

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la  
Recherche Scientifique

Université de 20 Août 1955  
Skikda

وزارة التعليم العالي  
والبحث العلمي

جامعة 20 أوت 1955  
سكيكدة

Faculté des Sciences

Domaine D04 : Sciences de la Nature et de la Vie - SNV-

Filière : Ecologie et Environnement

Option : Protection des Ecosystèmes

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

Thème :

**Monitoring des Eaux de Surface au Niveau de  
Skikda**

**(Oued El Zeramna)**

Présenté par :

- LAMRI ABD EL KARIM
- MANA MOUHAMED RAMZI
- REDJEM MAHFOUD
- ROUABHIA OTMAN

Devant le jury:

Dr.FEKRACHE Fadila	M CA	Univ. 20 Août 1955 Skikda	Présidente
Dr.HADJOUJJA Nawel	MCB	Univ. 20 Août 1955 Skikda	Examinatrice
Dr.ZAOUI Lilia	M CA	Univ. 20 Août 1955 Skikda	Encadreur

Année Universitaire :  
2021 /2022

## Remerciements

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciement à ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces longues années d'études pour en arriver là.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à Mme Zaoui.L notre conseiller scientifique, pour son encadrement et qui nous a guider dès le premier jour du démarrage de ce mémoire, qui a suivi régulièrement l'avancement de notre travail avec patience plein de soutien et d'encouragement.

Nous remercions les membres du jury de s'être intéressés à notre sujet de recherche Dr.Hadjouja.N qui a accepter d'examiner notre travail et à Dr.Fekrache.F de nous avoir faite l'honneur de le présider.

Enfin nous tenons à remercier profondément toutes les personnes qui, matériellement ou moralement, de près ou de loin, ont contribué à l'achèvement de ce travail.

## LISTE DE FIGURE

N°Fig.	Nom du Figure	Page
Chapitre 1		
1	Molécule d'eau	4
2	Les différentes phases du cycle de l'eau.	5
Chapitre II		
3	Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	7
4	Carte topographique du site de travaille	15
5	Grafe presente la Températures moyennes mensuelles	16
6	Graphe presente precepitatin moyennes mensuelles	17
7	Graphe presente Vitesses moyennes des vents	18
8	Conductivimètre du GL1K.	19
9	PH mètre de GL1K.	20
10	Turbidimètre du GL1K.	21
11	System de filtration sous vide	21
12	Etuve	22
13	Changement de couleur d'échantillon après titrage par H2SO4.	23
14	Changement de la couleur de l'échantillon après titrage par l'EDTA	24
15	Changement de la couleur d'échantillon après titrage par l'EDTA	25
16	Changement après titrage par KMnO4.de la couleur	26
17	Changement de la couleur des chlorures après titrage	27
chapitre III		
18	Représentation graphique des variations du Ph	28
19	Représentation graphique des variations de la conductivité électrique	29
20	Représentation graphique des variations de température	30
21	Représentation graphique de la variation de turbidité	31
22	Représentation graphique des variations de la matière organique	32
23	Représentation graphique des variations de TDS	33
24	Représentation graphique des variations de MES	35
25	Représentation graphique des variations de bicarbonates	36
26	Représentation graphique des variations de Carbonate	37

27	Représentation graphique des variations de Calcium	38
28	Représentation graphique de la variation de Magnésium	39
29	Représentation graphique des variations de Chlorures	40
30	Représentation graphique des variations des Nitrites	41

## LISTE DES TABLEAUX

N°Tab	Nom du Tableaux	Page
chapitre I		
1	principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	4 . 5
chapitre II		
2	Températures moyennes mensuelles en °C (2021)	13
3	Précipitations moyennes mensuelles en mm (2021)	14
4	Vitesses moyennes mensuelles des vents en km/h (2021)	14
chapitre III		
5	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de surface du l'oued El Zeramna	26

# **SOMMAIRE**

**Remerciements**

**Liste des Figures**

**Liste des Tableaux**

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 Qualité des Eaux .....</b>	<b>4</b>
➤ <b>Généralité sur l'eau .....</b>	<b>5</b>
1. <b>Définition de l'eau.....</b>	<b>5</b>
2. <b>Le cycle de l'eau.....</b>	<b>5</b>
3. <b>Définition de monitoring.....</b>	<b>6</b>
4. <b>Ressources en eau.....</b>	<b>7</b>
4.1.1 <b>Les eaux de surface .....</b>	<b>7</b>
4.1.2 <b>Les eaux souterraines.....</b>	<b>7</b>
5. <b>Qualité de l'eau .....</b>	<b>8</b>
6. <b>Paramètres organoleptiques de l'eau.....</b>	<b>9</b>
6.1.1. <b>La couleur :.....</b>	<b>9</b>
6.1.2. <b>Le goût .....</b>	<b>9</b>
6.1.3. <b>L'odeur .....</b>	<b>9</b>
6.1.4 <b>La turbidité .....</b>	<b>9</b>
7. <b>Paramètres physico-chimiques :.....</b>	<b>10</b>

7.1.1 La température .....	10
7.1.2 Le pH .....	10
7.1.3 La conductivité .....	10
7.1.4. L'oxygène dissous .....	10
7.1.5. La dureté .....	11
7.1.6 Les chlorures .....	11
7.1.7. Matières en suspension .....	11
7.1.8. Salinité.....	12
8. Les usages de l'eau.....	12

## **CHAPITRE 2 MATERIELS ET METHODES..... 14**

1. Présentation de la zone d'étude.....	15
2. Situation Géographique .....	15
3. Situation climatique.....	16
3.1. Introduction.....	16
3.2. Facteurs climatiques .....	17
3.3. Températures (T) .....	17
3.4. Précipitations (P) .....	17
3.5. Le Vent.....	18
4. Protocol d'échantillonnage.....	19
4.1. Echantillonnage des eaux de surface (eaux courante)...	19
5. Méthodes d'analyse.....	19
5.1. Caractérisation de la qualité des eaux.....	19

❖ Détermination de la conductivité électrique et le taux des sels dissous (TDS).....	20
❖ Détermination du pH.....	20
❖ Détermination de la turbidité.....	21
❖ Détermination de MES (matière en suspension).....	22
❖ Détermination de l'alcalinité de TA et TAC .....	23
❖ Détermination de la dureté calcique ( $\text{TH}_{\text{Ca}^{2+}}$ ).....	24
❖ Détermination de la dureté totale de l'eau ( $\text{TH}_T$ ).....	26
❖ Détermination des nitrites.....	26
❖ Détermination des chlorures (Argentimétrie).....	27
❖ Détermination des matières organiques.....	28
<b>CHAPITRE 3 RESULTATS DUSCUTION.....</b>	<b>30</b>
1. Introduction.....	31
2. Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued El Zeramna.....	31
3. Variation des valeurs du pH .....	32
4. Variation des valeurs de la conductivité .....	33
5. Variation des valeurs de la température .....	34
6. Variations des valeurs de la turbidité.....	34
7. Variations des valeurs de matière organique .....	36
8. Variation des valeurs des taux des solutés dissoutes (TDS).....	36
9. Variation des valeurs de la matière en suspension.....	37
10. Variation des valeurs de Bicarbonates.....	38
11. Variation des valeurs de carbonates.....	39
12. Variation des valeurs de calcium.....	40
13. Variation des valeurs de magnésium.....	41

14. Variation des valeurs de chlorures.....	42
15. Variation des valeurs de nitrites.....	43
3. DISCUSSION.....	44
4. CONCLUSION.....	47
Résumé .....	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	50

# **INTRODUCTION**

L'eau est le composé le plus abondant sur la surface du globe. Un des facteurs majeurs qui gouvernent le développement des sociétés humaines est la préoccupation d'obtenir et de maintenir une provision adéquate d'eau (Debbih et Naili, 2015).

L'abondance de l'eau sur notre globe est étroitement liée à la nature du cycle hydrologique qui par définition est une succession de deux phénomènes purement climatiques qui sont respectivement les précipitations et l'évaporation. Malgré la difficulté que l'on rencontre pour les mesurer à pareille échelle, on peut tout de même admettre que ces deux phénomènes s'équilibrent à l'échelle mondiale étant donné qu'il n'y a pas de tendance d'accumulation dans l'atmosphère (Souici & Aidel, 2021)

En effet, la majeure partie de notre planète est recouverte d'eau. Près de 510 million de kilomètre carres. Cela résulte en partie du fait de l'absence d'une réparation régulière et harmonieuse des pluies annuelles moyennes à travers toutes les zones de ce globe. A en croire les chiffres, on avancera que ces précipitations varient de puis des valeurs très faibles moins de 100 mm /an, dans les zones arides jusqu'à plus de 2500 mm/an, dans certaines régions de la zone équatoriale (Chetatha, 2016).

Eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont également très sensibles à la pollution minérale et organique (Souici & Aidel, 2021).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés de dans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de cela que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Debbih et Naili , 2015) .

L'objectif de notre travail est le suivi des caractéristiques physicochimiques relatives à la qualité des eaux de surfaces de l'Oued El Zeramna (wilaya de Skikda). Dans ce cadre on a structuré ce mémoire en 3 chapitres :

- Le premier chapitre est consacré sur une étude bibliographique consacré aux généralité sur l'eau et leur qualité.
- Le second chapitre Matériels et Méthodes présente une description de la zone d'étude avec la méthodologie adoptée en analyse.
- Le troisième chapitre présente les résultats obtenus avec une discussion.

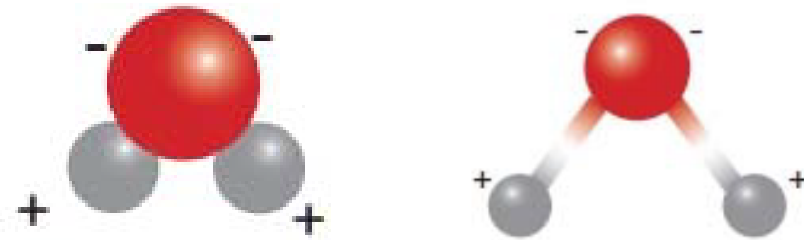
Nous finalisons ce mémoire avec une conclusion générale.

**CHAPITRE 1**  
**QUALITE DES EAUX**

### 1. Définition de l'eau

L'eau appelée aussi Oxyde de dihydrogène, elle est partout présente dans la nature. C'est un composé liquide incolore, inodore, sans saveur, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarisation et sa composition de différents sels minéraux, de pH neutre et c'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (Bernard, 2007).

L'eau est un corps pur dont la molécule est composée de deux atomes d'hydrogène (H) liée à une atome d'oxygène (O). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O. Voici deux représentations de la molécule d'eau.



**Figure 1:** Molécule d'eau.

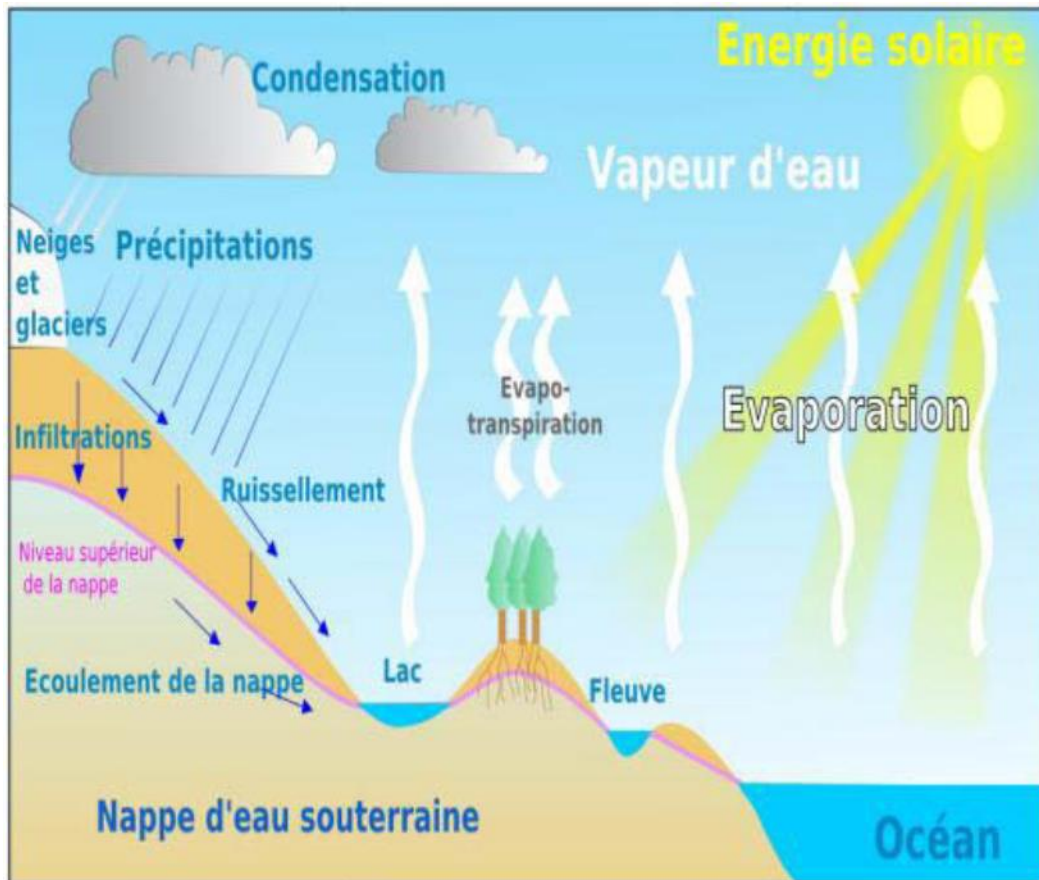
Généralement l'être humain peut pas survivre plus de 2 jours sans eau ; on peut perdre 40% de son poids corporel, tout le glycogène, toute la graisse, la moitié de ses protéines et survivre encore. Mais la perte de 10% d'eau corporelle entraîne de graves conséquences surtout chez les nourrissons et les enfants. La perte de 20% entraîne la mort.

