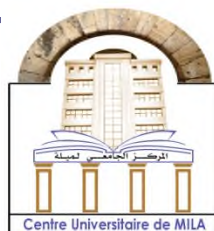


République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Ref :.....



**Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila**

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de  
Master**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement:**

**Option : Gestion et Fonctionnement des Écosystèmes Aquatiques et Forestières**

**Thème**

**Evaluation des paramètres physico-chimiques au  
niveau d'Oued Rhumel et du Barrage Béni  
Haroun**

**Présenté par :**

- DJADER Marwa

- SAADOUNI Salima

**Devant le jury composé de:**

**Président : KELLAB Rabah.**

**Examineur : BOUCHARB Nouredine.**

**Promoteur : BOUNAMOUS Azzedine.**

**Grade : MAA**

**Grade : MCB**

**Grade : MCA**

**Année Universitaire: 2016/2017**

## Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Synthèse Bibliographique</b>	
<b>I. Les eaux</b>	<b>3</b>
I.1. Définition	3
I.2. Les type d'eau	3
I.2.1. Les eaux profondes	3
I.2.2. Les eaux courantes	3
I.2.3. Les eaux stagnantes	3
I.3. États naturels de l'eau	4
I.3.1. L'état vapeur	4
I.3.2. L'état solide	4
I.3.4. L'état liquide	4
I.4. Le Cycle naturel de l'eau	4
I.5. Paramètres physico-chimiques	5
I.5.1. Température	5
I.5.2. pH	6
I.5.3. Conductivité électrique	6
I.5.4. Dureté de l'eau	6
I.5.6. Potentiel redox	7
I.6. Paramètres biologiques	7
I.6. Paramètres biologiques	7

I.6.1. Oxygène dissous	7
I.6.2. Demande biologique en oxygène (DBO)	7
I.6.3. Demande chimique en oxygène (DCO)	7
I.6.4. Matière en suspension (MES)	7
I.7. Pollution des eaux	8
I.7.1. Définition de pollution	8
I.7.2. Origine de la pollution	8
I.8. Les types de pollution	8
I.8. 1. Pollution chimique	8
I.8.2 .La pollution microbiologique	9
I.8.3.Pollution organique	9
I.9. Les métaux lourds	9
<b>II. Phosphore</b>	<b>9</b>
II.1. Définition	9
II.2. Origine du phosphore	10
II.2.1.Phosphore d'origine agricole	10
II.2.2. Phosphore d'origine urbaine et industrielle	10
II.2.3. Phosphore d'origine naturelle	10
II.2.4. Autres sources de phosphore	10
II.3. Formes du phosphore	11
II.3.1. Le phosphore dissous (ou soluble)	12

II.4. Le Cycle aquatique du phosphore	<b>14</b>
II.5. L'eutrophisation	<b>15</b>
<b>Chapitre II : Matériel et Méthode</b>	
II. Situation générale de la zone d'étude	<b>17</b>
II.1. Généralité sur la wilaya de Mila	<b>17</b>
II.2. Relief	<b>18</b>
II.3. Réseau hydrographique	<b>19</b>
II.5. La végétation	<b>19</b>
II.6. Localisation et description du bassin Versant des Oueds Kébir-Rhumel	<b>20</b>
II.7. Localisation et description de l'oued Rhumel	<b>20</b>
II.8. Barrage Béni Haroun	<b>21</b>
II.8.1. Localisation et description	<b>21</b>
II.8.2. Situation géographique	<b>22</b>
II.9. Travail de terrain	<b>24</b>
II.9.1. Choix des sites de prélèvements	<b>24</b>
II.9.2. Méthodologie de prélèvement	<b>27</b>
II.9.2. 1 Mode de prélèvement	<b>27</b>
II.9.2.2. Paramètre de la mesure in –situ	<b>28</b>
II.9.3. Travail de laboratoire	<b>28</b>
II.9.3. 1. Méthodes d'analyses physico-chimiques	<b>29</b>
II.10. Dosage des anions	<b>30</b>

II.10.1. Carbonates et bicarbonate	<b>30</b>
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b>	
II. Résultats et discussion	<b>38</b>
II. 1. Analyse descriptive	<b>38</b>
II.1.1. Paramètres physiques	<b>38</b>
II.1.2. Analyse descriptive des paramètres chimiques	<b>38</b>
II.2. Etude des facteurs de variation des paramètres physiques	<b>39</b>
II.2.1. Etude des différences entre les stations d'Oued Rhumel	<b>40</b>
II.2.1.1. Paramètres physiques	<b>40</b>
II.2.1.1. Paramètres chimiques	<b>40</b>
II.2.2. Etude des Paramètre physique par « mois »	<b>45</b>
II.2.3. Etude des Paramètre chimique par « mois »	<b>56</b>
II.3. Différence entre paramètres physiques des deux sites «Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun»	<b>61</b>
II.4. Descriptives des paramètres chimiques entre les deux sites	<b>65</b>
II.5. Les lien entre le paramètre physique et chimique	<b>70</b>

**Remerciement.**

**Liste des tableaux.**

**Liste des figures.**

**Liste des abréviations.**

**Résumé**

## Remerciements

*Avant tout nous remercions Allah tout puissant, de nous avoir accordé  
La force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce modeste travail.*

*Tout d'abord nos vifs remerciements à notre encadreur  
Mr Bounamous Azzedine.*

*Nous tenons à remercier le président du jury Mr Kellab Rabah pour l'honneur qu'il nous a fait en présidant le jury.*

*Bouchareb Noureddine pour avoir accepté d'examiner, et qui tout au long de ces années a été d'une très grande disponibilité.*

*Tout le personnel pédagogique et administratif du centre universitaire de Mila.*

*A tous les enseignants des sciences de la nature et de la vie*

*Merci*



*Je dédie ce travail*

*A*

*Ma très chère et douce mère qui m'a toujours apporté son  
Amour et son affection*

*Mon cher père, qui m'a toujours encouragé, conseillé et  
Soutenu dans mon travail*

*Mes chers frères, Surtout HOUSSEM ET HEYTEM  
MES CHÈRES SOEURS SOUHA.SELMA.NOUZHA.ET RAYAN*

*A MON Fiancé Yassine*

*Toute ma famille*

*Amies et Amis*

*Sara, Meryem, Farida, fatima, amina, anisa, fifi, rania, Halima*

*Tous mes collègues du travail monsieur le p APC.MILA*

*Ditrectrice MADAME BOUAROUJ .F*

*Marwa*





*JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL*

*A*

*Défunte mère a qui je souhaite que dieu ait son âme et qu'elle repose  
en paix dans son vaste paradis*

*A*

*Ma famille pour m'avoir soutenu moralement et m'a toujours  
encouragé à aller de l'avant face aux obstacles rencontrés.*

*A*

*Mon père, ma chère sœur, mes frères*

*A*

*Mon mari, ma fille et ma deuxième famille*

*A toutes mes amies.*

*A tous ceux qui ont participé de près ou de loin a la réalisation de ce  
travail pour leur soutien qu'ils m'ont apporté et leurs encouragements.*

*SALIMA*



<b>LISTE DE FIGURE</b>	
<b>Figure 01.</b> Schéma de cycle de l'eau ( <b>Agence spatiale canadienne., 2001</b> )	6
<b>Figure02 :</b> <i>Formes</i> biogéochimiques du phosphore ( <b>Balzer., 1986</b> )	11
<b>Figure 03 :</b> Cycle du phosphore dans les milieux aquatiques ( <b>Wang et Pant., 2010</b> )	26
<b>Figure 04 :</b> Situation géographique et wilaya limitrophes de la wilaya de Mila	17
<b>Figure 05 :</b> Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (côté de la retenue)	22
<b>Figure 06:</b> Localisation géographique du barrage de Beni Haroun	23
<b>Figure 07 :</b> Localisation géographique des stations d'étude (Google Earth 11/5/2016).	25
<b>Figure 08 :</b> Station de prélèvement (S1)	27
<b>Figure 09 :</b> Station de prélèvement(S2)	27
<b>Figure10 :</b> Les échantillons d'eau	27
<b>Figure 11 :</b> Prélèvement à Ain Smara	28
<b>Figure 12 :</b> Prélèvement à Oued Ouerzag	28
<b>Figure13 :</b> Appareille du consort c6010	28
<b>Figure 14 :</b> Mesure des solutions	29
<b>Figure 15 :</b> Dosage des nitrates	35
<b>Figure 16 :</b> Variations de Température (T°) dans les stations d'étude	41
<b>Figure17:</b> Variations du Potentiel Hydrogène (pH) dans les stations d'étude	42
<b>Figure 18 :</b> Variations de la conductivité électrique (CE) dans les stations D'étude	43
<b>Figure 19:</b> Variations du Potentiel Redox (Eh) dans les stations d'études	44
<b>Figure 20 :</b> Variations de Chlorure (Cl <sup>-</sup> ) dans les stations d'études	46
<b>Figure 21 :</b> Variations de Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations d'étude	47
<b>Figure 22:</b> Variations de Bicarbonate (CO <sub>3</sub> <sup>'</sup> ) dans les stations d'études	49
<b>Figure 23 :</b> Variations de Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations d'études	50
<b>Figure 24:</b> Variations de Phosphore (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations d'études	51
<b>Figure 25 :</b> Variations de Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations d'études	53
<b>Figure 26 :</b> Variations de Température (T) dans les stations d'études	55
<b>Figure 27:</b> Variations de potentiel hydrogène (pH) dans les stations d'études	56
<b>Figure 28 :</b> Variations de la conductivité électrique (CE) dans les stations d'études	57
<b>Figure 30 :</b> Variations de Chlorure (Cl <sup>-</sup> ) dans les stations d'études	57
<b>Figure 31 :</b> Variations de Carbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) dans les stations d'études	58

<b>Figure 32</b> : Variations de Carbonate (CO <sub>3</sub> ) dans les stations d'études	58
<b>Figure 33</b> : Variations de Sulfate (SO <sub>4</sub> ) dans les stations d'études	59
<b>Figure 34</b> : Variations de Phosphore (PO <sub>4</sub> ) dans les stations d'études	61
<b>Figure 35</b> : Variations de Nitrate (NO <sub>3</sub> ) dans les stations d'études	62
<b>Figure 36</b> : Variation de Température (T°) entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	63
<b>Figure 37</b> : Variation de Potentiel Hydrogène (pH) entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	64
<b>Figure38</b> : Variation de Conductivité (CE) entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	65
<b>Figure40</b> : Variation de Chlorure entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	66
<b>Figure41</b> : Variation de Bicarbonate entre Oued Rhumel et barrage Béni Haroun	67
<b>Figure42</b> : Variation de Sulfate entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	68
<b>Figure43</b> : Variation de Phosphore entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	68
<b>Figure44</b> : Variation de Nitrate entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun	69

<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Tableau 01</b> : Qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté	6
<b>Tableau 02</b> : Inventaire des principales origines ponctuelles et diffuses du phosphore	11
<b>Tableau 03</b> : Localisation des stations de prélèvements	26
<b>Tableau 04</b> : Description des paramètres physiques	38
<b>Tableau 05</b> : Description des paramètres chimiques	39
<b>Tableau 06</b> : Description des paramètres physiques des stations d'Oued Rhumel	40
<b>Tableau 07</b> : Description des paramètres chimiques des stations d'Oued Rhumel	45
<b>Tableau 08</b> : Description des paramètres physiques par mois d'Oued Rhumel	52
<b>Tableau09</b> : Description des paramètres chimique par mois d'Oued Rhumel	56
<b>Tableau 10</b> : Descriptive des paramètres physiques entre les deux sites	61
<b>Tableau 11</b> : Descriptives des paramètres chimiques entre les deux sites	65
<b>Tableau12</b> : Matrice de corrélation entre les variables physico-chimiques sur l'ensemble des stations d'étude	70

# Liste des abréviations

## 1. Abréviation scientifique

- ❖ H<sub>2</sub>O : molécule d'eau.
- ❖ pH: potentiel hydrogène.
- ❖ %: pourcentage.
- ❖ C° : degré Celsius.
- ❖ T : température.
- ❖ moy: moyenne.
- ❖ Min : minimale.
- ❖ Max : maximale.
- ❖ P : précipitation.
- ❖ EDTA : éthylène diamine tétracétique
- ❖ CE : conductivité électrique
- ❖ NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : nitrate
- ❖ Mg/l : Milligramme par litre.
- ❖ µs/cm : Micro simens par centimètre.
- ❖ TA : titrealcalimétrique.
- ❖ TAC : titrealcalimétrique complet
- ❖ PO<sub>4</sub> :phosphore
- ❖

## 2. Abréviation spécial pour mémoire

- ❖ OMS : organisation mondial de la santé.
- ❖ ANBT : Agencenational des barrages et transférés.
- ❖ S1 : station 1 a été effectue a Oued Athmania
- ❖ S2 : station 2 a été effectué à Oued Seguin
- ❖ S3 : station 3 a été effectué à Ain Smara
- ❖ S4 : station 4 a été effectué à Oued Rhumel
- ❖ S5 : station 5 a été effectué à Oued ouarzage
- ❖ S6 : station 5 a été effectué à barrage béni Haroun
- ❖ Fig. : figure

- ❖ Tab : tableau
- ❖ O.N.M : Office nationale de la Météorologie

### Introduction

Depuis ces dernières décennies, l'Algérie s'est lancée, à travers la construction de plusieurs barrages réservoirs, dans un important programme de mobilisation des ressources en eau de surface. A cet effet, après une étude approfondie et planifiée, des barrages de grandes capacités, sont implantés à l'exutoire du bassin versant où l'urbanisation et les activités humaines (industrielles et/ou agricoles), ont pris de l'ampleur. Ainsi, tous ces facteurs d'origine humaine vont, par le biais des eaux de ruissellement, enrichir ces réserves en éléments nutritifs. Cependant, les substances toxiques, tels que, les substances nutritives, le phosphore, sont parmi les agents chimiques, susceptibles d'être à l'origine de leur pollution.

Les eaux superficielles polluées par ces substances s'avèrent l'une des plus graves nuisances, qui affectent les zones industrielles et urbaines. Toutefois, la variation rapide dans le temps de la composition de l'eau, rend l'évaluation du degré de pollution, par des analyses seules, difficile d'avoir des prélèvements représentatifs.

Il faut signaler que, cependant, de nombreuses études des environnements urbains n'ont reporté, que la modification des paramètres physico-chimiques (pH, conditions redox,...) ainsi que les rejets anthropiques pouvant influencer fortement la qualité des eaux.

D'autre part, l'analyse de l'eau exige l'utilisation de techniques analytiques performantes et coûteuses pour la détermination des substances chimiques polluantes, dont les concentrations sont bien souvent proches des limites de détection.

Le choix du milieu d'étude, Oued Rhumel et barrage Béni Haroun, est basé sur le critère évaluation des paramètres physico-chimiques de ces cours d'eau dont, les rejets domestique, agricole et industriel les rendent pollués. Ainsi, l'étude des deux sites n'est pas définitive du fait que le degré de pollution reste mal élucidé et influencé par la variation des propriétés physico – chimiques du milieu.

A cet effet, le présent travail décrit l'étude des variations des paramètres physiques et chimiques au niveau du barrage béni Haroun et Oued Rhumel. Ainsi, le but envisagé est de contrôler ces problèmes, dont, la majeure partie des divers polluants, couramment déversés dans les milieux aquatiques, sont d'origine chimique.

Notre investigation est consignée en :

- ✓ Une synthèse bibliographique sur les eaux et le phosphore.
- ✓ Une présentation de la zone d'étude : localisation et description de la zone d'étude, situation

géographique et climatologique, ensuite matériel et méthodes d'analyses physico-chimiques utilisés.

- ✓ Résultats et discussion des paramètres mesurés et déterminés.
- ✓ Une interprétation statistique approfondie, afin de pouvoir discuter les résultats dans un sens purement scientifique.
- ✓ Une conclusion



# Synthèse Bibliographique

## I. Les eaux

### I.1. Définition

L'eau ( $H_2O$ ) est une molécule élémentaire, composée d'un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène. Elle est l'un des éléments essentiels à la vie et à son apparition. Fortement présente dans l'univers sous forme gazeuse ou solide, cependant, c'est la forme liquide qui caractérise la terre, «la planète bleue » (**Hoffmann *et al.*, 2014**). Elle recouvre, environ 72 % de la surface de la terre soit 1385990800 km<sup>3</sup> d'eau. Notons qu'elle est constituée de 97,2 % d'eau salée, représentée par les océans et les mers (1350000000 km<sup>3</sup>) qui donnent la couleur bleue à la terre. Par contre, l'eau douce n'est que de 2,8 % du total de l'eau dont 2,15 % sont immobilisées dans les glaciers. D'après **Schriver-Mazzuoli, 2012**, l'eau douce disponible est contenue dans les eaux souterraines (0,63 %), les eaux de surface (environ 0,02 %) et dans l'atmosphère (0,001 %).

### I.2. Les types d'eau

#### I.2.1. Les eaux profondes

Ensemble des eaux d'infiltration, des cours d'eau souterraine, des aquifères fossiles...présents dans les sols et/ou en profondeur (lithosphère), en opposition aux eaux superficielles ou de surface. Les eaux souterraines possèdent souvent une minéralisation plus importante en raison d'un contact prolongé avec la roche où les eaux ont le temps de se charger en minéraux (**Hoffmann *et al.*, 2014**).

#### I.2.2. Les eaux courantes

En hydrologie, un courant est le déplacement linéaire d'un volume d'eau dans un cours d'eau (fleuve, rivière...). Il est caractérisé, cependant, par un sens d'écoulement, une vitesse, une forme, une intensité de la turbidité de la masse d'eau..., le courant associé au débit est l'un des éléments essentiels à l'étude de la dynamique fluviale (**Hoffmann *et al.*, 2014**). En effet, une masse d'eau intérieure coulant en majeure partie sur la surface du sol, peut passer en sous-sol sur une partie de son parcours (**Anonyme, 2004**).

#### I.2.3. Les eaux stagnantes

Etendue d'eau, souvent douce, ayant une circulation très faible voire inexistante. Plus précisément, elle regroupe les mers, les étangs, les lacs, les marécages, les marais en zone littorale, ou en milieu aride ou semi-aride, on trouve également des plans d'eau saumâtre (lagune isolée, Sebkha, garra...)(**Hoffmann *et al.*, 2014**).

### I.3. États naturels de l'eau

#### I.3.1. L'état vapeur

Selon **Faurie et al., (2003)**, la vapeur d'eau atmosphérique est un état de l'air issu de l'évaporation mais reste présent en permanence dans l'air. La même source indique qu'elle est évaluée à 12700 km<sup>3</sup>, soit 0.001% de l'eau totale. Cette forme d'eau est obtenue à partir d'une température de 100°C et à la pression atmosphérique où les molécules sont relativement indépendantes les unes des autres et correspondent au modèle angulaire (**Bouzed, Boutouatou., 2005**).

#### I.3.2. L'état solide

C'est la forme la plus courante puisqu'elle dépasse 97% du volume d'eau terrestre, soit 1350 millions de km<sup>3</sup> (**Bouzed, et Boutouatou., 2005**).

#### I.3.4. L'état liquide

Lors de la fusion de la glace, les liaisons hydrogène se rompent, les cristaux s'effondrent et les molécules se rapprochent les unes des autres, la masse volumique augmente jusqu'à une valeur maximale correspondant à une température de 4° sous une atmosphère. La masse volumique de l'eau liquide > masse volumique de la glace (**Cyrille et Henri., 1973**).

### I.4. Le Cycle naturel de l'eau

L'eau est la seule molécule à être présente sous trois états sur la terre, solide, liquide et gazeuse, qui peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais, aussi, des composés chimiques présents dans l'atmosphère, donc de la pollution atmosphérique (**Musy., 1998**).

Le cycle de l'eau (**figure 1**) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives en différents états. Les trois (3) principales phases du cycle sont l'évaporation, les précipitations, l'écoulement souterrain et de surface, cependant, **Musy (1998)** signale que leur élément moteur reste l'énergie solaire. Il faut signaler qu'en fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent persister pour un long temps, parfois de l'ordre du millénaire (**Beniston., 2009**).

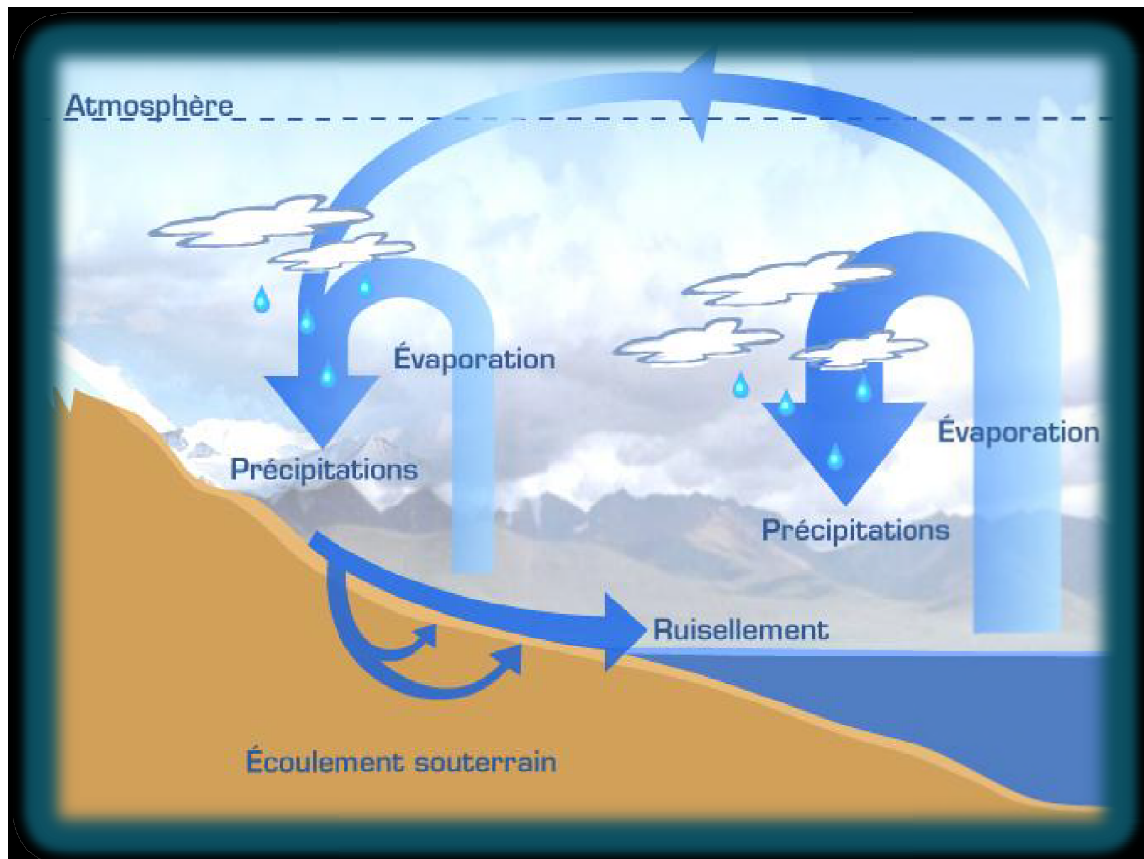


Figure01. Schéma de cycle de l'eau (Agence spatiale canadienne.,2001)

## I.5. Paramètres physico-chimiques

### I.5.1. Température

C'est une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour connaître l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. La mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air, d'autant plus que leur origine est moins profonde (Hamed *et al.*, 2012).

### I.5.2. pH

Il mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau, donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14. Il influence la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Généralement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles, mais il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (Derwich *et al.*, 2010).

### I.5.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (mS/m) à 20 °C, alors que la conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (De Villers *et al.*, 2005).

#### I.5.4. Dureté de l'eau

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et  $\text{H}^+$  est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ , c'est ainsi que, la présence de ces deux derniers cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux (De villerset *al.*, 2005).

Il existe deux types de dureté, à savoir celle qui provient des carbonates et bicarbonates appelée carbonatée ou dureté temporaire et la dureté non carbonatée ou dureté permanente qui provient des sulfates et chlorures. On peut dire, ainsi qu'une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés détergentes des lessives et savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau. Par contre, une eau trop douce est corrosive, qui d'après Bremond et Vuichard (1973), attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau, suite à la dissolution des métaux lourds tels que le plomb.

**Le tableau 01 :** Qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté  
(Bremond, etvuichard,, 1973)

Dureté mg/lCaCO <sub>3</sub>	Qualification de l'eau
0-30	très douce
31-60	Douces
61-120	moyennement douce
121-180	Dures
>180	très dure

#### I.5.6. Potentiel redox

Dans les systèmes aqueux, le potentiel redox affecte les états d'oxydation des éléments (H, C, N, O, S, Fe...), donc si une eau est bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominent. Quand la concentration d'oxygène diminue, le milieu devient plus réducteur; ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox (**Bremond, et Vuichard., 1973**).

## **I.6. Paramètres biologiques**

### **I.6.1. Oxygène dissous**

C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. Elle est disponible et limitée par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Il est essentiel pour la respiration des organismes hétérotrophes, il est exprimé en mg/l et se mesure par la méthode de **winkler** basée sur la fixation chimique de l'oxygène et son dosage colorimétrique ou par une sonde à oxygène (oxymétrie) (**Rodier et al., 2009**).

### **I.6.2. Demande biologique en oxygène (DBO)**

C'est la quantité d'oxygène utilisée par des bactéries qui, grâce à leur système enzymatique, décomposent partiellement ou totalement en CO<sub>2</sub> des substances organiques dans l'eau en un temps donné (**Bliefert et Perraud., 2003**).

### **I.6.3. Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder principalement les composés organiques présents dans l'eau (**Bliefert et Perraud., 2003**).

### **I.6.4. Matière en suspension (MES)**

Matière organique ou minérale qui augmente la turbidité des eaux et empêche la pénétration de la lumière, donc, diminue l'oxygène dissout et limite ainsi le développement de la vie aquatique (**Pesson., 1980**).

La détermination des matières en suspension est essentielle pour évaluer la répartition de la charge polluante entre pollution dissoute et pollution sédimentaire (**Yousfi., 2013**).

