

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

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

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل -

*Université Mohamed Seddik Benyahia - Jijel*

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم علوم الأرض و الكون

## **Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Géologie**

**Option: Eau et Environnement**

**Thème**

***MOBILITÉ DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES POUR LES DEUX  
COMPARTIMENTS EAUX ET SÉDIMENTS DANS LES EAUX DE  
SURFACE DE LA WILAYA DE JIJEL (NORD-EST ALGÉRIEN)***

**Membres de Jury Présenté par:**

**Président : Pr. DEBIECHE T.H.**

**Examineur: Mr. RIHIA Dj.**

**Encadrant : Dr. DROUCHE A.M.**

**Présenté par :**

**SAKTA Hocine**

**DEHMANI Merouane**

**Année Universitaire 2016-2017**

**Numéro d'ordre (bibliothèque) : .....**

# Remerciement

*Au moment où nous terminons notre mémoire, nous ne manquons pas d'adresser notre sincères remerciements au bon dieu tout puissant qui nous a donné la force et de nous avoir permis d'arriver à ce stade-là.*

*Nombreuses sont les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce travail, auxquelles avec plaisir, nous présentons nos remerciements :*

*Notre première pensée va tout naturellement à notre encadrant*

*Mr « DROUCHE ABDELMALEK » qui a suivi fidèlement notre travail. Nous tenons à le remercier pour son encadrement, la confiance qu'il a témoignée en notre travail et pour nous avoir donné les moyens pour l'aboutissement de ce travail.*

*Nous apprécions sa grande chaleur humaine et sa disponibilité quotidienne.*

*Nous adressons nos sincères remerciements aux membres de jury qui ont accepté d'évaluer ce modeste travail.*

*Nous tenons particulièrement à remercier Mr « ZAHJ F. » qui a apporté une aide efficace et une part active à l'élaboration de cette étude.*

*Nous remercions également les membres du*

*Jury « DEBIECHE TH. et RIHIA Dj. » pour l'intérêt qu'ils ont prêté à cette étude en acceptant de jurer ce travail*

*Nous tenons à exprimer notre sincère remerciement à tous nos collègues.*

*Nos remerciements vont à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

*SAKTA Hocine*

*DEHMANI Merouane*

<b>Sommaire</b>	Page
<i>CHAPITRE I (Synthèse bibliographique)</i>	
<b>I.1.</b> Généralités sur les cours d'eau	<b>1</b>
<b>I.2.</b> La pollution métallique de l'eau	<b>3</b>
<b>I.3.</b> Généralité sur Les métaux lourds (ETM)	<b>3</b>
<b>I.4.</b> Les principaux métaux lourds	<b>5</b>
<i>CHAPITRE II (présentation zone d'étude)</i>	
<b>II.1.</b> Présentation de la wilaya de jjel .....	<b>11</b>
<b>II.2.</b> Situation géographique.....	<b>11</b>
<b>II.3.</b> Le climat .....	<b>13</b>
<b>II.4.</b> Géomorphologie et Relief.....	<b>14</b>
<b>I.5.</b> Le réseau hydrographique .....	<b>14</b>
<b>I.6.</b> La couvert végétal.....	<b>14</b>
<b>I.7.</b> Agriculture.....	<b>14</b>
<b>I.6.</b> L'industrie.....	<b>15</b>
<b>II.1.</b> Introduction	<b>16</b>
<b>II.2.</b> Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne	<b>17</b>
<b>II.2.1.</b> Formation du domaine kabyle	<b>17</b>
<b>II.2.2.</b> Formation du domaine des flysch	<b>19</b>
<b>II.2.3.</b> Formation du domaine tellien	<b>20</b>
<b>II.2.4.</b> Flysch numidien	<b>20</b>
<b>II.2.5.</b> Formation post-nappe	<b>21</b>
<b>II.2.6.</b> Les formations quaternaires	<b>21</b>
<b>II.2.7.</b> Les roches magmatiques	<b>22</b>
<b>II.2.8.</b> Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie	<b>22</b>
<b>II.3.</b> géologie de site	<b>24</b>
<b>II.4.</b> Conclusion	<b>26</b>
<b>III.</b> Climatologie	<b>27</b>
<b>III.1.</b> Introduction.....	<b>27</b>
<b>III.2.</b> La répartition des pluies mensuelles et saisonnière de deux stations	<b>28</b>
<b>III.3.</b> Répartition moyenne mensuelle des températures de deux stations	<b>31</b>
<b>III.4.</b> Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	<b>33</b>
<b>III.5.</b> Le bilan hydrique	<b>35</b>
<b>III.6.</b> les vents.....	<b>38</b>
<b>III.7.</b> Conclusion.....	<b>39</b>
<i>CHAPITRE III (Matériels et Méthodes)</i>	
<b>1.</b> Mode de prélèvement	<b>40</b>
<b>2.</b> Choix et localisation des stations de prélèvements	<b>41</b>
<b>3.</b> Localisation des points de prélèvement	<b>45</b>

<b>4. Conservation des échantillons</b>	<b>46</b>
<b>5. Méthodes d'analyses</b>	<b>47</b>
<b>6. Extraction des métaux lourds totaux</b>	<b>51</b>
<i>CHAPITRE IV (Hydrochimie et pollution)</i>	
<b>1. Introduction</b>	<b>53</b>
<b>2. Les paramètres physico-chimiques (mesure in situ)</b>	<b>53</b>
<b>3. Les éléments de la pollution</b>	<b>56</b>
<b>4. Faciès chimique des eaux</b>	<b>66</b>
<b>5. L'évolution des concentrations entre l'amont et l'aval</b>	<b>69</b>
<b>6. Mobilité des éléments en traces métallique pour les deux compartiments eau-sédiments</b>	<b>72</b>
<b>7. Conclusion</b>	<b>79</b>

<b>Liste des Figures</b>	Page
<i>CHAPITRE II (Synthèse bibliographique)</i>	
<b>Figure 1 :</b> Carte administrative de la Wilaya de Jijel .....	<b>12</b>
<b>Figure 2 :</b> Carte d'altitude de la Wilaya de Jijel	<b>13</b>
<b>Figure 3 :</b> Carte de réseau hydrographique de la Wilaya de Jijel	<b>14</b>
<b>Figure 4:</b> Schéma structural de la méditerranée occidentale. (Durand Delga, et Fontboté., 1980)	<b>16</b>
<b>Figure 5:</b> Schéma structural de la petite Kabylie (Djellit, 2010 in Brines et Ben- Ghoubane, 2013). ...	<b>17</b>
<b>Figure 6:</b> Coupe synthétique donnent l'allure de l'édifice structural de la petite Kabylie	<b>21</b>
<b>Figure 7 :</b> Schéma structural simplifié montrant les différentes unités tectoniques des régions de Texena-Tabellout-Djimla (Djellit, 2014)	<b>23</b>
<b>Figure 8 :</b> carte géologie de la wilaya de Jijel modifié par Map info (carte jmVilla).	<b>24</b>
<b>Figure 9:</b> Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2005-2015) station de barrage el Agrem .....	<b>28</b>
<b>Figure 10:</b> Répartition saisonnières des précipitations en % station barrage el agrem	<b>29</b>
<b>Figure 11:</b> Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2005-2015) station d'el Achouat.....	<b>30</b>
<b>Figure 12:</b> Répartition saisonnières des précipitations en % station d'el Achouat	<b>31</b>
<b>Figure 13:</b> Histogramme des températures moyennes mensuelles (2005-2015) station barrage el agrem	<b>32</b>
<b>Figure 14:</b> Histogramme des températures moyennes mensuelles (2005-2015) station d'el Achouat	<b>33</b>
<b>Figure 15:</b> Diagramme ombrothermique de GAUSSEN période (2005 – 2015) station de Barrage el AGREM	<b>34</b>
<b>Figure 16:</b> Diagramme ombrothermique de GAUSSEN période (2005 – 2015) station d'el Achouat	<b>35</b>
<b>Figure 17:</b> représentation graphique du bilan hydrique station de barrage EL Agrem (THORN CS)	<b>36</b>
<b>Figure 18:</b> représentation graphique du bilan hydrique station d'El Achouat (THORN CS)	<b>37-38</b>
<i>CHAPITRE III</i>	
<b>Figure 19:</b> photo représentatif d'un seuil	<b>41</b>
<b>Figure 20:</b> Carte d'inventaire des points d'eau	<b>41</b>
<b>Figure 21 :</b> photo représentatif d'un GPS	<b>46</b>
<b>Figure 22:</b> carte de localisation des stations de prélèvement	<b>47</b>
<b>Figure.23 :</b> Valise multi-paramètre utilisée pour les mesures des paramètres In Situ.	<b>48</b>
<b>Figure 24 :</b> méthode de titrage	<b>49</b>
<b>Figure 25:</b> Le spectrophotomètre UV 1600 PC (LGG)	<b>49</b>

<b>Figure 26</b> :Flamphotomètre (AFP 100).	<b>50</b>
<b>Figure 27</b> : Le spectromètre d'absorption atomique (AA-6200 SHIMADZU	<b>51</b>
<i>CHAPITRE IV (Hydrochimie et pollution)</i>	
<b>Figure 28</b> : Répartition des mesures de température en Avril 2017	<b>54</b>
<b>Figure 29</b> : Répartition des mesures de pH en Avril 2017	<b>55</b>
<b>Figure 30</b> : Répartition des mesures de Conductivité en Avril 2017	<b>55</b>
<b>Figure 31</b> : Répartition des teneurs en Calcium (Avril 2017)	<b>57</b>
<b>Figure 32</b> : Répartition des teneurs en Magnésium (Avril 2017	<b>58</b>
<b>Figure 33</b> : Répartition des teneurs en Sodium (Avril 2017	<b>58</b>
<b>Figure 34</b> : Répartition des teneurs en Potassium (Avril 2017	<b>59</b>
<b>Figure 35</b> : Répartition des teneurs en Chlorures (Avril 2017)	<b>60</b>
<b>Figure 36</b> : Répartition des teneurs en Bicarbonates (Avril 2017)	<b>61</b>
<b>Figure 37</b> : Répartition des teneurs en Sulfates (Avril 2017)	<b>61</b>
<b>Figure 38</b> : Répartition des teneurs en Phosphates (Avril 2017)	<b>62</b>
<b>Figure 39</b> : Répartition des teneurs en Fer (Avril 2017)	<b>63</b>
<b>Figure 40</b> : Cycle de l'azote	<b>64</b>
<b>Figure 41</b> : Répartition des teneurs en Ammonium (Avril 2017)	<b>65</b>
<b>Figure 42</b> : Répartition des teneurs en Nitrites (Avril 2017)	<b>65</b>
<b>Figure 43</b> : Répartition des teneurs en Nitrates (Avril 2017)	<b>66</b>
<b>Figure 44</b> : Evolution des concentration amont-aval (O. Kébir et ses affluents)	<b>70</b>
<b>Figure 45</b> : Evolution des concentration amont-aval (O. Nil, Djendjen et Mencha)	<b>71</b>
<b>Figure 46</b> . Evolution des teneurs en Zinc et en Cuivre dans l'oued Kébir (Avril 2017)	<b>73</b>
<b>Figure 47</b> : Evolution des teneurs en Plomb et en Cadmium dans l'oued Kébir (Avril 2017)	<b>74</b>
Figure 48 : Evolution des teneurs en Zinc et en Cuivre dans l'oued Erdjana (Avril 2017)	<b>75</b>
<b>Figure 49</b> : Evolution des teneurs en Plomb et en Cadmium dans l'oued Erdjana (Avril 2017)	<b>76</b>
<b>Figure 50</b> : Evolution des teneurs en Zinc et en Cuivre dans l'oued Djemaa (Avril 2017)	<b>77</b>
<b>Figure 51</b> : Evolution des teneurs en Plomb et en Cadmium dans l'oued Djemaa (Avril 2017)	<b>78</b>

<b>Liste des Tableaux</b>	Page
<i>CHAPITRE I ( Synthèse bibliographique )</i>	
<b>Tableau 1</b> : contenu des roches en éléments traces(en mg /Kg) (Laurant, 2005).	4
<i>CHAPITRE II ( présentation zone d'étude)</i>	
<b>Tableau 2</b> : Les coordonnées géographiques de deux stations étudiées	<b>27</b>
<b>Tableau 3</b> : Données des moyennes mensuelles des précipitations (2005 – 2015) station de Barrage El AGREM	<b>28</b>
<b>Tableau 4</b> : Répartition saisonnières des précipitations (2005-2015) en mm et en % Station de barrage el AGREM)	<b>29</b>
<b>Tableau 5</b> : Données des moyennes mensuelles des précipitations (2005 – 2015) station d' El Achouat	<b>30</b>
<b>Tableau 6</b> : Répartition saisonnières des précipitations (2005-2015) en mm et en % Station station d' El Achouat	<b>31</b>
<b>Tableau 7</b> : Données des moyennes mensuelles des températures (2005 – 2015) station de Barrage El AGREM	<b>31</b>
<b>Tableau 8</b> : Données des moyennes mensuelles des températures (2005 – 2015) Station d'el Achaouat	<b>32</b>
<b>Tableau 9</b> : Bilan hydrologique pour une période de (2005 – 2015) Station barrage d'EL Agrem	<b>35</b>
<b>Tableau 10</b> : Bilan hydrologique pour une période de (2005 – 2015) Station barrage d'EL Agrem	<b>37</b>
<i>CHAPITRE III</i>	
<b>Tableau N°11</b> :Les stations de prélèvement des eaux de surface de la Wilaya de Jijel	<b>43</b>
<i>CHAPITRE IV (Hydrochimie et pollution)</i>	
<b>Tableau 12</b> : Faciès chimiques des eaux de surfaces de la Wilaya de Jijel selon le diagramme de Stiff	<b>68</b>

# *Introduction générale*

# INTRODUCTION GENERALE

---

L'eau est un élément constitutif fondamental de la vie, est en amont de toute activité économique. C'est une ressource de plus en plus polluée. Selon l'O.M.S., trois à quatre millions de personnes meurent chaque année dans les pays pauvres de maladies liées à la mauvaise qualité de l'eau.

Les éléments sous forme de traces, présents à l'état solide dans les sols, sont mis en circulation par l'érosion qui met ces éléments en solution ou suspension. Le ruissellement sur les surfaces imperméables (sols, chaussée) ainsi que les sources anthropiques s'ajoutent à ces sources naturelles liées à l'érosion.

Les polluants en général et les métaux lourds en particulier vont entraîner des réactions chimiques liées à l'acidité, l'alcalinité, la température et l'oxygénation. Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, des rejets urbains, trafic routier, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces dernières produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

Les accroissements démographiques, économiques et urbains sont à l'origine de différentes sources de pollution environnementale (pollution atmosphérique, pollution des eaux de surfaces et profondes, pollution du sol...), et ce, en particulier dans les pays en développement moins préoccupés et moins sensibilisés par les risques sanitaires concomitants. Parmi ces sources de pollution la production d'eaux usées souvent rejetées dans le milieu récepteur (mer, rivières, sols) sans traitement préalable génère de nombreuses maladies hydriques et une propagation des épidémies (OMS, 1989; Prost, 1991).

En Algérie plus qu'ailleurs, et aujourd'hui plus qu'hier se pose le problème de cette ressource rare et vitale tant dans sa mobilisation, que dans sa protection et sa préservation. Aussi une prise de conscience a débuté un peu partout dans le monde pour tenter de protéger l'eau contre toute source de pollution.

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique dense qui reçoit les différents déchets urbains et un trafic routier qui peut jouer le rôle d'une source de pollution par les métaux lourds. La réunion de ces deux sources peut causer des conséquences sur l'environnement et la santé humaine.

# INTRODUCTION GENERALE

---

Le travail réalisé est une discussion sur l'origine de la pollution par les différents éléments chimique, ainsi que les métaux lourds affectent la zone d'étude, pour cela on a structuré le travail comme suit:

- ✚ Chapitre I (Synthèse bibliographique) : il présente une recherche bibliographique sur les cours d'eau, les sources de pollution et l'origine des éléments en trace métallique (ETM) dans l'eau
- ✚ Chapitre II : (présentation du milieu) : nous nous sommes attachés dans ce chapitre à définir le cadre général de notre région d'étude, dont le but est d'en tirer une monographie géographique, géologique et hydro-climatologique.
- ✚ Chapitre III : Présente la stratégie de prélèvement, le matériel utilisé et les modes opératoires réalisés.
- ✚ Chapitre IV : Nous avons étudié la qualité physico-chimique des eaux de surface de la wilaya de jijel, à travers la représentation graphiques et l'interprétation des résultats, la détermination de l'origine probable de chaque élément, ainsi qu'à l'identification des sources de pollution par les métaux lourds et leur mobilité,

# *Synthèse bibliographique*

# *C H A P I T R E I*

## 1. Généralités sur les cours d'eau

On désigne par cours d'eau "tout chenal superficiel ou souterrain dans lequel s'écoule un flux d'eau continu ou temporaire" (wikipedie).

### 1.1. Les différentes parties d'un cours d'eau

Diverses parties peuvent caractériser un cours d'eau :

- la **source** qui représente le point d'origine du cours d'eau ;
- l'**amont** (la partie la plus élevée du cours d'eau topographiquement) en opposition à l'**aval** (la partie la moins élevée) ;
- le **lit mineur** c'est-à-dire l'espace qui est occupé de manière permanente ou temporaire par le cours d'eau ;
- le **lit majeur** qui est occupé temporairement en période de crue lors des inondations ;
- la **rive** qui borde le cours d'eau ;
- les **berges** qui délimitent le lit mineur maintenues par la végétation (les saules, aulnes...);
- les **annexes hydrauliques**, qui peuvent être définies comme une forme topographique quelconque, remplie plus ou moins d'eau et fréquemment coupée du lit majeur du fleuve durant la période d'étiage ;
- la **ripisylve**, qui correspond à la végétation de bords de cours d'eau ; elle est composée de plusieurs strates (herbacée, arbustive, arborée) ;
- L'**embouchure** ou estuaire qui est le lieu où le cours d'eau (fleuve) termine sa course (généralement dans un océan, dans la mer ou dans un lac).

D'autres éléments secondaires permettent de caractériser un cours d'eau comme les **méandres** par exemple qui sont des sinuosités très prononcées du cours d'un fleuve ou d'une rivière.

L'ensemble des cours d'eau naturels et artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement forme le réseau hydrographique.

### 1.2. Les différents types de cours d'eau

En fonction de ces caractéristiques mais également de la longueur, de la localisation géographique ou d'autres paramètres, différents types de cours d'eau peuvent être distingués tels que :

- le **ru** : petit cours d'eau, souvent en tête de bassin, démarrage de l'écoulement ;
- les **ruisseaux** : petits cours d'eau de faible largeur et de faible longueur ;
- le **canal** : conduit naturel ou artificiel permettant le passage d'un fluide ;

- les **torrents** : cours d'eau situés généralement en montagne ou sur des terrains accidentés, au débit rapide et irrégulier ;
- les **rivières** : cours d'eau moyennement importants dont l'écoulement est continu ou intermittent, elles se jettent dans d'autres rivières ou dans des fleuves ;
- les **fleuves** : cours d'eau parfois importants se jetant dans l'océan ce qui les différencie des rivières.

D'autres types de cours d'eau existent tels que les ruisselets, les cours d'eaux souterrains ou les ravines par exemple.

### 1.3. Les différents facteurs influant sur la qualité des cours d'eau

La qualité des cours d'eau dépend de différents facteurs qui peuvent être modifiés et dégradés. Ils permettent de dresser un diagnostic du cours d'eau pour évaluer le besoin ou non d'aménagement.

Les principaux **facteurs physico-chimiques** déterminant l'état des cours d'eau sont les suivants :

- la température: est un facteur écologique important du milieu qui a une grande influence sur l'activité biologique d'un cours d'eau ;
- le potentiel hydrogène (pH): le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés ;
- Conductivité électrique (CE) : Elle permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium,...). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau est élevée ;
- Oxygène dissous: étant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. Il est exprimé en  $\text{mg.l}^{-1}$  ou en pourcentage de saturation. La solubilité de l'oxygène diminue avec la température et elle est plus faible dans l'eau de mer que dans l'eau douce ;
- Matières en suspension (MES) : Sont des matières fines minérales ou organique insolubles, visibles à l'œil nu, qui cause la turbidité de l'eau, ce qui est néfaste pour la biologie des cours d'eaux ;
- La demande biologique en oxygène ( $\text{DBO}_5$ ) : constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les rejets d'effluents pollués déversés dans un cours d'eau ;

- le taux de phosphore : est présent dans les eaux sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) et/ou sous forme organique d'origine biologique.

### 2. La pollution métallique de l'eau

#### ➤ *L'eau polluée*

La pollution de l'eau est un diversement, écoulement, rejet, dépôt direct ou indirect de matière de toute nature et généralement tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques : physiques, chimiques, ou biologiques, qu'il s'agit des eaux superficielles, souterraines ou des eaux de mers dans la limite des eaux territoriales.

#### ➤ *La pollution métallique*

Les métaux lourds ou les éléments en traces métalliques (ETM) sont présents à l'état de trace dans la croûte terrestre. Leur présence dans les eaux naturelles résulte de processus naturels (érosion et altération, émission volcaniques, diffusion d'aérosols à partir des sols et de l'eau de mer) et de l'activité humaine. Cette dernière est aujourd'hui considérée comme la principale source de contamination des eaux par les métaux et les métalloïdes. L'importance relative des sources de contamination anthropique (industrielle, domestique ou agricole) est variable selon l'élément considéré et l'occupation des sols sur le Bassin Versant.

### 3. Généralité sur les éléments en traces métalliques (ETM):

#### 3.1. Définition

L'expression « métal lourd » désigne pour les chimistes des métaux de numéro atomique élevé, de densité supérieur à 5g/cm (*Di Benedetto, 1997 ; Jeannot, 2001*), et formant des précipités insolubles avec les sulfures (*Schaud et Fiex, 2005*), ils sont également des bons conducteurs de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité (*Miquel, 2001*).

Le Cadmium, le Manganèse, le Cobalt, le Chrome, le Cuivre, le Plomb, le Mercure, le Nickel et le Zinc sont les métaux les plus souvent rencontrés dans les sols (*Jeannot, 2001*).

Le **Clech (1998)** nous indique qu'ils sont en concentration dans les êtres vivants à moins de 1°/°°.

## 3.2. Origines

Tout comme les polluants organiques, la dissémination des éléments en traces dans l'environnement provient soit de processus naturels, soit des activités humains (*Baize et Tercécoord, 2002 ; Laurant, 2005*).

### ➤ *Origines naturelles*

Les éléments traces métalliques sont naturellement présents dans les roches mères (roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires); Tous les sols contiennent naturellement des éléments traces métalliques.

L'activité volcanique et les feux de forêts sont d'autres sources naturelles des polluants métalliques rejetés dans l'atmosphère (*Laurant, 2005*).

La présence des éléments traces métalliques dans les sols n'est pas indicatrice d'une pollution (*Burnol et al., 2006*).

**Tableau 1 : contenu des roches en éléments traces(en mg /Kg) (*Laurant, 2005*).**

	Origine naturelle			Origine anthropique	
	Type de Roche	Teneurs en Pb en mg/Kg			
		Moyenne	Gamme de teneurs		
Cadmium (Cd) <sup>2</sup>	Roches sédimentaires argileuse et sableuses (µg/g)		0.22-0.30	- Piles, - composants électroniques, - routes, - fertilisant minéraux phosphatés - produits pétroliers	
	Grès	0.05			
	Carbonates	0.035			
Chrome (Cr)	Gneiss, muscovite				
Cuivre (Cu)				Carburant	
Fer (Fe)	Argile, shiste, micashiste, gneiss				
Plomb (Pb) <sup>1</sup>	Métamorphique	Marbre	3.9	0.9 à 7	- Carburants (essence) - batterie et piles - canalisation - etc.
		Gneiss et Schiste	17.6	0.4 à > 100	
	Sédimentaire	Grès	9.8	<1 à > 50	
Zinc (Zn)	Gneiss				

### ➤ *Origines anthropiques*

Du fait de leurs propriétés physiques intéressantes (bons conducteurs de chaleur et d'électricité, caractéristiques de dureté, de malléabilité, possibilités d'alliages, propriétés catalytiques, etc....) les métaux sont très largement utilisés par l'homme. Cette utilisation n'a apporté aucun changement quant aux quantités de métaux présents sur terre : l'activité humaine ne crée ni ne détruit des éléments métalliques.

En revanche, elle modifie très significativement leur répartition et les formes chimiques sous lesquelles ils sont présents dans l'environnement.

Les gisements et les filants métallifères sont exploités, parfois de très longues date. Mais l'activité minière peut être à l'origine d'une dispersion des métaux dans l'environnement. Le milieu aquatique, notamment, peut être contaminé via les eaux de

ruissellement. Toutefois l'industrie est toujours responsable de la majorité des rejets directs dans le sol. Par ailleurs,

le traitement des minerais et d'industrie métallurgique restent à l'origine d'émissions atmosphériques importantes (*Legoff, 2004*).

### 4. Les principaux métaux lourds

#### 4.1. Cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal relativement rare dans la nature. Cet élément est caractérisé par numéro atomique (48), masse atomique (112.41 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 321.1 C° et une température d'ébullition de 766.9 C° (*coursier et al., 1986*), il apparait au-dessous du zinc dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique et partage un certain prospérité commun avec du Zn (*Landis et Ho Yo, 1999 ; Wright et Welbourn, 2000*). Il est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ 1 à 2 ppm, où il est souvent associé au zinc et plomb (*Di Benedetto, 1997*).

Le cadmium se présente comme un métal tendre de couleur blanc argenté. Cet élément ne possède ni odeur ni saveur caractéristique. Dans la nature, le cadmium n'existe pas, en général, sous sa forme métallique pure, mais plutôt sous celle d'un minéral associé à d'autres éléments tels que l'oxygène (oxyde de cadmium), le chlore (chlorure de cadmium) ou le soufre (sulfate de cadmium, sulfure de cadmium). Les chlorures et les sulfates de cadmium sont les formes les plus solubles (*Public Health Statement, 1990*).

#### ➤ *Cadmium dans le sol*

Le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols ainsi que des décharges industrielles et traitement des effluents industriels et des mines (*Casas, 2005*). Les sols et les roches en contiennent des quantités variables en général peu, mais parfois en abondance.

Dans les sols non pollués, les concentrations moyennes de cadmium tournent autour de 0,25 ppm, mais elles peuvent atteindre 4 ppm sur certains sites abritant des résidus toxiques (*Public Health Statement, 1990*).

En raison de ses propriétés physico-chimiques, le Cd est un des métaux lourds les plus solubles dans le sol. Dès que la concentration de Cd augmente dans la terre, les plantes l'adsorbent avidement (*Verloo, 2003*).

#### 4.2. Chrome (Cr)

Élément de numéro atomique (24) et de masse atomique (52 g/mol) dont le corps simple est un métal. Il existe deux formes de chrome (trivalent et hexa valent) (*Ramade,*

2000), avec une densité de  $7.2\text{g/cm}^3$  une température de fusion est égale à  $1857\text{ C}^\circ$  et une température d'ébullition de  $2672\text{ C}^\circ$ , il apparaît dans le premier rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

Il est donc un métal dur, blanc grisâtre, possédant 3 degrés principaux d'oxydation (II, III, VI) et cinq états d'oxydation inhabituels (-II, -I, 0, IV, V). l'état d'oxydation conditionne la stabilité (Bur, 2008), La teneur moyenne du chrome dans la croute terrestre serait comprise entre 100 et 200 mg/kg (*Burnol et al., 2006*).

Le chrome entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages, et améliore aussi la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion (*Pichard, 2005*).

### ➤ *Chrome dans le sol*

Le chrome se trouve rarement naturellement sous sa forme élémentaire (*Burnol et al., 2006*), il se rencontre en petites quantités à l'état naturel dans tous les types de roches et de sols, sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement chrome III et un peu chrome VI. Le chrome VI est largement transformé en chrome III dans les sols, les sédiments (favorisé en conditions anaérobiques et à un pH faible), et le chrome III s'adsorbe plus que le chrome VI (*Pichard, 2005*), les roches éruptives ultrabasiques sont celles qui contiennent le plus de chrome.

Dans les sols, le chrome est d'ordinaire peu phytodisponible, mais sa disponibilité augmente pour des pH neutres à basiques (différent de la majorité des ETM) (*Bur, 2008*).

### **4.3. Cuivre (Cu)**

Élément a numéro atomique (29) et de masse atomique (63,5 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à  $1084.4\text{ C}^\circ$  et une température d'ébullition de  $2566.9\text{C}^\circ$ , il apparaît au-dessous du zinc dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

La composition moyenne de la croute terrestre en cuivre serait comprise entre 45 et 70 mg/kg (*Burnol et al., 2006*), il est très malléable et malléable et un excellent conducteur de la chaleur et de l'électricité, fondant au  $1.083\text{ C}^\circ$  (*Wright et Welbourn, 2002*), existe à l'état natif. La teneur en cuivre dans les minerais varie de 0,5% à 5%. Elle est de 0,01% dans les roches volcaniques et 0,0055% dans les roches cristallines.

Le cuivre est principalement produit par broyage de minerais sulfurés et enrichissement par flottation ou par lessivage acide des minerais oxydés suivi d'une fusion et d'un raffinage électrolytique ou thermique (*Pichard, 2005*).

### ➤ *Cuivre dans le sol*

Selon Public Health Statement, (1990) le milieu environnemental le plus exposé au cuivre est le sol : 97% du cuivre libéré dans l'environnement s'y retrouve contre seulement environ 3% dans les eaux et 0,04% dans l'air.

Aux teneurs naturelles, les sols se trouvent également enrichis par l'utilisation excessive de fertilisants et de produits agro-sanitaires tels que les insecticides, les fongicides et les algicides qui sont à la base de sels de cuivre, notamment les sulfates de cuivre (Kadem, 2005).

Il est adsorbé de manière importante par les sols, plus que les autres métaux étudiés. Cependant, le cuivre a également une affinité élevée pour les ligands organiques solubles et la formation de ces complexes peut augmenter très fortement la mobilité de cet élément (Burnol et al., 2006).

### 4.4. Fer (Fe)

Le fer est l'un des éléments les plus abondants dans l'écorce terrestre après l'oxygène (Pedro, 2004) élément à numéro atomique (26) et de masse atomique (55,84 g/mol), avec une densité de 7,86. Le fer pur fond vers 1540 C° et bout vers 2750 C°, il apparait dans le premier ranger de l'élément de transition dans la table périodique (coursier et al., 1986).

Le fer dans l'état libre se trouve dans la grande catégorie des oxydes, hydroxydes et hydrates (concrétion ferrugineuse, horizon b des podzols, fer latéritique et fer minéral des sols bruns). Ce fer libre se trouve sous forme de Fe<sup>+++</sup> en milieu oxydant ou sous forme Fe<sup>++</sup> en milieu réducteur.

C'est sous cette réduite que le fer peut facilement migrer et se déposer ensuite en condition plus oxydantes (auréoles brunes et passage de racines) (Duthil, 1973).

### ➤ *Le fer dans le sol*

Le fer est un élément indispensable à la vie (cofacteur biochimique essentiel au bon déroulement des réactions d'oxydoréduction), mais peu disponible à l'état libre dans les sols (Pedro, 2007).

Le fer organique est retenu par chélation à la matière organique polaire du sol ; un groupement carboxyles à proximité d'un groupement hydroxyle. La décomposition des résidus végétaux fait apparaitre un grand nombre de poly phénols et d'acide organique (tartrique, oxalique, et citrique,... etc.

Le passage de la forme Fe<sup>++</sup> à la forme Fe<sup>+++</sup> s'accroît dans le cas d'une augmentation de pH ou d'une élévation de la pression d'oxygène dans le sol. En dehors du

véhicule organique c'est donc l'acidité et le manque d'aération qui peuvent faciliter le transfert de ce métal dans le sol (*Duthil, 1973*).

### 4.5. Manganèse (Mn)

Le manganèse est une substance qui existe essentiellement dans un grand nombre de roche, il est obtenu par extraction et transformation des roches riches en composés de manganèse. Mélangé au fer. Cet élément est caractérisé par numéro atomique (25), masse atomique de (54.93 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 1243.9 C°, une température d'ébullition de 1961.9 C°, il apparait dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*coursier et al., 1986*).

Le manganèse ne présente ni saveur ni odeur particulières. A l'état pur, il apparait sous la forme d'un métal de couleur argentée. Dans la nature, le manganèse est principalement lié à d'autres éléments tels que l'oxygène, le soufre et le chlore. Ces associées, appelées composés, sont des solides qui ne s'évaporent pas (*Public Health Statement, 1990*).

