

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR  
BADJI MOKHTAR UNIVERSITY



جامعة باجي مختار- عنابة

Faculté des Sciences

Année 2011

Département de Biologie

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister (Ecole doctorale) en Ecologie et  
Environnement

**Etude de la pollution des eaux souterraines de la  
région de Sétif et d'Oued Bousselam par les rejets  
industriels et urbains**

Option : Pollution des écosystèmes, diagnostic et procédés de traitement

Par :

**Latifa Bentouati**

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Président :	BENSLAMA Mohamed	M.C	Univ. Annaba
Directeur de Thèse :	BOUZIDI Abdelouahab	M.C	Univ. Sétif
Examineur :	DJAMAI Rachid	M.C	Univ. Annaba
Examineur :	LAIFA Aziz	M.C	Univ. Annaba

## ***REMERCIEMENT***

Avant de présenter les résultats de ce modeste travail, qu'il me soit permis de remercier tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Je remercie avant tout ***ALLAH*** tout puissant, de m'avoir guidé toutes les années d'étude et m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Mes remerciements vont d'abord à mon directeur de thèse ***Mr Bouzidi***, maître de conférences à l'université de Sétif pour avoir accepté de diriger ce travail tout le long de sa réalisation.

***Mr Benslama***, maître de conférences à l'université d'Annaba qui a bien voulu présider mon jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

***Mr Djamai*** et ***Mr Laifa***, maîtres de conférences à l'université d'Annaba pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tien a remercier également ***Madame Dhiliz*** et toute l'équipe du laboratoire régionale de l'Algérienne des eaux (ADE), zone de Sétif pour tout l'aide qu'ils m'ont apportée lors de mon stage au sein de leur laboratoire.

Mes remerciements s'adressent aussi aux personnels de ***l'ANAT*** et la ***direction de l'hydraulique*** de la wilaya de Sétif pour leur aide et les informations qu'ils m'ont données.

Une pensée toute particulière à ***ma famille*** et ***mes amis*** pour leur soutien morale et précieux.

Un grand merci à ***ma cousine Syham*** pour son aide et ses conseils.

Je voudrais finalement remercier ***mes parents*** à qui je dois tant. Merci de votre soutien, vos encouragements, votre aide et votre présence tout au long de mon cursus.

## **DÉDICACES**

*Je dédie ce modeste travail a :*

- *Mes parents : Abdesselem et Aicha*
- *Mes frères : Mohamed Tahar, Sid Ahmed et Seif eddine*
- *Ma cousine Syham*
- *Mes cousines Asma et Yamina et ma tante Fatima*
- *A toute ma famille*
- *A mes Amis*
- *A toute personne ayant laissé une trace dans ma vie*

## RÉSUMÉ

L'eau contient des substances ou des micro-organismes qui par leur nature et leur concentration peuvent être indispensables, acceptables, indésirables, voire toxiques ou dangereux. L'eau prélevée dans le milieu naturel n'est généralement pas utilisable directement pour la consommation humaine.

L'oued Bousselam est l'un des rares cours d'eau permanents de la région de Sétif et la principale source du barrage d'Ain Zada. L'arrière goût de l'eau de ce barrage pousse la population de la région à s'alimenter par les eaux souterraines et principalement les forages.

Cette étude ; nous a permis de constater la présence d'une grande pollution aux niveaux des eaux de l'oued et des eaux des forages surtout aux niveaux de la station **S7** (Avant le rejet dans le barrage d'Ain Zada) ; elle est la plus polluée et enregistre les valeurs les plus élevées pour : la conductivité, les TDS, la salinité et les nitrites.

Pour les eaux des forages des mosquées, on remarque que certains paramètres analysés dépassent les normes de l'eau potable: les nitrates varient entre 4,86-126,8 mg/l et dépassent la norme fixée à 50 mg/l dans 04 mosquées **M3** (Fodil El-Ouartlilani : Cité Tlidjene), **M4** (Houdaifa Ben-Elyamani : Cité 300 logts), **M5** (El-Bachir El-Ibrahimi : Mezloug) et **M7** (El-Qods : Farmatou). La mosquée **M7** enregistre des taux élevés qui dépassent les normes de potabilité concernant la matière organique, l'ammonium, nitrites, nitrates, TAC, et TH donc c'est le forage le plus pollué.

Le danger de cette pollution est très grand sur la santé humaine et pour l'équilibre biologique du milieu hydrique qui peut nuire à la vie de la flore et la faune dans Oued Bousselam.

**Mots clés :** Pollution des eaux, Eaux souterraines, Eaux de surface, Paramètres physico-chimiques, Forages des mosquées, Oued Bousselam, Sétif

## SUMMARY

Water contains substances or micro-organisms which by their nature and their concentration can be essential, acceptable, undesirable, even toxic or dangerous. The water collected from its natural environment is generally not suitable directly for human consumption.

The Oued Bousselam is one of the rare permanent rivers of the area of Sétif and the independent source of the Ain Zada water dam. The after taste of the water of this river pushes the population of the area to feed by subterranean water and mainly drillings.

This study; enabled us to note significant level of pollution in the water of the wadi and subterranean water, especially on the **S7** station (before the rejection in the Ain Zada dam); which is polluted with very high values of : conductivity, TDS, salinity and nitrites.

For subterranean water from drilled wells in mosques, one notices that certain analyzed parameters exceed the standards of drinking water: the nitrates vary between 4,86-126,8 mg/l and exceed the standard set at 50 mg/l in 04 mosques **M3** (Fodil El-Ouartlilani: City Tlidjene), **M4** (Houdaifa Ben-Elyamani: City 300 logts), **M5** (El-Bachir El-Ibrahimi: Mezloug) and **M7** (El-Qods: Farmatou). The **M7** mosque records high rates which exceed the standards of drinking concerning the organic matter, ammonium, nitrites, nitrates, TAC, and TH. Thus, the subterranean water obtained through drilling is the most polluted.

The danger of this pollution is very large on human health and for the biological balance of the hydrous medium which can harm wildlife in Oued Bousselam.

**Key Word:** Pollution of water, Subterranean water, Surface water, Parameters physicochemical, Drillings of the mosques, Oued Bousselam, Sétif.

# TABLE DES MATIERES

<b>Introduction</b>	01
<b>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>Chapitre I : Généralités sur l'eau</b>	
I. Généralités sur l'eau	05
I.1 Définition	05
I.2 La répartition de l'eau dans la biosphère	05
I.3 Les types des milieux aquatiques	05
I.3.1 Les eaux stagnantes (ou milieux lenticques)	05
I.3.2 Les eaux courantes (ou milieux lotiques)	06
I.4 Classification des eaux	06
I.4.1 Eaux naturelles	06
I.4.1.1 Eau souterraine	06
I.4.1.2 Eau de surface	06
a. Eaux de rivière (Partie amont)	07
b. Eaux de rivière (Partie aval)	07
c. Eaux de lac	07
d. Eaux de mers et océans	08
I.4.2 Eaux de consommation	08
I.4.3 Eaux usées	08
I.4.3.1 Eau usées domestiques	08
I.4.3.2 Eaux usées industriels	08
I.4.3.3 Eaux usées agricoles	09
I.5 Qualité de l'eau	09
<b>Chapitre II : La pollution des eaux</b>	
II. La pollution des eaux	11
II.1 Définition	11
II.1.1 Qu'est-ce que la pollution	11
II.1.2 La pollution des eaux	11
II.2 Source de pollution des eaux	11
II.3 Les différents types de la pollution	12
II.3.1 La pollution biologique	12
II.3.2 La pollution chimique	13
II.3.3 Les polluants physiques	13

II.4 Conséquences de la pollution de l'eau	14
II.5 Le pouvoir auto-épuration des eaux de surface	16
II.6 Lutte contre la pollution des eaux	16
II.7 Traitement des eaux	16
II.7.1 Le traitement des eaux souterraines	17
II.7.2 Le traitement des eaux de surface	17
II.7.2.1 Le pré-traitement	17
II.7.2.2 Le traitement primaire	18
II.7.2.3 Le traitement secondaire	18
II.7.2.4 Le traitement tertiaire	18

### **Chapitre III- Les ressources en eau en Algérie**

III. Les ressources en eau en Algérie	20
III.1 Situation de l'eau en Algérie	20
III.1.1 Les eaux superficielles	21
III.1.2 Les eaux souterraines	21
III.2 Problèmes de l'eau en Algérie	22
III.3 Les solutions préconisées pour minimiser le stress hydrique	23

## **PARTIE PRATIQUE**

### **Chapitre IV : Les ressources en eau de la wilaya de Sétif**

IV. Les ressources en eau de la wilaya de Sétif	26
IV.1 Présentation de la wilaya de Sétif	26
IV.2 Le réseau hydrographique	27
IV.3 Les ressources en eau	27
IV.3.1 Les ressources en eaux superficielles	27
IV.3.2 Les ressources en eaux souterraines	28
IV.4 L'Oued Bousselam	28
IV.4.1 Situation géographique	28
IV.4.2 Importance de l'oued	29
IV.4.3 Sources de pollution de l'oued	29

### **Chapitre V: Matériels et méthodes**

V. Matériels et méthodes	33
V.1 Echantillonnage et choix des sites de prélèvement	33
V.1.1 L'Oued Bousselam	33
V.1.2 Les forages des mosquées	34
V.2 Méthodes d'analyses	36

V.2.1 Analyses physico-chimiques	36
V.2.2 Dosages volumétriques et Colorimétriques	36
V.2.3 Méthodes spectrométriques	37
V.2.3.1 Spectrophotométrie U.V visible	37
V.2.3.2 Spectrométrie d'absorption atomique	37
V.3 Analyses statistique	37

## **Chapitre VI: Résultats et discussion**

VI. Résultats et discussion	39
VI.1 Les eaux d'Oued Bousselam	39
VI.1.1 La température de l'eau	40
VI.1.2 Le pH	42
VI.1.3 La conductivité	44
VI.1.4 Les TDS	46
VI.1.5 La salinité	48
VI.1.6 La turbidité	49
VI.1.7 La matière organique (MO)	51
VI.1.8 L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	53
VI.1.9 Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	55
VI.1.10 Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )	57
VI.1.11 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )	60
VI.1.12 Le fer (Fe)	62
VI.2 Les eaux des forages des mosquées	64
VI.2.1 Le pH	64
VI.2.2 La conductivité	66
VI.2.3 Les TDS	69
VI.2.4 La salinité	71
VI.2.5 La turbidité	73
VI.2.6 La matière organique (MO)	75
VI.2.7 L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )	77
VI.2.8 Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	79
VI.2.9 Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	81
VI.2.10 Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )	83
VI.3.11 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )	85
VI.2.12 Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	88
VI.2.13 La dureté ou le Titre Hydrotimétrique (TH)	90

VI.2.14 Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ )	92
VI.2.15 Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )	95
VI.2.16 Le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	97
VI.2.17 L'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ )	99
VI.2.18 Le fer (Fe)	102
VI.2.19 Le manganèse (Mn)	104
<b>Conclusion</b>	107
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexe</b>	

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau.01 : Répartition de l'eau dans la biosphère	05
Tableau.02: Quelques polluants et leurs effets sur l'environnement et la santé humaine	13
Tableau.03: problèmes liés à l'eutrophisation	15
Tableau 04 : Bassins versants et oueds principaux	20
Tableau.05: Estimation des ressources en eaux superficielles et souterraines de la wilaya de Sétif	28
Tableau.06: Eaux usées urbaines de la wilaya de Sétif (2003)	30
Tableau.07: Industries les plus polluantes de l'oued Bousselam	31
Tableau.08 : La température de l'eau pour chaque mois de prélèvement	41
Tableau.09: Le pH de l'eau pour chaque mois de prélèvement	43
Tableau.10 : La Conductivité de l'eau pour chaque mois de prélèvement	45
Tableau.11: les TDS dans l'eau pour chaque mois de prélèvement	47
Tableau.12: La salinité des eaux pour chaque mois de prélèvement	48
Tableau.13 : la turbidité de l'eau pour chaque mois de prélèvement	50
Tableau.14: la Matière Organique dans l'eau pour chaque mois de prélèvement	52
Tableau.15: l'ammonium des eaux pour chaque mois de prélèvement	54
Tableau.16: les phosphates des eaux pour chaque mois de prélèvement	56
Tableau.17: les nitrites dans l'eau pour chaque mois de prélèvement	59
Tableau.18: les nitrates dans l'eau pour chaque mois de prélèvement	61
Tableau.19 : les taux du Fer dans l'eau pour chaque mois de prélèvement	63
Tableau.20 : pH des eaux pour chaque mois de prélèvement	65
Tableau.21 : la conductivité des eaux pour chaque mois de prélèvement	67
Tableau.22 : Les TDS des eaux pour chaque mois de prélèvement	70
Tableau.23 : La salinité des eaux pour chaque mois de prélèvement	72
Tableau.24 : La turbidité des eaux pour chaque mois de prélèvement	74
Tableau.25 : La matière organique des eaux pour chaque mois de prélèvement	76
Tableau.26: L'ammonium des eaux pour chaque mois de prélèvement	78
Tableau.27: les sulfates des eaux pour chaque mois de prélèvement	80
Tableau.28 : les phosphates des eaux pour chaque mois de prélèvement	82
Tableau.29 : Les nitrites des eaux pour chaque mois de prélèvement	84
Tableau.30 : les nitrates des eaux pour chaque mois de prélèvement	87
Tableau.31 : le TAC des eaux pour chaque mois de prélèvement	89
Tableau.32: le TH des eaux pour chaque mois de prélèvement	91

Tableau.33 : les chlorures des eaux pour chaque mois de prélèvement	94
Tableau.34 : le calcium des eaux pour chaque mois de prélèvement	96
Tableau.35: le magnésium des eaux pour chaque mois de prélèvement	98
Tableau.36 : l'alcalinité des eaux pour chaque mois de prélèvement	101
Tableau.37 : le fer des eaux pour chaque mois de prélèvement	103
Tableau.38 : le manganèse des eaux pour chaque mois de prélèvement	105

## LISTE DES FIGURES

Figure.01: Les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau	12
Figure.02 : Les bassins versants en Algérie	20
Figure.03 : Situation géographique de l'oued Boussellam	29
Figure 04 : Photos des différents rejets observés au niveau d'Oued Boussellam	30
Figure.05 : Situation géographique des Mosquées de prélèvements	34
Figure.06 : Situation géographique des stations de prélèvement	35
Figure.07: Les valeurs de la température de l'eau durant les 04 mois de prélèvement	41
Figure.08 : Variation du pH de l'eau durant les 04 mois de prélèvement	43
Figure.09 : Les valeurs de la conductivité de l'eau durant les 04 mois de prélèvement	46
Figure.10 : les valeurs des TDS dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement	47
Figure.11 : Les valeurs de la salinité des eaux durant les 04 mois de prélèvement	49
Figure.12 : les taux de la turbidité dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement	51
Figure.13 : les valeurs de la MO dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement	52
Figure.14 : Les valeurs de l'ammonium des eaux durant les 04 mois de prélèvement	54
Figure.15 : les taux des phosphates des eaux durant les 04 mois de prélèvement	57
Figure.16: les valeurs des nitrites dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement	59
Figure.17 : les valeurs des nitrates dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement	61
Figure.18 : les taux du fer dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement	63
Figure.19 : la valeur du pH des eaux durant les 05 mois de prélèvement	66
Figure.20 : variation de la conductivité des eaux durant les 05 mois de prélèvement	68
Figure.21 : les valeurs des TDS des eaux durant les 05 mois de prélèvement	70
Figure.22 : les valeurs de la salinité des eaux durant les 05 mois de prélèvement	72
Figure.23 : les valeurs la turbidité des eaux durant les 05 mois de prélèvement	74
Figure.24 : les valeurs de la MO des eaux durant les 05 mois de prélèvement	76
Figure.25 : Les valeurs de l'ammonium des eaux durant les 05 mois de prélèvement	78
Figure.26 : les valeurs des sulfates dans les eaux pour les 05 mois de prélèvement	80
Figure.27: les valeurs des phosphates des eaux durant les 05 mois de prélèvement	83
Figure.28 : les valeurs des nitrites des eaux durant les 05 mois de prélèvement	85
Figure.29 : les taux des nitrates des eaux durant les 05 mois de prélèvement	87
Figure.30 : les taux de TAC des eaux durant les 05 mois de prélèvement	89
Figure.31: les valeurs de la dureté des eaux durant les 05 mois de prélèvement	92
Figure .32 : les valeurs des chlorures des eaux durant les 05 mois de prélèvement	94
Figure.33: les taux de calcium des eaux durant les 05 mois de prélèvement	97

Figure.34 : les taux de magnésium des eaux durant les 05 mois de prélèvement	99
Figure.35 : les taux de l'alcalinité des eaux durant les 05 mois de prélèvement	101
Figure.36 : les valeurs du fer des eaux durant les 05 mois de prélèvement	103
Figure.37 : les taux de manganèse des eaux durant les 05 mois de prélèvement	105

## LISTE DES ABREVIATIONS

- ❖ % : Pourcentage
- ❖ < : Inferieur
- ❖ > : Supérieur
- ❖ °C : Degré Celsius
- ❖ °F : Degré Français
- ❖ µg/l : Micro gramme par litre
- ❖ µS/cm : Micro-siemens par centimètre
- ❖ ADE : Algérienne des eaux
- ❖ ADN : Acide Désoxyribonucléique
- ❖ AFNOR : L'Association Française de Normalisation
- ❖ ANAT : Agence Nationale d'Aménagement du Territoire
- ❖ ANOVA : Analyse de la variance
- ❖ ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
- ❖ APC : Assemblée Populaire Communale
- ❖ Ba : Baryum
- ❖ Ca<sup>++</sup>: Calcium
- ❖ Cd : Cadmium
- ❖ Cl : Chlorure
- ❖ CO<sub>2</sub>: Dioxyde de carbone, Gaz carbonique ou Anhydride carbonique
- ❖ Fe : Fer
- ❖ Fig. : Figure
- ❖ H<sub>2</sub>O : Molécule d'eau
- ❖ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Bicarbonate, l'Alcalinité
- ❖ hm<sup>3</sup> : Hectomètre cube
- ❖ hm<sup>3</sup>/an : Hectomètre cube par an
- ❖ ISO : Organisation Internationale de normalisation
- ❖ JOCE : Journal officiel des Communautés européennes
- ❖ JORA : Journal Officiel de la République Algérienne
- ❖ JORF : Journal Officiel de la République Française
- ❖ Km<sup>2</sup> : Kilomètre carré
- ❖ km<sup>3</sup> : Kilomètre cube
- ❖ M1: Forage Mosquée 1
- ❖ M2: Forage Mosquée 2

- ❖ **M3**: Forage Mosquée 3
- ❖ **M4**: Forage Mosquée 4
- ❖ **M5** : Forage Mosquée 5
- ❖ **M6** : Forage Mosquée 6
- ❖ **M7**: Forage Mosquée 7
- ❖ **m<sup>2</sup>** : Mètre carré
- ❖ **m<sup>3</sup>** : Mètre cube
- ❖ **MES** : Matières En Suspension
- ❖ **Mg<sup>2+</sup>** : Magnésium
- ❖ **mg/l** : Milligramme par litre
- ❖ **mm** : Millimètre
- ❖ **Mn** : Manganèse
- ❖ **MO** : Matière Organique
- ❖ **N.T.U** : Néphélométrie Turbidity Unit
- ❖ **N°** : Numéro
- ❖ **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium
- ❖ **NH<sub>3</sub>** : Ammoniac
- ❖ **nm** : Nanomètre
- ❖ **NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrites
- ❖ **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrates
- ❖ **O<sub>2</sub>** : Oxygène
- ❖ **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- ❖ **ONU** : Organisation des Nations Unies
- ❖ **Pb** : Plomb
- ❖ **PEBD** : Polyéthylène basse densité
- ❖ **PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Phosphates
- ❖ **ppb** : Partie par milliard
- ❖ **ppm** : Partie par million
- ❖ **PVC** : Polychlorure de Vinyle
- ❖ **RN** : Route nationale
- ❖ **S1** : Station 1
- ❖ **S2** : Station 2
- ❖ **S3** : Station 3
- ❖ **S4** : Station 4
- ❖ **S5** : Station 5

- ❖ **S6** : Station 6
- ❖ **S7** : Station 7
- ❖ **SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>** : Sulfates
- ❖ **Tab.** : Tableau
- ❖ **TAC** : Le titre alcalimétrique complet
- ❖ **TDS** : Total dissolved substances
- ❖ **TH** : La dureté ou le Titre Hydrotimétrique
- ❖ **UE** : l'Union Européen
- ❖ **U.V** : Ultra Violet
- ❖ **Zn** : Zinc

# Introduction

# Introduction

L'eau fait partie de notre environnement naturel, tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit ; elle constitue un élément familier et fondamental de notre vie quotidienne.

Nous savons que le volume total en eau sur la terre est estimé à quelque 1.386.000.000 Km<sup>3</sup>, dont 96,5% forment les océans et le 3,5% restant constitue par ordre d'importance les réserves de glaciers, des eaux souterraines, des eaux de surface, de l'atmosphère et de la biomasse. Mais seulement 2,5% de cette eau est douce ; encore là, la très grande majorité de celui-ci est difficilement accessible pour la consommation (Anctil, 2008).

La disponibilité de l'eau constitue un des principaux facteurs d'essor des civilisation que ce soit pour l'irrigation, le transport maritime ou fluvial, la production d'énergie ou la consommation domestique et industrielle (Anctil et al., 2005).

Son importance dans l'économie humaine ne cesse de croître. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, on est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes, à une utilisation de plus en plus accrue des eaux de surface (Ould Mohamedou et al., 2008).

La détérioration de la qualité des ressources en eau constitue une menace aussi importante que celle liée à l'accentuation du déficit hydrique: les eaux de surface sont menacées du phénomène d'envasement et d'eutrophisation; les cours d'eaux demeurent à leur tour le réceptacle de rejets polluants de nature diverse; les eaux souterraines, autrefois de bonne qualité, se trouvent actuellement menacées par diverses sources de pollutions ponctuelles et diffuses (Elarfaoui et al., 2005).

Ces dernières années les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté dans les oueds. Ceci constitue une menace pour la qualité et la quantité des ressources en eau disponible en Algérie, où elle enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m<sup>3</sup> d'ici l'an 2025 (Remini, 2010 ; Benamar et al., 2011).

La problématique de l'eau constitue un domaine prioritaire tant au niveau des instances nationales, régionales qu'internationales. En particulier dans les zones arides ou semi-arides où la demande croissante en eau est associée à une diminution de cette ressource (Remini, 2003).

L'Oued Bousselam est l'un des cours d'eau permanents algériens les plus touchés par le phénomène de la pollution, il est le principal axe hydrographique de la région de Sétif et la

principale source du barrage d'Ain Zada qui alimente en eau les villes de Sétif, d'El Eulma, de Bordj-Bou-Argeridj et de Bougaâ. Il subit une pollution très sévère.

L'arrière goût de l'eau du barrage d'Ain Zada pousse la population de la région à s'alimenter par les eaux souterraines et principalement les forages des mosquées ; ces derniers ne sont pas sous contrôle de l'ADE. D'où ce pose le problème et le risque de non potabilité de ces eaux puisque les eaux de surface participent à l'alimentation des nappes des eaux souterraines, donc la qualité de ces eaux y est étroitement liée.

Le présent travail a pour objectif de déterminer à travers les résultats obtenus des analyses des différents paramètres physico-chimiques, de pollution, de minéralisation globale et d'éléments indésirables, la nature et l'impact de la pollution sur la qualité des eaux dans la wilaya de Sétif.

L'étude en question, est exposée en six chapitres :

- Le premier chapitre, regroupe des généralités concernant l'eau : définition, répartition, types, classification et qualité des eaux.
- Le deuxième chapitre, nous renseigne sur la pollution des eaux douces, ses sources, origines, conséquences, lutte et techniques de traitements des eaux polluées.
- Le troisième chapitre, donne un aperçu sur les ressources en eau en Algérie, situation, disponibilité, problèmes et quelques solutions pour minimiser le stress hydrique.
- Le quatrième chapitre, met l'accent sur les ressources en eau de la wilaya de Sétif et spécialement l'oued Bousselam et décrit son état (situation, importance et source de pollution).
- Le cinquième chapitre, donne l'aspect méthodologique. Ainsi seront présentés les critères de choix des stations et des forages, les méthodes d'échantillonnages, les principales méthodes d'analyses utilisées et la méthode statistique employée pour la comparaison des résultats obtenus.
- Dans le sixième chapitre, les principaux résultats obtenus sont synthétisés et discutés.

Enfin nous terminons par une conclusion générale dans laquelle nous rappelons les différents résultats obtenus.

PARTIE  
**PARTIE**  
BIBLIOGRAPHIQUE  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# Chapitre I: Généralité sur l'eau

## I. Généralité sur l'eau

### I.1 Définition

L'eau, c'est la vie, a-t-on l'habitude de dire. C'est en effet « le solvant universel » ; elle est composée d'oxygène et d'hydrogène qui, avec le carbone sont indispensables à la formation cellulaire (Hertig et Fallot, 2006).