## **I.7. Pollution des eaux**

### I.7.1. Définition de pollution

Selon, l'OMS (2005), la pollution est toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à la rendre dangereuse. Elle porte préjudice du point de vue santé, sécurité et du bien public, où des usagers destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, faune sauvage et aquatique.

Une eau est dite polluée quand elle contient de minuscules organismes, de produits chimiques ou de déchets industriels. Cette pollution touche les eaux de surface (océans, rivières, lacs) et souterraines. Elle entraîne une dégradation de la qualité de l'eau, ce qui rend son utilisation dangereuse et perturbe beaucoup de milieux aquatiques.

### I.7.2. Origine de la pollution

La pollution de l'eau a différentes origines, à savoir naturelle, domestique, industrielle et agricole. L'origine naturelle implique la pluie qui par ruissellement traverse des terrains riches en métaux lourds ou encore quand les précipitations entraînent les polluants atmosphériques vers le sol. Par contre, l'origine domestique désigne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.) ; ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces, ...etc. Alors que les origines agricole et industrielle, concernent les eaux surchargées par des produits issus de l'épandage (engrais, pesticides) ou encore les eaux contaminées par des résidus de traitement métallurgique, et de manière générale, par des produits chimiques tels que les métaux lourds, les hydrocarbures...etc. (Afir et Mezaoua., 1984).

## I.8. Les types de pollution

### I.8.1. Pollution chimique

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole.

La pollution chimique est regroupée dans deux catégories:

- **Organique** (hydrocarbures, pesticides, détergents..).
- **Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...).

### I.8.2. La pollution microbiologique

La pollution microbiologique résulte de la présence de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de plusieurs maladies hydriques (Belhaj., 2001). L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille, les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Baumont *et al.*, 2004).

### **I.8.3. Pollution organique**

Elle concerne les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement (dépôts de matières organiques au fonds des rivières) de fermentations anaérobies (putréfaction) génératrices de nuisance olfactive (Mekhalif., 2009)

### **I.9. Les métaux lourds**

Les métaux lourds, ou éléments en traces (Cd, Pb, Zn, Cr, Hg, Cu, Ni, As, Se...), sont des éléments naturels, présents dans tous les compartiments de notre environnement : l'air, l'eau, et le sol. Malheureusement, l'activité de l'homme a changé leur répartition, leur concentration, et leur spéciation par le biais de nouveaux modes de dispersion (fumées d'incinérateurs d'ordures ménagères ou de déchets industriels, voitures...), les rendant ainsi potentiellement dangereux (Saouli., 2012)

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Les métaux toxiques sont nombreux, mais on peut citer surtout l'arsenic, le cadmium, le plomb et le mercure. Ils ont des impacts sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme (Di Benedetto., 1997).

## **II. Le phosphore**

### **II.1. Définition**

Le phosphore est un élément rare dans l'environnement naturel. Il représente moins de 0.1% en masse de la composition élémentaire de la lithosphère, (Teissier., 2001), mais il est d'une grande importance écologique. Composant essentiel du vivant (nucléotides, ADN, phospholipides des membranes cellulaires, enzymes), il joue un rôle clé dans le transfert d'énergie (ATP). Sa rareté dans l'écosystème sans influence humaine en fait un élément très convoité entraînant une forte compétition (Teissier., 2001).

Le phosphore, élément essentiel à la vie, n'a pas de toxicité propre et ne présente aucun risque sanitaire direct. Il peut, néanmoins, provoquer des dommages très importants à l'environnement particulièrement au milieu aquatique au travers de son principal effet, l'eutrophisation, c'est-à-dire l'enrichissement du milieu qui se manifeste par le développement exacerbé d'algues et de végétaux aquatiques.

### **II.2. Origine du phosphore**

### II.2.1. Phosphore d'origine agricole

D'après **Cann (1990)**, les rejets agricoles sont moins bien connus que les rejets urbains et domestiques pour plusieurs raisons :

- ✓ La croissance extrêmement rapide de la production agricole qui génère des rejets très importants de nutriments qui s'est faite surtout à travers les années.
- ✓ La dispersion de l'activité agricole sur un vaste territoire donne un caractère diffus des rejets. Ils sont, moins perceptibles directement, ainsi, les mécanismes d'épuration limitent leurs effets.

La mesure, des rejets industriels, urbains collectés et centralisés, est difficile car il ne suffit pas d'effectuer des mesures ponctuelles pour les quantifier.

### II.2.2. Phosphore d'origine urbaine et industrielle

Le phosphore d'origine urbaine se répartit entre le phosphore organique, le phosphore des lessives et autres détergents. Ainsi, le phosphore des lessives, évalué environ à 30% de l'apport domestique, est utilisé essentiellement afin de contrer les effets du calcaire de l'eau.

### II.2.3. Phosphore d'origine naturelle

Le phosphore provient de l'érosion des roches phosphatées. En effet, la pluie, par exemple, dissout lentement les éléments que contiennent les roches. C'est ainsi que, le phosphore arrive par ruissellement dans les lacs et les cours d'eau mais aussi, les excréments des organismes vivants, les étangs et les forêts, libèrent du phosphore. Cependant, ces différentes sources naturelles de phosphore apportent cet élément nutritif en faible concentration dans le milieu aquatique.

### II.2.4. Autres sources de phosphore

En plus de l'apport naturel, le phosphore présent dans le milieu aquatique provient dans sa majorité d'autres sources. En effet, l'utilisation massive de phosphore dans les détergents et les engrais, a conduit à une importante exploitation minière de roches phosphatées. Par ruissellement ou percolation dans le sol, le phosphore introduit dans l'environnement se retrouve dans les plants et cours d'eau (**Environnement Canada., 2001**).

En plus de leur origine agricole, domestique ou industrielle, les sources anthropiques de phosphore peuvent avoir un caractère diffus ou ponctuel. Tous les secteurs génèrent à la fois des sources ponctuelles et diffuses de phosphore, comme le montre le tableau suivant :

**Tableau 02 : Inventaire des principales origines ponctuelles et diffuses du phosphore (Dorioz, 1998)**

Type d'activité et origine	Phosphore provenant de	
	Sources ponctuelles	Sources diffuses
	Il est transmis indépendamment des périodes de ruissellement, au rythme des activités humaines. Il est généralement émis par un tuyau à l'exception des sources agricoles.	Il passe par, dans ou sur le sol et il est transféré lors des périodes pluvieuses
Villes et villages (domestique)	Assainissement collectif Assainissement individuel	Ruissellement urbain Dépôts d'ordures Marécages drainés ou remblayés
Industrie	Rejet direct	Ruissellement urbain
Agriculture	Stockage dans les bâtiments (fumier, lisier, ensilage)	(Fumier, lisier, ensilage) Nettoyage des locaux Rejets directs des élevages Stockage « au champ » Sols cultivés et prairies Routes et chemin
Zones « naturelles »		Bruit de fond géochimique

### II.3. Formes du phosphore

Dans l'environnement, le phosphore est présent sous cinq formes particulières principales :

- ✓ Phosphore soluble dans l'eau (o-P),
- ✓ Phosphore lié au fer Fe(OOH)-P,
- ✓ Phosphore lié au calcium CaCO<sub>3</sub>-P,
- ✓ Phosphore organique soluble dans l'acide (POSA),

- ✓ Phosphore organique résiduel (POR)

### II.3.1. Le phosphore dissous (ou soluble)

Il est présent dans l'eau et la solution du sol sous forme minérale ou organique :

- **forme minérale** : ions ortho- phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) libres ou associés de la matière organique ou non sous forme de colloïdes, les différents anions de l'acide phosphorique  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  et  $\text{HPO}_4^{2-}$  et les poly phosphates
- **forme organique** : triosesphosphates, acides nucléiques, phospholipides, acides phosphoriques de sucre et leurs formes dégradés.

Le phosphore particulaire regroupe toutes les formes liés aux minéraux, des débris divers ou incorporés dans les organismes. Cependant, la principale forme de phosphore organique particulaire, dans les sols, est constituée par les phytines ou phytates (inositolpolyphosphates) (Tate.,1984). Alors que selon Brookes *et al.*, (1984), le phosphore microbien représenterait 2 à 24% du phosphore organique du sol.

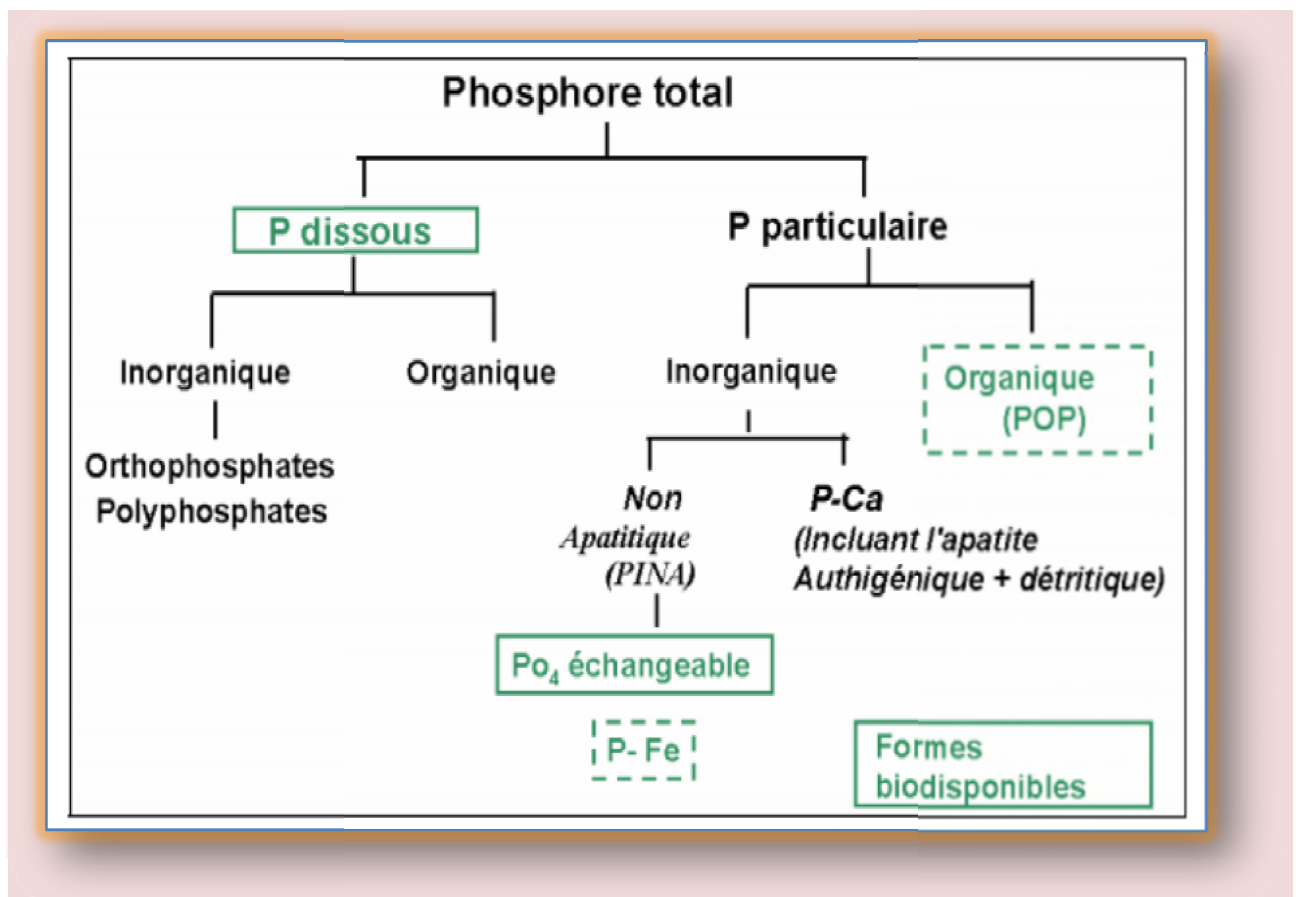


Figure02: Formes biogéochimiques du phosphore (Balzer., 1986)

### II.4. Le Cycle aquatique du phosphore

Le phosphore, dans les conditions environnementales qui règnent sur la planète, est toujours à l'état d'oxydation. Le cycle du phosphore se limite donc à la transformation des formes minérales (phosphates) en formes organiques (esters phosphoriques d'acides organiques présents dans les lipides et les acides nucléiques), et à la reminéralisation par hydrolyse du phosphore organique en phosphate (Grouz., 2015).

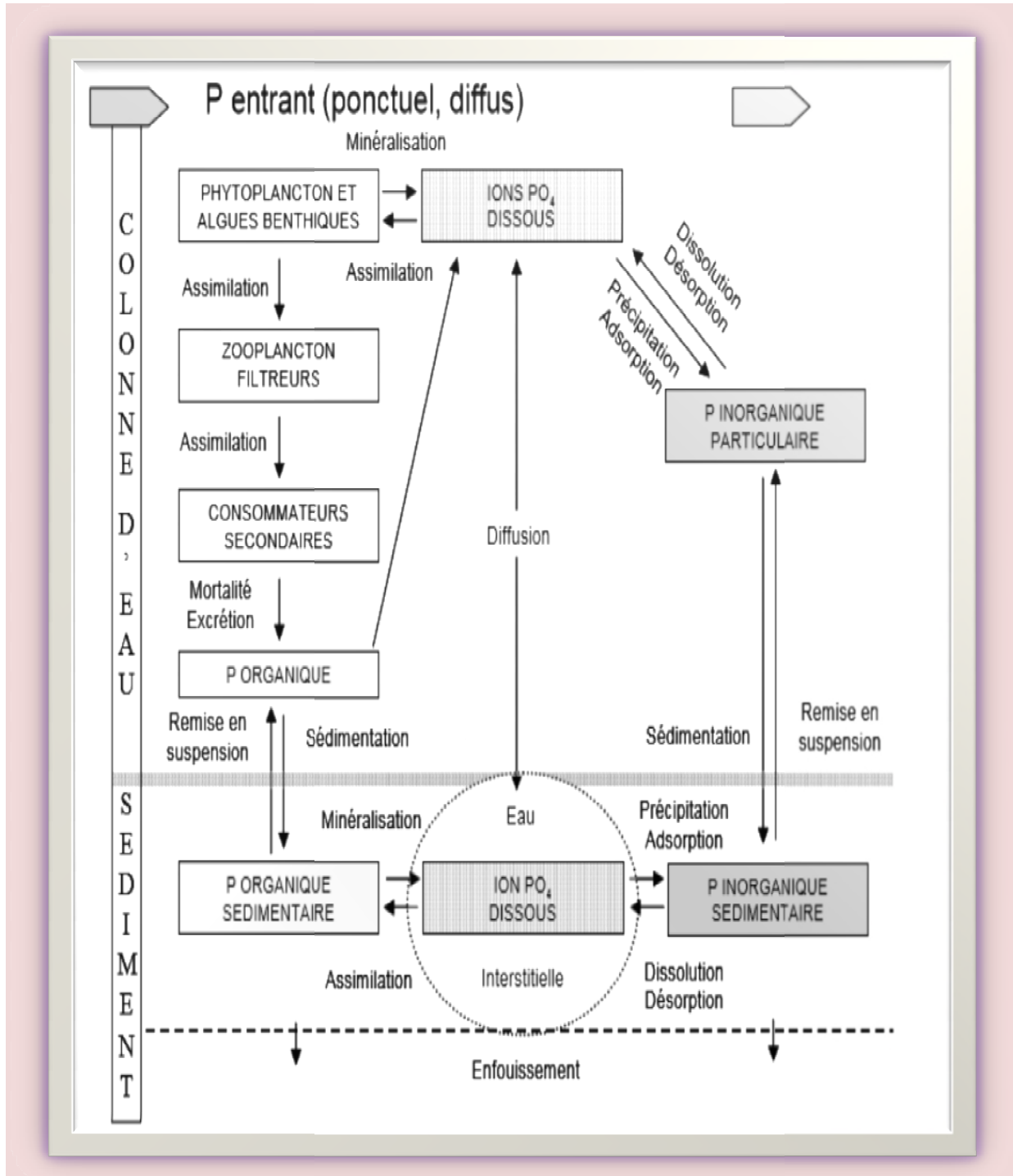


Figure 03 : Cycle du phosphore dans les milieux aquatiques (Wang et Pant., 2010).

## II.5.L'eutrophisation

L'eutrophisation est définie par l'OCDE (Organisation de Coopération et de développement Économiques) comme un « enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques, tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau »(**Daouda., 2010**).

Elle résulte de l'apport excessif de fertilisants naturels ou de synthèse entraînant le développement massif des espèces algales. Les premiers cas d'eutrophisation sont observés dans les eaux continentales, plus particulièrement, les étangs et les lacs à renouvellement très lent (**Ménesguen., 1990**).

Pour lutter contre l'eutrophisation côtière, il paraît nécessaire de réduire les apports terrigènes d'azote et/ou de phosphore. Il existe encore, des controverses quant à la nature du facteur de contrôle car doit-on, en effet, diminuer les flux d'azote ou ceux du phosphore?

D'après **Odum (1971)**, pour résoudre cette question, il faut déterminer le facteur limitant de l'activité biologique (nutriment disponible en quantité approchant le plus près le minimum requis pour maintenir cette activité).

# Materiel et Methode



**II.2. Relief**

La région de Mila se caractérise par un espace géographique très diversifié, un relief irrégulier complexe auquel se greffe une polarité biogéographique, et une entaille linéaire profonde du sol causée par un ruissellement concentré ou par un réseau hydrographique dense, qui prend une grande partie du bassin versant, (Zouaidia., 2006).

**II.3. Réseau hydrographique**

Le bassin de Mila est traversé par deux grands principaux Oueds, à savoir l'Oued Endja à la limite Nord-Est du bassin versant et l'Oued El Kébir qui s'allonge jusqu'à la limite Nord-Est. A cet effet, il est à signaler que la présence des dépôts détritiques (conglomérats, graviers et sable) qui couvrent les parties superficielles du bassin, facilitent l'infiltration et l'emmagasinement des eaux souterraines de même que le développement de nappes phréatiques. Ainsi, la qualité de l'eau est classée comme médiocre dont la plupart des puits et forages, du fait que ces eaux sont généralement contaminées par des teneurs élevées en chlorures et sodium (Athmaniaet al., 2009).

**II.4. Etude climatique**

La région de Mila appartient au climat méditerranéen à l'étage de végétation subhumide.

Il est généralement caractérisé par deux saisons nettement distinctes :

- L'une humide et pluvieuse s'étendant de Novembre à Avril.
- L'autre chaude et sèche allant de Mai à Octobre.

Donc le climat reste le facteur le plus important qui influence directement la faune et la flore, ainsi que, le contrôle de la répartition et de la dynamique des écosystèmes (Metallaouiet al., 2013).

**✓ La pluviométrie**

Les précipitations constituent un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence le régime des cours d'eau, ainsi que, celui des nappes aquifères (O.N.M., 2015). La pluviométrie moyenne annuelle de la wilaya est de 744 mm (Station Métrologique du Barrage Beni Haroun., 2015).

**✓ La température de l'air**

La température est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eaux (**Aminot& Chaussepied., 1987**), ainsi, dans les stations météorologiques, on mesure la température de l'air à l'aide d'un thermomètre placé dans un abri en bois (**Gisele., 1978**).

Les températures moyennes et mensuelles relevées par la station météorologique du barrage Béni Haroun durant la période (2015-2016) montrent que les valeurs mensuelles maximales et minimales moyennes sont respectivement de 27,19 et 6,76 C°, alors que la moyenne annuelle est de 16,33 C°.

**II.5.La végétation**

Le couvert végétal est peu important, il se résume principalement aux cultures céréalières et des herbes sauvages (**Remmache., 2006**)

**✓ Les activités agricoles**

La superficie agricole totale est importante dans la wilaya de Mila. Elle couvre plus de 90% du territoire de la wilaya (soit environ 315.745 ha), elle a même évolué positivement entre 1999 et 2010 « +12,8% » (**Anonyme., 2013**).

La superficie agricole utilisable est également importante, elle a certes peu évolué au cours des dix dernières années, mais elle reste assez appréciable, de l'ordre de 2370557 ha, ce qui montre que c'est une région à vocation essentiellement agricole (**Metaai et Beldi.,2011**).

**✓ Le patrimoine forestier**

La conservation des forêts de Mila déclare que le territoire de la wilaya s'étend sur une superficie de 340.684 ha et une superficie forestière de 33.670 ha soit un taux de 9,80%. Elle se répartit, cependant, selon comme suit :

- Les forêts naturelles avec 6.762 ha soit 20,08% ; dont l'espèce dominante est le chêne liège qui occupe environ 16,73% et occupe généralement les forêts de Grarem, Sid-Merouane, Tassadane et Tarai-Bainen.
- Les reboisements avec une superficie de 18.493 ha soit 54,92% dont les principales essences sont le cyprès et le pin d'Alep. Ce dernier est considéré comme l'essence dominante des forêts de la wilaya et occupe environ 48,57% de la superficie totale forestière. Il se répartit, généralement, dans les forêts de Ferdjioua, Ain Beida, Bouhatem, Mila, Chelghoum-Laid et Tadjanet.

## II.6. Localisation et description du bassin Versant des Oueds Kébir-Rhumel

Un bassin est défini comme une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement (et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion) s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur. Les processus de transfert d'eau s'expriment dans les réseaux hydrographiques, considérés comme des éléments linéaires, par opposition aux bassins versants, éléments de la surface terrestre » (Bravard et Petit, 2000 in Mébarki, 2005). Cette unité de drainage est essentielle en hydrologie, affirme Mébarki, (2005) ce n'est pas seulement parce qu'elle permet le calcul de bilans mais aussi parce qu'elle représente une unité fonctionnelle, qui rend compte d'une dépendance rigoureuse de l'amont à l'aval.. ».

L'Oued Kébir-Rhumel, est un cours d'eau très important dans l'Est Algérien. Il a contribué au façonnement du ravin Constantinois qui reste très connu dans toute l'Algérie par sa pittoresque façade. L'Oued Rhumel s'écoule sur une distance d'environ 208 Km et son bassin versant déborde largement les limites géographiques du Constantinois. Il s'étend des marges septentrionales des Hautes Plaines des sebchas à la mer Méditerranée au Nord. Il est juxtaposé au bassin de la Seybouse à l'Est et au bassin de la Soummam à l'Ouest. En conséquence, la superficie du bassin des Oueds Kébir-Rhumel est de l'ordre de 8795 km<sup>2</sup> alors que, selon les données de l'ANRH, elle est estimée à 8815 km<sup>2</sup>, cependant, elle diffère souvent d'un opérateur à un autre.

## II.7. Localisation et description de l'oued Rhumel

L'Oued Rhumel est un cours d'eau important dans l'Est Algérien. D'un linéaire de 123 Km, il draine une superficie de 5315 Km<sup>2</sup> et prend sa source vers 1160 m dans la nappe Tellienne calcaire et marneuse des monts de Ferdjioua au Nord-Ouest de Bellaa. Il traverse les hautes plaines Constantinoises, avec une orientation Sud-Ouest, Nord-Est jusqu'à Constantine, là, il change brusquement de direction et tourne presque à angle droit pour couler en oblique vers le Nord-Ouest et confluer avec l'Oued Endja aux environs de Sidi Mérouène (Mebarki, 1982).

Le long de son parcours, l'Oued Rhumel augmente son débit du Sud au Nord et collecte quelques affluents plus ou moins importants tels que l'Oued Boumerzoug, Oued Athmania, Oued Smendou.

**II.8. Barrage Béni Haroun****II.8.1. Localisation et description**

Le barrage de Béni Haroun est situé à l'aval de la confluence de Oued Rhumel et Oued Endja; à une quarantaine de Kilomètres au Nord de Constantine et une distance équivalente par rapport à l'embouchure de Oued Kebir (mer Méditerranée). Sa mise en eau a commencé en Aout 2003 (**Mebarki, 2009**) et compte comme une réalisation stratégique majeure dans le programme de développement du secteur des ressources en eau. Il est conçu selon une nouvelle technique de réalisation des barrages. Il est doté d'une station de pompage considérée comme l'une des Plus importantes au monde. Les eaux du barrage de Béni Haroun, sont destinées à l'alimentation en eau potable de quatre millions d'habitants, répartis sur les wilayas de Constantine, Mila, Batna, Oum ElBouaghi et Khenchela; ainsi qu'à l'irrigation de plus de 400.000 hectares de terre agricole.

La digue du barrage, construite en béton compacté, se dresse sur une hauteur de 107m au-dessus du lit de l'oued Kébir. La retenue du barrage de Béni Haroun permet d'emmagasiner 963 hm<sup>3</sup> d'eau; avec un volume utile de 732hm<sup>3</sup> entre les cotes 172 et 200m. Le barrage de Béni Haroun permet de régulariser un apport annuel d'eau de 435hm<sup>3</sup>. Le rapport entre la capacité de la retenue et sa surface donne une lame d'eau moyenne de 24m. (**Mebarki, 2009**).



**Figure05** : Vue de la digue du barrage de Béni Haroun (côté de la retenue).

(<http://siliana-net.blogspot.com/2013/03/blog-post.html>).

### **II.8.2.Situation géographique**

L'histoire géologique du Bassin de Béni Haroun est particulièrement mouvementée et marquée par un empilement d'unités structurales du Nord au Sud. En effet, à l'opposition topographique par laquelle se caractérise le bassin, s'ajoute une opposition structurale qui se traduit par un substratum relativement simple au sud formé de vastes étendues sédimentaires d'où émergent des massifs calcaire isolés, et d'un édifice beaucoup plus complexe au Nord constitué de nombreuses séries hétérogènes empilées durant les phases tectoniques successives.

