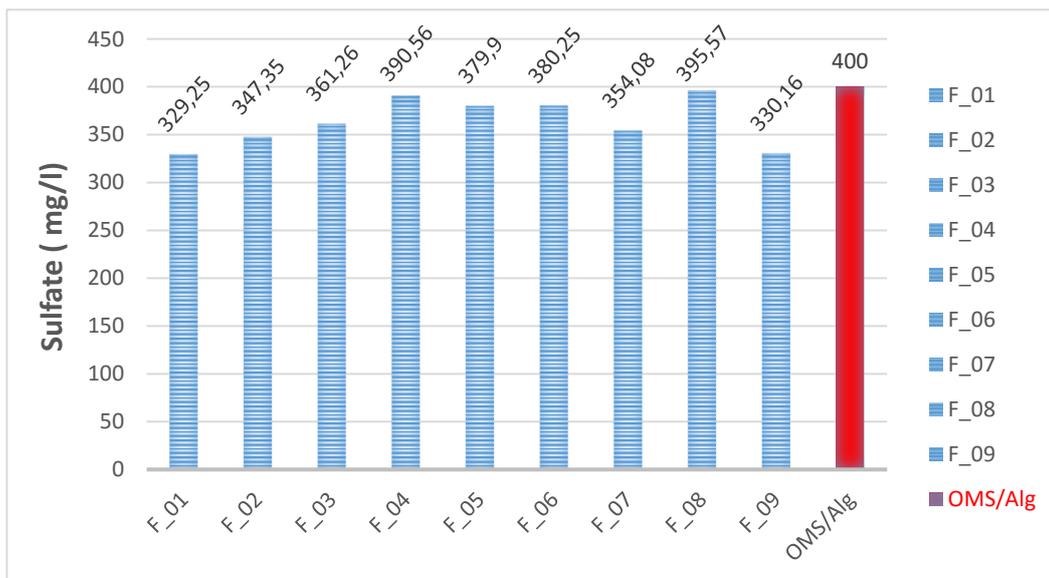


Figure IV.14: Evolution du sulfate dans l'eau des 09 forages.

#### IV.2.3.7. Résidu sec

la détermination du résidu sec dans l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau [24].

Les résultats des résidus secs (Fig IV.15) nous montrent que leurs concentrations dans les eaux des 09 forages ne dépassent pas la norme OMS et algérienne (2000 mg/l) le maximum (2000 mg/l) enregistré dans le forage (F\_02) et le minimum (1130 mg/l) dans le forage (F\_04).

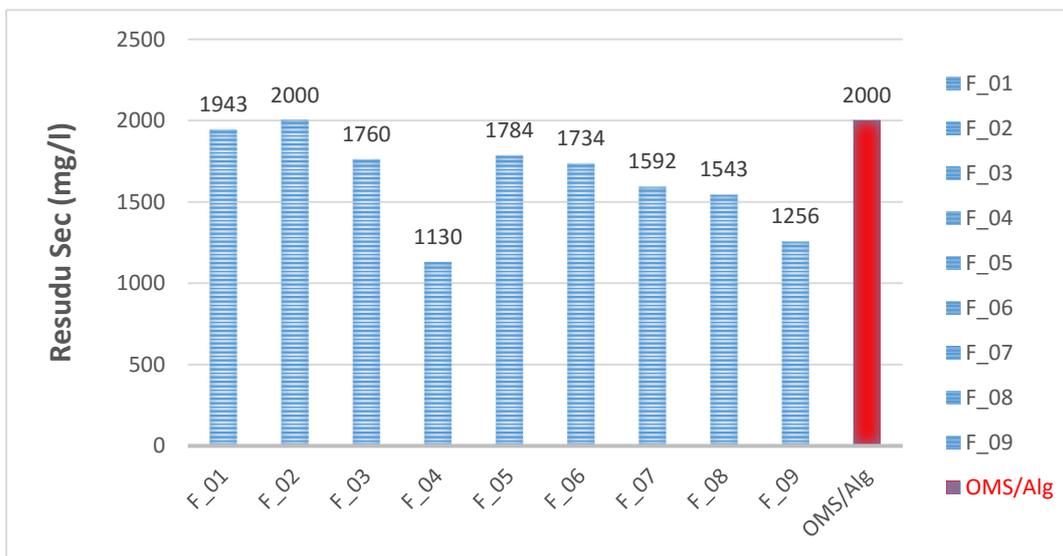


Figure IV.15: Evolution des taux du résidu sec dans l'eau des 09 forages

## IV.2.4.métaux lourds :

### IV.2.4.1.Le Fer $Fe^{2+}$ :

La teneur en ions  $Fe^{2+}$  mesurés dans les 09 forages varient entre 0 mg/l et 0.3 mg/l pendant toute la période d'étude, le maximum est enregistré au forage (F\_04) et (F\_06) et le teneur minimal est enregistré dans les autres forages, leurs concentrations dans les eaux des forages sont inférieures à la norme (5 mg/l) décrite par l'OMS. (Fig IV.16)

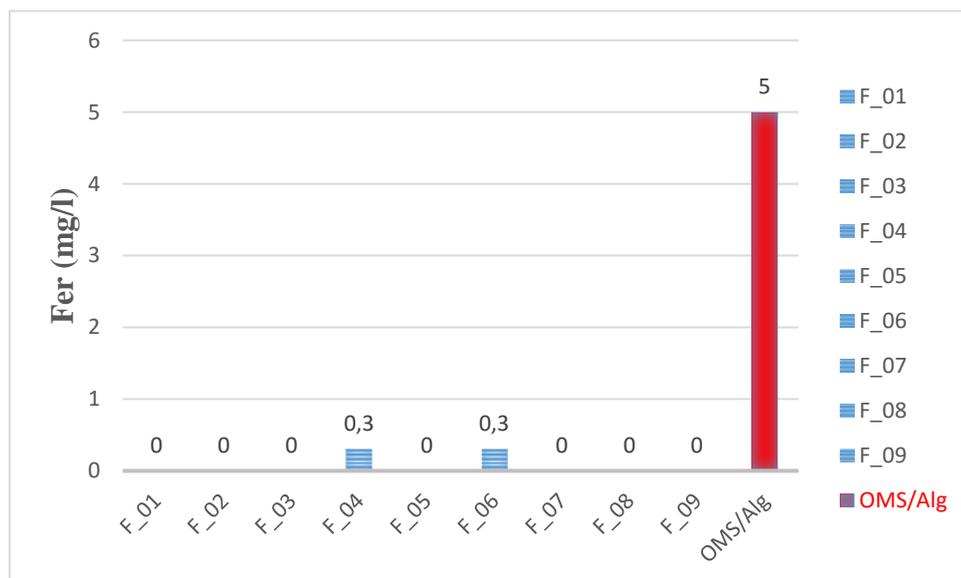


Figure IV.16: Evolution du fer dans l'eau des 09 forages.