### 2. Le cycle de l'eau

L'eau recouvrant 72% de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de km<sup>3</sup> dans la biosphère. Ce volume est constant et stable depuis 3 milliards d'années. L'eau suit de façon perpétuelle un cycle de renouvellement à l'échelle terrestre (Lelercet *all* 1977).

La source principale d'eau douce provient de l'évaporation, sous l'effet du soleil, des océans, rivières et des lacs, ainsi que l'évapotranspiration des végétaux. Cette vapeur d'eau se condense

dans l'atmosphère, retombe sous forme de précipitations pluvieuses ou neigeuses et parvient aux cours d'eau soit : directement par ruissellement ou indirectement par infiltration : Stockage dans les nappes, les puits et les restitutions aux cours d'eau à la faveur des exigences (Vilagines ; 2000).



**Figure 02** : les différentes phases du cycle de l'eau. (MOUFFOK, 2008).

### 3. Définition de monitoring

Ensemble de techniques permettant d'analyser, de contrôler, de surveiller soit, en électronique, la qualité d'un enregistrement, soit, en médecine, les réactions physiopathologiques d'un patient.

- La limnimétrie recense et enregistre toutes les données concernant le niveau de l'eau ainsi que les paramètres météorologiques (températures, précipitations). Les données de

niveau d'eau sont ensuite converties en débit par l'utilisation de courbes d'étalonnage qui doivent régulièrement être mises à jour et validées.

Les données relatives à la qualité de l'eau ont également un rôle très important car elles permettent, entre autres, d'évaluer l'amélioration de l'état général des masses d'eau.

### 4. Ressources en eau

La plus grande partie de l'eau sur terre est constituée des océans et des mers. La quantité d'eau douce n'atteint pas 3% dont les 2/3 se trouvent sous forme de glace dans les calottes polaires et les glaciers. L'eau douce contenue dans le sous-sol, les lacs, les rivières, les courants, les étangs et les marais représente moins de 1% de tout le stock mondial d'eau

#### 4.1.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont constituées par les eaux de mer, des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement. (Debabza,2005)

Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone (Degremon, 2005).

Cette source est caractérisée par des pollutions microbiennes et chimiques maximales. C'est la raison pour laquelle elles sont l'objet d'un classement permettant théoriquement d'éliminer les plus contaminées et de sélectionner les plus pures d'entre-elles pour en faire des eaux d'alimentation. Ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de populations ou très industrialisées. (Vierling, 2003)

#### 4.1.2. Les eaux souterraines

On trouve les eaux souterraines sous la plupart des terres émergées du globe. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (Cardot 1999).Elles restent jusqu'à présent les meilleurs ressources en eau potable (Margat 1992).

**Tableau 1** : principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines .

Caractéristiques	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Variable suivant saisons	Relativement constant
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...etc.	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Eléments vivants	Bactéries, virus	Ferro bactéries fréquentes

### 5. Qualité de l'eau :

La qualité de l'eau fait référence aux caractéristiques chimiques, physiques et biologiques de l'eau en fonction des normes d'utilisation. Il est le plus souvent utilisé en référence à un ensemble de normes par rapport auxquelles la conformité, généralement obtenue grâce au traitement de

l'eau, peut être évaluée. Les normes les plus couramment utilisées pour surveiller et évaluer la qualité de l'eau portent sur la santé des écosystèmes, la sécurité du contact humain, l'étendue de la pollution de l'eau et l'état de l'eau potable. La qualité de l'eau a un impact significatif sur l'approvisionnement en eau et détermine souvent les options d'approvisionnement.

### 6. Paramètres organoleptiques de l'eau :

#### 6.1.1. La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45  $\mu\text{m}$ . Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs -réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Rodier et al., 2009).

#### 6.1.2. Le goût :

Le goût peut être défini comme :

- l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ;
- la propriété des produits provoquant ces sensations (Rodier 2009).

#### 6.1.3. L'odeur :

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines de ces substances volatiles : la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune substances (Rodier 2009).

#### 6.1.4. La turbidité :

La Turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier 2009).

### 7. Paramètres physico-chimiques :

Les caractéristiques physico-chimiques sont des paramètres facilement mesurables d'une façon continue par des sondes installées dans des stations d'observation des qualités des eaux (GAUJOU, 1995).

#### 7.1.1. La 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 la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa 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 et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (HAMED et al, 2012).

#### 7.2. Le PH :

Le pH est un indicateur de pollution qui mesure la nature de l'eau. Les eaux naturelles ont un pH voisin de 7, le plus souvent compris entre 6 et 8. Plus le pH est bas, plus la solution est dite acide. Plusieurs espèces de poissons et autres organismes aquatiques ne peuvent pas supporter une eau trop acide. La pollution atmosphérique et les précipitations acides demeurent la plus importante source d'acidité des plans d'eau (M. D. D. E. P, 2006 ).

L'eau de mer est alcaline, elle est généralement de l'ordre de 8 (Bradai, 1994).

#### 7.3. La conductivité :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Ce paramètre donne une indication de la concentration totale de l'eau en ions. Comme une grande partie des sels dissous dans l'eau s'y trouvent sous forme d'ions (chlorures, nitrates, sodium, calcium, sulfures etc.). Les variations de ces concentrations peuvent avoir des impacts sur le milieu naturel. (Bradai, 1994).

#### 7.3. L'oxygène dissous :

Les concentrations en oxygène dissous constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique (Merabet, 2010 ).

La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments (Merabet, 2010).

Les facteurs pouvant mener à une réduction de l'oxygène dissous sont l'augmentation de la température de l'eau et la décomposition de grandes quantités de matière organique. La rapidité d'une rivière ou les brassages printanier et automnal des lacs permettent au plan d'eau de renouveler leurs réserves d'oxygène (M. D. D. E. P, 2006).

### **7.4. La dureté :**

La dureté ou titre hydrométrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plus part des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentrations en  $\text{CaCO}_3$  (Rodier, 2009).

### **7.5. Les chlorures :**

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer. Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3mg/l. La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Ils chlorures participent à la conductivité électrique des cours d'eau. Le niveau guide de la concentration en chlorures des eaux destinées à la consommation humaine est de : 25mg/l. Les ions  $\text{Cl}^-$  participent dans la formulation moléculaire de  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ , et  $\text{HCl}$ . Et les sels ont la propriété de déposer sur les parois de la tuyauterie et provoquent un bouchage (Chevallier, 2007).

### **7.6. Matières en suspension :**

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières

organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres microorganismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par conséquent pour la photosynthèse, elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...) (Merabet, 2010).

### 7.7. Salinité :

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin (Aminot & Chaussepied, 1983). Elle correspond à la masse de sels contenue dans 1 kg d'eau de mer. On évalue maintenant la conductivité et on l'exprime en UPS : Unité Pratique de Salinité, qui équivaut approximativement à 1 mg/g de sel. La salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 UPS, soit 35g/kg, celle des eaux saumâtres est de 5 à 18 UPS et celle des eaux douces est inférieure de 0,5 UPS (Chevallier, 2007).

## 8. Les usages de l'eau

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants : hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau :

- **Les usages domestiques (dont l'alimentation en eau potable) :** en moyenne, chaque être humain consomme 150 litres d'eau par jour. L'essentiel de l'eau consommée est utilisé pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne représentent que 7% de notre consommation totale. En plus, il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe : écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues, fontaines dans les villes...
- **Les usages agricoles :** l'agriculture est la principale source de consommation d'eau, essentiellement à des fins d'irrigation. A noter que l'aquaculture (algues, mollusques, crustacés et poissons) est assimilé aux activités agricoles.

- **Les usages industriels** : l'eau est au cœur de nombreux processus industriels. Elle est aussi très utilisée pour le lavage et l'évacuation des déchets, pour le refroidissement des installations ou pour faire fonctionner les chaudières. Le refroidissement des installations représente l'essentiel de l'utilisation industrielle.
- **Les usages énergétiques** : les barrages, les conduites forcées captant des sources et les centrales hydroélectriques équipées de turbines. L'eau sert aussi pour refroidir les centrales thermiques et nucléaires, qui la rejettent plus chaude (on parle alors de pollution thermique) ou l'évaporent. Enfin, les calories de l'eau souterraine sont utilisées pour les installations de géothermie (basse ou haute température).
- **Les usages liés aux loisirs** (la voile, le ski nautique, la plongée, la baignade, le canoë-kayak et la pêche, les piscines et stades nautiques, les bains d'eau chaude naturelle, les stations de ski en hiver et les patinoires).
- **Les usages liés à la santé** : Il s'agit des cures thermales, de la thalassothérapie. **(6)**

**CHAPITRE 2**  
**MATERIELS ET METHODES**

L'étude expérimentale a été réalisée sur les eaux de surface d'Oued El Zeramna (wilaya de Skikda). Le travail réalisé est un monitoring des caractéristiques physico-chimiques pour établir un diagnostic de la qualité des eaux, il est recommandé de connaître la composition chimique de cette eau donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

### **1. Présentation de la zone d'étude**

La région étudiée est située dans la partie Nord-est de l'Algérie dans le territoire de la wilaya De Skikda. Durant ces dernières années, elle a connu un développement socio-économique important avec pour conséquent des différents rejets abondants, non traités, dans les cours d'eau ce qui entraîne la contamination des eaux de surface et indirectement celle des nappes aquifères. Cette situation est bien visible sur le terrain objet de la présente étude, Oued El Zeramna qui draine à travers plusieurs communes Bouchtata el Hadeiket le centre ville jusque à ce qui il coule à oued el Safsaf.

### **2. Situation Géographique**

- Oued El Zeramna est un flux (class H - hydrographique) en Wilaya de Skikda à 32 mètres d'altitude.
- Oued El Zeramna est l'un des principaux cours d'eau de la wilaya de Skikda qui est située au centre de la wilaya, passe par plusieurs communes Bouchtata el Hadeik et le centre ville puis il coule à oued el Safsaf.

Les coordonnées géographiques du Oued El Zeramna sont 36°52'4" N et 6°55'24" E en DMS (degrés, minutes, secondes) ou 36.8678 et 6.92333 (en degrés décimaux). La position UTM est LF18 et la référence Joint Opération Graphics est NJ32-13.

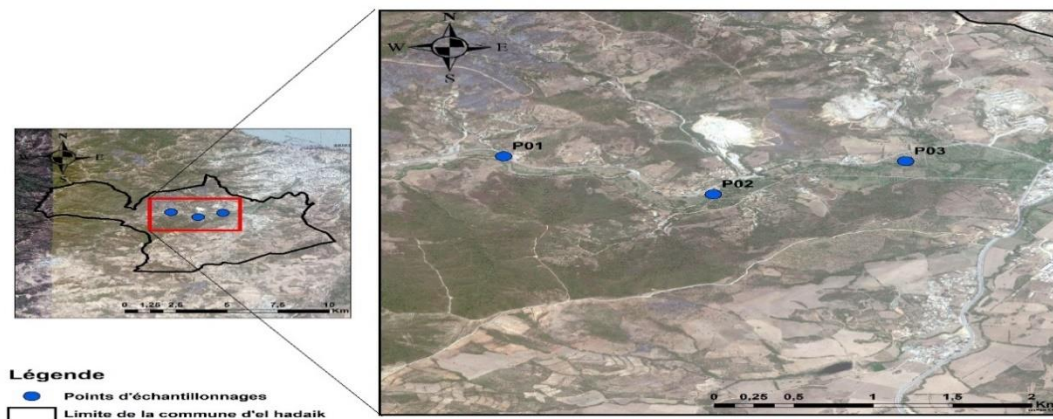


Figure 4 : Localisation géographique de la zone d'étude

### 3. Situation climatique

#### 3.1 Introduction

L'établissement d'un bilan hydrique est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, implique la connaissance des paramètres suivants : les températures, les précipitations,... etc, qui conditionnent le bilan et la détermination du type de climat qui règne dans la région concernée. Cette étude est nécessaire pour bien comprendre les mécanismes d'échange et de circulation des eaux superficielles. L'étude des caractéristiques climatologiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des 11 mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour cela, l'élaboration du bilan hydrique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface. De plus, toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations, car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des cours d'eaux ainsi que celui des nappes. Dans les mécanismes de pollution, l'infiltration et le ruissellement entraînent de manière très différente les polluants, aussi dans le domaine agricole l'infiltration permet l'entraînement en profondeur des fertilisants et des pesticides. Dans le cas de ruissellement les déchets liquides sont entraînés dans les cours d'eau (les oueds) avec une dilution proportionnelle aux précipitations. Sous l'influence conjuguée de la mer, du relief, du sol et de la latitude, des zones climatologiques. Le climat de la zone d'étude est de type

méditerranéen, caractérisé par deux saisons distinctes, une humide et douce, et l'autre chaude et sèche (Zaoui, 2017)

### 3.2 Facteurs climatiques

L'étude du climat se base sur les mesures aux différentes stations d'éléments météorologiques divers et parmi les plus importants nous citons les précipitations et la température.