Il se trouve sous trois états :

- Gazeux
- Liquide
- Solide

### I.2 La répartition de l'eau dans la biosphère

La répartition de la ressource totale en eau se fait, sous ses trois états physiques (liquide, solide et gazeux), de la façon suivante (Nace et Léopold, 1964 in Genin et al., 2003) :

*Tableau. 01 : Répartition de l'eau dans la biosphère*

	Volume en km <sup>3</sup>	% du total
<b>Eau liquide :</b>		
Océans	1 300 000 000	97,2
Lacs et mers internes	123 000	0,009
Cours d'eau	100 000	0,008
Eau du sol	1 230	0,0001
Nappes aquifères (jusqu'à 800m de profondeur)	65 000	0,005
Eau profondes	4 000 000	0,31
<b>Eau solide</b>		
Glaciers polaires	32 000 000	2,5
Autres glaciers	1 000	0,0001
<b>Eau vapeur</b>		
Eau dans l'atmosphère	12 700	0,001
<b>Eau contenue dans les organismes vivants</b>	400	0,00005

### I.3 Les types des milieux aquatiques

L'eau tombant sur la surface des continents, s'écoule vers la mer, dans les cours d'eau ou s'accumule dans des cuvettes et dépressions d'origines forte diverses, formant des lacs ou des étangs (Duvigneaud, 1980).

Les eaux douces continentales sont constituées de toutes les eaux de surfaces et souterraines, courantes et stagnantes, pérennes ou temporaires, avec tous les intermédiaires pouvant exister entre ces différentes catégories (Genin et al., 2003).

#### I.3.1 Les eaux stagnantes (ou milieux lentiques)

Caractérisées par un courant de vitesse nulle, ou quasi nulle, ils peuvent être des lacs, étangs, mares ou flaques.

**I.3.2 Les eaux courantes (ou milieux lotiques)**

Regroupent toutes les eaux en mouvement (sources, torrents, ruisseaux, fleuves).

**I.4 Classification des eaux****I.4.1 Eaux naturelles****I.4.1.1 Eau souterraine**

Les eaux souterraines enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution (Desjardins, 1997).

Il existe différents types d'eaux souterraines : eaux souterraines libres en milieu karstique, nappes phréatique, nappes alluviales et nappes aquifères (Chevallier, 2007).

- Les eaux souterraines peu profondes sont des ressources aquatiques très vulnérables.
- Les nappes phréatiques peuvent être polluées par d'innombrables éléments et composés chimiques, toxiques à certaines doses, ainsi que par des germes pathogènes.
- Les nappes alluviales peuvent subir une pollution provenant des cours d'eau avec lesquels elles communiquent ou provenant de gravières humides (gravières de vallée atteignant la nappe alluviale).
- Les eaux libres comme les rivières souterraines peuvent être, elles aussi, polluées à partir de déchets jetés inconsidérément dans les cavités, avens et gouffres, ce qui dénoncent tous les clubs de spéléologie.

La nature du terrain sous lequel se trouvent les eaux souterraines est un déterminant de leurs compositions chimiques.

Mais généralement les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

- Turbidité faible
- Concentration bactérienne faible
- Température constante
- Indice de couleur faible
- Débit constant
- Dureté souvent élevée
- Concentration élevée de fer et manganèse

**I.4.1.2 Eau de surface**

Les eaux de surfaces se répartissent en eaux océaniques ou marines (océans et mers en communication avec un océan) et en eaux continentales (lacs, étangs, marais, cours d'eau et milieux aquatiques créés par l'homme (les canaux, les barrages, retenues collinaires et réservoirs) (Chevallier, 2007).

Elles ont une grande importance pour les activités humaines. Leurs usages principaux sont les suivants:

- Alimentation en eau potable
- Irrigation
- Industrie
- Hydroélectricité
- Pêche professionnelle et aquaculture
- Loisirs : tourisme, sports, pêche
- Réserves naturelles, habitat pour certaines espèces

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories (Desjardins, 1997) :

**a. Eaux de rivière (Partie amont)**

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de la population est faible et les industries pratiquement inexistantes.

Ces eaux sont caractérisées par :

- Turbidité élevée
- Contamination bactérienne faible
- Température froide
- Indice de couleur faible

**b. Eaux de rivière (Partie aval)**

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses.

Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et de plus difficiles à traiter qu'en amont.

Ces eaux sont caractérisées par :

- Contamination bactérienne élevée
- Contamination organique et inorganique élevée
- Indice de couleur pouvant être élevé

**c. Eaux de lac**

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue.

Ces eaux sont caractérisées par :

- Une turbidité faible
- Contamination bactérienne habituellement peu importante

**d. Eaux de mers et océans**

Les eaux de mers et océans sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen pour s'approvisionner en eau douce (Desjardins, 1997).

Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement.

**I.4.2 Eaux de consommation**

Ce sont les eaux destinées à la consommation domestique, elles ont connues une énorme croissance suite au développement démographique et à l'amélioration des conditions de vie des populations.

Trois types d'eau doivent être pris en considération : eaux de distribution publique (eaux de robinet et fontaines), eaux de sources et eaux minérales naturelles (Duhamel et Brouard, 2010).

**I.4.3 Eaux usées**

Les eaux usées résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques (eaux d'égout), industrielles ou agricoles (Richard, 1996).

**I.4.3.1 Eaux usées domestiques (eaux d'égout)**

Elles résultent des activités quotidiennes de l'homme (eaux de cuisine, eaux de lavage : urines et excréments d'évacuation liquéfiés dans des fosses dites septiques, avant leur rejet à l'égout) (Richard, 1996).

Elles contiennent en particulier des détergents, principalement anioniques qui agissent comme émulsionnants, moussants, mouillants.

**I.4.3.2 Eaux usées industrielles**

Les eaux usées industrielles peuvent être troubles, colorées, contenir des matières en suspension, des matières organiques ou minérales dissoutes, des produits acides ou alcalins, des sucres, des huiles, des métaux lourds et des hydrocarbures (Richard, 1996).

Les caractéristiques des eaux usées industrielles subissent des grandes variations, elles dépendent à une multitude de paramètres : type de l'industrie (production, nettoyage), les différentes étapes du procédé industriel et l'état des appareils. Par ailleurs, il existe des caractéristiques communes entre les effluents de la même industrie.

**I.4.3.3 Eaux usées agricoles**

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures (Richard, 1996) :

- Apport aux eaux de surface de nitrates et de phosphates utilisés comme engrais, par suite de lessivage des terres perméables.
- Apport de pesticides chlorés et phosphoré, de désherbants, d'insecticides.

**I.5 Qualité de l'eau**

Les paramètres de contrôle de la qualité de l'eau peuvent être répartis en 63 paramètres divisés en 07 groupes (Melquiot, 2003) :

- Paramètres organoleptiques: couleur, saveur, odeur et transparence de l'eau
- Paramètres physico-chimiques : caractéristiques naturelles de l'eau : température, conductivité, pH, etc.
- Paramètres concernant les substances indésirables : (teneur maîtrisée en fluor, nitrates, etc.
- Paramètres concernant les substances toxiques reconnues : doses infimes en plomb, chrome, etc.
- Paramètres microbiologiques : absence de bactéries et de virus pathogènes
- Pesticides et produits apparentés : en doses infimes
- Paramètres concernant les eaux adoucies ou déminéralisées : teneur minimale en calcium, magnésium, carbonate ou bicarbonate.

Chapitre II:  
**Chapitre II:**  
La pollution des eaux  
**La pollution des eaux**

## **II. La pollution de l'eau**

### **II.1. Définition**

#### **II.1.1 Qu'est- ce que la pollution**

L'une des définitions la plus provocante et la plus précise de la pollution, a été proposée par *Bang* : « la pollution est essentiellement un jugement de valeur sur ce que chacun souhaite trouver dans l'environnement ; ce jugement est - ou n'est pas- étayé par des données scientifiques et implique presque toujours un choix » (Forbes et Forbes, 1997).

La pollution peut aussi être une modification directe ou indirecte de l'environnement provoquée par tout acte qui provoque ou qui risque de provoquer une situation préjudiciable pour la santé, la sécurité, le bien-être de l'homme, la flore, la faune, l'air, l'atmosphère, les eaux, les sols et les biens collectifs et individuels (JORA, 2003).

Cependant le verbe Polluer est dérivé du latin *polluere*: de faute ou de corruption. De ce fait le sens le plus commun est de faire quelque chose d'impropre ou nuisible pour les êtres vivants, en particulier par l'ajout des déchets ou des eaux usées (Cunningham, 2003 in Gaamoune, 2010).

#### **II.1.2 La pollution des eaux**

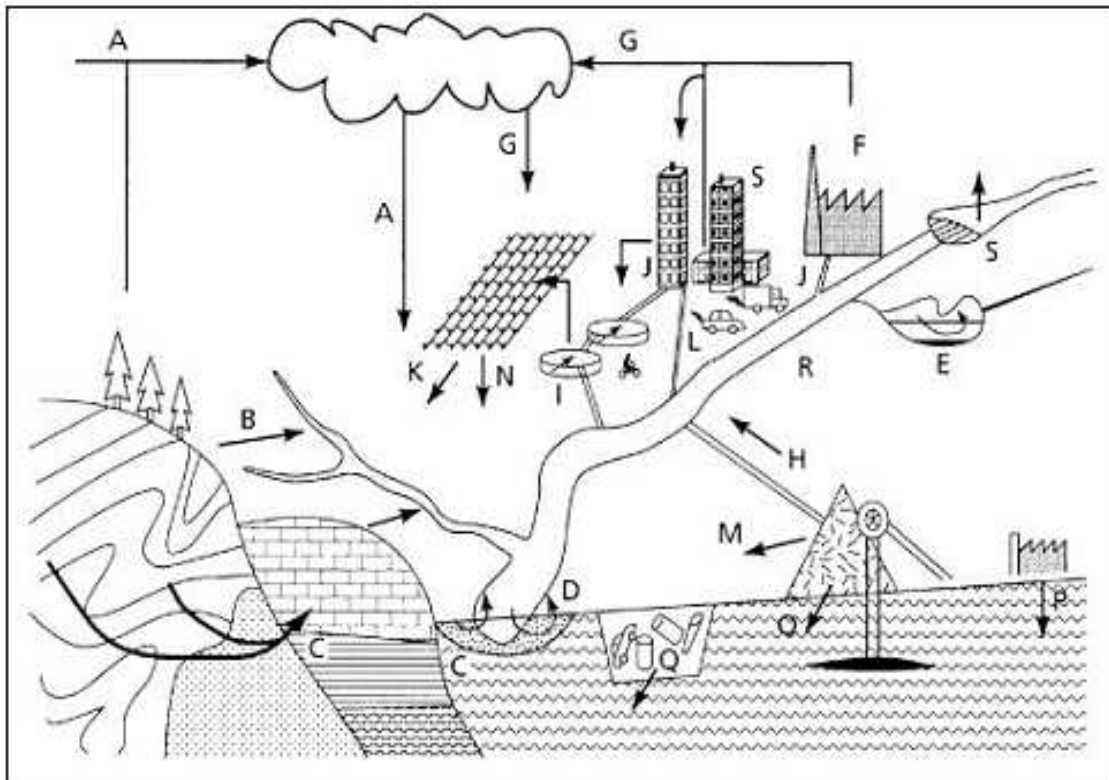
C'est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestre et aquatique, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux (JORA, 2003).

## **II.2 Source de pollution des eaux**

En général, les eaux souterraines sont moins vulnérables à la pollution que les eaux de surface (Fawell et Nieuwenhuijsen, 2003 in Gaamoune, 2010).

Les pressions importantes qui s'exercent sur les réserves d'eau douce dans diverses régions du monde contribuent à une détérioration préoccupante de leur qualité (Elskens, 2010). Celles-ci a pour principales sources (Fig.01) :

- L'activité humaine, les industries, l'agriculture (déchets, transports sensibles et surconsommation de la ressource)
- Phénomènes naturels (inondations, éruptions volcaniques, sources minérales impropres à la consommation...)



**Les sources et les voies naturelles:** A. les retombées océaniques et les sels; B. le lessivage des sols et l'érosion; C. la dissolution minérale par les eaux souterraines; D. les processus biogéochimiques dans les écotones; E. les processus au sein des masses d'eaux; F. l'évaporation.

**Les sources anthropiques et leurs voies:** G. la pollution atmosphérique; H. la libération directe des eaux des mines, I. la sortie des eaux usées urbaines; J. le rejet des déchets industriels dans les eaux; K. les eaux de ruissellement provenant des terres agricoles; L. les eaux de ruissellement provenant des zones urbaines; M. Les eaux de ruissellement provenant des résidus des mines; N. le lessivage des sols contaminés aux eaux souterraines; O. la lixiviation de résidus de mines des eaux souterraines, des décharges de polluants P. Les fuites; Q. les libérations des déchets vers les eaux souterraines. R. les canalisations; S. Les barrages

*Figure.01: Les principales sources naturelles et anthropiques des polluants de l'eau (Meybeck, 2001 in Gaamoune, 2010)*

## II.3 Les différents types de la pollution

### II.3.1 La pollution biologique

Les humains sont les plus importants pollueurs biologiques de la planète : les contaminants fécaux sont parmi les polluants biologiques des sources d'eau potable ; par conséquence l'homme et les animaux domestiques sont souvent contaminés par des microbes pathogènes. (Trevors et Saier, 2007 in Gaamoune, 2010)

La pollution biologique des eaux se traduit par une forte contamination bactériologique et résulte des rejets dans les eaux d'une grande variété de substances organiques fermentescibles (bactéries, virus, champignons) (Ramade, 1983).

**II.3.2 La pollution chimique**

Cette pollution est due au déversement des substances toxiques telles que les hydrocarbures, les engrais et les sels utilisés en agriculture, des pesticides, des métaux lourds et divers résidus rejetés par la métallurgie et d'autres activités.

Les contaminants les plus nuisibles à la santé sont les produits chimiques d'origines naturelles qui se trouvent habituellement dans les eaux souterraines (Roberts et al., 2007 in Gaamoune, 2010) .

**II.3.3 Les polluants physiques**

La pollution physique est due essentiellement aux substances en suspension (matières solides) ; (Boyd, 1970 in Gaamoune, 2010). Bien que sa forme commune est la pollution thermale (Nsikak. 2008 in Gaamoune, 2010). Elle peut englober également plusieurs autres aspects : c'est une pollution qui altère la transparence de l'eau (pollution organique ), élévation de la température (pollution thermique) et présence des éléments radioactifs (pollution atomique).

*Tableau.02: Quelques polluants et leurs effets sur l'environnement et la santé humaine*

<b>Polluants</b>	<b>Effets environnementaux</b>	<b>Effets sanitaires</b>
<b>Les matières en suspension</b>	- Eaux plus troublées : perturbent la photosynthèse, la respiration des poissons et colmatent les milieux aquatiques	- Transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme
<b>Pollution organique</b>	- Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons - Simulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation des boues - Faiblement biodégradable	- Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'Homme
<b>Azote (nitrates, nitrite) phosphate</b>	- Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique	- Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue) - Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides
<b>Métaux</b>	- Non biodégradables, bioaccumulables -Mercure : il a une action inhibitrice sur le métabolisme des micro-organismes et réduit le potentiel d'autoépuration des eaux.	-Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés -Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérogènes -Plomb : provoque le saturnisme

<b>Pesticides</b>	-Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques -Polluants organiques persistants -S'absorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire)	- Les plus toxiques : les insecticides -Effet mutagènes, reprotoxiques (malformations, stérilité, trouble de la reproduction) et cancérigène.
-------------------	---	--

#### **II.4 Conséquences de la pollution de l'eau**

Les eaux de surface et les eaux souterraines sont polluées par des substances étrangères dans des proportions différentes ; à cause de leur utilisation croissante, elles revêtent toutes les deux la même importance vis-à-vis de la santé (Reichl, 2004).

Elles peuvent engendrer à court ou long terme des conséquences graves, pour la santé et l'hygiène publique, pour l'environnement et avoir des répercussions économiques non négligeables.

Les conséquences écologiques de la pollution des ressources en eau se traduisent principalement par la dégradation des écosystèmes aquatiques.

Cette dégradation se manifeste par :

- Une atteinte à la capacité d'auto-épuration du cours d'eau (un écosystème aquatique dispose d'une capacité propre à éliminer la pollution qu'il reçoit : c'est sa capacité "d'auto-épuration". Cependant, lorsque l'apport de substances indésirables est trop important, que cette capacité épuratoire, elle est donc saturée).
- Une diminution de la biodiversité animale et végétale.
- Une prolifération des espèces tolérantes à la pollution qui sont considérées comme des indicateurs de pollution.
- Contamination des réseaux trophiques par les produits toxiques.
- Apparition d'une mauvaise odeur.
- Une eutrophisation accélérée du cours d'eau (dystrophisation).

L'eutrophisation des cours d'eaux cause plusieurs problèmes ; ces problèmes sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau.03: problèmes liés à l'eutrophisation (Lacaze, 1996)

Problème		Cause	
		Prolifération de microalgues planctoniques	Prolifération de macrophytes
Altération de la qualité de l'eau	Goût, odeur, couleur, filtration, et autres difficultés de traitement	+++	+
	Désoxygénation, formation de Fe, Mn, CO <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S	++	+
	Corrosion des tuyaux	++	+
Altération des usages récréatifs de l'eau	Aspect inesthétique	++	+
	Danger pour les baigneurs	++	++
	Risques sanitaires	++	++
Altération des pêches	Mortalité de poissons	+	
	Production d'espèces moins nobles	++	++
Altération des matériaux	Envasement, colmatage des tuyaux et des filtres, réduction du débit	+	+

Notes : +++ : très fréquent, ++ : fréquent, + : quelquefois

Les multiples polluants de l'eau peuvent provoquer chez les êtres humains des maladies telles des modifications de l'ADN ou mutations, des cancers, des perturbations du système nerveux, des problèmes de reproduction. Toutes ces maladies peuvent à long terme conduire à la mort. L'ONU (Organisation des Nations Unies) estime que la pollution de l'eau est ainsi la première cause de mortalité dans le monde devant la malnutrition.

Les eaux polluées peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause (Haslay et Leclerc, 1993):

- Le choléra (*vibrio cholerae*)
- La fièvre typhoïde et gastro-entérite (*salmonella typhi* et *E. Coli*).
- Schigellose (*shigella spp*)
- La tuberculose (*mycobacterum tuberculosis*)

Aux cotés des maladies d'origine bactérienne, nous avons des maladies virales. On peut citer (Haslay et Leclerc, 1993):

- La poliomyélite
- Les hépatites virales et entérovirus

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites comme l'ankylostomose, la dysenterie amibienne, la dracunculose et le téniasis (Haslay et Leclerc, 1993).

## **II.5 Le pouvoir auto-épurant des eaux de surfaces**

La purification naturelle est définie comme étant la somme de tous les processus physiques, chimiques et biologiques réduisant la charge et la concentration des polluants dans une masse d'eau, (Kummert et Stumm, 1989 in Gaamoune, 2010).

Ce pouvoir dépend de la turbidité (obstacle à la pénétration des rayons solaires), du taux de matières organiques, de l'activité de bactéries, dans une certaine mesure, de la température de l'eau et surtout de l'assimilation chlorophyllienne des plantes et des algues vertes, des cyanophycées qui à la lumière solaire captent le gaz carbonique CO<sub>2</sub>, rejettent de l'oxygène O<sub>2</sub> et transforment le carbone en hydrates de carbone (Richard, 1996).

## **II.6 Lutte contre la pollution des eaux**

La protection de la ressource en eau en général et plus particulièrement des eaux superficielles implique une réduction de la pollution avec réhabilitation des cours d'eau.

Ajoutant au manque d'eau, la pollution de celle-ci nécessite à chaque fois des investigations nouvelles et la mise au point de procédés spécifiques, afin de dépolluer toutes sources d'eau à usage humain (Maazouzi et al., 2006).

Il existe plusieurs techniques qui peuvent être utilisées soit individuellement soit dans des combinaisons. Ces méthodes dépendent de la source de pollution, les polluants et le coût de traitement.

Donc pour nettoyer l'eau qui a été polluée, il faut soit enlever la source de pollution soit enlever les contaminants.

La tendance actuelle est de confier le soin de protéger les ressources hydriques à un organisme gouvernemental responsable de toutes les utilisations de l'eau, y compris sa distribution à la population. Ce principe permet d'instaurer des réglementations relatives :

- Aux sources de pollution existantes
- Au degré de traitement à imposer aux eaux d'égout et aux eaux usées industrielles pour les ramener à un niveau de pureté suffisant ou pour prévenir une pollution grave
- Aux usages légitimes actuels ou projetés qui peuvent être faits des eaux à divers fins

## **II.7 Traitement des eaux**

Le stress hydrique que connaît le monde, et les prospections de nouvelles ressources en eau poussent de nombreux scientifiques à se pencher sur la question pour essayer de trouver des solutions pour dépolluer l'eau et la rendre potable (Maazouzi et al., 2006).

Le but de traitement des eaux polluées est de protéger les eaux de surfaces et les eaux souterraines contre les atteintes nuisibles et de permettre leur utilisation durable.

L'eau qui va servir à la consommation est d'origine souterraine ou superficielle. Elle est pompée par forage ou prélevée directement en surface. Une fois l'eau prélevée, elle va subir plusieurs types de traitement afin de la rendre propre à la consommation.

### **II.7.1 Le traitement des eaux souterraines**

Le traitement des eaux souterraines se limite à 02 étapes : la filtration à l'intérieur du puits de captage et la désinfection en sortie de l'installation afin d'envoyer dans le réseau une eau sans microorganisme et d'éviter qu'elle ne s'altère dans le réseau de distribution ou dans les réservoirs de stockage. Pour cette désinfection on utilise le chlore dont le pouvoir bactéricide est rémanent, c'est-à-dire qu'il persiste pendant plusieurs heures, voire quelques jours.

Enfin l'eau souterraine est naturellement traitée. En effet, en s'infiltrant dans la terre, les roches, le sable ; l'eau s'auto-traite.

### **II.7.2 Le traitement des eaux de surface**

Après avoir été pompée dans un lac, un fleuve ou une rivière l'eau polluée est acheminée par tuyaux vers une usine de traitement dont le but est de rendre cette eau potable.

Le traitement des eaux passe par plusieurs étapes avant d'être rejetée vers le milieu naturel :

#### **II.7.2.1 Le prétraitement**

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un «prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage (Gaïd, 2008).

- **Dégrillage** : Cette opération est effectuée à l'arrivée des eaux usées sur la station. Les débris solides volumineux sont retenus par un tamis tournant automatique puis envoyés en décharge ou en unité d'incinération.
- **Le dessablage** : permet d'éliminer les MES de taille importante ou de densité élevée (utilisation d'un décanteur classique). C'est une étape indispensable notamment pour éviter le bouchage des canalisations et protéger les équipements contre l'abrasion. Ce dessablage est pratiqué par décantation. Les sables extraits sont envoyés en décharge.
- **Le déshuilage** : est basé sur le principe de flottation afin de favoriser la remontée des corps gras moins denses que l'eau. C'est une étape indispensable pour assurer la protection du réacteur biologique. Les résidus huileux sont récupérés par écrémage. Très chargés en eau, ils sont concentrés par flottation à air dissous.

**II.7.2.2 Le traitement primaire**

Il consiste en une décantation primaire qui vise à parfaire la qualité des prétraitements notamment par la capture des MES naturellement décantables et par une élimination poussée des flottants (huiles et graisses). Elle s'effectue en décanteur lamellaire. Les boues décantées sont reprises par des racleurs de fond.

**II.7.2.3 Le traitement secondaire**

Il s'agit de réduire la charge polluante, soit par des procédés biologiques ou des procédés physico-chimiques comme : les disques biologiques, les boues activées, le lagunage, les lits bactériens (Grosclaude, 1999).

**II.7.3.4 Le traitement tertiaire**

Il assure une dénitrification, une déphosphatation ou la désinfection de l'eau (Grosclaude, 1999).

A la fin de ces traitements, il reste des boues de chaque étape qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques.

Ces boues résiduelles doivent être traitées avant leur rejet pour limiter leur volume et les naissances liées à leur caractère putrescible.

Chapitre III:  
**Chapitre III:**  
Les ressources en eaux en  
**Les ressources en eaux en**  
**Algérie**

### III. Les ressources en eaux en Algérie

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social (Khadraoui, 2007).

#### III.1 Situation de l'eau en Algérie

L'Algérie est un pays semi-aride, voire même aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, localisées dans la bande côtière (Kettab, 2000) et proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables.

Elle compte 17 bassins-versants (Fig.02) (Kadi, 1997).