## IV.2.5. Cycle de l'azote :

Dans la nature l'azote existe sous trois formes chimiques (nitrates, nitrite et l'ammonium):

### IV.2.5.1. Nitrate $NO_3^-$ :

Les nitrates,  $NO_3^-$ , sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver [7], ils sont généralement l'indice d'une pollution [24].

Les concentrations dans les trois forages d'eau sont dans l'ensemble est inférieures à la norme de 50 mg/l décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine ; la valeur maximale est (16.18) au niveau du forage (F\_02) (Fig IV.17).

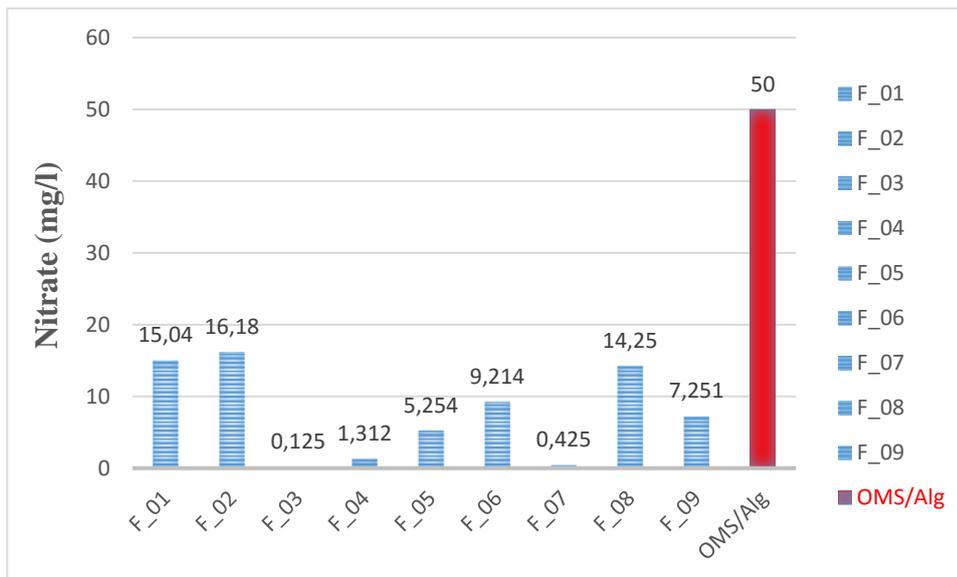


Figure IV.17: Evolution de nitrate dans l'eau des 09 forages.

IV.2.5.2. Nitrite  $\text{NO}_2^-$  :

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates, leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible ; une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique[19].

La figure 18 nous montre que les teneurs en nitrites sont peu importantes, les valeurs de tous les prélèvements de notre étude ne dépassent pas les normes algériennes et de l'OMS (0.2 mg/l); le maximum enregistré est de 0,0176 mg/l au niveau de forage (F\_05) (Fig IV.18).

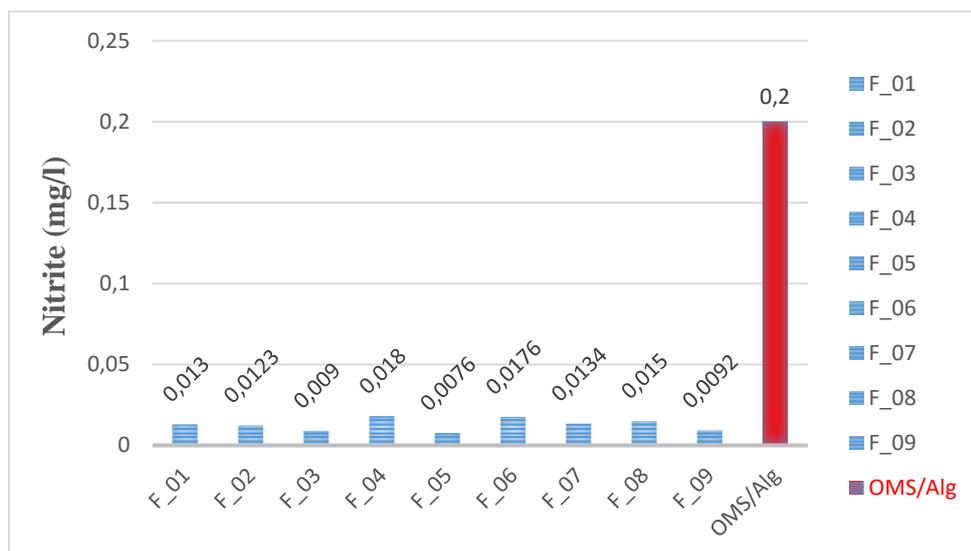
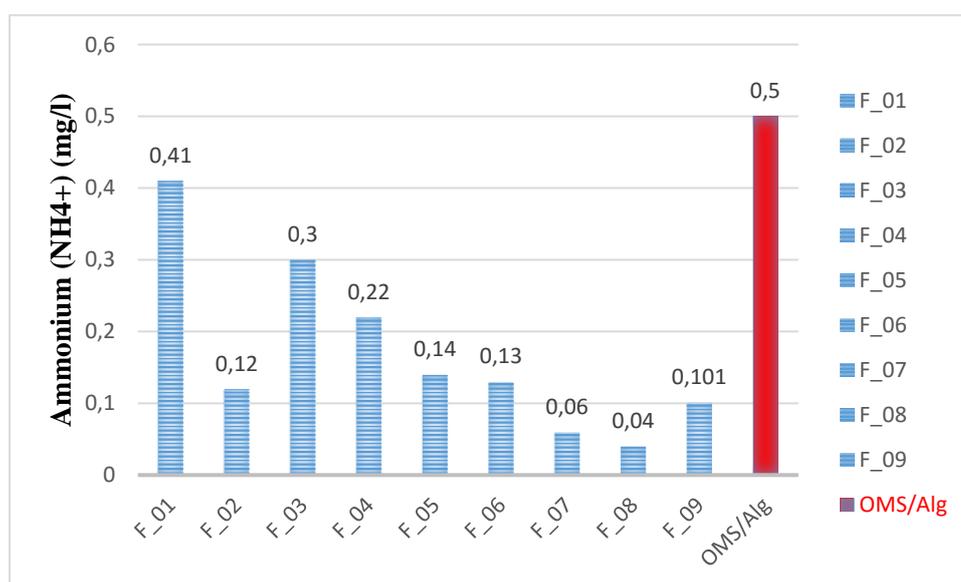


Figure IV.18: Evolution de nitrite dans l'eau des 09 forages

### IV.2.5.3.L'ammonium

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. [24] ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/l en  $\text{NH}_4^+$  mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque.