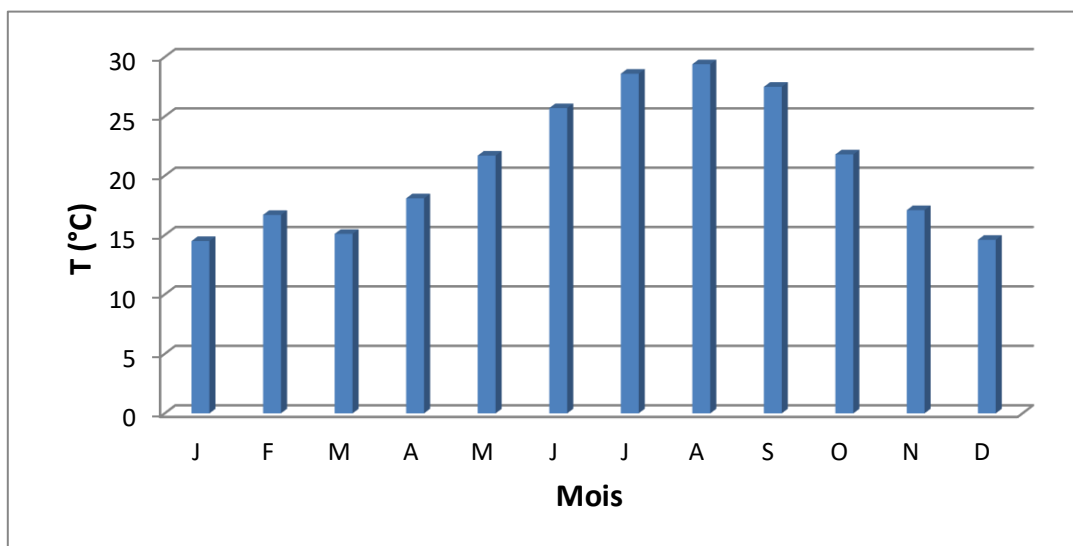
### 3.3 Températures (T)

Les températures sont le deuxième facteur important dans l'étude climatique en agissant directement sur le phénomène d'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier.

Les températures moyennes mensuelles mesurées dans les deux stations sur une période d'observations de l'année 2021 sont reportés dans le tableau 1 :

**Tableau 1: Températures moyennes mensuelles en (°C).**

Les mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Temerature	14.5	16.7	15.5	18.1	21.7	25.7	28.6	29.4	27.5	21.8	17.1	14.6



**Source :** Station météorologique du port de Skikda, 2021.

**Figure 3: Histogramme des Températures moyennes mensuelles (Skikda, 2021).**

### 3.4 Précipitations (P)

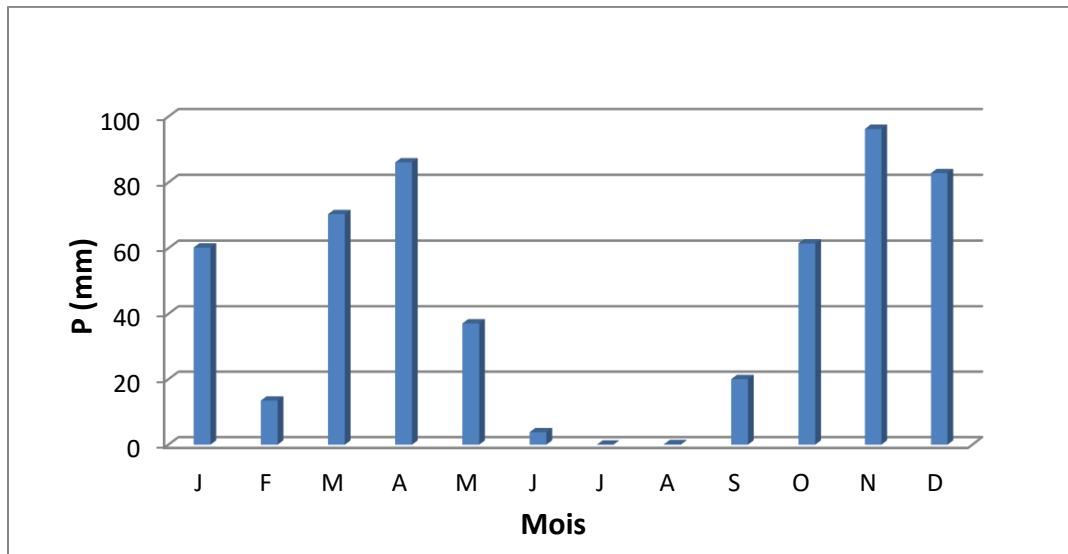
La précipitation est un facteur très important, qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement sur le régime des cours d'eaux et l'alimentation des nappes aquifères.

Les hauteurs des pluies moyennes mensuelles enregistrées durant les périodes d'observation (2021) sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2: Précipitations moyennes mensuelles en mm.**

Les mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Precipitation	60.21	13.46	70.35	68.09	37.07	3.81	0	0.51	20.3	61.46	96.27	82.82

**Source :** Station météorologique du port de Skikda (2021).



**Figure 4: Histogramme des Précipitations moyennes mensuelles (Skikda, 2021).**

### 3.5 Le vent (V)

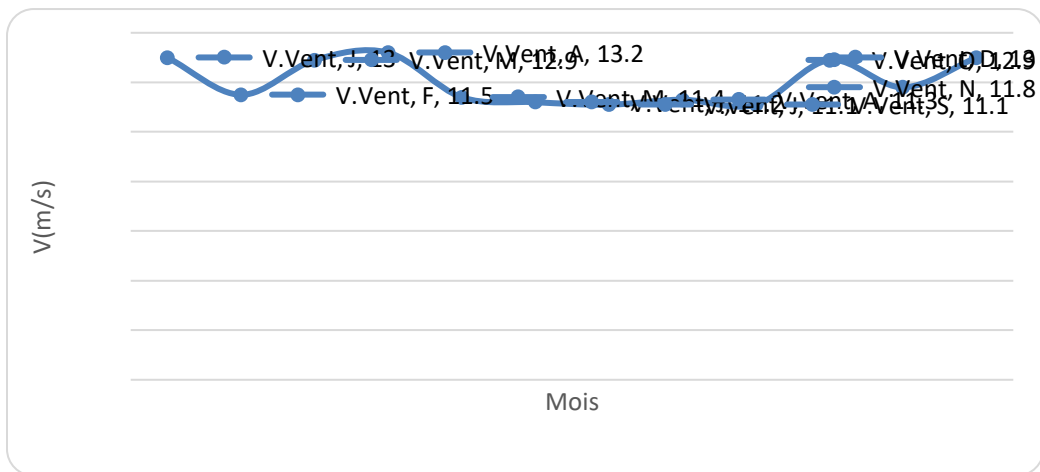
Le vent est l'un des facteurs les plus déterminants des régimes pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat. La connaissance de ce paramètre est très importante dans la limite des propositions de l'irrigation pour une meilleure utilisation de la double ressource sols et eaux.

Les données de la station du port de Skikda de l'année 2021 et concernant les moyennes mensuelles de la vitesse des vents sont illustrées dans le tableau 3

**Tableau 3: Vitesse moyennes mensuelles des vents en m/s.**

Les mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
V.Vent	13	11.5	12.9	13.2	11.4	11.2	11.1	11.3	11.1	12.9	11.8	13

**Source :** Station météorologique du port de Skikda (2021).



**Figure 5: Courbe des vitesses moyennes mensuelles des vents (Skikda, 2021).**

D'après ces tableaux on peut conclure qu'il existe deux périodes:

- Une période hivernale s'étale du mois de Novembre au mois d'Avril caractérisée par des précipitations importantes d'ordre de 514,35 mm à la station.
- Une période estivale qui s'étale du mois Mai au mois d'Octobre.

#### 4. Protocol d'échantillonnage

##### 4.1 Echantillonnage des eaux de surface (eaux courante)

L'échantillonnage a pour but de fournir une information qualitative et quantitative et de précises les propretés des systèmes étudié.

Pour atteindre cet objectif, deux (02) campagnes de prélèvement et d'analyses ont été réalisées, la première se rapporte au mois de Janvier et l'autre concerne le mois de Mars. Trois sources réparties a travers l'Oeud El Zeramna dans la region de Skikda qui ont fais l'objet d'analyse chimique effectuée en laboratoire de GLIK de Skikda

Le prélèvement peut être réalisé manuellement à l'aide d'un matériel simple tels que les flacons propre en verre ou polythène d'une capacité de 50 à 1000 ml.

#### 5. Méthodes d'analyse

##### 5.1 Caractérisation de la qualité des eaux

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées afin de caractériser la qualité des eaux brutes échantillonnées dans oued El-Zeramna

### ❖ Détermination de la conductivité électrique et le taux des sels dissous (TDS)

La conductivité électrique d'une eau au passage du courant électrique est fonction directe de la concentration ionique de la solution. Sa détermination donne donc une mesure indirecte des substances dissoutes.

Et cela se présente très bien pour un contrôle rapide du grade de pureté de l'eau.

La mesure du total des solides dissous (TDS) permet d'avoir une idée sur la quantité des sels dissous contenus dans l'eau.

#### **Mode opératoire:**

Laver soigneusement l'électrode, et plonger la dans l'échantillon, lire la conductivité, le résultat est exprimé en  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ou  $\text{M}\Omega/\text{cm}$ .



**Figure 8 :** Conductivimètre du GL1K.

### ❖ Détermination du pH

Mesure de l'acidité, de l'alcalinité ou de la neutralité d'une solution aqueuse, exprimée par le logarithme (base 10) de l'inverse de la concentration de la solution en ions hydronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) exprimée en mole/l.

Le pH varie entre 0 et 14; 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide que son pH (inférieur à 7) est plus près de 0 et d'autant plus alcaline que son pH (supérieur à 7) est plus près de 14. Une eau à  $\text{pH} = 2$  contient 10 000 fois ( $10^4$ ) plus d'ions hydronium (et est 10 000 fois plus acide) qu'une eau à  $\text{pH}=6$ .

Le pH varie en fonction de la température et se mesure à l'aide d'indicateurs colorés, ou mieux, par électrométrie (mesure fine de différences de potentiel électrostatique) à l'aide d'un pH-mètre.

### Mesure du pH:

Le pH est un indicateur du milieu des liquides analysés (acide, basique ou neutre). Il permet de faire une estimation très rapide de l'analyse qualitative.

La mesure consiste en l'introduction d'une électrode dans la solution à tester.

Le principe est basé sur la différence de potentiel de l'électrode immergée par rapport à une référence et à une température donnée.

Le pH-mètre est calibré avec des solutions standards dont le pH est connu et l'on trace une courbe d'étalonnage.



Figure 9 : pH mètre de GL1K.

### ❖ Détermination de la turbidité

#### Première étape

-Pousser le bouton ON.

#### Deuxième étape

-Rincez trois fois l'intérieure d'une cuvette propre avec l'échantillon à examiner.

-Remplissez la cuvette avec l'échantillon. Remplacez le couvercle qui bloque la lumière et assurez vous que toutes les surfaces sont propres, secs et sans taches.

#### Troisième étape

-Insérez la cuvette dans la cage d'optique et tournez lentement la cuvette un tour complet (360°) en cherchant la valeur la plus basse.

#### Quatrième étape

-Enregistrer la valeur NTU.



Figure 10 : Turbidimètre du GL1K.

❖ *Détermination des MES (matière en suspension)*

Présente la quantité de pollution organique et minérale non dissoute dans l'eau. Les MES sont responsables de l'ensablement et de la baisse de la lumière dans l'eau, ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et une chute de la productivité du phytoplancton de l'écosystème aquatique.

- prenez 100 ml d'échantillon.
- Pesez le filtre P<sub>0</sub> à l'aide d'une balance.
- Placer le filtre sur le système de filtration sous vide.
- Filtrer les 100 ml d'échantillon.
- Sécher le filtre à 105°C pendant 2 heures dans une étuve.
- Refroidissez dans un dessiccateur.
- Pesez le filtre P<sub>1</sub>.

$$\text{MES (g/l)} = (P_1 - P_0) \times 1000$$



**Figure 11 :** system de filtration sous vide.

**Figure 12:** Etuve.

### ❖ *Détermination de l'alcalinité TA et TAC*

Les valeurs relatives du TA et TAC permettent de connaître les quantités d'hydroxydes et de carbonates, ou de bicarbonates alcalins ou alcalino-terreux dans l'eau.

L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution titrée de  $H_2SO_4$  en présence soit de phénol phtaléine (TA ou titre alcalimétrique simple) ou de méthyle orange (TAC ou titre alcalimétrique complet).

Le virage de la phénolphtaléine (rose – incolore) se produit dès que le pH est égal à 8,6. A ce moment, les réactions (1) et (2) sont complètes et la réaction (3) commence à ce pH avec apparition de  $CO_2$  dans la solution.

Le TA permet donc de déterminer en bloc le dosage d'hydroxydes et seulement la moitié des carbonates.

Le virage du jaune à l'orange du méthyle orange se produit pour un pH de 4,5 dès qu'il y a une trace d'acide fort libre, et lorsque la réaction (3) est complète. Le TAC permet la détermination de la teneur en bicarbonates.

### **Réactifs:**

- Acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) à 0,04N.
- Phénolphtaléine à 5 g/l.
- Hélianthine à 5 g/l.

### **Mode opératoire :**

Prendre une prise d'échantillon de 200 ml, ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine à 5g/l, deux cas peuvent se présenter :

#### *Premier cas*

La solution reste incolore :  $TA = 0$ .

Ajouter quelques gouttes d'hélianthine à 5 g/l, la solution se colore en jaune.

Doser avec une solution d'acide sulfurique à 0,04 N jusqu'à la coloration rose.

➤ Noter le volume V.