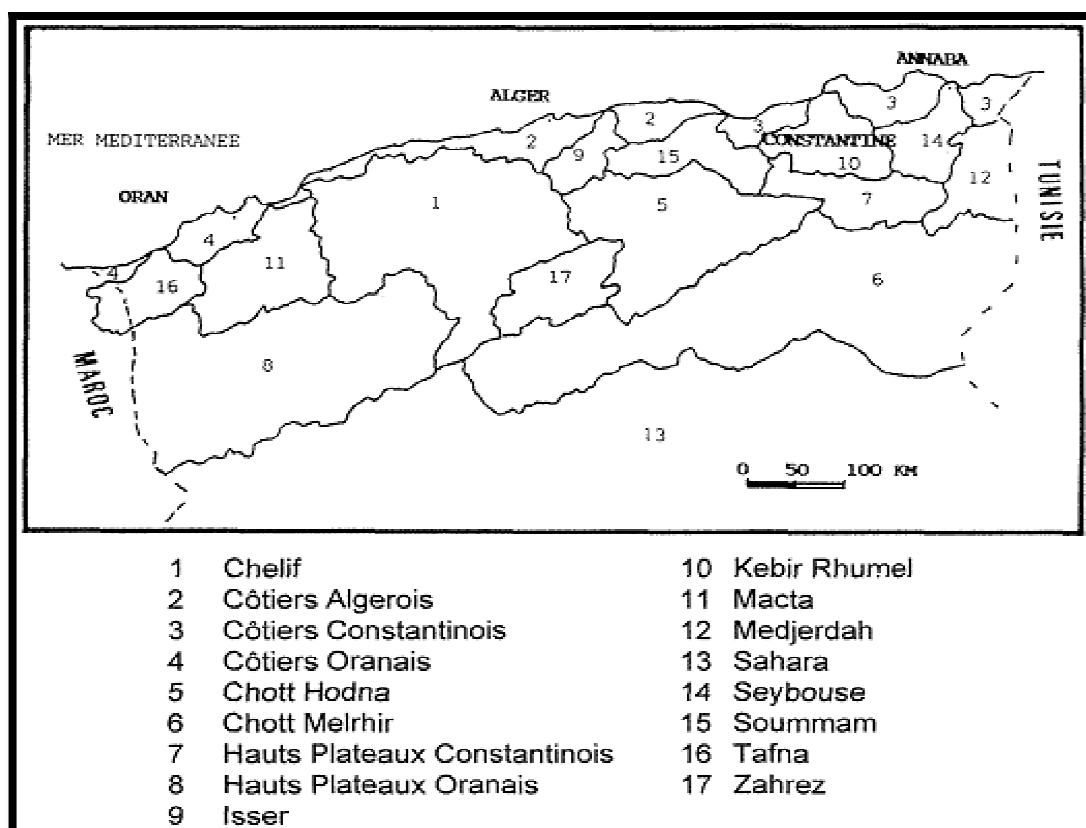


Figure.02 : Les bassins versants en Algérie (Kadi, 1997)

Le tableau suivant (Tab.04) donne la superficie des différents bassins versants et la longueur des principaux oueds qui les constituent :

Tableau 04 : bassins versants et oueds principaux (MATE, 2005)

Bassin Versant	Superficie (km <sup>2</sup> )	Longueur de l'oued (km)
Kebir/Rhmmel	8815	222
Seybouse	6475	240
Soummam	9125	215
Isser	4158	215
Sébaou	2390	111
Chélif	45000	723
Tafna	7145	177
Mekerra	3615	239

D'une manière générale, les bassins versants sont imperméables (ANRH, 1993 in Kadi, 1997). Ce qui donne sur le plan des régimes hydrologiques:

- Une extrême irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements qui est accentuée par de longues périodes de sécheresse;
- Des crues violentes et rapides
- Une érosion intense et des transports solides importants.

Les potentialités sont actuellement évaluées à 16,3 milliards de m<sup>3</sup> qui se composent comme suit (MATE, 2005):

- 9,8 milliards de m<sup>3</sup> d'eau superficielle
- 1,5 milliards de m<sup>3</sup> d'eau souterraine dans la région Nord
- 5 milliards de m<sup>3</sup> d'eau souterraine du Sahara septentrional

Les disponibilités des ressources renouvelables par habitant, en année moyenne, sont évaluées à 500 m<sup>3</sup>/hab./an environ, ce qui classe l'Algérie dans les pays pauvres en eau, très proche d'une situation de crise (MATE, 2005).

### **III.1 Les eaux superficielles**

Les ressources en eau superficielles sont actuellement évaluées entre 9,8 à 13,5 milliards de m<sup>3</sup> à cause des périodes d'hydraulicité différentes, notamment la sécheresse et dans une moindre mesure l'envasement des retenues.

La distribution inégale des précipitations et des écoulements, engendre de grands contrastes régionaux et se traduit par des différences significatives entre les ressources de chaque région.

La région littorale qui ne représente que 7 % de la superficie totale du pays concentre plus de 90 % de l'écoulement total, tandis que les bassins de l'Est et du Centre représentent 80% des apports totaux de cette région.

Dans les régions steppiques et sahariennes, les écoulement superficiels sont très faibles et se manifestent généralement par des crues épisodiques, difficilement régularisables.

#### **III.1.3 Les eaux souterraines**

L'évaluation des ressources en eau souterraine est basée sur les résultats des études des principales nappes du pays et des estimations basées sur une approche de l'infiltration de la pluie.

Les données sur les eaux souterraines datent parfois de plusieurs années et nécessitent une actualisation, tandis que les nappes connues, uniquement par des estimations sur l'infiltration, devraient faire l'objet d'études complètes avec une modélisation des écoulements et l'établissement de bilans.

La répartition actualisée des eaux souterraines, par région hydrographique, se présenterait comme suit :

➤ **Les régions situées au Nord de l'Atlas saharien:**

Les potentialités en eau souterraine correspondent à un volume annuel renouvelable avoisinant 1,5 milliard de m<sup>3</sup>, localisées dans 126 nappes.

Les ressources sont pratiquement exploitées à 90 %. Toutefois, certaines nappes sont déjà surexploitées (les ressources mobilisées excèdent les potentialités) entraînant un déséquilibre de leur bilan hydrogéologique et une détérioration de la qualité de l'eau.

En plus, dans plusieurs nappes, on observe un rabattement des niveaux statiques à cause de la sécheresse, aggravée par la surexploitation.

➤ **Les régions situées au Sud de l'Atlas saharien :**

Les ressources en eau souterraines au Sahara sont essentiellement constituées par (Khadraoui, 2007) :

- Les eaux renouvelables localisées dans les inféro-flux du versant des Aurès (région Nord de Biskra), du Hoggar Tassili à l'est et de la région de Bechar-Tindouf à l'Ouest
- Les eaux non renouvelables représentées par les deux grands réservoirs des deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal (CT) et le Continental Intercalaires (CI) appelé aussi la nappe de l'Albien.

Les réserves exploitables atteignent actuellement 1,6 milliard de m<sup>3</sup> par forages et 85 millions de m<sup>3</sup> par foggara.

## **III.2 Problèmes de l'eau en Algérie**

La problématique de l'eau constitue un domaine prioritaire tant au niveau des instances nationales, régionales qu'internationales. En particulier, dans les zones arides ou semi-arides où la demande croissante en eau est associée à une diminution de cette ressource.

Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité (Remini, 2003).

Les principaux problèmes hydriques en Algérie sont :

- L'érosion hydrique des bassins versants
- Pollution des ressources en eau (superficielles et souterraines)
- Evaporation des lacs des barrages
- Fuites dans les barrages
- Eutrophisation des retenues d'eau et des barrages
- Les inondations
- Intrusion des eaux marines dans les aquifères
- Remontée des eaux dans le Sud

- Entartrage des conduites d'alimentation en eau potable
- Dégradation des foggaras

### **III.3 Les solutions préconisées pour minimiser le stress hydrique**

- Minimiser et réduire les déperditions par l'entretien ou par le remplacement des réseaux de distribution.
- Il faudrait utiliser des techniques d'irrigation moins consommatrices en eaux
- Traitement et purification des eaux usées et leur recyclage dans l'industrie et l'agriculture
- La protection de la qualité des eaux contre la pollution par les rejets domestiques (remontée des eaux dans la vallée de Oued Souf) et industriel (les oueds sont devenus des véritables égouts à ciel ouvert : El Harrach, Sidi Bel Abbas et Azzaba ).
- Protection des nappes phréatiques qui sont vulnérables à l'usage abusive des engrais et des pesticides.
- La conservation de la ressource contre l'intrusion des biseaux salés crée par une multitude de puits en situation de surexploitation dans les nappes littorales.
- Poursuite des programmes d'aménagement hydraulique
- Reboisement des bassins versants pour réduire l'érosion et l'envasement des barrages.
- Mettre en expérimentation des champs de recharge artificielle.
- Le dessalement des eaux de mer.

PARTIE  
**PARTIE**  
PRATIQUE

Chapitre IV:  
**Chapitre IV:**  
Les ressources en eaux de  
**Les ressources en eaux de**  
la wilaya de Sétif  
**la wilaya de Sétif**

## **IV. Les ressources en eaux de la wilaya de Sétif**

### **IV.1 Présentation de la wilaya de Sétif**

La wilaya de Sétif est située dans la région des hautes plaines sétifiennes, entre 36°50 et 35° de l'altitude Nord et entre 5° de longitude Ouest et 6° de longitude Est et s'étend sur une superficie de 6.504 Km<sup>2</sup>, soit 0,27 % du territoire National.

Elle est limitée :

- Au nord, par les Wilayas de Bejaia et Jijel
- A l'Est, par la Wilaya de Mila
- Au Sud, par les Wilayas de Batna et M'sila
- A l'Ouest, par la Wilaya de Bordj Bou-Argeridj

Elle s'étend sur trois grands types d'espaces naturels : les chaînes montagneuses du tell, les plaines intérieures, les chaînes montagneuses Sud atlasiques.

Le territoire de la wilaya de Sétif doit à sa position, un climat de type continental dans l'ensemble qui se dégrade du Nord au Sud (un climat à dominance semi-aride).

Les précipitations sont en général faibles, voire modérées, mais la wilaya ne reçoit presque nulle part, moins de 250 mm d'eau par an. Cependant les chutes sont irrégulières, réparties sur une période courte de l'année et l'évaporation est souvent considérable. L'été est pratiquement sec, de mai à septembre, seuls tombent sur l'intérieur quelques orages très localisés. Le maximum des pluies tombent en hiver, tandis que le printemps est moins pluvieux que l'automne (ANAT, 2008).

Les températures se caractérisent par des oppositions entre les montagnes du Nord où les écarts sont faibles et les hautes plaines aux fortes variations diurnes et les saisonnières.

Ainsi, à la station météorologique de Sétif, la moyenne des températures est de l'ordre de 13,9°C. Les moyennes mensuelles varient entre 4,8 °C pour janvier et 24,7 °C pour juillet, soit un écart de 20°C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud (ANAT, 2008).

Dans la wilaya de Sétif, on trouve une grande richesse floristique et faunistique, avec de nombreuses associations végétales due à une grande succession des paysages (plaines, montagnes, espaces steppiques), la variété des orientations et à la géologie de la région.

La situation géomorphologique de la wilaya à cheval sur une ligne de partage des eaux entre deux bassins hydrographiques, se caractérise par des écoulements vers des exutoires hors wilaya.

Les ressources en eau locales très limitées et exploitées à leur niveau optimal, constituent une contrainte majeure pour le développement. L'essentiel de la mobilisation des ressources souterraines (supérieure à 70%) est effectué dans l'ensemble allochtone Sud Sétifien, le reste se

localise dans la partie Sud au niveau de la mine de Kherzet Youcef, et à un degré moindre dans la partie Nord de la Wilaya (ANAT, 2008).

## **IV.2 Le réseau hydrographique**

Le réseau hydrographique de la wilaya de Sétif est composé de nombreux petits oueds. La plupart des oueds présentent des écoulements temporaires liés aux épisodes pluvieux. Ils sont sensibles aux périodes d'étiage. Le plus important Oued, le Bousselam aux nombreux affluents, prend sa source dans les montagnes du Nord (la partie Ouest de la wilaya) et se dirige du Sud vers le Nord pour rejoindre l'Oued Soummam dans la wilaya de Bejaia.

Les grands ensembles hydrogéologiques dans la wilaya sont (ANAT, 2008):

- ◆ **Les montagnes du Nord** : caractérisées par une pluviométrie moyenne de l'ordre de 700 mm/an. Cette région, du fait de l'existence de masses carbonatées et fracturées relativement importantes, présente de nombreuses sources. Certaines sont importantes, les autres présentent peu d'intérêt à cause de l'irrégularité et la faiblesse de leur débit. Leur discontinuité ne permet pas de former un réservoir aquifère important.
- ◆ **Les hautes plaines** : la masse principale d'eaux souterraines se trouve sous les alluvions épaisses et dans les dépôts lacustres, dans les zones de Sétif et Ain Oulmène et dans la zone de Bazer. Ces deux nappes sont largement exploitées.
- ◆ **Les monts du Hodna** : Les calcaires, grés, conglomérats et marnes relativement perméables permettent d'alimenter de nombreuses sources à débit généralement faible. Dans la zone de contact de la nappe alluviale avec les formations argileuses, calcaires et gréseuses de la mine de Kherzet Youcef s'accumule un important volume d'eau souterraine. Ces eaux contiennent du fer, du plomb et du zinc sont impropres à la consommation.

## **IV.3 Les ressources en eau**

Les ressources en eau dans la wilaya de Sétif sont peu abondantes et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace principalement entre la partie Nord humide d'une part et les Hautes Plaines et le Sud de la wilaya d'autre part.

### **IV.3.1 Les ressources en eaux superficielles**

Le potentiel ressource en eaux superficielles est apparemment important (615 Hm<sup>3</sup> dont 416 Hm<sup>3</sup> mobilisables) (Tab.05) mais qui ne profite pas à la wilaya de Sétif en raison de ses caractéristiques hydrologiques.

L'essentiel des apports pluviométriques s'écoule vers l'extérieur de la wilaya et alimente les barrages d'Ain Zada dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, Ighil Emda (Kherrata) et Tichy Haf (Oued Amizour) dans la wilaya de Bejaia.

### IV.3.2 Les ressources en eaux souterraines

Les ressources souterraines sont faibles. Les ressources mobilisables sont estimées à 150 Hm<sup>3</sup> dont 115 Hm<sup>3</sup> mobilisés à partir de forages, puits et sources (Tab.05).

*Tableau.05 : Estimation des ressources en eaux superficielles et souterraines de la wilaya de Sétif (ANAT, 2008)*

	Reconnues	Mobilisables	Mobilisées
Superficielles	615 hm <sup>3</sup>	416 hm <sup>3</sup>	42,22 hm <sup>3</sup>
Souterraines	170 hm <sup>3</sup>	150 hm <sup>3</sup>	115,05 hm <sup>3</sup>

## IV.4 L'Oued Bousselam

### IV.4.1 Situation géographique

L'Oued Bousselam est l'un des cours d'eau permanents algériens les plus touchés par le phénomène de la pollution, il est le principal axe hydrographique de la région de Sétif et la principale source du barrage d'Ain Zada qui alimente en eau les villes de Sétif, El Eulma, Bordj-Bou-Argeridj et Bougaâ (Fig. 03).

L'Oued Bousselam fait partie du bassin versant du Soummam (N°15). Il prend sa source à Ras Aïn Bousselam qui se trouve au nord de Fermatou et se déverse dans Oued Soummam pour rejoindre la méditerranée. Il naît de la réunion de l'Oued Guessar qui descend de la partie Sud-Ouest de Djebel Mégress et de l'Oued El Ouricia qui se trouve dans la partie Sud de ce Djebel (Fig.03).

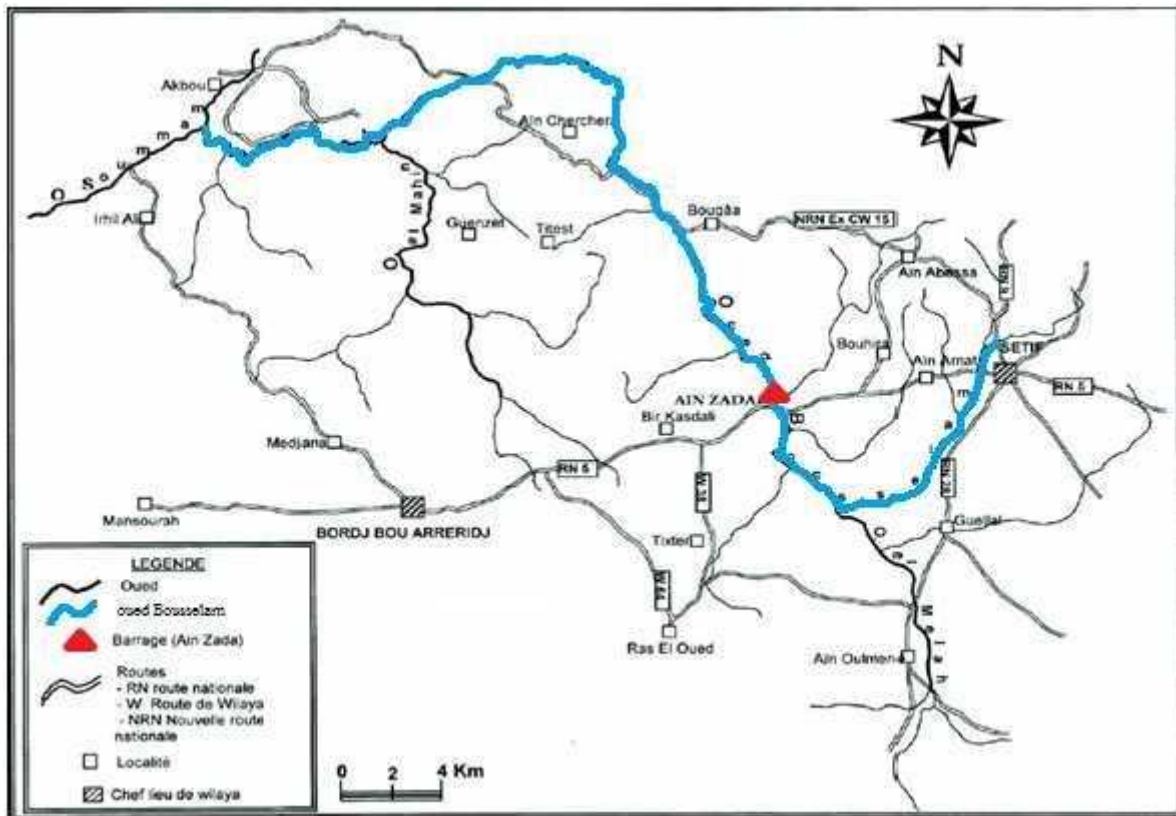
Il s'étend sur des roches calcaires qui appartiennent au Quaternaire. Le lit de l'oued est limité de part et d'autre par les formations telliennes qui sont surtout représentées par des unités supérieures à matériel éocène et se localisent sur le versant Sud-ouest de Djebel Mégress (ANAT, 2008).

Oued Bousselam passe par plusieurs agglomérations dans la région Nord de la wilaya (Bougaâ, Hammam Guergour, Oued Sebt, Charchara et Beni Ourtillène) et la région Sud (Fermatou, Sidi el Khier, Mezloug et Hammam Ouled Yelles) qui participent à leurs tours dans une grande partie à sa pollution.

Comme la majorité des cours d'eau d'Algérie, ceux de la région de Sétif, conséquence des précipitations, ont des écoulements irréguliers. Ils sont parcourus par des crues violentes et abondantes pendant la saison pluvieuse, et plus au moins secs pendant la saison sèche.

Ses principaux affluents sont :

- L'Oued Guellal, afflue du Sud-est
- L'Oued Tixter, afflue du Sud-ouest
- L'Oued Ftaissia, afflue du Sud
- L'Oued Ouricia, afflue du Nord-est
- L'Oued Guessar, afflue du Nord-ouest



*Figure.03 : Situation géographique de l'oued Bousselam (Zouaoui, 2003, modifié)*

#### IV.4.2 Importance de l'oued

Les apports hydriques de l'Oued Bousselam sont estimés à 262 hm<sup>3</sup>, proviennent des écoulements saisonniers ainsi que de la fonte des neiges du mont de Mégress et de nombreuses émergences pérennes. Ces apports alimentent en partie le barrage d'Ain Zada d'une capacité de 125 hm<sup>3</sup> et d'un volume régularisé de 50 hm<sup>3</sup>/an (Boulahbal, 2009).

Ce barrage, mis en service en 1986, est exploité principalement pour l'alimentation en eau potable des villes de Sétif, El Eulma, Bougâa et Bordj Bou Arréridj, soit une population d'un million d'habitants (Boulahbal, 2009).

#### IV.4.3 Sources de pollution de l'oued

Oued Bousselam, est le seul cours d'eau permanent qui sillonne la région de Sétif ; Il fait l'objet d'une pollution très sévère.

L'état de l'oued est très mauvais, on remarque la présence de toutes sortes de déchets solides ou liquides (voir les photos en Fig.04) telle que les carcasses de véhicules, cartons, pneumatiques, déchets alimentaires, bidons métalliques et plastiques. Ces déchets encombrant les berges et le lit de l'oued créant ainsi des barrages où sédiment les matières solides dont la putréfaction dégage des odeurs nauséabondes.



**Figure 04 : Photos des différents rejets observés au niveau d’Oued Bouselam**

L’origine des rejets urbains sont les eaux de ruissellement, les eaux de lavage des chaussées et les eaux résiduelles domestiques. Selon la direction de l’hydraulique de la wilaya de Sétif, les rejets urbains durant l’année 2003 sont estimés de 46823 m<sup>3</sup>/j (Tab.06).

Pour les rejets industriels, l’oued est devenu le déversoir de toutes les unités industrielles de la région dont la majorité n’est pas équipée de dispositifs de traitement des eaux usées ; ce qui a conduit naturellement à une accumulation des résidus industriels dans ce milieu naturel. Les principales unités industrielles polluantes d’Oued Bouselam sont (Kebich, 1999): Unité laitière (Ex Orelait), l’ENEPEC, ERIAD, Calandrage, Briqueterie Bourras, SAF CER, I.N.D.I.T.E.X (complexe fil à coudre) et l’abattoir de la ville de Sétif (Tab.07).

Pour les rejets agricoles, on trouve plusieurs produits utilisés par les agriculteurs (pesticides, fongicides, engrais), qui arrivent vers l’oued soit par ruissellement ou par infiltration.

Tous ces types de produits rejetés, conduisent de plus en plus l’oued à perdre son pouvoir d’auto-épuration, la densité et la diversité de sa flore et de sa faune aquatique qui contribuent ainsi de façon significative à la pollution et la disparition de l’écosystème aquatique

**Tableau.06: Eaux usées urbaines de la wilaya de Sétif (2003) (Source : Direction de l’hydraulique de la wilaya de Sétif, 2003 in Zouaoui, 2003)**

Agglomération	Population année 2003	Volume des rejets des eaux usées (m <sup>3</sup> /j)	Observation
Sétif	239699	38352	Eaux usées traitées au niveau de la STEP de Sétif
Ain-Trik	7131	1141	Rejets Oued Bouselam
Chouf Lekdad	6362	1018	Rejets Oued Bouselam
Farmatou	5525	884	Rejets Oued Bouselam
Abid-Ali	1105	177	Rejets Oued Bouselam
El Hassi	1515	242	Rejets Oued Bouselam
Gaoua	1138	182	Rejets Oued Bouselam
Ras-El-Ma	6369	1019	Rejets Oued Bouselam
Ain Arnat	16448	2642	Rejets Oued Bouselam
El Mahdia	7354	1177	Rejets Oued Bouselam
<b>Total</b>	<b>292647</b>	<b>46823</b>	

*Tableau.07: Industries les plus polluantes de l'oued Bousselam*

*(Zouaoui, 2003 ; Kebich, 1999, modifiée)*

Unité	Activité	Matières	Produits chimiques	Rejets liquides
<b>Revêtement de sols</b>	Fabrication de tubes d'irrigation	PEBD plastifiantes stabilisantes lubrifiantes	Plastifiants à base de DOP Stabilisants à base de : Cd, Zn et Pb Lubrifiants à base d'acides stéarique	- 8 m <sup>3</sup> /j rejets domestiques - 5 m <sup>3</sup> /j rejets du circuit de refroidissement
<b>Entreprise nationale des produits électrochimiques</b>	Fabrication des piles et accumulateurs	Plomb, bioxyde de manganèse, acide sulfurique et Zinc	Antimoine, étain	200 m <sup>3</sup> /j besoins industriels 30 m <sup>3</sup> /j besoins domestique
<b>ERIAD complexe Lahmer Chérif</b>	Fabrication de semoule et dérivés	Blé dur et blé tendre	Huile de maintenance et pesticides	300 m <sup>3</sup> /j besoins industriels 30 m <sup>3</sup> /j besoins domestique
<b>ERIAD Abid Ali</b>	Fabrication de semoule et dérivés	Blé dur et blé tendre	Huile de maintenance et pesticides	62 m <sup>3</sup> /j
<b>Laiterie El Tell (ex ORELAIT) Mezloug</b>	Fabrication du lait	Lait	Lait Lactosérum	Besoins industriels composés d'un mélange additionné de soude <sup>21</sup> , acide nitrique 21 et eaux usées et acide lactique (480 m <sup>3</sup> /j)
<b>Sacs et films</b>	Des films agricoles et emballages	Polypropylène granulée		8 m <sup>3</sup> /j
<b>Articles techniques</b>	Boîtes à fromage, bacs, capsule	Polypropylène auditif	Colorant P.V.C Plastifiant lubrifiant	46.6 m <sup>3</sup> /j
<b>Calandrage</b>	Transformation plastique	Acétate d'éthylène et méthyle éthyle cétone, Ba, Zn, encore aditif.		4 m <sup>3</sup> /j
<b>Briqueterie Bourras</b>	Briques	Argiles		150 m <sup>3</sup> /j
<b>Abattoir</b>	Abatage avicole	Sang, graisses		49 m <sup>3</sup> /j
<b>SAFCER</b>	Carrelage et faïence	Argiles		3.7 m <sup>3</sup> /j
<b>I.N.D.I.T.E.X complexe fil à coudre</b>	Broderie et tricoterries	Coton, rayonne, viscose, polyester, colorants		1584 m <sup>3</sup> /j
<b>Complexe de Hammam Guergour</b>	Crénothérapie, rééducation, physiothérapie	Eléments minéraux		850 m <sup>3</sup> /j

# Chapitre V: Matériels et Méthodes

## V. Matériels et Méthodes

### V.1 Echantillonnage et choix des sites de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'un cours d'eau est une opération délicate auquel il faut apporter le plus grand soin, car il conditionne les résultats et l'interprétation des données.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

Au cours de ce travail, on a procédé à un échantillonnage ciblé, qui consiste à prélever des échantillons à des endroits où l'on soupçonne la présence de contaminants (polluants) (MDDEPQ, 2008). Nous nous sommes intéressés à l'étude de la qualité des eaux des forages de quelques mosquées dans la commune de Sétif et ses environs ainsi qu'à l'évolution de la pollution des eaux de l'oued Bousselam à différents endroits.