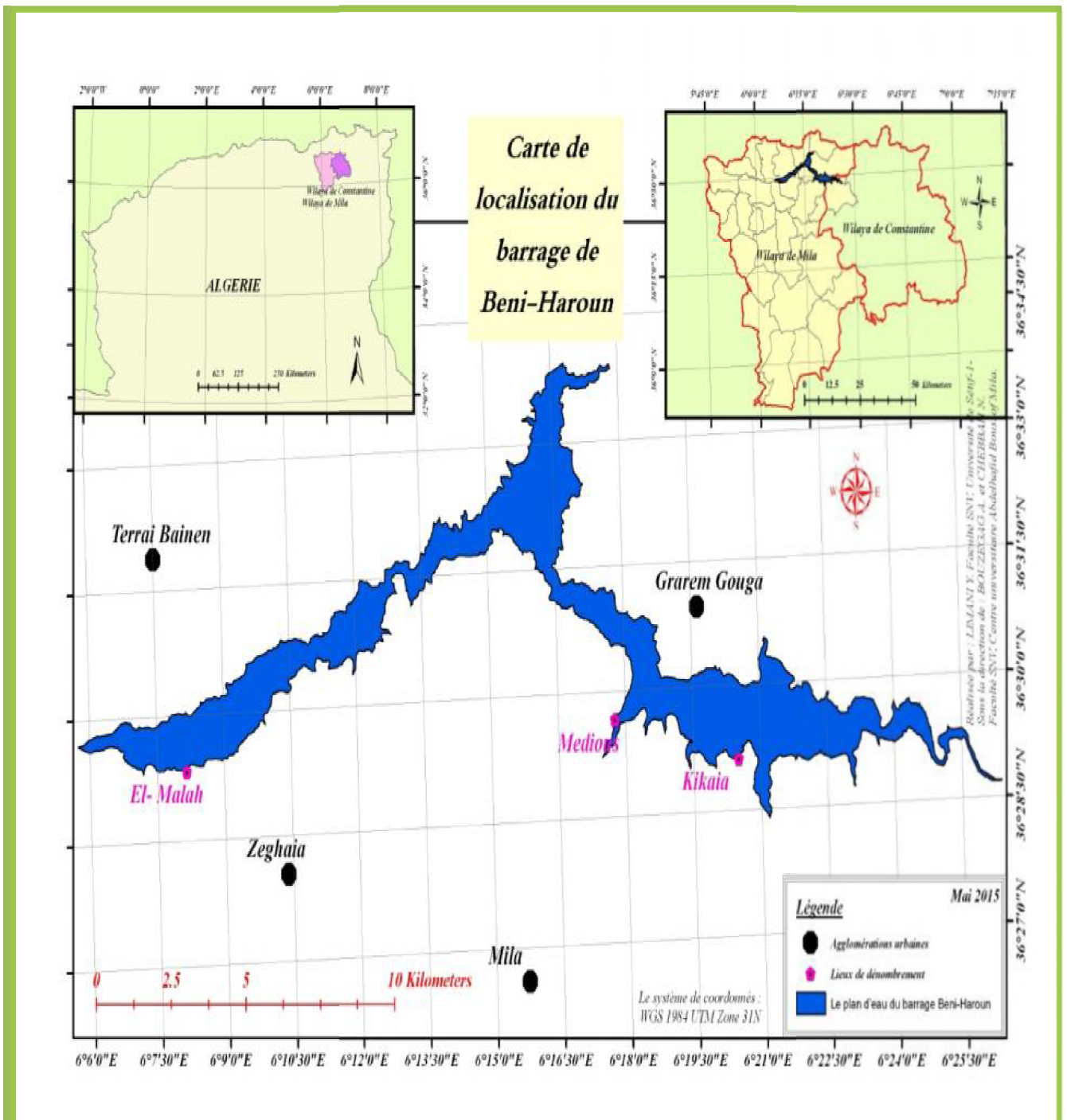


Figure 06: Localisation géographique du barrage de Beni Haroun (ANBT ,2007).

Les coordonnées de la localisation du barrage Béni Haroun, d'après (ANBT, 2007), sont comme suit :


- ✓ La latitude est de 36°30'59.28".
- ✓ La longitude est de 6°17'36.14".

### II.9.Travail de terrain

#### II.9.1.Choix des sites de prélèvements

Ils sont effectués selon une répartition et une fréquence différentes d'un site à l'autre, donc le choix dépend de la nature des eaux, du type des formations géologiques des implantations industrielles et agricoles et de la disponibilité des ouvrages.

Notons que sur la zone d'étude, nous avons choisi deux stations dans la wilaya de Mila ; trois au niveau d'OuedRhumel et des points déférents au niveau du barrage Béni Haroun, ensuite,les échantillons sont conservés à basse température. A cet effet, les prélèvements d'eau brute des six (0 6) stations sont effectués entre les mois de Février et Avril 2017 aux dates suivantes :



**07/02/201715/03/201726/04/2017**

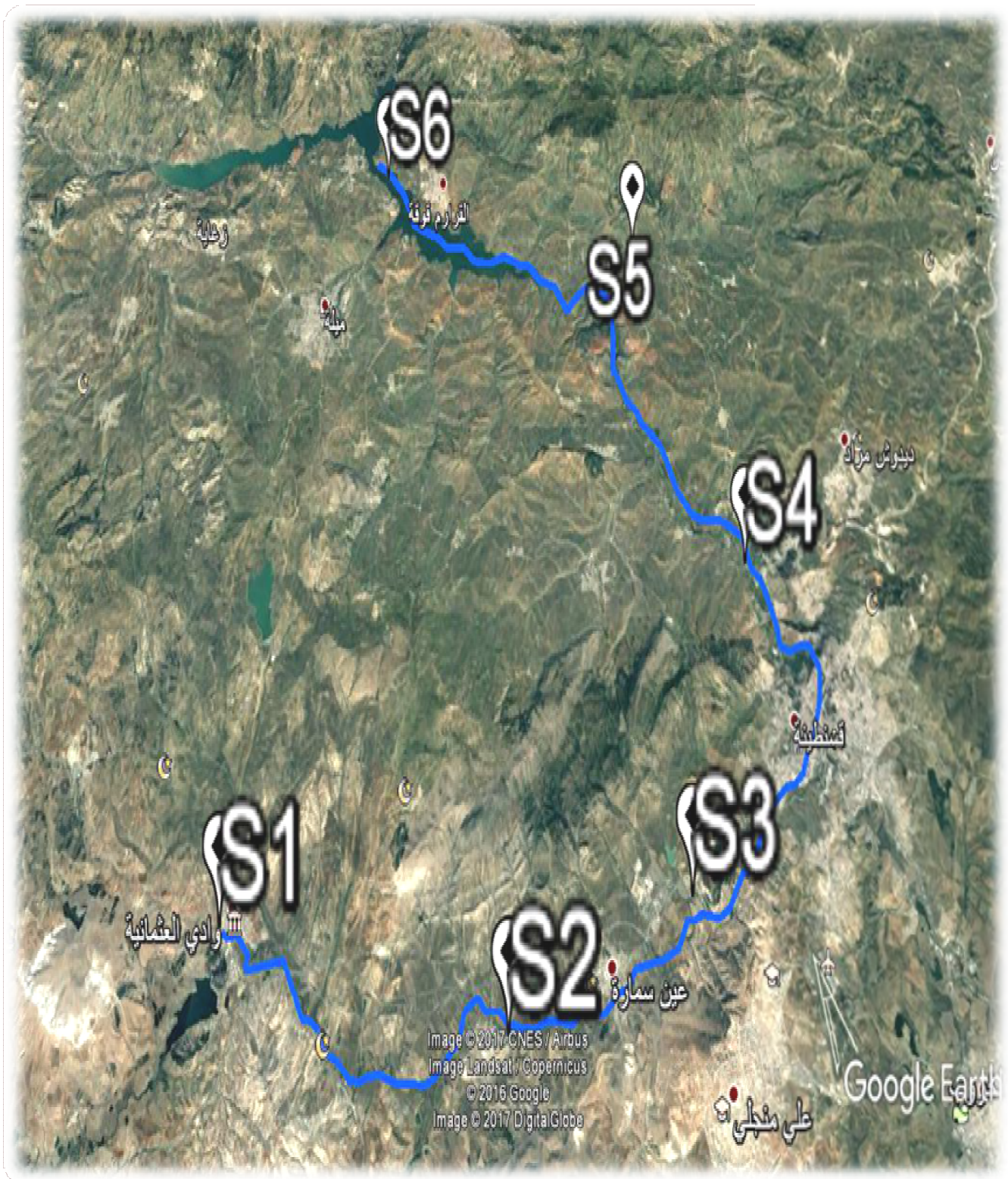


Figure 07 : Localisation géographique des stations d'étude (Google Earth 11/5/2016).

Tableau 03 : Localisation des stations de prélèvements.

Station eau	Coordonnée géographique	Date de prélèvement
<b>Oued Athmania (S1)</b>	Latitude: 36.2498, Longitude: 6.28624 36° 14' 59" Nord, 6° 17' 10" Est	07/02/2017 15/03/2017 26/04/2017
<b>Oued Seguin (S2)</b>	Latitude: 36.171, Longitude: 6.41998 36° 10' 16" Nord, 6° 25' 12" Est.	07/02/2017 15/03/2017 26/04/2017
<b>Ain Smara(S3)</b>	Latitude: 36.2674 Longitude: 6.50135 36° 16' 3" Nord, 6° 30' 5" Est.	07/02/2017 15/03/2017 26/04/2017
<b>Oued Rhumel( S4)</b>	Latitude : 36°23'57 Nord , Longitude : 06°34'16 Est.	07/02/2017 15/03/2017 26/04/2017
<b>Oued Ouarzage (S5)</b>	36°30' 41 Nord 06°28'35 Est.	07/02/2017 15/03/2017 26/04/2017
<b>Barrage Beni Haroun (S6)</b>	Latitude : 36°30'59.28" Longitude : 6°17'36.14"	07/02/2017 15/03/2017 26/04/2017



**Figure 08 :** Station de prélèvement (S1)**Figure 09 :** Station de prélèvement(S2).

## II.9.2.Méthodologie de prélèvement

### II.9.2. 1 Mode de prélèvement

Les prélèvements des échantillons sont effectués dans des bouteilles de 1.5L et flacons de 50ml lavés et rincés avec l'eau distillée, ainsi, l'eau est prise de différents points dans chaque station soit à une profondeur de 15 cm de la surface de l'eau afin en évitant la pénétration de l'air.



**Figure10:** Les échantillons d'eau.



**Figure 11** :Prélèvement à AinSmara.**Figure 12** :Prélèvement à Oued Ouerzag.

### II.9.2.2.Paramètre de la mesure in –situ

Il faut signaler que les quatre paramètres physico-chimiques qui ont fait l'objet de cette étude, (T, pH, conductivité,potentiel redox) sont mesurés in situ, à l'aide d'un appareil multi paramètres (une description détaillée de la méthode des mesures et de la précision des appareils est présentée en annexe), immédiatement après le prélèvement de l'échantillon.



**Figure13** : Appareille du consort c6010

### II.9.3. Travail de laboratoire

Il concerne la préparation des différentes solutions afin d'évaluer les paramètres physico-chimiques des échantillons prélevés des stations d'étude.



**Figure 14 :** Mesure des solutions.

**Filtration des échantillons :** il fait la filtration des eaux analyses avant la mesure pour éliminiez les enduit.

#### II.9.3. 1. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les échantillons des eaux sont analysés au laboratoire, selon les méthodes d'analyse chimique, décrites par **Rodier(2005)**.

A chaque prélèvement, la température, le pH, la conductivité et le potentiel redox sont mesurés sur le site.

Les échantillons d'eau sont conservés à 4°C pendant le transport dans une glacière et au laboratoire au réfrigérateur, puis sont analysés dans les 24 heures qui suivent. A cet effet, avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage.

#### a. Température

Sa mesure est simple à l'aide d'un thermomètre à mercure. Cependant, elle permet sur terrain, d'ajuster les valeurs de conductivité, d'apprécier l'origine plus ou moins profonde de l'eau et de calculer les équilibres de dissolution.

**b. Potentiel hydrogène (pH)**

Il est mesuré directement, à l'aide d'un pH-mètre de terrain équipé d'une électrode verre-calomel, préalablement étalonnée à l'aide des pH étalons entre 7 et 4. Il est généralement, compris entre 6 et 8.5.

**c. Conductivité électrique**

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre de terrain équipé d'une cellule (constante de la cellule =1), d'une sonde pour la mesure de la température et d'un convertisseur intégré convertissant les siemens en g/l de sel. Les résultats sont directement lus sur un écran digital.

**d. Le potentiel redox**

Le potentiel redox, étant influencé par les variations de la teneur en oxygène dans le milieu, la mesure s'effectuera de préférence in situ en plongeant les électrodes (ou l'électrode combinée) dans l'échantillon. Après stabilisation de la lecture, on notera le potentiel mesuré ainsi que la température de mesure.

**II.10. Dosage des anions****II.10.1. Carbonates et bicarbonates**

La détermination des carbonates et bicarbonates se fait suivant une méthode titrimétrique très répandue : un aliquote de l'eau est titré avec un acide ( $H_2SO_4$  ou  $HCl$ ) à faible concentration (0.1N) en présence successivement de phénolphtaléine (indicateurs des carbonates) et du méthyle orange (indicateur des bicarbonates).

**❖ Principe**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates et hydroxydes. Leur détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

**❖ Réactifs**

- **solution d'acide chlorhydrique ou sulfurique à 0.02N :**

$H_2SO_4$ .....0.555 ml ou bien  $HCl$ .....1.656ml.

Eau distillée.....q.s.p.1000ml.

- **Solution alcoolique de phénolphtaléine à 0.5%**

Phénolphtaléine.....	5g.
Alcool Ethylique.....	500ml.
Eau distillée .....	500ml.

**-Solution de méthylorange à 0.5 % :**

Méthylorange.....	0.5g.
Eau distillée.....	100ml.

**❖ Mode opératoire**

**1) TA (titre alcalimétrique simple)**

Prendre 100ml d'eau à analyser .ajouter 2 gouttes de la solution alcoolique de phénolphtaléine .développement d'une coloration rose, dans le cas contraire le TA =0 et  $\text{Ph} < 8.3$  .titrer avec l'acide jusqu'à décoloration complète de la solution.soit V le nombre de millilitres d'acide utilisée pour obtenir le virage.

**2) TAC (titre alcalimétrique complet)**

Prendre l'échantillon traité précédemment. Ajouter 2 gouttes de méthylorange. Développement d'une coloration jaune titrer avec le même acide jusqu'au virage du jaune au jaune orangé  $\text{ph} = 4.3$ .soit v ' le nombre de millilitres d'acide utilisés depuis le début du dosage.

**❖ Expression des résultats**

**1) T.A.**

$V/5$  exprime le titre alcali métrique valent par litre.

V exprime le titre alcali métrique en degrés français.

$12v$  exprime le titre alcali métrique en milligrammes de  $\text{Co}^{32}$  par litre.

**2) T.A.C.**

$V'-0.5$  exprime le titre alcali métrique en milligrammes de  $\text{Hco}^{3-}$  par litre.

**II.10.2. Les chlorure**

Nous avons suivi la méthode volumétrique de MOHR ou les chlorures sont totalement précipités par l'argent( $\text{AgCl}_2$ ) et la fin de la titration est marquée par l'indicateur chromate( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) qui forme un précipité rouge ( $\text{AgCrO}_4$ )

Avec l'argent en excès.

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (**Rodie, 2005**).

➤ **Réactifs**

- Acide nitrique pur.
- Carbonate de calcium pur.
- Solution de chromate de potassium à 10 %.
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire). Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %. Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes. Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

➤ **Expression des résultats**

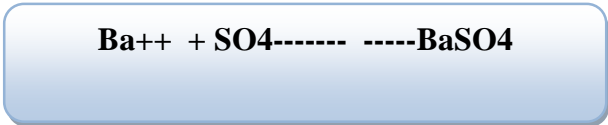
Pour une prise d'essai de 100 mL :

$V \times 10 \times 3,55$  donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl/ par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$  donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

**II.10.3. Les sulfates**

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfates de baryum par le chlorure de baryum. (Méthode turbidimétrique) :



❖ **Principe**

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum par le chlorure de baryum, (méthode turbidimétrique) :



❖ **Réactifs**

- **Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ :**

Peser 1.81g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ .....1000ml d'eau distillée.

- **Solution stabilisante :**

Acide chlorhydrique(c) .....60ml.  
 Ethanol.....200ml.  
 Chlorure de sodium (toxique).....150g.  
 Glycérol.....100ml.  
 Eau distillée .....q.s.p.1000ml.

- **Solution de chlorure de baryum :**

BaCl<sub>2</sub> (toxique).....150g.

**Ou bien**

BaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (toxique).....175.95g.  
 Acide chlorhydrique.....5ml.  
 Eau distillée.....q.s.p.1000ml.

▪ **Gamme d'étalonnage**

Prendre 8 béchers de 250 ml.

Laver très bien avec du savon et une lavette.

Rincer abondamment avec une solution acide chlorhydrique

Rincer avec l'eau du robinet puis avec de l'eau distillée.

N° bécher	0	1	2	3	4	5	6
<b>S mère a 1g/L</b>	0	1	2	3	4	5	6
<b>q.s.</b>	100	100	100	100	100	100	100
<b>S stabilisant</b>	5	5	5	5	5	5	5
<b>S chlorure de Baryum</b>	2	2	2	2	2	2	2
<b>Agitation 1 mn</b>							
<b>[SO<sub>4</sub>] en mg/L</b>	0	10	20	30	40	50	60

Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre a la longueur d'onde 420.

### ▪ Mode opératoire

Prendre 20ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée. Ajouter 5ml de la solution stabilisante .ajouter 2 ml de chlorure de baryum .agiter énergiquement pendant 1 mn passer au spectrophotomètre =420 nm.

### II.10.4.Dosage du phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

#### ❖ Principe

Formation, en milieu acide, d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880nm.

#### ❖ Appareils

- Spectrophotomètre UV. visible
- Réactif Mixte

*Heptamolybdate ammonium.....	13g.	1	
*Eau distillée.....	100 ml.		
*Tartrate d'antimoine.....	0,35	2	*
Eau distillée.....	100ml.		
* Acide sulfurique pur.....	150ml.	3	
* Eau distillée.....	150 ml.		

**(1 + 2) + 3 500 ml d'eau distillé.**

#### ❖ Acide ascorbique à 10 %:

- Acide ascorbique .....**10g.**
- Eau distillée.....**100ml.**

- **Solution mère à 50 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$**
- **Solution fille à 2 mg/l  $\text{PO}_4^{3-}$**

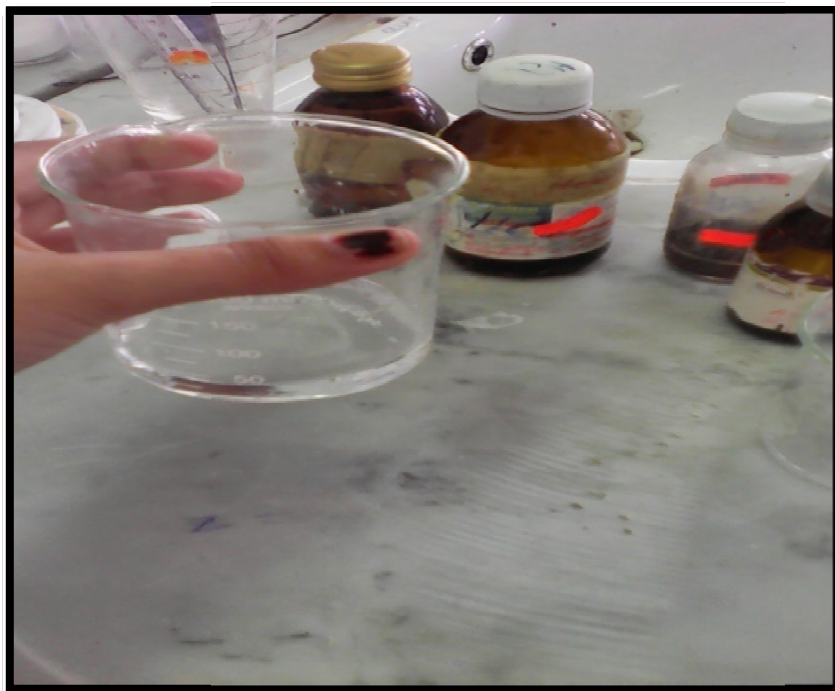
### ❖ Mode opératoire

- 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml acide ascorbique.
- 2 ml du réactif mixte.
  
- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.

**Expression des résultats :** Le résultat est donné directement en mg/l.

### II.10.5. Les nitrates « Méthode au Salicylate de Sodium »

Le dosage des nitrates fait appel à des méthodes relativement complexes avec une grande probabilité de présence de constituants interférents (sauf pour la méthode par chromatographie ionique). De ce fait, la détermination des nitrates est délicate. Pour chaque type d'échantillon, le choix de la méthode est déterminé par la concentration à doser et les interférences probables, la méthode la plus employée pour le dosage des nitrates est dite méthode au salicylate de sodium



**Figure 15 :** Dosage des nitrates (photo originale)

### ➤ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du para-nitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

### ✓ Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% ;
- Acide sulfurique concentré. ( $d=1,84$ ) ;
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium.

### ▪ Mode opératoire

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Ajouter 1ml de salicylate de sodium puis évaporer à sec dans étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15ml d'eau distillée puis 15ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium. Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau distillé. Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415nm et tenir compte la valeur lue pour le témoin, en se reportant à la courbe d'étalonnage.

### ▪ Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligramme par litre d'eau, à cet effet, pour obtenir la teneur en nitrate ( $\text{NO}_3$ ), il faut multiplier ce résultat par 4,43.

# Résultats et Discussion

## II. Résultats et discussion

### II. 1. Analyse descriptive

#### II.1.1. Paramètres physiques

Les tableaux 04 et 05 mettent en évidence les résultats de l'analyse descriptive, respectivement, des paramètres physiques à savoir les moyennes  $\pm$  écart type, valeur minimale et maximale des facteurs T°, pH, CE, Eh et chimiques dont, les éléments suivants Cl, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>. Ils sont, cependant, illustrés par les figures 15 à 27, qui représentent les variations spatio-temporelles de chaque paramètre et l'évolution spatiale des moyennes  $\pm$  écarts types.

**Tableau 04 : Description des paramètres physiques**

Paramètres	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
T (°C)	17,91	1,91	15,00	20,90
pH	7,18	0,30	6,75	7,67
Ce ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1519	248	966	1813
Eh (mV)	-14,2	20,6	-46,7	10,6

Du tableau 04, il ressort que les paramètres de divers sites sont caractérisés par :

Une température d'eau minimale de 15°C, alors que la maximale est de 20,90°C et avec une moyenne de 17,91°C  $\pm$  1,91.

Par contre, le paramètre pH enregistre la plus faible valeur de 6,75 tandis que la plus élevée est de 7,67, cependant, une moyenne du pH du cours d'eau reste égale à 7,18  $\pm$  0,30.

Cette analyse montre, aussi que, la valeur la plus faible de la conductivité électrique relevée est de 966  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , par contre, la plus élevée est de 1813  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , alors que la moyenne est de 1519  $\mu\text{s}/\text{cm}$   $\pm$  248.

En revanche, le potentiel Redox minimum marqué est de -46,7 mV, avec un maximum de 10,6, par contre, la moyenne est de -14,2 mV avec un écart type de  $\pm$  20,6.

### II.1.2. Analyse descriptive des paramètres chimiques

Elle nous renseigne sur les facteurs de pollution de l'eau afin de trouver un système adéquat pour pouvoir évaluer et contrôler la qualité de l'eau.

**Tableau 05 : Description des paramètres chimiques**

paramètre	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Cl <sup>-</sup>	204,1	76,9	106,5	354,0
HCO <sub>3</sub>	31,91	18,13	13,50	64,80
CO <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00
SO <sub>4</sub>	228,6	17,6	190,0	260,0
PO <sub>4</sub>	0,266	0,302	0,022	0,900
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	11,1	3,8	5,0	18,0

Les résultats obtenus nous permettent d'éclaircir les paramètres chimiques qui s'avèrent comme suit :

Une teneur moyenne de chlorure de 204,1mg/l  $\pm$ 76,9, par contre, la valeur minimale de 106,5 mg/l, et Maximum 354,0 mg/l.

Une moyenne du bicarbonate égale à 31,91mg/l  $\pm$ 18,13 est observée, les concentrations, cependant, la plus élevée est de 64,80mg/l et la plus faible est 13,50mg/l, mais les carbonates sont avérés absents lors des prélèvements des échantillons.

La valeur moyenne du sulfate obtenue est de 228,6mg/l  $\pm$ 17,6 avec des valeurs minimale et maximale successives de 190,0mg/l et 260,0mg/l.

La valeur maximale obtenue du phosphore est égale à 0,900mg/l, par contre la minimale est de 0,022mg/l et une moyenne de 0,266  $\pm$ 0,302.

Enfin la moyenne du nitrate est égale à 11,1mg/l  $\pm$ 3,8, cependant un maximum de 18,0 mg/l et un minimum de 5,05mg/l sont enregistrés.

II.2. Etude des facteurs de variation des paramètres physiques

II.2.1. Etude des différences entre les stations d'Oued Rhumel

II.2.1.1. Paramètres physiques

Il faut signaler, que les valeurs de chaque paramètre ne partagent pas le même indice qui est différent significativement à  $p < 0,05$

**Tableau 06 : Description des paramètres physiques des stations d'Oued Rhumel.**

	Stations										P (signification de différence entre stations)
	Oued el Athmania		Oued Seguen		Ain Smara		IbenZiad		Oued Ourazgue		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<b>pH</b>	7,18 <sub>a</sub>	0,16	7,20 <sub>a</sub>	0,46	7,25 <sub>a</sub>	0,35	7,13 <sub>a</sub>	0,33	7,13 <sub>a</sub>	0,4	0,703
<b>T °C</b>	19,33 <sub>a</sub>	1,04	16,53 <sub>a</sub>	1,6	16,24 <sub>a</sub>	1,66	18,90 <sub>a</sub>	1,65	18,53 <sub>a</sub>	2,08	0,094
<b>CE</b>	1375 <sub>a,c</sub>	29	1729 <sub>b</sub>	42	1759 <sub>b</sub>	60	1576 <sub>a,b</sub>	58	1153 <sub>c</sub>	173	0,031
<b>Eh</b>	-11,4 <sub>a</sub>	12	-16,1 <sub>a</sub>	28,4	-15,8 <sub>a</sub>	26	-14,0 <sub>a</sub>	20,8	-13,7 <sub>a</sub>	29,6	0,0861

**a. Température**

La température de l'eau d'Oued Rhumel durant la période d'étude varie d'une zone à l'autre d'où la valeur moyenne maximale enregistrée à Oued el Athmania est de 19,33°C contre une minimale évaluée à 16,24°C au niveau de la station de Ain Smara.