**Calcul:**  $TAC = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000$  (En ° français).

**N :** Normalité de l'acide sulfurique.

**V :** Volume de l'acide sulfurique versé.

**PE :** Prise d'échantillon (ml).

**5000 :** exprimé en ° français.

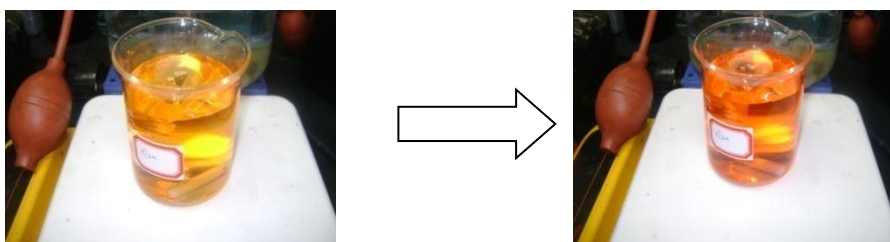
### Deuxième cas

Si la solution devient rose, procéder au dosage jusqu'à la décoloration avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et noter le volume d'acide versé.

**Calcul :**  $TA = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000$  (En ° français).

Dans le même échantillon ajouter quelques gouttes d'hélianthine à 5 g/l, la solution devient jaune paille. Continuer le dosage, jusqu'au virage au rose, noter le volume V.

$TAC = \frac{V \cdot N}{PE} \cdot 5000$  (En ° français).



**Figure 13 :** Changement de la couleur d'échantillon après le titrage par H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### ❖ Détermination de la dureté calcique (TH<sub>Ca<sup>2+</sup></sub>)

Le titre hydrométrique calcique (TH<sub>Ca<sup>2+</sup></sub>) indique la teneur en sel de calcium (Ca<sup>2+</sup>).

#### Réactifs:

- Solution tampon (pH = 12).

- EDTA est l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique ( $C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$ ).
- Solution de murexide.

**Mode opératoire :**

- Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
- Ajouter 10 ml de la solution tampon (pH = 12).
- Ajouter 2 gouttes de la solution de murexide.
- Titrer avec EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

**Calcul:**  $TH_{Ca} = \frac{N \cdot V}{PE} \cdot 5000$  (En ° français).

La dureté en milliéquivalent dans 1 litre :  $TH_{Ca}(Eg) = 20 \cdot \frac{N \cdot V}{PE}$

**N** : Normalité de la solution de l'EDTA.

**V** : Volume versé de l'EDTA.

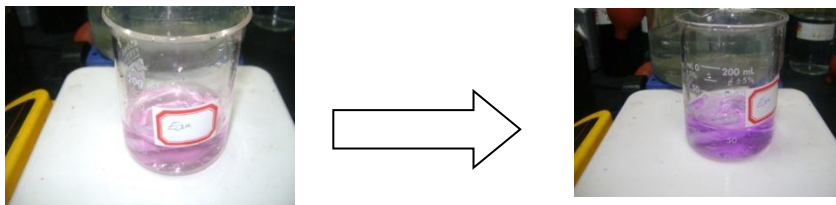
**20** : Equivalent gramme du calcium.

**PE** : Prise d'échantillon (ml).

$$TH_T = TH_{Ca} + TH_{Mg}$$

**Remarque:**

Si le volume versé dépasse 14 ml, faire des dilutions.



**Figure 14:** Changement de la couleur de l'échantillon après titrage par l'EDTA.

### ❖ Détermination de la dureté totale de l'eau (TH<sub>T</sub>)

Le titre hydrométrique total (TH<sub>T</sub>) indique globalement la teneur en sels de Calcium (Ca<sup>2+</sup>) et de magnésium (Mg<sup>2+</sup>).

#### Réactifs:

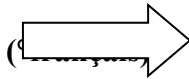
- Noir eriochrome T.
- EDTA est l'acide éthylène-diaminetétraacétique(C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>2H<sub>2</sub>O).
- Carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>).
- Solution tampon (pH = 10).

#### Mode opératoire :

- Prendre une prise d'échantillon de 50 ml.
- Ajouter quelques gouttes de solution tampon.
- Ajouter une pincée de noir eriochrome T.
- La solution doit devenir rouge, titrer avec EDTA jusqu'au virage bleu vert.



Calcul :



$$TH_T = \frac{N.V}{PE} . 5000$$

**Figure 15:** Changement de la couleur d'échantillon après titrage par l'EDTA.

### ❖ Détermination des nitrites

En ajoutant un certain volume de KMnO<sub>4</sub> à l'échantillon à analyser dans un milieu acide, les ions nitrites réagissent seulement avec les ions permanganates. La solution est ensuite chauffée pour que la réaction soit complète. L'excès de permanganate est dosé par l'oxalate de sodium ajouté qui à son tour est titré par une solution étalon de permanganate de potassium.

#### Réactifs:

- Permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>) à 0,04 N.
- Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 1/2.
- Oxalate de sodium (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) préparé dans des piluliers.

#### Mode opératoire :

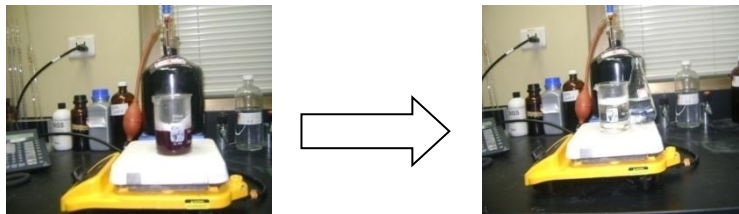
- Si l'échantillon est trouble, le filtrer de préférence.
- Prendre une PE de 50 ml dans un erlenmeyer de 250 ml.

- Ajouter 50 ml de  $\text{KMnO}_4$  à 0,04 N.
- Ajouter 10 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 1/2.
- Chauffer sur un bain de sable jusqu'à environ  $90^\circ\text{C}$ .
- Retirer l'erien du bain et le mettre sur un agitateur magnétique.
- Ajouter 50 ml de  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  préparé au moment du dosage.
- La solution doit se décolorer après rajout de  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ .
- Titrer avec  $\text{KMnO}_4$  à 0,04 N jusqu'au virage au rose.
- **Blanc** : Même procédure mais avec de l'eau distillée.

**Calcul :** 
$$[\text{NaNO}_2]_{g/l} = \frac{(V_e - V_b)N.34,5}{PE}$$

$V_e$  : Volume de  $\text{KMnO}_4$  versé pour titrer l'échantillon.

$V_b$  : Volume de  $\text{KMnO}_4$  versé pour titrer le blanc.



**Figure 16:** Changement de la couleur après titrage par  $\text{KMnO}_4$ .

#### ❖ Détermination des chlorures (Argentimétrie)

Cette méthode est applicable pour les eaux industrielles qui ont une concentration en chlorure de 5 ppm et plus, ou des eaux qui ont une grande concentration des métaux lourds qui rendent la méthode mercurimétrique impraticable.

Le pH de l'échantillon doit être ajusté à (8,3), le titrage sera fait à l'aide d'une solution de nitrate d'argent en présence de l'indicateur chromate de potassium jusqu'au virage rouge brique.

#### Réactifs :

- Chromate de potassium ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ).
- Nitrate d'argent ( $\text{AgNO}_3$ ).
- Chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ).

**Mode opératoire :**

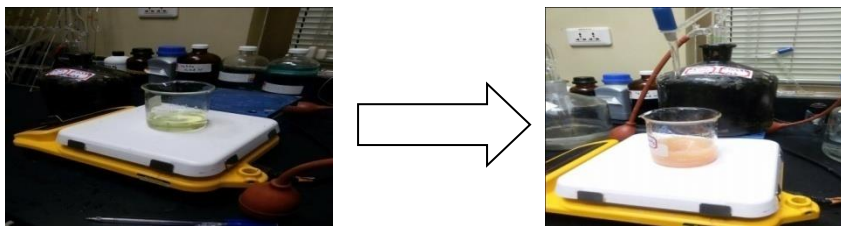
-Prendre une PE de 50 ml ajuster le pH à 8,3 avec une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+19) et une solution de NaOH à (10g/l), ajouter quelque goutte de l'indicateur K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> et titrer jusqu'au virage rouge brique.

**Calcul:** 
$$[Cl^-]_{g/l} = \frac{T.V}{PE}$$

**T :** Titre de la solution du nitrate d'argent.

**V :** Volume versé de la solution nitrate d'argent.

**PE :** Volume de la prise d'échantillon.



**Figure 17:** Changement de la couleur des chlorures après titrage.

❖ **Détermination des matières organiques**

**-Détermination de la matière organique par l'indice de permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>) :**

On regroupe sous l'expression « matières organiques » toutes les substances capables d'être oxydées, à la température d'ébullition par le permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>). Certaines matières sont à l'origine de couleur et de mauvais goût car elles favorisent le développement d'organisme tel que les algues, champignons, bactéries etc....

L'eau est traitée en milieu alcalin par le permanganate de potassium. Après refroidissement le permanganate non consommé est titré.

On calcule donc l'oxydabilité exprimée en mg/l d'oxygène cédé par le permanganate de potassium.

**Réactifs :**

- Permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>) à N/80.
- Sel de Mohr [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>6H<sub>2</sub>O] à 5g/l.
- Acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 1/2.

- Bicarbonate de soude saturée.

**Mode opératoire:**

- Prendre 100 ml de PE, ajouter 1ml de solution de bicarbonate saturée, et 10 ml de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ).

-Porter à ébullition pendant 10 mn, et refroidir 5 mn sous l'eau courante.

-Parallèlement, prendre 100 ml d'eau distillée et ajouter 10 ml de  $\text{KMnO}_4$ .

-Ajouter dans les deux PE 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  et 30 ml de sel de Mohr, la solution se décolore.

-Titrer avec le permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) à N/80.

**Calcul:** 
$$[\text{O}_2]_{\text{mg/l}} = \frac{(V_2 - V_1)N.8000}{PE}$$

**V<sub>2</sub>** : Volume de  $\text{KMnO}_4$  versé pour titrer l'échantillon.

**V<sub>1</sub>** : Volume de  $\text{KMnO}_4$  versé pour titrer le blanc.

**PE** : Volume de la prise d'échantillon.

**CHAPITRE 3**  
**RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## 1. Introduction

Il est bien connu que ce soit la qualité et la quantité des divers constituants d'une eau précisent et limitent son aptitude aux diverses utilisations, notamment à la consommation humaine, c'est le suivi de l'évolution des paramètres globaux de qualité qui nous permet de juger l'usage de cette eau.

## 2. Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued El Zeramna

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de surface de l'oued El Zeramna sont présentés dans le tableau.

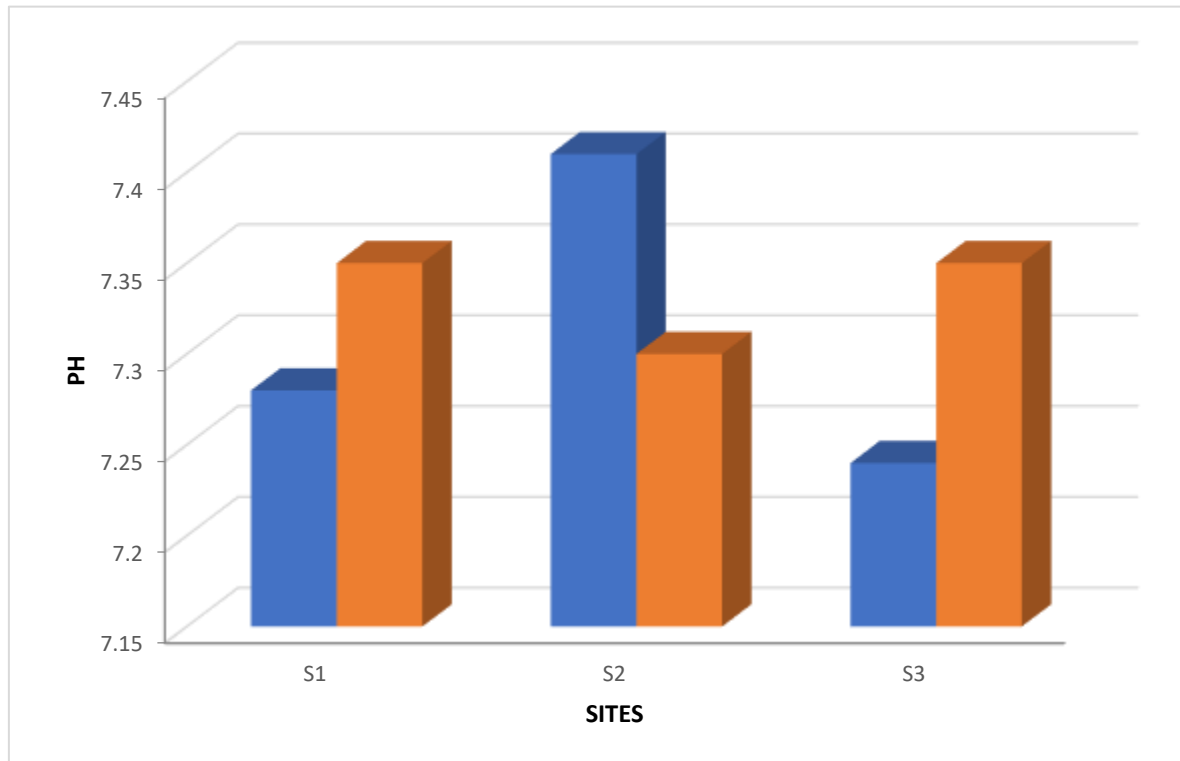
**Tableau. : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de surface du l'oued El Zeramna**

paramètres	Campagne 1			Campagne 2			Norme
	Moy	Max	Min	Moy	Max	Min	
PH	7,31	7,41	7,24	7,33	7,35	7,3	6.5 à 9.5
Conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	1066,67	1072	1059	1071,67	1082	1056	200 à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
TEMPERATURE( $^{\circ}\text{C}$ )	17,60	17,6	17,6	16,20	16,2	16,2	25 $^{\circ}\text{C}$ /
Turbidité (NTU)	13,07	13,9	12,1	34,83	36	33,6	NTU < 5
MATIERE ORGANIQUUR (mg/l)	6,62	8	3	9,70	23	2,016	10 mg/l
TDS (mg/l)	522,67	525	519	525,00	530	517	1000 mg/l
MES (mg/l)	18,67	24	15	106,33	158	72	90mg/l
HCO <sub>3</sub> (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	161,24	193	127	198,60	229	144	10-350mg/L
CO <sub>3</sub> (mg/l de CaCO <sub>3</sub> )	49,27	60,72	42,24	36,45	64,68	22,24	180-240mg/L
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	63,76	70,56	54,88	67,94	70,56	64,28	40-100mg/l
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	40,45	41,39	38,57	34,31	36,13	31,04	50 mg/l
Cl <sup>-</sup> (g/l)	0,02	0,017	0,016	0,14	0,149	0,135	0,01 mg/l a 0,3 mg/l
NO <sub>2</sub> (g/l)	0,12	0,163	0,052	0,12	0,186	0,064	0.1mg/l

### 3. Variation des valeurs du pH :

Le pH est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la l'alcalinité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à l'interface air-eau, ainsi que de la dissolution du calcaire (Alloune et Gouader, 2013)

Les résultats obtenus montrent que durant la campagne 1, elles varient entre 7.24 (S3) et 7.41 (S2). Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 7,3 (S2) et 7.35 (S1 et S3). Selon les Normes de l'OMS la valeur guide du pH est entre 6.5 et 9.5. Donc notre cas d'étude, le pH oscillaire dans la norme. Donc on peut dire que nos échantillons sont acceptables de point de vue acidité.