#### ➤ *Manganèse dans le sol*

Le manganèse et certains composés de manganèse existent spontanément dans la nature sous forme solide, la mobilité du manganèse dans un sol, et donc la proportion susceptible d'y rester, dépend de son état chimique et de la nature du sol où il se trouve. Deux pesticides, le manèbe et le mancozèbe, contribuent également aux émissions de manganèse dans l'environnement à l'occasion de leur application dans les champs ou de déversement sur les lieux de leur conditionnement (*Public Health Statement, 1990*).

### 4.6. Plomb (Pb)

Elément pauvre de numéro atomique (82) et de masse atomique (207 g/mol), avec une température de fusion est égal à 327.5 C° et une température d'ébullition de 1748.9 C° , il apparait au-dessus du zinc dans la deuxième rangée de l'élément de transition dans la table périodique (*Wright et Welbourn, 2002 ; Landis et Ho Yo, 1999*), dont le corps simple est un métal gris bleuâtre mou, il s'agit d'un métal lourds (*Ramade, 1995*), la concentration moyenne en plomb de la croûte terrestre serait de l'ordre de 13 à 16 mg/kg (*Burnol et al., 2006*).

Le plomb existe sous trois formes essentielles :

- Le plomb dissous ;
- Le plomb colloïdal ;
- Le plomb particulaire (*Cassas, 2005*).

Le plomb est naturellement présent dans la croûte terrestre, il représente environ 0,002% de cette dernière. Il se trouve généralement sous forme peu soluble (*Secchi, 2008*). Il ne

possède ni odeur ni saveur particulière. Le plomb métallique ne se dissout pas dans l'eau et ne brûle pas. Il peut s'associer avec d'autres substances pour former ce que l'on appelle généralement des composés de plomb ou des sels de plomb (*Public Health Statement, 1990*).

### ➤ *Plomb dans le sol*

Le plomb contenu dans les roches peut se retrouver dans les sols, par altération de ces dernières, à des teneurs variables selon la composition initiale de la roche mère. De même, il est présent dans tous les autres compartiments de l'environnement (*Secchi, 2008*).

La plupart du plomb présent dans les sols du centre des villes provient des bâtiments anciens dont les peintures contenaient du plomb et de l'échappement des automobiles du temps où l'essence contenait encore du plomb (*Public Health Statement, 1990*).

Le plomb soluble ajouté au sol réagit avec des argiles, phosphates, sulfates, carbonates, hydroxydes et la matière organique, si bien que la concentration du plomb en phase aqueuse est fortement diminuée. Pour des pH supérieurs à 6, le plomb est soit adsorbé à la surface des argiles soit sous forme de carbonate de plomb (*Burnol et al., 2006*).

## 4.7. Zinc

Cet élément est caractérisé par numéro atomique (30), masse atomique (65.38 g/mol) (*Ramade, 2000*), avec une température de fusion est égale à 419.5°C° et une température d'ébullition de 906.9°C°.

La teneur moyenne en zinc de la croûte terrestre serait comprise entre 70 et 132 mg/kg, (*Burnol et al, 2006*), il prend l'aspect d'un métal brillant, de couleur blanc bleuâtre. Il n'y a pas d'information sur la saveur et l'odeur du zinc sous cette forme. A l'état de poudre, le zinc est un explosif susceptible de prendre feu subitement s'il est stocké à l'humidité.

Le zinc peut en outre se lier à d'autres éléments, et en particulier au chlore, à l'oxygène et au soufre, pour former des composés de zinc (*Public Health Statement, 1990*).

### ➤ *Le zinc dans le sol*

Le zinc est présent dans l'air, l'eau et le sol à la suite des processus naturels et des activités humaines (*Public Health Statement, 1990*), les teneurs en Zn dans les sols non contaminés sont généralement les plus élevées de tous les ETM. En contexte contaminé, si la concentration en Zn dépasse 300 ug.g-1, il est également un métal, moyennement réactif, qui se combine avec l'oxygène de l'air pour former une couche d'oxyde blanc imperméable. On le trouve généralement à l'état d'oxydation II (*Bur, 2008*).

**Burnol et al en (2006)** montre que la précipitation n'est pas un mécanisme majeur de rétention de Zn dans les sols à cause de la solubilité élevée des composés de Zn. En tant que métal cationique, l'adsorption de Zn augmente avec le pH. Le Zn s'hydrolyse à pH > 7,7 et les

## Chapitre I: Synthèse bibliographique

---

espèces hydrolysées sont fortement adsorbées sur les surfaces du sol. Cependant, le zinc peut également former des complexes avec les ligands organiques et inorganiques ce qui diminue les réactions d'adsorption les niveaux de zinc dans les sols s'accroissent sous l'influence des dépôts de résidus de zinc issus des usines métalliques et de cendre de houille provenant des centrales électriques (*Public Health Statement, 1990*).

# *Présentation de la zone d'étude*

*C  
H  
A  
P  
I  
T  
R  
E*



### **I.1 - Présentation de la wilaya de Jijel**

Wilaya côtière, Jijel se caractérise par une façade maritime de plus de 120km, jouissant d'une situation géographique qui lui confère une position de choix, très propice pour son développement et son ouverture sur les principaux centres d'intérêts économiques du bassin méditerranéen. Forte d'un réseau d'infrastructures multiformes, facilement adaptables aux attentes des projets de développement les plus exigeants (Port, Aéroport, liaison routière transversale, pénétrante Nord-sud, et liaison ferroviaire), Jijel constitue ainsi, pour notre arrière-pays et même pour l'Afrique subsaharienne un débouché portuaire préférentiel.

Au plan des ressources, ce territoire recèle des potentialités appréciables, halieutiques, agricoles, forestières, hydriques, touristiques et minières jusque-là sous exploitées pour ne pas dire inexploitées.

### **I.2 : Situation géographique :**

La wilaya de Jijel est une région côtière ; située au nord Est du pays à une distance de 360 Km de la capitale ; elle limitée administrativement :

- Au nord par la mer Méditerranéenne ;
- A l'Est par la wilaya de Skikda
- A l'Ouest par la wilaya de Béjaia ;
- Au Sud -Est par la wilaya de constantine ;
- Au Sud -Ouest par la wilaya de Setif;
- Et au Sud par la wilaya deMila.

Administrativement elle s'étend sur superficie de 2398 km<sup>2</sup> avec 11 daïras et 28 communes :



Figure 1 : Carte administrative de la Wilaya de Jijel (bibliographie)

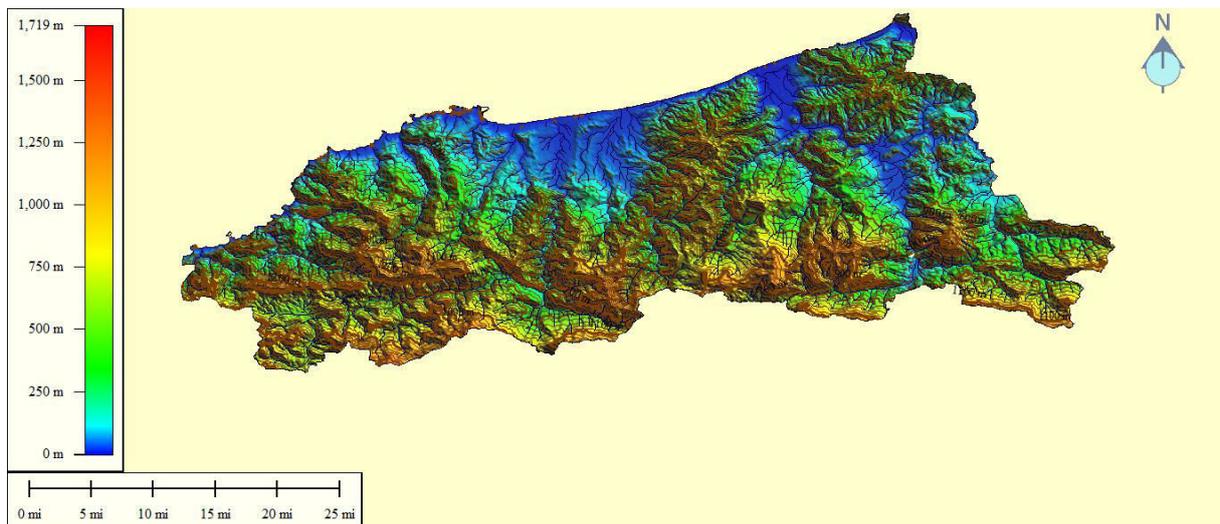
### **I.3 : Climat**

..... ;La région de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et humide en été. Les températures varient entre 20C° et 35C° en été à 5C° à 15C° en hiver. La saison de pluie dure environs 6 mois d'une pluviométrie de l'ordre de 1 100 mm/an.

Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (NNW - SSE).

### **I.4 :Géomorphologie et relief**

La Wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux. Bien que l'altitude moyenne soit de 600 à 1000, on distingue principalement deux régions physiques :



**Figure 2 : Carte d'altitude de la Wilaya de Jijel**

#### **les zones de plaines:**

Situées au Nord, le long de bande littorale allant des petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées de Oued Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hor.

#### **les zones de montagnes:**

Elles constituent l'essentiel du territoire de la wilaya (82%) et sont composées de deux groupes:

Groupe 1: Zones moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centrale de la wilaya, caractérisée par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.

Groupe 2: Zones de montagnes difficiles situées à la limite sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont : Tamasghida ; Tababour ; Bouazza et Seddat

### **I.5 : Le Réseau Hydrographique**

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense, il est constitué essentiellement par l'oued Zhour, l'oued El-Kébir, l'oued Nil, l'oued Djenjen et l'oued Mencha, et leurs affluents. Ces oueds jouent un rôle très important dans l'érosion et le transport de sédiments vers la mer contribuent ainsi à l'alimentation des plages par ces formations détritiques susceptibles d'être des concentrations minérales exploitables.

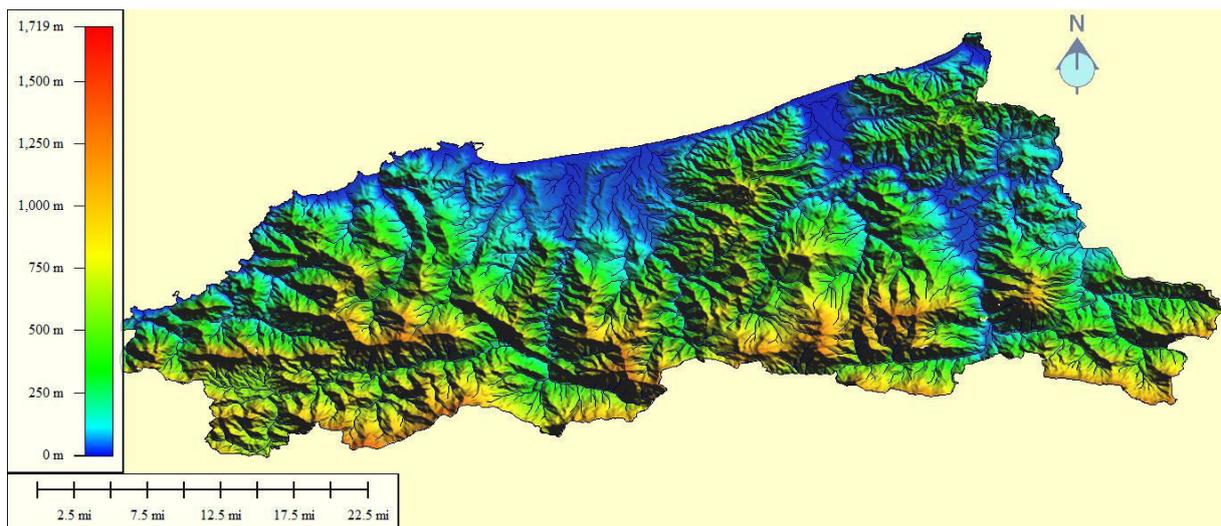


Figure 3 : Carte de réseau hydrographique de la Wilaya de Jijel

### **I.6 :La couvert Végétal**

Le territoire de la wilaya est couvert par une végétation très abondante représentée en majeure partie par le chêne-liège

### **I.7 : Agriculture**

L'agriculture constitue l'activité économique principale de la Wilaya de Jijel. Ce secteur dénombre plus de 19.443 exploitations agricoles dont 95% relèvent du statut privé. Il est à noter que 83% des exploitations ont une superficie inférieure à 05 Ha. (Après ANDI 2013)

Superficie Total de la wilaya (S.T): 239.000 Ha

Superficie Agricole Totale (S.A.T): 98 .689 Ha soit 41% SAT

Superficie Agricole Utile (S.A.U): 43.589 Ha soit 44% SAT

Superficie Irriguée: 5.200 Ha soit 11.90% SAU

## chapitre II: présentation de la zone d'étude

---

Superficie des forets:115.000 Ha soit 48% ST dont 43.000 Ha chêne liège soit 37% superficie forestière.

Les terrains agricoles de la wilaya sont répartis de la manière suivante :

Zones de plaines : 14.173 Ha soit 33 % SAU.

Zones de montagne et Piémonts : 29.424 Ha soit 67 % SAU.

### **I.8 : L'industrie**

La Wilaya de Jijel recèle d'énormes ressources naturelles qui ne demandent qu'à être exploitées pour hisser le développement des activités industrielles et artisanales. Les potentialités importantes de la Wilaya, forestières, halieutiques, agricoles et substances utiles constituent les ressources stratégiques pour son développement et peuvent favoriser l'émergence de petites unités industrielles locales notamment des unités de matériaux de construction, de transformation de liège, d'agroalimentaires.

### II.1. Introduction

Le massif de la Petite Kabylie fait partie du segment maghrébin de la chaîne Alpine. Cette dernière montre deux branches principales, disposées de part et d'autre de la mer Méditerranée (*Durand Delga, 1969*).

- Une branche septentrionale (Européenne), représentée par les Cordillères Bétiques du Sud de l'Espagne (Péninsule Ibérique).
- Une branche méridionale ou Maghrébines, qui regroupe les chaînes rifaines, telliennes, Nord Siciliennes, et Calabraises (*fig.2*).

En Algérie, le massif de la Petite Kabylie dont fait partie la région étudiée occupe une position septentrionale dans le domaine interne de la chaîne Alpine (*Wildi, 1983*). Il s'étend sur plus de **150Km**, le long du littoral Algérien. Il est limité à l'Ouest par la chaîne des Babors, et l'Est par le massif de l'Edough, avec une extension Nord-Sud sur plus de **50Km**.

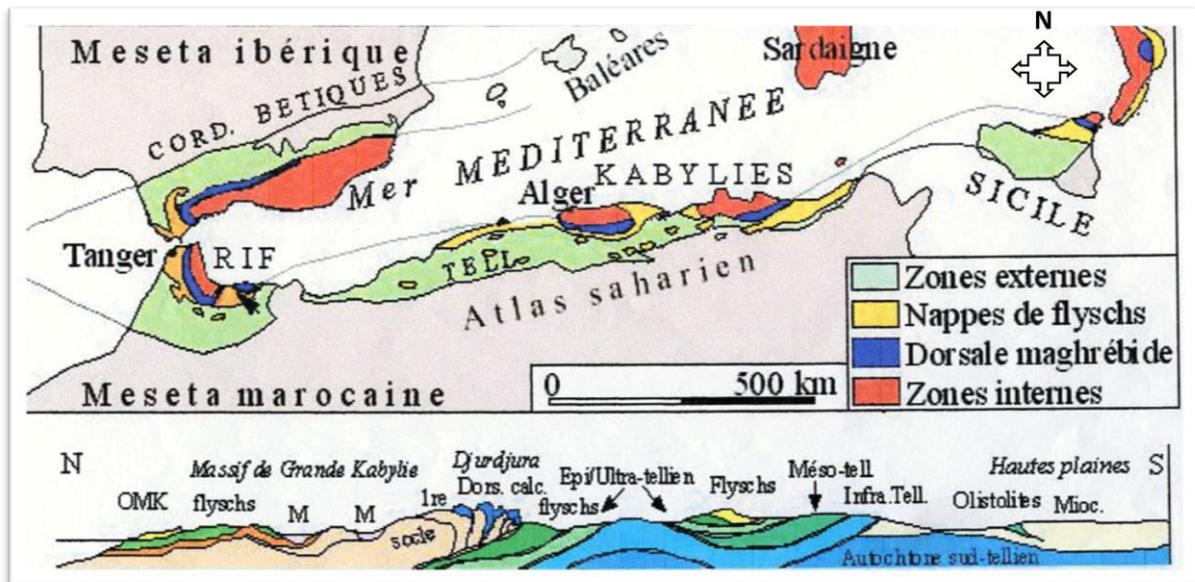


Figure 4: Schéma structural de la méditerranée occidentale.

(Durand Delga, et Fontboté., 1980)

### II.2. Les grands ensembles géologiques de la marge Nord Algérienne

Du point de vue structural, la marge Nord Algérienne est constituée par un empilement de nappes charriées sur la marge Africaine (*Raoult, 1972 ; Bouillin 1977; Vila, 1980*).

Transversalement on y distingue de l'intérieur vers l'extérieur de la chaîne (*fig.2*) :

- Le domaine Kabyle.
- Le domaine des flysch.
- Le domaine tellien et de l'avant pays.

### II.2.1. Formation du domaine kabyle

Issu du domaine interne de l'orogénie alpin, le domaine kabyle comprend les formations cristallophylliennes du socle kabyle, et l'ensemble des nappes supérieures qu'il supporte (*fig.3*).

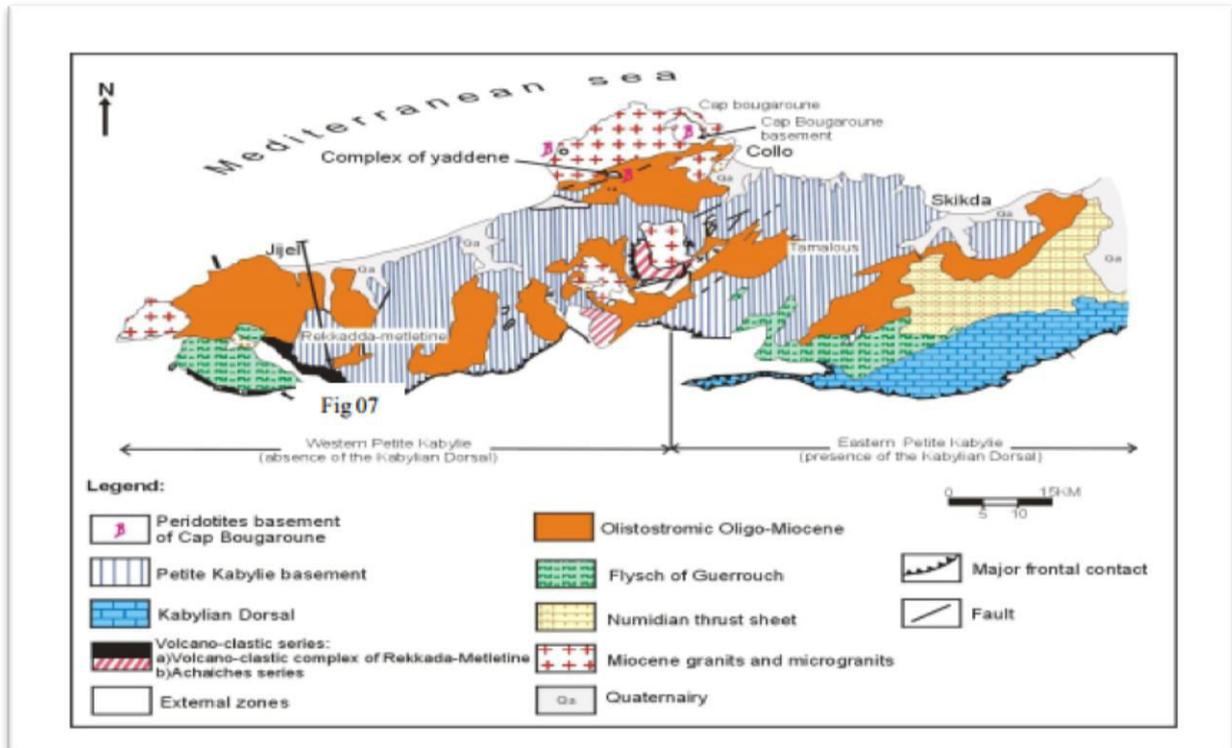


Figure 5 : Schéma structural de la petite Kabylie (Djellit, 2010 in Brines et Ben-Ghoudbane, 2013).

#### II.2.1.1. Le socle kabyle

Différents auteurs qui ont étudié la géologie de la Petite Kabylie ont divisé le socle cristallophyllien en deux ensembles :

- Un ensemble supérieur;
- Un ensemble inférieur.

##### A. L'ensemble supérieur

C'est un ensemble décrit pour la première fois par *Ehrmen (1928)* dans la partie occidentale de la Petite Kabylie, et ensuite par *Durand Delga (1956)*. Il comporte de bas en haut :

- Des schistes noirâtres qui surmontent, parfois, des conglomérats remaniant les formations sous-jacentes.
- Des psammites rouges et vertes à Graptolites.
- Des grès calcaires à Tentaculites.
- Des calcaires à Orthocères.

### ***B. L'ensemble inférieur***

Gneissique, constitué de para-gneiss, d'ortho-gneiss, et de gneiss granulitiques, à intercalations de calcaires métamorphiques et d'amphibolites.

En Petite Kabylie les formations cristallophylliennes du socle Kabyle sont largement charriées vers le Sud sur les formations de type flysch et les formations telliennes (***Durand Delga, 1955 ; Bouillin, 1977***).

#### **II.2.1.2. La couverture sédimentaire**

##### ***A. La dorsale Kabyle***

Elle est respectivement nommée « chaîne Liasique » ; ***Fischeur (1909)***, « chaîne calcaire » ; ***Glangeaud (1932)***, et enfin « dorsale Kabyle » ; ***Durand Delga (1969)***.

La dorsale Kabyle marque la limite entre le socle Kabyle au Nord et les zones telliennes plus externes au Sud. Elle occupe les extrémités méridionales du socle Kabyle, et montre des termes allant du Permo-Trias à l'Oligocène. Les séries qu'elle présente permettent de la subdiviser en trois sous domaines (***Raoult, 1974***), qui sont du Nord au Sud :

- ***La dorsale interne*** : Elle est caractérisée par une série complète allant du Permo-Trias au Néocomien.
- ***La dorsale médiane*** : Elle est caractérisée par des dépôts plus profonds marneux et marno-calcaire.
- ***La dorsale externe*** : Elle est caractérisée par un Crétacé supérieur et un Eocène inférieur Détritique.

##### ***B. Formations de l'Oligo-Miocène kabyle OMK et les olistostromes***

###### ***B.1.L'Oligo-Miocène Kabyle***

Il forme la couverture sédimentaire transgressive du socle Kabyle (***Raoult, 1974 ; 1975, Bouillin, 1977***).

L'Oligo-Miocène Kabyle est constitué par des formations détritiques comportant trois termes (***Bouillin, 1977***) :

- Un terme de base, formé de conglomérats reposant en discordance sur le socle Kabyle.
- Un terme médian, comportant des grès micacés à débris de socle associés à des péllites micacés.
- Un terme sommital formé de silexites
- Les formations de l'Oligo-Miocène Kabyle affleurent largement dans la région étudiée (***fig.4***).

### **B.2. Les olistostromes**

Les olistostromes sont des formations tectono-sédimentaires à débris de flysch mauritanien et massylien reposant sur les formations de l'OMK.

Ces formations, ont été décrites pour la première fois en petite Kabylie par **Raoult** et **Bouillin(1971)**.

L'âge de ces formations selon ces derniers auteurs, est supposée Aquitanien à Burdigalien inférieur probable (**Bouillin ; Raoult, 1971 ; Bouillin et al, 1973 ; et Bouillin, 1977**).

### **B.3.Le Nummulitique**

Formations grés-micacées d'âge Préabonien à Oligocène supérieur, qui constitue la couverture de la chaîne calcaire (dorsale Kabyle) et du flysch mauritanien. (**Bouillin ,1977 ; Raoult 1974**).

#### **II.2.2. Formation du domaine des flysch**

Les flysch sont classiquement subdivisées en deux types principaux (**durant-Delga, 1969**) : les flysch de type Guerrouch et les flysch Schisto-quartzite (flysch albo-aptien de Glangeaud, 1932).

Toujours en **1969, J.F.Raoult** propose pour le flysch "schisto-quartzite" le terme de "flysch massylien". Ce terme est finalement adopté par l'ensemble des chercheurs (**Bouillinetal., 1970**) travaillant sur ces formations.

Le terme de "flysch mauritanien" est réservé pour les flysch qui comportent un crétacé inférieur de type "Guerrouch", ce terme ayant été proposé par **J.P.Gélard (1969)**.

##### **II.2.2.1. Le flysch mauritanien**

Ce terme a été proposé pour la première fois par **Gélard (1969)**. Le flysch mauritanien comporte des terrains allant du Néocomien au Lutétien. Il comporte de bas en haut :

- Un préflysch calcaire du Tithonique-Néocomien constitué d'une alternance de marnes grises et de turbidités calcaires.
- Un ensemble d'environ (300m) de grès homométriques à cassure verte (flysch de Guerrouch) attribué à l'Albo-Aptien.
- Des phtanites rouges et blancs du Cénomaniens supérieur.
- Des microbrèches à ciment spathique riche en quartz détritique, et parfois des microconglomérats du Sénonien.
- Au sommet des conglomérats puis des grès micacés Tertiaires (Eocène à l'Oligocène).(**Gelard, 1969**).

### II.2.2.2. Le flysch massylien

Le terme de flysch massylien a été proposé par **Raoult (1969)**, pour caractériser les formations détritiques schisto-quartzitiques. Ce flysch comporte une série allant du Néocomien au Lutétien terminal et regroupe trois ensembles qui sont du bas en haut :

- Des argiles et grès quartzitiques, des grès légèrement calcareux et localement des niveaux conglomératiques de l'Albo-Aptien.
- Des marnes et calcaires fins du Vraconien, des microbrèches et des conglomérats du Sénonien inférieur et moyen auxquels sont associées des phanites noires.
- Des bancs calcaires à microfaunes pélagiques du Turonien-Cénomaniens. Il est caractérisé par des schistes, des grès quartzitiques surmontée par des microbrèches à éléments calcaires et à ciment pélétique et des marnes, allant du Néocomien à l'Albien supérieur (**Raoult, 1969**).

### II.2.3. Formation du domaine tellien

Le domaine tellien est subdivisé du nord au sud en trois unités fondamentales ou nappes telliennes.

#### II.2.3.1. Nappes épi-telliennes

Constituées de terrains marneux allant de l'albien au lutétien supérieur (**Djellit, 1987**).

#### II.2.3.2. Nappes méso-telliennes

Elles montrent un dispositif de cinq écailles, formées de sédiments allant de sénonien au miocène. (**Djellit H, 1987**).

#### II.2.3.3. Nappes infra-telliennes

Se sont des unités les plus basses structurellement. Elles sont caractérisées par une structure chaotique. Le trias gypsifère, le jurassique, le crétacé et le nummulitique ont glissé sur les sédiments, en cours de dépôts, du miocène inférieur, et en été remis en mouvement (**Djellit, 1987**).

### II.2.4. Flysch numidien

Le flysch numidien occupe la position la plus haute dans l'édifice structural de la région (**fig. 4**). Il est constitué de quatre termes lithologiques comprenant de bas en haut :

- 50m d'argile aux teintes variantes : vertes, rouges, jaunes et grises, à intercalations calcaro-gréseuses.
- 10 à 20m d'une alternance de pélite bleutées et de marnes à intercalations gréseuses décimétriques, soit en niveaux continus, soit lenticulaires et à figures de bases (les flutes castes, figures de charges...).

- Un ensemble (150 à 16m) gréseux en bancs épais (2 à 3m), faciès numidien composé essentiellement de teintes jaunes blancs (rouille d'altération), à grains grossiers de quartz roulés (dragées de quartz).
- 10 à 15m de bancs de calcaires gréseux associés à des marnes calcaires terminant cette succession (*Djellit, 1987*).

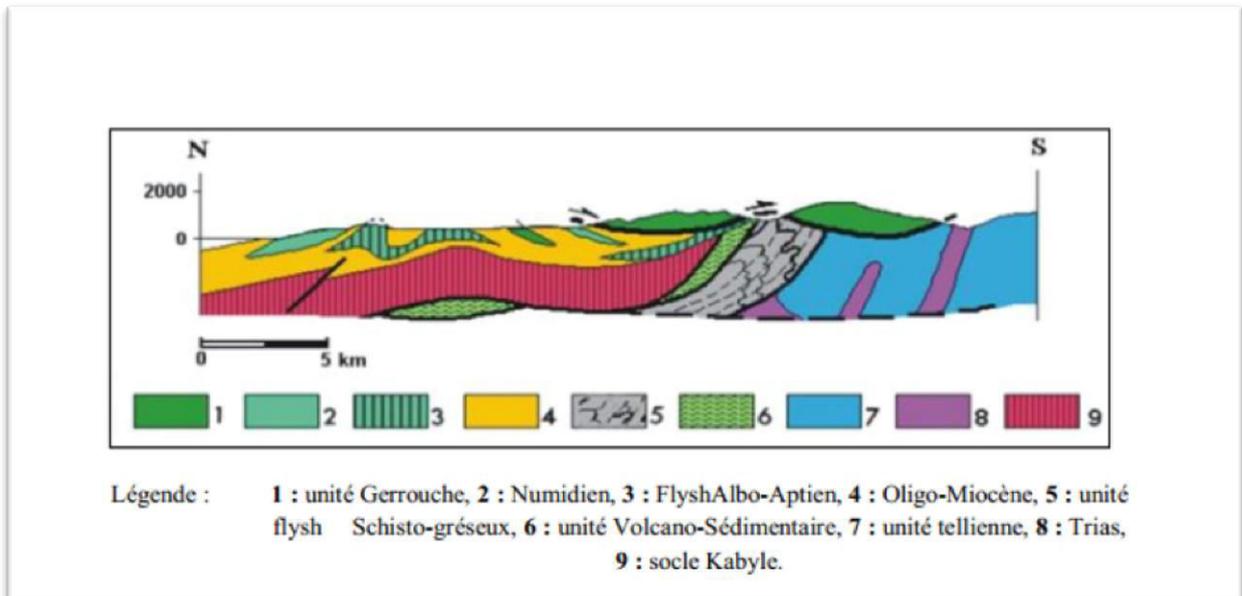


Figure 6: Coupe synthétique donnant l'allure de l'édifice structural de la petite Kabylie.

### II.2.5. Formation post-nappe

Comprenant des formations marneuses du miocène et des conglomérats grossiers d'âge pliocène.

#### II.2.5.1. Les marnes du miocène

Elles reposent en discordance sur le socle kabyle et les terrains sous-jacents de l'OMK. L'âge tortono-messénien est attribué à ces formations. Le tortono-messénien est constitué de ces marnes bleues à passées calcaireuses discontinues (miches calcaires (*Djellit, 1987*)).

#### II.2.5.2. Les formations détritiques du pliocène

Représenté par des dépôts détritiques, galets poudingues et argiles d'origine continentale.

L'épaisseur de cette formation varie de 30 à 50m.

### II.2.6. Les formations quaternaires

Elles bien représentées dans le bassin néogène de Jijel, elles comportent les formations suivantes :

### II.2.6.1. Les dunes de sables

Elles forment le cordon littoral et comportent :

- des dunes anciennes : constituées de sables fins limoneux parfois consolidés.
- des dunes actuelles : constituées de sables fins parfois consolidés.

### II.2.6.2. Les alluvions

Elles sont représentées par des alluvions récentes et des alluvions actuelles :

- les alluvions récentes : constituées essentiellement par des sables limoneux et des sables graveleux parfois consolidés (*Durant Delga, 1955*).
- les alluvions actuelles : sont composées d'éboulis d'alluvions et des brèches de pente non consolidées ; la taille des éléments peut aller jusqu'à 50mm de diamètre.

### II.2.7. Les roches magmatiques

Elles sont principalement représentées par :

- Des roches basiques et ultrabasiques (péridotites, gabbros, diorites, micro diorites et dolérites) du Texenna.
- Des roches volcaniques (rhyolites, trachytes, andésites, dacites, rhyodacites et pyroclastites) dans la région de Cavallo.
- Des roches granitiques (granites, microgranites et grano-diorites). Ces roches granitiques résultant d'un épisode magmatique (*Fougnot, 1990*).

### II.2.8. Aspect structural de la partie occidentale de la petite Kabylie

La structuration géologique du massif de la petite Kabylie est le résultat de plusieurs phases tectoniques :

#### II.2.8.1. Tectonique anté-Oligocène

La tectonique anté-Oligocène est particulièrement caractérisée par de grands accidents cassants d'ampleur régionale et de direction variée : Nord-Sud, Est-Ouest, Nord-Est, Sud-Ouest et Nord Ouest-Sud Est.