Les valeurs des teneurs en  $\text{NH}_4$  calculés durant notre étude sont inférieures aux normes décrites par l'OMS (0,5 mg/l) ; il est observé que la teneur maximale a été enregistrée (0.41 mg/l) au niveau du forage(F\_01), et la valeur minimale est égale a (0,04 mg/l) enregistrée dans le forage (F\_08) ( **Fig IV.19**).



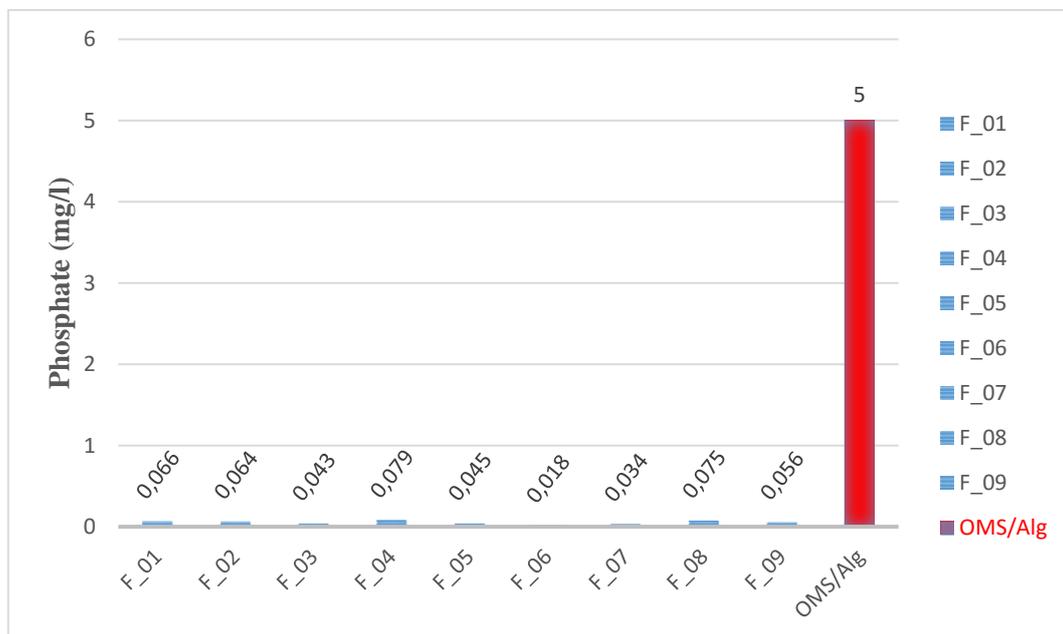
*Figure IV.19: Evolution des taux d'ammonium dans l'eau des 09 forages.*

## IV.2.6. Eléments mineurs naturels :

### IV.2.6.1. L'ortho phosphatè $\text{PO}_4$ :

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il entre notamment dans les cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités, les ions ortho-phosphates en solution acide ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium [21].

Les résultats des ortho-phosphates ( **Fig IV.20**), nous montrent que leurs concentrations dans les eaux des forages sont inférieures à la norme (5 mg/l) décrite par l'OMS pour les eaux destinées à la consommation humaine. Le maximum de concentration est observé au niveau du forage (F\_04) ces (0.079 mg/l).



**Figure IV.20: Evolution des taux d'ortho- phosphate dans l'eau des 09 forages.**

### IV.3. Classification chimiques des eaux souterraines :

Nous avons utilisé le logiciel d'hydrochimie d'Avignon (version 4, 2008) , qui nous permet de classer les eaux en faciès chimique et en classe d'eau potable et d'irrigation.

#### IV.3.1. Classification des eaux souterraines selon PIPER :

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des ions majeurs.

Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques (**Fig IV.21**).

La représentation des résultats chimiques des eaux prélevées de nappe souterraine de Berriane sur le diagramme de Piper montre que :

- le chimisme des eaux analysées est caractérisé par le faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien avec une faible tendance de migration. vers le faciès chloruré sodique.
- pas de cation dominant pour 77% des échantillons analysé tend que le reste migré vers le sodium potassium.
- il n'y a pas d'anion dominant pour les échantillons (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9) qui signifiera 100% des échantillons.

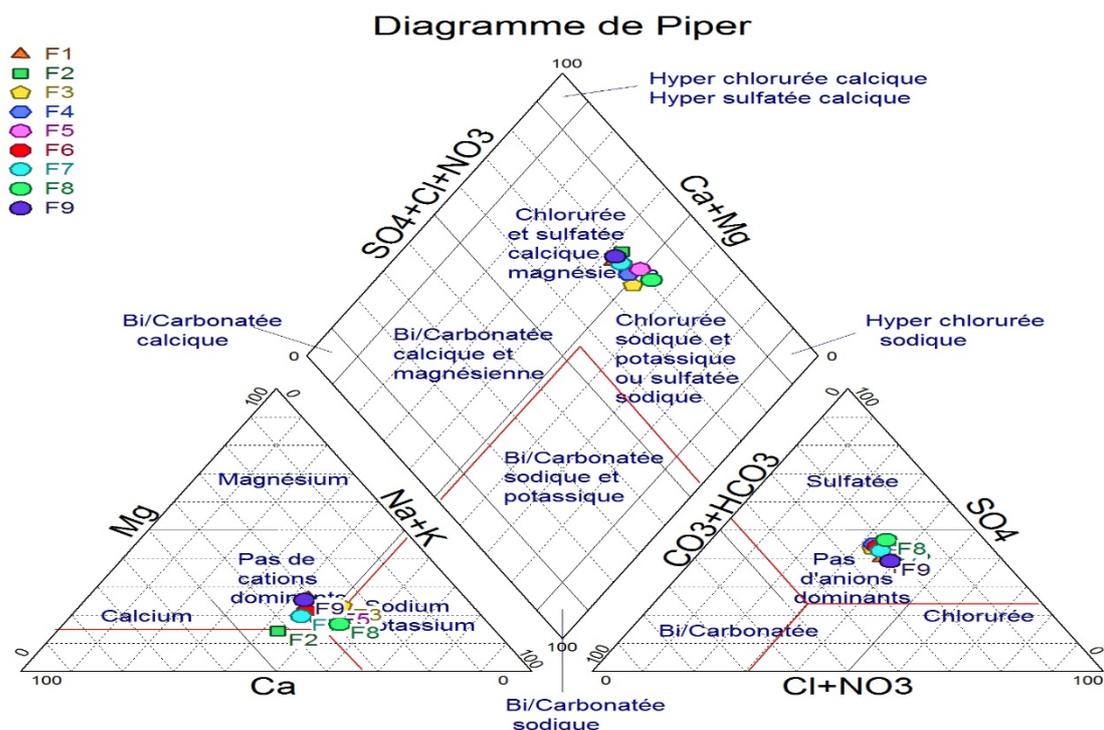


Figure IV.21 : Représentation du diagramme de Piper

### IV.3.2. Classification des eaux souterraines selon Schoeller-Berkaloff :

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée.