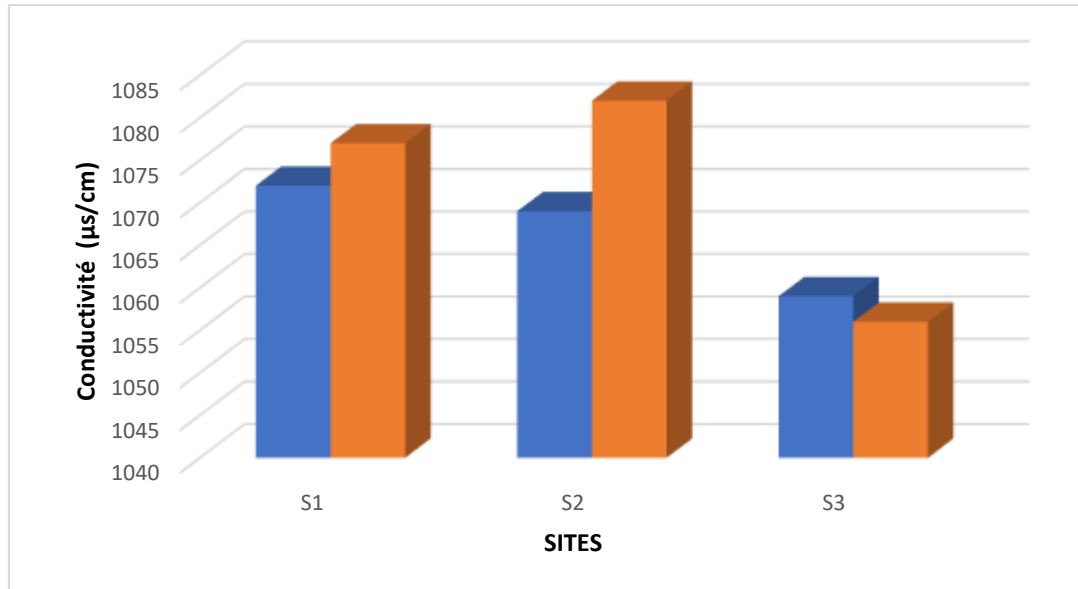
**Figure 18.** : Représentation graphique des variations du pH de l'oued El Zeramna

#### 4. Variation des valeurs de la conductivité :

La conductivité représente l'un des moyens de valider les analyses physicochimiques de l'eau. En effet, des mesures contrastées sur un milieu permettent de mettre en évidence l'existence de pollution, des zones de mélange ou d'infiltration (Ghazali et Zaid; 2013).

Ghazali D et Zaid., A 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp. 25-36.

Les résultats obtenus enregistrées dans la figure montrent que la conductivité. Durant la campagne 1, elle varie entre  $1072\mu\text{S}/\text{cm}$  (S1) et  $1059\mu\text{S}/\text{cm}$  (S3). En revanche, durant la campagne 2, les teneurs varient entre  $1082\mu\text{S}/\text{cm}$  (S2) et  $1056\mu\text{S}/\text{cm}$  (S3). Selon les Normes de l'OMS, la valeur guide de conductivité anormale ou particulière est de 200 à  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$  c'est à dire eaux fortement minéralisées (sols gypseux, eaux salées) ce qui indique que les eaux de notre région d'étude sont fortement minéralisées. Nous pouvons dire que, les eaux sont de qualité passable à médiocre.

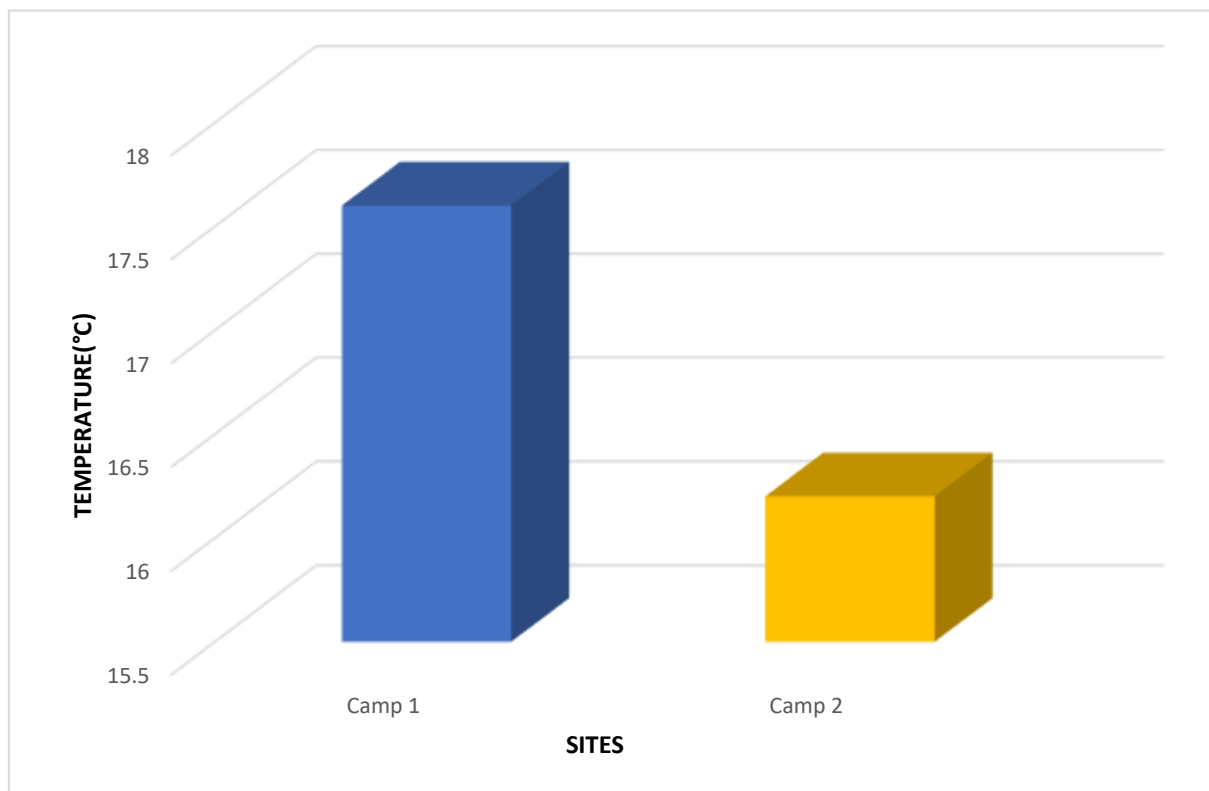


**Figure 19.** : Représentation graphique des variations de la conductivité électrique de l'oued El Zeramna

### 5. Variation des valeurs de la température :

La température de l'eau joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques, physiques et les réactions biologiques (Benaabidate. 2000).

A partir des valeurs de la température des eaux de surface, il n'y a pas une variation importante, la valeur de température de l'eau produit entre 16,2 et 17,6 °C. L'OMS ne mentionne aucune référence quant à la température. La norme Algérienne ainsi que la norme de la Communauté Européenne (CEE) montrent que les valeurs enregistrées sont inférieures à 25°C et de ce fait, sont conformes aux normes suscitées (OMS, 2006). La qualité des eaux de l'oued varie entre moyenne à normale.



**Figure 20.** : Représentation graphique des variations de température de l'oued El Zeramna

### 6. Variations des valeurs de la turbidité

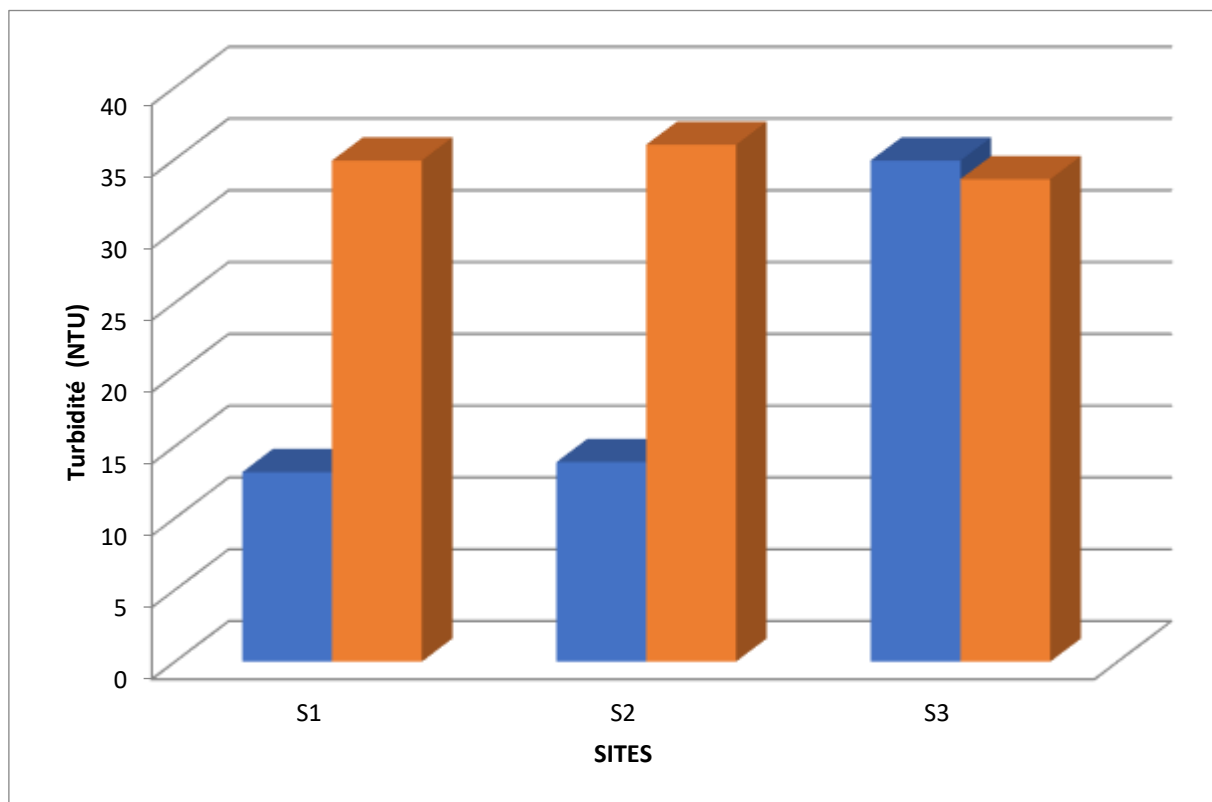
La turbidité est paramètre organoleptique due à la présence de matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sables et argiles), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton

suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (Alloune et Gouader, 2013)

Les variations de turbidité selon les stations et les campagnes. Durant la campagne 1, elles varient entre 34.9 (S3) et 13.2 (S1) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre (S2) et 33.6 (S3). Selon les Normes de l'OMS sur la valeur guide de la turbidité sont

- NTU < 5 => eau claire
- NTU < 30 => eau légèrement trouble
- NTU > 50 => Eau trouble.