Cette tectonique cassante semble être à l'origine de la structuration du massif de petite Kabylie en horst et grabens.

Par ailleurs, ces grands accidents tectoniques cassants (accidents du socle) semblent avoir guidé la mise en place des roches magmatiques (*Boullin, 1977*).

### II.2.8.2. Tectonique Miocène

La tectonique Miocène semble être responsable de la structuration géologique actuelle du massif de la petite Kabylie. Cette tectonique s'est manifestée par des plissements, des charriages et une reprise des jeux des failles qui ont surtout rejoué en faille décrochant (Nord ouest-Sud est dextre et Nord est-Sud ouest senestre)(*fig.5*).

Par ailleurs, ces jeux de faille semblent avoir eu un rôle important dans la mise en place des roches magmatiques Miocène et la remonté des diapirs du Trias.

Au Néogène, la tectonique est marquée par le retrait de la mer de la plus grande partie des terres émergées. Les invasions marines ne vont atteindre que des aires limitées, notamment les dépressions côtières (bassin de Jijel) où vont se déposer les marnes bleues du Miocène terminal.

Les zones manageuses émergées ont subi une intense érosion et modelage qui leur ont donné l'aspect actuel (*Boullin, 1977*).

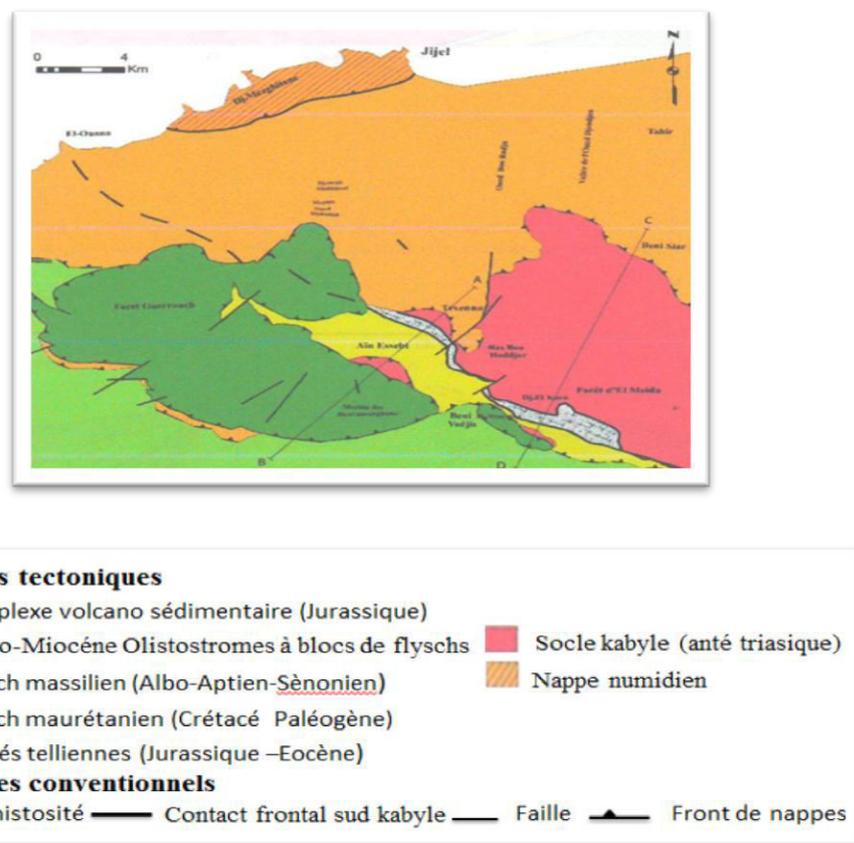
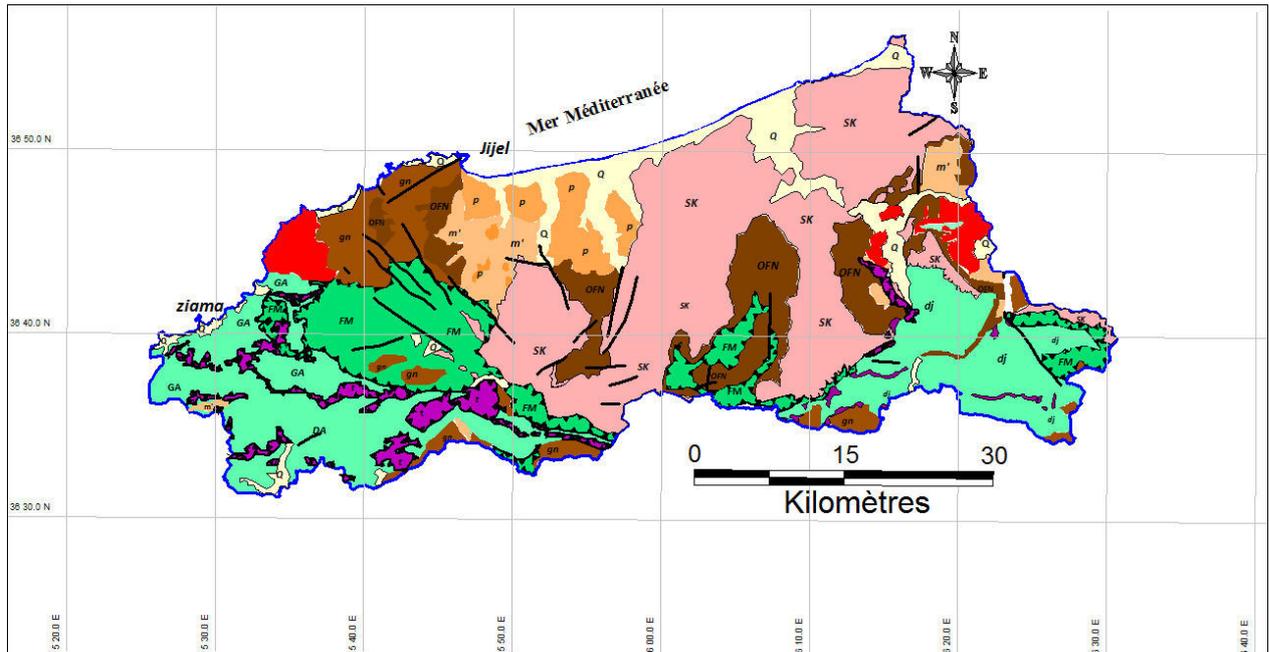


Figure 7 : Schéma structural simplifié montrant les différentes unités tectoniques des régions deTexenna-Tabellout-Djimla (Djellit, 2014).

II.3.Géologie du site



**Légende**

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ROCHES ERUPTIVES RECENTES</b><br/>Granites, grana-diorites, Dalérites et rhyolites</p> <p><b>ROCHES RECENTES ET SYCLES POSTERIEURS AU BURDIGALIEN INFERIEUR</b><br/>Quaternaire indifférencie (villafranchien à actuel)</p> <p>Burdigalien supérieur- langhien de la marge lithorale</p> <p>Pliocène marine des zones côtières</p> <p><b>SOCLE KABYLE CHAINE CALCAIRE</b><br/>Oglia-miocène kabyle, alistrostomes à flysch resédimentés, alistrostomes superposés a l'Oglia-miocène kabyle</p> <p>Petite Kabylie et de bou hatem (phyllades micaschistes, porphyroïdes et ' kinwigites' rétromorphosées)</p> <p><b>TRIAS EXOTIQUE OU EXTRUSIFS</b><br/>Argiles, gypses broyés et glaçonscalcaro-dolomitiques<br/>Trias resédimenté</p> <p>Limite wilaya</p> | <p><b>NAPPE NUMIDIENNE</b><br/>Grés numidiens et série mixtes</p> <p><b>NAPPES DE FLYSCHS KABYLES</b><br/><b>FLYSCHS MAURETANIENS</b><br/>Série internes<br/>Série médianes de guerrouch<br/>Série externes</p> <p><b>FLYSCHS MASSYLIENS</b><br/>Série typiques à phtanites ou à brèches<br/>Vertes et rouges<br/>unités de type Adissa et sénonien marnoux à microbrèches ou à blocs</p> <p><b>NAPPES TELLIENNES SS</b><br/>Type bibanique, de Djemila (1 .Yprésien à priabonien basal ; 2. Crétacé moyen a pliocène ; 3. Crétacé inferieur 4. jurassique</p> <p>Failles principales</p> <p>Charriages et chevauchement</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Figure 8 : Carte géologie de la wilaya de Jijel (J .M Villa 1978) modifiée

L'édifice structural de la région de Jijel s'articule autour du socle métamorphique ou socle Kabyle :

**II.3.1-Le socle Kabyle** : comprend deux grands ensemble qui sont de bas en haut ;un complexe de gneiss d'âge précambrien probable , un complexe de phyllades d'âge paléozoïque :

*Le complexe gneissique* : est formé d'un ensemble poly métamorphique ayant initialement cristallisé dans le facies des granulites

*La série paléozoïque* : est largement développée dans les forets d'el Maida elle est épi métamorphique et montre de bas en haut

**II.3.2- Le unités infra Kabyle** : sont ductilement déformées ; car schistosées et métamorphisée dans le facies des schistes verts :

*Le complexe volcano-sédimentaire* : cette formation qui comporte de bas en haut dans la cluse de oued djendjen

*Les flysch massilien:(ou flysch schisto-gréseux -albo aptien- a sénomanien )* structurellement , cette unité est selon les endroits, tantôt chevauchée par le socle kabyle, tantôt par le complexe volcano-sédimentaire ;la série du flysch massilien montre bas en haut à la base un flysch fin rythmique .

*La série Tellienne* : est caractérisée par les formations lacuneuses et nombreuses discordances elle est composée de dépôts allant du lias au lutétien les série jurassique et du créacé inferieur dans la région des Béni Yajus

**II.3.3- Les unités du compartiment supérieur** : le flysch mauritanien et l'olistostroms de l'oligo-miocène

Les flysch mauritanien il est composé de quatre termes principaux (ce sont de bas en haut)

- à la base un préflysch du barriasien-valenginien
- en suite un second ensemble de gréseux constitué par les classique grés –Guerrouch-
- par suivant les calcaires et de marnes du vraconien
- en fin au sommet ensemble sénomanien .

**II.3.4. Les Dépôts Récents Post -Nappes** : sont représentés par un termes puissant du tortono-messinien il s'agit de marnes bleues à passées de calcaires Jaunes discontinues

### **II.4. Conclusion**

La région de Jijel à une particularité spécifique sur un plan géologique. Les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place des terrains géologiques de différentes natures (métamorphique, magmatique et sédimentaire).

### III. Climatologie

#### III.1. Introduction :

Plus que d'autres facteurs, le climat est le facteurs le plus déterminant des ressources en eau, les pluies, les températures, le vent, l'évaporation et d'autre phénomène atmosphérique constituant le climat de Jijel.

Ainsi donc, les mesures de la hauteur des précipitations sont indispensables pour connaître les ressources en eaux et les besoins en irrigations. Les mesures des températures sont nécessaires, pour la détermination des cultures à pratiquer.

Le climat de la wilaya de Jijel est de type méditerranéen, elle est caractérisées par une période froide à humide et une période chaude à sèche ;

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont obtenues à partir des données des deux stations météorologiques de Jijel (barrage Agrem et achouat) pour une période s'étalant de 2005 à 2015 ;

Les caractéristiques géographiques sont présentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2 : Les coordonnées géographiques de deux stations étudiées**

Station	X (km)	Y (km)	Z(m)
Barrage Agrem	788.83	385.10	189
El Achouat	783.47	392.83	6

### III.2. Répartitions des pluies mensuelles et saisonnières :

La répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations conditionne le régime d'écoulement, ainsi que celui des nappes aquifères, la connaissance des précipitations saisonnières, fait ressortir la saison plus pluvieuse et moins pluvieuse.

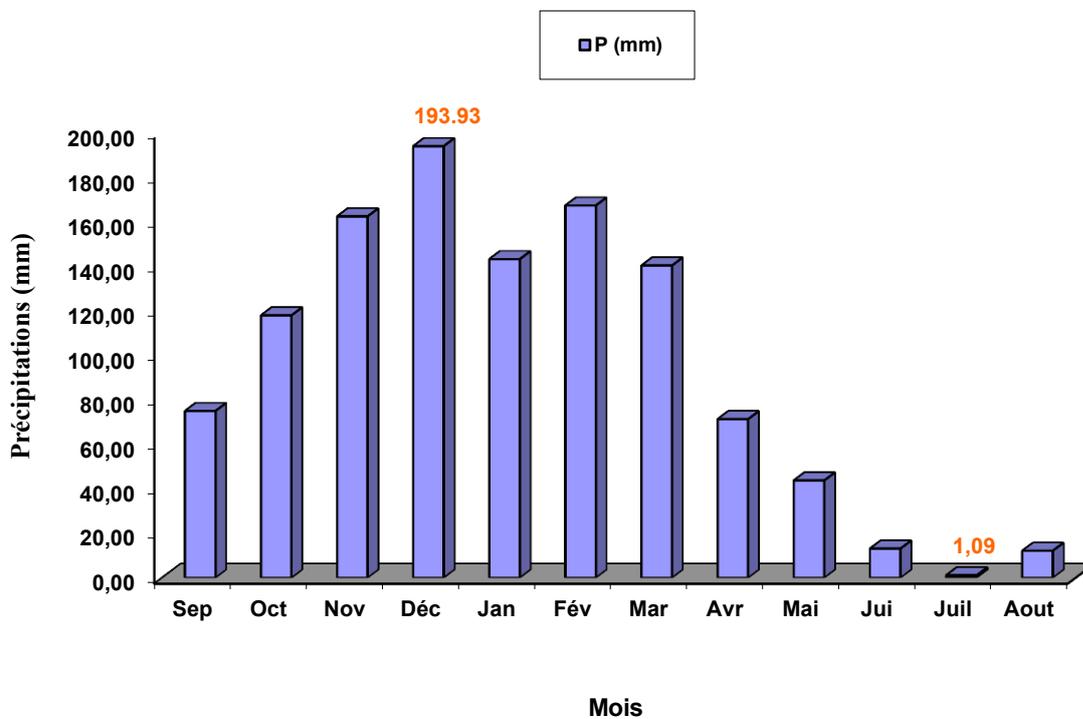
#### 2.1. Répartitions des pluies mensuelles et saisonnières de deux stations:

##### 2. 1.1. Répartition moyenne mensuelle des précipitations station de barrage El AGREM

**Tableau 3:Données des moyennes mensuelles des précipitations (2005 – 2015)**

**station de Barrage El AGREM**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
P (mm)	74.93	117.91	162.39	193.93	143.16	167.27	140.29	71.27	43.73	13.11	1.09	12.14



**Figure 9 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2005 – 2015)**

**Station de Barrage el AGREM**

## chapitre II: présentation de la zone d'étude

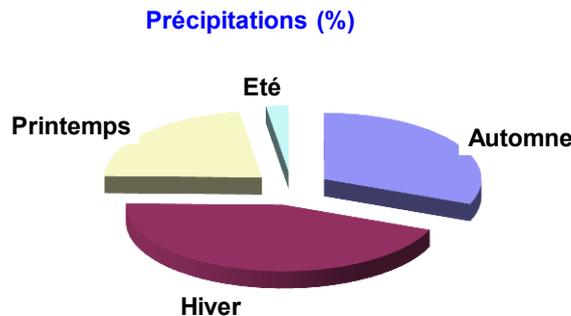
D'après l'histogramme nous observons que le mois le plus pluvieux est le mois de Décembre avec une valeur de 193.93 mm tandis que le mois le plus sèche est celle de Juillet de 1.09 mm.

### 2. 1.2 : Répartitions saisonnières des précipitations station de barrage El AGREM :

Pour distinguer les pluies saisonnières survenant dans des conditions de températures différent nous avons calculé le pourcentage des précipitations de chaque saison par rapport au totale annuel (Fig...)

**Tableau 4: Répartitions saisonnières des précipitations (2005 – 2015) en mm et en % (Station de Barrage el AGREM)**

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté		
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>P (mm)</b>	355.23			504.36			255.29			26.34		
<b>P (%)</b>	31.13			44.19			22.37			2.31		



**Figure 10 : Répartitions saisonnières des précipitations (2005 – 2015) en %**

**(Station de Barrage el AGREM)**

La représentation saisonnière montre une variation spéciale des précipitations entre les quatre saisons où la saison la plus pluvieuse est l'hiver et la saisons la plus sèche est l'été.

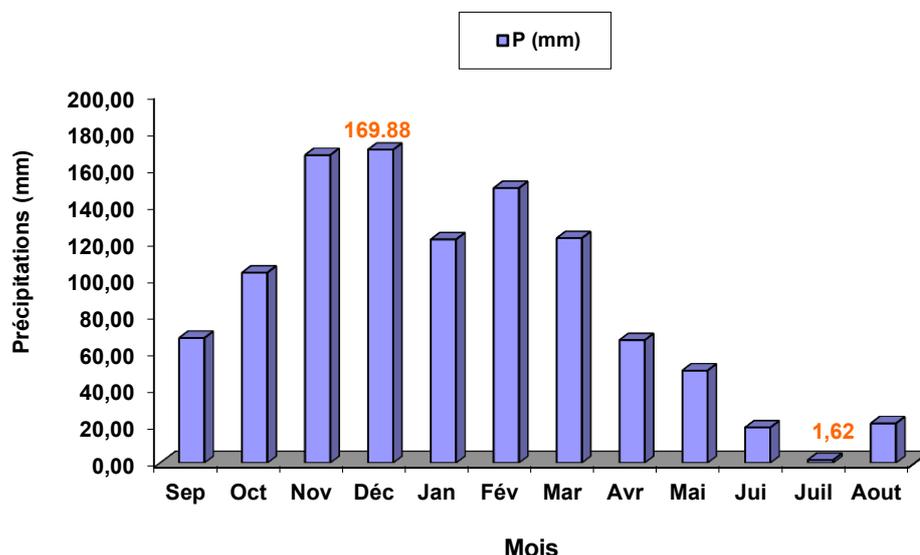
## chapitre II: présentation de la zone d'étude

### 2.1.3 : Répartition moyenne mensuelle des précipitations station d'EL AHOuat :

**Tableau 5:Données des moyennes mensuelles des précipitations (2005 – 2015)**

**Station ACHOuat**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
<b>P (mm)</b>	67.82	103.27	167	169.88	121.26	149.12	121.9	66.59	50.12	19.23	1.62	21.49



**Figure 11 : Histogramme des précipitations moyennes mensuelles (2005 – 2015)**

**Station ACHOuat**

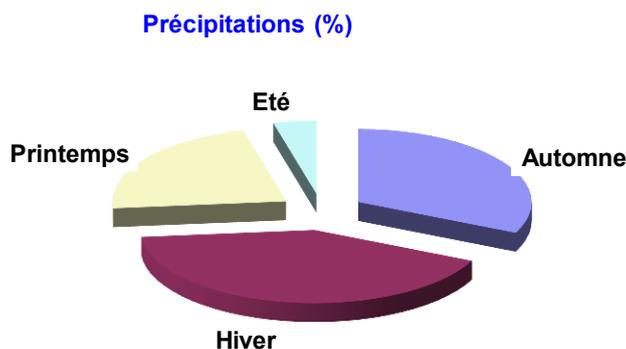
Les précipitations moyennes mensuelles on donne l'histogramme que le mois le plus pluvieux est le mois de Décembre avec une valeur de 169.88 mm tandis que le mois le plus sèche est celui de Juillet de 1.62 mm.

### 2.1.4 : Répartitions saisonnières des précipitations station d'EL AHOuat :

**Tableau 6: Répartitions saisonnières des précipitations (2005 – 2015) en mm et en %**

**(Station ACHOuat)**

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Été		
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
<b>P (mm)</b>	<b>338.09</b>			<b>440.26</b>			<b>238.61</b>			<b>42.34</b>		
<b>P (%)</b>	<b>31.92</b>			<b>41.56</b>			<b>22.53</b>			<b>4.00</b>		



**Figure 12 : Répartitions saisonnières des précipitations (2005 – 2015) en %**

**(Station d'ACHOUAT)**

La représentation saisonnière montre une variation spéciale des précipitations entre les quatre saisons où la saison la plus pluvieuse est l'Hiver et la saisons la plus sèche est l'été.

### **III.3 : Répartition moyenne mensuelle des températures les deux stations:**

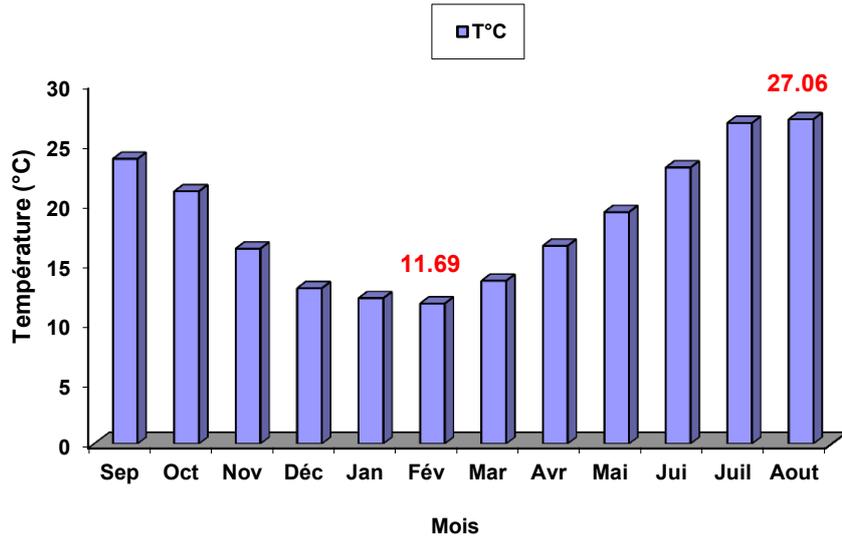
La température est le second facteur après les précipitations qui conditionne le climat d'une région. Elle permet aussi d'estimer le déficit d'écoulement.

#### **3.1 : Répartition moyenne mensuelle des températures station barrage El Agrem:**

**Tableau 7:Données des moyennes mensuelles des températures (2005 – 2015)**

**station de Barrage el AGREM**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
<b>T (°C)</b>	23.76	21.05	16.27	12.97	12.14	11.69	13.59	16.51	19.32	23.04	26.75	27.06



**Figure 13 : Histogramme des températures moyennes mensuelles (2005 – 2015)**

**station de Barrage el AGREM**

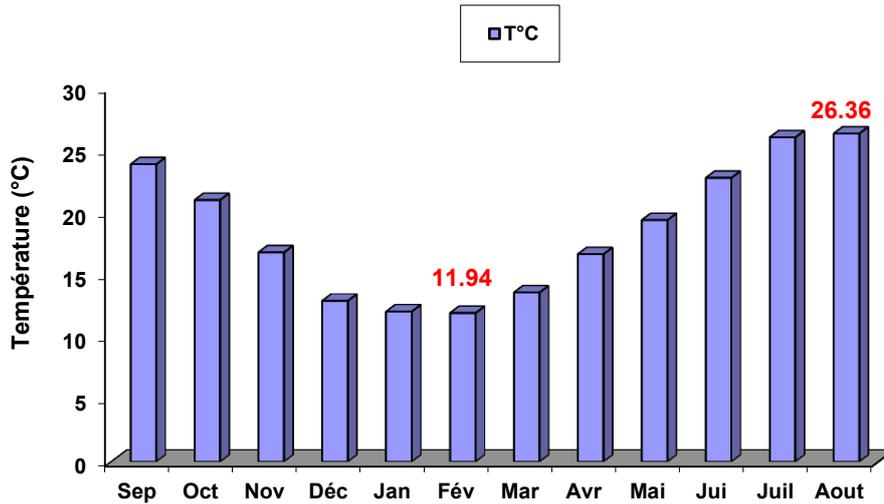
Les données observés pendant une période de 10 ans à la station de Barrage el AGREM font ressortir que les températures moyenne enregistrés prennent en générale des valeurs moyennes avec un maximum enregistré au mois de Aout (27.06°C) et un minimum pendant le mois de février (11.69 °C).

**3.2 : Répartition moyenne mensuelle des températures station d'Achouat:**

**Tableau 8:Données des moyennes mensuelles des températures (2005 – 2015)**

**station d'ACHOUAT**

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
T (°C)	23.89	21.02	16.81	12.92	12.06	11.94	13.59	16.67	19.41	22.8	26.05	26.36



**Figure 14 : Histogramme des températures moyennes mensuelles (2005 – 2015)**  
**station d'EL ACHOUAT**

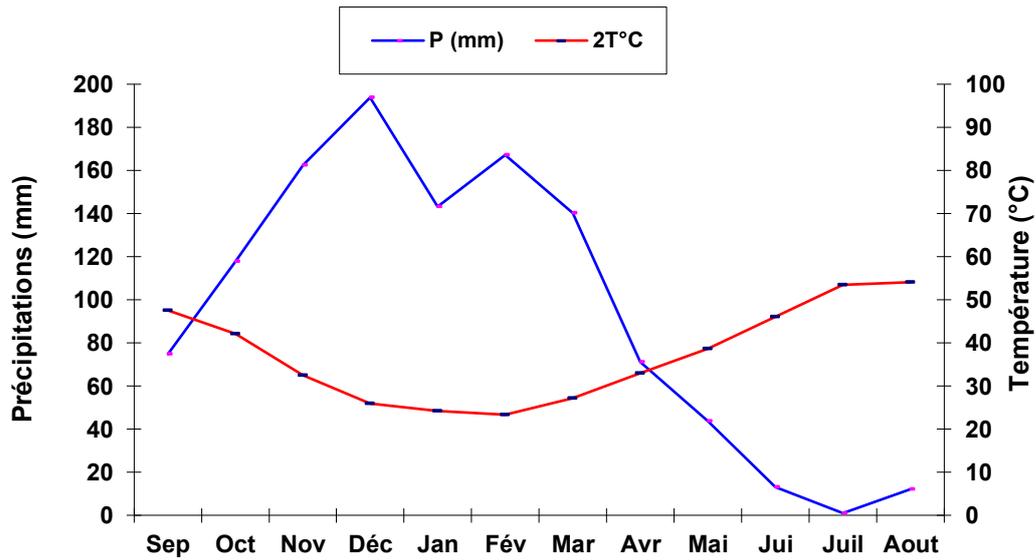
Les données observés pendant une période de 11 ans à la station d'el ACHOUAT font ressortir que les températures moyenne enregistrés prennent en générale des valeurs moyennes avec un maximum enregistré au mois de Aout (26.36°C) et un minimum pendant le mois de février (11.94 °C).

### **III.4 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN**

Le diagramme ombrothermique de Gausсен permet de calculer la durée de la saison sèche. Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle qui sont portées sur des axes où l'échelle de la pluviosité est double de la température.

#### **4.1. station barrage el Agrem**

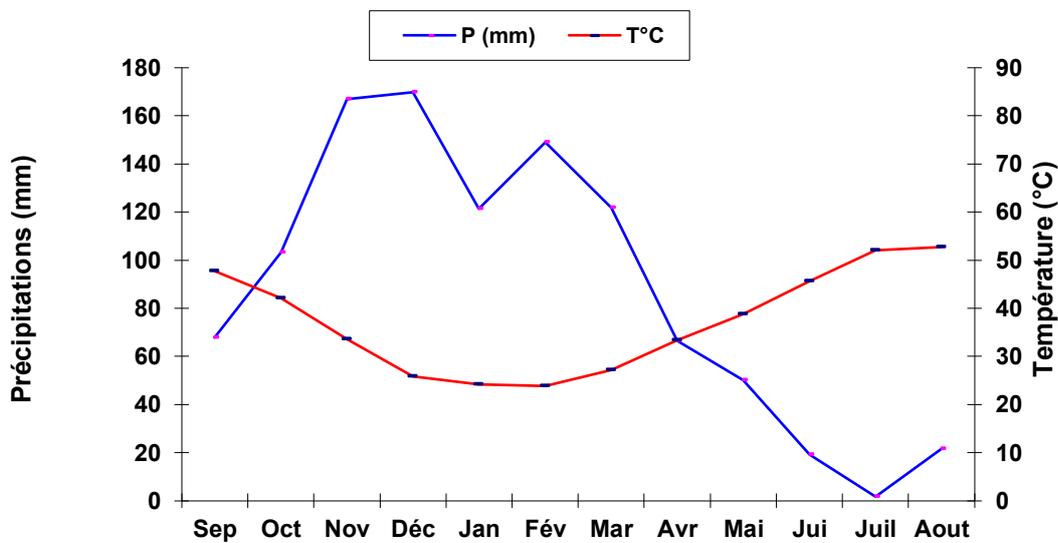
Dans notre cas la courbe des températures passe au-dessous de la courbe des pluies sauf les mois de mai à aout et le mois de septembre, donc l'allure permet de constater que la période humide s'étale le long de l'année (octobre à avril) avec une période moins séchée au mois de mai à septembre (où les températures dépassent les précipitations).



**Figure 15 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN période (2005 – 2015)  
station de Barrage el AGREM**

**4.1. station d' Achouat**

Dans notre cas presque aussi la même que la station d'el AGREM, nous remarquons que la station présente une période humide s'étale le long de l'année (octobre à moitié d'avril) avec une période séchée s'étale au mois de mai jusqu'au la fine de mois Septembre.



**Figure 16: Diagramme ombrothermique de GAUSSEN période (2005 – 2015)  
station d'ACHOUT**

### III.5. Le bilan hydrique :

Le bilan hydrique est centré sur la disponibilité en eau dans les sol ; son évaporation et son renouvellement. Et étudié surtout l'écoulement de l'eau en surface et dans les rivières et son lien avec les précipitations et l'évaporation.