D'après les résultats, il ressort que les valeurs moyennes du paramètre suscité, sont de manière significative des stations d'Oued Ourazg, d'Oued Ibn Ziad, d'Oued Seguen et Ain Smara.

Cependant, pour l'ensemble des stations, nous constatons que la variation de la température est fortement influencée par la localisation des sites d'étude (**Tableau 06, Figure 16**)

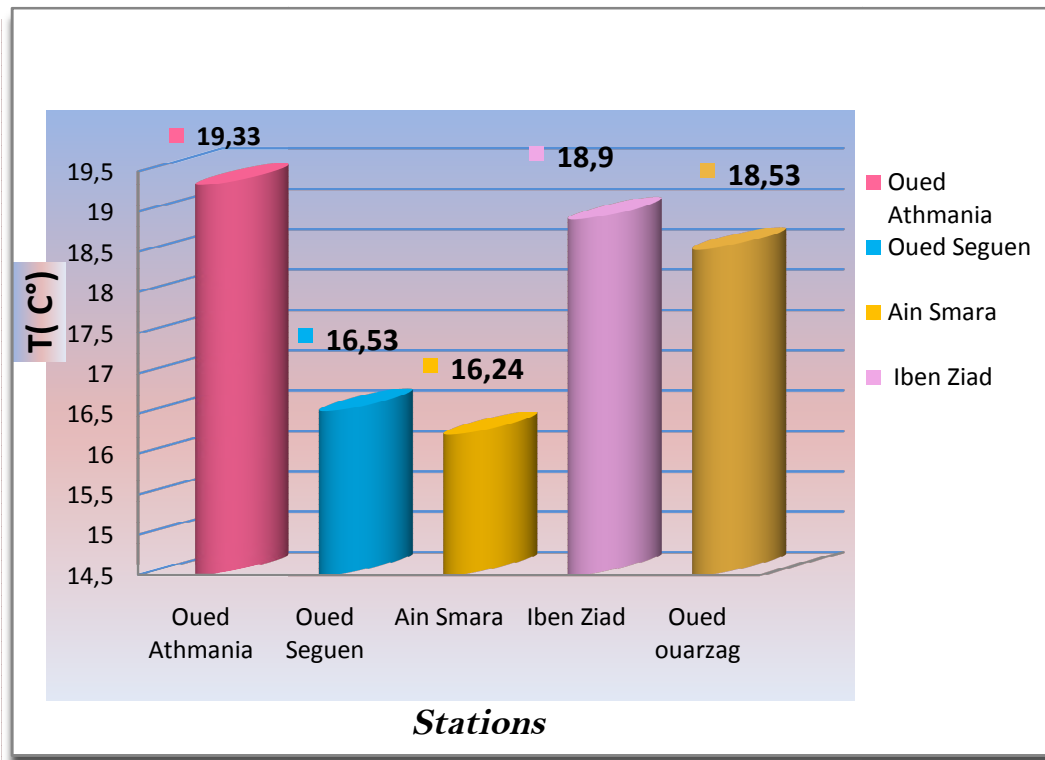


Figure 16: Variations de Température (T°) dans les stations d'étude.

Selon les normes de la grille de SEQ(A.N.R.H, 2012) (Tableau 2de l'annexe III) nous remarquons que les eaux de l'oued Rhumel oscillent autour de 20°C, ce qui prouve que la qualité est normale, pour la biologie aquatique. La même source signale que la qualité est excellente si la température est inférieure à 20 °C.

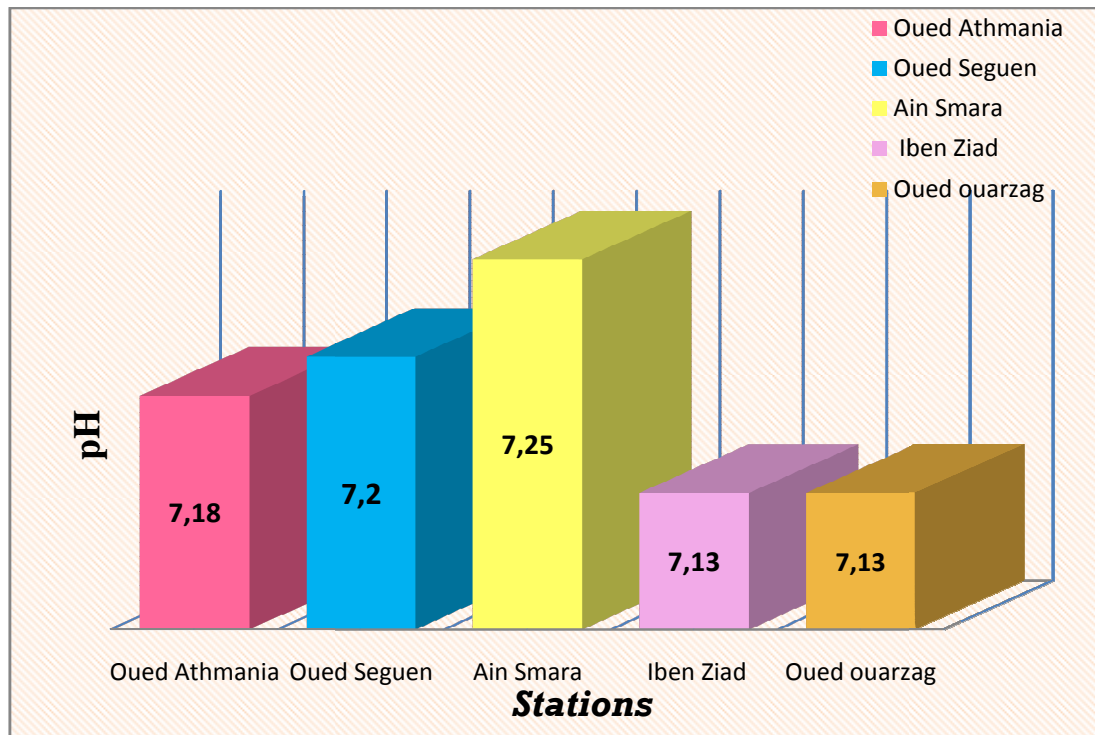
Ces résultats concordent avec ceux de Sahli (2012), Khaldi et Melghit (2007) et Afri-Mehennaoui et al, (2004) enregistrés, lors des études réalisées sous le bassin de l'oued Rhumel.

**b. Le potentiel hydrogène (pH)**

Le pH des eaux présente une faible variation, du fait que les valeurs sont proches de la neutralité, avec une moyenne maximale de 7,25 au niveau d'Ain Smara et une minimale de 7,13 aux stations opération d'Ibn Zaid et d'Oued Ouarzag.

A la lumière de ces résultats, il ressort que l'eau de l'Oued Rhumel a des variances non significatives avec Oued Athmania, et Oued Seguen, Oued Ouarzg et Ibn Zaid. Ce qui revient à dire que les valeurs du pH peuvent s'expliquer par la nature géologique calcaire de l'Oued Rhumel, les phénomènes de dilution ou encore les eaux de ruissellements chargées de diverses matières. Il peut être, aussi, influencé par une température élevée qui conduit à l'équilibre calco-carbonique vers la formation de carbonates sous l'effet de la photosynthèse,

ce qui se traduit par une élévation du pH, d'où des corrélations positives peuvent entraîner des variances de manière très significative entre ces deux paramètres (Tableau 07, Figure 17).



**Figure17:** Variations du Potentiel Hydrogène (pH) dans les stations d'étude.

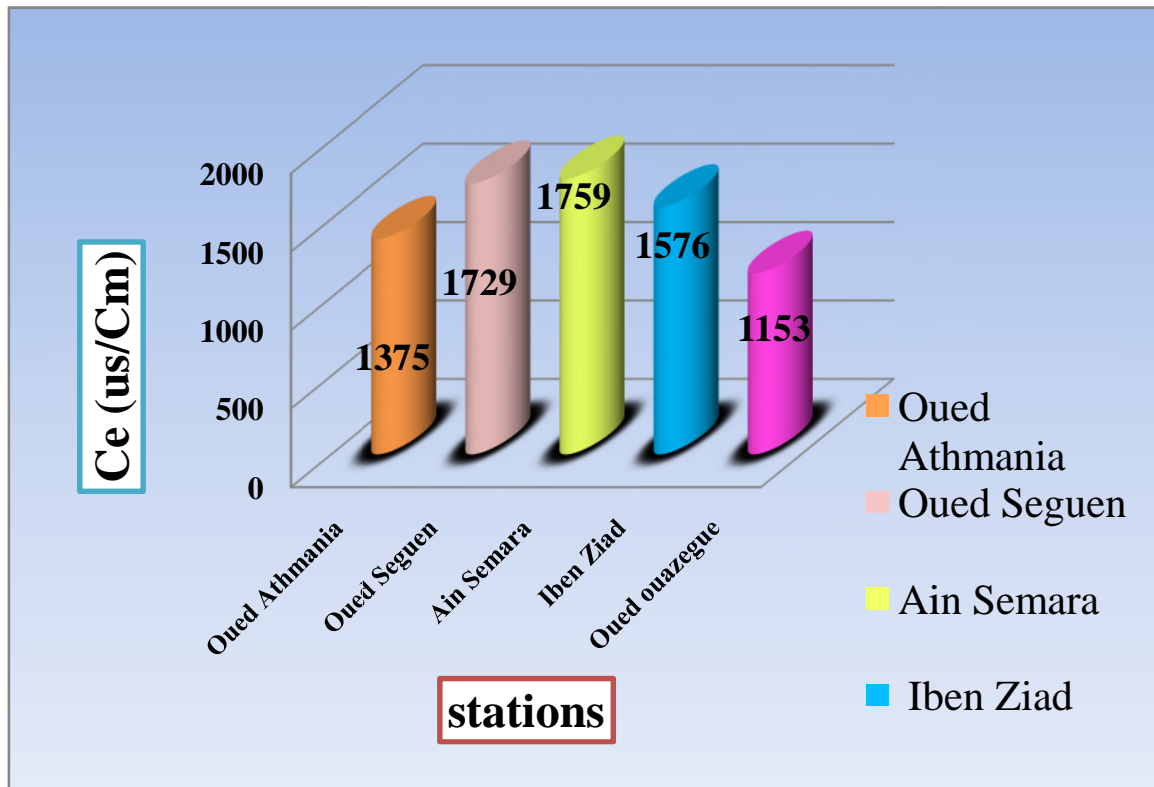
Le pH reste assez stable mais peut osciller facilement entre 7.13 et 7.25, donc ces eaux sont de très bonne qualité (6.5 à 8.5). Il faut signaler, à cet effet, que les résultats trouvés du pH, allant de 6,81 à 9,3, au niveau de l'oued Rhumel sont comparables à ceux enregistrés par **Sahli (2002)**.

### c. La Conductivité électrique (CE)

Les eaux d'Oued Rhumel ont une valeur moyenne exceptionnelle de  $1759 \mu\text{S}/\text{cm}$  + écart type  $60 \mu\text{S}/\text{cm}$ , soit la plus élevée de la CE à Ain Smara, mais Oued Ouarzagenregistre une valeur moyenne minimale de  $1153 \mu\text{S}/\text{cm}$  + écart type  $173 \mu\text{S}/\text{cm}$ ., cependant, à signaler que les fluctuations de la CE des eaux de l'Oued Rhumel sont très importantes. En effet, il représente un écosystème lotique où le courant est rapide qui permet une variation des sels contenus dans les eaux d'où une CE variable.

Il faut noter que, la conductivité électrique reste liée à la présence d'ions dans l'eau donc elle augmente avec la concentration des sels ioniques dissous.

Le test de l'ANOVA confirme, ainsi, avec  $p=0,00$  cette variation statistiquement significative (Tableau 07, Figure 18)



**Figure 18 :** Variations de la conductivité électrique (CE) dans les stations d'étude.

Selon la Grille ou normes internationales de la qualité des eaux, en fonction de la conductivité électrique (tableaux et annexes), cette valeur varie entre  $1500 \leq CE \leq 3000$  ce qui veut dire que la qualité du cours d'eau est médiocre.

Par une simple analyse, on remarque que les résultats obtenus concordent avec ceux des travaux effectués sur les eaux de l'Oued Rhumel par Melghit., (2012) et Khaldi et Melghit, (2007). Cependant, la CE des eaux du bassin versant de ce dernier site est supérieure à la norme SEQ-Eau, (1999) qui est de  $750 \mu\text{S}/\text{cm}$  (tableau 09) ce qui qualifie cette eau de très bonne qualité à usage agricole, notamment l'irrigation des rivages.

#### d. Le Potentiel d'oxydoréduction (Eh)

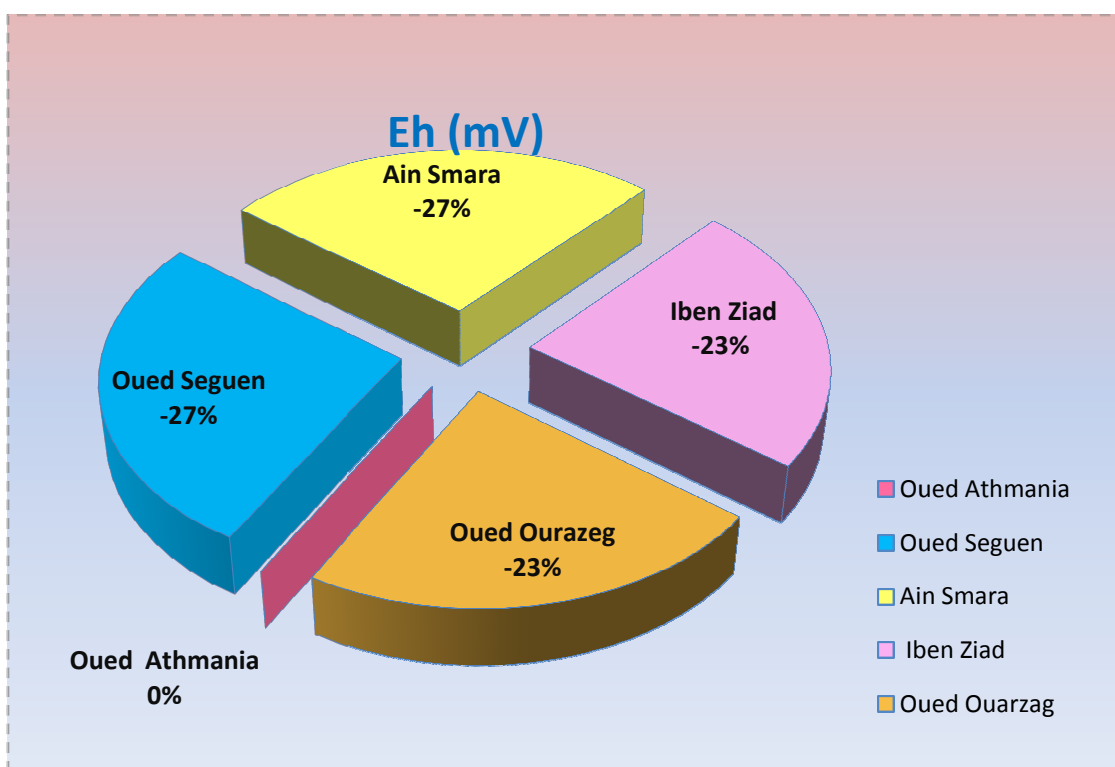
La moyenne, du potentiel redox, obtenue, successivement à Oued Athmania et Oued Seguen, reste négative et varie dans l'intervalle de -16.1 et -11,4mV, ainsi, on peut dire que ces

évolutions prouvent qu'une substance peut être facilement un agent réducteur. A cet effet, il est à conclure que plus la mesure est basse, plus elle est anti-oxydante.

L'eau alcaline ionisée est un agent antioxydant, car elle a une valeur de potentiel rédox négative. Elle est capable, à ce moment, de faire un don de ses électrons supplémentaires afin de neutraliser les effets indésirables des radicaux libres dans l'organisme, cependant, **Anonyme., (2017)** signale que la plupart des types d'eau sont des agents oxydants car leur potentiel redox est positif.

Ainsi, à partir des résultats suscités du pH d'Oued Rhumel, on peut dire qu'une telle eau contient un agent antioxydant.

Le test statistique de l'ANOVA, résumé dans la figure 19, met en évidence que les stations d'étude ont des variances significatives entre elles.



**Figure 19:** Variations du Potentiel Redox (Eh) dans les stations d'études.

### II.2.1.1. Paramètres chimiques

**Tableau 07 : Description des paramètres chimiques des stations d'Oued Rhumel**

	Stations										P (signification de différence entre station)
	Oued Athmania		Oued Seguen		Ain Smara		Iben-Ziad		Oued Ouazeg		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<b>Cl</b>	143,7 <sub>a</sub>	5,7	244,3 <sub>a,b</sub>	5,1	281,3 <sub>b</sub>	10,3	113,8 <sub>a</sub>	6,8	237,3 <sub>a,b</sub>	102,1	0,05
<b>HCO<sub>3</sub></b>	35,0 <sub>5a</sub>	,82	18,27 <sub>b,d</sub>	0,25	28,69 <sub>a,b</sub>	7,53	63,15 <sub>c</sub>	2,73	14,38 <sub>d</sub>	,78	0,00
<b>CO<sub>3</sub></b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>SO<sub>4</sub></b>	220,0 <sub>a</sub>	30,0	236,7 <sub>a</sub>	5,8	217,0 <sub>a</sub>	15,4	231,0 <sub>a</sub>	5,3	238,3 <sub>a</sub>	20,2	0,513
<b>PO<sub>4</sub></b>	0,05 <sub>6a</sub>	0,020	0,377 <sub>a</sub>	0,458	0,152 <sub>a</sub>	0,215	0,533 <sub>a</sub>	0,321	0,210 <sub>a</sub>	0,254	0,343
<b>NO<sub>3</sub></b>	10,8 <sub>a</sub>	2,8	10,5 <sub>a</sub>	1,3	15,7 <sub>a</sub>	2,5	8,3 <sub>a</sub>	5,8	10,0 <sub>a</sub>	2,0	0,154

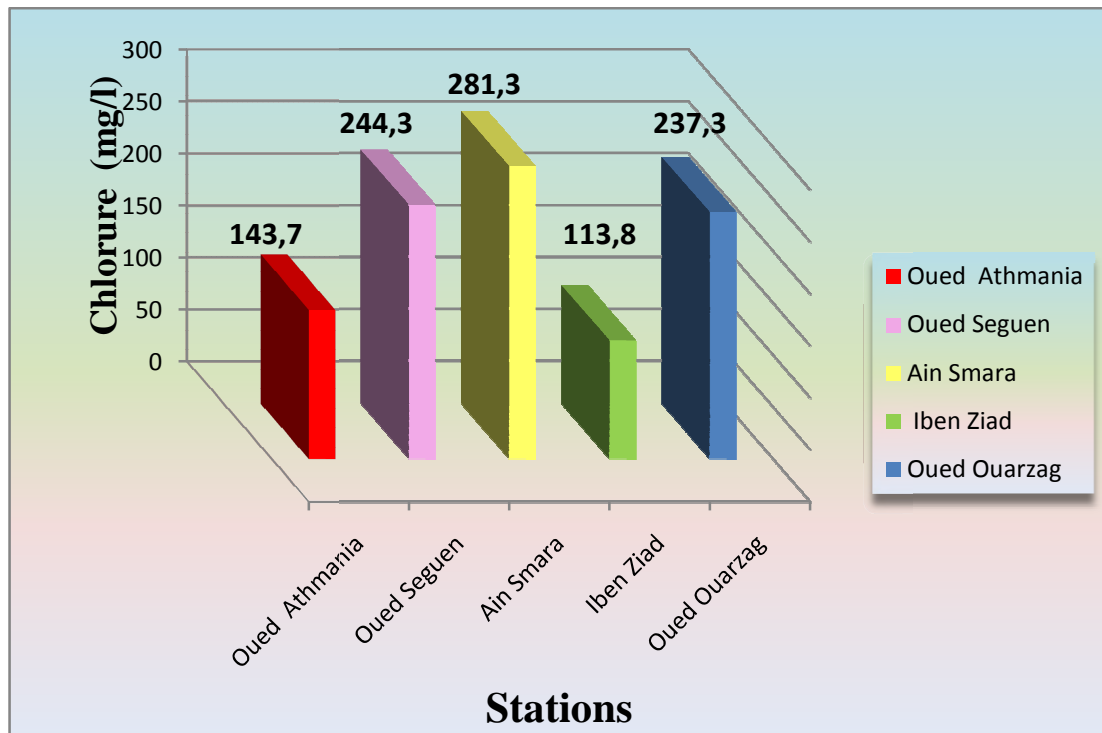
#### a. Les chlorures

L'étude des résultats obtenus résumés dans le tableau 08 et la figure 19, permettent de faire ressortir les points suivants :

Les chlorures, souvent utilisés comme un indice de pollution, sont des anions inorganiques importants, en général sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl), contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles. A cet effet, l'OMS recommande une valeur guide de 250 mg/L en chlorure, dans l'eau de consommation humaine, pour des considérations gustatives et des risques de corrosion. Cependant, **Rodier., (2005)** mentionne que l'eau d'irrigation, contenant des teneurs en chlorure supérieures à la teneur maximale tolérable, peut limiter la montée de certaines cultures en jouant le rôle de facteur limitant de croissance.

Ainsi, les teneurs en chlorure des échantillons d'eau analysés (Fig.20) affichaient des valeurs moyennes dont la plus élevée est enregistrée à la station d'Ain Smara avec 281,3 mg/L alors que celle de la station opération IbenZiad est la plus faible avec 113,8 mg/L.

D'après l'étude de la variance de l'ANOVA, on remarque qu'elle est significative entre les six stations qui ont fait l'objet de notre étude.



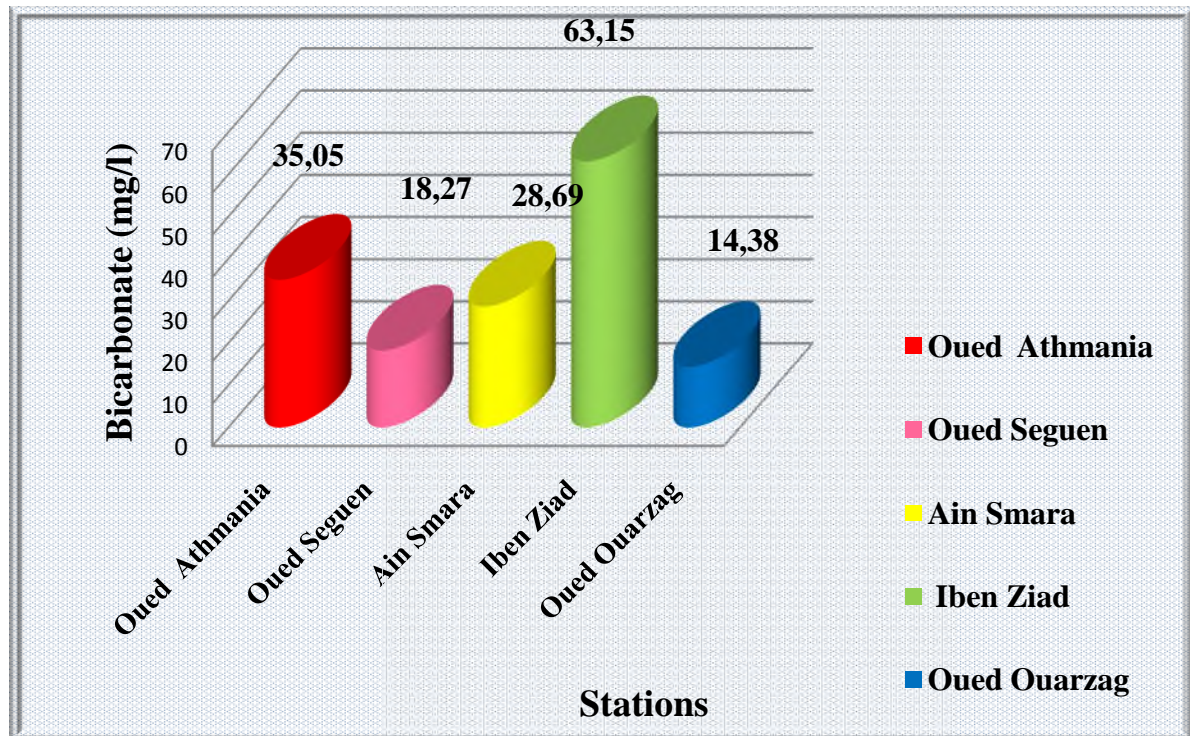
**Figure 20:** Variations de Chlorure (Cl) dans les stations d'études.

Il est à noter que des anions de chlorure sont dominants dans les cours d'eau avec une teneur moyenne de 204,1mg/l + écart type 76,9  $\mu$ S/cm, ce qui prouve, il ya un problème de toxicité par le chlore (**Tableau 08, Figure 20**).

### b. Bicarbonates

Dans les zones d'étude, la teneur du bicarbonate la plus importante, d'une valeur moyenne égale à 63,15mg/l, est enregistrée à SO Ibenziad, par contre que, la station de Oued Ouazeg possède la plus basse valeur soit 14,38mg/l

D'après, les résultats du tableau 07, on remarque que la variation de la quantité de bicarbonate est de manière significative entre les stations d'Oued Athmania, et d'Ain Smara mais, aussi, entre Oued Ouazeg et Oued Seguen.



**Figure 21** : Variations de Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans les stations d'étude.

D'après les directives de l'OMS et de la FAO, il y a aucun problème avec les bicarbonates quand leur teneur ne dépasse pas 91,5 mg/l.

### c. Carbonate

Les résultats montrent que la teneur de carbonate égale 0 mg/l dans toutes les stations des études (Tableau 07, Figure 21).