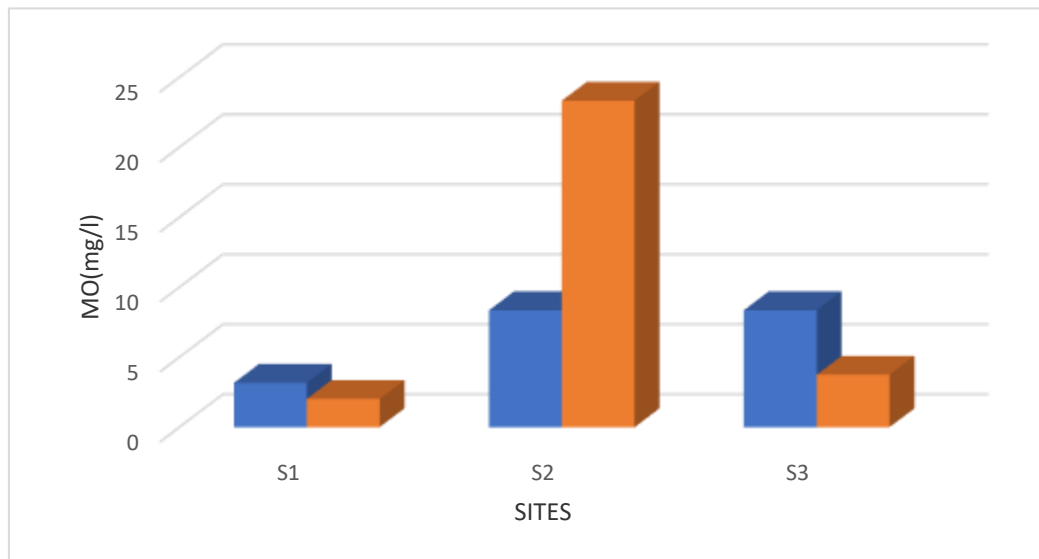
Dans notre cas d'étude, les eaux sont légèrement troubles à troubles



**Figure 21.** : Représentation graphique de la variation de turbidité de l'oued El Zeramna

### 7. Variations des valeurs de matière organique .

Les variations de la matière organique varient d'une campagne à une autre et entre les différentes stations. Durant la campagne 1, elles varient entre 8.35mg/l (S3 et S2) et 3mg/l dans (station S1) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 23mg/l (station S2) et 2mg/l (stations S1). Selon les Normes de l'OMS, la valeur guide de la matière organique ne doit pas dépasser 10 mg/l. Dans notre région d'étude, on remarque que la teneur du MO à dépasser la norme



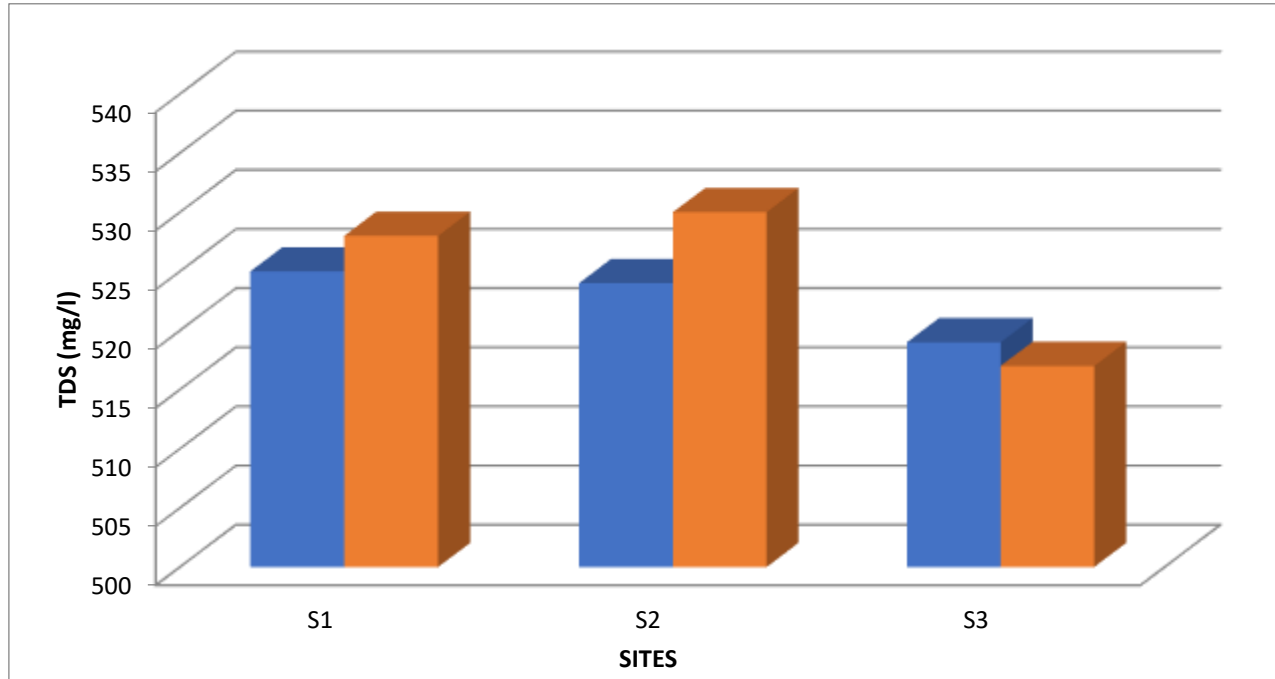
**Figure 22.** : Représentation graphique des variations de la matière organique de l'oued El Zeramna.

### 8. Variation des valeurs des taux des solutés dissoutes (TDS)

Ce paramètre représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de Sels inorganiques et de quelques matières organiques. Ces éléments peuvent provenir d'un certain nombre des sources naturelles autant que suite aux activités humaines (Zaoui, 2017).

Les variations du TDS varient d'une campagne à une autre et entre les différentes stations. Durant la campagne 1, elles varient entre 525 mg/l (S2) et 519 mg/l (S3) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 530 mg/l (S2) et 517 mg/l (S3). Selon la réglementation

américain EPA, la valeur guide de TDS ne doit pas dépasser 1000 mg/l et notre résultat est inférieure par rapport à la norme.

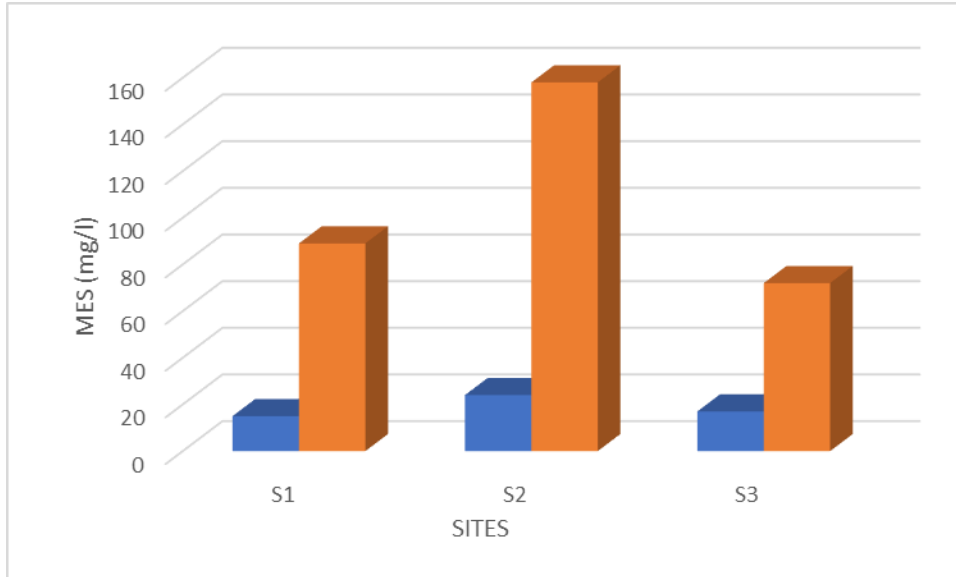


**Figure 23.** : Représentation graphique des variations de TDS de l’oued El Zeramna

### 9. Variation des valeurs de la matière en suspension

C’est ainsi que les apports pluviométriques par les ruissellements et les cours d’eau, jouent un rôle prépondérant dans l’enrichissement en matières en suspension de la colonne d’eau (Drardja, 2007).

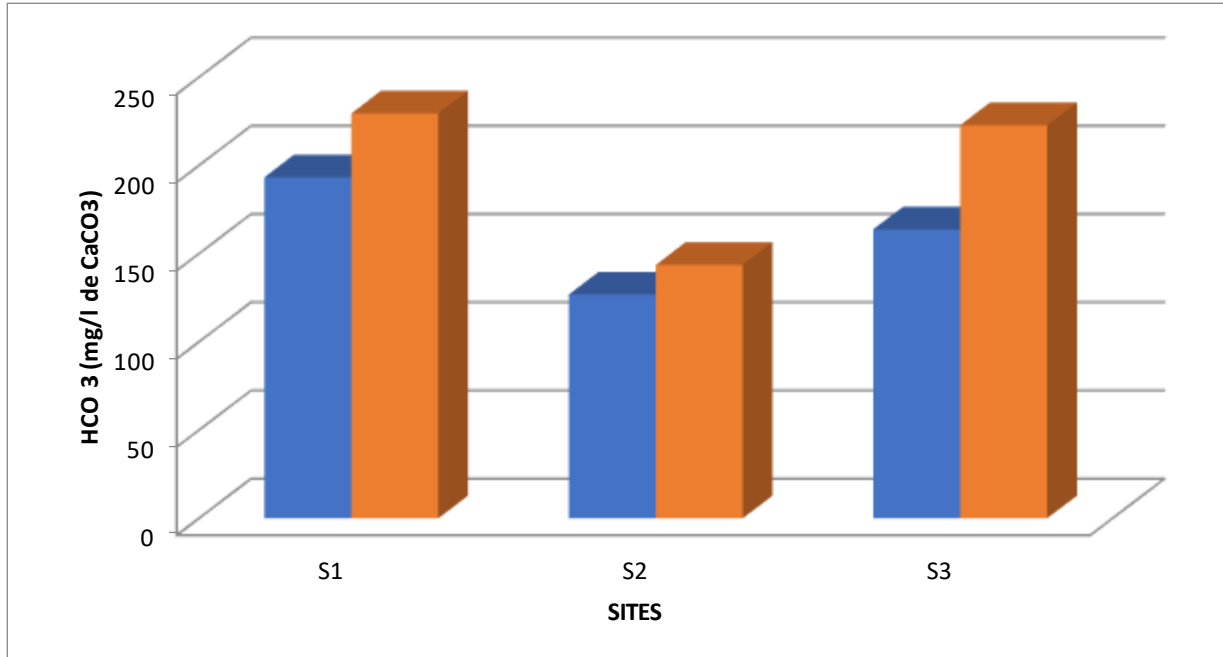
Les résultats obtenus montrent que durant la campagne 1, elles varient entre 24mg/l (S2) et 15mg/l (S1), alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 58mg/l (S2) et 72mg/l (S3). Selon les Normes de l’OMS, la valeur guide de MES ne doit pas dépasser 90mg/l, et nos résultats montrent des valeurs inférieures aux normes



**Figure 24.** : Représentation graphique des variations de MES d’oued El Zeramna

### 10. Variation des valeurs de Bicarbonates

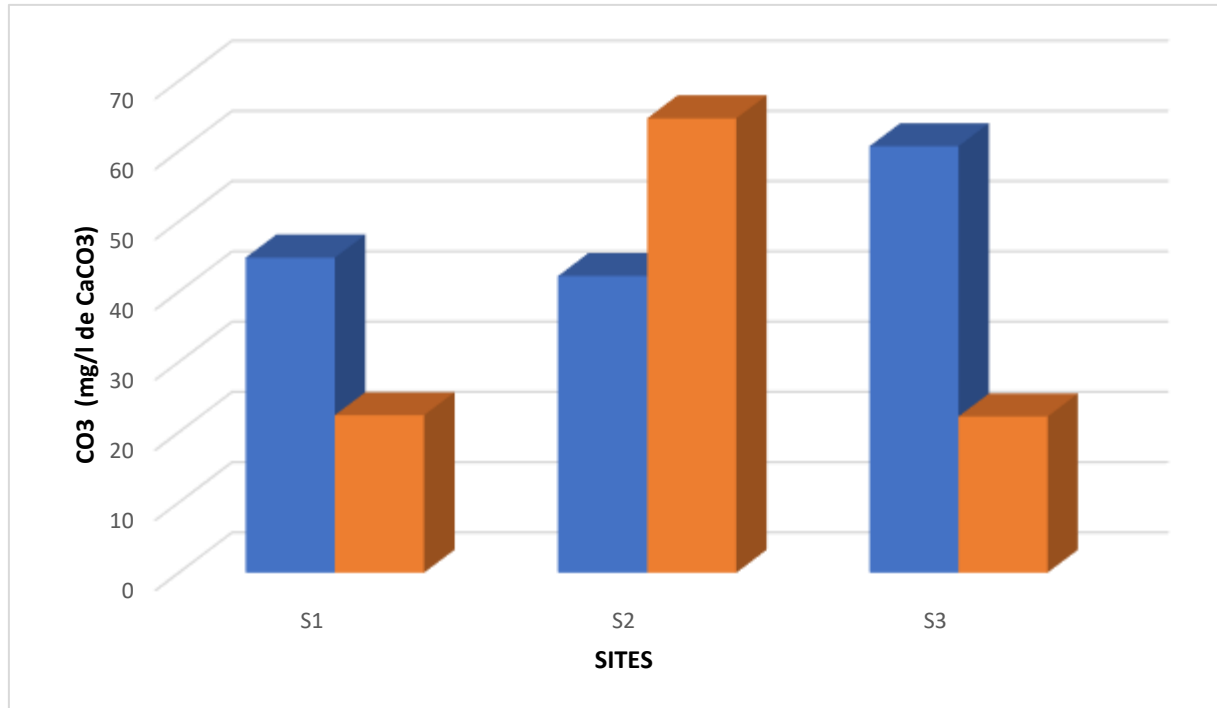
Les variations des bicarbonates varient d’une campagne à une autre et entre les différentes stations. Durant la campagne 1, elles varient entre 193mg/l (S1) et 127mg/l (S2) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 229mg/l (S1) et 144mg/l S2). Selon APHA standard méthode (1968) sur l'eau, la valeur guide de bicarbonates doit oscillaire entre 10-350mg/L donc notre résultats sent compatible avec la norme



**Figure 25.** : Représentation graphique des variations de bicarbonates dans l’oued El Zeramna

### 11. Variation des valeurs de carbonates

Les valeurs obtenues des carbonates varient d’une campagne à une autre et entre les différentes stations. Durant la campagne 1, elles varient entre 60,72mg/l (S3) et 42,4mg/l (S2) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 64,68mg/l (S2) et 22,24mg/l (S3). Selon les Normes de l’OMS, la valeur guide de carbonates doit être comprise entre 180-240mg/L notre résultats sont inférieurs.