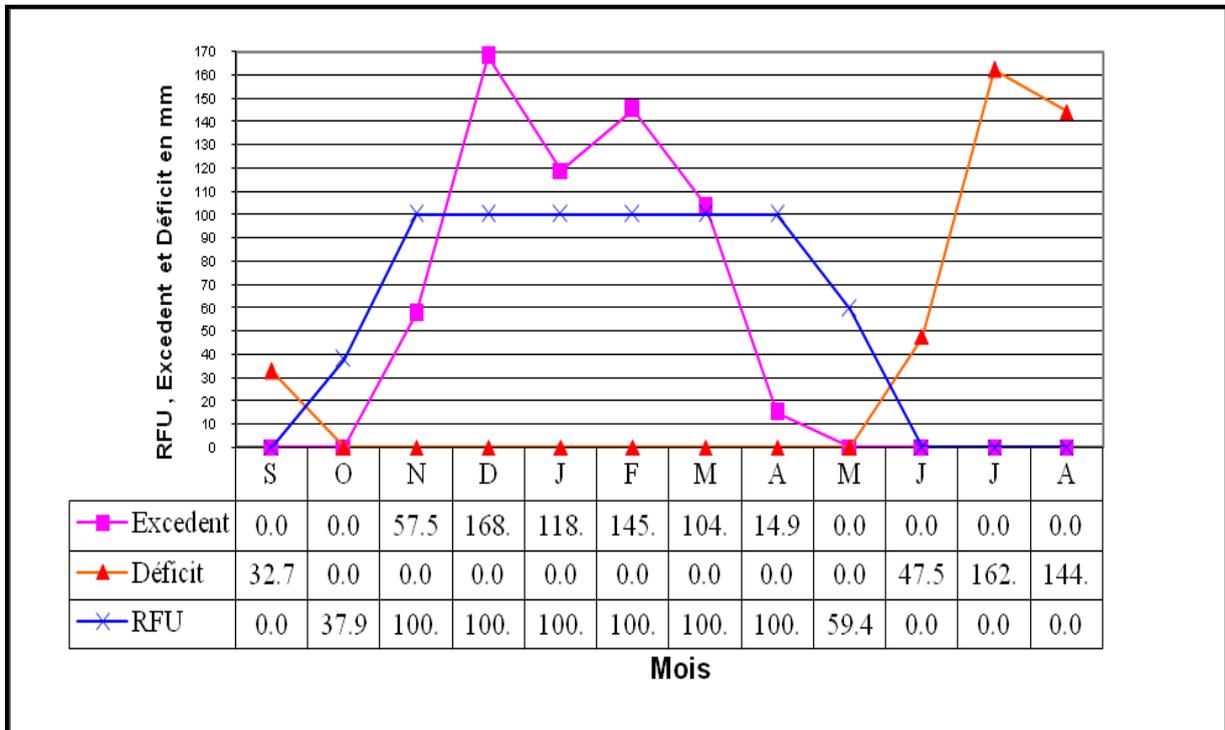
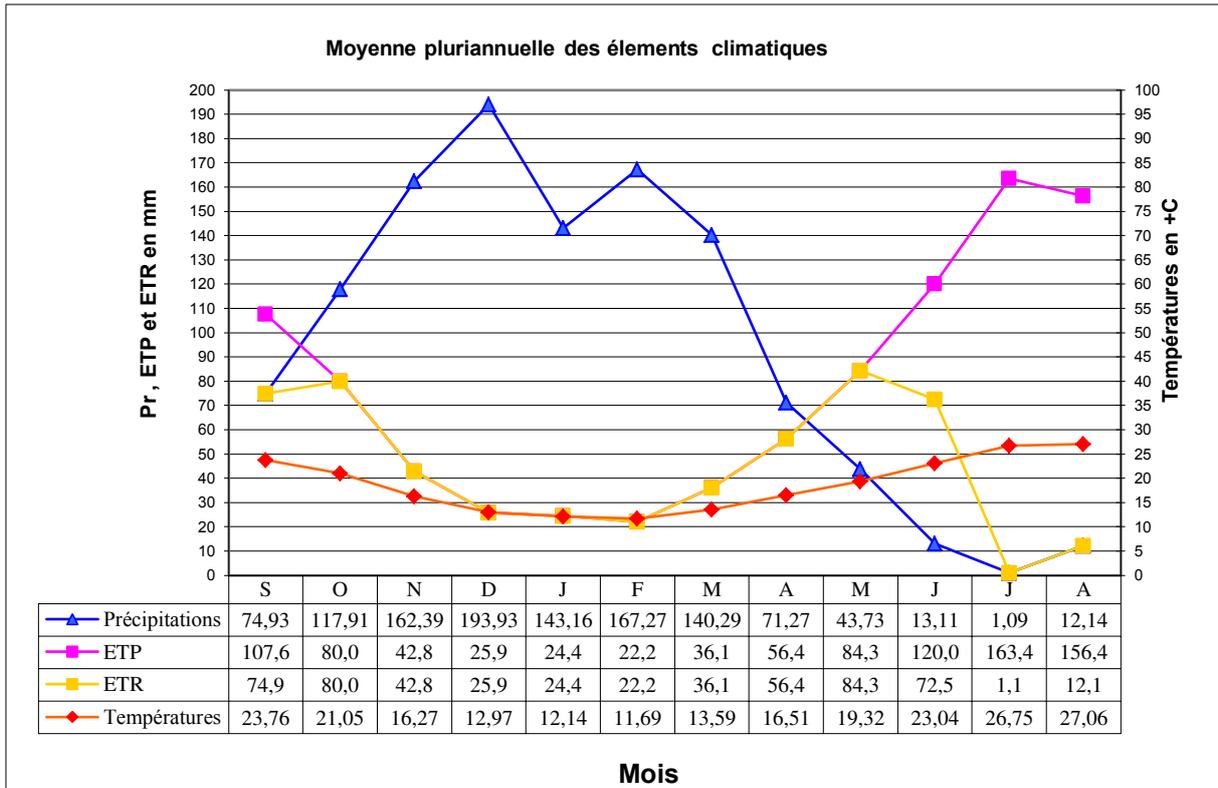
#### 5.1 : bilan hydrique station barrage el Agrem

**Tableau 9: Bilan hydrologique pour une periode de (2005 – 2015)**

**Station barrage d'EL Agrem**

	<b>Tp</b>	<b>IT</b>	<b>CL</b>	<b>ETPC</b>	<b>Pr</b>	<b>BH</b>	<b>CH</b>	<b>VR</b>	<b>RU</b>	<b>ETPR</b>	<b>Def</b>	<b>Exc</b>
<b>Septembre</b>	23.76	10.6	1.03	107.6	74.93	-32.7	-0.3	0.0	0.0	74.9	32.7	0.0
<b>Octobre</b>	21.05	8.8	0.97	80.0	117.91	37.9	0.5	37.9	37.9	80.0	0.0	0.0
<b>Novembre</b>	16.27	6.0	0.86	42.8	162.39	119.6	2.8	62.1	100.0	42.8	0.0	57.5
<b>Décembre</b>	12.97	4.2	0.81	25.9	193.93	168.1	6.5	0.0	100.0	25.9	0.0	168.1
<b>Janvier</b>	12.14	3.8	0.87	24.4	143.16	118.7	4.9	0.0	100.0	24.4	0.0	118.7
<b>Février</b>	11.69	3.6	0.85	22.2	167.27	145.1	6.5	0.0	100.0	22.2	0.0	145.1
<b>Mars</b>	13.59	4.5	1.03	36.1	140.29	104.2	2.9	0.0	100.0	36.1	0.0	104.2
<b>Avril</b>	16.51	6.1	1.10	56.4	71.27	14.9	0.3	0.0	100.0	56.4	0.0	14.9
<b>Mais</b>	19.32	7.7	1.21	84.3	43.73	-40.6	-0.5	-40.6	59.4	84.3	0.0	0.0
<b>Juin</b>	23.04	10.1	1.22	120.0	13.11	-106.9	-0.9	-59.4	0.0	72.5	47.5	0.0
<b>Juillet</b>	26.75	12.7	1.24	163.4	1.09	-162.3	-1.0	0.0	0.0	1.1	162.3	0.0
<b>Aout</b>	27.06	12.9	1.16	156.4	12.14	-144.2	-0.9	0.0	0.0	12.1	144.2	0.0
<b>Annuel</b>	<b>18.7</b>	<b>91.1</b>		<b>919.5</b>	<b>1141.2</b>	<b>221.8</b>				<b>532.7</b>	<b>386.8</b>	<b>608.6</b>

## chapitre II: présentation de la zone d'étude



**Figure 17 : représentation graphique du bilan hydrique station de barrage EL Agrem  
(THORN CS)**

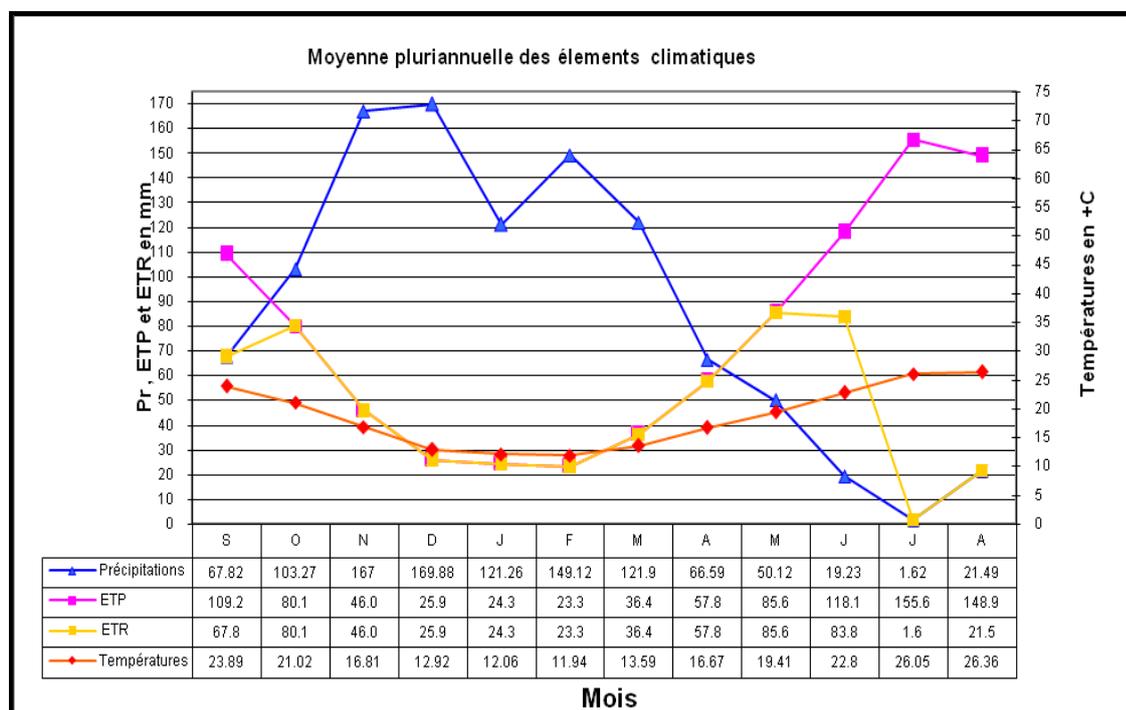
## chapitre II: présentation de la zone d'étude

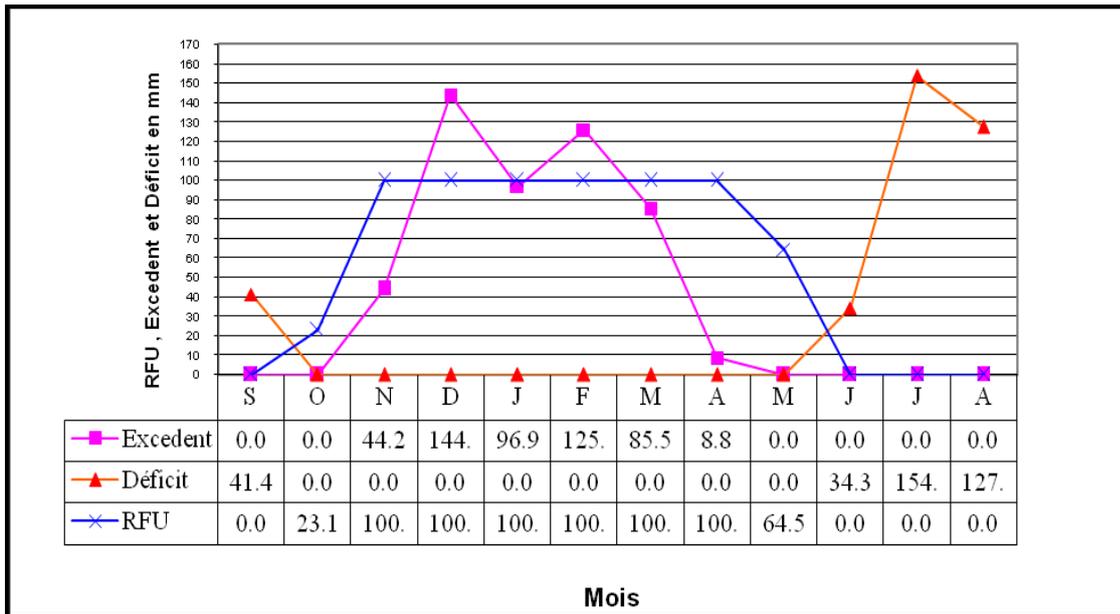
### 5.2 : bilan hydrique station El Achouat

**Tableau 10: Bilan hydrologique pour une période de (2005 – 2015)**

**station d'EL ACHOUAT**

	TP	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
<b>S</b>	23.89	10.7	1.03	109.2	67.82	-41.4	-0.4	0.0	0.0	67.8	41.4	0.0
<b>O</b>	21.02	8.8	0.97	80.1	103.27	23.1	0.3	23.1	23.1	80.1	0.0	0.0
<b>N</b>	16.81	6.3	0.86	46.0	167	121.0	2.6	76.9	100.0	46.0	0.0	44.2
<b>D</b>	12.92	4.2	0.81	25.9	169.88	144.0	5.6	0.0	100.0	25.9	0.0	144.0
<b>J</b>	12.06	3.8	0.87	24.3	121.26	96.9	4.0	0.0	100.0	24.3	0.0	96.9
<b>F</b>	11.94	3.7	0.85	23.3	149.12	125.8	5.4	0.0	100.0	23.3	0.0	125.8
<b>M</b>	13.59	4.5	1.03	36.4	121.9	85.5	2.4	0.0	100.0	36.4	0.0	85.5
<b>A</b>	16.67	6.2	1.10	57.8	66.59	8.8	0.2	0.0	100.0	57.8	0.0	8.8
<b>M</b>	19.41	7.8	1.21	85.6	50.12	-35.5	-0.4	-35.5	64.5	85.6	0.0	0.0
<b>J</b>	22.8	9.9	1.22	118.1	19.23	-98.8	-0.8	-64.5	0.0	83.8	34.3	0.0
<b>J</b>	26.05	12.2	1.24	155.6	1.62	-154.0	-1.0	0.0	0.0	1.6	154.0	0.0
<b>A</b>	26.36	12.4	1.16	148.9	21.49	-127.4	-0.9	0.0	0.0	21.5	127.4	0.0
<b>Annuel</b>	<b>18.6</b>	<b>90.5</b>		<b>911.2</b>	<b>1059.3</b>	<b>148.1</b>				<b>554.2</b>	<b>357.1</b>	<b>505.1</b>





**Figure 18 : représentation graphique du bilan hydrique station d'EL Achouat (THORN CS)**

Le bilan hydrique pour un période de 10 ans (2005-2015) à les deux stations étudiées fait ressortir que :

- ✓ les précipitations deviennent supérieur à l'évapotranspiration potentiel (ETP) du mois d'Octobre jusqu'au la fin de mois d'Avril .
- ✓ le RFU et son maximum de 100 mm du mois de novembre jusqu'à la fin d'Avril ou en totalise un excédent de 608.6 mm a la station d'El Agrem avec une pic de 168.1 mm au mois de décembre et 505.1 mm de total a la station d'El Achouat avec une pic de 144 mm au mois décembre toujours .
- ✓ ETR atteint maximum au mois de Mai dans les deux stations
- ✓ Le déficit annuel (2005-2015) est de 386.8 mm (station el Agrem) atteint leurs maximum au mois de Juillet avec 162.3 mm.par ailleurs le déficit Annuel de 357.1 mm ( station el Achouat) il donne maximum de 154 mm au mois de Juillet ; il donne une approximation des besoins en eau d'irrigation des cultures.

### III.6. Les Vents

Dans les régions méditerranéennes, Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (NNW - SSE) et sont relativement fréquents à l'hiver et en printemps

### III.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé l'aspect climatique de la région de Jijel , elle est caractérisées par un climat méditerranéen tempéré ou humide ; avec un été chaud et sec et un hiver doux .

Les précipitations sont importantes, elle dépassent ordre de 1059 mm ( les deux stations) Et ne jouent généralement un rôle dans la recharge directe des nappes.

L'évapotranspiration potentielle calculée par la formule de Thornthwaite nous donne 919.5 mm a la station d'el Agrem et 971.21 mm a la station d'el Achouat , L'évapotranspiration réelle est entre 532.7- 554.2 mm (deux stations)

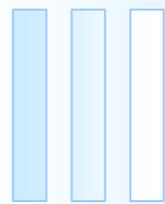
Les températures sont élevées, 21.63 °C en moyenne et 33°C au mois le plus chaud, ce qui explique la forte évaporation.

Le déficit annuel (2005-2015) est entre de (357.1 -386.8 mm) (deux station)

Le vent est le paramètre le plus régulier dans la zone d'étude.

# Matérielset méthodes

**C  
H  
A  
P  
I  
T  
R  
E**



La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, et la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages tels que l'irrigation, l'industrie...etc. En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin d'évaluer l'état actuel de la chimie des eaux, son évolution dans l'espace en étudiant la variabilité de ses paramètres physico-chimiques.

Les oueds de la Wilaya de Jijel subit d'importantes dégradations, suite aux déversements des déchets industriels et agricoles, ainsi qu'à l'augmentation des points de déversement des eaux usées domestiques. La stratégie d'échantillonnage développée dans ce travail repose sur l'analyse des eaux de surface (oueds) entre l'amont (pollution faible ou nulle) et l'aval présence de pollution. Les échantillons prélevés ont été analysés systématiquement en vue de mesurer tous leurs paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution ( $T^{\circ}$ , pH, CE, Eh,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ,  $Cl^{-}$ , Fe, TH, TAC,  $NH_4^{+}$ ,  $PO_4^{+2}$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $NO^{-2}$ ,  $NO^{+3}$ ...

### 1. Mode de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne cependant les résultats analytiques et leur interprétation. L'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les caractères physico-chimiques de l'eau (Rodier. J ; 2009).

Une seule campagne de prélèvement des échantillons des eaux de surface a été effectuée au mois d'avril 2017 pour chaque station d'étude.

Une trentaine de prélèvements ont été faite dans des bouteilles en plastique. Au moment de l'échantillonnage les bouteilles et leur bouchons sont lavés trois fois avec de l'eau à analyser pour éviter toute contamination des échantillons, puis remplis complètement puis bouchées tout en évitant la formations des bulles d'air. Ces bouteilles sont étiqueté pour éviter tout risque de confusion entre les échantillons (nom de station, date, code, heure...).

Le prélèvement de l'eau est fait à l'aide d'un seau liée à un cordon (fig,17), pour faire le prélèvement au milieu de l'oued, afin d'éviter l'effet des décharges stagnées sur les berges des oueds qui peuvent modifiés la chimie des eaux.



Figure19: Photo représentatif d'un seau

## 2. Choix et localisation des stations de prélèvements

Dans le cadre de l'évaluation de l'état chimique des eaux de surface de la Wilaya de Jijel, vis-à-vis d'une éventuelle pollution par les activités anthropiques (agriculture et industrie). Le choix des stations repose sur leur situation par rapport aux agglomérations, aux sources de pollution possible et à leur accessibilité. Pour cela on a choisi 32 points de prélèvement réparties sur le territoire de la Wilaya (fig18), (Tab,11).

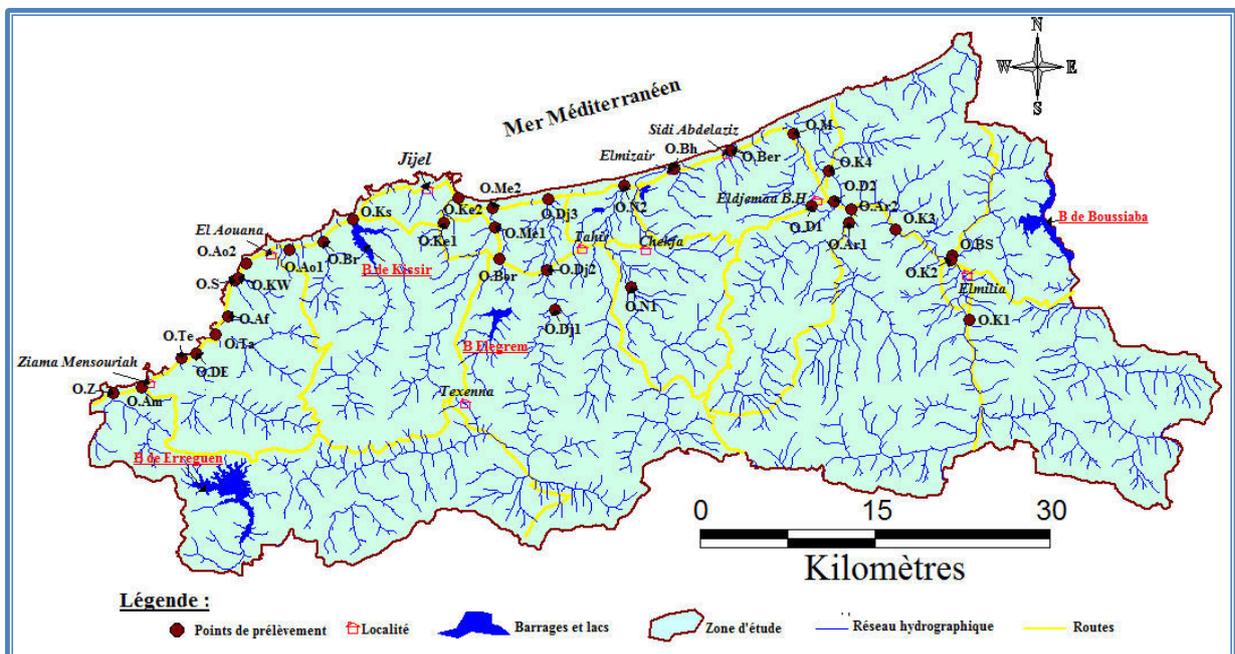


Figure 20: Carte d'inventaire des points d'eau

Tableau N°11 :Les stations de prélèvement des eaux de surface de la Wilaya de Jijel

Stations	Nom de la station	photos
OK1	Oued Kebir amont	
OK2	Oued Kebir Av Confl	
OK3	Oued Kebir centre	
OK4	Oued kebir aval	
OB1	Oued Boussiaba	
OAr1	Oued Ardjana amont	
OAr2	Oued Ardjana aval	
OD1	Oued Djamaa Amont	
OD2	Oued Djamaa Aval	
OM	Oued Mazouz	

<b>Ober</b>	Oued Berdchoun (sidi A/ el Aziz)	
<b>ON1</b>	Oued Nil Amont	
<b>ON2</b>	Oued Nil Aval	
<b>ODj1</b>	Oued Djendjen Aval	
<b>ODj2</b>	Oued Djendjen Amont	
<b>ODj3</b>	Oued Djendjen Amont1	
<b>O Bor</b>	Oued Bouradjah amont	
<b>O Me1</b>	Oued Mencha Amont	
<b>O Me2</b>	Oued Mencha Aval	

<b>OKe1</b>	Oued Kentra amont	
<b>OKe2</b>	Oued Kentra aval	
<b>OKs</b>	Oued Kessir	
<b>Obr</b>	Oued Bourchaid	
<b>OAN1</b>	Oued el Aouana	
<b>OAN2</b>	Oued el Aouana 1041	
<b>Okw</b>	Oued Kebir West	

<b>OS</b>	Oued Seghir	
<b>OAf</b>	Oued Aftis	
<b>OTa</b>	Oued Taza	
<b>ODE</b>	Oued dar el oued	
<b>OAM</b>	Oued Amsal	
<b>OZ</b>	Oued Ziama	

### 3. Localisation des points de prélèvement :

Pour la localisation des points d'eau, nous avons utilisé deux outils : le GPS et Google Earth.

➤ **Le GPS « Global Positioning System » ou le système de positionnement global :**

C'est un appareil de pointe qui permet de donner la position exacte en 3 dimensions : (latitude X, longitude Y et l'altitude Z) du lieu au niveau duquel on se trouve et où l'on a effectué la mesure avec une erreur de  $\pm 5$  m (fig19,).



Figure21: Photo représentatif d'un GPS

➤ **Google Earth**

Google Earth est un logiciel, propriété à la société Google, permettant une visualisation de la terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires. Ce dernier a été utilisé pour obtenir les valeurs de Z avec une précision de  $\pm 0.5$ m.

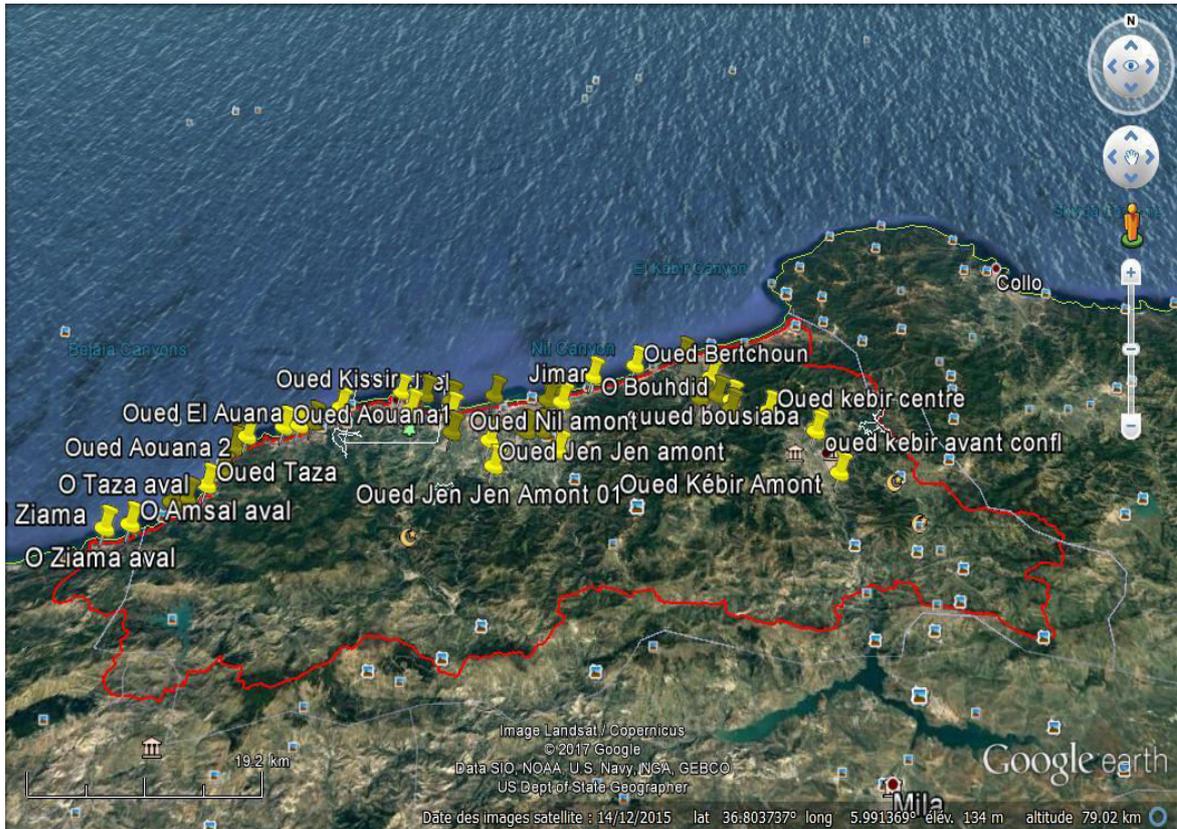


Figure 22: carte de localisation des stations de prélèvement

#### 4. Conservation des échantillons :

Normalement les échantillons doivent être conservés à une température de  $<4^{\circ}\text{C}$  dans un réfrigérateur ou être congelés dans un congélateur, faut l'absence d'un frigo et d'un congélateur dans notre laboratoire, les échantillons sont conservés au laboratoire et à l'abri de la lumière, et vu la température ambiante du mois d'avril, nous avons considéré que la conservation des échantillons est acceptable et que les résultats obtenus des analyses sont représentatifs.

#### 5. Méthodes d'analyses

##### 5.1. Caractéristiques physiques

##### 5.1.1. Mesure in situ

La température, pH, Eh, la conductivité électrique, sont des paramètres très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importante s'ils ne sont pas mesure in situ.

Ainsi à chaque prélèvement ces paramètres sont mesurés in situ par le même multi-paramètre étalonné appartenant au département de Biologie de l'Université de Jijel (*fig21,*), qui possède

deux électrodes l'un est utilisé pour la mesure de la température, de pH et l'autre pour la mesure et la conductivité.



Fig.23: Valise multi-paramètre utilisée pour les mesures des paramètres In Situ.

## 5.2. Caractéristiques chimiques

### 5.2.1. Nettoyage de la verrerie

Les flacons destinée au dosage des sels nutritifs(ammonium, phosphates, nitrates, nitrite), ont été nettoyés et rincés à l'aide de HCl (10%) puis rincé a l'eau robinet et en fin rincés à l'eau distillés, séchés et fermés.

Pour ceux qui sont destinés au dosage des éléments trace métallique, les flacons sont rincés à l'aide de l'acide nitrique (10%), puis rincés à l'eau distillés, séchés et fermés (Rodier ,2009).

### 5.2.2. Filtration

En règle générale, la filtration de l'échantillon se fait au laboratoire, avant l'analyse. Parfois, elle doit se faire sur terrain. Pour filtrer les échantillons, on utilise des membranes filtrantes de porosité de 0,45  $\mu\text{m}$ . Pour notre cas nous avons utilisé la technique de filtration gravitaire réalisée au Laboratoire de recherches de Génie Géologique (LGG).

### 5.2.3. Méthode volumétrie (titrimétrie)

La méthode de titrage la plus utilisée est la volumétrie ou titrage volumétrique. Elle consiste à utiliser une solution de concentration connue (appelée titrant) afin de neutraliser une espèce contenue dans la solution inconnue (appelée analyte ou espèce titrée). Cette méthode est utilisée pour le dosage des chlorures, de la dureté, de l'alcalinité et de calcium.

Le matériel utilisé dans cette technique est la burette avec des réactifs spécifiques pour chaque élément à doser (fig22).

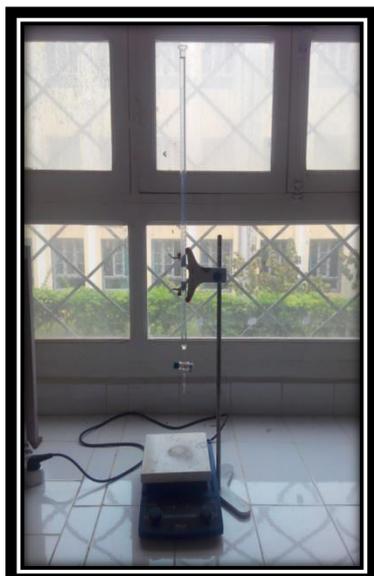


Figure 24: méthode de titrage. (LGG)

#### 5.2.4. Méthode spectrophotométrie d'absorption moléculaire

La technique de spectrophotométrie est basée sur la propriété de la matière et plus particulièrement de certaines molécules, il consiste à absorber certaines longueurs d'ondes du spectre UV-visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration.

Nous avons utilisé cette technique pour le dosage du fer, des phosphates, des nitrites, des nitrates, des sulfates et d'azote ammoniacal.

Le matériel utilisé est un spectrophotomètre UV. Visible, avec un trajet optique de 1 cm (cuve en quartz) .(fig23)



Figure 25: Le spectrophotomètre UV 1600 PC (LGG)

### 5.2.5. Méthode photomètre de flamme

L'émission énergétique, et en particulier l'émission de radiations électromagnétiques, correspond à la transition inverse : de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie. Certains atomes ou cations métalliques sont susceptibles d'être excités par une flamme. Des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un brûleur à gaz, et, lors du retour à l'état fondamental, il y a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons. Pour un métal donné, il y a émission, dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transition électronique possible. La photométrie de flamme permet le dosage des cations alcalins Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>.



Figure 26 :Flamphotomètre (AFP 100).

### 5.3. Préparation de l'eau pour le dosage des métaux lourds

Les échantillons (100ml pour chaque station), sont acidifiés à pH<2 de l'acide nitrique puis filtrés à l'aide des membranes de filtration ayant une porosité de 0,45 µm, puis stockés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage.

#### 5.3.1. Prélèvement du sol

Les échantillons du sol ont été collectés en utilisant une tarière en acier inoxydable. Après leur collecte sur le terrain, les échantillons rassemblés ont été stockés dans des récipients de polyéthylène préalablement décontaminés avec HNO<sub>3</sub> (10%) et rincé avec de l'eau ultra-pure.

#### 5.3.2. Conditionnement du matériel de laboratoire

Avant l'utilisation tout matériel susceptible d'entrer en contact avec l'échantillon doit faire une attention particulière.

Pour le dosage des ETM, les flacons sont rincés à l'acide nitrique 10% puis rincés à l'eau distillée, non séchés et fermés

#### **5.3.4. Préparation des échantillons du sol**

Les échantillons du sol ont été séchés dans une étuve à 110°C, homogénéisés à l'aide d'un mortier et tamisée à 2mm pour obtenir un échantillon homogène, puis stockés dans des boîtes en polyéthylène ayant préalablement subi le schéma classique de conditionnement avant l'utilisation (lavage, séjour dans l'acide, rinçage par l'eau distillée puis séchage).

### **6. Extraction des métaux lourds totaux**

#### **6.1. Principe**

Cette méthode est utilisée pour le dosage des éléments totaux et principalement pour le Cu, le Mn, le Zn, le Fe, le Cr, le Ni, le Pb et le Cd.

L'échantillon est soumis à l'action d'un mélange d'acide chlorhydrique (3/4) et d'acide nitrique (1/4) pendant 12 h à température ambiante, puis à 180°C pendant 2h. L'extrait est ensuite filtré et ajouté au volume avec de l'eau déminéralisée. C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages de spectrophotométrie d'absorption atomique.

#### **6.2. Mode opératoire**

Le procédé d'extraction consiste à ajouter à 2g de sol pris à partir d'un échantillon broyé dans un mortier puis passés au tamis de 250 microns, 15 ml d'acide chlorhydrique et 5 ml d'acide nitrique.

Dans un bécher de 100 ml, Laisser en contact pendant une nuit afin de permettre une oxydation lente de la matière organique, puis chauffer dans un bain de sable pendant 30 minutes à une température de 120°C, après refroidissement, le contenu de bécher doit être filtré sur papier filtre sans cendre, lavé aux acides à vitesse moyenne de filtration dans les fioles de 100 ml puis compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

#### **6.3. Le principe de la spectrométrie d'absorption atomique (AAS)**



**Figure 27 : Le spectromètre d'absorption atomique (AA-6200 SHIMADZU).**

La spectrométrie d'absorption atomique (AAS) constitue un outil privilégié d'analyse en **sciences environnementales**. Couplée à un four graphite, la spectrométrie AAS autorise le dosage d'éléments majeurs et traces dans divers types de substrats : végétaux, sols, sédiments, roches, aliments, déchets solides, effluents liquides, eaux souterraines, eaux de surface, eaux usées, etc.