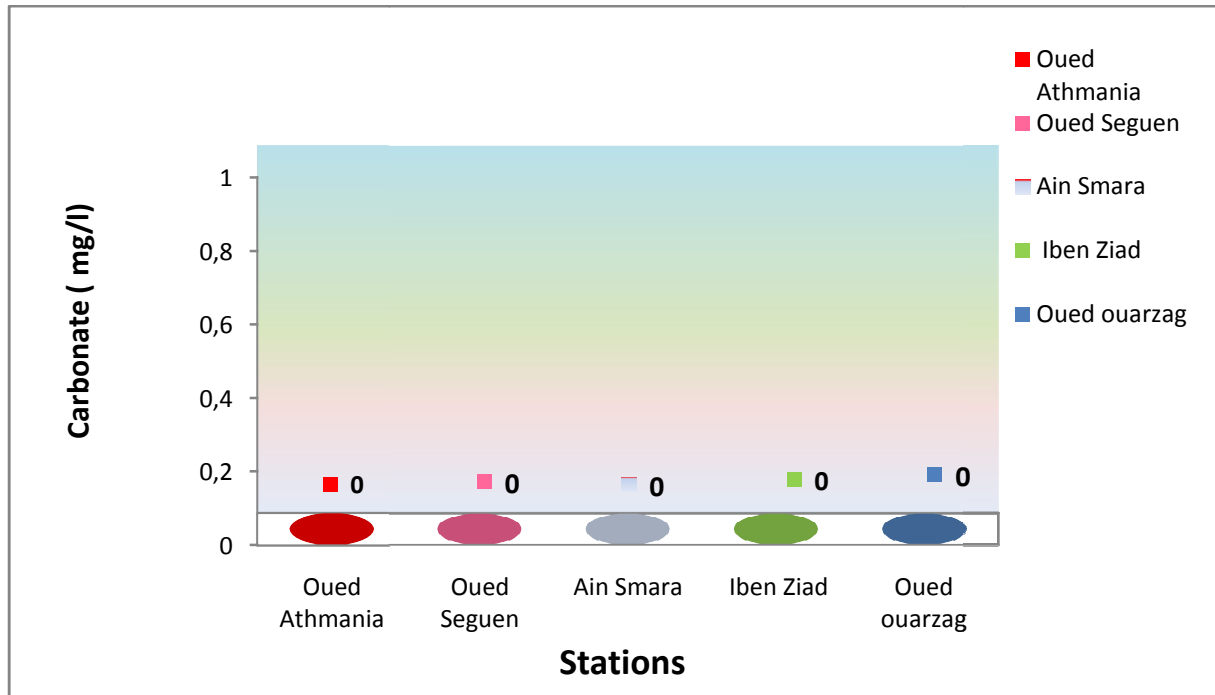
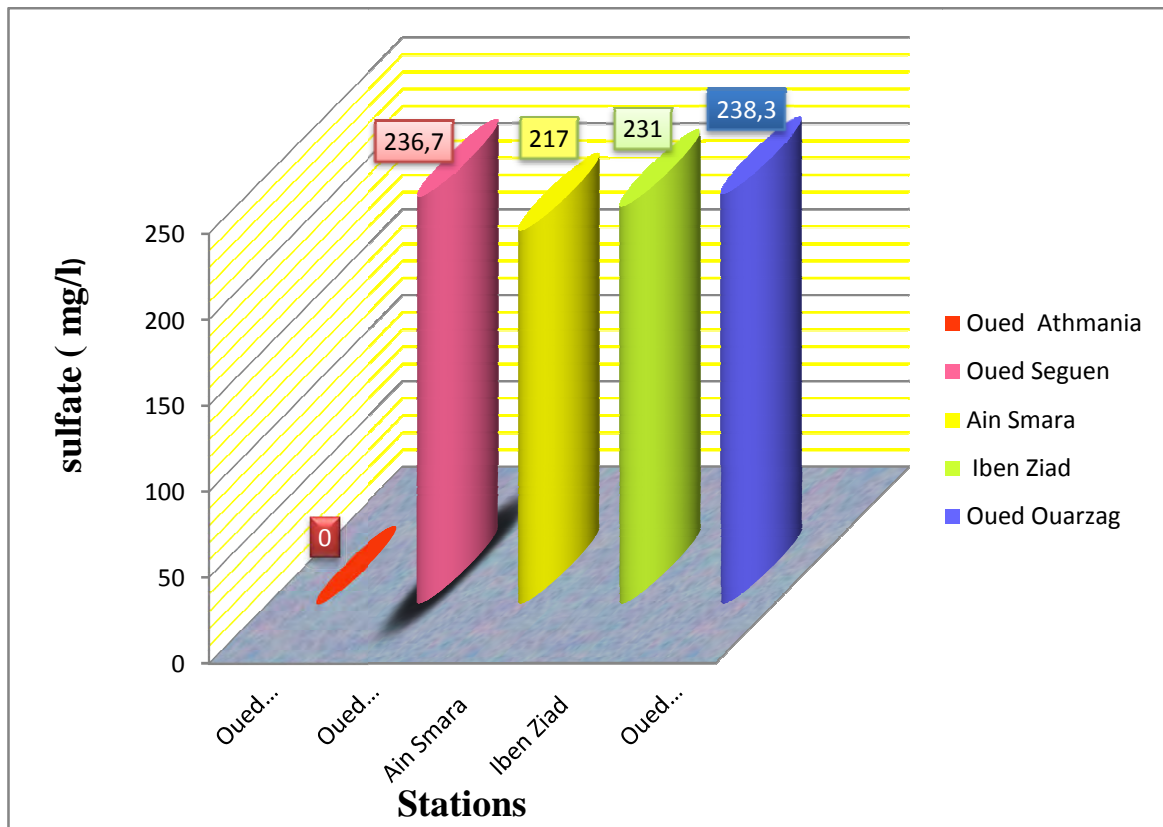


Figure22: Variations de Bicarbonate (CO<sub>3</sub>) dans les stations d'études.

**d. Sulfate**

Dans le Rhumel, la teneur moyenne minimale en sulfates 217,0 mg/l a été enregistrée à la station d'Ain Smara, la teneur maximale 238,3 mg/l a été relevée à la station d'Oued Ouarzg. Les teneurs en sulfates des eaux sont variables, de 217 à 238,3 mg/l.

Selon les résultats d'analyse obtenu pour le taux le sulfate il constat que il y'a une signification visible atout les stations d'oued rhumel.



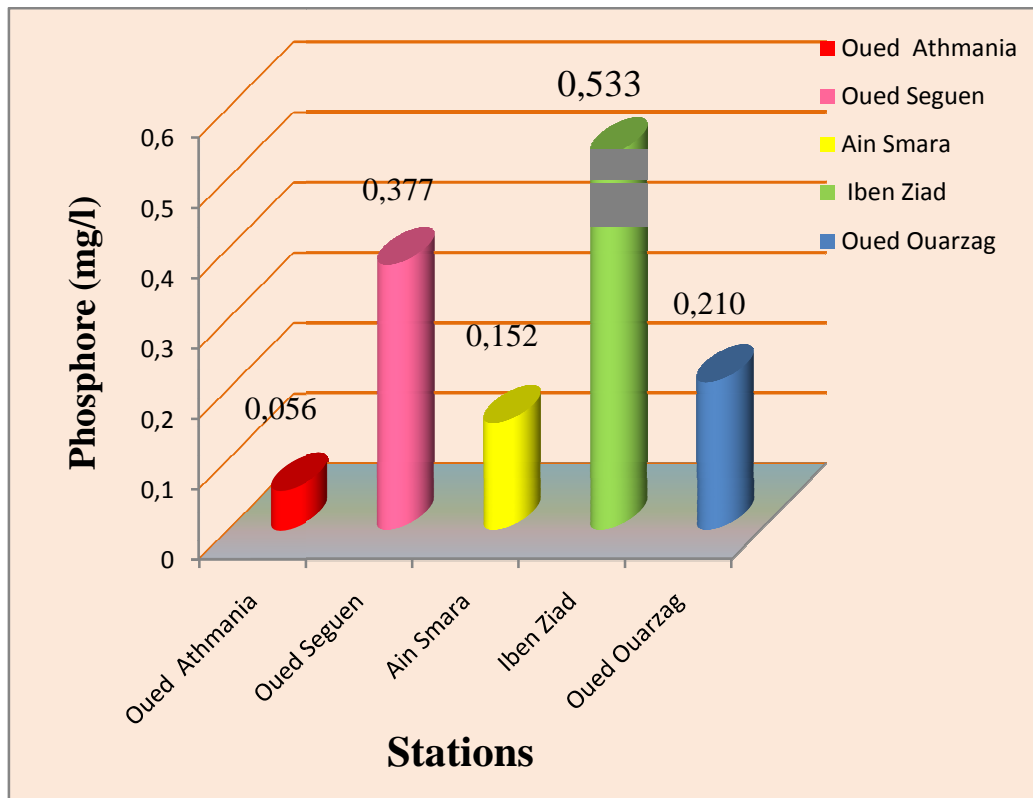
**Figure23 :** Variations de Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) dans les stations d'études.

On peut déduire que la concentration des sulfates est très importante dans toutes les stations, alors il existe une relation directe entre ces derniers, comparativement avec les normes algériennes (tableau, annexe). Les teneurs du sulfate sont inférieures à 400, d'une façon général, ces valeurs sont influencées, essentiellement, par les variations climatiques.

#### e. Phosphore

Le phosphore est naturellement présent, en faibles concentrations, dans les eaux superficielles. Cependant, selon Rodier et *al.* (2005), compte tenu de son importance dans la constitution des êtres vivants, il joue des rôles déterminants, vis-à-vis de leur développement, comme facteur limitant de la constitution de l'ossature. En effet, Dans le cas de la recherche des taux de phosphore dans les eaux analysées des stations qui ont fait l'objet de ce travail, il s'avère que ce minéral présente des variations irrégulières d'un site à un autre. Ainsi, il est enregistré à une valeur moyennement remarquable et supérieure à 0,533 mg/l dans station Opération Iben Ziad et une valeur inférieure à 0,056 mg/l au niveau d'Oued Athmania.

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 08, on remarque qu'il y a une signification de la teneur de phosphore entre les stations.



**Figure 24:** Variations de Phosphore (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) dans les stations d'études.

Par comparaison à la grille de la qualité de l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH, 2012) les eaux analysées sont de bonne qualité (0,2-0,5).

#### f. Nitrate

Le NO<sub>3</sub> constitue le stade final de l'oxydation de l'azote. Il se trouve naturellement dans les eaux, qui selon Melghit (2008), son origine est essentiellement le lessivage des engrais ou les rejets des eaux usées domestiques.

Concernant, l'étude menée sur les divers sites, il s'avère que la teneur maximale est observée au niveau des Ain Smara et Oued Athmania avec respectivement 10,7-10,8 mg/l car cela revient à la vocation agricole de ces zones, d'où utilisation massive des engrais et des fertilisants. Par contre, les concentrations sont faibles dans la station Iben Ziad avec 8 mg/l.

Les résultats des analyses statistiques permettent de constater que les taux de nitrates obtenus au niveau des différentes stations sont nettement significatifs.

Selon l'A.N.R.H (2012), la qualité des eaux d'Oued Rhumele est qualifiée de bonne qualité car elle est dans la fourchette des normes 5 mg/l à 25 mg/l.

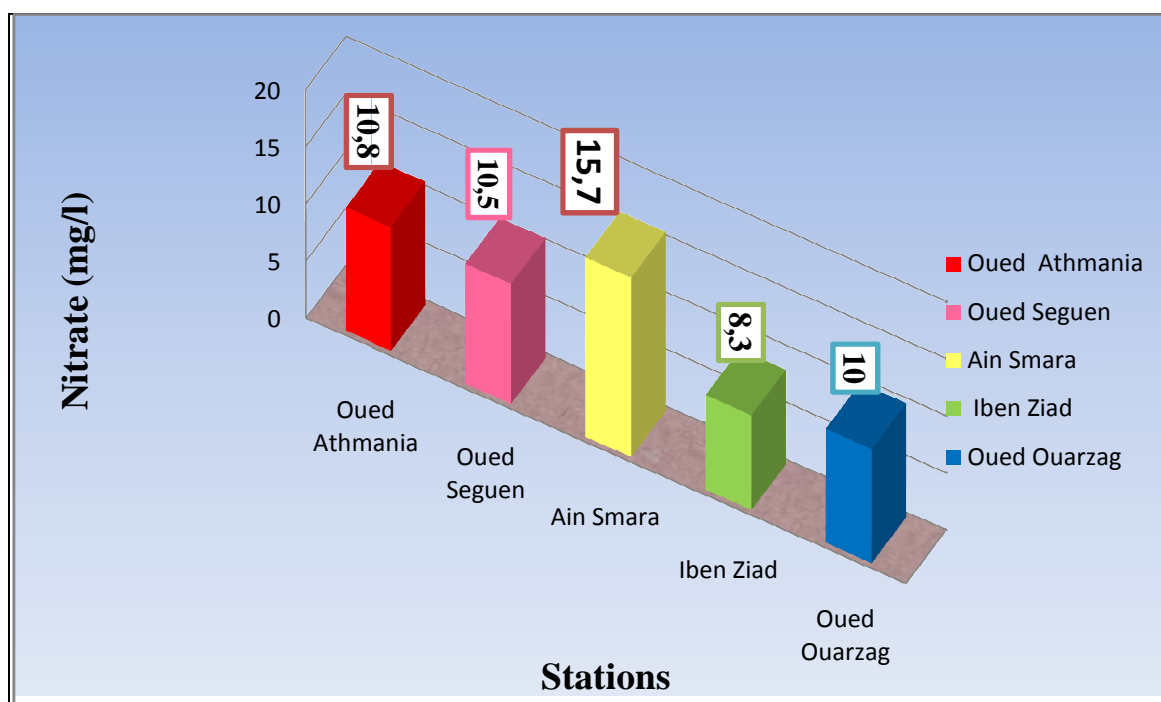


Figure 25 : Variations de Nitrate (No<sub>3</sub><sup>-</sup>) dans les stations d'études.

Selon Melghit (2008) la teneur la plus élevée en nitrates est de 1,08 mg/l enregistrée au mois de Mai et la plus faible est de 0 mg/l enregistrée, respectivement, aux mois d'Octobre et de Décembre.

A cet effet, on peut conclure que les teneurs en nitrates obtenues dans les six (06) stations sont inférieures aux teneurs maximales tolérées fixées par la F.A.O. Cependant, la qualité des eaux de la station d'Oued Rhumel (8 à 10 mg/l) est classée dans la catégorie « **Problèmes croissance** ».

## II.2.2. Etude des Paramètre physique par « mois »

**Tableau 08: Description des paramètres physiques par mois d'OuedRhumel**

	mois						P (significatio n de différence entre mois
	Février		Mars		Avril		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
T°	16,70 <sub>a</sub>	1,64	17,32 <sub>a,b</sub>	1,33	19,71 <sub>b</sub>	1,41	0,017
pH	7,52 <sub>a</sub>	0,14	7,12 <sub>b</sub>	0,19	6,89 <sub>b</sub>	0,09	0,00
Ce	1473 <sub>a</sub>	315	1528 <sub>a</sub>	259	1555 <sub>a</sub>	209	0,885
Eh	-39,0 <sub>a</sub>	9,9	-10,7 <sub>b</sub>	3,3	7,2 <sub>c</sub>	4,0	0,00

Les valeurs de la même ligne et sous-tableau ne partageant pas le même indice diffèrent significativement à  $p < 0,05$ .

**a. Température**

Les valeurs prises au niveau de ce cours d'eau sont à peu près de 16,7°C pour le mois de Février avec un écart-type 1,64, alors que pour la période d'Avril, la moyenne est de 19,71°C un écart-type 1,41.

L'examen des résultats du **tableau (08) et de la figure (26)** permet de constater que les valeurs des températures de l'eau sont moins variables d'un mois à un autre.

Notons que, la période qui s'étale du mois de Février au mois d'Avril correspond à la période relativement modérée avec un minimum de 16,70°C au mois de Février, alors que la hausse des degrés de température commence à partir du mois Avril.

En effet, le test ANOVA a révélé une différence non significative entre les deux (02) mois de Février et d'Avril, par contre il y a une signification entre Février et Mars ; Mars et Avril. Ainsi, il est à noter que toute augmentation de température des eaux est influencée essentiellement par les modifications climatiques, et donc par les variations saisonnières, ce qui d'après **Brémond et Vuichard (1973)** l'accroissement de la température favorise les phénomènes de fermentation d'où l'apparition d'odeurs nauséabondes dans les cours d'eau.

Cependant, les basses températures peuvent affecter l'autoépuration des rivières et des cours d'eau car les réactions d'oxydation sont ralenties et même des fois freinées entièrement.

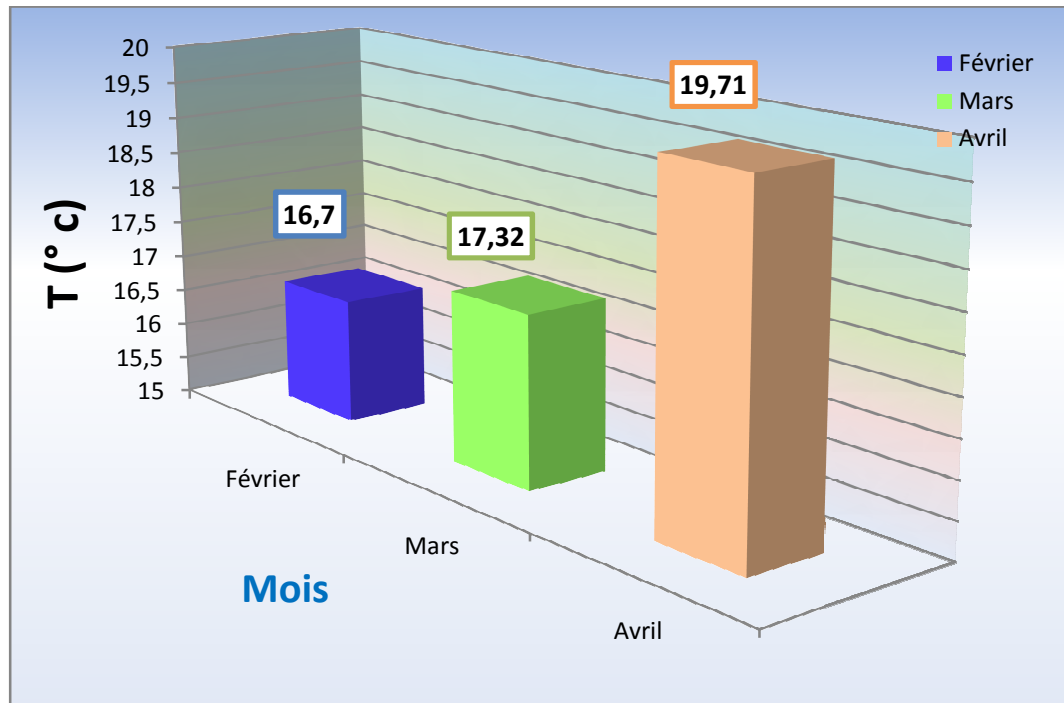


Figure 26 : Variations de Température (T) dans les stations d'études.

### b. Potentiel hydrogène

Pour les eaux de l'Oued Rhumel, la valeur moyenne la plus élevée est relevée aux mois de Février, en revanche la plus faible est enregistrée au mois Avril.

Il est à remarquer que les eaux du Rhumel sont celles qui présentent des fluctuations importantes en fonction du pH.

Le test ANOVA confirme avec  $p = 0,00$ , que la différence n'est pas statistiquement significative. Il reste, ainsi, remarquable que les moyennes des mois de Mars et d'Avril, plus proche, donc sont d'une manière significative.

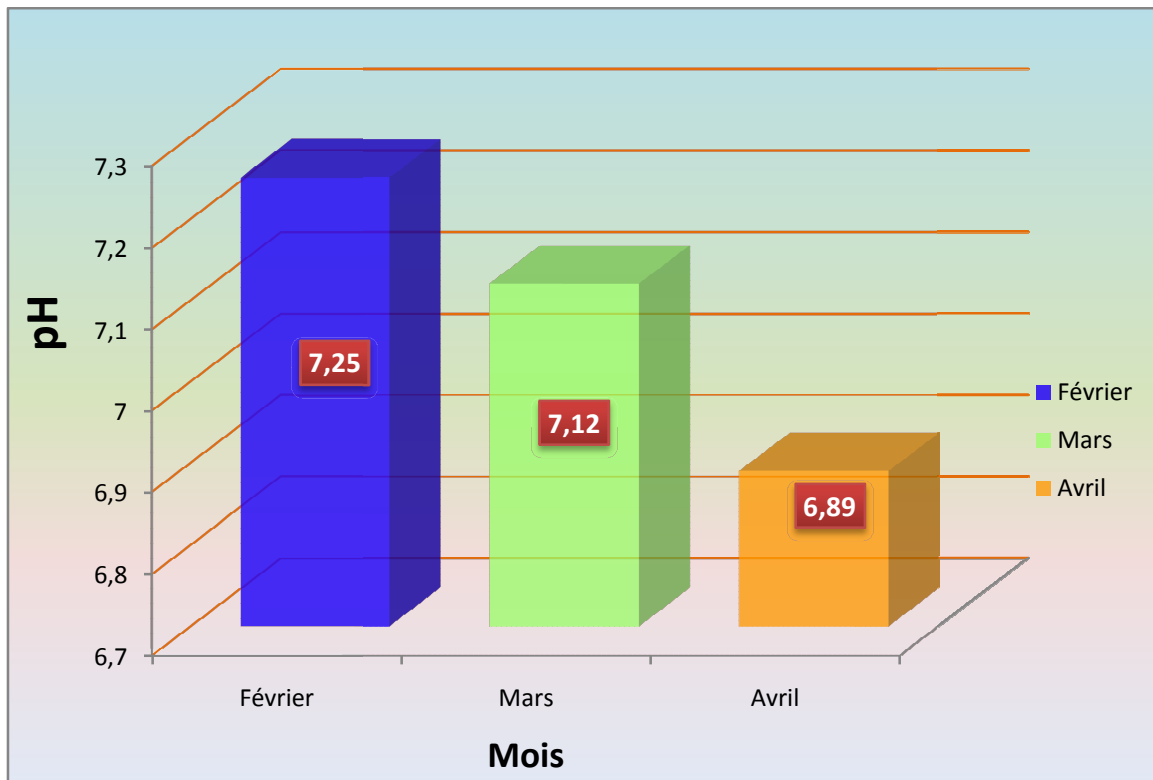


Figure 27: Variations de potentiel hydrogène (pH) dans les stations d'études.

### c. La conductivité électrique

Pour l'Oued Rhumel, la valeur la plus élevée est enregistrée au mois d'Avril avec 1555  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et la plus faible au mois de Février avec 1442  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , par contre la conductivité électrique moyenne est enregistrée au mois de Mars avec 1528  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

D'une manière générale, selon **Mehennaoui- Afri, (1998)**, la CE croît progressivement d'un mois à un autre.

D'après l'ANOVA, la différence est de manière statistiquement significative ( $p= 0,885$ ) entre les mois de prélèvement des échantillons.

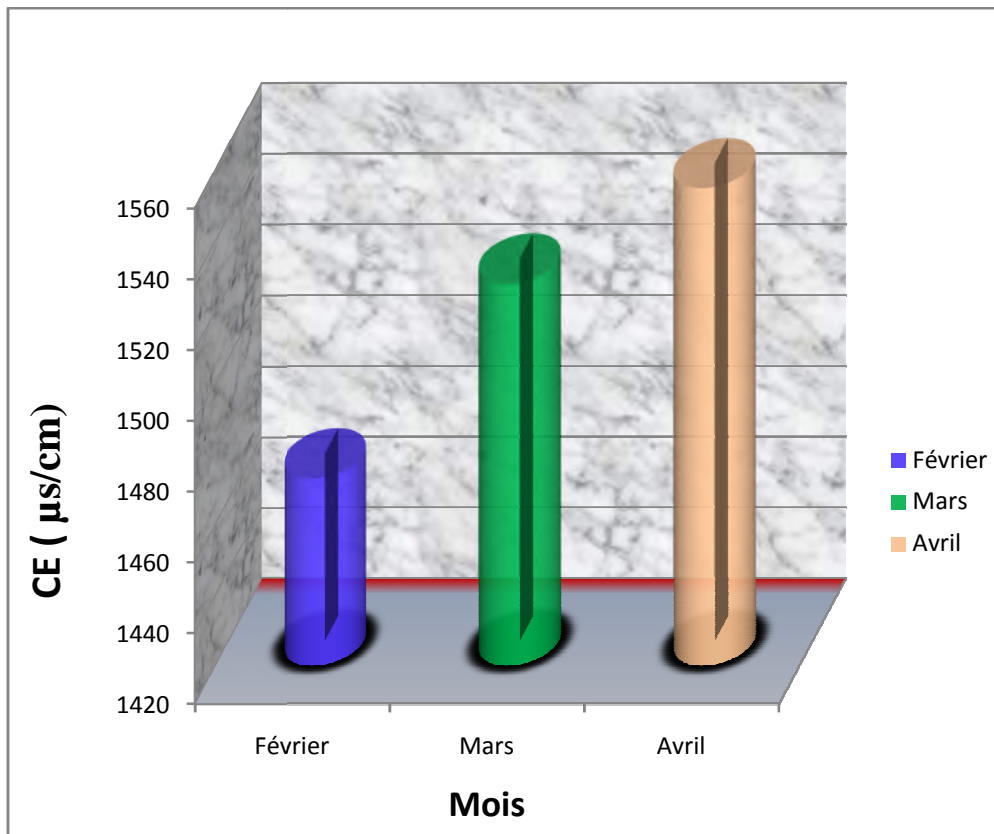


Figure 28 : Variations de la conductivité électrique (CE) dans les stations d'études.

#### d. Potentiel Redox

L'analyse des résultats montre que la valeur la plus élevée du potentiel redox est enregistrée au mois d'Avril avec 7,2mV, soit une mesure positive qui indique qu'une telle substance est considérée comme un agent oxydant. A cet effet, on remarque que plus la valeur est élevée, plus la substance est oxydante, par exemple, une substance de potentiel redox de +400 mV est quatre fois plus oxydante qu'une substance avec un potentiel redox de +100 mV.

Par contre, la valeur la plus basse est celle du mois de Février avec une valeur négative de -39mV, ce qui indique qu'une telle substance est un agent réducteur, ce qui se traduit par plus la mesure est basse, plus elle est anti-oxydante.