Le présent travail est divisé en 02 parties :

- l'étude des eaux superficielles (cas des eaux d'oued Bousselam)
- l'étude des eaux souterraines (cas des eaux des forages des mosquées)

Pour chaque sortie, les prélèvements se faisaient au même point et avec la même méthode.

#### V.1.1 L'Oued Bousselam

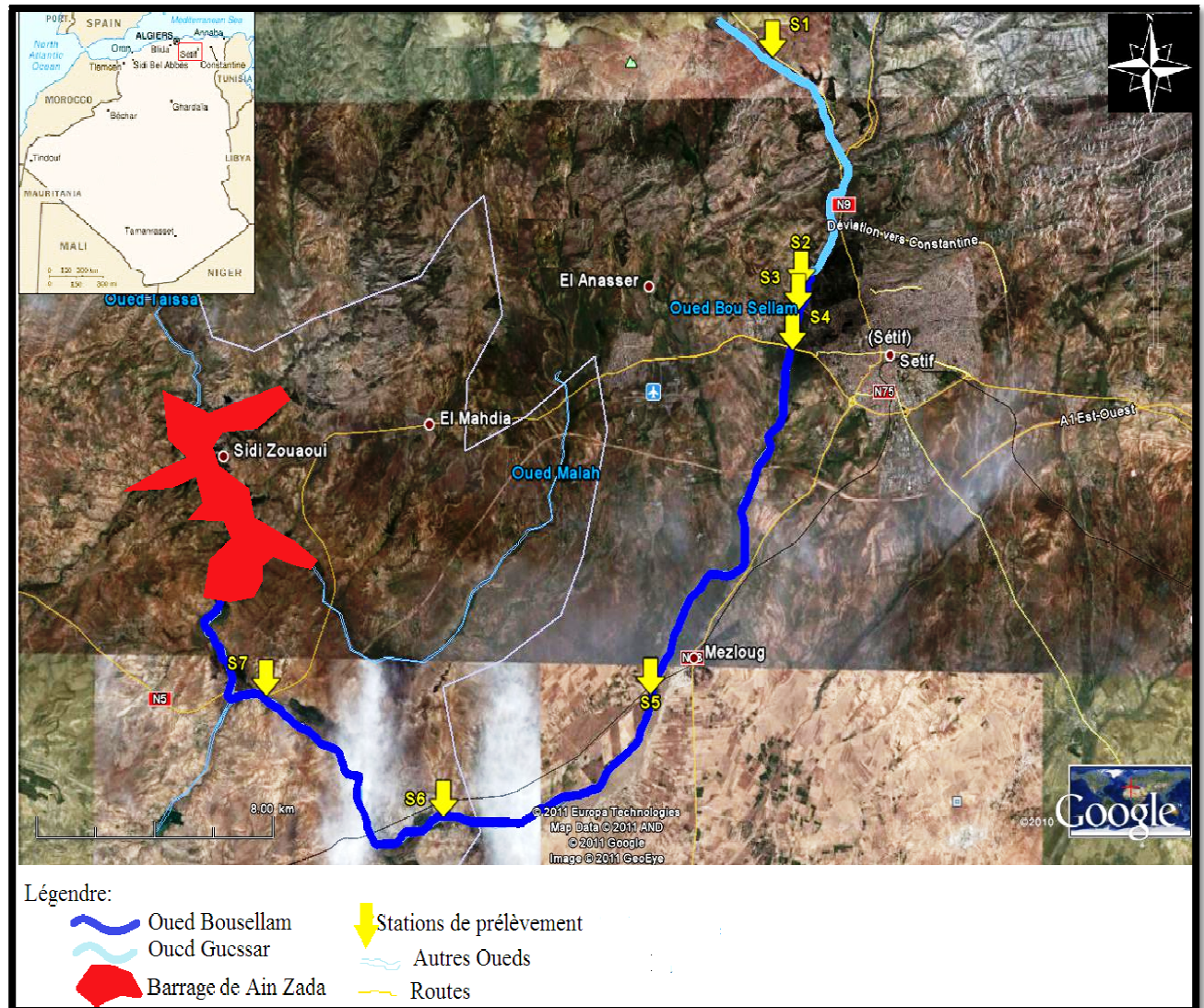
Afin d'étudier l'impact des rejets urbains et industriels de la wilaya de Sétif dans Oued Bousselam, nous avons effectué un suivi mensuel sur une période de 04 mois (Avril à juillet 2010) à raison d'un prélèvement par mois pour chaque station.

Notre travail a porté sur le choix de 07 stations de prélèvement (Fig.05) :

- **S1** : Oued Guessar (après le pont de Maouène)
- **S2** : Après le village de Fermatou
- **S3** : Après les rejets du village Chouf Lekdad et du complexe ERIAD
- **S4** : A la sortie de la ville de Sétif
- **S5** : Après les rejets du village de Mezloug et de l'unité laitière (Ex Orelait)
- **S6** : Après les rejets du village de Hammam Ouled Yellès et du complexe thermal
- **S7** : Avant le rejet de l'oued Bousselam dans le barrage d'Ain Zada (croisement de l'oued avec RN°5)

L'échantillonnage a été effectué de la manière suivante : se placer au centre du cours d'eau et de remplir les bouteilles à la main, au milieu de la colonne d'eau, en faisant face au courant (MDDEPQ, 2002).

Les échantillons ont été transportés à base température (4°C) depuis le terrain jusqu'au laboratoire (Rodier, 1996).



**Figure.05 : Situation géographique des stations de prélèvement (source Google Earth, 2010)**

Les analyses ont été faites au niveau du laboratoire régional de l'Algérienne des eaux (ADE), zone de Sétif et ont porté sur les paramètres suivants : pH, conductivité, TDS, turbidité, salinité, matière organique, ammonium, phosphates, nitrates, nitrites et fer.

### V.1.2 Les forages des mosquées

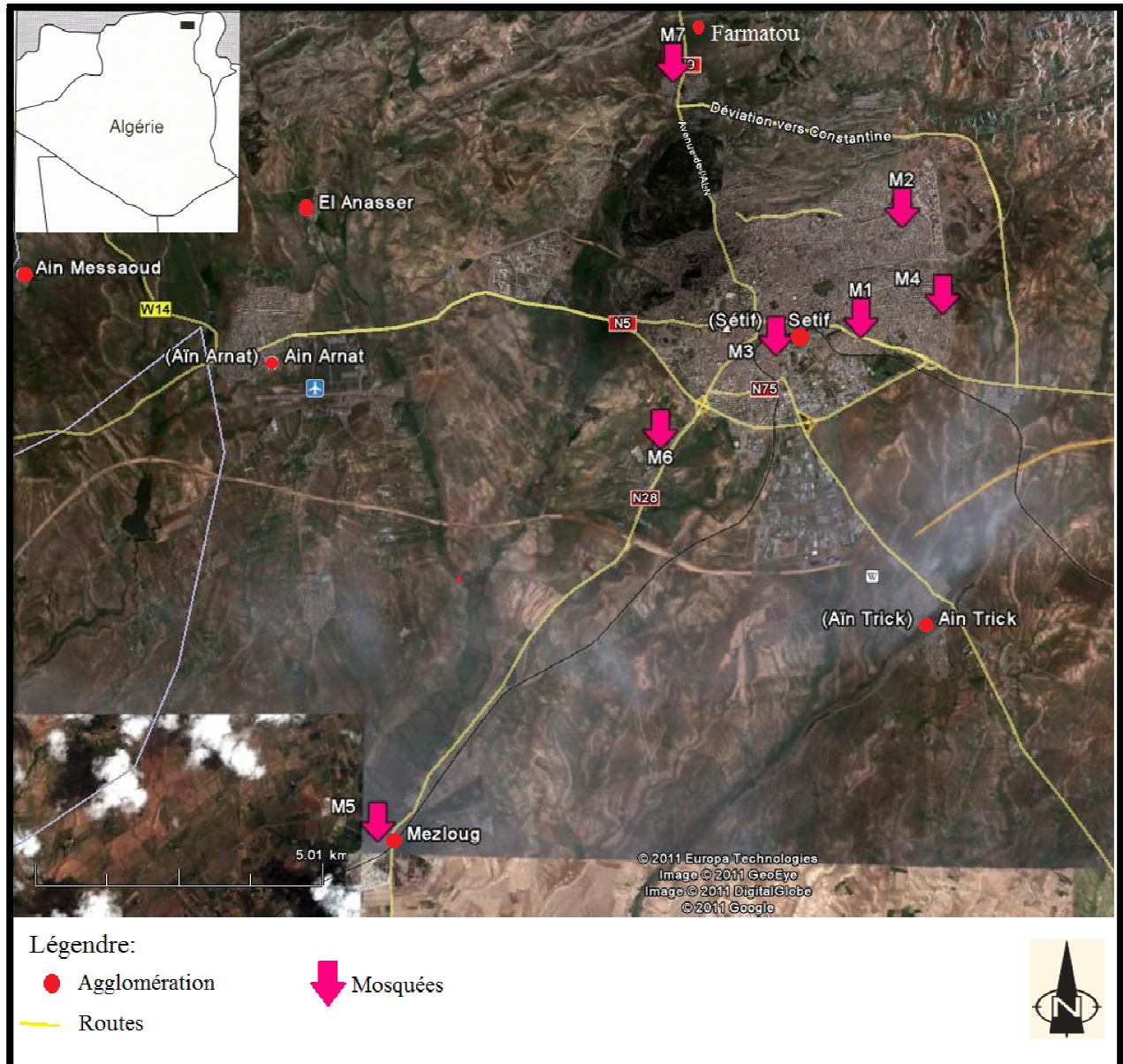
Les forages des mosquées représentent l'une des sources les plus utilisées pour l'alimentation en eau potable par la population de la wilaya de Sétif à cause de l'arrière goût de l'eau du robinet provenant du barrage d'Ain Zada.

Afin de pouvoir connaître et évaluer l'état des eaux de ces forages, nous avons effectué un suivi mensuel sur une période de 05 mois (de Février à Juin 2010) à raison d'un prélèvement par mois pour chaque Mosquée.

Tous les échantillons ont été prélevés des forages des mosquées suivantes (Fig.06):

- **M1** : Mosquée Hamza Ben Abd Elmoutalib (cité Tebinet)
- **M2** : Mosquée Mohamed El-Ghazali (Cité El Hchama)

- M3 : Mosquée Fodil El Ouartlilani (Cité Tlidjen)
- M4 : Mosquée Houdaifa Ben Elyamani (Cité 300 logts)
- M5 : Mosquée El Bachir El Ibrahimi (Cité Mezloug)
- M6 : Mosquée de la cité S’fiha
- M7 : Mosquée El-Qods (Cité Farmatou)



**Figure.06: Situation géographique des Mosquées de prélèvements**  
(source Google Earth, 2011)

Les analyses ont été faites au niveau du laboratoire régional de l’Algérienne des eaux (ADE), zone de Sétif et ont porté sur les paramètres suivants : le pH, la conductivité, les TDS, la turbidité, la salinité, la matière organique, l’ammonium, les phosphates, les nitrates, les nitrites, le titre alcalimétrique complet, la dureté, le calcium, les chlorures, l’alcalinité, le magnésium, le fer et le manganèse.

## V.2 Méthodes d'analyses

L'analyse des eaux étudiées et le suivi des composés détectables ont été réalisés à l'aide des techniques suivantes :

### V.2.1 Analyses physico-chimiques

L'analyse physico-chimique de l'eau, est la seule véritable mesure qui permet de reconnaître les différents polluants qui peuplent un cours d'eau.

Il est indispensable de connaître les emplois auxquels une eau donnée est destinée: soit pour des besoins ménagers (eau de cuisson ou de lavage), soit industriels (eau de réfrigération ou de fabrication).

- La température : Elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure sur terrain, trempé dans le cours d'eau pendant cinq minutes.
- Le pH : Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre (HACH-Sension 3).
- La conductivité : Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre (HACH-Sension 7).
- Le TDS (Total dissolved substances) : Il est mesuré à l'aide d'un appareil multi-paramètres (HACH-Sension 7).
- La salinité : Elle est mesurée à l'aide d'un appareil multi-paramètres (HACH-Sension 7).
- La turbidité : Elle est mesurée à l'aide d'un turbidimètre (HACH- 2100N), la mesure est donnée directement en NTU (Néphélobimétrie Turbidity Unit).

### V.2.2 Dosages volumétriques et Colorimétriques

Les différents dosages volumétriques et colorimétriques sont effectués selon les méthodes décrites par Jean RODIER et COLL ainsi que celle préconisée par les normes ISO et AFNOR qui sont plus précises et moins gourmandes en produits chimiques.

- L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ): L'analyse se fait par la méthode colorimétrique (ISO N°7150).
- La matière organique (MO): L'analyse se fait par la méthode volumétrique (AFNOR T 90-050).
- Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) : L'analyse se fait par la méthode colorimétrique (ISO N° 6878).
- Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) : L'analyse se fait par la méthode spectroscopique (Méthode Allemande : Mr.KERN).
- Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) : L'analyse se fait par la méthode colorimétrique (Rodier, 1984).
- Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ): L'analyse se fait par la méthode colorimétrique (Rodier, 1971).
- Le titre alcalimétrique complet (TAC) : L'analyse se fait par la méthode volumétrique (Rodier, 84).
- La dureté (TH) : L'analyse se fait par la méthode volumétrique (ISO N° 6058).
- Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) : L'analyse se fait par la méthode volumétrique (ISO N° 6058).

- Le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ): L'analyse se fait par la méthode volumétrique (AFNOR T 90-014).
- L'alcalinité : L'analyse se fait par la méthode volumétrique (Rodier, 1984).
- Le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ): L'analyse se fait par la méthode volumétrique (ISO N° 6058).
- Le fer total : L'analyse se fait par la méthode colorimétrique (ISO N° 6332).

### **V.2.3 Méthodes spectrométriques**

#### **V.2.3.1 Spectrophotométrie U.V-Visible**

La spectrophotométrie d'absorption U.V-Visible est un outil précieux au chimiste analyste pour les domaines complémentaires de toute analyse : l'identification puis le dosage (Vaubourdolle, 2007). Cette technique est basée sur les propriétés de certaines molécules d'absorber certaines longueurs d'ondes du spectre U.V-Visible. Elle permet de réaliser des dosages grâce à la loi de Beer-Lambert qui montre une relation de proportionnalité entre l'absorbance et la concentration (Cheymol et Hoff, 1999).

Dans notre travail, on a utilisé un spectrophotomètre U.V- Visible (HACH- DR 2500) qui a servi pour toutes les analyses colorimétriques.

#### **V.2.3.2 Spectrométrie d'absorption atomique**

La spectroscopie atomique s'applique à l'analyse qualitative et quantitative d'environ 70 éléments. Sa sensibilité couvre un domaine qui s'étend du ppm au ppb, sa rapidité, sa simplicité, sa sélectivité exceptionnellement élevée et le coût modéré de son appareillage constituent autant d'atouts supplémentaires de la méthode (Douglas et al, 1997).

C'est une méthode d'analyse qui utilise la propriété des atomes d'être excitée par l'apport d'une énergie extérieure sous forme d'un rayonnement électromagnétique (photons) de fréquence bien définie (Lynch, 2001).

Dans notre travail, on a utilisé un spectrophotomètre à flamme-four-Kit vapeur (*Termo : M6 AA SYSTEME*) qui a servi à l'analyse des métaux lourds suivant : le fer et le manganèse (seulement pour les eaux des forages des mosquées). Les longueurs d'ondes utilisées sont 248,3 nm pour le fer et 279,5 nm pour le manganèse.

### **V.3 Analyses statistique**

Les différences statistiques significatives entre les moyennes sont calculées en utilisant *One Way ANOVA* suivie par *Tukey's test* ( $P < 0,05$ ) pour la comparaison multiple entre groupes.

La comparaison était faite entre :

- Les différentes sources (stations de l'oued et forages de mosquées) pour chaque mois de prélèvement
- La même source pendant tous les mois
- Les valeurs moyennes de toutes les sources pendant tous les mois.

# Chapitre VI: Résultats et discussion

## VI. Résultats et discussion :

L'eau, élément vital, est aussi un agent efficace de transport et de dissémination de la pollution et des maladies (Lamy, 1995). C'est pourquoi nous devons prendre garde avec un soin extrême et une vigilance constante de sa qualité et de sa potabilité (Salamon, 2003).

La qualité de l'eau potable ou celle destinée à l'alimentation en eaux potables suscitent des inquiétudes pour la santé humaine dans des pays développés ou en voie de développement.

En Algérie, la demande en eau douce, croît chaque année de 4 à 5%, tandis que les ressources naturelles restent invariables pour ne pas dire qu'elles diminuent (problème de pollution de plus en plus grand). Cette équation montre que bientôt la demande sera supérieure aux ressources (Kettab, 2000).

Il y a eu une augmentation exceptionnelle de la consommation des eaux conditionnées en Algérie ces dernières années, où la part par habitant a remarquablement évolué en vingt ans de 4 L/habitant/an en 1989 à 22 L/habitant/an en 2007 (Rapport général APAB/EDPme, 2005 ; Boudra , 2007 ; Boukelle, 1996 in Hazzab, 2011) .

### VI.1 Les eaux d'Oued Bouselam :

En règle générale la qualité des eaux de surface sont moindres que celles des eaux souterraines. En effet, elles sont soumises au risque d'une dégradation naturelle causée par le transport solide, les minéraux dissous, la matière organique, des polluants et rejets urbains et industriels.

La qualité de l'eau de surface est en général meilleure à l'amont qu'à l'aval. A l'amont l'eau peut être plus turbide ce qui est facile à contrôler en raison de l'origine minérale de cette turbidité ; par contre surtout en région montagneuse, elle est plus pure et froide en aval, le contact avec des zones habitées et exploitées favorise les risques de pollution (Desjardins, 1997 ; URBA Sétif, 2010).

La quantité d'eau disponible est variable à travers la zone d'étude selon le cycle hydrologique en fonction du débit que l'on veut prélever et dépend de la météorologie, l'hydrologie, la géologie, la topographie et l'exploitation humaine des ressources.

Généralement les eaux brutes utilisées pour la production d'eau de consommation humaine sont des eaux de surface ou eaux superficielles. Ces eaux doivent obéir aux normes définies par la réglementation en vigueur.

En Algérie, il n'existe pas de normes de qualité pour les eaux de surface ; par contre des textes législatifs sont adoptés en France pour ces types d'eaux ; pour cela nous avons utilisé ces textes (*Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n°1275-02 du 17 octobre 2002*

définissant la grille de qualité des eaux de surface, Bulletin du 5 décembre 2002) pour connaître la qualité des eaux des 07 stations étudiées.

### **VI.1.1 La température de l'eau**

La température de l'eau est une mesure de l'intensité de la chaleur (et non de la quantité de la chaleur) contenue dans un volume d'eau (Hade, 2007).

L'évolution de la température d'un cours d'eau reste liée d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie, la durée de l'ensoleillement, le débit et la profondeur (Mc Neely et al., 1980) et d'autre part aux rejets éventuels d'eau chaude provenant soit des centrales électriques soit des usines utilisant l'eau comme moyen de refroidissement.

La température de l'eau est un paramètre d'une importance majeure dans la vie des écosystèmes aquatiques. Elle a une influence sur plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques (Barbe, 1981 in El Morhit, 2009).

Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (Aminot et Chaussée-Pied, 1983). La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous et la mesure du pH (Aminot et Kérouel, 2004).

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes de la température de l'eau de l'Oued 16,00±0,80 °C, 18,00±0,40 °C, 18,00±0,50 °C, 20,00±0,20 °C, 24,00±0,30 °C, 18,00±0,20 °C et 20,00±0,86° C, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7. La valeur la plus élevée est observée au niveau de la station S5 (Après les rejets du village de Mezloug) (Tab.08). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S1, S3 et S1, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S1, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S6.

Pour le mois de Mai, les valeurs de la température varient 18,00±0,60 °C et 27,00±0,69 °C, les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations S6 (Après Hammam Ouled Yellès) et S1 (Oued Guessar) (Tab.08). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S4, S1 et S5, S1 et S6, S2 et S3, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de juin, les valeurs de la température varient d'une station à une autre, la valeur la plus élevée est de l'ordre de 25,00±0,20 °C est observée au niveau de la station S6 (Tab.08). La comparaison entre les stations pour le mois de juin montre qu'il existe une

différence significative entre : S1 et S5, S2 et S5, S3 et S5, S4 et S5, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S6 et S7, S7 et S5.

Pour le mois de juillet, on a enregistré les valeurs suivantes de la température de l'eau de l'Oued 24,00±0,40 °C, 22,00±0,60 °C, 27,00±0,70 °C, 22,00±0,10 °C, 25,00±0,20 °C et 25,00±0,80 °C, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.08). La valeur la plus élevée est observée au niveau de la station S4 (Après les rejets de la ville de Sétif). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de juillet montre qu'il existe une différence significative entre: S2 et S3, S2 et S5, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S5, S4 et S6, S4 et S7, S6 et S3, S6 et S5, S7 et S3, S7 et S5.

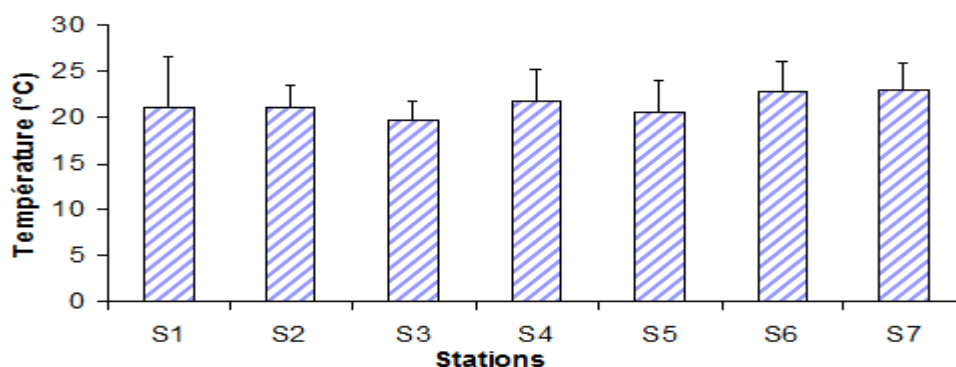
Durant ce mois, on n'a pas réussi à mesurer la température de l'eau, ni prendre un échantillon d'eau de la station S1, car l'oued Guessar était sec durant ce mois à cause de la construction du nouveau barrage dans la région de Ain Abassa et de l'augmentation de la température de l'air durant ce mois.