La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique.

La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques.

Un groupe d'eau de minéralité variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.

Le (**Figure IV.23**) montre les faciès chimiques des échantillons analysés selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff qui sont les suivants :

- Eau à faciès sodique (Na+k) concerne tout les échantillons (F1-F9).
- Eau à faciès sulfaté- sodique (SO<sub>4</sub>-Na+K) concerne tout les échantillons.

Berriane

Schöeller  
Berkaloff

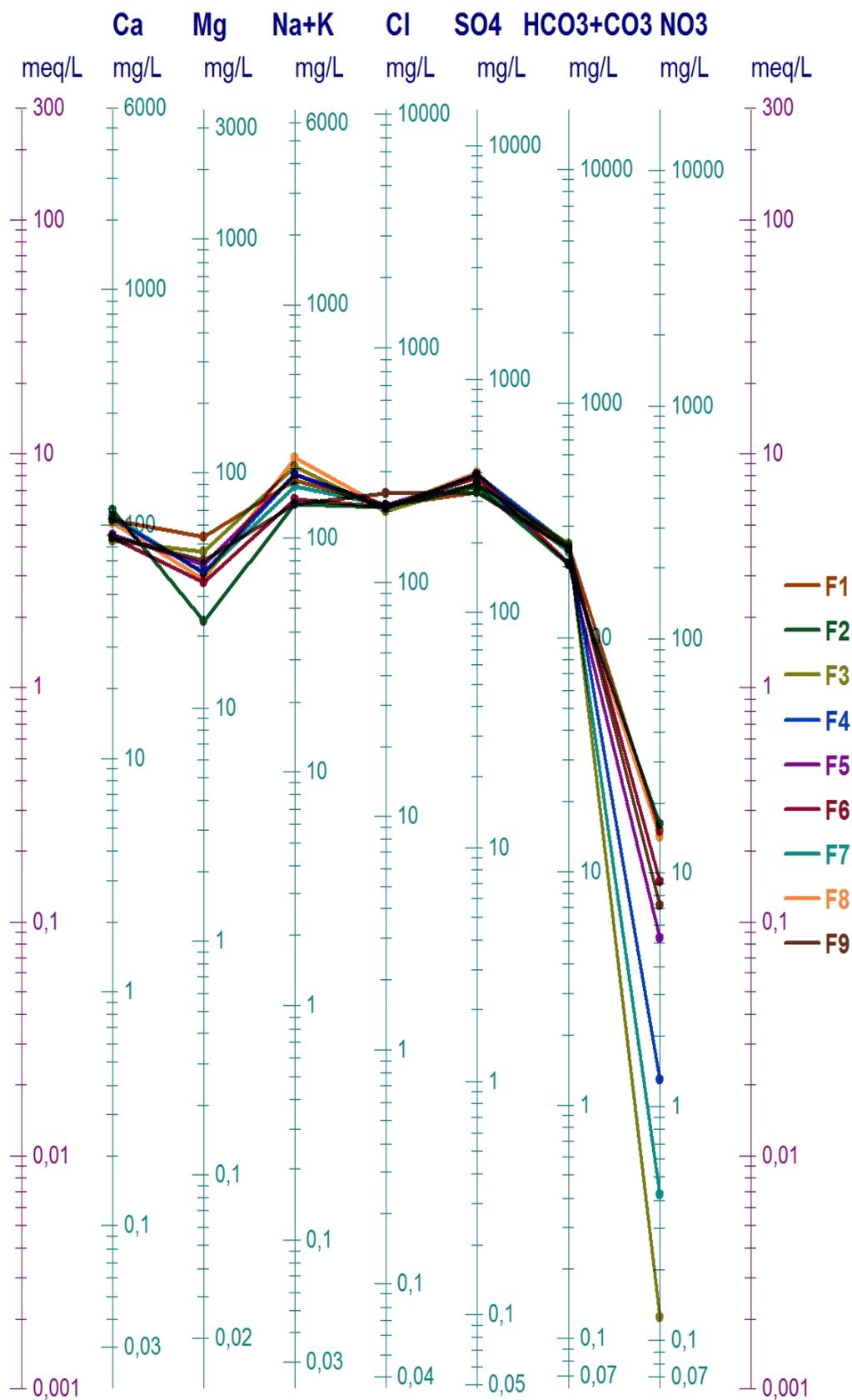


Figure IV.23 : Représentation des résultats d'analyses selon le diagramme de Schoeller-Berkaloff.

## **IV.4.Evaluation de la qualité des eaux souterraines dans la ville de Berriane :**

L'eau est une ressource naturelle qu'il convient de protéger. Pour cela, la connaissance de la qualité de l'eau est fondamentale, de manière à définir précisément les actions nécessaires à sa protection.

Les caractéristiques chimiques de l'eau sont déterminées selon l'usage auquel on les destine, soit pour l'alimentation en eau potable ou pour des usages agricoles dont ces derniers consomment le plus d'eau au Sahara et dans le monde.

### **IV.4.1.Evaluation de la qualité des eaux souterraines de Berriane pour l'irrigation :**

L'agriculture rencontre des problèmes tels que le risque de salinisation qui peuvent entraîner la stérilité à long terme du sol, en plus de celui de l'alcalinisation des sols qui entraîne la destruction de la structure du sol.

Pour caractériser l'eau d'irrigation dans la région d'étude, nous utilisons les valeurs de la conductivité électrique à 25°C et celles du coefficient d'adsorption du sodium (SAR).

#### **IV.4.1.1.Evaluation du risque de salinité :**

La salinité provoque des effets directs sur les végétaux et des risques de salinisation du sol. En effet, elle perturbe le développement des végétaux en limitant l'assimilation des éléments nutritifs.

Un niveau de salinité élevé des sols provoque le flétrissement des plantes du fait d'une augmentation de la pression osmotique et des effets toxiques des sels.

La salinité d'une eau est exprimée en terme de conductivité électrique en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette dernière caractérise la faculté de l'eau à laisser passer le courant électrique, elle augmente avec la concentration des ions en solution et la température. Elle est exprimée en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Généralement, les valeurs sont ramenées à 25° C.