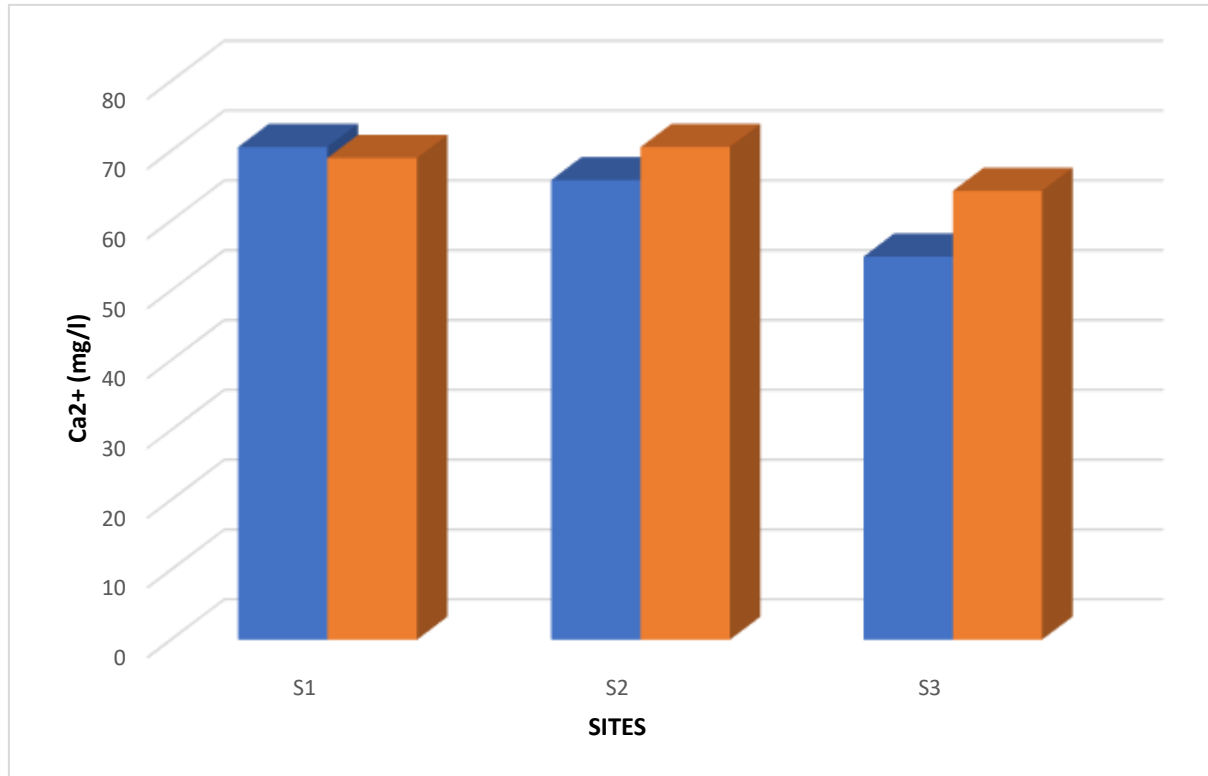


**Figure 26.** : Représentation graphique des variations de Carbonate dans l’oued El Zeramna

## 12. Variation des valeurs de calcium

La présence des ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans l’eau est liée principalement à deux origines naturelles: soit à la dissolution des formations carbonatées ( $\text{CaCO}_3$ ), soit la dissolution des formations gypseuses ( $\text{CaSO}_4$ ), qui sont facilement solubles (Sahraoui, 2014). Parfois les eaux arrivent à avoir des hautes teneurs  $\text{CaSO}_4$  et l’augmentation du  $\text{SO}_4$  entraîne une augmentation de calcium.

Les résultats obtenus dans la figure montrent durant la campagne 1 des valeurs qui varient entre 70,56mg/l (S1) et 54,88mg/l (S3) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 70,56mg/l (S2) et 64,28mg/l (S3). Selon la grille normative de la qualité de l’eau en Algérie la qualité de l’eau est bonne lorsque le  $\text{Ca}^{2+}$  est entre 40-100mg/l donc nos résultats sont bien inférieurs aux normes.

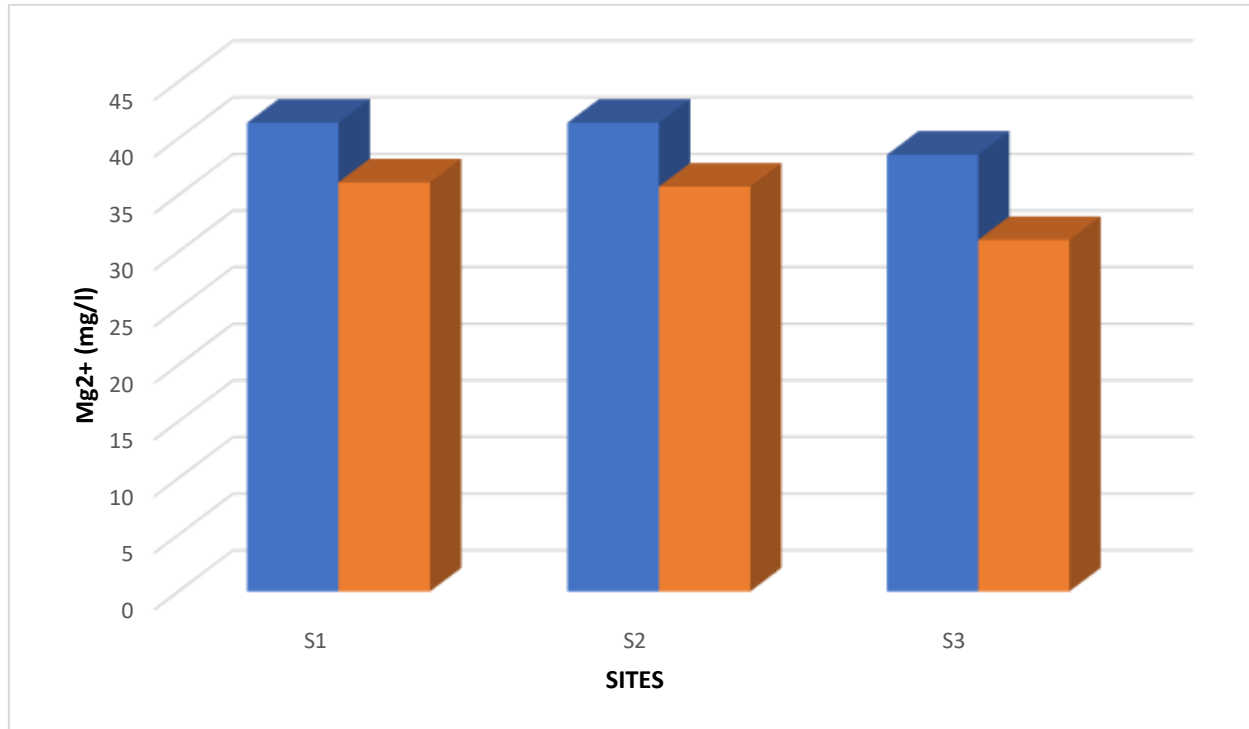


**Figure 27.** : Représentation graphique des variations de Calcium el'oued El Zeramna

### 13. Variation des valeurs de magnésium

Durant la campagne 1, on note que les résultats varient entre 41,39mg/l (S1 et S2) et 38,57mg/l (S3) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 36,13mg/l (S1) et 31,04mg/l (S3). Ces teneurs sont loin de dépasser la norme de 50 mg/l, ce qui indique la variation du magnésium dans les eaux est dû à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part qui sont riche en Mg. Donc l'eau est pure (Zaoui, 2017).

Il est à signaler que la norme dit qu'en eau douce, les concentrations en magnésium sont inférieures au calcium (50 mg/l) et qu'en eau de mer, c'est le contraire. Cette remarque est relevée par nos résultats trouvés (Décret 11-125 Qualité d'eau).

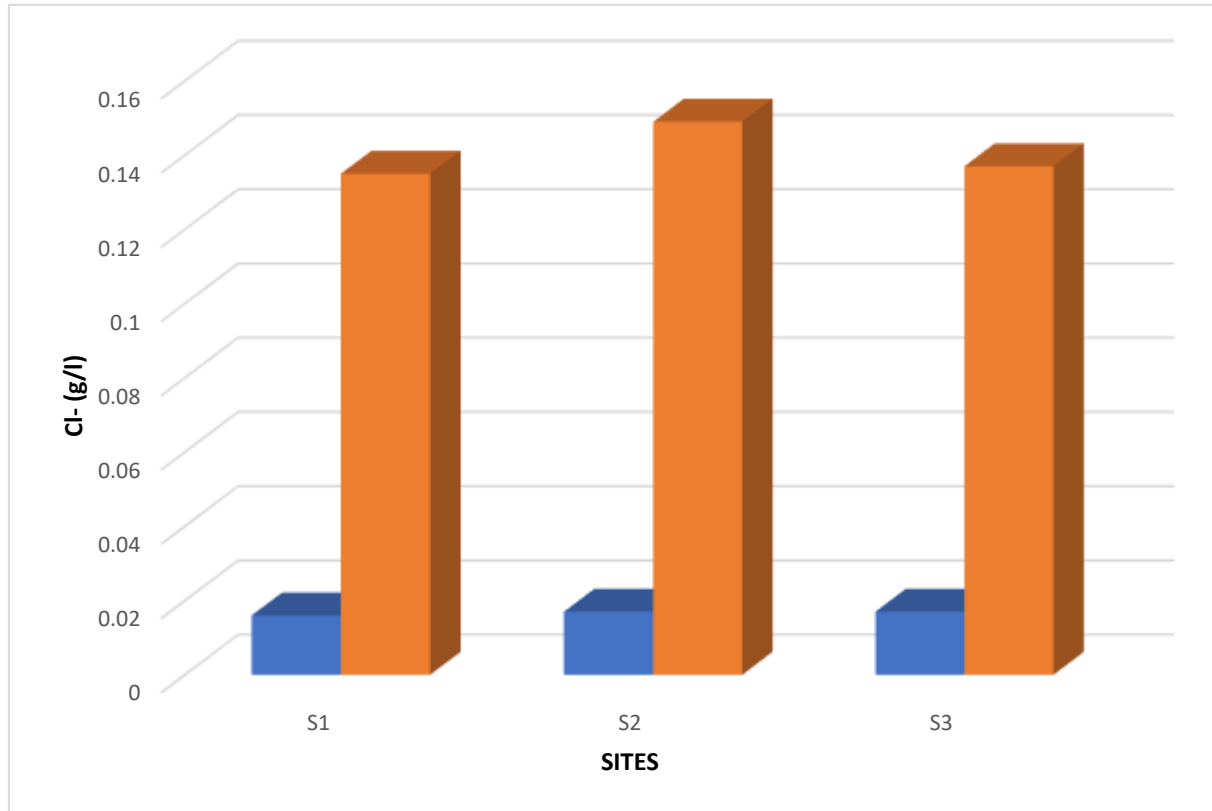


**Figure 28.** : Représentation graphique de la variation de Magnésium dans l’oued El Zeramna

#### 14. Variation des valeurs de chlorures

On remarque durant la campagne 1 que les valeurs des chlorures varient entre 0,017g/l (S2 et S3) et 0,016g/l (S1) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 0,149g/l (station S2) et 0,135g/l (stations S1). Selon la grille normative de la qualité de l’eau en Algérie, la qualité de l’eau est bonne lorsque le Cl<sup>-</sup> elle oscillaire entre 0,01 mg/l et 0,3 mg/l ce qui que les eaux de surface notre région d’étude en accords avec la norme

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines: les argiles sableuses gypsifères, les dépôts évaporitiques et le déversement des eaux usées (Zaoui, 2017). Ils sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). La norme admise en eau douce et naturelle est de 250 mg/l (Décret 11-125 Qualité d’eau).

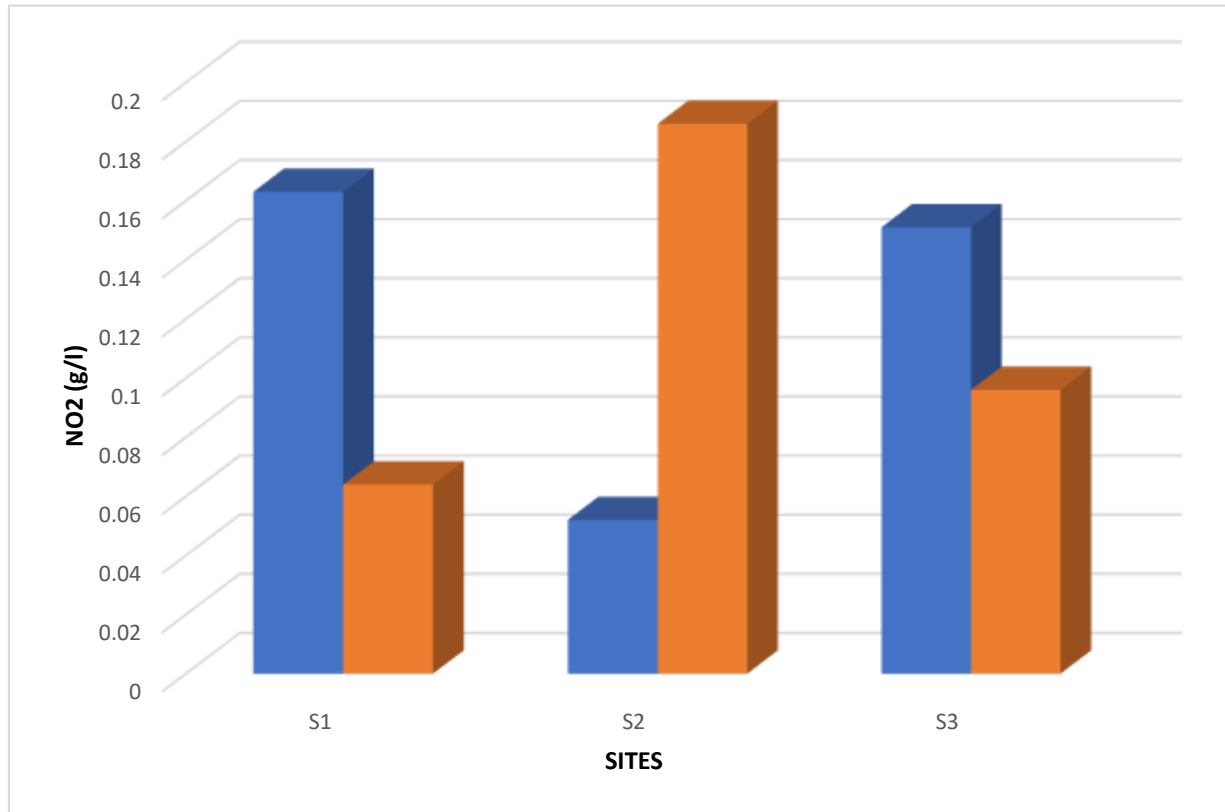


**Figure 29.** : Représentation graphique des variations de Chlorures dans l’oued El zeramna

### 15. Variation des valeurs de nitrites

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable dans le cycle de l’azote, elle représente la forme du passage entre les nitrates et l’ammonium. C’est une forme toxique. Son origine est liée à l’agriculture ou aux rejets urbains et industriels. La norme en eau douce et naturelle est de 0.1mg/l ((Décret 11-125 Qualité d’eau).