Dans son principe, la spectrométrie AAS consiste à **vaporiser l'échantillon** liquide et à le chauffer à l'aide d'une flamme ou d'un four. En mode flamme, l'équipement peut être utilisé en spectrométrie d'absorption et d'émission. La flamme est dirigée vers une lumière émise par une lampe appropriée émettant les longueurs d'onde caractéristiques de l'élément recherché. En traversant la flamme, les ondes lumineuses - dont les longueurs d'onde correspondent à l'élément dosé - sont absorbées par les ions excités présents dans la flamme. L'absorption est mesurée à l'aide d'un prisme dispersif et d'une cellule photoélectrique : elle est directement proportionnelle à la concentration de l'élément. Lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de lumière d'une fréquence  $F$  bien définie et propre à cet élément. Le même élément dispersé dans une flamme possède la propriété d'absorber tout rayonnement de même fréquence  $F$ . Il en résulte une absorption du rayonnement incident lié à la concentration de l'élément considéré.

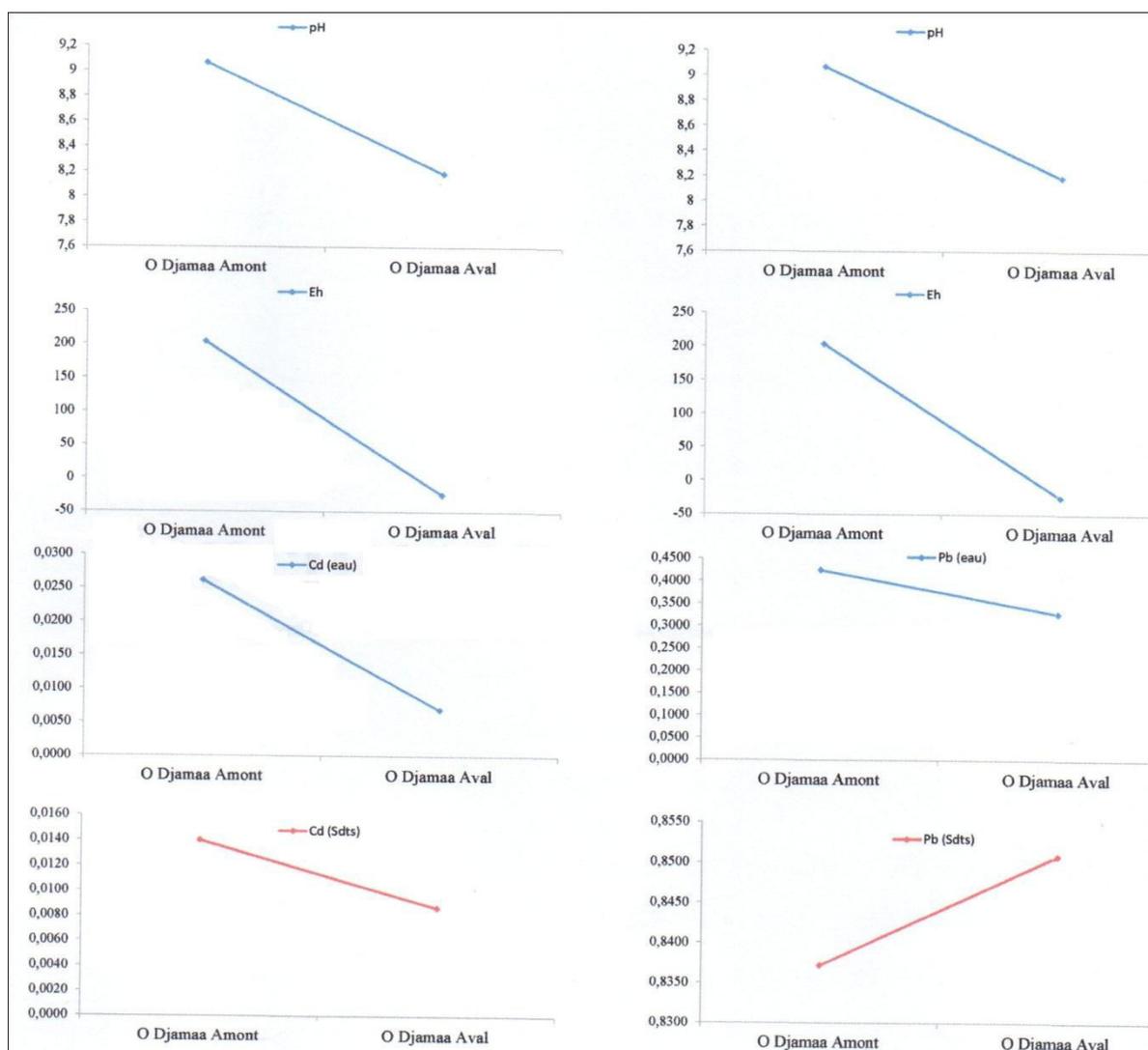
En mode flamme, la limite de détection est de l'ordre de la ppm. La sensibilité des dosages en mode flamme est limitée par des réactions secondaires (évaporation) et par le temps très court de passage dans la flamme. Pour accroître la sensibilité du dosage, il est nécessaire de réduire ou d'éliminer ces deux facteurs par atomisation. Celle-ci est réalisée dans un four graphite d'un volume réduit sous atmosphère inerte. La limite de détection est alors de l'ordre de la ppm.

La connaissance de la qualité des eaux de surface et des sédiments passe par la réalisation des analyses chimiques de ces derniers. Plus le nombre d'analyse est important plus les informations sont précises.

Pour réaliser notre travail, nous avons effectué 34 analyses, ces dernières ont porté sur quelques paramètres physico-chimiques et quelques ETM.

Hydrochimie et pollution

C  
H  
A  
P  
I  
T  
R  
E  
  
IV



### 1. Introduction

La composition chimique d'une eau est importante dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable et autre usages.

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des analyses physico-chimiques d'échantillons d'eau que nous avons prélevés au niveau des oueds de la Wilaya de Jijel, cet interprétation concerne essentiellement l'étude des paramètres mesurés in situ (PH, conductivité, Eh et la température....), et les éléments dosés ont porté essentiellement sur ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Fe}^{+2}$ ), et les sels nutritifs ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ), l'étude de ces paramètres physico-chimique ce fait par la comparaison de notre résultats avec les normes Algériennes.

L'analyse des résultats est une étape déterminante, car elle a pour objectif de révéler les principales sources d'éléments déjà analysés et leur origine ainsi que les facteurs influençant leurs variations.

### 2. Les paramètres physico-chimiques (mesure in situ)

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état chimique des polluants dans l'eau.

### 2.1. La température (°C)

L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres tels que la conductivité électrique et le pH, ainsi que les réactions des dégradations et minéralisation de la matière organique. L'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification des propriétés de l'eau, la densité et la viscosité qui favorisent l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation. (Rodier J., 1996)

D'après les résultats (fig26), les valeurs de la température des différents échantillons sont variables. Elles se situent dans un intervalle de 15°C à 25°C pour les eaux des oueds de la partie Est de la région d'étude avec une moyenne de 20,2°C, et entre 10°C et 20°C pour les oueds de la partie Ouest avec une moyenne de 15°C, mais elle est toujours dans les normes Algériennes (25°C). Sauf oued Maazouz qui présente une température supérieure à 25°C expliquée par l'heure de mesure et la stagnation de l'eau (très faible débit).

La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Donc la différence de température constatée entre les stations n'est pas considérable et peut être expliquée par la situation géographique, la température de l'air et la provenance de l'eau.

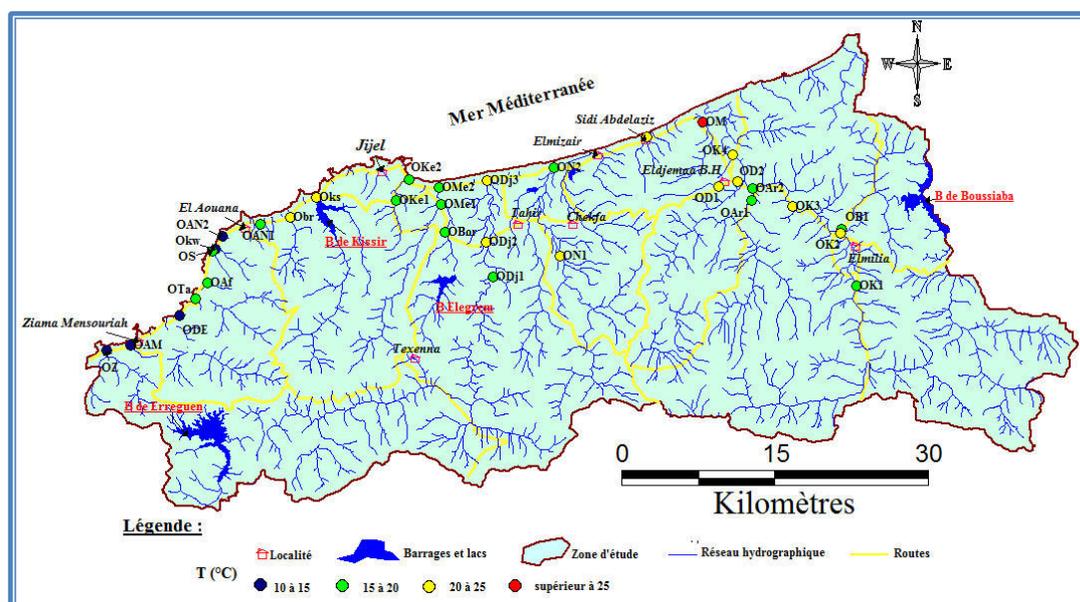


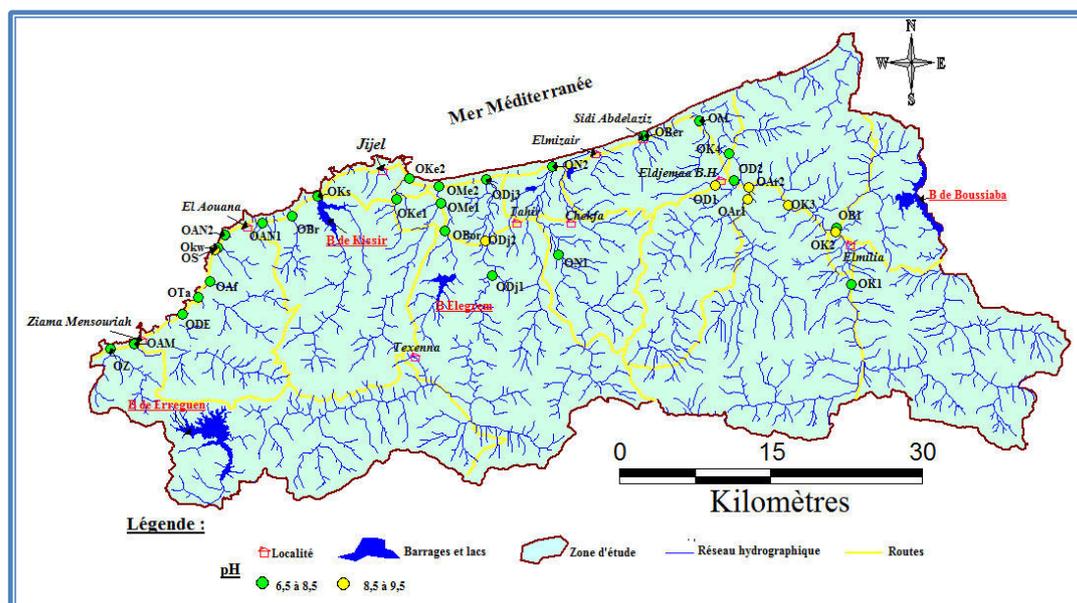
Figure 28 : Répartition des mesures de température en Avril 2017

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

On l'utilise pour déterminer l'alcalinité et l'acidité des eaux. Le pH est cologarithme de (H<sup>+</sup>) et correspondant à la concentration [H<sup>+</sup>] = [OH<sup>-</sup>]=10<sup>-7</sup>. Cependant, certains auteurs ont de

bonnes raisons de penser que,  $H^+$  étant une particule subatomique, un proton ne peut exister à l'état libre. Il faudrait remplacer la notion d'ion  $H^+$  par celle d'ion  $H_3O^+$ , l'hydroxynium ou hydronium (Schoeller, 1962). Plusieurs paramètres peuvent influencer le pH, tels que la température et les phénomènes biologiques (photosynthèse et dégradation de la matière organique). La solubilité du  $CO_2$  diminue lorsque la température augmente de sorte que le pH s'élève en même temps. A l'inverse la solubilité du  $CO_2$  augmente lorsque la température diminue, ce qui conduit à une baisse du pH (Liechti et al 2004). Les déversements des eaux usées se traduisent le plus souvent par une baisse de pH, puisque la matière organique présente favorise l'activité microbienne et augmente la production du  $CO_2$ . La nitrification de l'ammonium agit dans le même sens.

Les mesures du pH (fig27) montrent que presque tous les puits se trouvent dans l'intervalle de norme de potabilité. Les valeurs des pH sont généralement comprises entre 7,3 et 8,5, ceci indique que les valeurs varient peu et sont proches des valeurs naturelles. Les valeurs entre 8,5 et 9,5 ont été mesurées dans l'oued Kébir et oued Ardjana. Ces valeurs de pH reflètent l'influence de la géologie du bassin versant ou de sous bassin sur la composition chimiques des eaux. En effet, le bassin versant drainé formé essentiellement par des roches sédimentaires carbonatées.

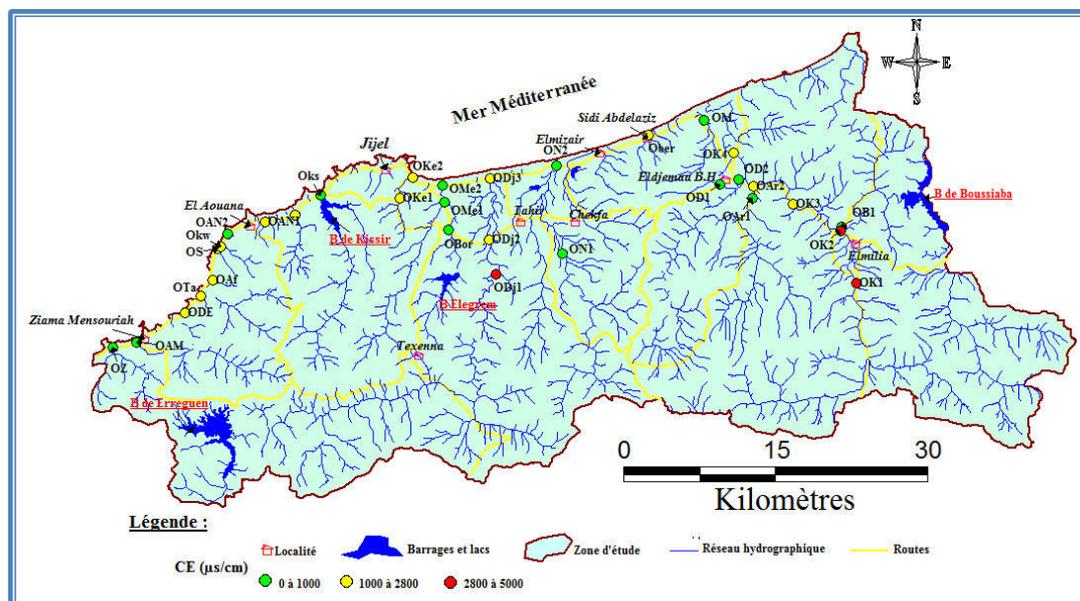


**Figure29: Répartition des mesures de pH en Avril 2017**

### 2.3. La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique. Elle dépend avant tout de la nature géochimique des formations aquifères, en particulier les substances

rendues solubles par l'altération des roches. La conductivité électrique est fonction pour l'essentiel, de la dureté de l'eau (Calcium, Magnésium et Bicarbonates). Parmi les sels libérés dans les eaux, à cause de l'activité humaine, nous retenons d'abord les nutriments, comme les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les phosphates.



**Figure 30 : Répartition des mesures de Conductivité en Avril 2017**

Les mesures de la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons (*fig28*) montrent qu'elle est comprise entre 351µS/cm (O Djamaa amont) et 5300µS/cm (O Djendjen amont) pour les oueds du côté Est de la wilaya, et de 473 et 1909µS/cm dans partie Ouest, la valeur minimale de CE a été enregistrée au niveau de oued Kessir et la valeur maximale à oued Seghir, en constat que les valeurs de la conductivité sont dans la norme algérienne de la potabilité des eaux (2800µS/cm) sauf les deux premières stations de l'oued Kébir et l'amont de l'oued Djendjen. Cette élévation de CE est liée à la nature géologique des terrains (formations salifères (Trias) et carbonatées (Eocène)).

### 3. Les éléments de la pollution

#### 3.1. Les éléments majeurs

**3.1.1. Le Calcium (Ca<sup>2+</sup>) :** la présence des ions Ca<sup>2+</sup> dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles : Soit la dissolution des formations carbonatées (CaCO<sub>3</sub>), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO<sub>4</sub>).



Tous les oueds présentent des teneurs en  $\text{Ca}^{2+}$  (fig.29), varient entre 8.016mg/l (O Djamaa amont) et 97.79 mg/l (O Kentra amont). La présence de calcium peut être due à la dissolution des carbonates (calcite, calcite magnésienne), qui caractérisent les faciès de plusieurs niveaux stratigraphiques sur le bassin Kebir-Rhumel et d'oued Djendjen

Généralement les teneurs en calcium restent inférieures à la norme (200mg/l), ceci dû à l'effet de dilution (période des hautes eaux), et à cause probablement à l'élévation du pH qui favorise la précipitation de  $\text{Ca}^{2+}$ .

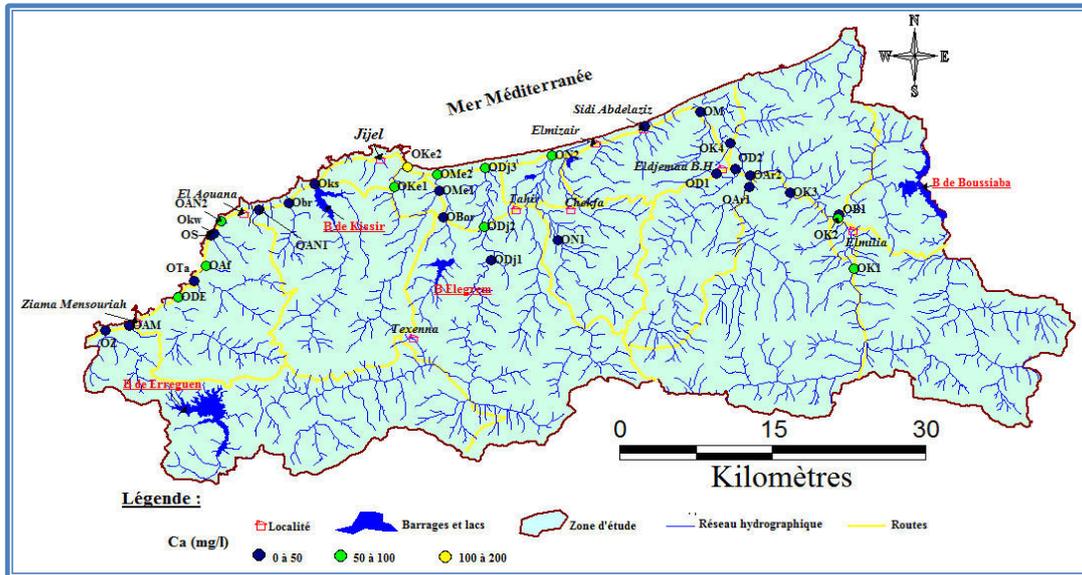
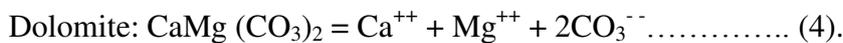
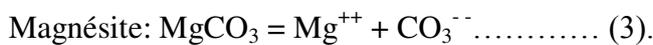


Figure 31 : Répartition des teneurs en Calcium (Avril 2017)

**3.1.2. Le Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) :** Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (magnésite et dolomite).



Le Magnésium provient de la dissolution d'autres roches dans les eaux continentales (basalte, magnésites, argiles, etc.), il provient aussi des formations métamorphiques telles que les micaschistes.

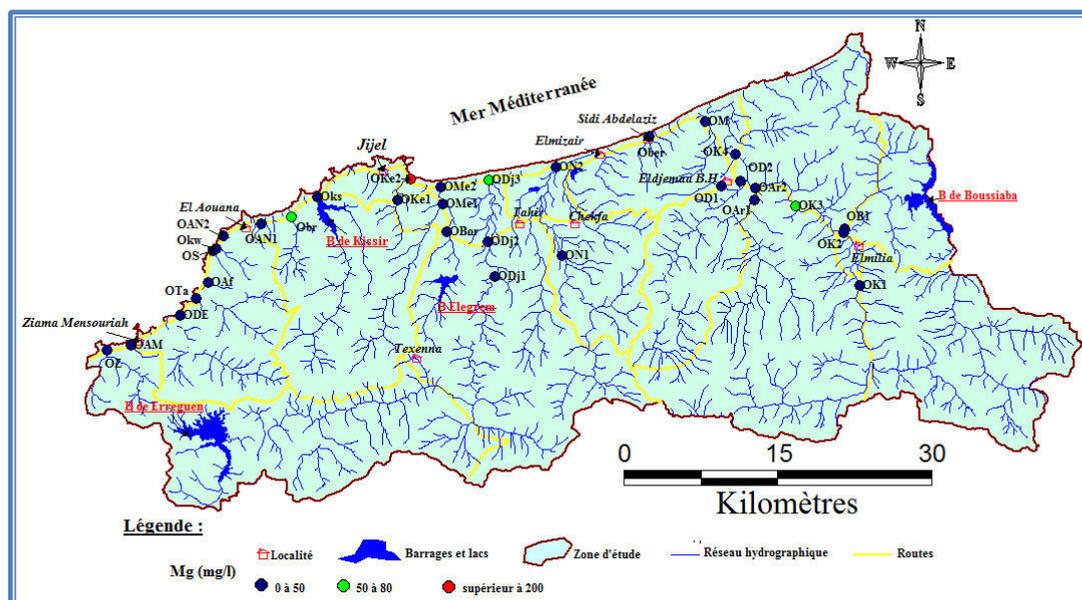
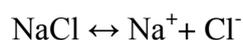


Figure 32 : Répartition des teneurs en Magnésium (Avril 2017)

D'après la carte de répartition des concentrations en  $Mg^{2+}$  (fig30,), en remarque que la teneur la plus élevée a été observée au niveau de l'oued Kentra aval avec une valeur de 63,36 mg/l, et la plus faible au niveau d'oued Kentra amont (6,72mg/l), ces valeurs restent toujours sous la norme algérienne de potabilité des eaux (150mg/l). L'origine de cet élément est attribuée à la dissolution des formations carbonatées qui sont présentes dans la géologie du bassin versant de ces oueds.

### 3.1.3. Le Sodium ( $Na^+$ )

Le cation sodium ( $Na^+$ ) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines, les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites) et l'Halite ( $NaCl$ ). L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères, des eaux usées d'origine industrielle et domestique et à l'effet de la salinité marine. La dissolution des minéraux salifères se fait selon la relation suivante :



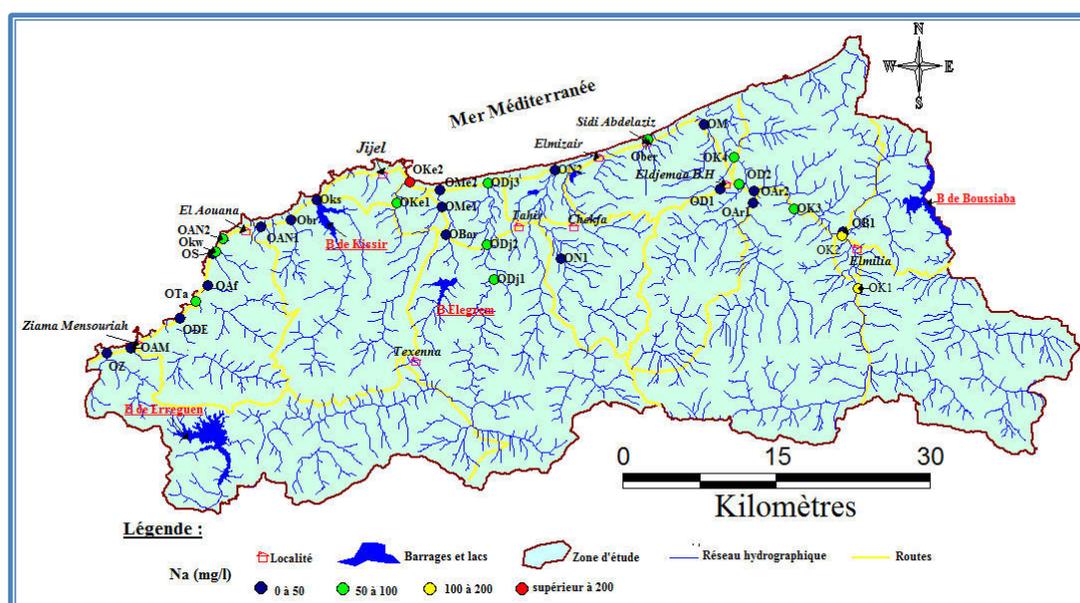


Figure 33 : Répartition des teneurs en Sodium (Avril 2017)

La répartition des teneurs en Sodium (*fig.31*), montre que les eaux d’oued Kébir amont et avant confluence ont des concentrations en  $\text{Na}^+$  presque homogènes (100 à 104mg/l), ces concentrations sont comparables avec les teneurs des eaux du Barrage de Béni Haroun en relation avec les apport du bassin versant du Kebir-Rhumel. Les eaux d’oued Djendjen présentent des concentrations oscillant entre 67,8 et 99,3mg/l, ces teneurs sont dues à la dissolution des formations salifères (présence du Trias dans la géologie du bassin).

Les autres oueds présentent des teneurs inférieure ou aux alentours de 50mg/l et qui restent très loin de la norme (200mg/l).

### 3.1.4. Le Potassium ( $\text{K}^+$ )

Métal blanc argenté, alcalin, radioactif, très réactif à l’eau, se trouve dans la nature sous la forme de chlorures doubles dans de nombreux minerais, tels que la carnallite (très minéralisée en contact avec certaines évaporites) et se trouve également dans les centres des végétaux sous forme de carbonate ; Le potassium provient de l’altération des roches silicatées, des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK, a base d’Azote, Potasse et Phosphore) retrouvés dans les eaux usées agricoles (*MebarkiaA., 2011*).

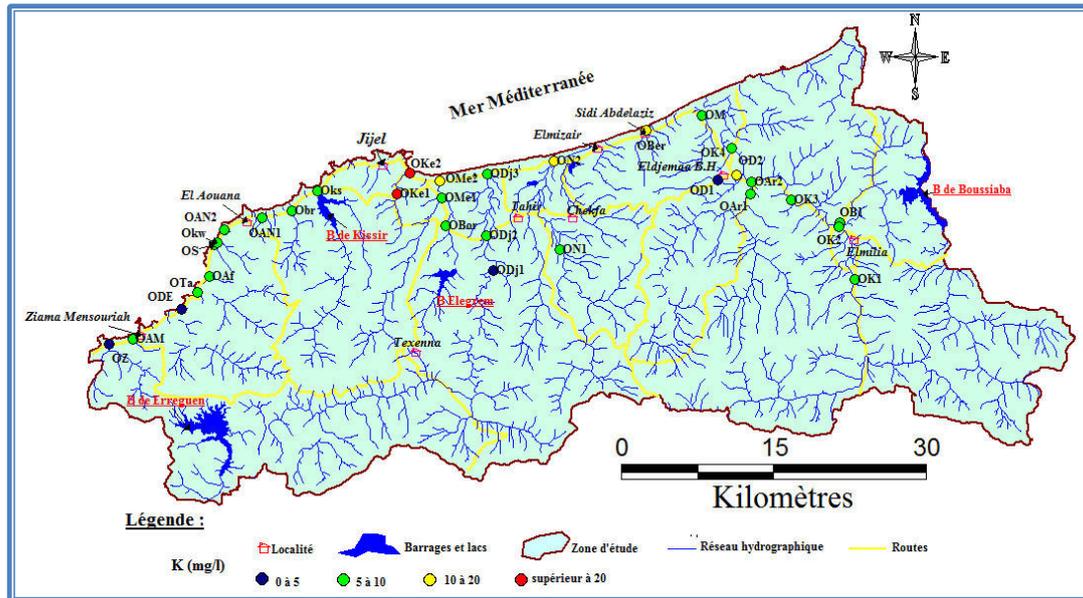


Figure 34: Répartition des teneurs en Potassium (Avril 2017)

La répartition des teneurs en Potassium (*fig.32*), a montré des teneurs en potassium varient entre 5 et 10 mg/l pour la majorité des stations de prélèvement. Les résultats obtenus montrent que la plupart des points ont des concentrations inférieures à la limite de potabilité (12 mg/l), sauf pour Oued Djamaa aval, oued Bertchoun, oued Kentra amont et Oued Kentra aval, où on a enregistré successivement 17,5mg/l, 15,2mg/l et 29,4mg/l, ces fortes concentrations sont attribuées aux rejets des eaux usées (domestique et industrielles). On a enregistré aussi une concentration de 10mg/l au niveau d'Oued Nil aval, cette concentration est due au lessivage des terres agricoles suite à l'utilisation des engrais dans la plaine alluviale d'oued Mencha .

### 3.1.5. Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les chlorures peuvent avoir une origine multiple, soit l'intrusion des eaux marines, ou la contamination par des eaux usées, soit la dissolution des sels par le lessivage des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leur présence en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses. (*Zahi F., 2014*)

Les résultats d'analyse illustrés dans la figures (*fig,33*) montrent que la plupart des oueds ont des teneurs en chlorures comprises entre 0 et 100mg/l. Oued Kébir et oued Djendjen présentent des concentrations supérieur à 100 mg/l à cause de la dissolution des formations salifères pour oued Djendjen (Complexe gypseux), et en relation avec les apports du barrage de Béni Haroun pour oued Kébir où on note la présence des formations salifères du Trias et du Mio-pliocène (*Farah A. S., 1991*), cependant une origine supplémentaire des chlorures peut être attribuée aux eaux usées des petites agglomérations qui se trouve le long des oueds.

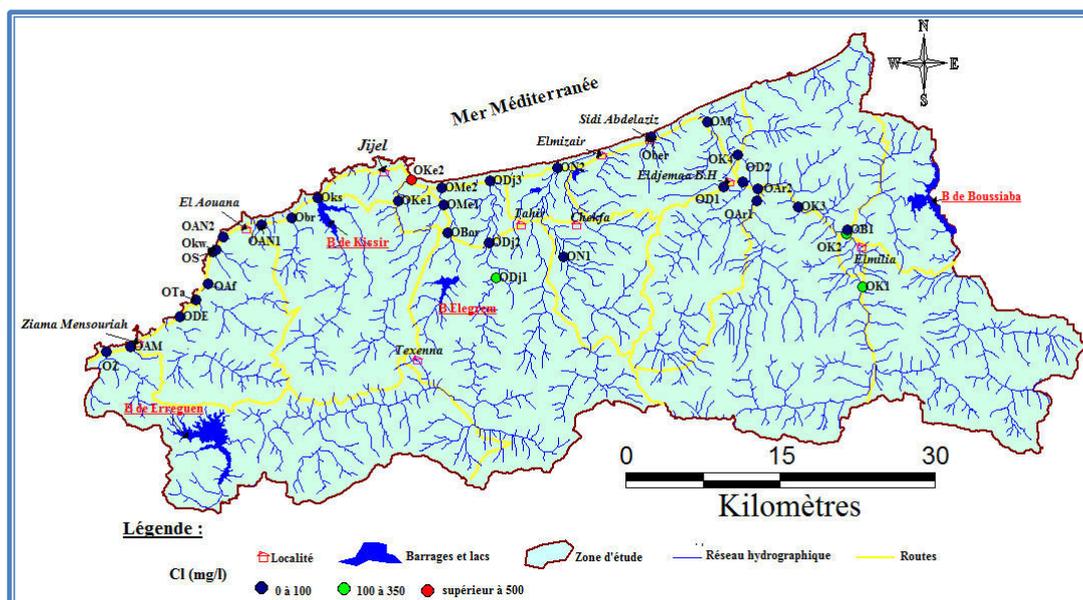
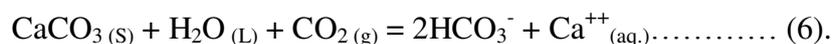


Figure 35 : Répartition des teneurs en Chlorures (Avril 2017)

**3.1.6. Les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :** La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique. L'équation de dissolution est donnée comme suit :



D'après la carte des bicarbonates (fig.34), les résultats révèlent des teneurs varient de 73,2mg/l (O Djamaa amont) à 605,12mg/l (O Kentra amont). Généralement les concentrations oscillent entre 100 et 300mg/l.