On sait qu'une eau salée est très conductrice, par contre une eau pure est très résistante. Le Tableau montre la classification de l'eau d'irrigation selon Ayers et Westcot (1976)

La plupart des échantillons analysés se situent dans la classe C3. La moyenne des échantillons est de 1234.73  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (**Tableau N° IV-02**)

**Tableau N° IV-02 : Classification de l'eau basée sur la concentration totale en sels, selon Ayers et Westcot (1976).**

Classe de salinité	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Pourcentage %
<b>C1</b>	<250	<b>0%</b>
<b>C2</b>	250-750	<b>0%</b>
<b>C3</b>	750-2250	<b>0%</b>
<b>C4</b>	2250-5000	<b>100%</b>

**Classe C1 :** Elle est satisfaisante pour toutes les cultures, exceptée les cultures sensibles ;

**Classe C2 :** En général, elle est satisfaisante bien que quelques cultures sensibles peuvent être affectées ;

**Classe C3 :** satisfaisante pour la plupart des grandes cultures, mais des conditions de salinité vont se développer si le lessivage et le drainage ne sont pas adéquats ;

**Classe C4:** Elle est non recommandée sauf si des cultures tolérantes sont cultivées comme le palmier dattier et si le lessivage et le drainage sont impératifs.

#### **IV.4.1.2.Évaluation du risque d'alcalinité**

Une grande quantité d'ions de sodium dans l'eau affecte la perméabilité des sols et pose des problèmes d'infiltration. Ceci est dû à l'altération des agrégats des sols. Le sol devient alors dur et compact (lorsqu'il est sec) réduisant ainsi les vitesses d'infiltration de l'eau et d'air, affectant ainsi sa structure et par conséquent la culture n'est plus suffisamment alimentée en eau et le rendement diminue.

L'alcalinisation est le processus par lequel la teneur en Na échangeable d'un sol augmente par la fixation sur le complexe adsorbant.

La précipitation rapide des carbonates de calcium et de magnésium permet aux ions sodiques de se fixer sur le complexe. La teneur en ions  $\text{Na}^{2+}$  et  $\text{K}^{+}$  du sol provenant des sels alcalins (carbonates et sulfates) conduisent à des pH supérieurs à 8.

Le coefficient utilisé est celui d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$S.A.R = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{rCa^{++} + rMg^{++}}{2}}}$$

Où rNa, rCa et rMg sont les quantités en réaction du Na, du Ca et du Mg exprimées en meq/l.

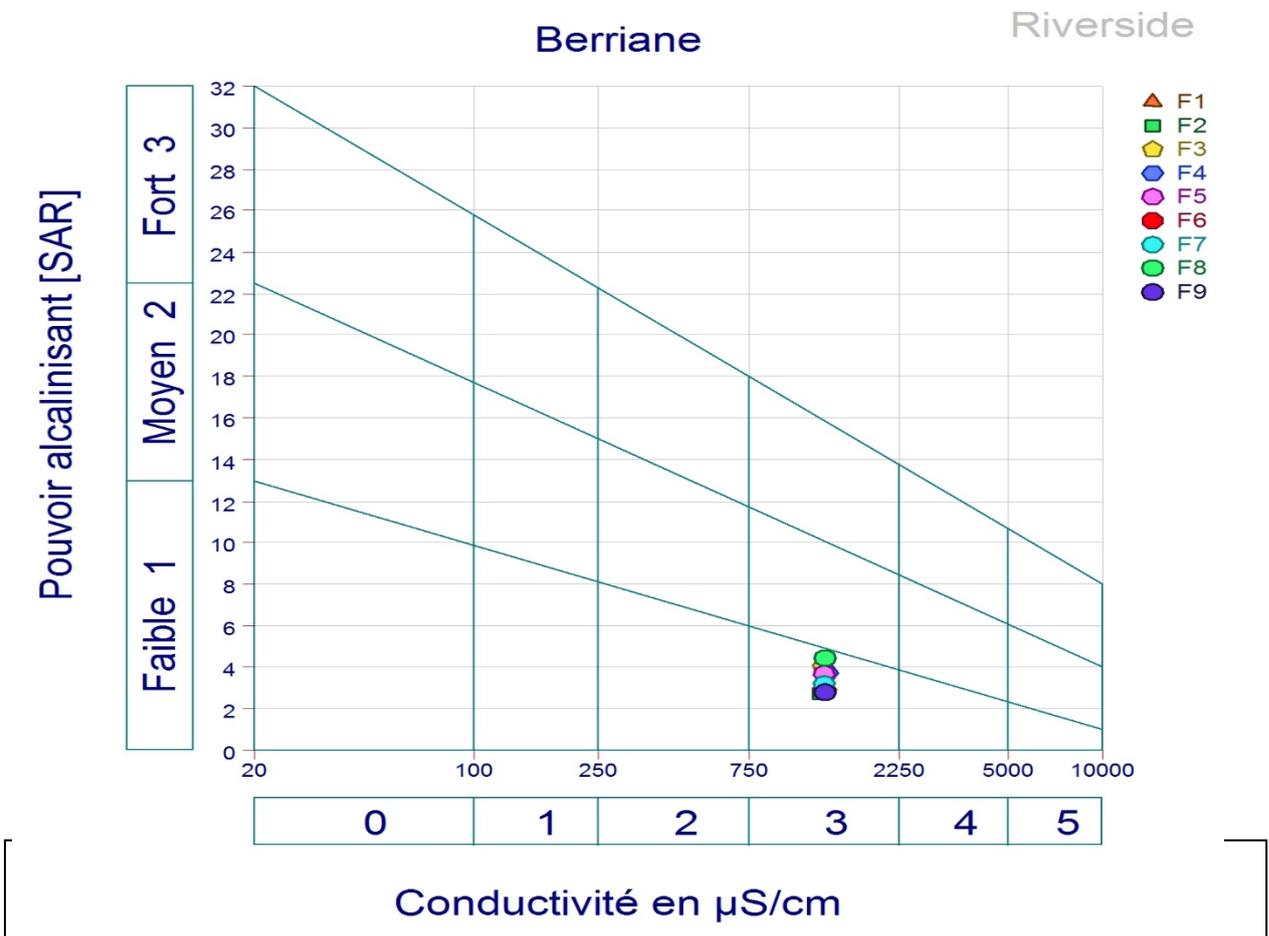
Dans la ville de Berriane, on remarque que la plupart des points d'eaux analysés appartiennent à la classe S1 avec un pourcentage de 100%. Les classes S2, S3 partagent le 0 % . (Tableau N° IV-03).