**Tableau.08 : La température de l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	16,00±0,00	18,00±0,00	18,00±0,00	20,00±0,00	24,00±0,00	18,00±0,00	20,00±0,00
<b>Mai</b>	27,00±0,00	21,00±0,00	18,00±0,00	20,00±0,00	20,00±0,00	23,00±0,00	26,00±0,00
<b>Juin</b>	20,00±0,00	21,00±0,00	21,00±0,00	20,00±0,00	16,00±0,00	25,00±0,00	21,00±0,00
<b>Juillet</b>	-	24,00±0,00	22,00±0,00	27,00±0,00	22,00±0,00	25,00±0,00	25,00±0,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en °C ; S : Station

Les valeurs moyennes de la température pour les 04 mois de prélèvements sont 21,00±5,56 °C, 21,00±2,44 °C, 19,75±2,06 °, 21,75±3,50 °C pour la station S4, 20,50±3,41 °C, 22,75±3,30 °C et 23,00±2,94 °C, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.07). La comparaison entre les valeurs moyennes des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre toutes les stations de prélèvements.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; S: Station

**Figure.07: Les valeurs de la température de l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1, il existe une différence significative entre les mois d'Avril -Mai, de Mai-Juin et de Avril-Juin, le mois de Mai enregistre la valeur la plus élevée et la baisse de la

température pour le mois de Juin s'explique par des importantes chutes de pluie (des orages) durant le jour de prélèvements ; pour la station S2, il existe une différence significative entre les températures de l'eau des mois d' Avril-Mai, d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre les températures de l'eau des mois d' Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin et de Mai-Juillet ; pour la station S4, il existe une différence significative entre les températures de l'eau du mois de Juillet et tous les autres mois ; pour la station S5, il existe une différence significative entre les températures de l'eau de tous les mois (d'Avril-Juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet) ; pour la station S6, il existe une différence significative entre les températures de l'eau d' Avril-Mai, d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin et Mai-Juillet et pour la station S7, il existe une différence significative entre les températures de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin et de Juin-Juillet.

La baisse de la température entre le mois de Mai et juin s'explique par la chute de pluie et l'augmentation d'un mois à un autre par le changement de la saison.

Lorsqu' elle est élevée la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz et peut freiner aussi la vie aquatique de beaucoup d'organismes dépourvus de mécanismes de régulation thermique qui verront leurs activités vitales ralenties (Meinck et al., 1977). Cette augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation.

Selon les normes françaises des eaux de surface (JORF, 2002), les eaux des différentes stations étudiées sont entre excellente et bonne qualité concernant la température.

### **VI.1.2 Le pH**

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issues de l'échange de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à l'interface air-eau, ainsi que de la dissolution du calcaire (Aminot & Kérouel, 2004).

Le pH est indissociable des valeurs de la température, de la salinité et du taux du CO<sub>2</sub>. (Nisbet et Verneau, 1970) ; ainsi il a été démontré que la minéralisation de la matière organique provoque une chute du pH (Goterman, 1995). Il a une action directe sur la disponibilité des ions métalliques dans l'environnement aquatique et donc sur le taux de leur accumulation par les organismes tout en modifiant la forme du métal et en agissant sur la physiologie des organismes (Bryan, 1979).

Les résultats d'analyses du mois d'Avril concernant les valeurs de pH varient entre  $7,30 \pm 0,02$  et  $8,69 \pm 0,04$  dans toutes les stations. La valeur la plus faible est observée pour la station S5 et la plus élevée pour la station S7 (Tab.09). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S4, S1 et S5, S2 et S5, S3 et S5, S4 et S5, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Mai les taux de pH oscillent entre  $7,76 \pm 0,20$  et  $8,11 \pm 0,02$  dans toutes les stations. Et le taux le plus fort est enregistré au niveau de la station S7 (Tab.09). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes stations.

Pour le mois de Juin les valeurs de pH sont faibles par rapport aux 02 mois précédents et varient entre  $6,70 \pm 0,05$  et  $7,12 \pm 0,18$  dans toutes les stations. Et la valeur la plus forte est observée pour la station S1 et la plus faible pour la station S5 (Tab.09). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois Juin montre qu'il existe une différence significative sauf entre S1-S5, S6-S5 et S7-S5.

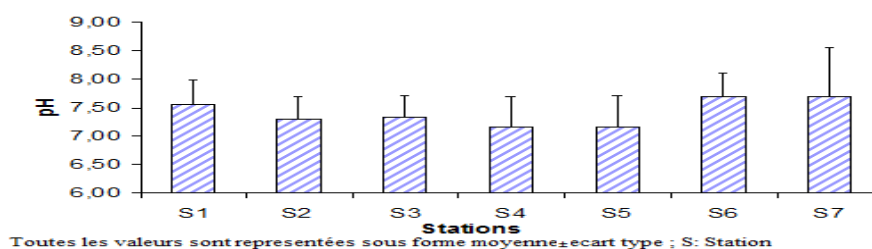
Pour le mois de Juillet le pH varie d'une station à une autre de  $6,57 \pm 0,07$  à  $7,89 \pm 0,26$  pour toutes les stations (Tab.09). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de juillet montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S4, S3 et S4, S3 et S5, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S6 et S7, S7 et S4.

**Tableau.09: Le pH de l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	$7,63 \pm 0,02$	$7,48 \pm 0,02$	$7,49 \pm 0,02$	$7,45 \pm 0,10$	$7,30 \pm 0,02$	$7,74 \pm 0,01$	$8,69 \pm 0,04$
<b>Mai</b>	$7,94 \pm 0,26$	$7,76 \pm 0,23$	$7,78 \pm 0,13$	$7,76 \pm 0,20$	$7,89 \pm 0,10$	$8,02 \pm 0,02$	$8,11 \pm 0,02$
<b>Juin</b>	$7,12 \pm 0,18$	$6,89 \pm 0,14$	$6,92 \pm 0,30$	$6,86 \pm 0,30$	$6,70 \pm 0,05$	$7,09 \pm 0,06$	$7,04 \pm 0,04$
<b>Juillet</b>	-	$7,07 \pm 0,04$	$7,19 \pm 0,01$	$6,57 \pm 0,07$	$6,75 \pm 0,04$	$7,89 \pm 0,26$	$6,93 \pm 0,13$

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne  $\pm$  écart type ; S : Station

Les valeurs moyennes du pH pour les 04 mois de prélèvements sont  $7,56 \pm 0,41$ ,  $7,30 \pm 0,39$ ,  $7,34 \pm 0,37$ ,  $7,16 \pm 0,54$ ,  $7,16 \pm 0,55$ ,  $7,68 \pm 0,41$  et  $7,69 \pm 0,85$ , respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.08). La comparaison entre les valeurs moyennes de pH des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre toutes les stations de prélèvement.



**Figure.08 : Variation du pH de l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de pH de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1, il existe une différence significative entre les pH de l'eau des mois de Mai-Juin et d'Avril-Juin ; pour la station S2, il existe une différence significative entre les pH de l'eau des mois de Mai-Juin, de Mai-Juillet, d'Avril-Juin et d'Avril-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre les pH de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour les stations S4, S5 et S7 il existe une différence significative entre les pH de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Avril, de Mai-Juin et de Mai-Juillet et pour la station S6, il existe une différence significative entre les pH de l'eau des mois d'Avril-Juin, de juin-Juillet et d'Avril-Juin.

Tous ses changements significatifs des valeurs de pH entraînent généralement une modification de la faune et la flore qui l'habitent, mais aucun indice direct n'est détectable pour signaler un tel changement. Des situations semblables peuvent survenir lors des déversements accidentels de substances dangereuses ou par suite du phénomène d'acidification des lacs relié aux précipitations acides, résultat de la pollution atmosphérique (Hade, 2007).

Selon les normes de l'OMS 1993 et les directives Européennes pour les eaux brutes destinées à la production de l'eau de consommation ainsi que la grille de qualité des eaux de surface (JORF, 2002), préconisent des valeurs de pH de 6,5-8,5, les valeurs retrouvées de pH des 04 mois et les valeurs de pH de chaque mois ne dépassent pas ces normes sauf pour le mois d'Avril où on trouve une valeur supérieure à la norme enregistrée au niveau de la station S7 qui est de l'ordre de  $8,69 \pm 0,04$ .

### **VI.1.3 La conductivité**

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique ; elle détermine la teneur globale des minéraux présents dans une solution : une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée (Brémaude et al., 2006).

Elle est proportionnelle à la quantité de sels ionisables dissous (Nisbet et Verneau, 1970). Elle renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles.

Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels (Dussart, 1966 in El Morhit, 2009). Une conductivité élevée traduit soit des pH normaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Bremond et Perrodon, 1979).

Les mesures de conductivité et de TDS (solides dissous totaux) sont importantes pour leur effet sur la corrosion de l'eau. En général, plus ces facteurs sont élevés, plus l'eau est corrosive (Montgomery, 1985).

Pour le mois d’Avril, les valeurs suivantes de la conductivité de l’eau de l’Oued sont en augmentation de l’amont vers l’aval du cours d’eau et oscillent entre  $496,00 \pm 6,00 \mu\text{S/cm}$ , et  $3310 \pm 5,77 \mu\text{S/cm}$  dans toutes les stations (Tab.10). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d’Avril montre qu’il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes de la conductivité de l’eau de l’Oued  $443,00 \pm 2,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $643,00 \pm 0,20 \mu\text{S/cm}$ ,  $621,00 \pm 3,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $850,00 \pm 2,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $1364,00 \pm 6,35 \mu\text{S/cm}$ ,  $1401,00 \pm 1,00 \mu\text{S/cm}$  et  $2340,00 \pm 4,00 \mu\text{S/cm}$ , respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.10). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu’il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvements.

Pour le mois de Juin, les taux de la conductivité de l’eau de l’Oued présentent des fluctuations d’une station à une autre ; les taux les plus élevés sont observés au niveau des stations S6 et S7 et sont respectivement de l’ordre de  $1593,00 \pm 3,00 \mu\text{S/cm}$  et  $1791,00 \pm 2,00 \mu\text{S/cm}$  (Tab.10). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu’il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S4, S2 et S3, S2 et S4, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Même chose pour le mois de Juillet, où on a enregistré les valeurs suivantes de la conductivité  $1098,00 \pm 1,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $792,00 \pm 1,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $1749,00 \pm 4,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $2470,00 \pm 3,00 \mu\text{S/cm}$ ,  $2190,00 \pm 5,00 \mu\text{S/cm}$  et  $2890,00 \pm 5,77 \mu\text{S/cm}$ , respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.10). On remarque aussi que la conductivité de ce mois est la plus élevée concernant la station S2 par rapport aux autres mois ( $1098,00 \pm 1,00 \mu\text{S/cm}$ ). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu’il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvement.

**Tableau.10 : La Conductivité de l’eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	$496,00 \pm 6,00$	$637,00 \pm 7,00$	$647,00 \pm 4,00$	$913,00 \pm 5,00$	$1225,00 \pm 2,00$	$1578,00 \pm 2,00$	$3310,00 \pm 10,00$
<b>Mai</b>	$443,00 \pm 2,00$	$643,00 \pm 0,20$	$621,00 \pm 3,00$	$850,00 \pm 2,00$	$1364,00 \pm 11,00$	$1401,00 \pm 1,00$	$2340,00 \pm 4,00$
<b>Juin</b>	$610,00 \pm 4,00$	$578,00 \pm 19,50$	$179,80 \pm 4,70$	$197,40 \pm 3,80$	$1189,00 \pm 1,50$	$1593,00 \pm 3,00$	$1791,00 \pm 2,00$
<b>Juillet</b>	-	$1098,00 \pm 1,00$	$792,00 \pm 1,00$	$1749,00 \pm 4,00$	$2470,00 \pm 3,00$	$2190,00 \pm 5,00$	$2890,00 \pm 10,00$

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en  $\mu\text{S/cm}$  ; S : Station

Les valeurs moyennes de la conductivité pour les 04 mois de prélèvements sont de  $516,33 \pm 49,26 \mu\text{S/cm}$ ,  $739,00 \pm 120,56 \mu\text{S/cm}$ ,  $559,95 \pm 132,18 \mu\text{S/cm}$ ,  $927,35 \pm 318,08 \mu\text{S/cm}$ ,  $1562,00 \pm 305,01 \mu\text{S/cm}$ ,  $1690,50 \pm 172,11 \mu\text{S/cm}$  et de  $2582,75 \pm 330,82 \mu\text{S/cm}$ , respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.09). La comparaison entre les valeurs

moyennes des 04 mois montre qu'il existe une différence significative entre S6 et S1, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4.

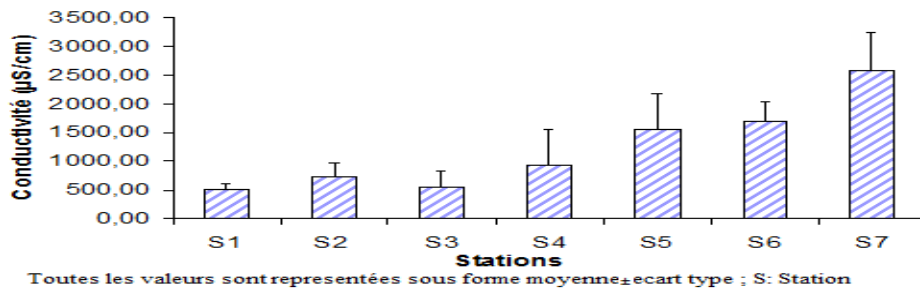


Figure.09 : Les valeurs de la conductivité de l'eau durant les 04 mois de prélèvement

La comparaison des valeurs de la conductivité de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre qu'il existe une différence significative entre la conductivité de l'eau de tous les mois de prélèvement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 ; par contre pour la station S1, il existe une différence significative uniquement entre la conductivité de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Selon la grille de qualité des eaux de surface, les résultats des valeurs moyennes des 04 mois de prélèvement pour la conductivité de l'eau sont d'excellente qualité dans les stations S1, S2 et S3 (conductivité inférieure à 750 µS/cm), de bonne qualité pour la station S4 (conductivité entre 750-1300 µS/cm) et de qualité moyenne dans les stations S5, S6 et S7 (conductivité entre 1300-2700 µS/cm) (JORF, 2002).

**VI.1.4 Les TDS**

Les TDS indiquent le poids global des éléments minéraux dissous présents dans l'eau. Ils s'expriment en mg/l (ADE, 2006).

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes des TDS dans l'eau de l'Oued 240,00±2,00 mg/l, 309,00±,00 mg/l, 315,00±5,00 mg/l, 477,00±2,00 mg/l 650,00±4,00 mg/l, 786,00±6,00 mg/l et 1702,00±2,00 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.11). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Concernant le mois de Mai, les valeurs des TDS dans l'eau de l'Oued varient entre 214,00±1,50 mg/l, et 1186,00±6,00 mg/l. La valeur la plus forte est enregistrée au niveau de la station S7 (Tab.11). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les taux suivants des TDS dans l'eau de l'Oued 296±2,50 mg/l, 280,00±0,50 mg/l, 85,90±0,60 mg/l, 94,40±2,20 mg/l, 586,00±6,00 mg/l, 793,00±1,00 mg/l et 896,00±3,00 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.11). La comparaison entre les taux des TDS des différentes stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvement.

Pour le mois de Juillet, les valeurs des TDS dans l'eau de l'Oued oscillent entre 387,00±4,00 mg/l et 1475,00±5,00 mg/l. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pour les stations S5, S6 et S7 (Tab.11). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvement.

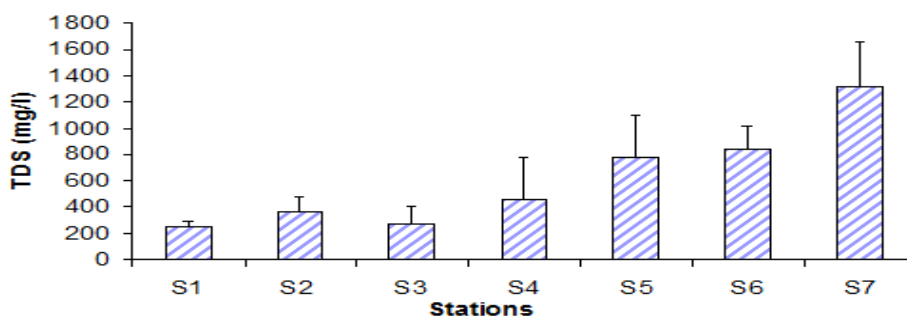
**Tableau.11: les TDS dans l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	240,00±2,00	309,00±4,00	315,00±5,00	447,00±2,00	605,00±4,00	786,00±6,00	1702,00±2,00
<b>Mai</b>	214,00±1,50	313,00±3,00	301,00±5,00	416,00±4,00	676,00±6,00	694,00±4,00	1186,00±6,00
<b>Juin</b>	296,00±2,50	280,00±0,50	85,90±0,60	94,40±2,20	586,00±6,00	793,00±1,00	896,00±3,00
<b>Juillet</b>	-	541,00±6,00	387,00±4,00	874,00±5,00	1251,00±1,00	1102,00±2,00	1475,00±5,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; S : Station

On remarque que la station S7 enregistre le taux le plus élevé de TDS pendant tous les mois de prélèvement. Et il y a une augmentation des taux des TDS de l'amont vers l'aval pour les mois d'Avril et de Mai, par contre durant les mois de juin et juillet ; ils ont connu une variation d'une station à une autre. (Tab.11)

Les valeurs moyennes des TDS pour les 04 mois de prélèvements sont 250,00±24,19 mg/l, 360,75±60,53 mg/l, 272,25±64,90 mg/l, 457,85±159,98 mg/l, 779,50±158,35 mg/l, 843,75±88,98 mg/l et 1314,75±175,07 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.10). La comparaison entre les valeurs moyennes des 04 mois montre qu'il existe une différence significative uniquement entre S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; S: Station

**Figure.10 : les valeurs des TDS dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre qu'il existe une différence significative entre les TDS de l'eau de tous les mois de prélèvement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 ; par contre pour la station S1, il existe une

différence significative uniquement entre les TDS de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

### VI.1.5 La salinité

C'est la concentration totale des sels qui sont en solution dans l'eau. La salinité peut se mesurer en nombre de grammes de sel par litre d'eau ou en densité par rapport à l'eau douce.

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes de salinité dans l'eau de l'Oued  $2,00\pm 0,22$  %,  $3,00\pm 0,15$  %,  $3,00\pm 0,28$  %,  $4,00\pm 0,42$  %,  $6,00\pm 0,74$  % pour la station S5,  $8,00\pm 0,20$  % et  $17,00\pm 0,48$  %, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.12). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S4, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Mai, les taux de la salinité dans l'eau de l'Oued varient entre  $2,00\pm 0,45$  % et  $12,00\pm 0,30$  % dans toutes les stations (Tab.12). Le taux le plus élevé est enregistré pour les eaux de la station S7. La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S4, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Juin, on observe que les valeurs de la salinité de l'eau de l'Oued oscillent entre  $1,00\pm 0,05$  % et  $9,00\pm 0,35$  % dans toutes les stations avec une diminution de ces valeurs par rapport aux mois précédent pour les stations S4, S5 et S7 (Tab.12). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S3, S1 et S4, S2 et S3, S2 et S4, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5.

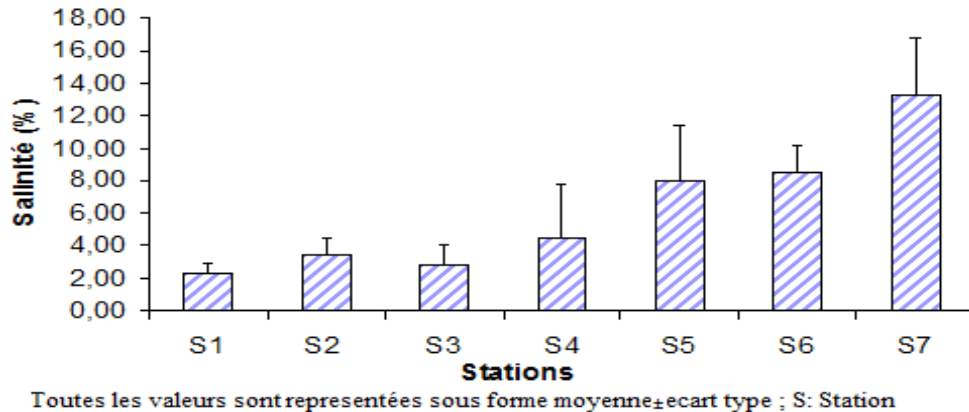
Par contre pour le mois de Juillet, on a observé une augmentations de valeurs de la salinité de l'eau de l'Oued dans toutes les stations ; ces valeurs sont de  $5,00\pm 0,50$  %,  $4,00\pm 0,44$  %,  $9,00\pm 0,50$  %,  $13,00\pm 0,40$  %,  $11,00\pm 0,20$  % et de  $15,00\pm 0,30$  %, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.12). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S4 et S2, S4 et S3, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

**Tableau.12: La salinité des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	$2,00\pm 0,00$	$3,00\pm 0,00$	$3,00\pm 0,00$	$4,00\pm 0,00$	$6,00\pm 0,00$	$8,00\pm 0,00$	$17,00\pm 0,00$
<b>Mai</b>	$2,00\pm 0,00$	$3,00\pm 0,00$	$3,00\pm 0,00$	$4,00\pm 0,00$	$7,00\pm 0,00$	$7,00\pm 0,00$	$12,00\pm 0,00$
<b>Juin</b>	$3,00\pm 0,00$	$3,00\pm 0,00$	$1,00\pm 0,00$	$1,00\pm 0,00$	$6,00\pm 0,00$	$8,00\pm 0,00$	$9,00\pm 0,00$
<b>Juillet</b>	-	$5,00\pm 0,00$	$4,00\pm 0,00$	$9,00\pm 0,00$	$13,00\pm 0,00$	$11,00\pm 0,00$	$15,00\pm 0,00$

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne $\pm$ ecart type et en % ; S : Station

Les valeurs moyennes de salinité pour les 04 mois de prélèvements sont  $2,33 \pm 0,57$  %,  $3,50 \pm 1,00$  %,  $2,75 \pm 1,25$  %,  $4,50 \pm 3,31$  %,  $8,00 \pm 3,36$  %,  $8,50 \pm 1,73$  % et  $13,25 \pm 3,50$  %, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.11). La comparaison entre les valeurs moyennes des 04 mois montre qu'il existe une différence significative entre S6 et S1, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4.



**Figure.11 : Les valeurs de la salinité des eaux durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1 qu'il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois de Mai-Juin et de Juin-Avril ; pour la station S2, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois d'Avril-Juin, de Mai-Juin et de Juin-Juillet ; pour la station S4, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S5, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau du mois de juillet et les autres mois ; pour la station S6, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin et de Mai-Juillet et de Juin-Juillet et pour la station S7, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau de tous les mois de prélèvement.

### VI.1.6 La turbidité

La turbidité est une caractéristique qui exprime le degré de « trouble » d'un liquide. C'est l'inverse de la transparence (Hade, 2007).

Elle est causée par la présence de matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), 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 (Hade, 2007 ; Rodier, 1996).

La connaissance de ce facteur a une double importance (Bachari-Houma, 2009) :

- ◆ Il détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface.
- ◆ Il permet également une approche de la quantité de particules en suspension.

Pour le mois d'Avril, les valeurs de la turbidité de l'eau de l'Oued montre qu'il existe une fluctuation entre les différentes stations et ces valeurs varient entre 9,30±0,20 N.T.U et 45,20±1,90 N.T.U. La valeur la plus forte de la turbidité est observée pour la station S1 (Tab.13). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S4, S1 et S5, S1 et S6, S1 et S7, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S3, S7 et S3.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes de la turbidité des eaux de l'Oued 63,10±0,60 N.T.U, 3,90±0,05 N.T.U, 7,51±1,08 N.T.U, 21,40±1,30 N.T.U, 52,50±1,20 N.T.U, 17,60±1,30 N.T.U et 38,90±2,20 N.T.U, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.13). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvement.

Pour le mois de Juin, les taux de la turbidité de l'eau de l'Oued oscillent entre 13,90±0,05 N.T.U et 1200,00±20,00 N.T.U. Les taux les plus élevés sont observés pour les stations S4 et S5 (Tab.13). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvement et il n'existe pas de différence uniquement entre les stations S7 et S6.

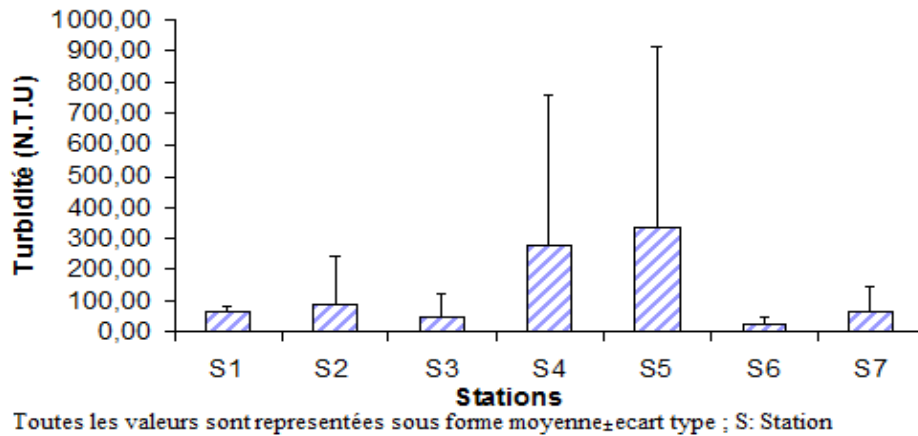
Pour le mois de Juillet, on a enregistré les valeurs suivantes de la turbidité de l'eau de l'Oued 3,39±0,01 N.T.U, 6,52±0,02 N.T.U, 61,20±0,20 N.T.U, 70,40±0,40 N.T.U, 56,90±0,10 N.T.U et 186,00±2,00 N.T.U, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.13). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre la turbidité de l'eau de toutes les stations de prélèvement.