L'origine des bicarbonates est attribuée à la dissolution des calcaires Yprésiens et les calcaires lacustres du Mio-pliocène riche en calcite (bassin versant d'oued Kébir), des calcaires marneux (bassin versant d'oued Djendjen) et des calcaires friables et des marnes pour les autres oueds.

**3.1.7. Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) :** Les sulfates ont des origines très diverses : roches sédimentaires (gypse), minerais, engrais, transformations chimiques et biochimiques de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc. (Bouziane, 2009)

Les sulfates donnent un gout amer et un gout médical à l'eau s'il dépasse la concentration de 250 mg/L. Cela rend désagréable la consommation de l'eau. Des importantes concentrations en sulfates peuvent être corrosives pour les tuyauteries en particulier les tuyauteries en cuivre. Dans les endroits où l'on retrouve des concentrations importantes en sulfates, il est préférable d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion comme des tuyaux en plastique (Zeddouri, 2010).

Les sulfates sont liés aux cations majeurs : Calcium, magnésium et sodium, leur concentrations dans les eaux naturelles est très variables mais ne dépassent pas le 1g/l (Rodier J., 1984).

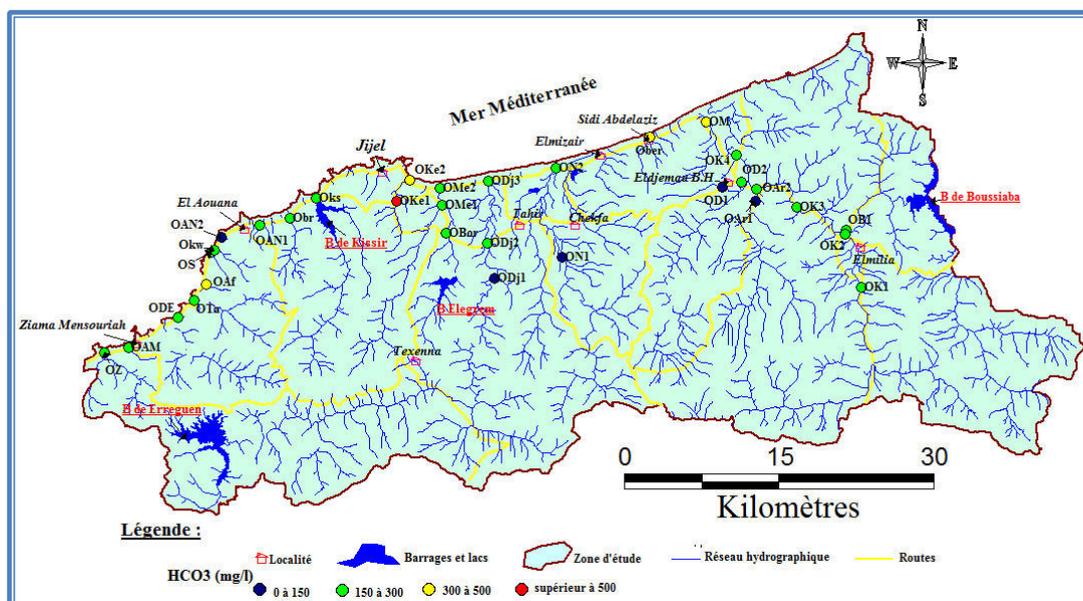


Figure 36 : Répartition des teneurs en Bicarbonates (Avril 2017)

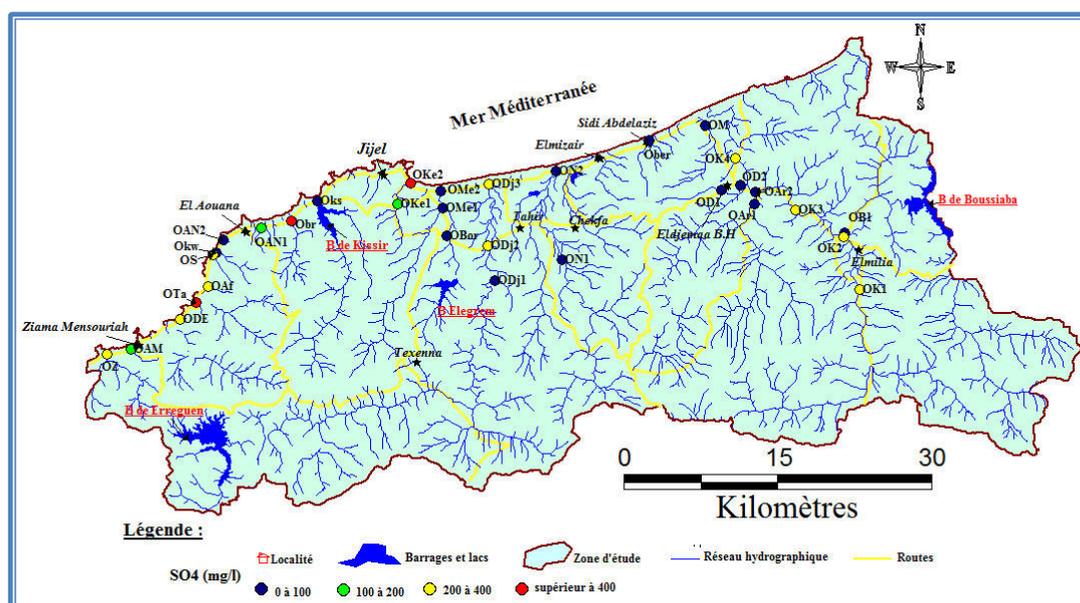


Figure37 : Répartition des teneurs en Sulfates (Avril 2017)

D'après les résultats illustrés dans la carte (fig.35), on peut dire que les teneurs en sulfates sont généralement faibles pour oued Nil, oued Mencha, oued Kessir et les affluents d'oued Kébir, elles varient entre 11,83 mg/l (O Maazouz) et 47,66 mg/l (O Bertchoun). La plupart des oueds de la partie Ouest, ainsi que oued Djendjen et oued Kébir présentent des concentrations variant entre 200 à 300mg/l. on remarque deux pics de concentration pour oued Taza et oued Bourchaid et oued Kentra avec des teneurs successives de 417,66 et 509,43mg/l.

L'origine des ions sulfate due à la dissolution des formations triasiques contenues dans la région d'étude surtout pour oued Djendjen, oued Taza et Bourchaid, une deuxième origine des sulfates peut être attribuée au Mio-pliocène par la présence des marnes gypsifères.

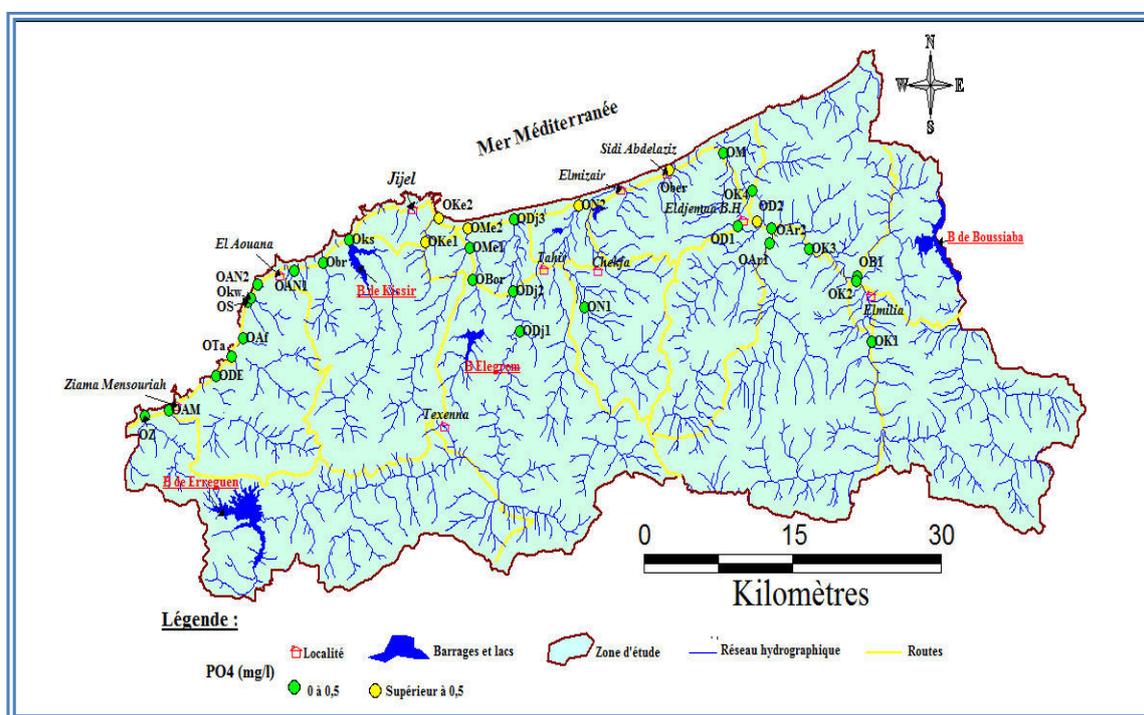
### 3.2. Les éléments mineurs naturels

#### 3.2.1. Les Phosphates ( $PO_4^{-2}$ )

Le phosphate ( $PO_4^{-3}$ ) est un élément essentiel à la vie aquatique car il est considéré comme étant un sel nutritif. Il peut se trouver sous différentes formes oxydées, méta  $HPO_3$ , pyro  $H_4P_2O_7$  et ortho  $H_3PO_4$ . En milieu aqueux, les formes méta et pyro tendant vers la forme ortho pour des pH compris entre 5 et 8. Les réactions chimiques entre les différentes formes de phosphate sont données par : (Seghir K., 2008)



Selon Rodier et al. (2005), le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues ; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs, où elles contribuent à l'eutrophisation.



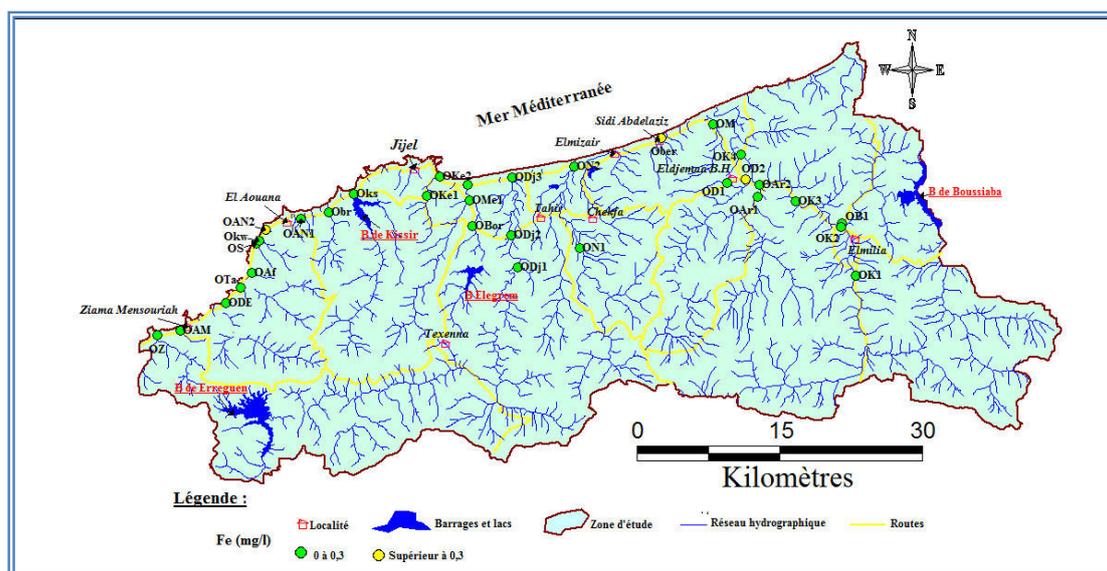
**Figure 38 : Répartition des teneurs en Phosphates (Avril 2017)**

La carte de répartition des teneurs en phosphates (fig36), montre que seuls les oueds qui contiennent des eaux usées présentent des concentrations en phosphates dépassant la norme (0,5 mg/l), elles varient entre 0,7mg/l pour oued Nil aval à 7,2 mg/l pour Oued Kentra aval. Leurs origines sont dues d'une part aux rejets urbains et d'autre part au lessivage des terres agricoles traitées par les engrais chimiques.

### 3.2.2. Le Fer (Fe)

Le Fer est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre parmi les métaux lourds par ordre d'abondance. On le trouve surtout sous forme  $Fe^{+2}$  ou  $Fe^{+3}$ . Le fer dissous dans les eaux souterraines est sous forme réduite ( $Fe^{+2}$ ), qui est soluble. Ce dernier est oxydé en  $Fe^{+3}$  par le contact avec l'oxygène de l'air, le  $Fe^{+3}$  précipite sous forme d'hydroxydes insolubles dans l'eau et sont précipités ou adsorbés par les sédiments. (GouadiaL., 2008).

La présence du Fer dans l'eau peut avoir diverses origines : lessivage des terrains avec dissolution des roches et des minerais contenus dans le sous-sol ; rejets industriels (pollutions minières, métallurgiques, sidérurgiques) (Mebarkia A., 2011).

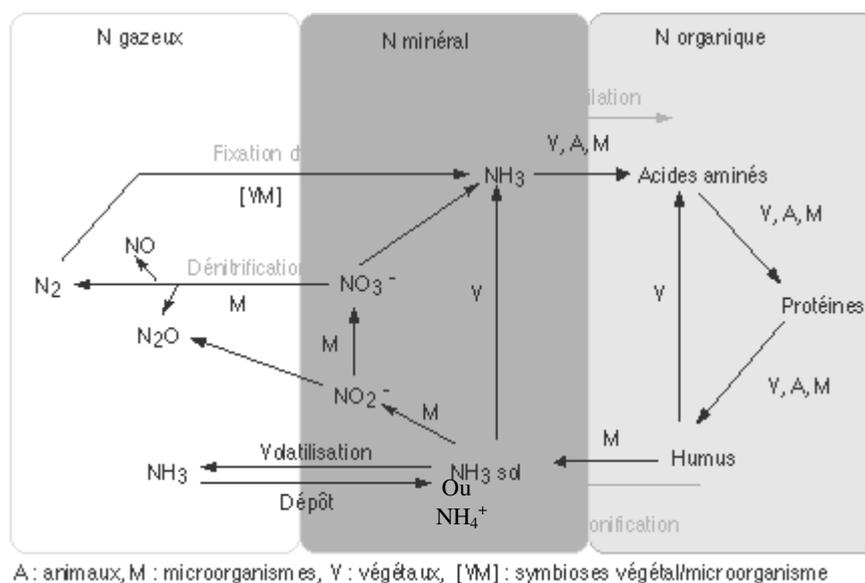


**Figure 39: Répartition des teneurs en Fer (Avril 2017)**

L'analyse des résultats (fig.37), montre que les échantillons analysés des eaux superficielles de la wilaya de Jijel présentent des teneurs en Fer au-dessous de la norme Algérienne (0.3mg/l), sauf pour les oueds Aouana 2, Bertchoun et Djemaa aval avec des concentrations successives de 0,31, 0,52 et 0,57mg/l. Ces teneurs sont expliquées par le diversement des eaux usées dans ses oueds, surtout pour les agglomérations de Sidi Abdelaziz et El-Djemaa.

### 3.3. Le cycle d'Azote

L'azote est présent sous trois formes chimiques (nitrates, nitrites et ammonium). Le cycle de l'azote est caractérisé par trois réservoirs : azote organique (acides aminés, protéines...), azote minéral ( $NO_3^-$ ...) et composés gazeux ( $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $N_2O$ ...) et est régi par des processus chimiques et biologiques permettant le passage d'une forme azotée à l'autre (fig38,). Le transfert de la forme ammonium vers les nitrites et les nitrates se fait par oxydation, cette réaction est rapide en présence de l'oxygène. La forte teneur en  $CO_2$  et la faible teneur en oxygène accroissent la concentration en ammonium dans l'eau.



**Figure 40 : Cycle de l'azote**

### 3.3.1. Azote Ammoniacale ( $NH_4^+$ )

Radical monovalent agissant comme un métal alcalin dans les sels ammoniacaux. C'est la forme d'azote la plus toxique, La teneur en azote ammoniacal dans les eaux naturelles devrait être relativement faible puisque l'ammoniaque est oxydée graduellement en nitrite et en nitrates, sa présence dans l'eau est liée aux rejets urbains et industriels. (Larbi A., 2004), dans les eaux souterraines  $NH_4^+$  est présenté fréquemment sans être indice de pollution par contre dans les eaux de surface  $NH_4^+$  présent seulement dans les eaux polluées (Valiron F., 1994), il peut avoir pour origine : la matière organique végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels (engrais, textiles...). (Rodierj., 2005)

La carte montre que tous les parties aval des oueds et des affluents du côté Est de la wilaya présentent des concentrations en ammonium qui dépassent la norme Algérienne, ceci du au diversement direct et sans traitement des eaux usées domestiques dans ces cours d'eau. Les oueds du côté Ouest restent non pollués à cause de l'absence des rejets des eaux usées.

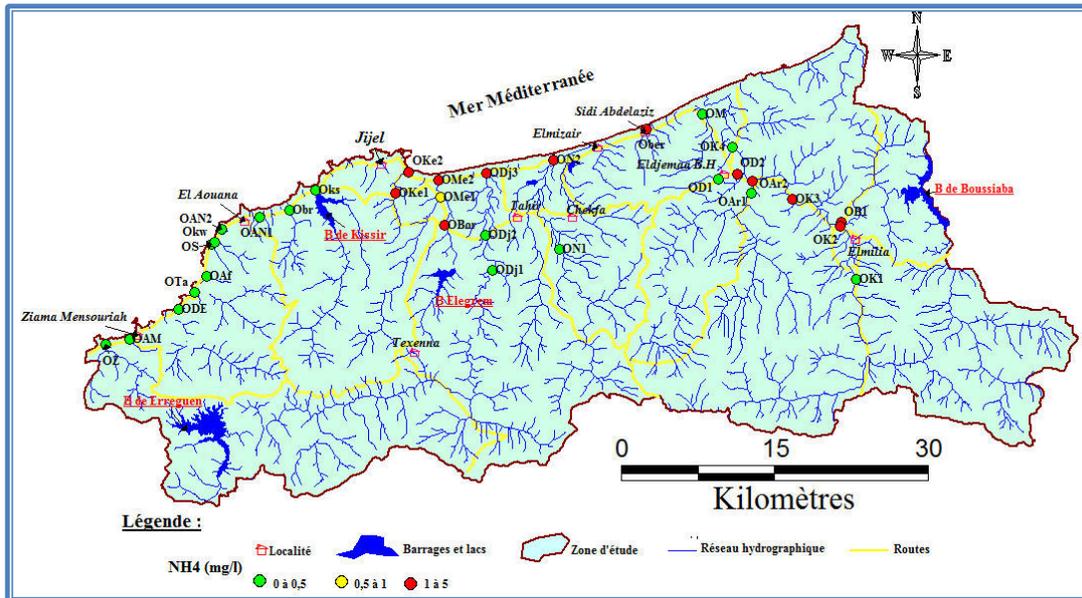


Figure 41 : Répartition des teneurs en Ammonium (Avril 2017)

**3.3.2. Les Nitrites  $\text{NO}_2^-$  :** Les nitrites sont instables au plan biochimique. Entre le remplissage des flacons et l’analyse au laboratoire, une importante dégradation biologique peut se produire durant le transport. En présence de fortes concentrations en ammonium dans l’échantillon, les nitrites peuvent également apparaître par nitrification ; c’est la raison pour laquelle les échantillons devraient être réfrigérés ( $< 4^\circ\text{C}$ ) et analysés rapidement après prélèvement (Liechti et al, 2004).

Les nitrites sont très toxiques pour la faune. Des concentrations élevées en nitrites peuvent être observées par suite de la transformation biologique de l’ammonium en nitrates ou, en condition anaérobies lors de la dénitrification des nitrates en  $\text{NO}_2^-$  ou  $\text{N}_2$  gazeux.

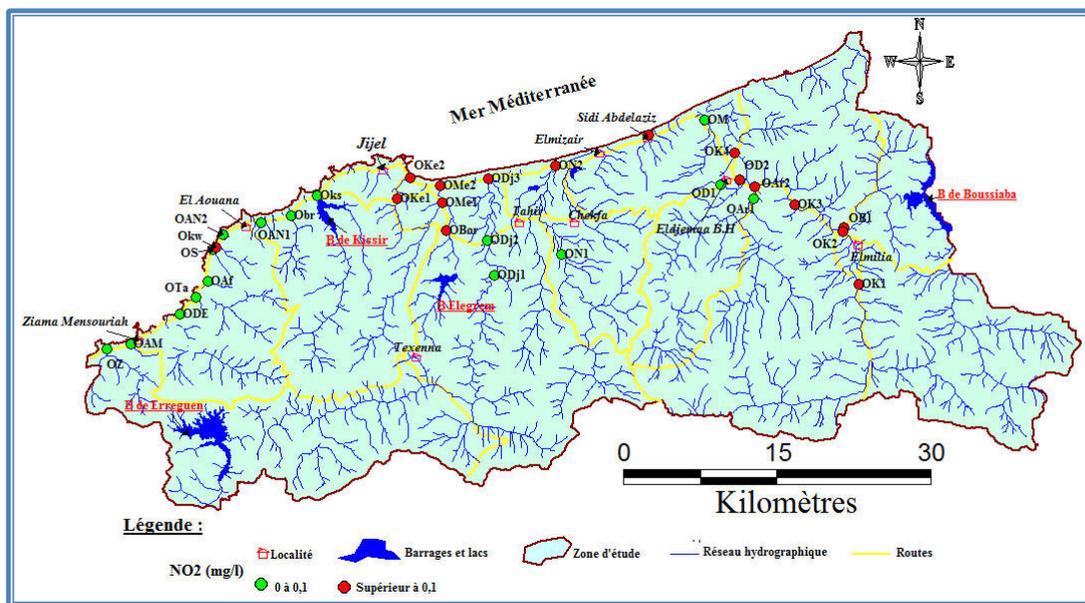
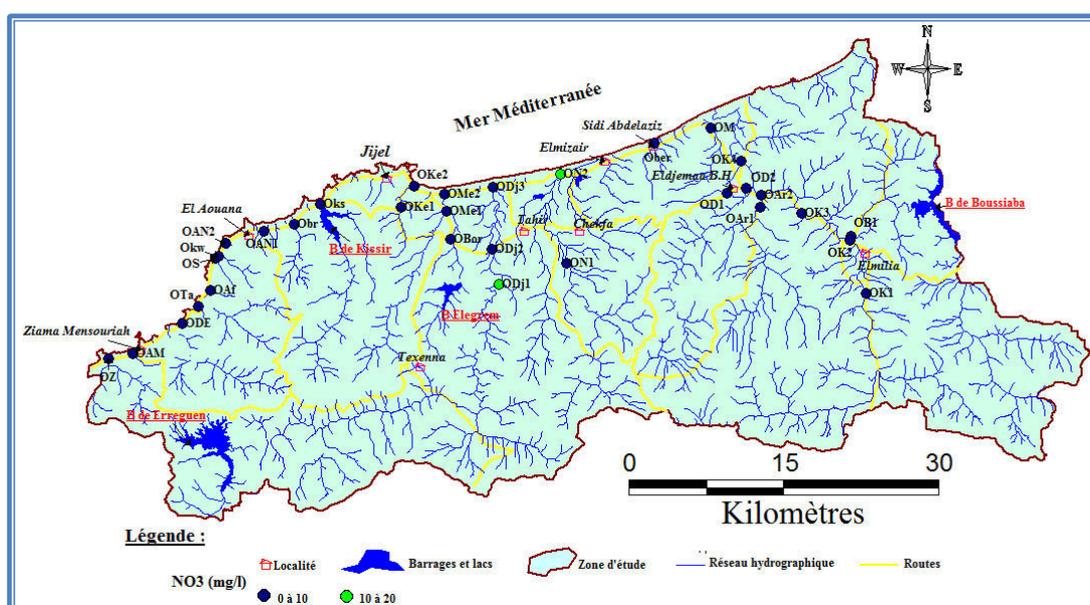


Figure 42 : Répartition des teneurs en Nitrites (Avril 2017)

L'allure de la carte de répartition des teneurs en nitrites (*fig.40*), est semblable à celle de l'ammonium, elle montre que les valeurs les plus élevées sont relevées dans l'oued Kébir et ses affluents, oued Mencha, oued Kentra et l'aval des oueds Nil et Djendjen où elles atteignent 3,67mg/l à oued Kébir centre. Cet excès peut être expliqué par la transformation biologique de l'ammonium en nitrates.

### 3.3.3. Les Nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique ils représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. Leur présence dans l'eau est liée à l'utilisation des engrais chimique et des rejets domestiques (*MebarkiA., 2009*). En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (O.M.S, 1989). En admettant des teneurs naturelles en nitrates dans les rivières de l'ordre de 3 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.



**Figure 43 : Répartition des teneurs en Nitrates (Avril 2017)**

Généralement, les teneurs en nitrates sont faibles et restent toujours inférieures aux normes (50 mg/l) pour toutes les stations (*fig.41*). Elles oscillent entre 0,33 et 18.26mg/l, ces faibles teneurs sont expliquées soit par la dilution des forme nitrate, soit le phénomène de transformation de l'ammonium en nitrate n'est pas encore achevé.

## 4. Faciès chimique des eaux

L'interprétation des résultats d'analyses chimiques des éléments majeurs: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> était nécessaire pour bien identifier les faciès hydro-chimiques et avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux de surface de la Wilaya de Jijel. Pour atteindre cet objectif, on a eu recours à la formule ionique pour le calcul des quantités en réaction et la classification des ions et au diagramme de Stiff pour la représentation graphique des résultats.

La réalisation de ce dernier a été faite grâce au logiciel Diagrammes, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).

### 4.1. Formule ionique

La formule ionique consiste à calculer le pourcentage de chaque ion ( $r\%$ ) par rapport à la somme des autres ions ( $C$ ) :

$$r\% = (c * 100) / C$$

Avec ;

$c$ : concentration de l'ion considéré en meq/l

$C$  : somme des ions en meq/l

Cette formule a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction (en meq/l) des groupes anions et cations et permet de définir les caractéristiques physico-chimiques des eaux et de les classer selon la même origine.

### 4.2. Diagramme de Stiff

Ce genre de diagramme permet d'obtenir une figure géométrique polygonale caractéristique d'une famille d'eau donnée. Les données d'analyse des ions majeurs sont reportées sur des axes horizontaux de part et d'autre de l'axe vertical d'origine. Les cations sont représentés à gauche ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$ ) et les anions à droite ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ )  
L'interprétation des résultats d'analyses hydro-chimiques permis d'avoir une idée sur les faciès chimiques des eaux de notre zone d'étude, leur évolution , ainsi que sur les conditions naturelles qui sont à l'origine de ces faciès.

La représentation des données physico-chimiques des eaux de surface de la Wilaya de Jijel au niveau de différentes stations sur le diagramme de Stiff (*tab12*) a montré l'existence de faciès:

- ❖ Bicarbonaté calcique avec 25,81%
- ❖ Bicarbonaté magnésien avec 22,58%
- ❖ Sulfaté magnésien avec 19,35%
- ❖ Sulfaté sodique avec 12,90%
- ❖ Sulfaté calcique avec 6,45%
- ❖ Bicarbonaté sodique avec 9,68%
- ❖ Chloruré sodique avec 3,23%

## Chapitre IV : Hydrochimie et pollution

**Tableau 12 : Faciès chimiques des eaux de surfaces de la Wilaya de Jijel selon le diagramme de Stiff**

Diagramme de Stiff	Faciès chimique	Diagramme de Stiff	Faciès chimique
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OMe2</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>ODj3</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté magnésien</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>ON2</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OK1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté sodique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OB1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OK2</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté sodique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OAr1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OK3</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté magnésien</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OAr2</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OD2</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté sodique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OD1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OK4</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté sodique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OM</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>Ober</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté sodique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>ON1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>ODj2</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté sodique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OBor</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OMe1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OKe1</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté sodique</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OZ</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté magnésien</b>
<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>OAM</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>	<p style="text-align: center;">Meq/L 109 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Meq/L</p> <p>Na+K <b>ODE</b> Ca Mg</p> <p style="text-align: right;">Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté calcique</b>

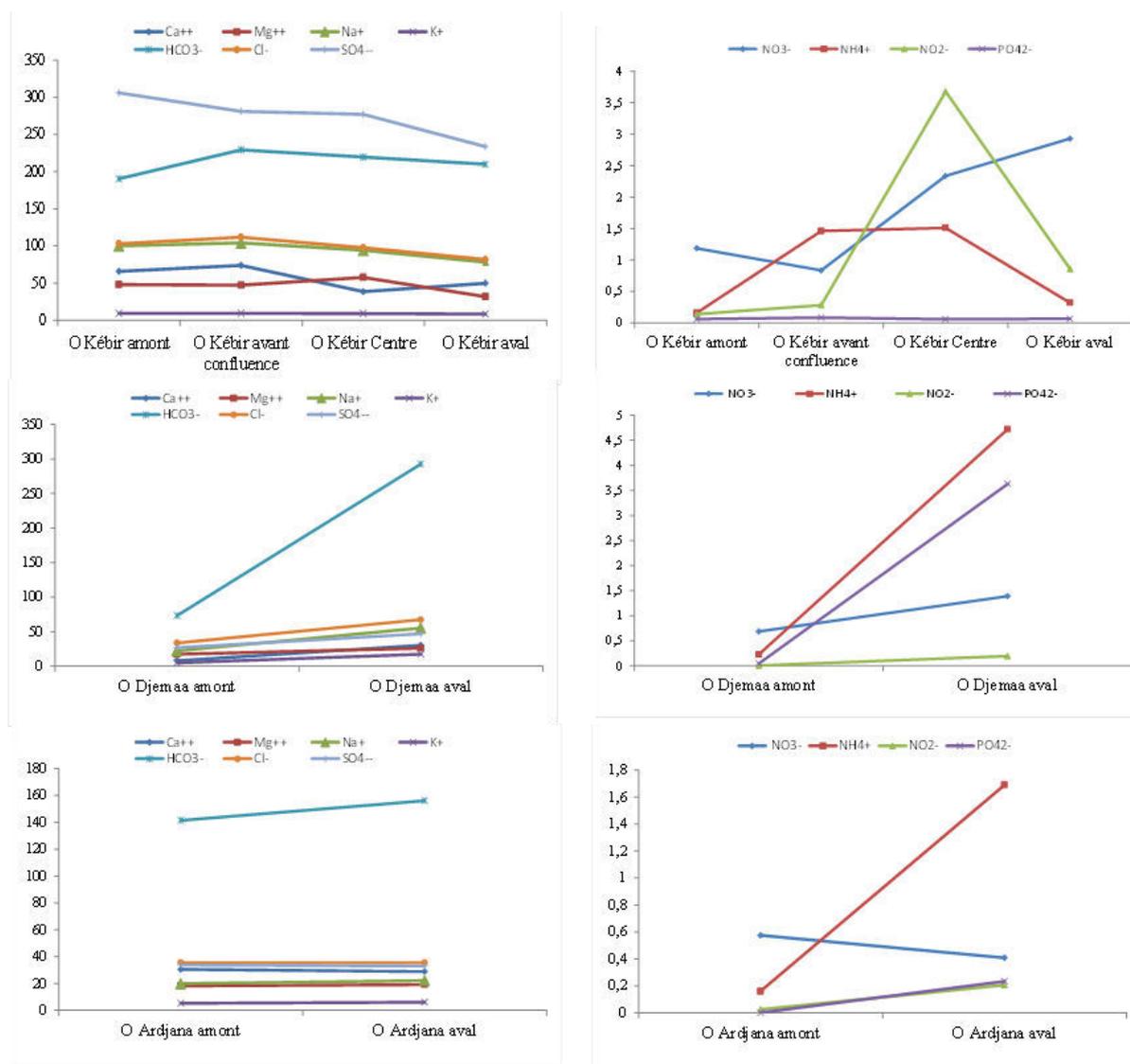
<p>Na+K <b>OTa</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté magnésien</b>	<p>Na+K <b>Oaf</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté magnésien</b>
<p>Na+K <b>OS</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté calcique</b>	<p>Na+K <b>Okw</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté sodique</b>
<p>Na+K <b>OAN2</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté calcique</b>	<p>Na+K <b>OAN1</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>
<p>Na+K <b>Obr</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Sulfaté magnésien</b>	<p>Na+K <b>Oks</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Bicarbonaté magnésien</b>
<p>Na+K <b>ODj1</b> Ca Mg</p> <p>Cl HCO<sub>3</sub>+CO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub></p>	<b>Chloruré sodique</b>		

### 5. L'évolution des concentrations entre l'amont et l'aval :

#### 5.1. Oued Kébir et ses affluents

Le graphique de l'évolution des concentrations entre l'amont et l'aval d'oued Kébir montre une diminution des concentration pour les éléments  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ . Cette diminution est expliqué par les apports faibles des affluent de l'oued Kébir, et qui font par conséquent une dilution des concentrations. Les bicarbonates ont subis une augmentation dans la concentration, à cause de l'apport riche en bicarbonates des trois affluents. En ce qui concerne les éléments du cycle d'azote, on note une diminution des teneurs en nitrates entre l'amont et la station avant confluence avec oued Boussiaba, avec en même temps une augmentation des teneurs en ammonium et en nitrites, ceci du au phénomène de réduction de la forme nitrate en nitrite puis en azote ammoniacal en milieu anaérobie. Entre la station 2 (avant confluence) et la station 3 (Kébir centre) il y a une augmentation des concentrations pour les trois formes d'azote, ceci dû aux apports d'oued Boussiaba surtout pour l'azote ammoniacal et l'azote nitreux, et au phénomène d'oxydation pour la forme nitrate, en fin entre la station 3 et la station 4 (Kébir aval), on a enregistré une diminution des concentrations en ammonium et en nitrite avec une augmentation des concentration en nitrate, et ce malgré les apports importants des deux oueds à savoir oued Djemaa et Ardjana, ceci est expliqué par le débit important de l'oued Kébir par rapport aux ses affluents, ce qui cause la dilution des forme ammonium et nitrite, ainsi qu'à l'accélération du phénomène d'oxydation.