Tableau N° IV-03: Classe d'alcalinité des eaux selon U.S.S.L (1954)

Classes	SAR	Pourcentage
S1	<13	100%
S2	13-23	0 %
S3	>23	0 %

#### IV.4.1.3.Classes d'irrigation

Les valeurs obtenues à partir des échantillons analysés ont été reportées sur le diagramme de Riverside où on remarque que l'ensemble des points d'eau se situe dans la classe C3 S1. (Figure IV.24).



La représentation de ces eaux sur le diagramme de Riverside montre qu'elles sont de qualité moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>.

*Classe moyenne à médiocre C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>* : A utiliser avec précaution. Nécessite de drainage avec doses de lessivage et/ou apports de gypse.

### **CONCLUSION :**

La majorité des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux souterraines de la zone d'étude de Berriane sont des eaux de bonne qualité pour la qualité bactériologique et acceptables selon les normes d'OMS et normes Algériennes. Leurs faciès est chloruré et sulfaté calcique et magnésien, chloruré sodique. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub>.

*Conclusion  
Générale*

## ***Conclusion générale***

Ce travail nous a permis d'effectuer une étude comparative entre la qualité physico-chimique des forages d'AEP de la zone de Berriane par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes.

Dans un environnement socio-économique en pleine mutation, caractérisé par des conditions climatiques particulièrement difficiles, hyper aride de type saharien, la période sèche dure pendant toute l'année, Le bilan est déficitaire, l'excédent est nul et la RFU est épuisée durant toute l'année l'eau au Sahara demeure un facteur primordial de tout développement des activités humaines.

Pour la quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible, se distingue par d'importantes ressources en eau souterraines et ça grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara Septentrional). Le système aquifère de la ville de Berriane est constitué de trois nappes de natures très variées : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire). La porosité et la structure du terrain définies et déterminent le type de nappe et le mode circulation de l'eau.

Pour les eaux des forages de la nappe albienne de Berriane sur le plan physico-chimique on constate une conformité par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes (pH, CE, Turbidité,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NO_3^{-2}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH^+4$  et  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{-2}$ , TAC) révélatrice de sa potabilité

Du point de vu qualité physicochimique les eaux des forages albiens sont des eaux douces avec un gout acceptable qui favorise sa consommation par la population, la majorité des valeurs ne dépassent pas le seuil maximal, ce qui indique que cette eau est potable vis-à-vis des éléments étudiés.

Les eaux souterraines de la zone d'étude de Berriane sont des eaux de bonne qualité pour la consommation et acceptables selon les normes d'OMS et Algériennes. Leurs faciès est chloruré et sulfaté calcique et magnésien, chloruré sodique. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C3-S1.

*Conclusion  
Générale*

## ***Conclusion générale***

Ce travail nous a permis d'effectuer une étude comparative entre la qualité physico-chimique des forages d'AEP de la zone de Berriane par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes.

Dans un environnement socio-économique en pleine mutation, caractérisé par des conditions climatiques particulièrement difficiles, hyper aride de type saharien, la période sèche dure pendant toute l'année, Le bilan est déficitaire, l'excédent est nul et la RFU est épuisée durant toute l'année l'eau au Sahara demeure un facteur primordial de tout développement des activités humaines.

Pour la quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible, se distingue par d'importantes ressources en eau souterraines et ça grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara Septentrional). Le système aquifère de la ville de Berriane est constitué de trois nappes de natures très variées : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire). La porosité et la structure du terrain définies et déterminent le type de nappe et le mode circulation de l'eau.

Pour les eaux des forages de la nappe albienne de Berriane sur le plan physico-chimique on constate une conformité par rapport aux normes internationales (OMS) et Algériennes (pH, CE, Turbidité,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NO_3^{-2}$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH^{+4}$  et  $Fe^{2+}$ ,  $PO_4^{-2}$ , TAC) révélatrice de sa potabilité

Du point de vu qualité physicochimique les eaux des forages albiens sont des eaux douces avec un gout acceptable qui favorise sa consommation par la population, la majorité des valeurs ne dépassent pas le seuil maximal, ce qui indique que cette eau est potable vis-à-vis des éléments étudiés.

Les eaux souterraines de la zone d'étude de Berriane sont des eaux de bonne qualité pour la consommation et acceptables selon les normes d'OMS et Algériennes. Leurs faciès est chloruré et sulfaté calcique et magnésien, chloruré sodique. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C3-S1.

### Résumé.

La ville de Berraine, située dans le sud algérien, est soumise à un climat saharien aride. L'accroissement démographique et le développement agro-industriel ont engendré une très forte demande en eau, nécessitant une grande mobilisation de ces ressources en eau exploitables. Objectif de ce travail c'est d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux des forages d'AEP vis à vis aux normes de l'OMS et aux normes algériennes de potabilité, et de leur aptitude à l'irrigation.

La région de Berriane est constitué de trois nappes de natures très variées : nappe libre (phréatique), et deux nappes captives (nappe de complexe terminal et nappe de continentale intercalaire). La porosité et la structure du terrain définies et déterminent le type de nappe et le mode circulation de l'eau..

Les eaux de la nappe superficielle de la ville de Berriane, sont des eaux douces avec un gout acceptable qui favorise sa consommation par la population, la majorité des valeurs ne dépassent pas le seuil maximal, ce qui indique que cette eau est potable vis -à-vis des éléments étudiés.

Les eaux souterraines de la zone d'étude de Berriane sont des eaux de bonne qualité pour la consommation et acceptables selon les normes d'OMS et Algériennes. Leurs faciès est chloruré et sulfaté calcique et magnésien, chloruré sodique. La représentation de ces eaux sur le diagramme de Richards montre qu'elles sont de moyenne à médiocre pour l'irrigation car elles se trouvent dans les classes C3-S1.

**Mots clés:** norme de potabilité, continental intercalaire, nappe superficielle. Berriane

### Abstract.

The city of Berraine, located in southern Algeria, is subject to an arid Saharan climate. Population growth and agro-industrial development have generated a very high demand for water, requiring a large mobilization of these exploitable water resources. The objective of this work is to evaluate the physicochemical quality of water from AEP boreholes in relation to WHO standards and Algerian standards of potability, and their ability to irrigate.

The region of Berriane consists of three layers of very different types: free aquifer (phreatic), and two captive aquifers (tablecloth of the terminal complex and continental aquifer). The porosity and the structure of the ground defined and determine the type of tablecloth and the circulation mode of water.

The waters of the shallow aquifer of the city of Berriane, are fresh water with an acceptable taste that favors its consumption by the population, the majority of the values do not exceed the maximum threshold, which indicates that this water is drinkable vis-à-vis -vis elements studied.