Les résultats obtenus montrent des valeurs inférieures à la norme. Durant la campagne 1, elles varient entre 0,163g/l (S1) et 0,052g/l (station S1) Alors que durant la campagne 2, les teneurs varient entre 0,186g/l (station S2) et 0,064g/l (stations S1). 0,071 mg/l ( $\pm 0,048$ ) traduisent le processus de dégradation incomplète de la matière organique (Makhoukh et al., 2011 in Zaoui, 2017).



**Figure 30.** : Représentation graphique des variations des Nitrites d’oued El Zeramna

## 16. DISCUSSION

Le PH notre ph du l’oued el Zeramna est compatible avec les normes mais le PH peut se varier selon de nombreux facteurs : la température extérieure, le dosage des produits agricoles, les pluies acide, l’érosion. (Lescot, 2017)

La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit a oued el Zeramna l’eau est minéralisée (Makhoukh et al, 2011) .

La turbidité est la mesure de l’aspect trouble de l’eau. C’est la réduction de la transparence d’un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons sont les micro-

organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. La turbidité résulte de la diffusion de la lumière qui est ainsi déviée dans toutes les directions. Ce sont des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Leur origine peut être extrêmement variable: érosion des roches, entraînement des matières minérales ou organiques du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspensions grossières.(Derwich et al., 2010)

La matière organique (MO) contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections d'organismes vivants).

Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles, etc.

Les matières en suspension (MES) sont les très fines particules en suspension (sable, argile, produits organiques, particules de produits polluants, micro-organismes,...) qui donnent un aspect trouble à l'eau, (turbidité) et s'opposent à la pénétration de la lumière nécessaire à la vie aquatique car il est causé surtout par les rejets domestiques colloïdaux

Elles constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques dans une eau naturelle ou polluée (Dajoz, 2006). Dans les eaux superficielles non polluées, les matières en suspension ont surtout pour origine le bassin versant sous l'effet de l'érosion naturelle, les débris d'origine organique (débris, végétaux...etc.) et le plancton. La nature des MES est donc souvent minérale et leur taux.

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres. C'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous (dioxygène) indispensable à la vie aquatique en premier lieu à la respiration des poissons. En effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissous diminue. . (Makhouk et al, 2011).

La valeur du carbonate et du bicarbonate sont variables dans le cours d'eau à cause de l'érosion des sols car ils transportent des sols et puis diffusent dans le cours d'eau . (Rodier, 1996)

La teneur en calcium est liée directement à la nature géologique des terrains traversés par les cours d'eau. Le long d'une même cours elle peut varier brusquement par changement du substrat géologique (augmentation presque immédiate par passage d'un substrat acide à un substrat contenant des éléments calcaires) (JORA, 2011)

L'élément chlore est présent dans l'eau de mer sous forme d'ion chlorure. Dans la croûte terrestre il se présente sous forme de sels et leur origine Si une partie de ces ions  $\text{Cl}^-$  est probablement d'**origine** sédimentaire, il apparaît qu'une réaction d'échange entre les ions hydroxyle ( $\text{OH}^-$ ) des **eaux** salines et des ions **chlorure** ( $\text{Cl}^-$ ) contenus dans le réseau cristallin de biotites pourrait libérer une quantité importante d'ions  $\text{Cl}^-$  en solution. . (Makhoukh et al, 2011). La présence de nitrates/nitrites dans l'eau peut résulter : de l'utilisation d'engrais chimiques et de fumiers; d'installations septiques déficientes; de la décomposition de matières végétales et animales. (Vittet, 2011)

## **CONCLUSION GENERALE**

Les eaux des Oueds sont parmi les principales sources d'eau douce dans les pays du Nord d'Afrique. Ainsi, leur préservation est nécessaire afin d'assurer une eau de bonne qualité. Cela nécessite des études permanentes en évaluant les caractères physico-chimiques et biologiques de ces eaux.

Malgré l'importance indéniable des aspects quantitatifs, les questions de qualité de l'eau sont au cœur des enjeux futurs de la gestion des ressources hydriques dans le bassin de l'oued el Zeramna. Pour évaluer l'eau, nous nous sommes appuyés sur Normes algériennes, car ces résultats ont montré une différence différentielle entre les différents échantillons. D'où le plus apte à la consommation humaine.

Quant au (pH), il était proche entre les trois types d'échantillons, il évoluait vers la basicité et ne s'écartait pas des normes requises, également pour les sels minéraux, la turbidité, la température conductrice spécifique et alcaline, et la dureté, donc tous les résultats obtenus répondaient aux normes requises.

En plus de la pression exercée par les différents usagers, les ressources en eau dans oued el Zeramna se trouvent donc menacées dans leur qualité, sous l'effet des pollutions qu'elles subissent, principalement des pratiques industrielles prive ( les mini Projets des habitons locos) et agricoles intensives ainsi que celles de l'individu dans son habitat (pollution domestique) plus la présence massifie des ferme et de des champ d'agriculture sans oublier les effet du climat dans la région de el Zeramna (érosion des sols) ,Il s'agit donc d'un problème à grande échelle dont l'extension est constante.

De l'amont permis de visualiser une altération et une dégradation spatiale de la qualité des eaux de l'oued, avec une augmentation des concentrations des éléments chimiques de l'amont vers l'aval.

Au final, il faut souligner que cette étude reste incomplète du point de vue scientifique en raison du manque de certains dispositifs et matériels nécessaires pour détecter de nombreux minéraux dans l'eau (plomb - fer - nickel - sulfate - phosphates). De notre étude, nous espérons que cette recherche sera un enrichissement pour le reste des chercheurs et universitaires dans ce domaine.

**Résumé :**

La région étudiée est située dans la partie Nord-est de l'Algérie dans le territoire de la wilaya De Skikda, plus précisément l'Oued El Zeramna qui est l'un des principaux cours d'eau de la wilaya qui draine au centre-ville. Durant ces dernières années, elle a connu un développement socio-économique important avec pour conséquent des différents rejets abondants, non traités, dans les cours d'eau ce qui entraîne la contamination des eaux de surface et indirectement celle des nappes aquifères. Dans le but de diagnostiquer l'aspect physico-chimique des eaux superficielles, des prélèvements de surface ont été réalisés dans de trois points de notre zone d'étude. Les résultats des analyses ont permis de mieux connaître les caractéristiques de la région de point de vue qualité, et d'évaluer les risques de la pollution pour pouvoir protéger nos ressources en eau, afin de satisfaire nos besoins et la préserver pour les générations futures.

**Mots clés : qualité de l'eau, Oued El Zeramna, paramètres, eaux de surface.**

**Summary**

The studied region is located in the north-eastern part of Algeria in the territory of the wilaya De Skikda, more precisely the Oued El Zeramna which is one of the main rivers of the wilaya which drains to the city center. In recent years, it has experienced significant socio-economic development resulting in various abundant, untreated discharges into the waterways, which leads to the contamination of surface waters and indirectly that of the aquifers. In order to diagnose the physico-chemical aspect of surface waters, surface samples were taken from three points in our study area. The results of the analyzes made it possible to better understand the characteristics of the region from a quality point of view, and to assess the risks of pollution in order to be able to protect our water resources, in order to meet our needs and preserve it for future generations.

**Keywords: water quality, Oued El Zeramna, parameters, surface water.**

**ملخص**

تقع المنطقة المدروسة في الجزء الشمالي الشرقي من الجزائر في إقليم ولاية سكيكدة ، وبالتحديد وادي الزرامنة الذي يعد أحد الأنهار الرئيسية للولاية والذي يصب في وسط المدينة. في السنوات الأخيرة ، شهدت تنمية اجتماعية واقتصادية كبيرة نتج عنها تصريفات عديدة وفيرة وغير معالجة في المجاري المائية ، مما يؤدي إلى تلوث المياه السطحية وتلوث طبقات المياه الجوفية بشكل غير مباشر. من أجل تشخيص الجانب الفيزيائي والكيميائي للمياه السطحية ، تم أخذ عينات سطحية من ثلاث نقاط في منطقة دراستنا. مكنت نتائج التحليلات من فهم خصائص المنطقة بشكل أفضل من وجهة نظر الجودة ، وتقييم

مخاطر التلوث من أجل التمكن من حماية مواردنا المائية ، من أجل تلبية احتياجاتنا والحفاظ عليها. للأجيال القادمة.

**الكلمات المفتاحية: نوعية المياه ، واد الزرامنة ، المعلمات ، المياه السطحية.**

1. Alloune et Gouader, Y (2013) : Contrôle de qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de la région de Bordj Bou Aréridj, Mémoire de Master, Département de Sciences biologiques. Université de Bordj Bou Aréridj , 87 pages
2. Aminot. A & Chaussepied. M, 1983 Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO, Brest, p 395.
3. Badai. M. N, 1994, la floraison et la fructification de deux phanérogames marines sur les côte sud-est de la Tunisie. institue national scientifique et technique d'océanographie et de pêche, 3029 sfax (Tunisie). J. Mar. Life
4. Bernard, 2007 Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar .llc
5. CIR (centre international de référence pour l'approvisionnement en eau collective et l'assainissement). (1983). Alimentation en eau des petites collectivités. Technologies appropriées pour les petites installations dans les pays en voie de développement. La Hayes.
6. Chevallier. H, 2007 : Titre de livre : L'eau un enjeu pour demain. p 26, ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES, Sang de la terre.
7. Chetatha N (2016), étude d'un barrage en terre (digue) barrage oued halib (w. setif) Mémoire de Master en genie civil, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A., 52 pages
8. Dajoz, R (2006). Précis d'écologie. 2eme édition paris : Dunod. 63p
9. Décret 11-125 Qualité d'eau. Journal Officielle de la République Algérienne N°18,23 Mars 2011. 04 pages.
10. Debbih H & Naili BE (2015) : étude de qualité des eaux des barrages de l'Est Algérien, Mémoire de master en hydraulique, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A., 50 pages
11. Debabza, 2005: Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Mémoire

- de Magister en Microbiologie appliquée Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba(Algérie).
12. Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O et Belghity D (2010) « Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès », Larhyss Journal, n°08, Juin, 101-112.
  13. Degremont. (1989). Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, P : 5, 24-25.
  14. Ghazali D et Zaid., A 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès, Maroc). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, pp. 25-36.
  15. Hamed . M et al, 2012 Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques del'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar. pp 7, 9
  16. Jora, 2011 -Journal Officiel de la République Algérienne ,2011. La qualité de l'eau de consommation humaine .JORA n034 du 23maras 2011.p6.
  17. Lescot A (2017) Suivi de la qualité de l'eau des rivières Lorette et du Cap Rouge en milieu agricole –Saison 2016. Organisme des bassins versants de la Capitale, 27pages.
  18. Margat, 1992 L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan.
  19. Makhoukh M, Sbaa M, Berrahou A et Clooster M, 2011. Contribution a l'étude physicochimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre 2011, pp. 149-169
  20. Mouffok 2008, Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, Manuel des travaux pratiquent des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, p: 5
  21. 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

22. M. D. D. E. P, 2006 ; Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec.
23. Rodier J, 1996. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris, 1383p
24. Rodier J., Legube B. & Merlet N., 2009: L'Analyse de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition. Entièrement mise à jour, Dunod. Paris, 1959 pages.
25. Souisi S & Aidel G (2021) : Etude de la qualité des eaux des barrages de l'Ouest Algérien, Département des Sciences Agronomiques, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. 40 pages
26. Vittet C (2011) : VALEURS ÉCOLOGIQUE ET ÉCONOMIQUE D'UN ANCIEN SITE MINIER RESTAURÉ. Mémoire de Diplôme de Maître en environnement, CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE, 97 pages
27. Vilagines, 2000 .Eau, environnement et santé publique, Edition Tee et Doc., Lavoisier p: 5-164.
28. Vierling, 2003 Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris
29. Zaoui L (2017) : Evaluation de la pollution des sols et des eaux de la plaine de Bounamoussa et essais de Dépollution. Thèse de Doctorat, Département de biologie, Université Badji Mokhtar Annaba, 139 pages