Les deux affluents : oued Djemaa et oued Ardjana connaissent une augmentation des concentrations de tous les éléments entre l'amont et l'aval, à cause de versement direct et sans traitement des rejets domestiques pour les deux agglomérations de Djemaa et El Ancer.

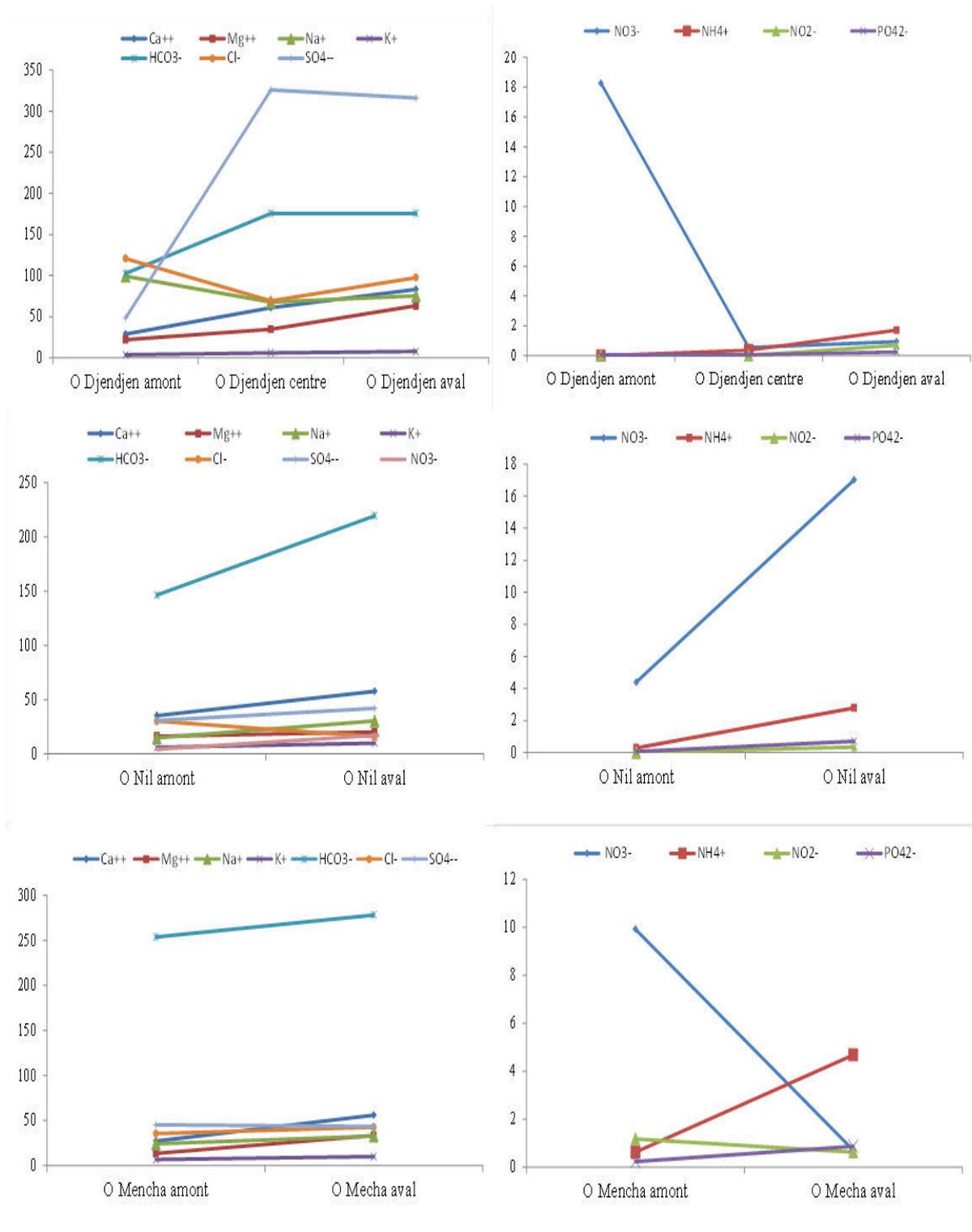


**Figure 44 : Evolution des concentration amont-aval (O. Kébir et ses affluents)**

### 5.2. Oued Djendjen, Nil et Mencha

Pour ces trois oueds on note une augmentation des concentrations entre l'amont et l'aval pour tous les éléments, sauf les nitrates pour oued Djendjen et oued Mencha à cause des rejets domestiques des agglomérations de Tassoust et El Amir et aux rejets industriels de la zone de Taher, ces rejets rend le milieu anaérobie ce qui accélère le phénomène de réduction. Les activités agricoles dans les plaines d'oued Nil et oued Djendjen peuvent aussi influencées sur

l'augmentation des concentrations des différents éléments chimiques suite à l'utilisation des engrais chimique et des pesticides. Les rejets domestiques non traités influes aussi et d'une façon importante sur la chimie des cours d'eau.



**Figure 45 : Evolution des concentration amont-aval (O. Nil, Djendjen et Mencha)**

### 6. Mobilité des éléments en traces métallique pour les deux compartiments eau- sédiments

#### 6.1. Oued Kébir

##### 6.1.1. Mobilité du cuivre et du zinc

Généralement les concentrations en Zinc et en Cuivre restent loin des normes Algériennes (3mg/l pour le zinc et 2mg/l pour le cuivre). L'étude de la mobilité de ces deux éléments entre les deux compartiments eau et sédiments en fonction de pH et Eh (*fig.44*), montre l'existence d'une relation inversement proportionnelle entre la variation des concentrations dans l'eau et les sédiments. Pour le zinc on remarque une augmentation des concentrations dans l'eau entre O Kébir amont et O Kébir avant confluence suivi d'une diminution des concentrations dans les sédiments, ce qui explique la libération de cet élément, puis on constate une diminution des concentrations dans l'eau entre O Kébir avant confluence et l'aval, accompagné d'une augmentation des concentrations dans les sédiments, ce qui explique le piégeage de cet élément dans les sédiments, sachant que le zinc est fortement adsorbés sur les surface des sols à des pH supérieur à 7,7. On remarque aussi que l'évolution des concentrations dans l'eau suit l'évolution ou la variation de pH.

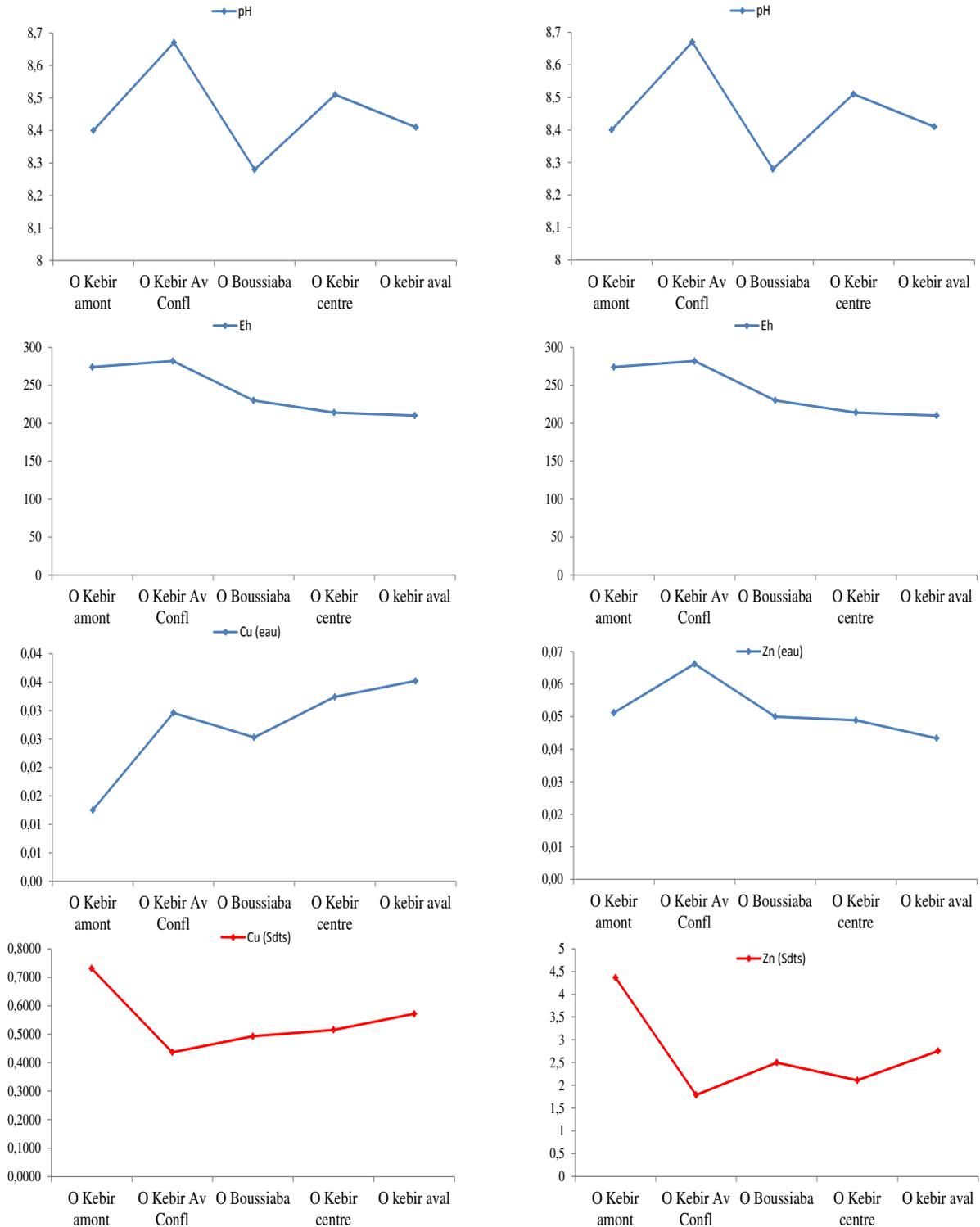
Pour le cuivre on constate une augmentation des concentrations dans l'eau entre l'amont et l'aval, suivi par une diminution des concentrations dans les sédiments ce qui explique le relargage de cet élément en milieu plus au moins alcalin.

##### 6.1.2. Mobilité du Plomb et de Cadmium :

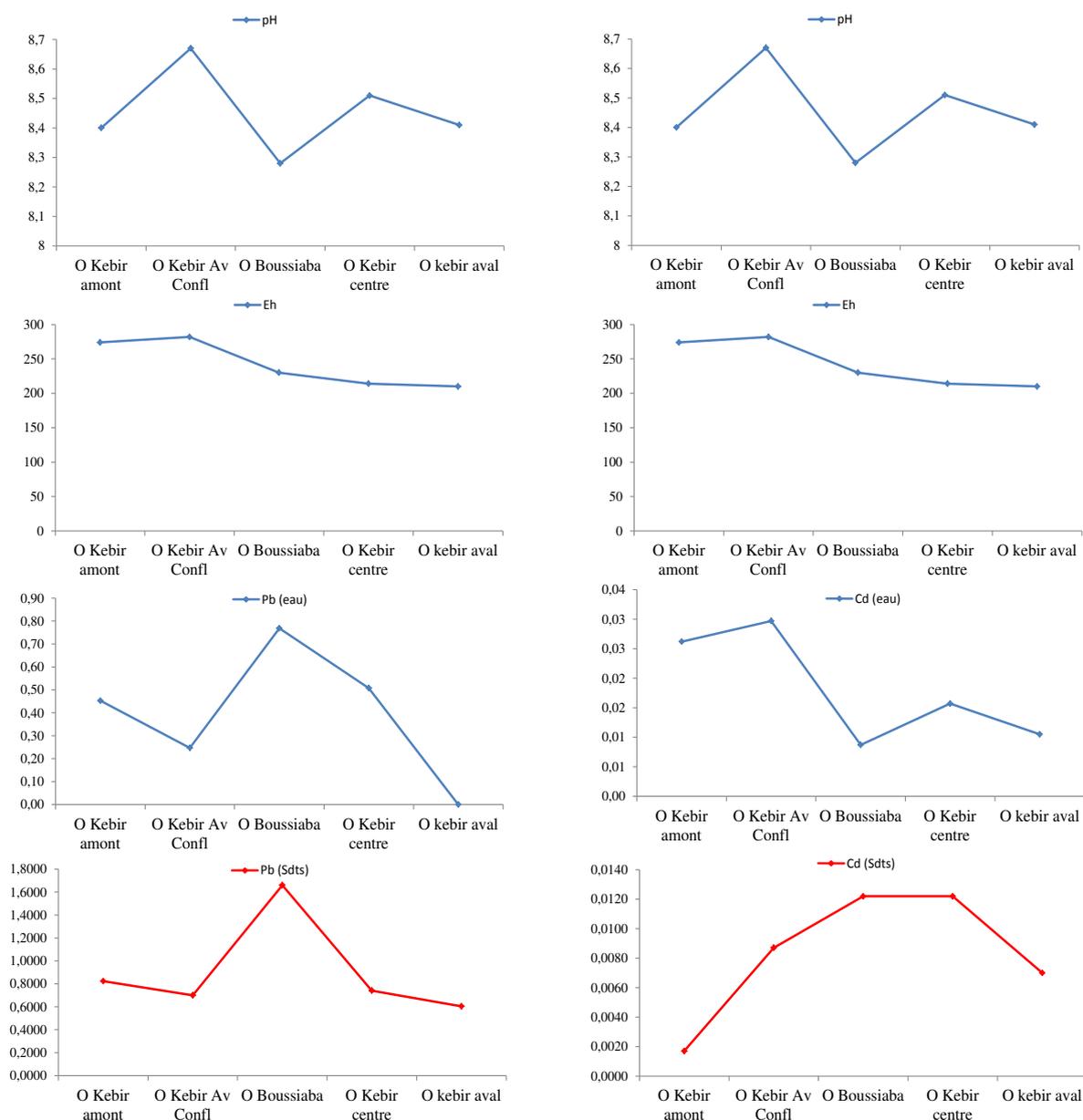
Les graphiques de variation des teneurs en plomb (*fig45*) montre des concentrations qui dépassent la norme Algérienne, ce qui explique la pollution de cet oued par le plomb, on remarque une diminution de la teneur en Pb entre la première et la deuxième station, puis on constate une augmentation des concentrations entre la deuxième et la troisième stations suite à l'apport de l'oued Boussiaba (0,7mg/l), la partie aval de l'oued présente une concentration nulle. L'évolution des concentrations pour les deux compartiments eau et sédiments montre un état d'équilibre, c'est-à-dire la variation des concentrations dans l'eau est proportionnelle à celle des sédiments et vice versa.

Le cadmium présente aussi des concentrations dépassant la norme Algérienne (0,005mg/l) ce qui aggravé le risque de pollution dans l'oued Kébir, les concentrations en cadmium dans l'eau sont plus importantes que dans les sédiments, ce qui explique la libération de cet élément des sédiments vers l'eau (relargage). Généralement la variation des concentrations suit la variation de pH.

L'origine de ces éléments est attribuée au lessivage des formations géologique, mais plutôt aux activités industrielles (usine Bellara, apports du bassin versant d'Oued KébirRhumel), ainsi qu'aux rejets domestiques.



**Figure 46: Evolution des teneurs en Zinc et en Cuivre dans l'oued Kébir (Avril 2017)**

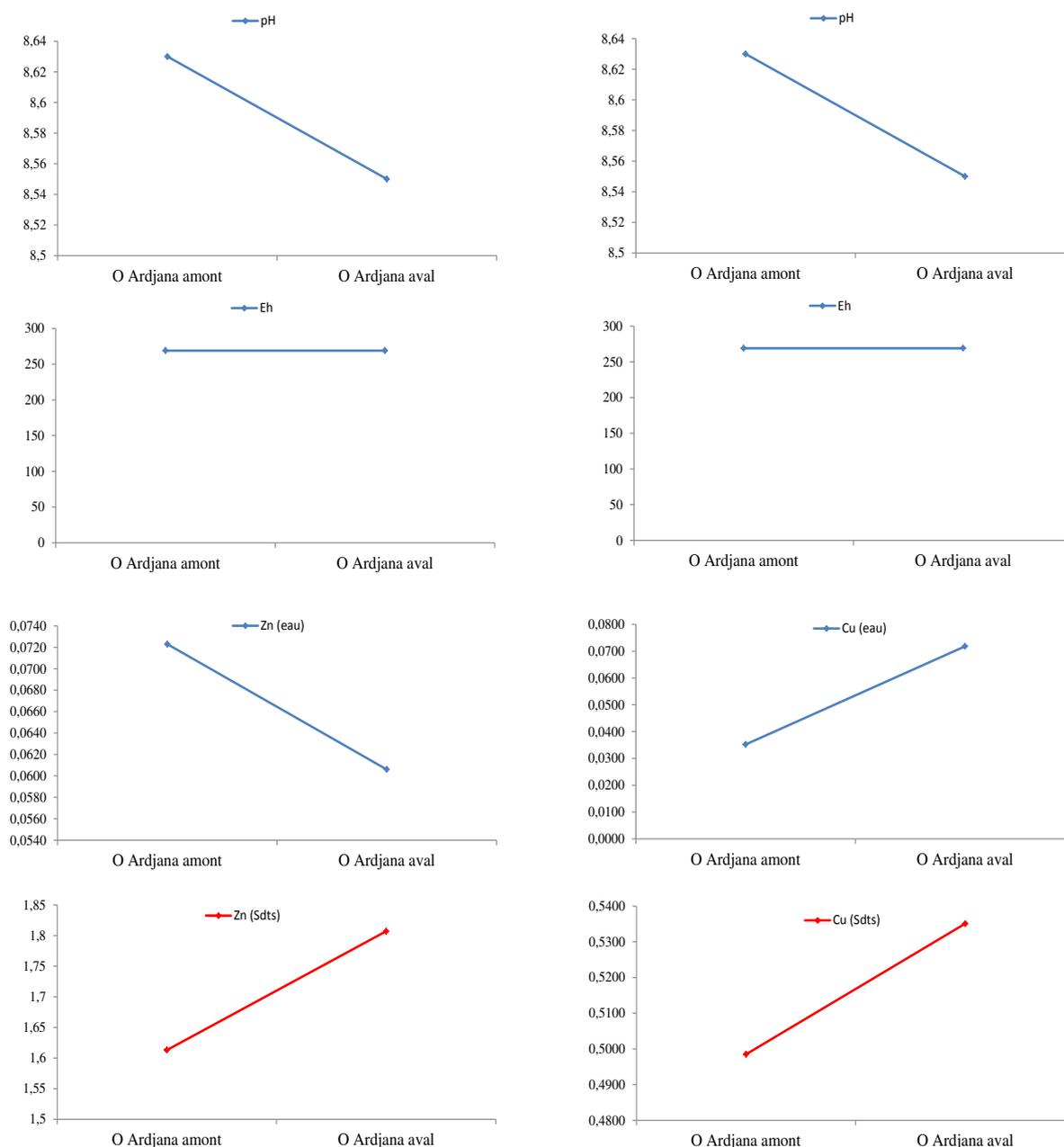


**Figure 47 : Evolution des teneurs en Plomb et en Cadmium dans l'oued Kébir (Avril 2017)**

## 6.2. Oued Ardjana

### 6.2.1. Mobilité du cuivre et du zinc

Les eaux d'oued Ardjana présentent des teneurs en zinc et en cuivre faibles et qui restent loin des normes, on remarque une augmentation des concentrations en cuivre entre l'amont et l'aval pour les deux compartiments eau et sédiments, ce qui explique l'état d'équilibre de cet élément. En ce qui concerne le Zinc, on constate une diminution des concentrations dans l'eau, et une augmentation des concentrations dans les sédiments, c'est le phénomène de piégeage pour cet élément.

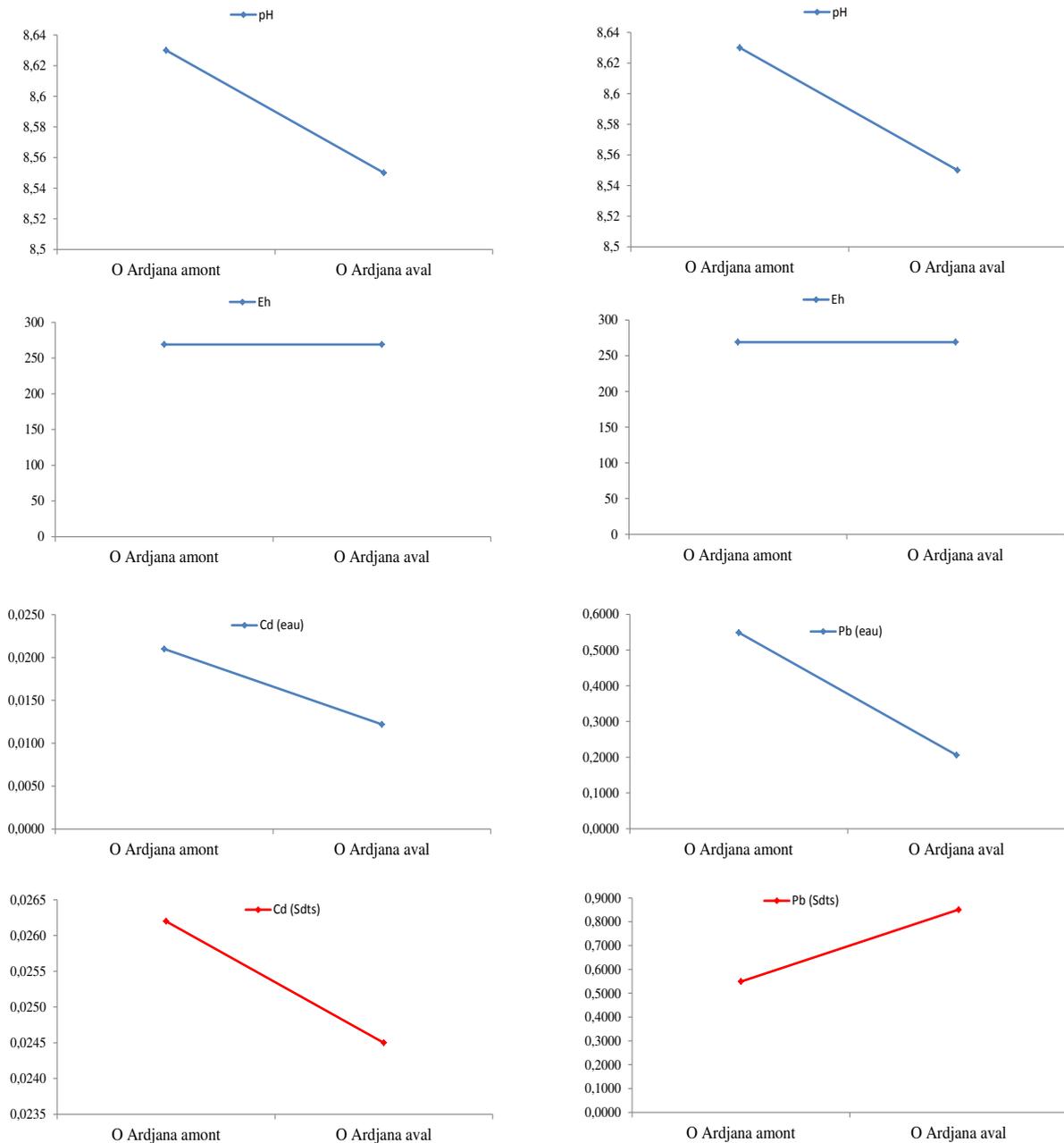


**Figure 48 : Evolution des teneurs en Zinc et en Cuivre dans l'oued Ardjana (Avril 2017)**

### 6.2.2. Mobilité du Plomb et de Cadmium :

Le cadmium présente un état d'équilibre avec des concentrations très proches entre l'eau et les sédiments, dont les valeurs dépassent la norme, l'origine de cet élément est probablement due au lessivage des terrains géologiques, et aux rejets domestiques de l'agglomération d'El-Ancer.

Le plomb comporte inversement de cadmium avec un phénomène de piégeage marqué par une diminution des concentrations dans l'eau et augmentation des concentrations dans les sédiments.

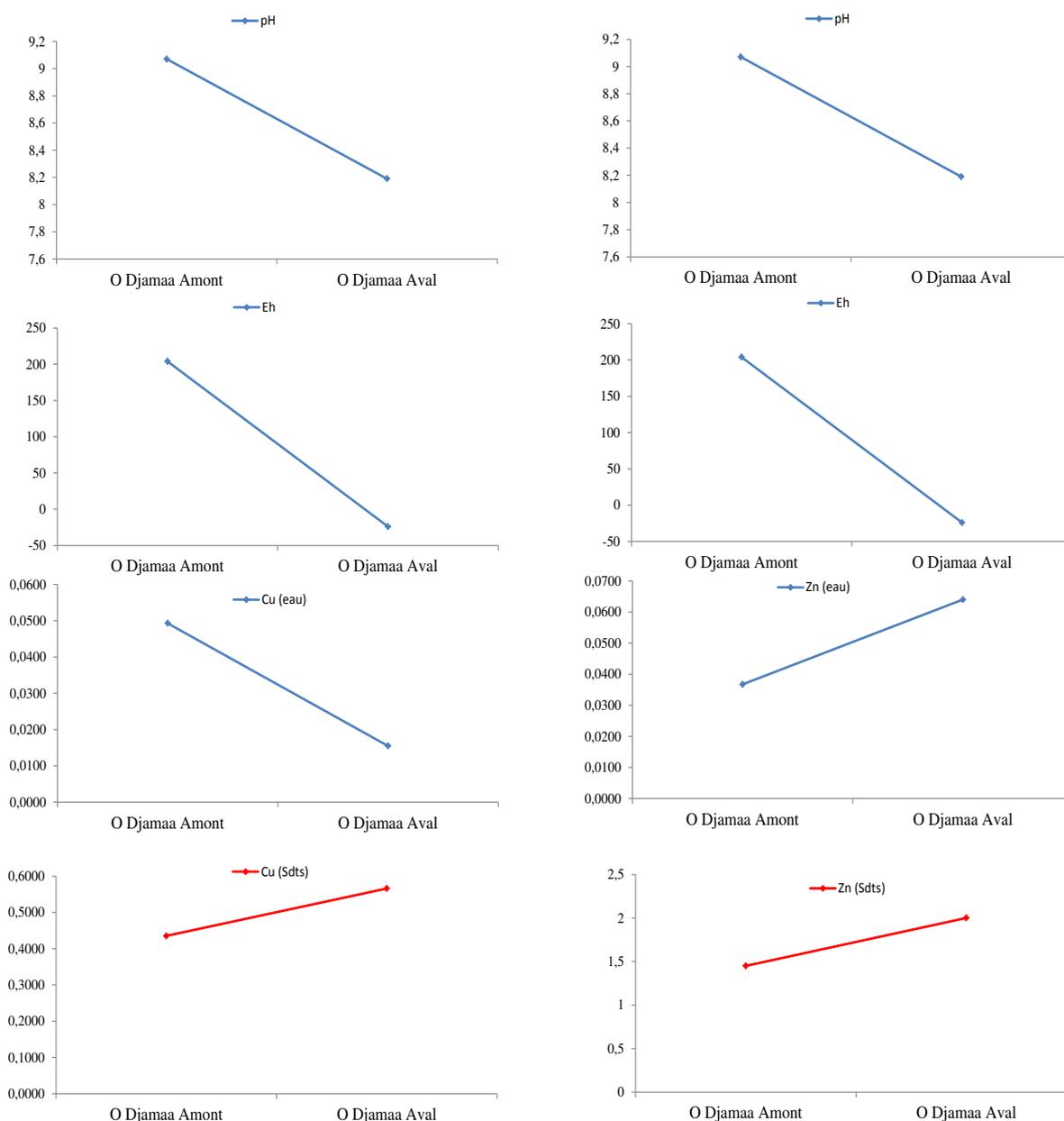


**Figure 49 : Evolution des teneurs en Plomb et en Cadmium dans l'oued Ardjana (Avril 2017)**

## 6.3. Oued Djemaa

### 6.3.1. Mobilité du cuivre et du zinc

Toujours le Zinc et le cuivre présentent des concentrations inférieures aux normes, les graphiques de variation des teneurs de ces deux éléments (*fig48*), montre un phénomène de piégeage dans les sédiments en relation avec une chute des valeurs de Eh et pH.



**Figure 50: Evolution des teneurs en Zinc et en Cuivre dans l'oued Djemaa (Avril 2017)**

### 6.3.2. Mobilité du Plomb et de Cadmium :

Le cadmium présente toujours un état d'équilibre entre les deux compartiments eau et sédiments, par contre le plomb se comporte inversement avec un phénomène de piégeage lorsque le milieu devient anaérobie.

Les concentrations de ces deux éléments dépassent les normes Algériennes, leurs origine est forte probable la dissolution des formations géologique, vu que l'amont de l'oued ne présente pas des sources de pollution remarquables.

**Figure 51: Evolution des teneurs en Plomb et en Cadmium dans l'oued Djemaa (Avril 2017)**

### 7. Conclusion

Cette étude a fourni une évaluation de la qualité physico-chimique ainsi que certains paramètres de pollution des eaux de la wilaya de Jijel.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux montre qu'elles sont une relation directe avec les conditions géologiques et les activités anthropiques.

En amont des cours d'eau, la dégradation de la qualité est liée à l'altération des formations géologiques avec des teneurs élevées en bicarbonates et en sulfates. Généralement on constate une dégradation de la qualité des eaux entre l'amont et l'aval, cette dégradation est due aux rejets domestiques et aux activités agricoles.

On a constaté ainsi que les eaux de la partie Est et plus polluées vis-à-vis des paramètres de pollution que les eaux de la partie Ouest, ceci est due à la masse de population dans la partie Est et aux activités agricoles.

L'étude de la mobilité des ETM à montrer un piégeage du Zinc et du Plomb, une libération du Cuivre et un état d'équilibre pour le Cadmium.

# *Conclusion générale*

## CONCLUSION GENERALE

---

La région d'étude fait partie de la branche Sud méditerranéenne de l'orogénie alpin appelé les Maghrébines, caractérisée par un climat méditerranéen subhumide voir humide avec un hiver doux et un été sec.

Du point de vue géologique, La région d'étude est très diversifiée avec une lithologie très hétérogène grâce à sa position, dans l'Atlas Tellien du Tell oriental (petite Kabylie). Cette zone est caractérisée par sa complexité litho-structural, dont les formations les plus anciennes sont d'âge Permo-Trias et les plus récents sont d'âge Quaternaire.

L'étude hydroclimatologique a permis de déterminer les caractéristiques climatiques de la région d'étude. Elle est soumise à un climat méditerranéen, doux et humide en hiver et chaud et sec en été avec une température moyenne annuelle de 18.7°C pour la station d'El-Agrem et 18,6°C pour la station d'Achouat. La lame d'eau précipitée sur l'ensemble du bassin versant a été estimée à 1141,2mm pour la station d'El-Agrem et 1059,3mm pour Achouat, et ce pour la période 2005-2015. L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de 554.2mm pour Achouat et 532,7 pour la station d'El-Agrem selon Thornthwaite.