**Tableau.13 : la turbidité de l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	45,20±1,90	12,30±0,05	9,30±0,20	25,60±1,80	24,50±2,05	14,20±0,96	13,50±0,50
<b>Mai</b>	63,10±0,60	3,90±0,05	7,51±1,08	21,40±1,30	52,50±1,20	17,6±1,30	38,90±2,20
<b>Juin</b>	80,20±1,40	325,00±0,70	162,00±2,30	1000,00±5,00	1200,00±20,00	13,90±0,05	14,80±0,20
<b>Juillet</b>	-	3,39±0,01	6,52±0,02	61,20±0,20	70,40±0,40	56,90±0,10	186,00±2,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en N.T.U ; S : Station

Les valeurs moyennes de la turbidité pour les 04 mois de prélèvements sont 62,83±217,52 N.T.U, 86,14±79,64 N.T.U, 46,33±38,56 N.T.U, 277,05±241,14 N.T.U, 336,85±287,87 N.T.U, 25,65±10,45 N.T.U et 63,30±41,31 N.T.U, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.12). La comparaison entre les valeurs moyennes des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre toutes les stations de prélèvement.



**Figure.12 : les taux de la turbidité dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1, il existe une différence significative entre la turbidité de l'eau des mois d'Avril-Mai, de Mai-Juin et de Juin-Avril ; pour la station S2, il existe une différence significative entre la turbidité de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin et de Juin-Juillet et pour les stations S3 ,S4 ,S5 ,S6 et S7, il existe une différence significative entre la turbidité de l'eau de tous les mois de prélèvement.

Toutes les valeurs élevées de turbidité, témoignent que les eaux de toutes les stations sont troubles et contiennent de grandes quantités de matières en suspension, de substances minérales, de matières organiques ou d'autres matières microscopiques.

### VI.1.7 La matière organique (MO)

Un apport excessif de matière organique se traduit par une accélération de l'activité bactérienne, donc par une diminution de l'oxygène dissous dans le milieu, diminution qui peut aller jusqu'à l'absence complète d'oxygène.

La pollution par la matière organique est le résultat des rejets d'égout urbains et de certaines industries alimentaires hautement polluantes : abattoirs, fromageries, laiteries, sucreries, etc. (Kebich et al., 1999).

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes de la MO dans les eaux de l'Oued 3,60 $\pm$ 0,20 mg/l, 5,40 $\pm$ 0,20 mg/l, 5,76 $\pm$ 0,10 mg/l, 11,16 $\pm$ 0,26 mg/l, 11,66 $\pm$ 0,02 mg/l, 10,51 $\pm$ 0,19 mg/l et 10,29 $\pm$ 0,21 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.14). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S3 et S1, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3.

Pour le mois de Mai, les valeurs de la MO dans les eaux de l'Oued varient entre 2,95 $\pm$ 0,34 mg/l et 11,01 $\pm$ 0,95 mg/l. La valeur la plus forte de la MO est observée au niveau de la

station S5 (Tab.14).La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S7, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3.

Pour le mois de Juin, les taux de la MO dans les eaux de l'Oued oscillent entre  $2,37\pm 0,15$  et  $31,17\pm 0,17$  mg/l dans toutes les stations. Les taux les plus forts sont enregistrés pour les stations S4 et S5 (Tab.14). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre toutes les stations de prélèvement, mais entre les eaux des S7 et S3 il n'existe pas de différence significative pour ce paramètre.

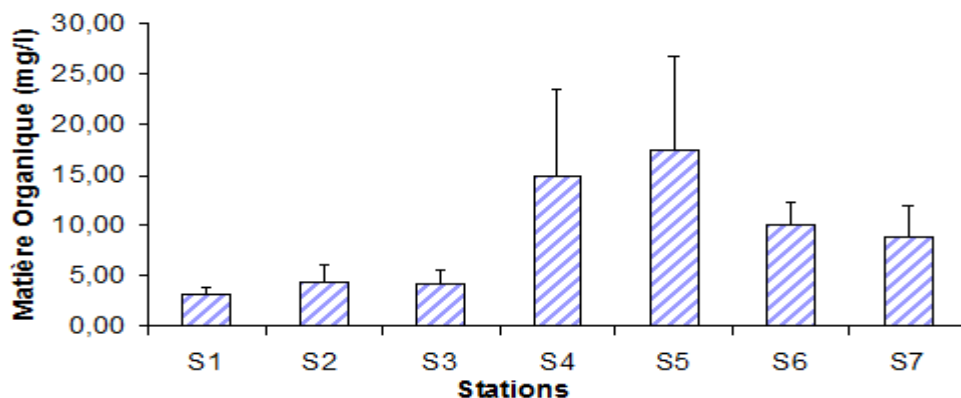
Pour le mois de Juillet, on a observé les taux suivants de la MO de l'ordre de  $2,88\pm 0,23$  mg/l,  $3,09\pm 0,09$  mg/l,  $11,44\pm 0,57$  mg/l,  $15,48\pm 0,58$  mg/l,  $12,60\pm 0,30$  mg/l et de  $12,09\pm 0,09$  mg/l, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.14). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S4 et S2, S4 et S3, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S7 et S2, S7 et S3.

**Tableau.14: la Matière Organique dans l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	3,600±0,200	5,400±0,200	5,760±0,100	11,160±0,260	11,664±0,024	10,512±0,190	10,290±0,210
<b>Mai</b>	3,600±0,400	2,952±0,349	3,528±0,306	9,144±0,410	11,016±0,957	9,720±0,310	8,352±0,431
<b>Juin</b>	2,376±0,154	6,192±0,142	5,040±0,040	27,720±0,760	31,176±0,176	7,200±0,200	5,040±0,050
<b>Juillet</b>	-	1098,00±1,00	792,00±1,00	1749,00±4,00	2470,00±3,00	2190,00±5,00	2890,00±10,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en mg/l ; S : Station

Les valeurs moyennes de la MO pour les 04 mois de prélèvements sont de  $3,19\pm 0,70$  mg/l pour la station S1,  $4,35\pm 1,69$  mg/l pour la station S2,  $4,30\pm 1,18$  mg/l pour la station S3,  $14,86\pm 4,31$  mg/l pour la station S4,  $17,33\pm 4,71$  mg/l pour la station S5,  $10,00\pm 2,23$  mg/l pour la station S6 et de  $8,94\pm 1,50$  mg/l pour la station S7 (Fig.13). La comparaison entre les valeurs moyennes des 04 mois montre qu'il existe une différence significative uniquement entre S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±écart type ; S: Station

**Figure.13 : les valeurs de la MO dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1, il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Mai-Juin et de Juin-Avril ; pour les stations S2 et S3, il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S4, il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin, de Mai-Juin et de Juin-Juillet ; pour les stations S5, S6 et S7, il existe une différence significative entre la MO de l'eau de tous les mois de prélèvement.

Selon la grille de qualité des eaux de surface, les résultats des valeurs moyennes des 04 mois de prélèvement pour la quantité de la matière organique qui se trouve dans l'eau sont de bonne qualité dans les stations S1, S2 et S3 (MO entre 2-5 mg/l), de mauvaise qualité pour les stations S4, S5 et S6 (MO supérieur à 10 mg/l) et de qualité moyenne dans la station S7 (MO 5-10 mg/l) (JORF, 2002).

### **VI.1.8 L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

L'ion ammonium correspond à la forme réduite de l'azote. Ce composé azoté est caractéristique des eaux résiduaires où il est associé à l'azote organique. Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur car ce n'est pas la forme ionisée (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) qui est toxique ; l'ammoniac est la forme la plus toxique pour les organismes aquatiques. L'équilibre entre NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et NH<sub>3</sub> est régi par le pH et la température et du taux d'oxygène, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution (Galvez-Cloutier et al., 2002).

L'ammoniac est un composé naturel dont ont besoin la plupart des organismes pour la synthèse des protéines. Les principales sources de contamination des eaux par l'ammonium sont (Idrissi, 2006) :

- Les engrais utilisés dans l'agriculture
- Les rejets des stations de traitement des eaux usées

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux de l'Oued 0,18±0,02 mg/l, 0,50±0,20 mg/l, 1,02±0,02 mg/l, 5,20±0,20 mg/l, 2,20±0,20 mg/l, 0,17±0,01 mg/l et 3,50±0,25 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.15). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S3 et S1, S3 et S2, S3 et S6, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S5, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S6, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Mai, les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux de l'Oued sont de l'ordre de 0,25±0,07 mg/l, 1,60±0,20, 1,20±0,40 mg/l, 2,40±0,25 mg/l, 1,60±0,28 mg/l, 2,70±0,43 mg/l et de 2,30±0,20 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.15). La

comparaison entre les valeurs de l'ammonium des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre : S1 et S2, S3 et S1, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S5, S5 et S1, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S3.

Pour le mois de Juin, les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oscillent entre 1,28±0,06 et 3,50±0,40 mg/l dans toutes les stations. La valeur la plus élevée est enregistrée pour les eaux de la station S4 (Tab.15). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S3, S1 et S5, S1 et S6, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S5, S4 et S6, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S5.

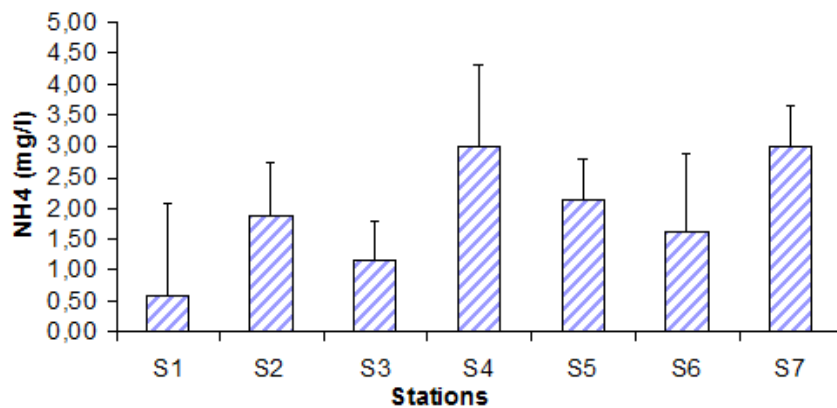
Durant le mois de Juillet, les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux de l'Oued présentent des fluctuations d'une station à une autre. Les valeurs les plus fortes sont observées pour les eaux des stations S1 (3,40±0,20 mg/l) et S5 (2,30±0,20 mg/l) et la valeur la plus faible pour la station S2 (0,18±0,02 mg/l) (Tab.15). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S3, S2 et S4, S2 et S5, S2 et S6, S2 et S7, S3 et S4, S3 et S6, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S6.

**Tableau.15: l'ammonium des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	0,18±0,02	0,50±0,20	1,02±0,02	5,20±0,20	2,20±0,20	0,18±0,01	3,50±0,25
<b>Mai</b>	0,25±0,07	1,60±0,20	1,20±0,40	2,40±0,25	1,60±0,28	2,70±0,43	2,30±0,20
<b>Juin</b>	1,28±0,06	2,00±0,40	2,20±0,10	3,50±0,40	2,40±0,20	2,70±0,10	3,40±0,30
<b>Juillet</b>	-	3,40±0,20	0,18±0,02	0,79±0,14	2,30±0,20	0,90±0,10	2,70±0,40

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; S : Station

Les valeurs moyennes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pour les 04 mois de prélèvements sont 0,57±0,61 mg/l, 1,87±0,59 mg/l, 1,15±0,82 mg/l, 2,97±0,92 mg/l, 2,12±0,35 mg/l, 1,62±1,28 mg/l et 2,97±0,57 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.14). La comparaison entre les valeurs moyennes des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes stations de prélèvement.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; S: Station

**Figure.14: Les valeurs de l'ammonium des eaux durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1 qu'il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois de Mai-Juin et de Juin-Avril ; pour la station S2, il existe une différence significative entre les mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S4, il existe une différence significative l'ammonium de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour la station S5, il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois d'Avril-Mai, de Mai-Juin et de Mai-Juillet ; pour la station S6, il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet et pour la station S7, il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juillet et de Mai-Juin.

Selon les normes françaises des eaux de surface, les résultats des valeurs moyennes des 04 mois de prélèvement pour l'ammonium qui se trouve dans l'eau sont de qualité mauvaise dans les stations S1, S2, S3 et S6 ( $\text{NH}_4^+$  entre 0,5 et 2 mg/l) et de qualité moyenne dans les stations S4, S5 et S7 ( $\text{NH}_4^+$  entre 2 et 8 mg/l) (JORF, 2002).

### **VI.1.9 Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Les phosphates sont des éléments dont l'excès entraîne des perturbations dans la vie d'un cours d'eau ; ils sont indicateurs de la productivité des eaux (Lamy, 1995).

Les composés phosphatés présents dans les eaux de surface ont différentes origines :

- Les engrais transportés par ruissellement
- Les matières fécales humaines et animales
- Les détergents et produits d'entretien

L'augmentation de la teneur en phosphates dans l'eau entraîne un développement de la flore algale et donc un phénomène d'eutrophisation du milieu aquatique (Lacaze, 1996). Il s'agit en fait de l'accélération d'un phénomène naturel -une fertilisation accélérée et croissante de l'eau - liées à l'activité domestique (Lamy, 1995).

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes des phosphates dans les eaux de l'Oued 0,447±0,021 mg/l, 1,771±0,009 mg/l, 2,159±0,429 mg/l, 2,867±0,429 mg/l, 4,475±0,321 mg/l, 1,334±0,181 mg/l et 3,681±0,353 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.16). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S6, S3 et S6, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S6.

Pour le mois de Mai, les taux des phosphates dans les eaux de l'Oued varient entre 1,059±0,059 et 4,124±0,390 mg/l dans toutes les stations. La station S5 enregistre le taux le plus élevé pour ce paramètre (Tab.16). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S4, S1 et S7, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S1, S6 et S3.

Pour le mois de Juin, les valeurs des phosphates dans les eaux de l'Oued ont augmenté dans toutes les stations par rapport aux valeurs du mois de Mai et ils sont de l'ordre de 1,173±0,173 mg/l, 3,202±0,198 mg/l, 2,384±0,152 mg/l, 4,720±0,040 mg/l, 7,600±0,200 mg/l, 4,200±0,050 mg/l et 4,840±0,200 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.16). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S1, S2 et S3, S3 et S1, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3.

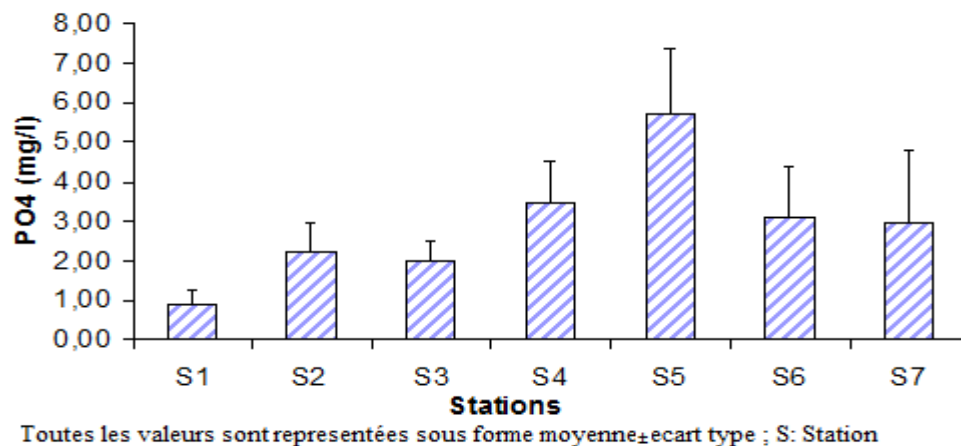
Pour le mois de Juillet, on remarque une grande baisse des taux des phosphates dans les eaux de l'Oued pour toutes les stations et varient entre 0,430±0,080 mg/l et 6,570±0,070 mg/l. Le taux le plus faible est observé dans la station S7 et le taux le plus fort et observé dans la station S5 (Tab.16). Cette diminution des taux des phosphates retrouvés dans l'eau est due probablement à la saison d'été qui coïncide avec la fermeture des unités industrielles pour cause de congés annuels. La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S4 et S2, S4 et S3, S4 et S7, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S7.

**Tableau.16: les phosphates des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	0,447±0,021	1,771±0,009	2,159±0,071	2,867±0,429	4,475±0,321	1,334±0,181	3,681±0,353
<b>Mai</b>	1,059±0,059	2,304±0,497	2,185±0,168	2,365±0,315	4,124±0,390	3,034±0,034	2,805±0,103
<b>Juin</b>	0,420±0,020	0,559±0,190	0,590±0,100	0,792±0,158	0,221±0,121	0,518±0,112	1,690±0,060
<b>Juillet</b>	-	1,446±0,204	1,213±0,09	3,906±1,403	6,570±0,070	3,810±0,110	0,430±0,08

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; S : Station

Les valeurs moyennes des phosphates pour les 04 mois de prélèvements sont de l'ordre de 0,893±0,390 mg/l, 2,181±0,767, 1,985±0,525 mg/l, 3,465±1,055 mg/l, 5,692±1,668 mg/l, 3,095±1,270 mg/l et de 2,939±1,869 mg/l , respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.15) . La comparaison entre les valeurs moyennes des phosphates des 04 mois montre qu'il existe une différence significative uniquement entre S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3. Cette différence peut s'expliquer par la grande quantité des rejets d'effluent urbains et industriel de la ville de Sétif par rapport aux stations S1, S2 et S3.



**Figure.15 : les taux des phosphates des eaux durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des phosphates de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1 qu'il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois de Avril-Mai et de Avril-Juin ; pour la station S2, il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois d'Avril-Juin, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet , pour la station S4, il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois de Mai- Juin ; pour la station S5, il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai- Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour les stations S6 et S7, il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau de tous les mois de prélèvement.

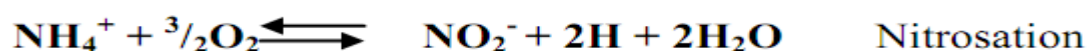
D'après la grille de qualité des eaux de surface, les résultats des valeurs moyennes des 04 mois de prélèvement pour les phosphates qui se trouvent dans les eaux sont : de qualité mauvaise dans les stations, S2, S3, S4, S6 et S7 ( $\text{PO}_4^-$  entre 1 et 5 mg/l) , de qualité moyenne dans la station S1 ( $\text{PO}_4^-$  entre 0,5 et 1 mg/l) et de qualité très mauvaise dans la station S5 ( $\text{PO}_4^- > 5$  mg/l) (JORF, 2002).

### VI.1.10 Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

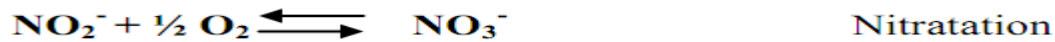
Une eau chargée en nitrites est le plus souvent corrélée à un dysfonctionnement du cycle de l'azote. Le nitrite est le premier résultat de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux. Très toxique, il est rapidement et naturellement oxydé en ion de nitrate (Melquiot, 2003).

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes (Aminot et Chausse-Pied, 1983) :

- L'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (Nitrosomonas) :



- La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques, selon la réaction suivante:



Les nitrites sont responsables de la formation de méthémoglobine. La fixation de l'oxygène et son transport par l'hémoglobine est diminué et se traduit par une anoxie surtout chez les animaux d'élevage qui vivent à proximité de l'oued ; puisque des quantités importantes sont prélevées par les riverains le long de l'Oued (en amont du Barrage de Ain Zada) non seulement pour l'irrigation de grands surfaces de cultures maraichères mais aussi pour abreuver des troupeaux de bovin et d'ovin (Kebich et al., 1999) .

Pour le mois d'Avril, les valeurs des nitrites dans les eaux de l'Oued varient entre  $0,127 \pm 0,003$  et  $1,146 \pm 0,015$  mg/l. La valeur la plus élevée est enregistré pour les eaux de la station S4 (Tab.17). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S1 et S5, S1 et S6, S1 et S7, S2 et S5, S2 et S6, S2 et S7, S3 et S5, S3 et S6, S3 et S7, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S5, S4 et S6, S4 et S7.

Durant le mois de Mai, les taux des nitrites dans les eaux de l'Oued oscillent entre  $0,180 \pm 0,020$  mg/l et  $1,980 \pm 0,010$  mg/l. Le taux le plus fort est observé pour les eaux de la station S7 (Tab.17). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S5, S2 et S1, S2 et S5, S2 et S6, S3 et S1, S3 et S5, S3 et S6, S4 et S1, S4 et S5, S4 et S6, S6 et S5, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes des nitrites dans les eaux de l'Oued  $0,420 \pm 0,020$  mg/l,  $0,559 \pm 0,019$  mg/l,  $0,590 \pm 0,010$  mg/l,  $0,792 \pm 0,158$  mg/l,  $0,221 \pm 0,121$  mg/l,  $0,518 \pm 0,112$  mg/l et  $1,690 \pm 0,060$  mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.17). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S5, S3 et S5, S4 et S1, S4 et S5, S4 et S6, S5 et S6, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

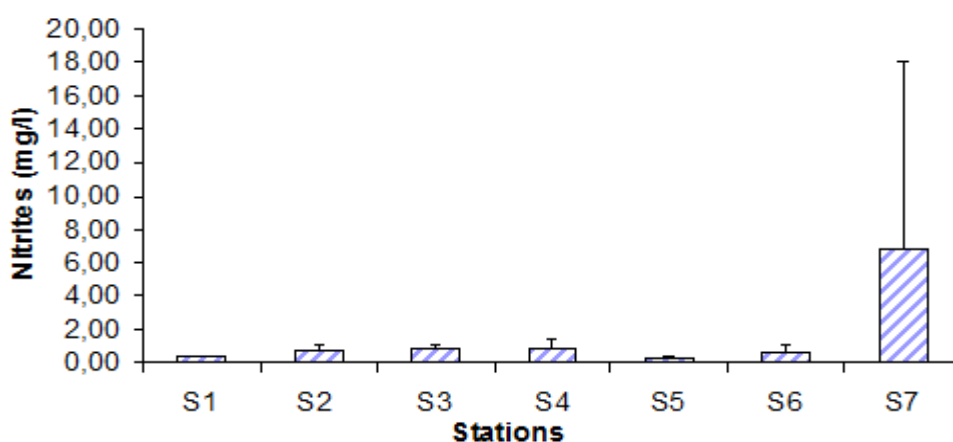
Pour le mois de Juillet, les valeurs des nitrites dans les eaux de l'Oued présentent des différences d'une station à une autre, ils sont de l'ordre de  $0,340 \pm 0,090$  mg/l,  $0,844 \pm 0,089$  mg/l,  $0,185 \pm 0,006$  mg/l,  $0,332 \pm 0,320$  mg/l,  $1,358 \pm 0,123$  mg/l et  $23,600 \pm 0,200$  mg/l, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.17). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S3 et S2, S3 et S4, S3 et S5, S6 et S2, S6 et S3, S6 et S4, S6 et S5, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

**Tableau.17: les nitrites dans l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	0,317±0,046	0,596±0,058	0,664±0,026	1,146±0,015	0,127±0,003	0,198±0,028	0,208±0,065
<b>Mai</b>	0,412±0,058	1,179±0,126	1,255±0,103	1,375±0,125	0,180±0,020	0,445±0,048	1,98±0,010
<b>Juin</b>	0,420±0,020	0,559±0,190	0,590±0,100	0,792±0,158	0,221±0,121	0,518±0,112	1,690±0,060
<b>Juillet</b>	-	0,340±0,090	0,844±0,089	0,185±0,006	0,332±0,032	1,358±0,123	23,600±0,200

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en mg/l ; S : Station

Les valeurs moyennes des nitrites pour les 04 mois de prélèvements sont 0,383±0,057 mg/l, 0,668±0,359 mg/l, 0,838±0,298 mg/l, 0,874±0,518 mg/l, 0,215±0,087 mg/l, 0,630±0,504 mg/l et 6,870±5,590 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.16). La comparaison entre les valeurs moyennes des nitrites des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes stations.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±écart type ; S: Station

**Figure.16: les valeurs des nitrites dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des nitrites de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1 il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois de Avril-Mai et de Avril-Juin ; pour la station S2, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois d'Avril-Mai, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S4, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai- Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S5, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois d'Avril-Juillet ; pour la station S6 il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juillet, de Mai- Juillet et de Juin-Juillet et pour la station S7, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau de tous les mois de prélèvement.