The groundwater of the Berriane Study Area is good quality water for consumption and acceptable according to WHO and Algerian standards. Their facies is chlorinated and sulphated calcium and magnesium, sodium chloride. The representation of these waters on the Richards diagram shows that they are medium to poor for irrigation because they are in classes C3-S1.

**Keywords:** potability standard, intermediate continental , the shallow aquifer. Berriane

### ملخص .

مدينة بريان تقع في جنوب الجزائر ، تتميز بمناخ صحراوي جاف، النمو السكاني والتنمية الصناعية و الزراعية أدت إلى زيادة الطلب على المياه ، مما يتطلب تعبئة كبيرة لهذه الموارد المائية القابلة للاستغلال. الهدف من هذا العمل هو تقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية و نوعية مياه الآبار و مطابقتها لمعايير منظمة الصحة العالمية ومعايير مياه الشرب الجزائرية، وقدرة إستعمالها في الري.

تتكون منطقة بريان من ثلاث طبقات من أنواع مختلفة جدا: طبقة المياه الجوفية الحرة (الماء)، و إثنين طبقة المياه الجوفية الأسيرة (الطبقة المركبة الطرفية و طبقة المياه الجوفية القارية). المسامية وهيكلا الأرض يحددان نوع المياه الجوفية و نمط دوران الماء.

المياه الجوفية في مدينة بريان ، هي مياه عذبة ذات مذاق مقبول تفضل استهلاكها من قبل السكان ، فإن غالبية القيم لا تتجاوز الحد الأقصى للعتبة ، مما يدل على أن هذه المياه صالحة للشرب مقابل العناصر المدروسة.

إن المياه الجوفية لمنطقة دراسة بريان هي مياه ذات نوعية جيدة للاستهلاك ومقبولة وفقا لمعايير منظمة الصحة العالمية والجزائري. السحنات الخاصة بهم هي المعالجة بالكلور وكبريتيد الكالسيوم والمغنيسيوم ، كلوريد الصوديوم. يوضح تمثيل هذه المياه على الرسم البياني لريتشاردز أنها متوسطة إلى فقيرة للري لأنها موجودة في الطبقات C3-S1.

الكلمات المفتاحية:

معايير صلاحية الشرب، طبقات المياه الجوفية القارية ، منسوب المياه السطحي، بريان

*Références  
bibliographiques*

- [1] [O.N.M] : Office National Métrologique. (2017)
- [2] **Cours** : de l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var (2004). Propriétés physiques du milieu marin. <http://isitv.univ-tln.fr/~lecalve/oceano/plan.htm> (date de consultation 20/04/2009).
- [3] **Baziz N** : Etude sur la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de BATNA. Mémoire de magister, op. Dynamique des milieux physiques et risques naturels. Université Colonel Elhadj Lakhdar Batna. (2008).
- [4] **Ben Yazza Abd el Malek** : Evaluation des faciès hydro-chimique des eaux souterraines de la région D'ain-salah (Wilaya de Tamanrasset) . Mémoire de magister Université Ourgla. **P33/P40/P41/P42/P43** (2014).
- [5] **Benssamoune Y** : Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à l'étude à la mise en place d'un schéma d'aménagement de gestion de l'espace cas de la région de Ghardaia, Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla ; **p100** (2007).
- [6] **Benzayet B** : Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab: Cas de Oued Labiod, Mémoire d'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Alger, **p 78** (2010).
- [7] **Bliefert C. et Perraud R** : Chimie De L'environnement: Air, Eau, Sol, Déchet. *Edition Boeck*. **p477** (2001).
- [8] **Castany G. et Margot T** : Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière. **p249** (1977).
- [9] **Coyne** : Les professionnels et les familles dans le soutien aux personnes âgées dépendantes: Mario Paquet – Edition L'Harmattan. **p18** (1989).
- [10] **Daddi-bouhoun M** : Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Mémoire de Magister, Université de El-Harrach (2012).
- [11] **Detay M** : Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. Edition *Masson*. **p379** (1993).

- [12] **D.P.A.T** : Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire, 15<sup>ème</sup> édition, volume I. (2009).
- [13] **Dubief** : Le climat de Sahara. Institut de recherches Sahariennes, tome II, fascicule I, Alger, **p264** (1963)
- [14] **l'U.S.S.L**: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.Salinity Laboratory U.S.D.A, Handbook N° 60, Washington, **p160** (1954).
- [15] **Guergueb E-Y** : "Diversité microbiologique et étude physico-chimique de l'eau de la zone humide Garaet Timerganine (Wilaya d'Oum El Bouaghi, Hauts plateaux du constantinois)." **p152** (2012).
- [16] **OMS** : Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume (Recommandations). *Organisation Mondiale De La Santé*. 2ième édition. **p211** (1986).
- [17] **OSS** : "Système aquifère du Sahara septentrional - gestion commune d'un bassin transfrontière".(2003)
- [19] **Rejsek F** : *Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques*, Sceren. Paris. (2002)
- [20] **Roux M** : Office International De L'eau: L'analyse Biologique De L'eau. *TEC& DOC*. Paris. **p229** (1987).
- [21] **Rodier J** : L'analyse De L'eau ; Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer, 8ème édition. Dunod. (1996).
- [22] **Rodier J** : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, *Eaux De Mer*, 7ème édition. Dunod. (1984).
- [23] **Ramade F** : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed Dunod France. (2002)
- [24] **Rodier J** : Analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, Dunod, (2005)
- [25] **Thierrin J** : Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. *Société Suisse D'Hydrogéologie*. **p57** (2001).

- [27] URBATIA** : Revision du PDAU de la commune de Berriane
- [28] [A.D.E]**: Algérienne Des Eaux Wilaya de Ghardaïa.(2017)
- [29] [A.N.R.H]** : L'agence National des Ressources Hydriques.(2017)
- [30] [D.R.E]**: Direction des ressources en eau.(2017)

# *Annexes*

Tableau : Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable

Caractéristiques physico-chimiques	N.Algerienne	Unité	OMS
température	25	°C	≤25
pH	6,5-8,5	-	6,5-8,5
conductivité	2800	μS/cm	2500
Turbidité	1_2	NTU	5
Calcium	75_200	(mg/l)	200
Magnésium	150	(mg/l)	150
Chlorures	200_500	(mg/l)	250
Potassium	20	(mg/l)	-
Sodium	200	(mg/l)	200
TH	500	(mg/l)	500
TAC	250	(mg/l)	250
Résidu sec	2000	mg/l après séchage	1500
Sulfates	200_400	(mg/l)	400
Fer total	0.3	(mg/l)	0.3
Nitrite	0.1	(mg/l)	3
Nitrates	50	(mg/l)	44
Phosphate	0.5	(mg/l)	0.5
Ammonium	0,05_0,5	(mg/l)	0.5