A la lumière des résultats du test ANOVA, on peut dire qu'il y a une différence significative entre les mois.

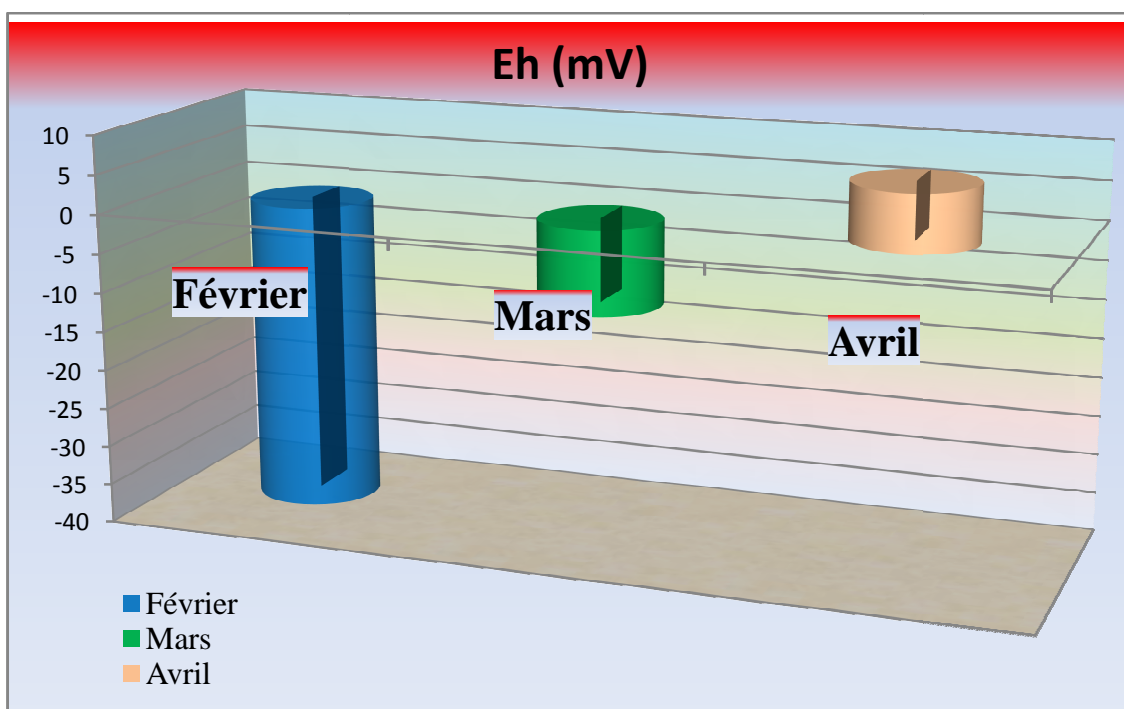


Figure 29 : Variations de Potentiel Redox (Eh) dans les stations d'études.

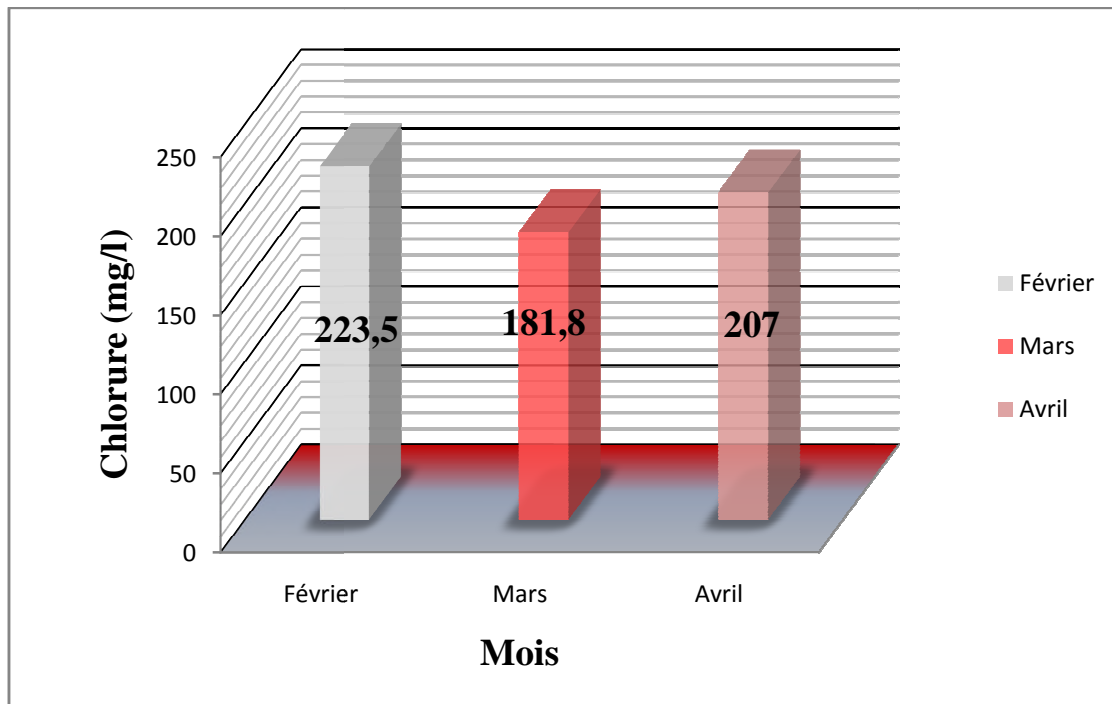
II.2.3. Etude des Paramètre chimique par « mois »

Tableau09 : Description des paramètres chimique par mois d'Oued Rhumel

(Mg/L)	Mois						P (signification de différence entre mois)
	Février		Mars		Avril		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Cl	223,5 <sub>a</sub>	98,8	181,8 <sub>a</sub>	69,6	207,0 <sub>a</sub>	70,5	0,720
HCO <sub>3</sub>	33,03 <sub>a</sub>	19,74	33,49 <sub>a</sub>	19,71	29,21 <sub>a</sub>	18,93	0,930
CO <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SO <sub>4</sub>	243,0 <sub>a</sub>	12,0	217,6 <sub>a</sub>	21,0	225,2 <sub>a</sub>	8,5	0,051
PO <sub>4</sub>	0,433 <sub>a</sub>	0,307	0,109 <sub>a</sub>	0,163	0,254 <sub>a</sub>	0,365	0,252
NO <sub>3</sub>	10,8 <sub>a</sub>	4,4	11,5 <sub>a</sub>	2,7	10,9 <sub>a</sub>	4,7	0,957

### a. Chlorure

Les teneurs en chlorure présentent des fluctuations entre les mois, ainsi, la diminution de la concentration à 181,8 mg/l au mois de Mars, peut être attribuée à une incorporation importante de matières chlorées. Par contre, au mois de Février, on remarque une augmentation de la teneur en chlorure qui atteint 223,5 mg/l. Cependant, les résultats statistiques du test ANOVA mettent en évidence une signification des teneurs de chlorure.



**Figure 30 :** Variations de Chlorure (Cl<sup>-</sup>) dans les stations d'études.

Par comparaison à la valeur minimale de chlorures évaluée à de 60 mg/l par Melghit (2008), on peut dire que les résultats obtenus lors de cette étude contiennent un taux remarquable soit une teneur minimale de 181,8 mg/l, ce qui explique une toxicité élevée.

### b. Bicarbonate

Il existe une augmentation de la teneur de  $\text{HCO}_3^-$  aux mois de Février et Mars respectivement avec 33,03 et 33,49 mg/l, en revanche une diminution est enregistrée au mois d'Avril 29,21 mg/l.

Le test ANOVA ne donne aucune signification statistique entre les mois.

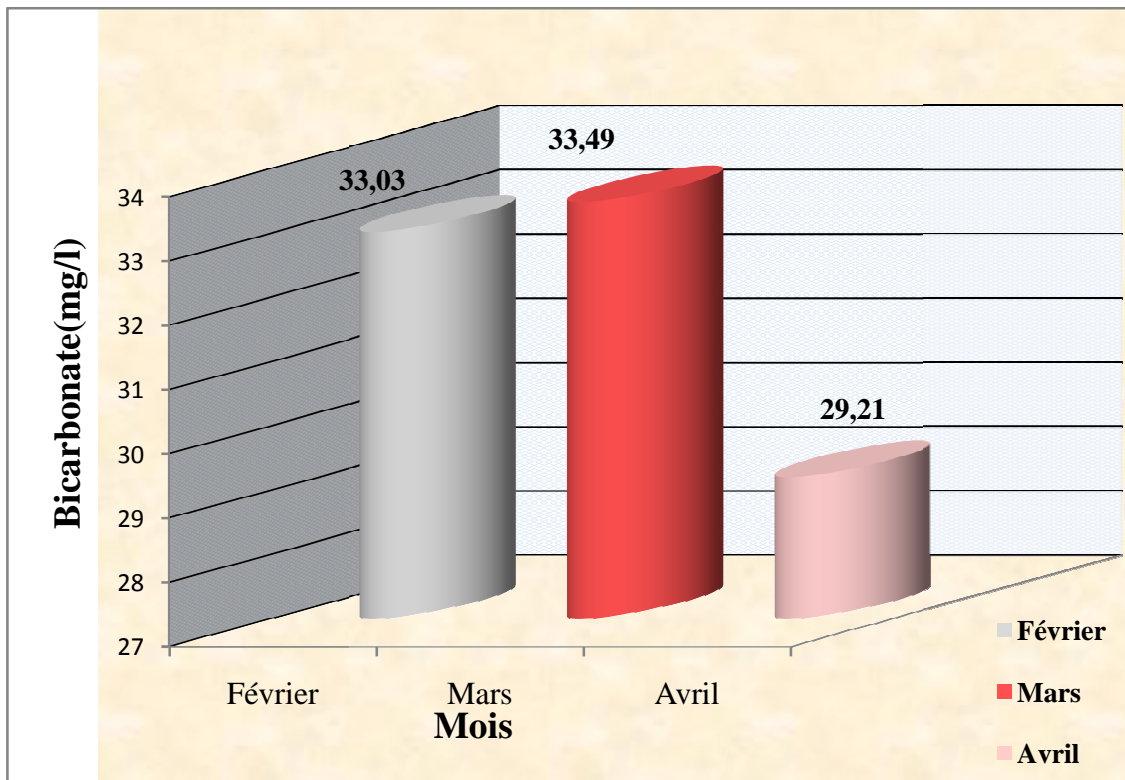


Figure 31 : Variations de Carbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) dans les stations d'études.

Il faut signaler que les résultats trouvés par **Ghorab et Oualdou (2015)** sont similaires à nos résultats.

C. carbonate

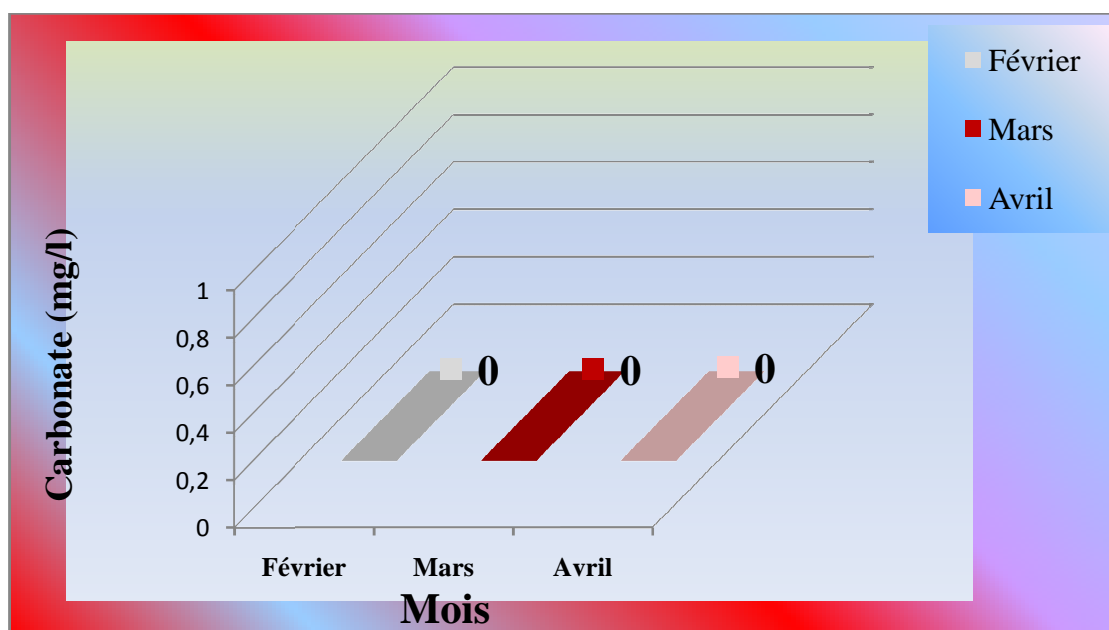
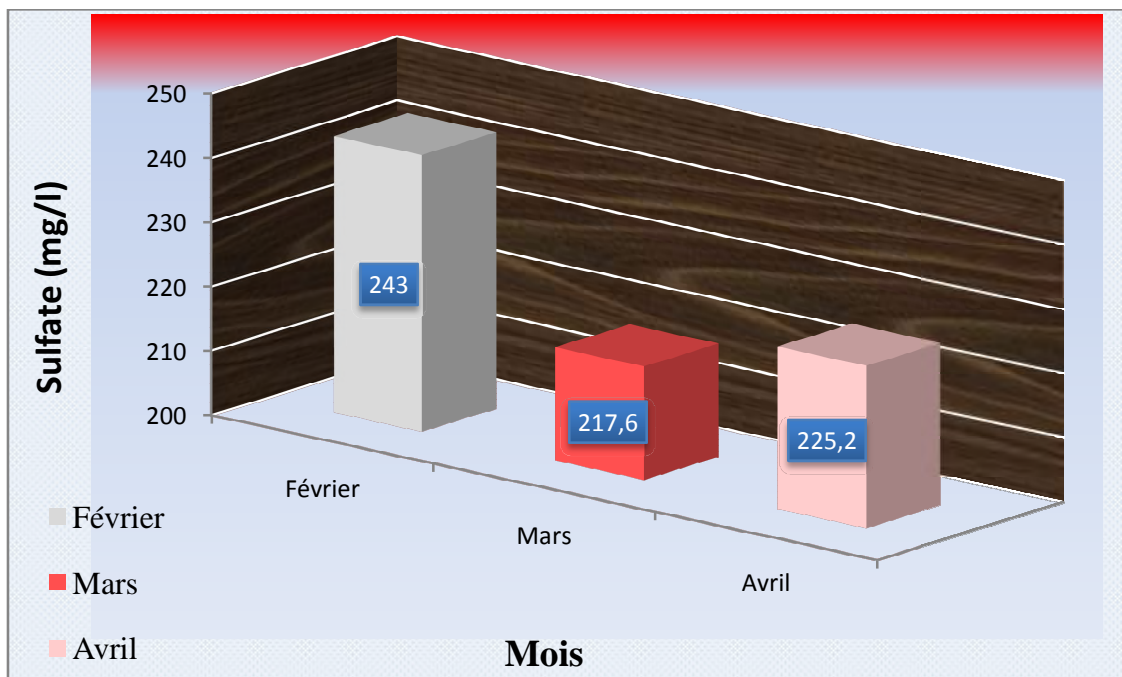


Figure 32 : Variations de Carbonate ( $\text{CO}_3$ ) dans les stations d'études.

De la figure ci-dessus, il ressort que la teneur du carbonate est égale à 0 mg/l surtout les mois d'été.

#### d. Sulfates

Le mois de Février enregistre la valeur la plus élevée soit 243mg/l alors que la plus basse 217,6 mg/l est observée en mois de Mars. A cet effet, les teneurs en  $SO_4$  sont estimées statistiquement significative avec  $p=0,051$ , après test ANOVA.



**Figure33** : Variations de Sulfate ( $SO_4$ ) dans les stations d'études.

Selon **Melghit (2008)**, la teneur la plus faible en Sulfate est de 142 mg/l enregistrée au mois de Décembre, par contre, la plus élevée est de 332 mg/l, ce qui explique l'influence, particulière, par les variations climatiques.

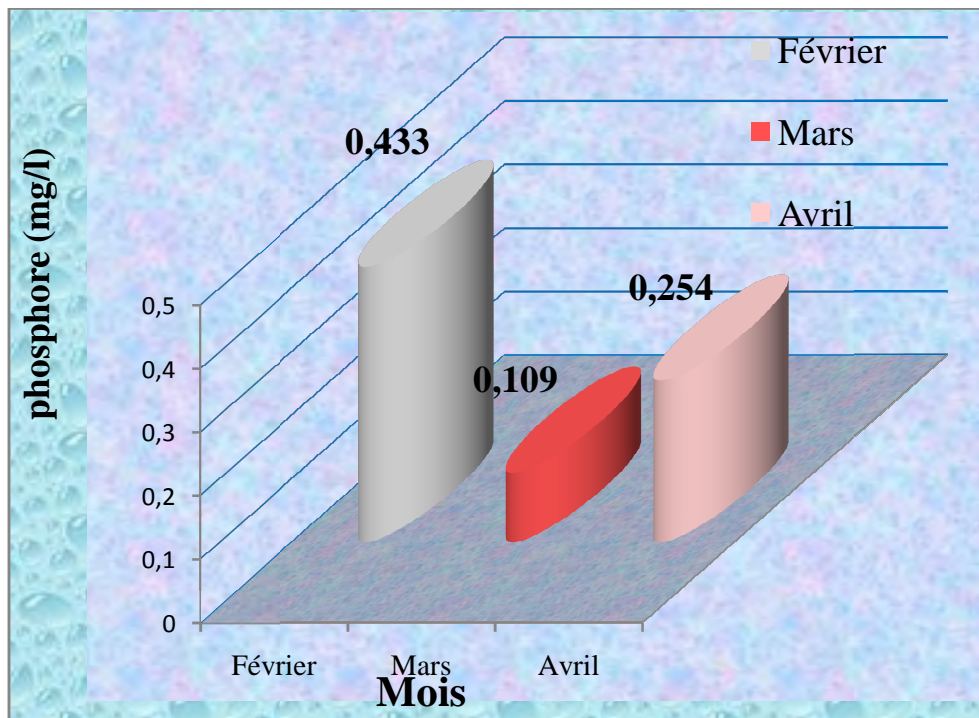
#### e. Phosphore

Les eaux du Rhumel présentent pour les trois mois d'étude, un taux de phosphate largement élevé au mois Février avec 0,433 mg/l, mais un minimum de 0,109 mg/l au mois de Mars. Les concentrations de phosphate dans les eaux naturelles, selon Afri-Mehennaoui (1998), sont supérieures à 0.1 mg/l ou 0.2 mg/l. Ainsi, l'indice d'une pollution est considéré supérieur à 0.2 mg/l, au vu des résultats on peut dire que ces eaux des stations contiennent beaucoup de phosphore du à des apports en ce minéral par les eaux superficielles, des rejets industriels (industries agro-alimentaires, textiles, laverie, ateliers de traitement de surface...).

L'analyse statistique montre que il n'y'a aucune signification remarquable.

Nisbet et Verneaux (1973) et Afri-Mehennaoui (1998), admettent que les eaux courantes ont une limite de 0.3 mg/l, au-delà de laquelle, il peut y retenir un caractère marqué d'eutrophisation et des risques de nuisances divers.

Comparativement aux résultats des travaux d'Afri-Mehennaoui (1998) et Khaldi et Melghit(2007), nos résultats les confortent. En effet, les eaux de l'Oued Rhumel sont caractérisées par des teneurs importantes en phosphate, traduisant une pollution nette.



**Figure 34 :** Variations de Phosphore ( $PO_4$ ) dans les stations d'études.

#### f. Nitrate

La concentration maximale en nitrates de 11.7 mg/l est enregistrée au mois de Mars, alors que la minimale de 10,8 mg/l est relevée aux mois de Février et Avril, ce qui peut être dû à l'utilisation des engrais azotés en agriculture. Cependant, ils sont entraînés par lessivage des terres cultivées lors de fortes pluies mais aussi, les eaux de pluies peuvent contenir des nitrates en provenance des oxydes d'azote et de l'ammoniac atmosphériques (Rodier, 2009). Alors que, la teneur d'unité nitrates enregistrée est supérieure à la valeur suggérée par les directives de la F.A.O, donc ces eaux sont classées dans la catégorie "Problèmes croissance =P C.L'analyse statistique par l'ANOVA n'indique qu'aucune différences significative entre les valeurs de chaque mois étudiés ( $p=0,957$ ).

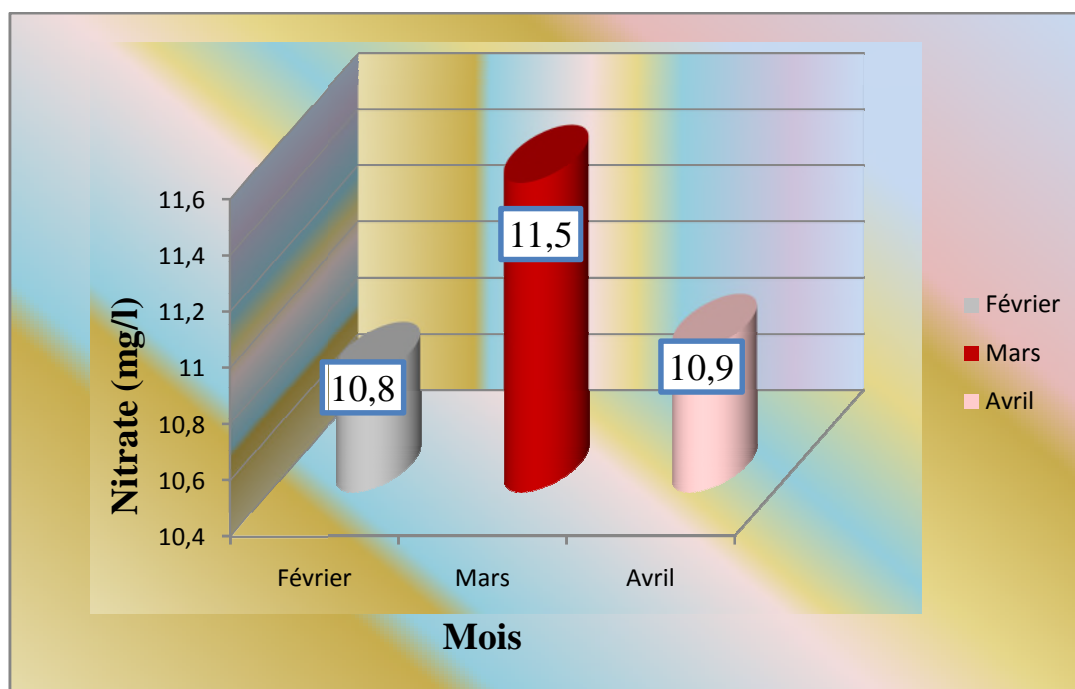


Figure35: Variations de Nitrate (NO<sub>3</sub>) dans les stations d'études.

II.3. Différence entre paramètres physiques des deux sites «Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun »

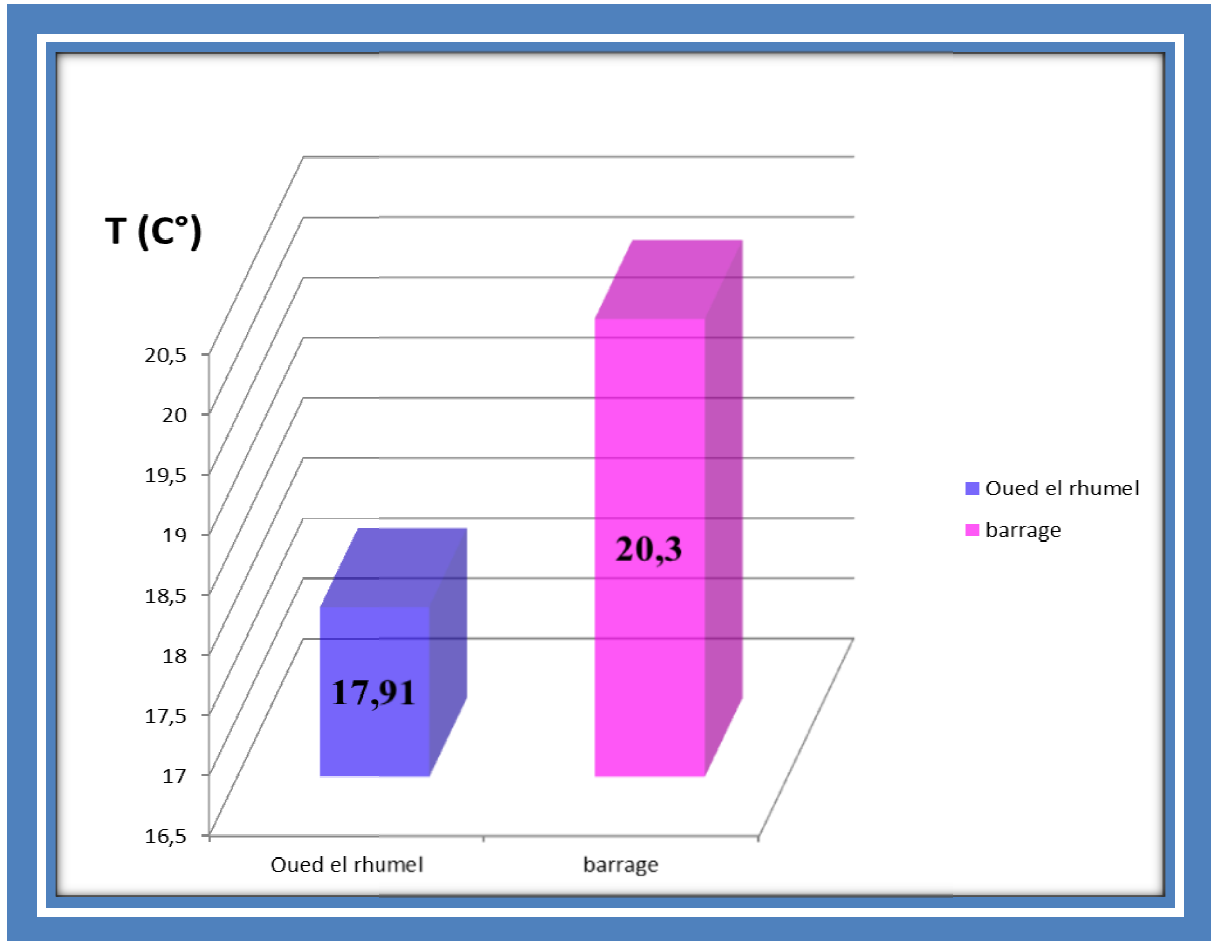
Tableau 10: Descriptive des paramètres physiques entre les deux sites.