Les valeurs moyennes des nitrites pour les 04 mois de prélèvement et les valeurs de chaque mois dépassent dans tous les cas la norme fixée à 0,1 mg/l (Genin et al, 2003).

### VI.1.11 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates sont naturellement présents dans la nature à des concentrations de quelques milligrammes par litre d'eau car les nitrates sont des polluants très solubles et représentent la forme la plus oxydée de l'azote (Salamon, 2003).

Dans l'eau, les nitrates peuvent provenir de la décomposition de matières végétales ou animales, d'engrais utilisés en agriculture, du fumier, d'eaux usées domestiques et industrielles et des précipitations ou de formations géologiques renfermant des composés azotés solubles (Adam, 1980 ; Egboka, 1984).

Une fois dans les cours d'eau, les nitrates favorisent la prolifération d'algues ou « marées vertes » : c'est souvent le premier signe visible d'une eutrophisation des eaux (Lacaze, 1996).

Chez les animaux, les ruminants sont les plus sensibles. L'intoxication aiguë se manifeste par des difficultés respiratoires, une faiblesse généralisée et une coloration brune du sang. A ce stade chronique, la maladie engendre des retards de croissance, des avortements, la stérilité, etc. (Galvez-Cloutier et al., 2002).

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes des nitrates dans les eaux de l'Oued 17,00±0,42 mg/l, 24,20±1,40 mg/l, 21,80±1,60 mg/l, 16,20±0,37 mg/l, 1,25±0,04 mg/l, 2,04±0,04 mg/l et 12,00±0,20 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.18). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S5, S1 et S6, S1 et S7, S2 et S1, S2 et S3, S2 et S4, S2 et S5, S2 et S7, S3 et S1, S3 et S4, S3 et S5, S3 et S6, S3 et S7, S4 et S5, S4 et S6, S4 et S7, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Mai, les valeurs des nitrates dans l'eau de l'Oued varient d'une station à une autre (entre 0,55±0,03 mg/l et 25,00±1,30 mg/l). Les valeurs les plus fortes sont enregistrées pour les stations S7 (25,00±1,30 mg/l) et S3 (19,50±0,60 mg/l) et les valeurs les plus faibles pour les stations S6 (0,55±0,03 mg/l) et S4 (0,91±0,08 mg/l) (Tab.18). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S4, S1 et S5, S1 et S6, S2 et S4, S2 et S5, S2 et S6, S3 et S1, S3 et S2, S3 et S4, S3 et S5, S3 et S6, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S4, S7 et S5, S7 et S6.

Pour le mois de Juin, les taux des nitrites dans les eaux de l'Oued oscillent entre 0,88±0,04 mg/l et 38,80±0,40 mg/l dans toutes les stations. Les stations S4 et S5 enregistrent des taux très élevés de ce paramètre par rapport aux autres stations (Tab.18). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S6.

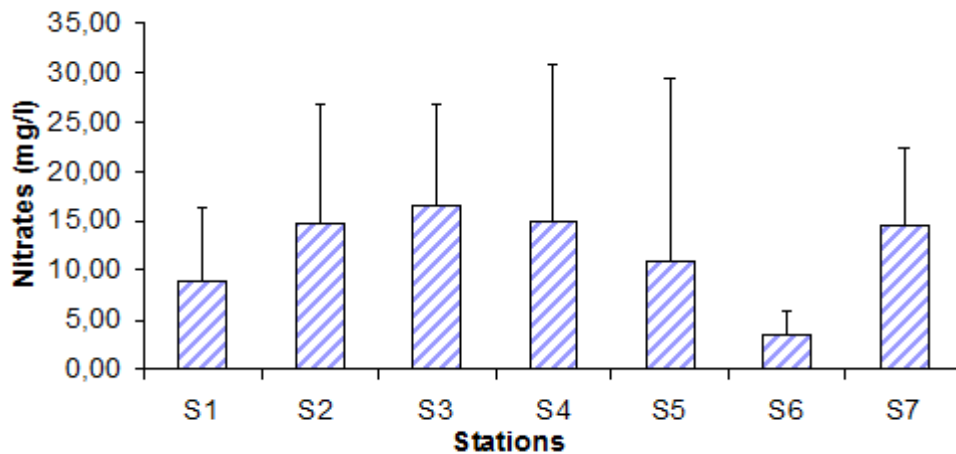
Pour le mois de Juillet, on a enregistré les valeurs suivantes des nitrates dans les eaux de l'Oued 25,70±2,10 mg/l, 23,50±2,00 mg/l, 6,20±0,05 mg/l, 1,98±0,05 mg/l, 5,02±0,02 mg/l et 6,52±0,02 mg/l, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.18). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S4, S2 et S5, S2 et S6, S2 et S7, S3 et S4, S3 et S5, S3 et S6, S3 et S7, S4 et S5, S5 et S7.

**Tableau.18: les nitrates dans l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	17,00±0,42	24,20±1,40	21,80±1,60	16,20±0,37	1,25±0,04	2,04±0,04	12,00±0,20
<b>Mai</b>	7,50±0,20	8,40±0,20	19,50±0,60	0,91±0,08	1,56±0,06	0,55±0,03	25,00±1,30
<b>Juin</b>	1,99±0,31	0,88±0,04	1,05±0,05	36,70±0,30	38,80±0,40	5,94±0,54	14,90±1,05
<b>Juillet</b>	-	25,70±2,10	23,50±2,00	6,20±0,05	1,98±0,05	5,02±0,02	6,52±0,02

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en mg/l ; S : Station

Les valeurs moyennes des nitrates pour les 04 mois de prélèvements varient entre 3,38±1,26 mg/l et 16,46±10,40 mg/l dans toutes les stations. La station S3 enregistre la valeur la plus élevée pour ce paramètre (Fig.17). La comparaison entre les valeurs moyennes des nitrates des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes stations.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±écart type ; S: Station

**Figure.17 : les valeurs des nitrates dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des nitrates de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1, il existe une différence significative entre les nitrates de l'eau des mois de Mai-Avril, de Mai-Juin et de Avril-Juin ; pour la station S2, il existe une différence significative entre les nitrates de l'eau des mois d'Avril-Main, d'Avril-Juin, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre les nitrates de l'eau des mois d'Avril-Juin, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S5, il existe une différence significative entre les nitrates de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin et de Juin-Juillet, pour les stations S4, S6 et S7, il existe une différence significative entre les nitrates de l'eau de tous les mois de prélèvement.

Lorsqu'on observe de fortes doses ( $>10$  mg/l), c'est qu'ils ont été rejetés généralement sous forme d'engrais ou de résidus liés à l'élevage (Salamon, 2003). C'est le cas des stations S2, S3, S4, S5 et S7 où les valeurs moyennes de nitrates pour les 04 mois de prélèvement dépassent 10 mg/l. On remarque aussi que le mois de juillet enregistre des valeurs très élevées dans les stations S2 et S3 par rapport aux autres stations et aux autres mois qui dépassent ce seuil.

La concentration des nitrates dans les eaux douces est en augmentation constante. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a fixé un seuil de 50 mg/l à ne pas dépasser dans les eaux de surface (Salamon, 2003). Les résultats des eaux des 07 stations étudiées, pour ce paramètre ne dépassent en aucun cas cette norme.

### **VI.1.12 Le fer (Fe)**

Il est présent dans l'eau avec une concentration très faible qui peut augmenter suite à la lixiviation des terrains riches en fer ou à cause d'une pollution industrielle. Le fer se trouve dans l'eau sous une forme dissoute ou en solution colloïdale (Galaf et Ghannam, 2003).

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux de l'Oued  $0,25\pm 0,03$  mg/l,  $0,13\pm 0,01$  mg/l,  $0,10\pm 0,02$  mg/l,  $0,46\pm 0,04$  mg/l,  $0,62\pm 0,01$  mg/l,  $0,36\pm 0,04$  mg/l et  $0,38\pm 0,01$  mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.19). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre S1 et S2, S1 et S3, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S1, S6 et S2, S6 et S3, S7 et S1, S7 et S2, S7 et S3.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux de l'Oued  $0,44\pm 0,09$  mg/l,  $0,14\pm 0,02$  mg/l,  $0,20\pm 0,05$  mg/l,  $0,45\pm 0,02$  mg/l,  $0,86\pm 0,16$  mg/l,  $0,23\pm 0,02$  mg/l et  $0,57\pm 0,25$  mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.19). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre S5 et S1, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S7 et S2, S7 et S3.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux de l'Oued  $0,71\pm 0,13$  mg/l,  $2,01\pm 0,01$  mg/l,  $1,28\pm 0,08$  mg/l,  $3,87\pm 0,07$  mg/l,  $1,08\pm 0,08$  mg/l,  $0,52\pm 0,02$  mg/l et  $0,52\pm 0,02$  mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.19). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre S2 et S1, S2 et S3, S2 et S5, S2 et S6, S2 et S7, S3 et S1, S3 et S6, S3 et S7, S4 et S1, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S5, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S1, S5 et S6, S5 et S7.

Pour le mois de Juillet, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux de l'Oued  $0,06\pm 0,01$  mg/l,  $0,14\pm 0,01$  mg/l,  $1,16\pm 0,03$  mg/l,  $1,61\pm 0,02$  mg/l,  $0,68\pm 0,02$  mg/l et  $0,980\pm 0,005$  mg/l, respectivement pour les stations S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Tab.19). La

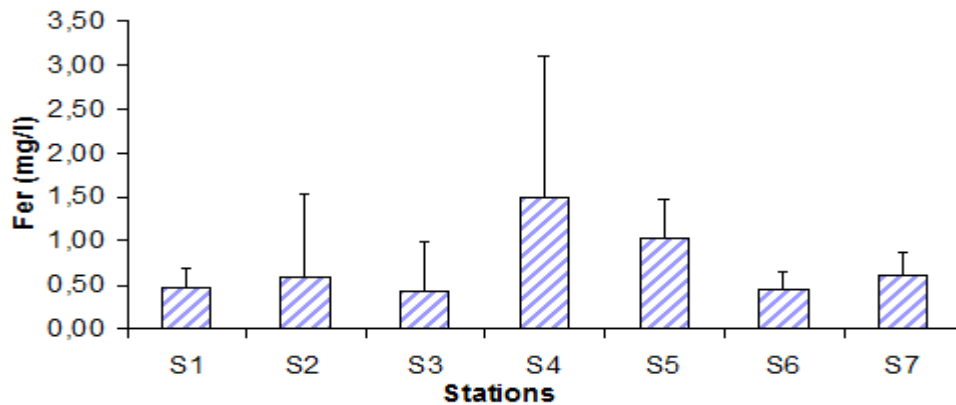
comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juillet montre qu'il existe une différence significative entre S3 et S2, S4 et S2, S4 et S3, S4 et S6, S4 et S7, S5 et S2, S5 et S3, S5 et S4, S5 et S6, S5 et S7, S6 et S2, S6 et S3, S7 et S2, S7 et S3, S7 et S6.

**Tableau.19 : les taux du Fer dans l'eau pour chaque mois de prélèvement**

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Avril</b>	0,25±0,03	0,13±0,01	0,10±0,02	0,46±0,04	0,62±0,01	0,36±0,04	0,38±0,01
<b>Mai</b>	0,44±0,09	0,14±0,02	0,20±0,05	0,45±0,02	0,86±0,16	0,23±0,02	0,57±0,25
<b>Juin</b>	0,71±0,13	2,01±0,01	1,28±0,08	3,87±0,07	1,08±0,08	0,52±0,02	0,52±0,02
<b>Juillet</b>	-	0,06±0,01	0,14±0,01	1,16±0,03	1,61±0,02	0,68±0,02	0,98±0,005

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; S : Station

Les valeurs moyennes du fer pour les 04 mois de prélèvements sont 0,46±0,23 mg/l, 0,58±0,95, 0,43±0,56 mg/l, 1,48±0,81 mg/l, 1,04±0,24 mg/l, 0,44±0,19 mg/l et 0,61±0,25 mg/l, respectivement pour les stations S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7 (Fig.18). La comparaison entre les valeurs moyennes du fer des 04 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les différentes stations.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; S: Station

**Figure.18 : les taux du fer dans l'eau durant les 04 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs du fer de la même station pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour la station S1, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Mai-Juin et de Juin-Avril ; pour la station S2, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S3, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois d'Avril-Juin, de Mai-Juin et de Juin-Juillet ; pour S4, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juin, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour S5, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois d'Avril-Mai, d'Avril-Juin, d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet ; pour la station S6, il existe une différence significative entre le fer de l'eau de tous les mois de prélèvement et pour la station S7, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois d'Avril-Juillet, de Mai-Juillet et de Juin-Juillet.

Selon la grille de qualité des eaux de surface, les résultats des valeurs moyennes des 04 mois de prélèvement pour le fer sont : d'excellente qualité pour S1, S3 et S6 (inférieur à 0,5 mg/l) de bonne qualité pour S2 et S7 (entre 0,5 et 1 mg/l) et de mauvaise qualité pour S4 et S5 (entre 1 et 2 mg/l) (JORF, 2002). Cette présence de fer cause un danger de toxicité assez modérée dans ces 02 stations pour les animaux aquatique. Cela est dû sûrement aux rejets industriels et urbains de la ville de Sétif et le village de Mezloug qui contiennent un taux élevé en fer.

Les taux élevés de fer peuvent avoir un effet négatif sur les poissons d'élevages qui se trouvent au niveau du barrage d'Ain zada par une accumulation de ce métal.

Pour la vie aquatique, cette toxicité est difficile à préciser car elle est fonction de l'état chimique du métal et aussi de la présence du précipite de l'hydroxyde de fer qui tend à se déposer sur les branchies de poissons et entraîner leur colmatage (Galaf et Ghannam 2003).

Dans le passé, Oued Bousselam était un lieu de la pêche de nombreuses espèces de poissons pour la population de la région, mais actuellement le poisson a baissé sensiblement le long du Oued, voire a disparu au niveau de certains endroits (proximité des zones urbaines et des installations industrielles) à cause de la forte pollution de ce cours d'eau.

## **VI.2 Les eaux des forages des mosquées**

La qualité des eaux de nappes (eaux souterraines) est meilleure que celle des eaux superficielles. En effet elles sont protégées contre la dégradation naturelle causée par le transport solide, les minéraux dissous, la matière organique naturelle et les micro-organismes.

La qualité d'eau des forages de mosquées étudiés est variable d'un forage à un autre, selon le cycle hydrologique, la position du forage, la perméabilité du sol et les propriétés physico-chimiques qu'a une roche de laisser passer l'eau à travers ses fissures ou ses ports.

### **VI.2.1 Le pH**

Le pH de l'eau résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique. Il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (El Morhit, 2009).

Le pH n'a aucun effet direct sur la santé humaine ; néanmoins un taux élevé donne un goût amer à l'eau (Adelekam, 2010).

Les résultats d'analyse du mois de Février concernant les valeurs de pH des eaux de forages varient entre  $7,30 \pm 0,02$  et  $8,69 \pm 0,04$  dans toutes les stations. La valeur la plus forte est observée au niveau des eaux du forage M6 (Tab.20). La comparaison entre les valeurs des eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M2 et M3, M2 et M7, M5 et M3, M6 et M1, M6 et M3, M6 et M4, M6 et M7.

Pour le mois de Mars les taux de pH des eaux de forages oscillent entre  $7,12 \pm 0,20$  et  $8,08 \pm 0,02$  dans toutes les stations (Tab.20). La comparaison entre les valeurs des eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M7, M4 et M3, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M7, M6 et M1, M6 et M2, M6 et M3, M6 et M4, M6 et M5, M6 et M7.

Durant le mois d'Avril les valeurs de pH des eaux varient d'un forage à un autre, entre  $7,30 \pm 0,02$  et  $8,37 \pm 0,16$  dans toutes les eaux des forages (Tab.20). La comparaison entre les valeurs des eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M2 et M3, M2 et M7, M4 et M1, M4 et M3, M4 et M7, M5 et M1, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M7, M6 et M1, M6 et M2, M6 et M3, M6 et M4, M6 et M5, M6 et M7.

Le mois de Mai enregistre des valeurs de pH qui se représentant comme suit  $7,55 \pm 0,03$ ,  $7,70 \pm 0,05$ ,  $7,44 \pm 0,07$ ,  $7,40 \pm 0,20$ ,  $7,50 \pm 0,15$ ,  $7,91 \pm 0,06$  et  $6,88 \pm 0,13$ , respectivement pour les M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.20). La comparaison entre les valeurs des eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre : M1 et M7, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M6 et M1, M6 et M3, M6 et M4, M6 et M5, M6 et M7.

Pour le mois de Juin les valeurs de pH des eaux de forages varient entre  $6,70 \pm 0,05$  et  $7,12 \pm 0,18$  dans toutes les stations (Tab.20). La comparaison entre les valeurs des stations pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M7, M6 et M1, M6 et M3, M6 et M4, M6 et M5, M6 et M7.

On remarque que le taux de pH le plus élevé est toujours observé au niveau des eaux du forage M6, dû probablement à la nature des terrains et aux type de rejets qui se trouvent dans cette région. Et il y a aussi une diminution des taux de pH dans toutes les eaux de forages durant le mois de juin par rapport aux autres mois.

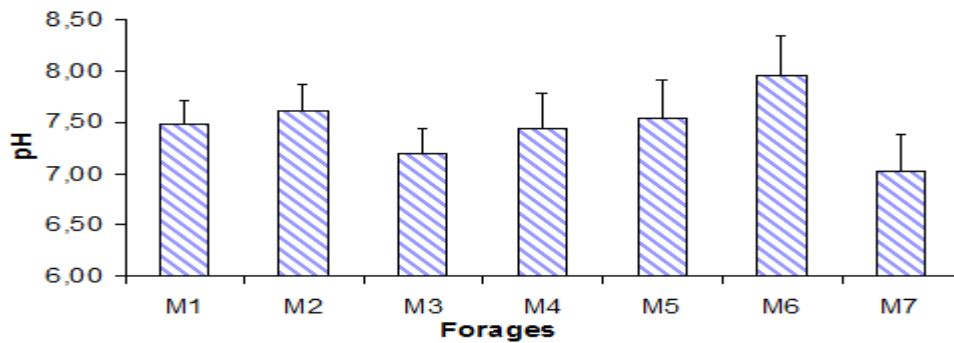
**Tableau.20 : pH des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	$7,57 \pm 0,22$	$7,69 \pm 0,09$	$7,10 \pm 0,20$	$7,51 \pm 0,05$	$7,63 \pm 0,03$	$8,07 \pm 0,08$	$7,20 \pm 0,30$
<b>Mars</b>	$7,65 \pm 0,02$	$7,77 \pm 0,08$	$7,30 \pm 0,05$	$7,56 \pm 0,04$	$7,56 \pm 0,03$	$8,08 \pm 0,02$	$7,12 \pm 0,20$
<b>Avril</b>	$7,58 \pm 0,02$	$7,74 \pm 0,02$	$7,30 \pm 0,02$	$7,83 \pm 0,04$	$8,04 \pm 0,06$	$8,37 \pm 0,16$	$7,42 \pm 0,03$
<b>Mai</b>	$7,55 \pm 0,03$	$7,70 \pm 0,05$	$7,44 \pm 0,07$	$7,40 \pm 0,20$	$7,50 \pm 0,15$	$7,91 \pm 0,06$	$6,88 \pm 0,13$
<b>Juin</b>	$7,06 \pm 0,11$	$7,16 \pm 0,03$	$6,79 \pm 0,06$	$6,89 \pm 0,09$	$6,99 \pm 0,04$	$7,34 \pm 0,04$	$6,45 \pm 0,05$

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne  $\pm$  écart type; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes du pH des eaux de forages pour les 05 mois de prélèvements sont  $7,48 \pm 0,23$ ,  $7,61 \pm 0,25$ ,  $7,18 \pm 0,25$ ,  $7,43 \pm 0,34$ ,  $7,54 \pm 0,37$ ,  $7,95 \pm 0,38$  et  $7,01 \pm 0,37$ , respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.19). La comparaison

entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre les forages M6 et M7, M6 et M3.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne  $\pm$  écart type ; M: Forage

**Figure.19 : la valeur du pH des eaux durant les mois 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de pH du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forages M1 et M2, il existe une différence significative entre le pH de l'eau des mois de Février-Juin, de Mars-juin, de Mai-Juin et d'Avril-Juin ; pour le forage M3, il existe une différence significative entre le pH de l'eau des mois de Février-Juin, de Février-Mai, de Mars-Juin, d'Avril-Juin, de Mai-Juin ; pour le forage M4 il existe une différence significative entre le pH de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forages M5 et M6 il existe une différence significative entre le pH de l'eau des mois de Février-Avril, de Mars-Juin, de Février-Juin, d'Avril-Mars, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le forage M7, il existe une différence significative entre le pH des mois de Février-Juin, de Mars-Juin, d'Avril-Mai et d'Avril-Juin.

Selon les normes Algériennes de l'eau potable pour le pH est fixée entre 6,5 et 9 (JORA, 2011). Les normes de l'OMS et de l'UE le fixent entre 6,5 et 9,5 (OMS, 1996 ; JOCE, 1998).

Les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de pH de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme.

### VI.2.2 La conductivité

La mesure de la conductivité de l'eau permet d'apprécier la minéralisation de l'eau et la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium, etc.).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de la conductivité des eaux de forages 1715,00 $\pm$ 4,50  $\mu$ S/cm, 1202,00 $\pm$ 2,00  $\mu$ s/cm, 1147,00 $\pm$ 4,00  $\mu$ S/cm, 1016,00 $\pm$ 6,00  $\mu$ S/cm, 1448,00 $\pm$ 5,00  $\mu$ S/cm, 423,00 $\pm$ 3,00  $\mu$ S/cm et 1375,00 $\pm$ 5,00  $\mu$ S/cm, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.21). La comparaison entre les valeurs de conductivité des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages (M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et

M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6).

Durant le mois de Mars, les valeurs suivantes de la conductivité des eaux de forages varient entre 484,00±2,00 µS/cm et 1788,00±2,00 µS/cm. La valeur la plus faible est observée pour les eaux du forage M6 et la valeur la plus forte est observée pour les eaux du forage M1 (Tab.21). La comparaison entre les valeurs de conductivité des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Le mois d'Avril enregistre des taux de la conductivité des eaux de forages variable d'une station à une autre ; ils sont présentés comme suit 1727,00±4,00 µS/cm, 1193,00±3,00 µS/cm, 1150,00±5,00 µS/cm, 1008,00±2,70 µS/cm, 1230,00±0,50 µS/cm, 472,00±1,20 µS/cm et 760±3,75 µS/cm, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.21). La comparaison entre les valeurs de conductivité des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Pour le mois de Mai, les valeurs suivantes de la conductivité des eaux de forages oscillent entre 387,00±1,50 µS/cm et 1710,00±3,50 µS/cm. Le forage M1 enregistre la valeur la plus forte et le forage M6 la valeur la plus faible (Tab.21). La comparaison entre les valeurs de conductivité des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M5, M2 et M6, M3 et M4, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes de la conductivité des eaux de forages 1875,00±2,00 µS/cm, 1293,00±2,50 µS/cm, 1229,00±3,20 µS/cm, 1158,00±2,50 µS/cm, 1204,00±3,50 µS/cm, 516,00±2,00 µS/cm et 2000,00±3,00 µS/cm, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.21). La comparaison entre les valeurs de conductivité des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2-M3-M4-M5-M6-M7, M2 et M3-M4-M5-M6-M7, M3 et M4-M5-M6-M7, M4 et M6-M7, M5 et M4-M6-M7.