L'étude hydrochimique des eaux de surface des oueds de la Wilaya de Jijel a mis en évidence une variation de la chimie pour les éléments majeurs d'un oued à l'autre, cette variation est due à la nature géologique des terrains traversés par l'eau vue la diversité géologique de la région. En ce qui concerne les polluants organiques, les analyses montrent que la charge polluante la plus importante se trouve dans les oueds de la partie Est, ceci dû aux rejets des eaux usées des agglomérations qui sont plus dense dans la partie Est, et aux activités agricoles qui sont localisées dans les plaines alluviales de ces oueds.

L'étude de la pollution par les éléments en traces métalliques (ETM) a montré des teneurs dépassant les normes en plomb et en cadmium dont l'origine est attribuée aux activités anthropiques (rejets domestiques et industrielles) et au lessivage des formations géologiques, le cuivre et le zinc restent au-dessous des normes Algériennes. L'évaluation de la mobilité des ETM pour les deux compartiments eau- sédiments a mis en évidence un piégeage pour le plomb et le zinc, un relargage pour le cuivre et un état d'équilibre pour le cadmium.

Cette étude a montré la bonne qualité des eaux de surface durant la période des hautes eaux pour les cours d'eau de la partie Ouest de la Wilaya. Les cours d'eau de la partie Est

## CONCLUSION GENERALE

---

présentent une certaine pollution vis-à-vis des polluants organiques et des ETM. Pour une bonne qualité des eaux de surface de la Wilaya nous recommandons de faire un contrôle de la qualité des cours d'eau durant la période d'été et de traiter préalablement les rejets des agglomérations et des zones industrielle, existants dans la région, par l'installation de stations d'épuration avant de les jeter dans les cours d'eau.

# ***Bibliographie***

## Références bibliographiques

- **AEAP., 1990** : Annuaire de la qualité des sédiments du Bassin Artois Picardie (1988-1990). Agence de l'eau Artois Picardie, France.
- **ANRH., 2012** : Agence national des ressources hydrauliques de la wilaya de Jijel.
- **Albin F., 2002** : Rôle des activités microbiennes sur la redistribution des éléments traces.
- **Algéo ., 1979** : Etude géologique dans la plaine alluviale d'oued Nil.
- **Blondi M.K., 2005** : Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental) Impacts des facteurs anthropiques, Université Mohamed V- Agdal Faculté des Sciences de Rabat ,180 p (Thèse de Doctorat).
- **Boullin, j. P., 1977** : Géologie Alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-Milia (Algérie), thèse Doct. Uni. P. &M. Curie, 511P.
- **Bur T., 2008** : Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées. Implication en termes de limites et de charges critiques. Thèse de doctorat, l'université de Toulouse, p283.
- **Burnol A., Duro L., Grive M., 2006** : Eléments traces métalliques, guide méthodologique, recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. Rapport d'étude, INERIS.
- **Casas S., 2005** : Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zi) chez la moule, mytilus Galloprovincialis, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat, université du Sud Toulon Var.
- Coursier K., Albair R., Augoste A., 1986. Chimie organique. Edition EDP, Science ADME.
- **Di Benedetto M., 1997** : Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation. Ecole de mine, sainte Etienne.
- **Djellit, H ; 1987** : Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flysch en petite Kabylie occidentale(Algérie). Thèse Doct. Uni d'Orsay Paris, 206 P.

- **Durand Delga, 1955** : Etude géologique de l'Ouest de la chaîne Numidique. Thèse d'Etat.
- **Durand-Delga.M. 1969** : Mise au point sur la structure du Nord-est de la Barbarie. Pub I. Serv. Géol. Algérie, n° 39, 89 -131.
- **Duthil J., 1973** : Elément d'écologie et d'agronomie. Tome 2. Exploitation et amélioration du milieu, édition J-B, Ballière, Paris.
- **Duthil J., 1973** : Elément d'écologie et d'agronomie. Tome 3, édition J-B, Ballière, Paris, p894-499.
- **Gelard, J. P. 1969** : le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif de Chellata, le flysch mauritanien (grande Kabylie). Bull. Soc. Géol. France, (7), XI, Paris, P 676-686.
- **Glangeaud. L. 1932** : Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Thèse, Paris Bull. Serv. Carte géol. Algérie(2), n°8, 590 P.
- **Gouadia L., 2008** : Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-est Algérien, *Thèse de Doctorat, Université de Annaba*, 199 p ;
- **Kadem D., 2005** : Evaluation et comportement des métaux lourds (Cd, Cr, Cu, ni, Pb, Zn et Mn) dans les sols. Vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique. Thèse de doctorat en écologie, université de Constantine, p105.
- **Landis W.G., Ho Yu M., 1999**: Introduction to environmental toxicology: impact of chemicals upon ecological Systems. CRC press LLC.
- **Larbi A., 2004** : Contribution à l'étude de la qualité des eaux de barrages de la région centre de l'Algérie, *Mémoire d'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique, Blida - Alger* ;
- **Mebarkia A., 2011** : Etudes des caractéristiques physico-chimiques des eaux de surface, cas du barrage de Ain Zada wilaya de Bordj Bou-Arredj (NORD-EST ALGÉRIEN), *Mémoire de Magistère, Université Badji Mokhtar, Annaba*, 228p ;
- **Mebarki A., 2009** : Ressources en eau et aménagement en Algérie- Les bassins hydrographiques de l'est, *OPU Alger*.

- **ONM, 2015.**Office national de météorologique, station Achouat de Jijel.
- **Pedro G., Monolou J.C., 2004:** Du sol à la plante : trajet et fonction du Fer. Séance commune Académie d'agriculture de France, académie des sciences, Paris.
- **Pedro G., 2007 :** Cycles biogéochimiques et écosystèmes continentaux. Académie des sciences, EDP science, France.
- **Pichard A., 2005 :** Cadmium et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Pichard A., 2005 :** Chrome et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS, pp1-80.
- **Pichard A., 2005 :** Cuivre et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Pichard A., 2005 :** Plomb et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Pichard A., 2005 :** Zinc et ces dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS.
- **Public Health Statement, 1990 :** Monographie des polluants, ATSDR.
- **Ramade F., 2000 :** Dictionnaire encyclopédique des polluants, les polluants : de l'environnement à l'homme, Edi science international, Paris.
- **Ramade F., 1995 :** Éléments d'écologie : écologie appliquée. 5<sup>ème</sup> édition, Edi science international, Paris.
- **Raoult J.F. 1974 :** Géologie du centre de la chaine Numidique (Nord de Constantine, Algérie). Mem. Soc. Géol. France, pp53, 121, 163.
- **Rodier J., 1984 :** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 7<sup>ème</sup> édition, *Dulod, Paris* ;
- **Rodier J., 1996 :** L'analyse de L'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, 8<sup>ème</sup> Edition, *Dunod, Paris*, p13-35 ;
- **Rodier J., 2005 :** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, *Edition Dunod, Paris*, 1320 p ;
- **Rodier J., 2009 :** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 9 *Edition Dunod, Paris*, 1383 p ;

## *Bibliographie*

---

- **Secchi M., 2008** : Devenir du plomb dans le système sol-plante : cas d'un sol contaminé par une usine de recyclage du plomb et de deux plantes potagères (Fève et Tomate). Thèse de doctorat de l'institut nationale, université de Toulouse, p191.
- **Seghir K ., 2008** : Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), *Thèse de Doctorat , Université de Annaba*, 151p ;
- **Zahi F., 2014** : Contribution a l'étude hydro chimique du sous bassin versant du lac Fetzara (Nord-est Algérien), Approche géochimique et fonctionnement des sols et des eaux. *Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba*, 193p ;
- **Valiron F., 1994** : Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement tome 1, eau dans la ville, *Edition Lavoisier Paris* ;
- **Viala A, BottaA., 2005** : Toxicologie, édition Lavoisier, 2<sup>2em</sup> édition, 1094p.
- **Wright A., Welbourn P., 2002** : Environmental toxicology, Cambridge University press.
- **Wikipedia:** cite internet generalities sur les cours d'eau.

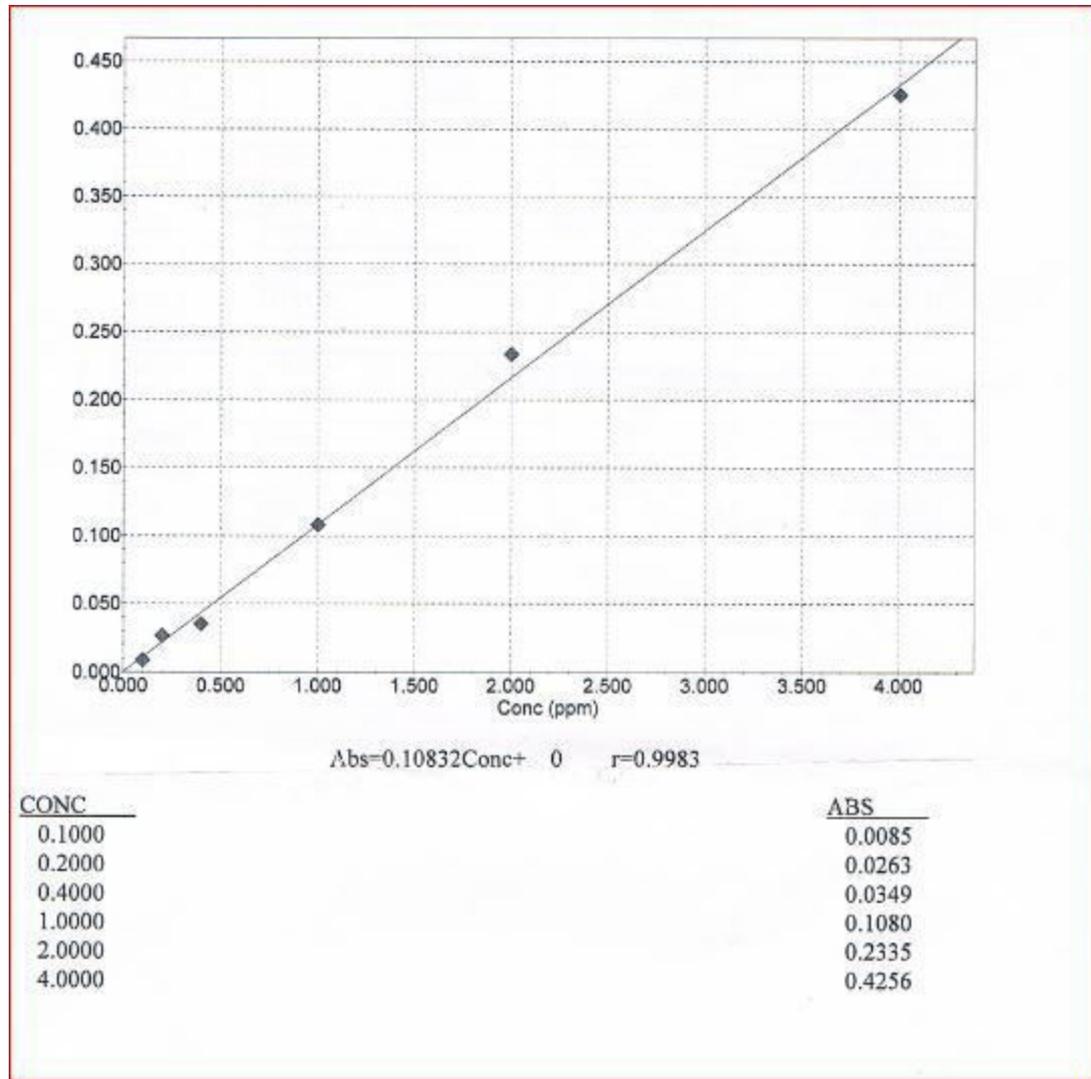
*Annexe*

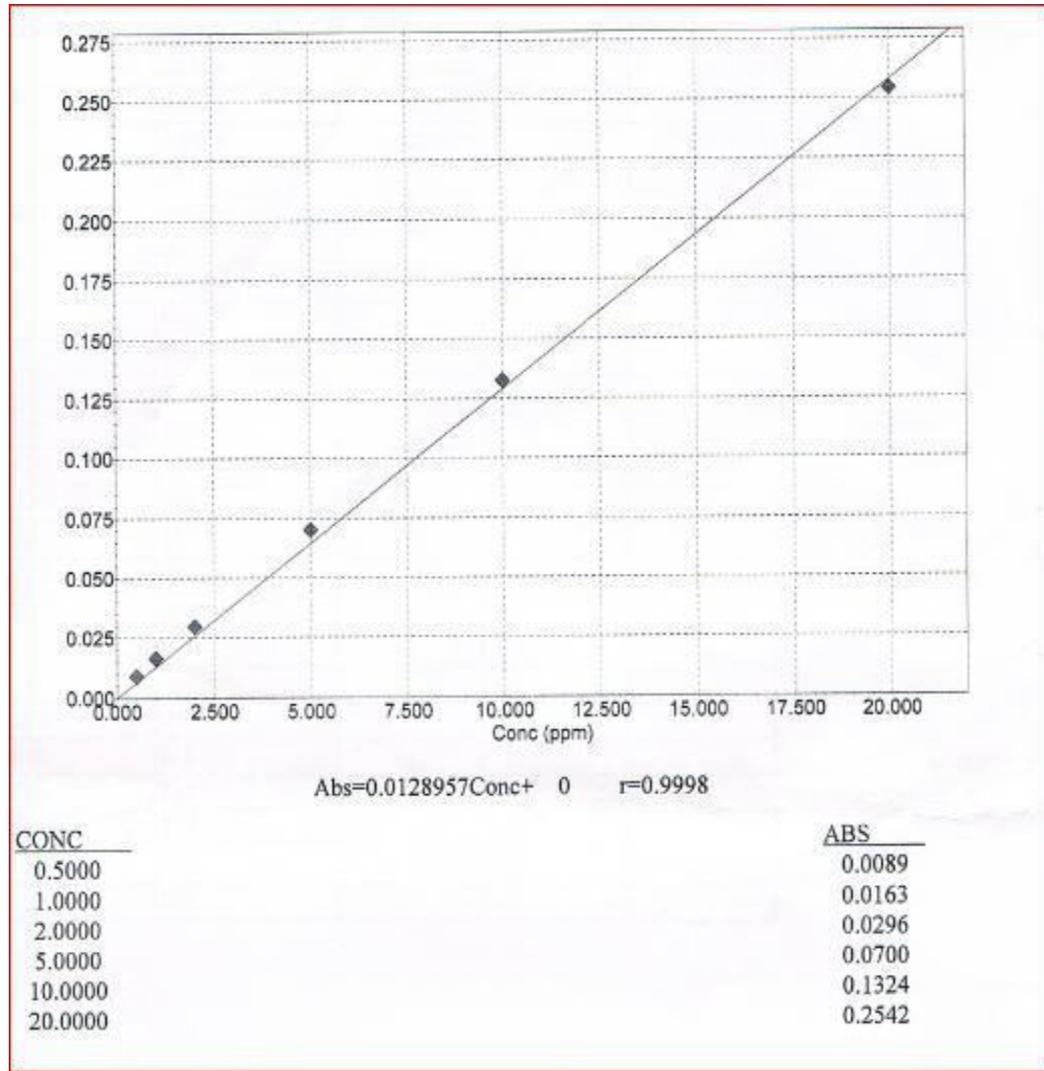
**Les précipitations**

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>1988</b>	85	128	70,4	65,6	42,2	18,4	0	0	134,1	2,3	184,6	284,6
<b>1989</b>	112,6	92	67,2	178,4	9,3	8,5	9,2	8,8	52,2	26,7	148,5	124
<b>1990</b>	120,1	0	54,1	87,2	74,1	8,5	6,2	29,4	0,9	107,4	251,2	411,2
<b>1991</b>	115,4	139,6	126,2	42,2	50,5	3,3	0	3,1	40,5	220,6	98,1	67,5
<b>1992</b>	122,9	56	201,4	165,5	98,3	26,1	9,5	0,2	11,5	121,9	60,3	319,3
<b>1993</b>	107,9	113,7	66,7	103,7	66,5	7,5	0	0	32,7	84,3	126,1	158
<b>1994</b>	107,1	141,9	0	92,4	14,5	0	0,3	0,5	93,3	122,9	5	371,6
<b>1995</b>	173,3	37,4	104,1	56,5	5,6	20,6	1,7	9,5	58,5	72,3	96,1	94,6
<b>1996</b>	102,1	313,1	122,4	128,8	60,9	45,1	3,2	10,7	45,1	129,7	110	128,1
<b>1997</b>	58	12,9	12,2	82,2	28,6	27,2	5,8	7,4	110,7	196,5	188,1	121,4
<b>1998</b>	42,3	142,9	67,5	106,1	130,1	3,8	0	20,4	94,3	51,5	339,3	151,8
<b>1999</b>	163,2	97	62,1	42,7	5,9	4	1,6	5,6	27	23,9	250,8	247,7
<b>2000</b>	108,6	42,4	17	33,2	95,3	13,5	1,4	2,7	25,7	89,8	117,8	84,6
<b>2001</b>	247,7	110,9	14,2	50,7	50,3	3,7	0	2,5	38,8	1,1	125,2	142,4
<b>2002</b>	71,8	66,3	37,6	49,7	15,3	4,4	16,2	86,2	49,5	103	182	407,3
<b>2003</b>	333,1	115	30,7	130	70,9	0,8	7,1	0	128,4	76	82	220,5
<b>2004</b>	137,2	83,3	75,2	96,6	81,2	56,4	1,3	4,3	75,8	34,8	267,1	158,8
<b>2005</b>	262,1	212,6	85,5	121,8	4,8	0	1,2	18,4	56,4	21,4	134,5	171,6
<b>2006</b>	178,2	165,5	54,9	24,1	32,7	2,8	0	34,8	45,3	37,9	39,6	215,4
<b>2007</b>	12,3	74,5	268,5	70,6	14,4	26,4	3,3	4,8	70,8	142,9	291,4	211,3
<b>2008</b>	34,3	27,4	172,1	18,8	144,7	3,7	0	1,3	86,7	30,8	109,8	145,9
<b>2009</b>	207,9	85,9	78,2	183,8	14,4	0,3	0,5	10,8	172,3	68,1	154,9	139,6
<b>2010</b>	121,4	60,2	105,4	52,5	81	49,5	2,1	1,4	53	218,5	195,9	110,3
<b>2011</b>	78,6	143,5	89,8	69,7	33,4	27	8,1	0	14,7	247,1	134,5	160
<b>2012</b>	64,9	368,5	95,9	189,4	3,1	0,6	0,4	110,9	105,6	162,8	82,6	81,4
<b>2013</b>	210,3	211,6	81,2	41,9	144,6	0,6	1,6	42,9	48,5	54,2	349,9	125,2
<b>2014</b>	133,7	85,1	154	13,1	7,1	13,9	0,2	4,1	24,9	49	182,9	338,1

## Courbes d'étalonnages des ETM dans les eaux

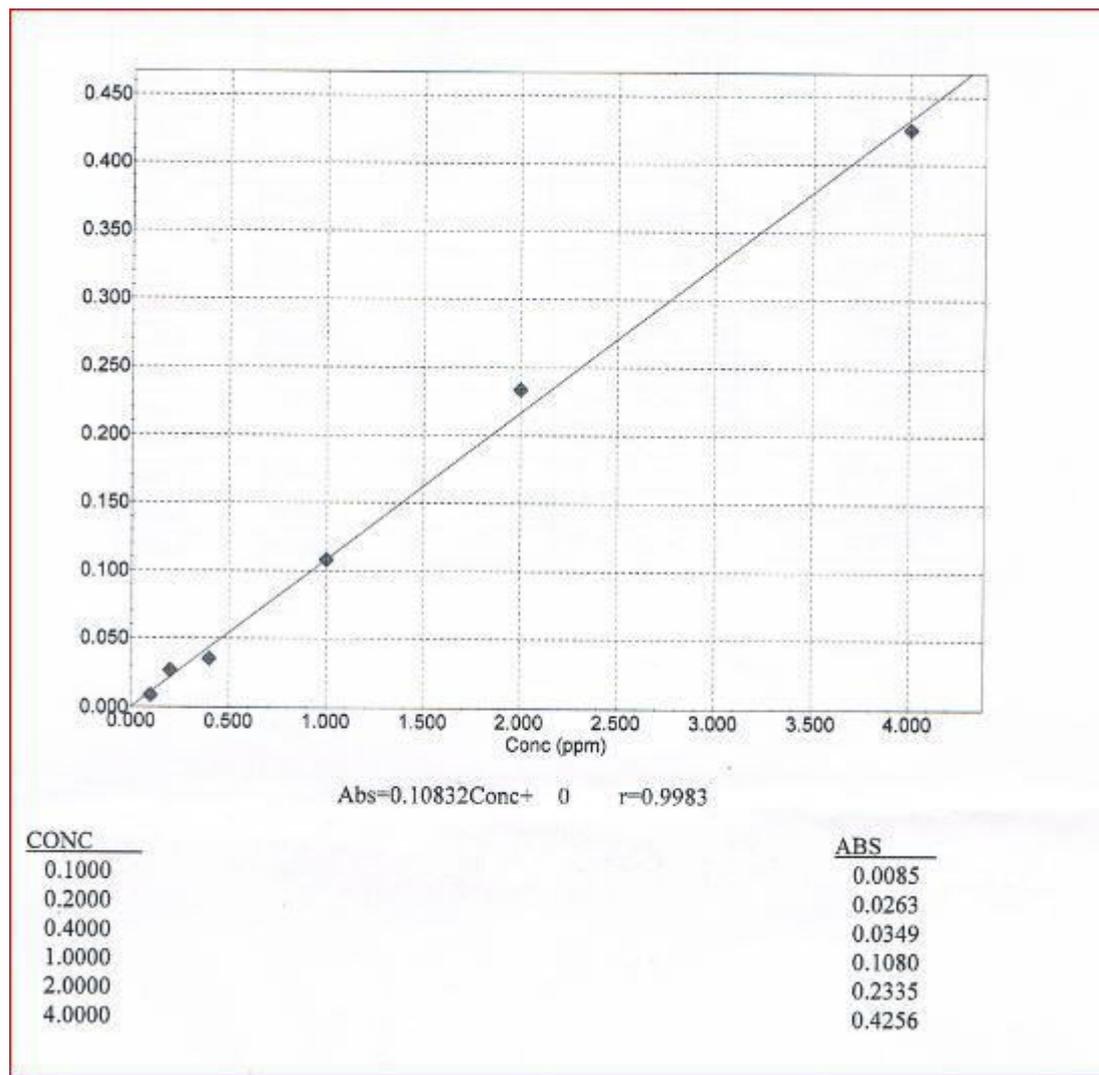
### Le Cadmium

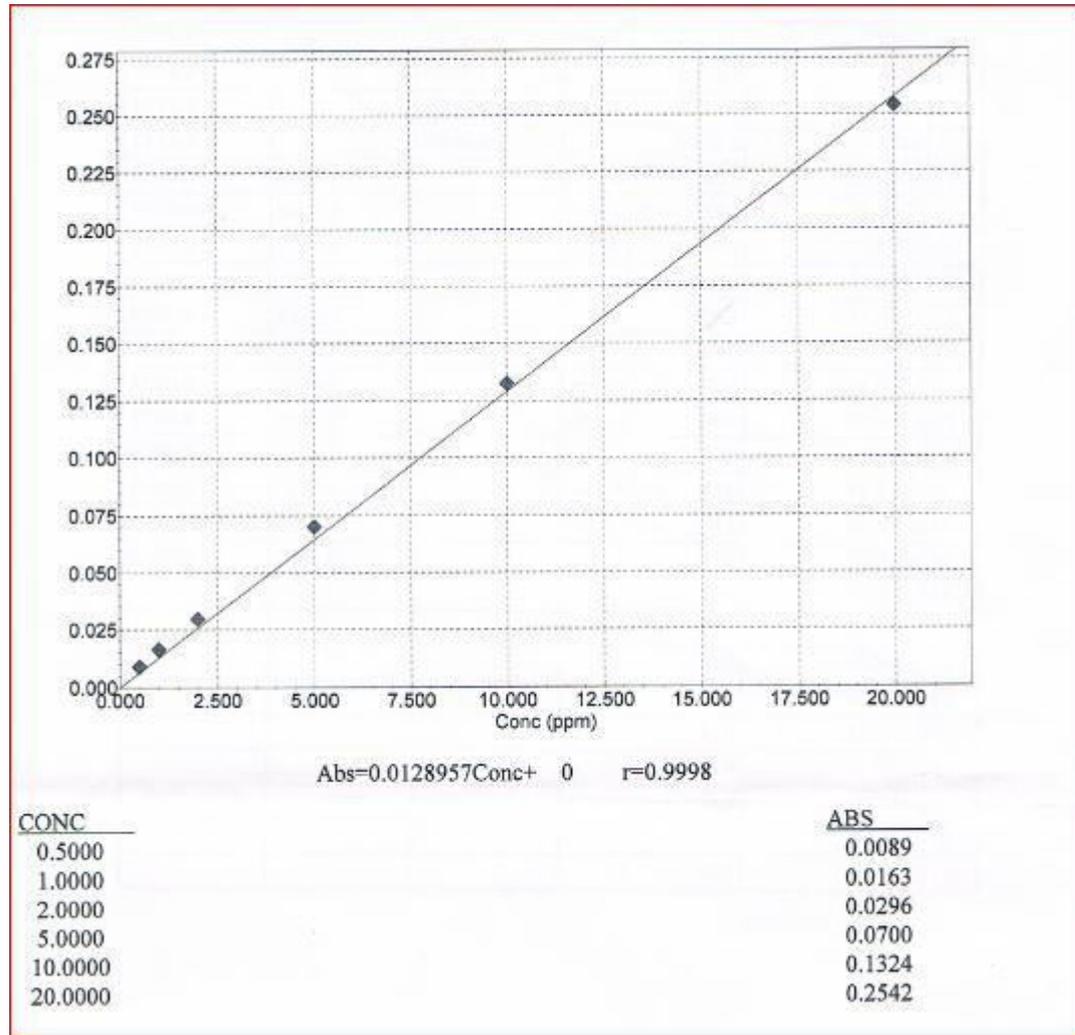


**Le Plomb**

## Courbes d'étalonnages des ETM dans les sédiments

### Le Cadmium



**Le Plomb**

## résumé

L'eau est menacée de nos jours par la pollution du fait alors d'une pareille dégradation des ressources hydriques, de ce fait la connaissance de la qualité de l'eau est une condition primordiale permettant l'instauration d'un système de gestion qui contribuera à garantir l'approvisionnement en eau dans la future. La wilaya de Jijel est caractérisée par une potentialité importante en eau vu la forte pluviométrie de la région qui peut atteindre les 1060 mm/an. Cette forte pluviométrie a conduit à l'installation de quatre barrages sur le territoire de la Wilaya.

Notre travail de recherche consiste à déterminer la qualité des eaux de surface à travers le territoire de la Wilaya. Au total 31 prélèvements ont été réalisés pendant la période des hautes eaux (Avril 2017) : 20 prélèvements dans la partie Est de la Wilaya et 11 prélèvements dans la partie Ouest.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau (T, pH, CE, Eh) ont été mesurés *in-situ*, les éléments majeurs (TH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl) et les indicateurs de la pollution (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) ont été analysés au laboratoire, ainsi des éléments en traces métalliques ont été dosés pour neuf échantillons.

Les résultats obtenus montrent une pollution organique dans les cours d'eau de la partie Est notamment l'aval de ces cours d'eau avec des concentrations de 1,46 à 5 mg/l en ammonium et de 0,12 à 3,67mg/l de Nitrite. De point de vue naturelle, on a observé des valeurs élevées de la conductivité (environ 3460µs/cm) et des quelques éléments chimiques (509,43mg/l de sulfates) dans l'affluent d'Oued Bourchaid. Elles sont sûrement liées à la dissolution des formations géologiques de leur bassin versant. Les cours d'eau de la partie Ouest sont de qualité physico-chimique acceptable car la concentration des éléments chimique conforme aux normes Algériennes.

L'étude de la pollution par les éléments en traces métalliques (ETM) a montré des teneurs dépassant les normes en plomb et en cadmium dont l'origine est attribuée aux activités anthropiques (rejets domestiques et industrielles) et au lessivage des formations géologiques, le cuivre et le zinc restent au-dessous des normes Algériennes.

**Mots clés :** Eaux de surface, pollution organique, éléments majeurs, qualité physicochimique, Wilaya de Jijel

## Abstract

The water is nowadays threatened by the pollution of the fact then with a such degradation of water resources, with this got acquainted of the quality of the water is an essential condition allowing the institution of a management system which will contribute to guarantee the water supply in intended. The wilaya of Jijel is characterized by an important potentiality in water seen the strong pluviometry of the region which can reach the 1060mm / year. This strong pluviometry drove to the installation of four dams on the territory of the Wilaya.

Our research work consists in determining the quality of waters of surface through the territory of Wilaya. All in all 31 takings were realized during the period of high tides (in April, 2017): 20 prélèvements in the part Est of Wilaya and 11 takings in the part West. The physico-chemical parameters of the water (T, pH, IT, Hey) were measured in situ, the major elements (TH, Ca2 +, Mg2 +, Na +, K +, HCO3-, SO42-, Cl-) and the indicators of the pollution (NH4 +, NO2-, NO3-, PO43-) were analyzed in the laboratory, so elements in metallic tracks were measured for nine samples.

The obtained results show an organic pollution in the streams of the part is in particular the downstream of these streams with concentrations from 1,46 to 5 mg/l in ammonium and of 0,12 in 3,67mg/l of Nitrite. Of point of seen natural, we observed high values of the conductivity (approximately 3460µs/cm) and some chemical elements (509,43mg/l of sulfates) in the tributary of Oued Bourchaid. She it certainly connected to the dissolution of the geological formations of its watershed. The streams of the part the West are of acceptable physico-chemical quality because the chemical concentration of elements in compliance with the Algerian standards.

The study of the pollution by elements in metallic tracks (EMT) showed contents exceeding the lead standards and in cadmium the origin of which is attributed to the anthropological activities (domestic rejections and industrial) and in the washing of geological formations, the copper and the zinc stay below the Algerian standards.

**Keywords:** waters of surface, organic pollution, major elements, physico-chemical quality, Wilaya of Jijel.

## ملخص

إن المياه في وقتنا هذا مهددة بالتلوث وكذلك بتراجع الموارد المائية، ولهذا فإن معرفة نوعية الماء شرط أساسي في وضع نظام تسيير يسهم في ضمان الحصول على المياه في المستقبل، تتميز ولاية جيجل بطاقت مائية هامة بالنظر إلى المغيائية العالية للمنطقة والتي يمكن ان تصل إلى حوالي 1060 ملم في السنة هذه النسبة العالية للمغيائية مكنت الجهات الوصية من إنجاز أربع سدود بالولاية.

إن هذه الدراسة نرجوا من ورائها تحديد نوعية المياه السطحية عبر إقليم الولاية في فترة ارتفاع منسوب المياه افريل 2017 قمنا بأخذ 31 عينة ( 20 بالجهة الشرقية و 11 بالجهة الغربية ) العناصر الفيزيوكيميائية ( T, pH, CE, Eh ) قمنا بقياسها في الموقع أما العناصر الأساسية (TH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl) وكذا عناصر التلوث (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) قد تم تعييرها في المختبر. في حين العناصر المعدنية ثم تكتيفها في تسع عينات

النتائج المحصل عليها اتبنت وجود تلوث عضوي في وديان الجهة الشرقية بالأخص في أسفلها بتراكيز عالية تتراوح ما بين 1.46 و 5 ملغ/ل بالنسبة للأمونيوم و بين 0.12 و 3.67 ملغ/ل بالنسبة للنترت. من وجهة النظر الطبيعية لاحظنا نسب عالية للناقلية

( حوالي 3460µs/cm /سم ) وبعض العناصر الكيميائية مثل السلفات 509.43 ملغ/ل برفاد واد بوالرشايد متعلقة بدون شك بتحلل التشكيلات الجيولوجية للأحواض المنتمية إليها أما وديان الجهة الغربية تتميز بنوعية فيزيوكيميائية مقبولة قياسا بمعايير الجودة في الجزائر.

دراسة التلوث بالعناصر المعدنية أعطت قيم فاقت الحدود بالنسبة للنحاس والكاديوم والتي ترجع مصادرها إلى الأنشطة البشرية ( النفايات المنزلية والصناعية ) و ذوبان التشكيلات الجيولوجية. أما تراكيز النحاس والزنك فتبقى تحت القيم الحدية لمعايير الجودة في الجزائر

**الكلمات المفتاح:** المياه السطحية، التلوث العضوي، العناصر الأساسية، النوعية الفيزيوكيميائية، ولاية جيجل