	Site				P (signification de différence entre station)
	Oued Rhumel		Barrage Beni Haroun		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
<b>T°</b>	17.91 <sub>a</sub>	1,91	20.30 <sub>a</sub>	3,24	0.094
<b>pH</b>	7.18 <sub>a</sub>	0,30	7,10 <sub>a</sub>	0,42	0.703
<b>CE</b>	1519 <sub>a</sub>	248	1171 <sub>b</sub>	36	0,031
<b>Eh</b>	-14,2 <sub>a</sub>	20,6	-16,6 <sub>a</sub>	28,3	0,861

a. Température

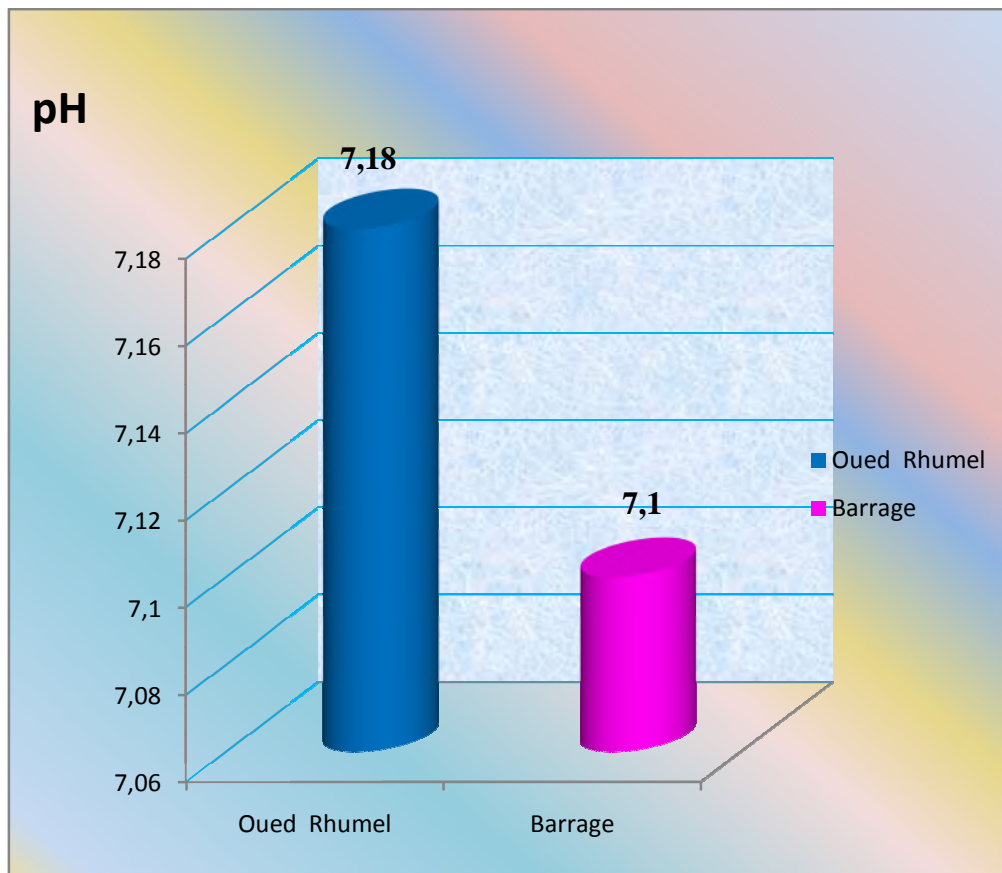
A partir des données mentionnés dans le **tableau 11** et les résultats obtenus des eaux du Rhumelon constate que :

La moyenne générale de la température au niveau de barrage est de 20,30 °C avec un écart type 3,24, est supérieure à celle du Rhumel, notons à cet effet, quel'analyse par le test ANOVA n'a pas révélé un effet significatif les deux sites.



**Figure 36:** Variation de Température (T°) entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun.

## b. pH



**Figure37** : Variation de Potentiel Hydrogène (pH) entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 10 et traduit en histogramme (Figure 37), il ressort que les eaux d'OuedRhumel et du Barrage Béni Haroun présentent des valeurs moyennes de pH proches : 7,18 et 7,1 respectivement. Ces mesures indiquent que les eaux des deux sites se caractérisent par une neutralité.

c. Conductivité électrique (CE)

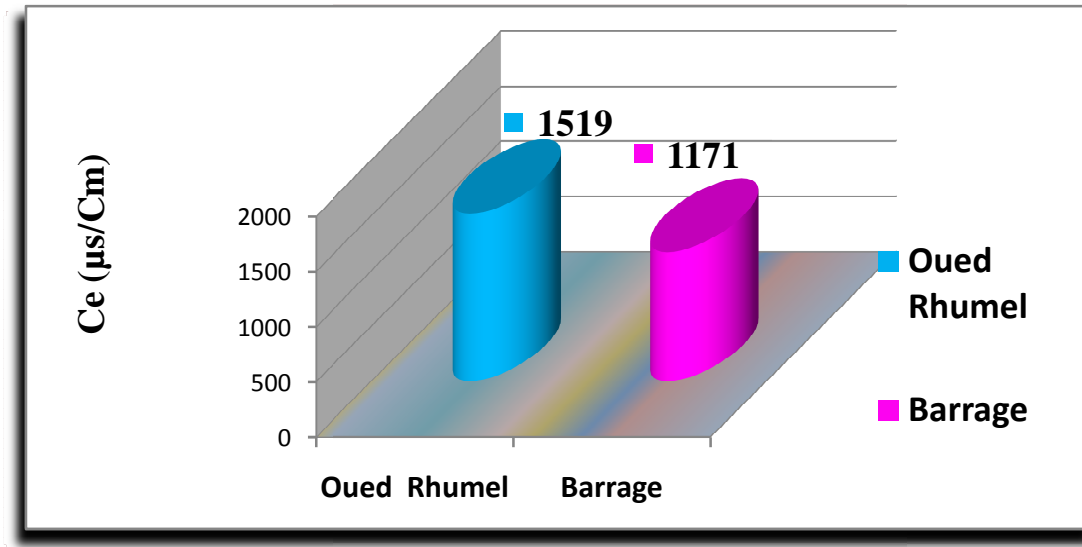


Figure38 : Variation de Conductivité (CE) entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun

Il est à remarquer que les variations de la CE au niveau des eaux duRhumel sont plus fluctuantes que celles de la CE des eaux duBarrage de Beni Haroun

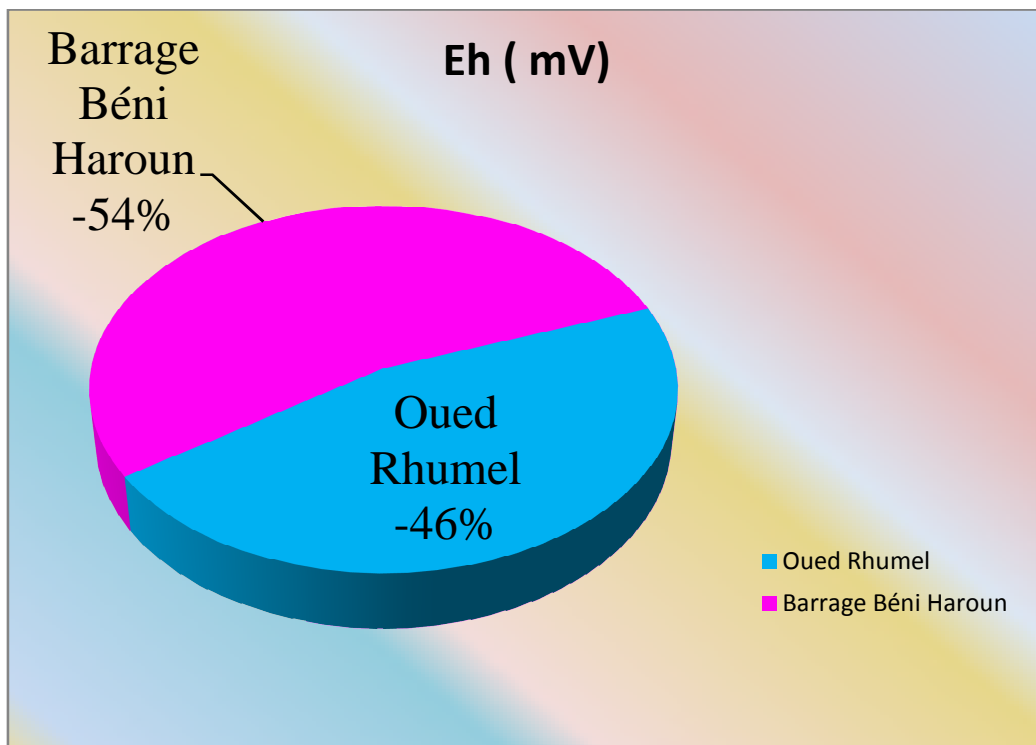


Figure39 : Variation de potentiel redox entre oued el rhumel et barrage béni haroun.

## II.4. Descriptives des paramètres chimiques entre les deux sites

Du tableau 11, il ressort que :

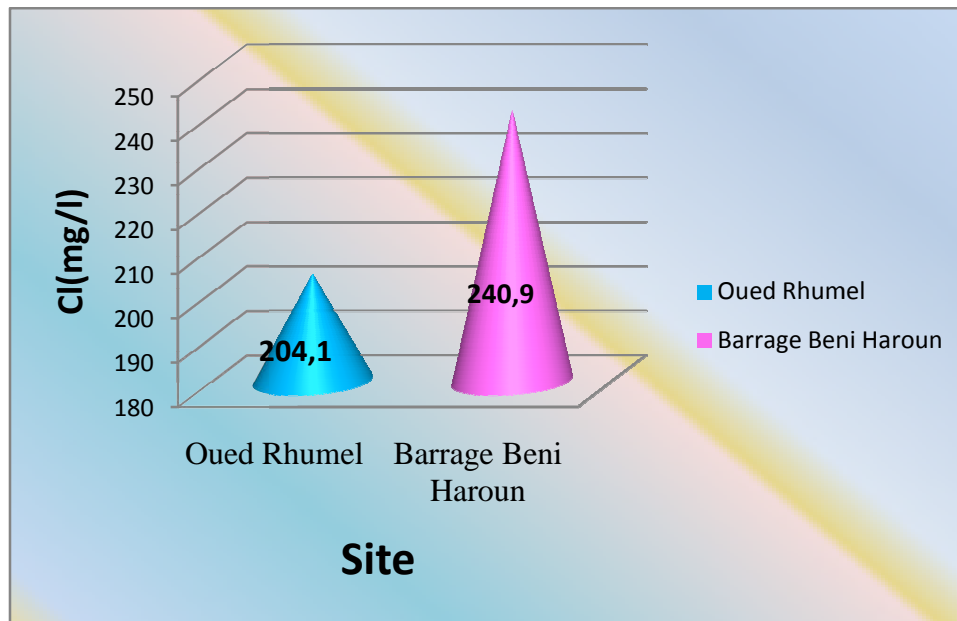
**Tableau 11 : Descriptives des paramètres chimiques entre les deux sites**

	Sites				P (signification de différence entre station)
	Oued Rhumel		Barrage Beni Haroun		
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Cl	204,1 <sub>a</sub>	76,9	240,9 <sub>a</sub>	47,5	0.443
HCO <sub>3</sub>	31,91 <sub>a</sub>	18,13	26,51 <sub>a</sub>	0,32	0.622
CO <sub>3</sub>	00.00	00.00	00.00	00.00	0000
SO <sub>4</sub>	228,6 <sub>a</sub>	17,6	238,0 <sub>a</sub>	7,5	0.386
PO <sub>4</sub>	0,266 <sub>a</sub>	0,302	0,047 <sub>a</sub>	0,016	0.240
NO <sub>3</sub>	11,1 <sub>a</sub>	3,8	7,3 <sub>a</sub>	1,0	0.111

#### a. Chlorure

La valeur moyenne du chlorure enregistrée au niveau du barrage prouve qu'il est plus répandu au Rhumel vu la valeur moyenne de 204,1 mg/l par rapport à celle du barrage Béni Haroun où 240,91 mg/l sont trouvés. Selon l'ANOVA, il existe une différence significative entre les sites.

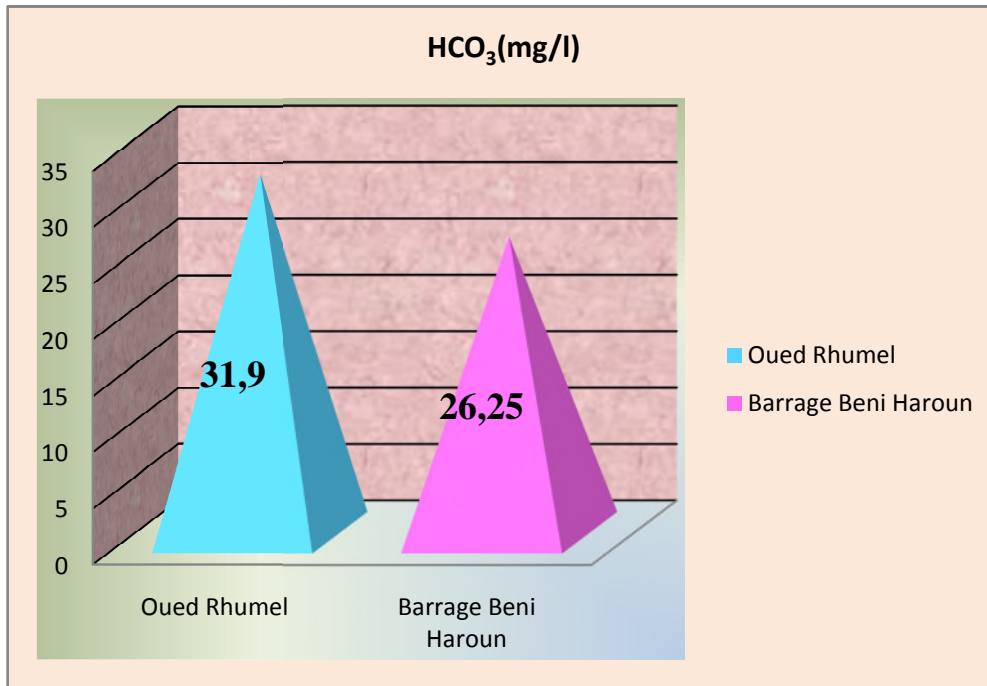
D'après la grille de l'agence nationale de la ressource hydraulique (A.N.R.H), (2012), les eaux du barrage et Oued Rhumel sont de qualité passable « varie entre 200 à 400 »



**Figure40** : Variation de Chlorure entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun.

#### **b. Bicarbonate**

D'après les directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation (Bouarroudj,2012), il n'y a aucun problème avec les bicarbonates quand leur teneur ne dépasse pas les 91,5 mg/l. La teneur du Bicarbonate obtenue au barrage de Béni Haroun est de 26,51 mg avec un écart-type de 0,32 soit inférieure à celle trouvée à Oued Rhumel avec 31,91 mg/l  $\pm$  18,13. De ce fait le test d'ANOVA nous indique qu'aucune différence significative n'existe entre les sites.



**Figure41** : Variation de Bicarbonate entre Oued Rhumel et barrage Béni Haroun.

#### c. Carbonate

Il faut signaler que la teneur du carbonate est nulle dans les deux sites d'étude.

#### d. Sulfate

Il existe dans le barrage avec un taux de  $238\text{mg/l} \pm 7,5$  ainsi qu'au niveau d'Oued Rhumel où est enregistrée une valeur de  $228,0 \pm 17,6$ .

Statistiquement le test d'ANOVA met en évidence une différence significative entre les deux sites.

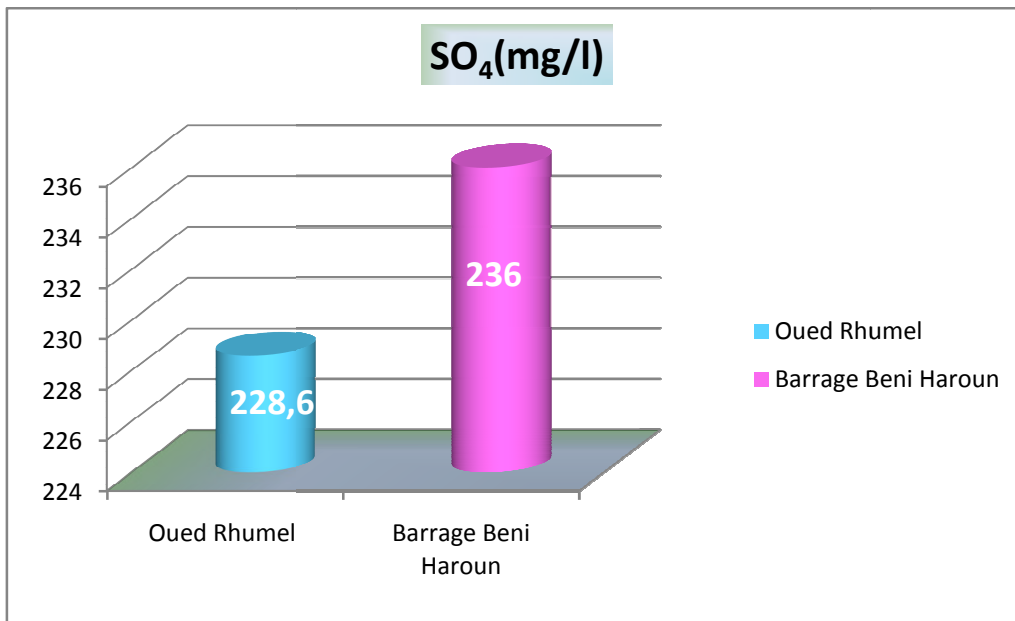


Figure42 : Variation de Sulfate entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun.

**e. Phosphore**

Selon les résultats observés dans le tableau 12 on remarque que sa valeur au barrage Béni Haroun est de 0,047mg/l soit plus faible que celle relevée au Rhumel avec 0,226mg/l.

Le test l'ANOVA indique qu'il y' une différence significative. D'après la grille de l'A.N.R.H(2012), les eaux du barrage est d'excellente qualité soit < 0.2mg/l par contre celle du Rhume est de bonne qualité avec 0.2mg/l à 0.5mg/l

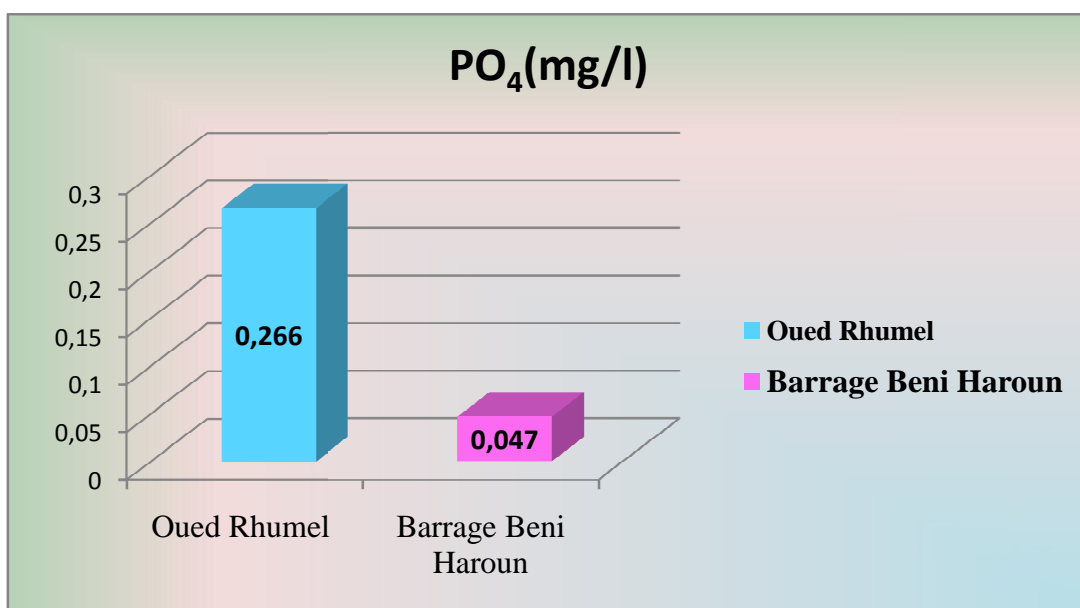
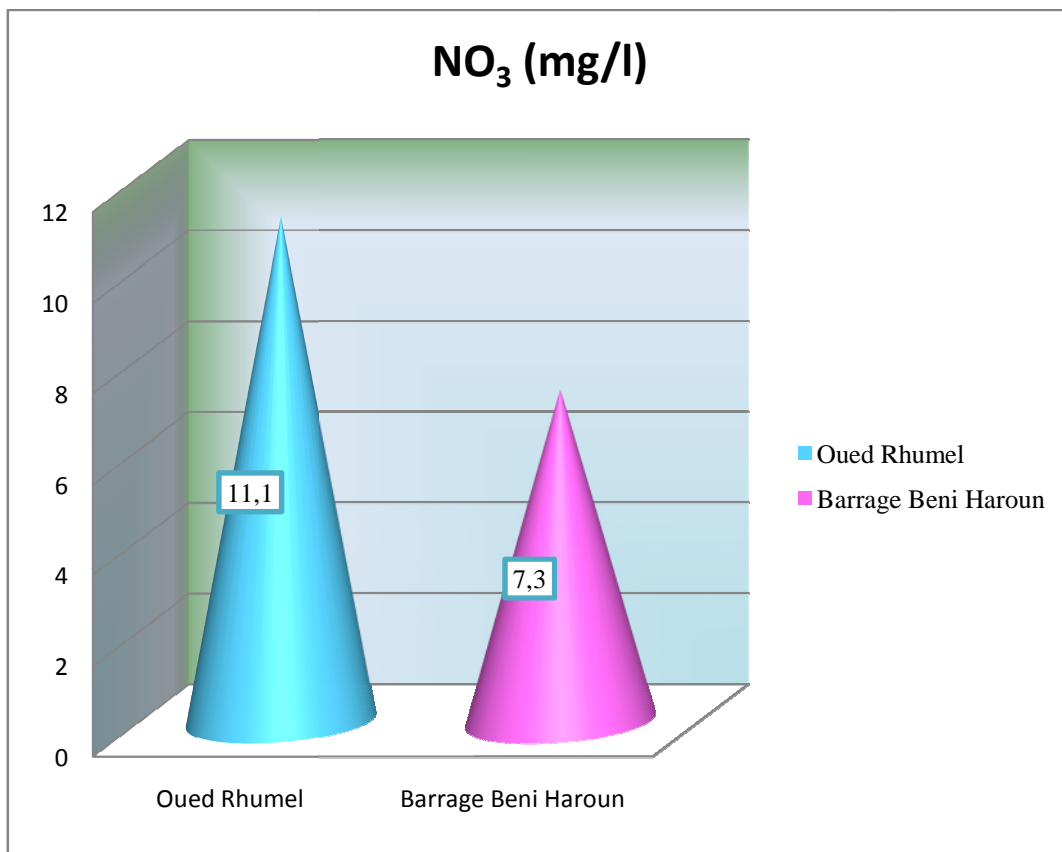


Figure43: Variation de Phosphore entre Oued Rhumel et Barrage Béni Haroun.

**f. Nitrates**

Du tableau 12, il ressort que les valeurs en nitrates du Rhumel est de 11,1 mg/l mais en parallèle, celle du barrage de Béni Haroun est de 7,5 mg/l, ce qui explique que le test d'ANOVA n'indique aucune signification entre les sites d'études.

D'après la grille de l'A.N.R.H (2012), les eaux du barrage et du Rhumel sont de bonne qualité « 5 à 25 »



**Figure44:** Variation de Nitrate entre OuedRhumel et Barrage Béni Haroun.

## II.5. Les liens entre le paramètre physique et chimique.

**Tableau 12 : Matrice de corrélation entre les variables physico-chimiques sur l'ensemble des stations d'étude.**

	PH	T	Ce	Eh	Cl	HCO <sub>3</sub>	So <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	No <sub>3</sub>
pH	1								
T	-0,616**	1							
CE	0,046	-0,474*	1						
Eh	-0,933**	0,648**	0,089	1					
Cl	0,246	-0,246	-0,012	-0,198	1				
HCO <sub>3</sub>	0,053	0,116	0,222	0,050	-0,673**	1			
SO <sub>4</sub>	0,176	-0,010	-0,351	-0,369	0,239	-0,164	1		
PO <sub>4</sub>	0,330	-0,233	0,173	-0,342	-0,062	0,315	0,266	1	
NO <sub>3</sub>	-0,102	-0,409	0,431	0,093	0,198	-0,182	-0,105	-0,174	1
** La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).									
** La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).									

On admet qu'une corrélation est significative, si la valeur de corrélation est comprise entre + 0,05 et 0,01 (relation positive) et -0,05 et -0,011 (relation négative).

Selon le tableau 13, la matrice de corrélation montre que le pH présente une liaison significative hautement négative avec T et Eh respectivement (-0,616\*\*) et (-0,933\*\*), donc aucune corrélation n'est observée avec les autres paramètres.

Cependant, une corrélation hautement positive est remarquée entre la T et Eh (0,648\*\*), ainsi qu'une corrélation significative faiblement négative entre la T et CE (-0,474), mais ne présente aucune relation significative avec les autres paramètres. Il est à signaler qu'aucune

relation significative n'existe entre la CE et les différents paramètres chimiques et physiques, exceptés la T et le pH, il en est de même pour le Eh.