## Résultats des analyses physico-chimiques

### 1. Paramètres physiques

#### 1.1. La température (T)

*Tableau 01 - résultats et classifications de T selon les normes OMS  
et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/Alg
T °c	21,3	19,1	23,2	22,6	23,9	22,3	23,1	24,2	21,8	25

#### 1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

*Tableau 02 - résultats et classifications de PH selon les normes OMS  
et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/Alg
PH	7,55	7,34	7,55	7,94	7,69	7,24	7,49	7,54	7,61	8,5

#### 1.3 La conductivité électrique (CE)

*Tableau 03 - résultats et classifications de CE selon les normes OMS  
et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS	Alg
CE ( µS/cm)	1345	1196	1226	1261	1223	1198	1245	1230	1210	2500	2800

#### 1.4. La salinité

*Tableau 04 - résultats et classifications La salinité selon les normes OMS  
et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/Alg
La salinité(mg/l)	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,52	0,5	0,6	0,5	5

#### 1.5. La turbidité (NTU)

*Tableau 05 - résultats et classifications de Turbidité selon les normes  
OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS	Alg
Turbidité(NTU)	1,28	0,92	0,75	1,07	0,58	1,23	0,77	0,83	0,94	5	2

**2. Les paramètres chimiques:****2.1.L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)***Tableau 06 - résultats et classifications de L'oxygène dissous (O<sub>2</sub>)selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/Alg
(O <sub>2</sub> ) (mg/l)	6,91	7,64	9,28	7,37	9,89	6,95	9,17	8,45	7,03	5

**2.2. Dureté total (TH)***Tableau 07 - résultats et classifications de TH selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/Alg
TH (mg/l)	480	384	404	420	392	426	424	396	419	500

**2.3. L'alcalinité (TAC)***Tableau 08 - résultats et classifications de TAC selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS Alg
TAC(mg/l)	102,3	87,84	95,74	117,2	126,88	93,77	105,6	97,8	88,43	250

**3.éléments de pollution****3.1. Le Calcium (Ca<sup>+2</sup>):***Tableau 09 - résultats et classifications de Calcium selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/ Alg
Ca <sup>+2</sup> (mg/l)	104,21	115,43	84,97	105,81	89,78	87,35	109,02	101	88,11	200

**3.2.Le Magnésium (Mg<sup>+2</sup>)***Tableau 10 - résultats et classifications de Magnésium selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/ Alg
Mg <sup>+2</sup> (mg/l)	53,46	23,33	46,66	37,91	40,82	33,95	36,94	34,99	42,45	150

3.3. Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

*Tableau 11 - résultats et classifications de Chlorure selon les normes  
OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS	Alg
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	213,15	211,29	201,37	207,05	212,72	209,32	214,14	207,04	238,54	250	500

3.4. Sulfate  $\text{SO}^{2-}$  :

*Tableau 12 - résultats et classifications de Sulfate selon les normes OMS  
et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/ Alg
$\text{SO}^{2-}$ (mg/l)	329,25	347,35	361,26	390,56	379,90	380,25	354,08	395,57	330,16	400

## 3.5. Résidu sec

*Tableau 13 - résultats et classifications de RS selon les normes OMS  
et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/
RS (mg/l)	1943	2000	1760	1130	1784	1734	1592	1543	1256	2000

## 3.6. Potassium

*Tableau 14 - résultats et classifications de Potassium selon les normes  
OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/
K (mg/l)	19,23	15,43	15,64	13,87	19,84	23,2	14,32	17,3	12,37	20

## 3.7. Sodium

*Tableau 15 - résultats et classifications de sodium selon les normes  
MS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/
Na (mg/l)	156,7	124,3	186,23	194,9	167,5	122,76	152	207,3	128,17	200

**4.métaux lourds****4.1. Le Fer Fe<sup>2+</sup>***Tableau 16 - résultats et classifications de Fer selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/
Fer (mg/l)	0	0	0	0,3	0	0,3	0	0	0	5

**5. cle de l'azote****5.1. Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :***Tableau 17 - résultats et classifications de Nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup> selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	15,04	16,18	0,125	1,312	5,254	9,214	0,425	14,25	7,251	50

**5.2. Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup> :***Tableau 18 - résultats et classifications de Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup> selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,013	0,0123	0,009	0,018	0,0076	0,0176	0,0134	0,015	0,0092	0,2

**5.3.L'ammonium***Tableau 19- résultats et classifications de Ammonium selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS
NH <sub>4</sub> (mg/l)	0,41	0,12	0,3	0,22	0,14	0,13	0,06	0,04	0,101	0,5

**6. Eléments mineurs naturels****6.1.L'ortho phosphate PO<sub>4</sub>***Tableau 18 - résultats et classifications de Phosphate selon les normes OMS et Algériennes*

Echantillons	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	OMS/
Phosphate	0,066	0,064	0,043	0,079	0,045	0,018	0,034	0,075	0,056	5

## Outils d'analyse des données

### *Logiciel d'Hydrochimie d'Avignon (L.H.A.)*

Nous avons utilisé le logiciel d'hydrochimie d'Avignon (version 4, 2008) (Figure 15), qui nous permet de classer les eaux en faciès chimique et en classe d'eau potable et d'irrigation, et de construire en particulier les diagrammes de Piper, de Schoeller-Berkaloff et de Riverside.

The screenshot displays the L.H.A. software interface with a data table containing 9 analyses. The table columns include: n, Nom, Libellé, Date, Groupe, Piper, Schoeller, Stiff, XY, Kojinski, Phreeq, Stat, TDS, T°C, pH, c25°C, cCALC, cCa%, Bal=0%, Bal=0%, Balance, refaire, Cations, Anions, Ca, Mg, Na.

Four labels in ovals are positioned below the table, with arrows pointing to specific columns:

- introduction des données** points to the **Libellé** column.
- diagramme de Schoeller** points to the **Schoeller** column.
- diagramme de Piper** points to the **Piper** column.
- diagramme de Riverside** points to the **XY** column.

The software interface also shows a menu bar (Fichier, Affichage, Edition, Diagrammes, Constantes, A propos, Langue, Options, Quitter, Manuels, Rouvrir), a toolbar with buttons like 'Traiter des fichiers Excel', 'Fichier exemple', 'Lire le fichier \*.DIA ou TXT (tab)', 'Enregistrer le tableau', 'Modèle Balance.xls', 'InterPolation entre 2 Points', 'DIONEX remplacer n.a. et ./.', and a data entry section with fields for 'Rechercher dans Nom/Libellé', 'Valeur courante', 'Nouvelle valeur', and 'cCALC=(Tc) Tc = 25 °C => Recalculer'.

*Figure Représentation de l'interface du logiciel d'hydrochimie*