Alors qu'on ne remarque aucune liaison de corrélation entre le  $\text{Cl}^-$  et les paramètres physiques, mais il y a une relation de corrélation négative hautement significative avec  $\text{HCO}_3^-$  (-0,673\*\*), mais aussi, aucune corrélation significative n'est observée parmi le reste des paramètres chimiques ( $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ).

Ce travail est inscrit dans le cadre de la protection de l'environnement, en particulier la préservation des ressources hydriques en termes de qualité. A cet effet, notre étude s'intéresse à un type d'eaux de surface, en particulier, les cours d'eau d'Oued Rhumel et le barrage Béni Haroun, du fait qu'ils sont soumis à des pressions démographique et industrielle importantes. Ainsi, pour l'étude des paramètres physico-chimiques et de la pollution anthropique, surtout que la région est à vocation agricole, plusieurs campagnes d'échantillonnage au niveau des localités limitrophes de la zone d'étude dont Oued Athmania, Oued Seguin Ain Smara, Oued Rhumel (S.O. Ibn Zaid), Oued Ouarzag et Barrage de Béni Haroun sont menées mensuellement.

Afin d'obtenir des résultats plus représentatifs, aussi possible que nécessaire, de l'état des lieux des compartiments naturels d'Oued Rhumel et du Barrage étudiés, des démarches d'échantillonnage et analytique sont prises en considération et mises en place pour mener un travail adéquat.

Ainsi, les principaux résultats obtenus montrent que certains facteurs polluants sont présents et se traduisent comme suit :

- ✚ Les eaux caractérisées par une température normale, se réchauffent de l'amont en aval.
- ✚ Le pH, est d'une légère variation de tendance alcaline.
- ✚ La conductivité électrique peut varier et se traduisant par une minéralisation excessive, indiquant une qualité d'eau médiocre.
- ✚ Les nitrates sont de variations très importantes et s'observent durant toute la période d'étude (18,0- 11,1 mg/l) ce qui indique une pollution importante des lieux.
- ✚ Les teneurs en phosphore, présentent des variations irrégulières, dans la plupart des cas sont élevées donc supérieures aux normes usuelles indiquant ainsi une qualité médiocre des eaux.
- ✚ L'analyse de la variance ANOVA a révélé des variations non significatives pour le potentiel redox ( $p=0,0861$ ), la température ( $P=0,094$ ), le pH ( $p=0,703$ ) ainsi que le  $\text{HCO}_3$  ( $p=0,622$ ), le Cl ( $p=0,443$ ), le  $\text{SO}_4$  ( $p=0,386$ ) le Phosphore ( $P=0,240$ ) et les nitrates ( $p=0,114$ ), cependant, elle est significative pour la conductivité électrique ( $p=0,031$ ).

## **Conclusion**

---

Un tel résultat indique que les eaux d'Oued Rhumel et du barrage Béni Haroun sont riches en éléments nutritifs ce qui signifie un potentiel de pollution élevé donc l'eau est d'une qualité médiocre.

# Référence Bibliographique

## Résumé

La pollution des eaux entraîne, généralement, des conséquences graves, aussi bien sur la qualité de l'environnement que sur la santé humaine et animale. Cependant, il est nécessaire, de noter que, le degré de fluctuation de certains facteurs physico-chimiques, peut être à l'origine de l'évaluation de ce fléau. L'objectif de ce travail a porté sur la détermination de la variation des paramètres physico-chimiques ( $T^\circ$ , pH, CE, Eh,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $SO_4^{2-}$  et  $NO_3^-$ ) de la zone d'étude qui s'étale de l'Oued Rhumel jusqu'au Barrage de Béni Haroun. Il faut, à cet effet, mettre en évidence que l'établissement d'un diagnostic du degré de pollution des eaux de surface des sites étudiés, reste le but primordial de ce travail. Ainsi, les résultats obtenus montrent que les carbonates présentent des teneurs stables dans le temps et dans l'espace, par contre, celles des sulfates, chlorures, bicarbonates, nitrates et phosphates varient selon les mois et les sites. Il faut signaler que, les stations d'IbenZiad et d'Oued Seguen ont enregistré, respectivement, des taux en phosphate de 0.533 mg/L et 0.377 mg/l tandis que les chlorures sont de concentrations respectives de 281,3mg/L dans la station d'Ain Smara et de 244,3 mg/L a Oued Seguen. L'importance de ces paramètres chimiques dans les sites d'étude, résulte des rejets industriels, des déversements des eaux usées et l'utilisation excessive des produits chimiques (engrais, pesticides....) en agriculture. De ce fait, pour une meilleure protection des eaux de surface et des ressources hydriques, en général, il serait important d'exploiter au mieux les stations d'épuration, de contrôler rigoureusement les effluents industriels et d'utiliser rationnellement les fertilisants agricoles.

**Mots clés :** Oued Rhumel, Barrage Beni Haroun, paramètres physico-chimiques, qualité des eaux, pollution.

## ملخص

يسبب تلوث المياه عواقب وخيمة عموماً سواء على جودة البيئة أو على صحة الإنسان والحيوان. ومع ذلك نلاحظ أن درجة تذبذب بعض العوامل الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة ودرجة الحموضة، الناقلية الكهربائية، درجة الأكسدة والإرجاع، الكلور الكربونات، البيكربونات، الفسفور، الكبريتات و النترات)، قد يتسبب في تقييم هذه الآفة. الهدف من هذه الدراسة تحديد التغيير في المعايير الفيزيائية والكيميائية لسد بني هارون و واد الرمال.

لهذا الغرض تشخيص درجة تلوث المياه السطحية، يبقى الهدف الأساسي من هذه الدراسة فقد بينت النتائج المتحصل عليها أن الكربونات لديهم مستويات مستقرة في الزمان والمكان بينما قيمة الكبريتات والكلوريدات والبيكربونات والنترات والفسفات تختلف حسب الشهر والموقع. وتجدر الإشارة إلى أن محطتي ابن زياد و واد سقان سجلت على التوالي قيمة الفوسفات من 0.533 ملغم / لتر و 0.377 ملغ / لتر في حين أن تركيز الكلور في محطة عين السمارة 244.3 ملغ / لتر يليه واد سقان 281.3 ملغ / لتر ويرجع سبب هذه الزيادة لمخلفات الصناعية وتسرب مياه الصرف الصحي والاستخدام المفرط للمواد الكيميائية (الأسمدة والمبيدات الحشرية....) في الزراعة.....

من أجل حماية أفضل للموارد المائية السطحية، سيكون من المهم تحقيق الاستفادة القصوى من محطات المعالجة وكذلك، فرض رقابة صارمة النفايات السائلة الصناعية والاستخدام الأمثل للأسمدة الزراعية.

**الكلمات المفتاحية:** سد بني هارون العوامل الفيزيائية والكيميائية. نوعية المياه. التلوث. واد الرمال .

## summary

Water pollution generally has serious consequences on the quality of the environment as well as on human and animal health. However, it is necessary to note that the degree of fluctuation of certain physico-chemical factor smaybe at the origin of the evaluation of this scourge. The objective of this work was to determine the variation of the physico-chemical parameters ( $T^{\circ}$ , pH, CE, Eh, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) A study that stretches from the Oued Rhumel to the Barrage de Béni Haroun. To this end, it is necessary to demonstrate that the main purpose of this work is to establish hadiagnosis of the degree of pollution of the surface waters of the sites studied. Thus, the results obtained show that the carbonates have stable levels over time and space, whereasthose of sulphates, chlorides, bicarbonates, nitrates and phosphates vary according to the months and the sites. It should benoted that the Iben Ziad and Oued Seguen stations recorded phosphate levels of 0.533 mg / L and 0.377 mg / l, respectively, while the chlorides were respectively 281.3 mg / L The station at Ain Smara and 244.3 mg / L at Oued Seguen. The importance of the seche mical parameters in study sites results from industrial discharges, was to water discharges and the excessive use of chemicals (fertilizers, pesticides, etc.) in agriculture. Therefore , in order to better protect surface water and water resources, it would be important to make the most of was to water treatment plants, to strictly control industrial effluents and to use agricultural fertilizer srationally.

**Key words:** Oued Rhumel, Beni Haroun dam, Physico-chemical parameters, Water quality, pollution.

# Référence Bibliographique

- \* **AissaGrouzJerbi N., (2015)** : Eutrophisation et dynamique du phosphore et de l'azote en seine: un nouveau contexte suite à l'amélioration du traitement des eaux usées. Biochimie, Biologie moléculaire. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI,P 74.
- \* **Afri-Mehennaoui F.Z., 1980** – Contribution à la caractérisation physico-chimique et biologique de l'oued Rhumel et oued Kebir.Mém en Ecologie. Univ. De Constantine, 83p.
- \* **Afri-Mehennaoui F.Z et Pauwels J.M, 1983** – Teneurs physico-chimique et présence de diatomées dans l'oued Rhumel. Mém. De la Sc. D'Hist, Nat de l'Afrique du Nord ; 13 : 131- 144, page 3,4.
- \* **Aminot, A., Chaussepied, M. (1983)**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Paris : CNEXO. 395 p.
- \* **ANDI. 2013**. Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- \* **ANB. 2007**. Agence nationale de barrage.
- \* **Anonyme, 2004**. États des lieux des sous-bassins hydrographiques.
- \* Ministère de la Région wallonne, Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement. 101p.
- \* **Anonyme, 2013**. La conservation des forêts de la wilaya de Mila.
- \* **Athmania, D., Benaissa, A., et Bouassida, M. 2009**. Colloque International Sols NonSaturés et Environnement « UNSA Tlemcen 09 ».Tlemcen.
- \* **Balzer, W. 1986** .Forms of phosphorus and its accumulation in coastalsediments of KielerBucht. Ophelia, 26:19-35.fugur2
- \* **Beniston, M., 2009**, *Changements climatiques et impact*, Lausanne : presses universitaires romandes.
- \* **Brémond R et Vuichard R, 1973**. Les paramètres de la qualité de l'eau. Ed. La documentation française. Paris. 173 p.
- \* **Bernard, B.2001**.Agence de l'Eau réalisatrice de l'étude : Agence Rhône-Méditerranée – Corse, «Aide à la Décision pour le Traitement des Plans d'Eau, Etude sur l'Eau en France» 2001
- \* **Bliefert C., et Perraud R., (2003)**.chimie de l'environnement, air, eau, sols, déchets.1<sup>er</sup> Edition. Paris
- \* **Bouzred F .,Boutouatou A ., 2005**.Evaluation des paramétrés physicochimique de l'eaux du barrage de Beni Haroun(W.MILA). Mémoire de fin d'Etude du diplôme

d'ingénieur d'état en écologie végétale et environnement, Univ Jijel, Fac des Sciences 57p.

- \* **Bouaroudj Sara. (2012).** Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation. Mémoire de Magistère en Ecologie. Univ-Mentouri Constantine. p75.
- \* **Brookes P.C., Powlson D.S., Jekinson D.S., 1984.** phosphorus in soilmicrobialbiomass. soilbiol. biochem., 14 : 319-329.
- \* **CETIC. 2009.** Centre des Techniques de l'Information et de la Communication.
- \* **CHAALAL, O.M. 2012.** Mila la wilaya .Edition, Albayazin. Alger. 209p.
- \* **C.O.R.P.E.N., 1998.** programme d'action pour la maîtrise des rejets de phosphore provenant des activités agricoles. 85
- \* **Cyrile G ., Henri G., 1973.** Les traitements des eaux de distribution. Édition cyrolles, boulevard saint 6 Germain, Paris. 76p.
- \* **Derboucheayyoub ,bounnasyoucef .2016).** évaluation de la contamination par les métaux lourds des sols irrigués par les eaux du barrage de béni haroun. spécialité : ecologie et environnement .mémoire projet .centre univ Mila
- \* **De Villers Juliette, Squilbin Marianne, Yourassowsky Catherine. (2005).** Qualité Physico- Chimique et Chimique des Eaux de Surface : Cadre General. Les données d'Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement/Observatoire des Données de l'environnement. 16p .vocabulaires de la géographie. Edition confluences. 37-47p.
- \* **Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O, Belghity D. (2010).** Caractérisation Physico-Chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued FES. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010. 12p.
- \* Direction de la pêche de la wilaya de Mila. 2017
- \* **Dorioz J.M., Trévisan D., Vansteelant J.Y., 1997.** transferts diffus de phosphore des bassins versants agricoles vers les lacs : impacts, ordre de grandeur, mécanismes. in : leau dans l'espace rural production végétale et qualité de leau. inraed., p249-264.
- \* **Faurie C ., Ferrach; Medort .j . , 2003.** PET d'eaux Ecologie approche scientifique ;5ème Edition ,p157.
- \* **Gallioz, C. 2004** Evaluation du rôle du phosphore sédimentaire dans la dynamique d'apparition des blooms d'*Alexandrium minutum* en estuaire de Penzé, Rapport de maîtrise des Sciences de l'environnement. 30p.
- \* **Gisele, E. (1978).** Climatologie pratique. Paris : Masson. 172 p.

- \* **Hamed M, Guettache A et Bouamer L., (2012)** : Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar.Mémoire du diplôme d'Ingénieur d'état. Université de Bechar. P 3.
- \* **Hoffmann Frédéric, Auly Teddy, Meyer Anne-Marie. (2014). L'eau.** Coll. les petits vocabulaires de la géographie. Edition confluences. 37-47p.
- \* Juin 2005, Lacour Joaneson, MemoireOnlinCaractérisation des substances Azotées et Phosphatées contenues dans les effluents liquides de la Ravine Bois de Chêne.
- \* **Kaldi, F Z. et Melghit T, M. 2007** – Qualité physico-chimique, pollution organique et contamination métallique (Fe, Cu, Mn et Zn) des eaux des barrages Hammam Grouz, Beni Haroun et l'oued Rhumel. Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie et Environnement, univ de Constantine, 112 p.
- \* **Kozlowski R., Kozlowska J., Grabowska L., Mankowski J., Szpakowska B ;2003** : Métaux lourds dans l'environnement, menaces et possibilités de riposte .Institut des Fibres Naturelles, Poznan, Pologne .Centre de Recherche pour l'Agriculture et la Forêt.
- \* **Melghit M. (2009).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire de Magistère en Ecologie. Université Mentouri– Constantine. 175p.
- \* **Melghit M ,2010**qualité physico-chimique,pollution organique et métallique des compartiments eau/sédiments de l'oued rhumel ,et des barrages hammam grouz et béni haroun.magistère en ecologie option :gestion des déchets.p07.
- \* **Melghit, M. 2011** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Mémoire de Magistère, Université de Constantine 1. 141p.
- \* **Mébarki A., 2005.**Hydrologie des bassins de l'Est Algérien : ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse d'état. Université Mentouri-Constantine, 306p.
- \* **Mebarki, A. 2009.** Spéciation Du Phosphore Dans Des Sédiments Aquatiques Optimisation Analytique Application Environnemental.These De Doctorat Cycle En Chimie. Option: Environnement Ressource en eau et aménagement en Algérie - Les bassins hydrographiques de l'est. O.P.U. Alger. 389p.

## Référence Bibliographique

---

- \* **Mebarki, A. 1982** Le bassin du Kébir- Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau. Thèse doctorat de 3 ème cycle, Université de Nancy II. France, 303p.
- \* **Mebarki, A. 1984** Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kébir- Rhumel, Office des Publications Universitaires. Alger 302 p.
- \* **Mebarki A ,2005**hydrologie des bassins de l'est algérien :ressources en eau, aménagements et environnement . thèse de doctorat en hydrologie .université mentouri –costantine,p39,45 ,244.
- \* **Mebarki, A. 2009.** Spéciation Du Phosphore Dans Des Sédiments Aquatiques Optimisation Analytique Application Environnemental.These De Doctorat Cycle En Chimie. Option: Environnement.
- \* **Merabet. S, 2010.** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et Distribuées du barrage réservoir de beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université mentouri de Constantine. pp 4, 5,9.
- \* **Menesguen, A., 1990.** Présentation du phénomène d'eutrophisation littorale. IfremeR, Bendor, 13-J 5 Juin 1990, Actes de Colloques, 11: 35-52.
- \* **Ménesguen A., Piriou J.Y., Dion P., Auby I., 1997.** les « mares vertes », un exemple d'eutrophisation a macro algues. les biocénoses marines et littorales Françaises des cotes atlantique, manche et mer du nord ; synthese, menaces et perspectives. collection patrimoines naturels, 18, 212-218.
- \* **Metaai, S.et Beldi, H. 2011.** Evaluation du degré de la contamination par les pesticides des eaux et des sédiments du barrage de béni Haroun (Mila). Mémoire de fin d`études .Université de Jijel. 23p. Bechar .Mémoire du diplôme d'Ingénieur d'état. Université de Bechar. P 3.
- \* **Metallaoui, S.,Maazi, M. C., Saheb, M., Houhamdi, M. et Barbraud, C. 2013.** Acomparativestudy of the diurnal behaviour of the NorthernShoveller (Anasclypeata) during the winteringseasonatGaraetHadj-Tahar (North-East Algeria) and GaraetTimerganine (Algerian highlands).167p
- \* **Musy,. 1998).** *Hydrologie*. 1er éd., Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.,EAU Introduction aux thématiques / Patricia HUGONIN © ISE, UNIGE, 2011.
- \* **Musy, A., 2004.** *Hydrologie*. 1er éd., Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

- \* **Odum, E.P., 1971.** Fundamentals of ecology. Saunders.
- \* **O.N.M .2015** : Office Nationale de la Météorologie
- \* **Pesson P., 1980** .La pollution des eaux continentales, indice sur la biocénose aquatique, Ed. Gautier Vélars Paris, p (233-234).
- \* **RGPH.2008**. Recensement général sur la population et l'habitat.
- \* **Ramade, F. 1984**. Eléments d'écologie. Ecol. frond. Ed. Mac. Grw –Hill, aris, 397p.
- \* **Remmache, I. 2006**. Potentiel en substances utiles non métalliques (gypse et sel gemme) du bassin de Mila (Algérie nord orientale). Mémoire de magistère en géologie. Université de Mentouri, Constantine. 2 p.
- \* **Rodier J, 2009**. Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. *Dunod bordas*, Paris, 9ème édition, 1526 pp
  
- \* **Sahli L., 2002** – Evaluation du niveau de contamination par le cadmium, le chrome, le plomb et le manganèse dans les sédiments, les macro-invertébrés et une plante aquatique (*Roripanasturiumaquaticum*) dans l'oued Rhumel et son affluent l'oued Boumerzoug en zone urbaine. Thèse de magister en écologie. Université de Constantine, 126 p.
- \* **Sahli L., Afri-Mehennaoui F. Z., El-Haddef El-Okki M., Férard J. F. et Mehennaoui S., 2011**. Assessment of sediment quality and pore water ecotoxicity in Kebir-Rhumel basin (NE-Algeria) a combined' approach. *Water Science and Tecnology*.64-8, 1759-1766.
- \* **Tate K.R., 1984**. the biological transformation of phosphores in soils. *plant soil*, 76 : 245-256
- \* **Teissier S., (2001)** : Bilan des transformations de l'azote en rivière. Développements méthodologiques de la mesure des flux d'interface et applications (sédiments, biofilms épiphytiques de la garonne). Thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'université Toulouse III.– Paul Sabatier U.f.r. sciences de la vie et de la terre. P 13-17.
- \* **Zouaidia, H. 2006**. Bilan des incendies de forêts dans l'est algérien cas de Mila. Constantine, Guelma et Souk-Ahras. Mémoire de Magister e en Ecologie et Environnement.6p.
- \* **Yousfi I, 2013**.-Contribution à l'étude de la pollution chimique : cas du barrage d'Ain Zada Bordj Bou Arreridj, Mémoire de master en GSEP, université Ferhat Abbes Sétif. P33

- \* **Wang, J. et Pant, H.K. 2010** .Phosphorus Sorption Characteristics of the Bronx River BedSediments, Chem. SpeciationBioavailability, 22: 171-181.
- \* **Faiza mekhalif.,2009** , reutilisation des eaux residuaires industrielles epurees comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement.

### Liste de site

- \* **Sites internet.**(al-ouahed ,2014). L'agriculture à Mila.article de magazine promotionnel de l'algerie el djazair.
- \* [http://www.eldjazaircom.dz/index.php?id\\_rubrique=329](http://www.eldjazaircom.dz/index.php?id_rubrique=329) &id-article=397712www.ceaeq.gouv.qc.ca /... / échantillonnage / piscines-bassins.htm. Février 201013. ISBN 978-2-55051958-4. Février 2010
- \* **Site environnement Canada, 2012.**  
<http://www3.ec.gc.ca>, Aquamin: Evaluation des effets de l'exploitation minière sur le milieuaquatique au Canada.

# Annexes

## Annexe I

**Tableau 01 :** qualité des eaux du Oueds Rhumel et barrage béni Haroun destiné par trois mois février, mars et avril (2017).

Stations		Oued el Athmania	Oued Seguin	Ain Samara	S.O. IbenZiad	Oueds Ouarzeg	Barrage Beni Haroun
Paramètre							
<b>Ph</b>	Minimum ± Maximum	7,00±7,29	6,75±7,67	6,88±7,57	6,89±7,51	6,85±7,58	6,78±7,58
	Moyenne ± Ecart- type	7,18±0,16	7,20±0,46	7,25±0,35	7,13±0,33	7,13±0,40	7,10±0,42
<b>T (°C)</b>	Minimum ± Maximum	18,5±20,5	15±18,2	15,±18,13	17,9±20,8	17±20,9	17,4±23,8
	Moyenne ± Ecart- type	19,33± 1,04	16,53±1,60	16,24±1,66	18,90± 1,65	18,53± 2,08	20,30± 3,24
<b>CE (µs/cm)</b>	Minimum ± Maximum	1354±1408	1699±1777	1694±1813	1536±1643	966±1307	1134±1205
	Moyenne ± Ecart- type	1375±29	1729±42	1759±60	1576±58	1153±173	1171±36
<b>Eh (mV)</b>	Minimum ± Maximum	-23,2±0,8	- 46,0±10,6	-43,7±7,7	-35,5±6,1	-46,7±10,6	-48,8±6,4
	Moyenne ± Ecart- type	12,0±139	28,4±240	26,0±270	20,8±165,5	29,6±142	28,3±90
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	Minimum ± Maximum	8,5±14	9,0±11,5	13,0±18	5,0±15	8,0±12,2	6,5±8,5
	Moyenne ± Ecart- type	10,8±2,8	10,5±1,3	15,7±2,5	8,3±5,8	10,0±2,0	7,3±1
<b>CO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	Minimum ± Maximum	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	Moyenne ± Ecart- type	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	Minimum ± Maximum	34,56±36	18±8,5	20± 33,14	60± 64,8	13,50± 15	26,2± 26,84
	Moyenne ± Ecart-	35,05±0,82	18,27±0,25	28,69±7,53	63,15±2,73	14,38±0,78	26,51±0,32

	type						
<b>Cl<sup>-</sup></b> <b>(mg/l)</b>	Minimum ± Maximum	139± 150	240± 250	270± 290	106,5± 120	142± 354	190± 284,1
	Moyenne ± Ecart- type	143,7± 5,7	244,3±5,1	281,3±10,3	113,8± 6,8	237,3±02,1	240,9±47,5
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> <b>(mg/l)</b>	Minimum ± Maximum	190±250	230± 240,0	200± 230	225± 235	220± 260	230± 245
	Moyenne ± Ecart- type	220± 30	236,7±5,8	217± 15,4	231± 5,3	238,3±20,2	238± 7,5
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b> <b>(mg/l)</b>	Minimum ± Maximum	0,033±0,07	0,050±0,9	0,022±0,40	0,30±0,9	0,030±0,50	0,030±0,06
	Moyenne ± Ecart- type	0,056 ± 0,020	0,377 ± 0458	0,152 ± 0,215	0,533 ± 0321	0,210 ± 0,254	0,047± 0,016

## Annexe II

**Tableau 02** : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation (Bouaroudj, 2012).

Nature des problèmes	Unité	Guide pour la qualité de l'eau		
		Pas de problèmes	Problèmes croissance	Problèmes graves
<b>Salinité</b> C <sub>E</sub>	mS/cm	< 0,75	0,75 – 3,0	> 3
<b>Perméabilité</b> C <sub>E</sub> SAR	mS/cm	> 0,5	1,5 – 2,0	< 2,0
Montmorillonte-Smectite		< 6	6,0 – 9	> 9
Illite-Vermiculite		< 8	8 – 16	> 16
Kaolinite-Sesquioxides		< 16	16 – 24	> 24
<b>Toxicité spécifique de certains ions</b> Sodium (Na)				
Irrigation de surface	SARaj.	< 3	3,0 – 9	
Irrigation par aspersion	meq/1	< 3	9	< 9
<b>Chlore (Cl-)</b>				
Irrigation de surface	mg/1	< 141,6	141,6– 354	< 354
Irrigation par aspersion	mg/1	< 106,2	106,2	
<b>Effets divers</b> Azote (NO <sub>3</sub> -)	mg/1	< 5	5,0 – 30	< 30
Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> avec aspersion)	mg/1	< 91,5	91,5–518,5	> 518,5
<b>pH</b>		<b>Gamme normale : 6,5 – 8,4</b>		

### Annexe III

**Tableau 03 : Classe de qualité des eaux du surface (ARNH.2012)**

Paramètres	Unités	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive	Résultats moyens des eaux du barrage H.Boughrara
Température de l'eau	°C	<20	20 à 22	22 à 25	25 à 30	30	18.9
pH	-	6.5 à 8.5	-	6 à 6.5 ou 8.5 à 9	5.5 à 6 ou 9 à 9.5	<5.5 ou >9.5	8.18
Conductivité	µS/cm	<400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000	3000	1500
M.E.S	mg/l	<30	-	-	30 à 70	70	
Oxygène dissous	mg/l	7	5 à 7	3 à 5	<3	-	9.20
Taux de saturation	%	90	70 à 90	50 à 70	<50	-	98.16
Chlorure	mg/l	<100	100 à 200	200 à 400	400 à 1000	1000	960
NH4	mg/l	<0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	8	1.73
NO3	mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 100	100	3.08
NO2	mg/l	-	0 à 0.01	0.01 à 0.1	0.1 à 3	3	0.48
PO4	mg/l	<0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 1	1 à 5	5	1.01