**Tableau.21 : la conductivité des eaux pour chaque mois de prélèvement**

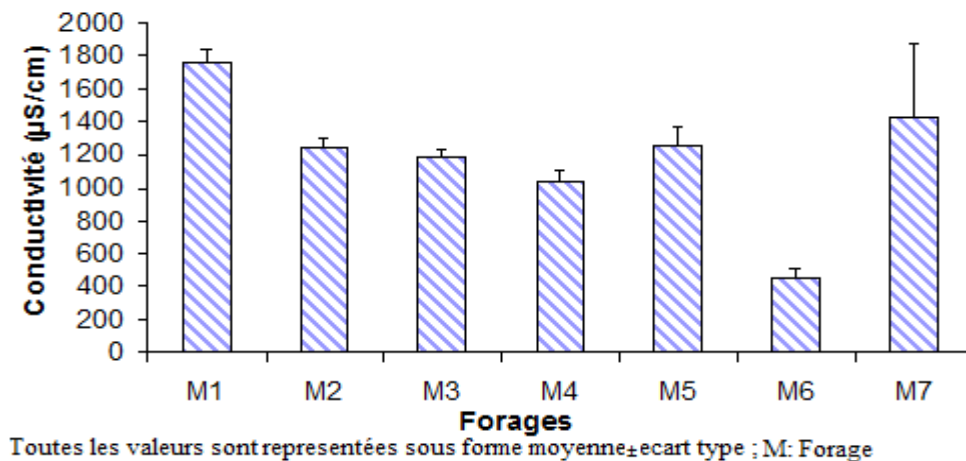
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>Février</b>	1715,00±4,50	1202,00±2,00	1147,00±4,00	1016,00±6,00	1448,00±5,00	423,00±3,00	1375,00±5,00
<b>Mars</b>	1788,00±2,00	1217,00±2,00	1237,00±2,00	1043,00±3,00	1230,00±2,00	484,00±2,00	1510,00±3,00
<b>Avril</b>	1727,00±4,00	1193,00±3,00	1150,00±5,00	1008,00±2,70	1230,00±0,50	472,00±1,20	760,00±3,75
<b>Mai</b>	1710,00±3,50	1312,00±2,00	1142,00±2,00	987,00±1,35	1168,00±4,50	387,00±1,50	1493,00±2,50
<b>Juin</b>	1875,00±2,00	1293,00±2,50	1229,00±3,20	1158,00±2,50	1204,00±3,50	516,00±2,00	2000,00±3,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en µS/cm ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de la conductivité pour les 05 mois de prélèvements sont 1763,00±69,96 µS/cm, 1243,00±55,03 µS/cm, 1181,00±47,63 µS/cm, 1042,40±67,66 µS/cm, 1256,00±110,30 µS/cm, 456,40±51,20 µS/cm et 1427,60±443,612 µS/cm, respectivement pour

les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.20) La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre les forages M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M6, M3 et M6, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M7 et M6.

On remarque que les taux de la conductivité dans les eaux des forages sont variables d'un forage à un autre et d'un mois à un autre; on remarque aussi que le taux le plus faible est toujours observé dans les eaux du forage M6 et le taux le plus fort pour les eaux du forage M1 durant tous les mois (Tab.21 et Fig.16).



**Figure.20 : variation de la conductivité des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la conductivité du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que, pour le forage M1, il existe une différence significative entre la conductivité des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin; pour les forages M2, M6 et M7, il existe une différence significative entre la conductivité de l'eau de tous les mois de prélèvement (de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin); pour le forage M3, il existe une différence significative entre la conductivité de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin; pour le forage M4, il existe une différence significative entre la conductivité de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin; pour le forage M5, il existe une différence significative entre la conductivité de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Les normes Algériennes de l'eau potable pour la conductivité sont fixées à 2800,00  $\mu$ S/cm (JORA, 2011) et les normes de l'UE sont fixées à 2500,00  $\mu$ S/cm (JOCE, 1998); donc

toutes les valeurs moyennes des 05 mois pour la conductivité des eaux des forages des mosquées ne dépassent en aucun cas ses normes.

Concernant la minéralisation de l'eau pour les 07 forages étudiés, tous les forages présentent une minéralisation excessive (conductivité  $\geq 1000 \mu\text{S/cm}$ ) sauf pour le forage M6, il a une minéralisation importante (conductivité entre 600 et 1000  $\mu\text{S/cm}$ ) (Vierling, 2008).

### **VI.2.3 Les TDS**

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes des TDS dans les eaux de forages de 856,00 $\pm$ 6,00 mg/l, 593,00 $\pm$ 3,00 mg/l, 565,00 $\pm$ 5,00 mg/l, 499,00 $\pm$ 6,00 mg/l, 718,00 $\pm$ 2,00 mg/l, 204,00 $\pm$ 2,00 mg/l et de 681,00 $\pm$ 1,00 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.22). La comparaison entre les valeurs des TDS des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Concernant le mois de Mars, les valeurs des TDS dans l'eau des forages varient entre 234,00 $\pm$ 2,00 mg/l et 894,00 $\pm$ 4,00 mg/l. La valeur la plus forte est enregistrée au niveau des eaux du forage M1 (Tab.22). La comparaison entre les valeurs des TDS des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M3 et M4, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M2, M7 et M3, M7 et M4, M7 et M6.

Pour le mois d'Avril, les valeurs des TDS dans les eaux de forages oscillent entre et 288,00 $\pm$ 1,00 mg/l et 1528,00 $\pm$ 2,00 mg/l. La valeur la plus basse est enregistrée au niveau des eaux du forage M6 et la valeur la plus forte au niveau des eaux du forage M7 (Tab.22). La comparaison entre les valeurs des TDS des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Pour le mois de Mai, les des TDS dans les eaux de forages se présentent comme suit 854,00 $\pm$ 2,47 mg/l, 64,90 $\pm$ 2,05 mg/l, 563,00 $\pm$ 2,25 mg/l, 484,00 $\pm$ 0,50 mg/l, 576,00 $\pm$ 2,20 mg/l, 186,40 $\pm$ 2,20 mg/l et 742,00 $\pm$ 1,00 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.22). La comparaison entre les valeurs des TDS des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

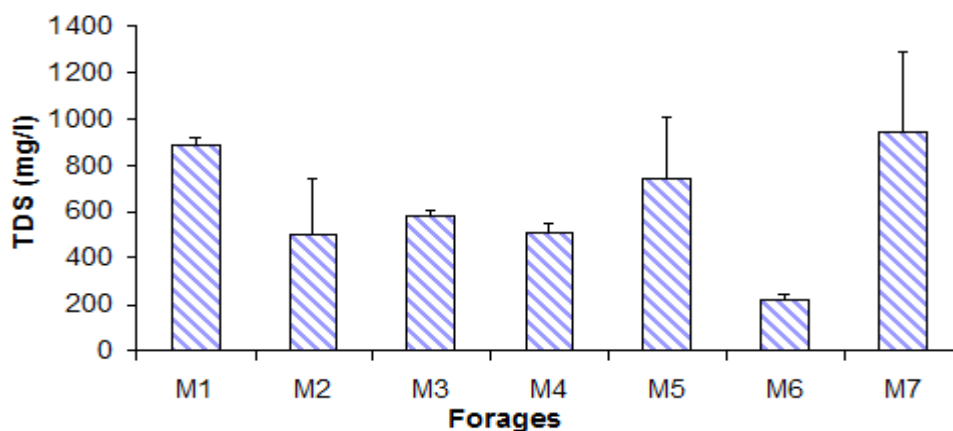
Pour le mois de Juin, on a observés les valeurs suivantes des TDS dans les eaux de forages de 939,00 $\pm$ 0,50 mg/l, 639,00 $\pm$ 1,20 mg/l, 607,00 $\pm$ 4,00 mg/l, 571,00 $\pm$ 2,00 mg/l, 594,00 $\pm$ 3,50 mg/l, 250,00 $\pm$ 3,80 mg/l et de 1006,00 $\pm$ 2,50 mg/l respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.22). La comparaison entre les valeurs des TDS des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

**Tableau.22 : Les TDS des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	856,00±6,00	593,00±3,00	565,00±5,00	499,00±6,00	718,00±2,00	204,00±2,00	681,00±1,00
<b>Mars</b>	894,00±4,00	600,00±3,00	611,00±6,00	513,00±3,00	607,00±1,00	234,00±2,00	751,00±1,00
<b>Avril</b>	862,00±1,80	589,00±3,60	566,00±2,30	495,00±2,00	1205,00±2,00	228,00±1,00	1528,00±2,00
<b>Mai</b>	854,00±2,47	64,90±2,05	563,00±2,25	484,00±0,50	576,00±2,20	186,40±2,20	742,00±1,00
<b>Juin</b>	939,00±0,50	639,00±1,20	607,00±4,00	571,00±2,00	594,00±3,50	250,00±3,80	1006,00±2,50

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes des TDS pour les 05 mois de prélèvements sont 856,00±6,00 mg/l, 593,00±3,00 mg/l, 565,00±5,00 mg/l, 499,00±6,00 mg/l, 718,00±2,00 mg/l, 204,00±2,00 mg/l et 681,00±1,00 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.21). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre les forages M1 et M6, M5 et M6, M7 et M2, M7 et M4, M7 et M6.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±écart type ; M: Forage

**Figure.21 : les valeurs des TDS des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des TDS du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forages M1 et M3, il existe une différence significative entre les TDS de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M2, il existe une différence significative entre les TDS de l'eau des mois de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M4, il existe une différence significative entre les TDS de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forages M5 et M7, il existe une différence significative entre les TDS de l'eau tous les mois de prélèvement ; pour le forage M6, il existe une différence significative entre les TDS de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Pour les TDS, il n'existe pas de normes en Algérie, mais selon les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006, pour les TDS il n'y a pas de valeur guide mais l'optimum est en dessous de 1000 mg/l (OMS, 2006).

Pour les résultats des TDS qui se trouvent dans les eaux des 07 forages étudiés, seuls les eaux des forages M5 et M7 durant le mois d'Avril et le forage M7 pour le mois de Juin dépassent les 1000,00 mg/l.

### **VI.2.4 La salinité**

Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau qui peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ou seulement les sels dominants (Rodier, 1996).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de la salinité de l'eau des forages de  $9,00\pm 0,00\%$ ,  $6,00\pm 0,00\%$ ,  $6,00\pm 0,20\%$ ,  $5,00\pm 0,00\%$ ,  $7,00\pm 0,00\%$ ,  $2,00\pm 0,00\%$  et de  $7,00\pm 0,00\%$ , respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.23). La comparaison entre les valeurs de la salinité des eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M6, M3 et M6, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M4, M5 et M6, M7 et M6

Pour le mois de Mars, les taux de la salinité de l'eau des forages sont de  $9,00\pm 0,00\%$ ,  $6,00\pm 0,00\%$ ,  $5,00\pm 0,00\%$ ,  $5,00\pm 0,00\%$ ,  $6,00\pm 0,00\%$ ,  $2,00\pm 0,00\%$  et de  $8,00\pm 0,00\%$ , respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.23). La comparaison entre les valeurs de la salinité des eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les valeurs de la salinité de l'eau des forages varient entre  $2,00\pm 0,00\%$  et  $9,00\pm 0,00\%$ . La valeur la plus forte est observée pour le forage M1 et la plus faible pour le forage M6 (Tab.23). La comparaison entre les valeurs de la salinité des eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, les taux de la salinité de l'eau des forages sont de  $9,00\pm 0,00\%$ ,  $7,00\pm 0,00\%$ ,  $6,00\pm 0,00\%$ ,  $5,00\pm 0,00\%$ ,  $6,00\pm 0,00\%$ ,  $2,00\pm 0,00\%$  et de  $8,00\pm 0,00\%$ , respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.23). La comparaison entre les valeurs de la salinité des eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M4, M2 et M6, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Le mois de Juin, enregistre des taux de la salinité de l'eau des forages qui s'oscillent entre  $10,00\pm 0,00\%$  et  $2,00\pm 0,00\%$ . Le forage M7 a le taux le plus fort et le forage M6 le taux le plus faible ; les autres forages ont des taux identiques de l'ordre de  $6,00\pm 0,00\%$  (Tab.23). La

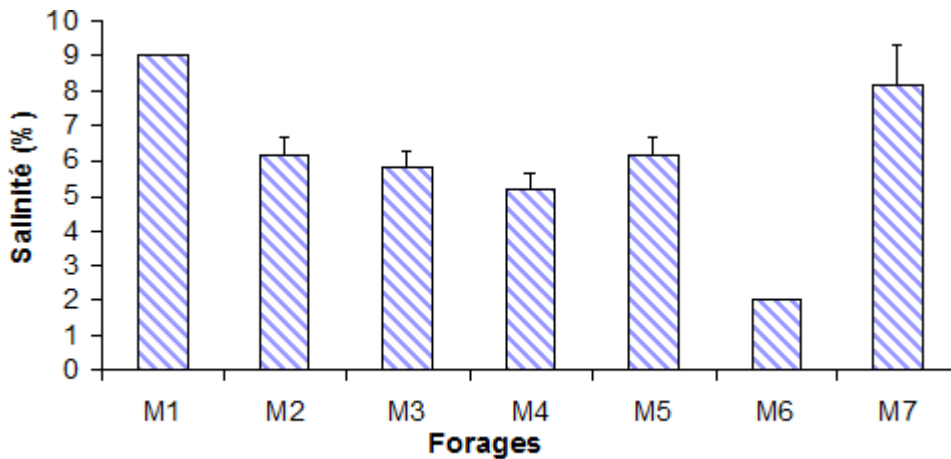
comparaison entre les valeurs de la salinité des eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.23 : La salinité des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	9,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00	5,00±0,00	7,00±0,00	2,00±0,00	7,00±0,00
<b>Mars</b>	9,00±0,00	6,00±0,00	5,00±0,00	5,00±0,00	6,00±0,00	2,00±0,00	8,00±0,00
<b>Avril</b>	9,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00	5,00±0,00	6,00±0,00	2,00±0,00	8,00±0,00
<b>Mai</b>	9,00±0,00	7,00±0,00	6,00±0,00	5,00±0,00	6,00±0,00	2,00±0,00	8,00±0,00
<b>Juin</b>	9,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00	6,00±0,00	2,00±0,00	10,00±0,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en % ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de la salinité pour les 05 mois de prélèvements sont de 9,00±0,00 %, 6,20±0,44 %, 5,80±0,44 %, 5,20±0,44 %, 6,20±0,44 %, 2,00±0,00 % et de 8,20±1,09 %, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.22). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±écart type ; M: Forage

**Figure.22 : les valeurs de la salinité des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la salinité du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forages M1, M2, M4, M5 et M6, il n'existe aucune différence significative entre la salinité de l'eau de tous les mois ; pour le forage M3, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois de Février-mars, de Mars-Avril, de Mars-Mai et de Mars-juin et pour le forage M7, il existe une différence significative entre la salinité de l'eau des mois de Février-Juin, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Pour la salinité, aucune norme n'est fixée pour ce paramètre pour l'eau potable en Algérie.

**VI.2.5 La turbidité**

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (ADE, 2006).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de la turbidité des eaux de forages  $2,570 \pm 0,070$  N.T.U,  $0,340 \pm 0,040$  N.T.U,  $0,870 \pm 0,040$  N.T.U,  $0,760 \pm 0,020$  N.T.U,  $1,350 \pm 0,050$  N.T.U,  $0,584 \pm 0,084$  N.T.U et  $0,670 \pm 0,040$  N.T.U, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.24). La comparaison entre les valeurs de Turbidité des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M2, M7 et M3, M7 et M4.

Le mois de Mars enregistre des taux variables pour la turbidité des eaux de forage ; ces taux varient entre  $0,195 \pm 0,010$  N.T.U et  $1,840 \pm 0,050$  N.T.U. Le taux le plus élevé concerne les eaux du forage M1 (Tab.24). La comparaison entre les valeurs de turbidité des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M3 et M4, M3 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M2, M7 et M4, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les valeurs de la turbidité des eaux de forages varient entre  $0,477 \pm 0,078$  N.T.U et  $2,020 \pm 0,030$  N.T.U (Tab.24) dans tous les forages. La comparaison entre les valeurs de turbidité des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M3, M7 et M4, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes de la turbidité des eaux de forages  $2,787 \pm 0,157$  N.T.U,  $0,962 \pm 0,062$  N.T.U,  $1,050 \pm 0,050$  N.T.U,  $1,140 \pm 0,020$  N.T.U,  $1,510 \pm 0,030$  N.T.U,  $0,650 \pm 0,040$  N.T.U et  $0,205 \pm 0,005$  N.T.U, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.24). La comparaison entre les valeurs de turbidité des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M6, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M2, M7 et M3, M7 et M4, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, les taux de la turbidité des eaux de forages oscillent entre  $0,276 \pm 0,044$  N.T.U et  $2,330 \pm 0,030$  N.T.U (Tab.24). La comparaison entre les taux de turbidité des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6,

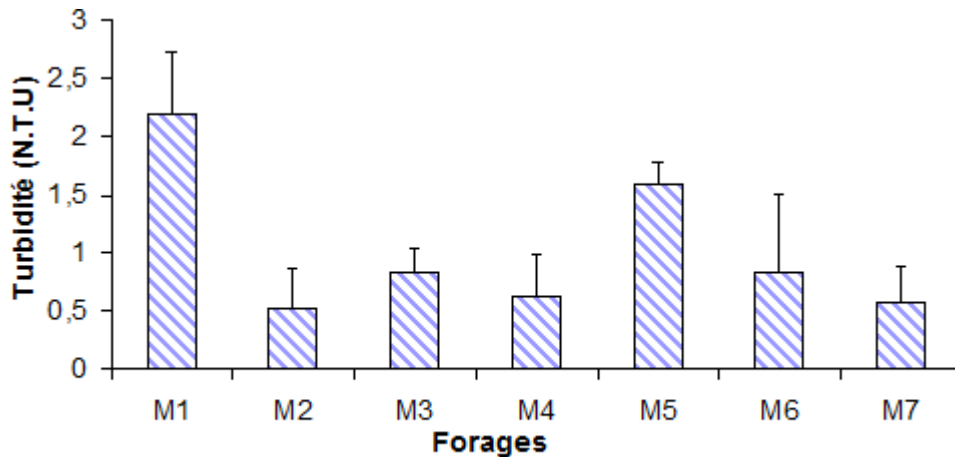
M3 et M4, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M3, M7 et M4, M7 et M6.

**Tableau.24 : La turbidité des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	2,570±0,070	0,340±0,040	0,870±0,040	0,760±0,020	1,350±0,050	0,584±0,084	0,670±0,040
<b>Mars</b>	1,840±0,050	0,221±0,079	0,915±0,102	0,195±0,010	1,640±0,040	0,34±0,040	0,800±0,045
<b>Avril</b>	1,510±0,080	0,801±0,006	0,477±0,078	0,553±0,054	1,620±0,020	2,020±0,030	0,917±0,022
<b>Mai</b>	2,787±0,157	0,962±0,062	1,050±0,050	1,140±0,020	1,510±0,030	0,650±0,040	0,205±0,005
<b>Juin</b>	2,330±0,030	0,314±0,009	0,840±0,020	0,438±0,033	1,850±0,020	0,540±0,020	0,276±0,044

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en N.T.U ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de la turbidité pour les 05 mois de prélèvements sont de 2,207±0,525 N.T.U, 0,528±0,331 N.T.U, 0,830±0,213 N.T.U, 0,617±0,356 N.T.U, 1,594±0,184 N.T.U, 0,827±0,677 N.T.U et de 0,574±0,317 N.T.U, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.23). La comparaison entre les valeurs moyennes des 5 mois montre qu’il existe une différence significative entre les forages M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M6, M1 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M7.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.23 : les valeurs de la turbidité des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la turbidité du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1, il existe une différence significative entre la turbidité de l’eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d’Avril-Mai, d’Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M2 , il existe une différence significative entre la turbidité de l’eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, d’Avril-Mai, d’Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre la turbidité de l’eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril ,d’Avril-Mai, d’Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre tous les mois de prélèvement ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre la turbidité de l’eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d’Avril-Mai, d’Avril-

Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre la turbidité de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Mars-Avril, de Mars-Mai, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le forage M7, il existe une différence significative entre la turbidité de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et d'Avril-Juin.

Pour l'OMS, la norme de la turbidité n'est pas mentionnée (OMS, 2006); par contre les normes Algériennes de l'eau potable préconisent à ne pas dépasser les 5,00 N.T.U (JORA, 2011), Toutes les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de la turbidité de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme.

### **VI.2.6 La matière organique (MO)**

Le mois de Février, enregistre les valeurs suivantes de la MO dans les eaux des forages 0,720±0,020 mg/l, 1,656±0,056 mg/l, 0,576±0,071 mg/l, 3,744±0,211 mg/l, 2,160±0,160 mg/l, 3,240±0,060 mg/l et 0,648±0,053 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.25). La comparaison entre les valeurs de la MO des eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, les valeurs de la MO dans les eaux des forages varient entre 1,008±0,007 mg/l et 4,464±0,086 mg/l. Les valeurs les plus élevées sont observées pour les eaux des forages M6 et M7 (Tab.25). La comparaison entre les valeurs de MO des eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes de la MO dans les eaux des forages 1,944±0,114 mg/l, 2,736±0,046 mg/l, 1,296±0,024 mg/l, 1,584±0,021 mg/l, 1,080±0,040 mg/l, 2,160±0,020 mg/l et 3,816±0,066 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.25). La comparaison entre les valeurs de la MO des eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6

Durant le mois de Mai, les taux de la MO dans les eaux des forages oscillent entre 0,360±0,050 mg/l et 2,664±0,0065 mg/l (Tab.25). La comparaison entre les valeurs de la MO des eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre

M1-M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

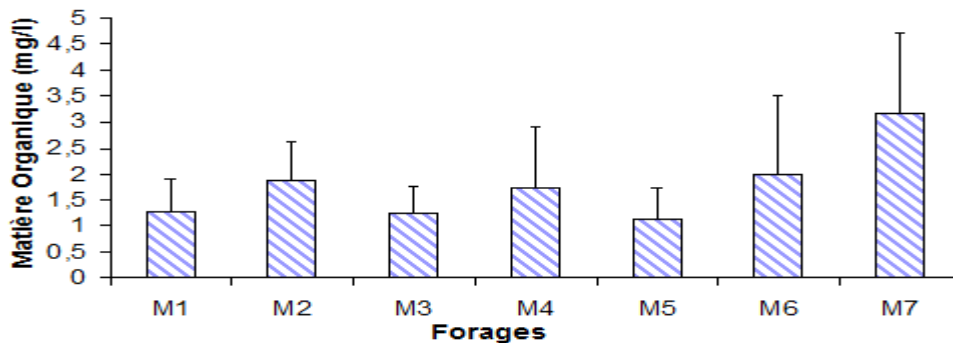
Pour le mois de Juin, on a observé les taux suivants de la MO des eaux des forages 1,584±0,049 mg/l, 1,800±0,100 mg/l, 1,440±0,020 mg/l, 1,080±0,080 mg/l, 0,570±0,070 mg/l, 0,500±0,060 mg/l et 4,170±0,380 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.25). La comparaison entre les valeurs de la MO des eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.25 : La matière organique des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	0,720±0,020	1,656±0,056	0,576±0,071	3,744±0,211	2,160±0,160	3,240±0,060	0,648±0,030
<b>Mars</b>	1,656±0,056	2,376±0,071	1,944±0,044	1,440±0,020	1,008±0,007	3,672±0,028	4,464±0,049
<b>Avril</b>	1,944±0,144	2,736±0,046	1,296±0,024	1,584±0,021	1,080±0,040	2,160±0,020	3,816±0,066
<b>Mai</b>	0,432±0,042	0,792±0,032	0,936±0,036	0,792±0,042	0,864±0,034	0,360±0,050	2,664±0,065
<b>Juin</b>	1,584±0,049	1,800±0,100	1,440±0,020	1,080±0,080	0,576±0,070	0,504±0,060	4,176±0,380

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de la MO pour les 05 mois de prélèvements sont de 1,267±0,653 mg/l, 1,872±0,745 mg/l, 1,238±0,518 mg/l, 1,728±1,169 mg/l, 1,138±0,603 mg/l, 1,987±1,524 mg/l et de 3,154±1,559 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.24). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre tous les forages.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.24 : les valeurs de la MO des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de la matière organique du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1, il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M2, il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forage M3 et M7, il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril,

de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-juin , d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre la MO de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin , d'Avril-Mai et d'Avril-Juin.

Les normes Algériennes de l'eau potable pour la matière organique sont fixées à 3,00 mg/l (ADE, 2006), les valeurs moyennes des 05 mois dépassent cette norme uniquement pour les eaux du forage M7. La MO enregistre aussi des taux élevés qui dépassent la norme de l'eau potable dans les forages M4 et M6 pour le mois de Février, les forages M6 et M7 pour le mois de Mars, le forage M7 pour les mois d'Avril et Juin.

### **VI.2.7 L'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Le mois de Février, enregistre les taux suivants de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les eaux des forages 0,28±0,02 mg/l, 0,13±0,03 mg/l, 0,10±0,05 mg/l, 0,07±0,05 mg/l, 0,06±0,01 mg/l, 0,07±0,03 mg/l et 0,07±0,02 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7. La comparaison entre les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7.

Pour le mois de Mars, les taux de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les eaux des forages varient d'un forage à un autre et se présentent comme suit 0,27±0,01 mg/l, 0,08±0,01 mg/l, 0,09±0,01 mg/l, 0,61±0,02 mg/l, 6,30±0,40 mg/l, 0,20±0,10 mg/l et 1,38±0,08 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.26). La comparaison entre les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M5, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dans les eaux des forages varient entre 0,07±0,01 mg/l et 0,81±0,01 mg/l. la valeur la plus forte est observée pour les eaux du forage M7 (Tab.26). La comparaison entre les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des forages 0,21±0,04 mg/l, 0,15±0,01 mg/l, 0,18±0,02 mg/l, 0,12±0,01 mg/l, 0,10±0,02 mg/l, 0,10±0,02 mg/l et 1,37±0,02 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.26). La comparaison entre les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

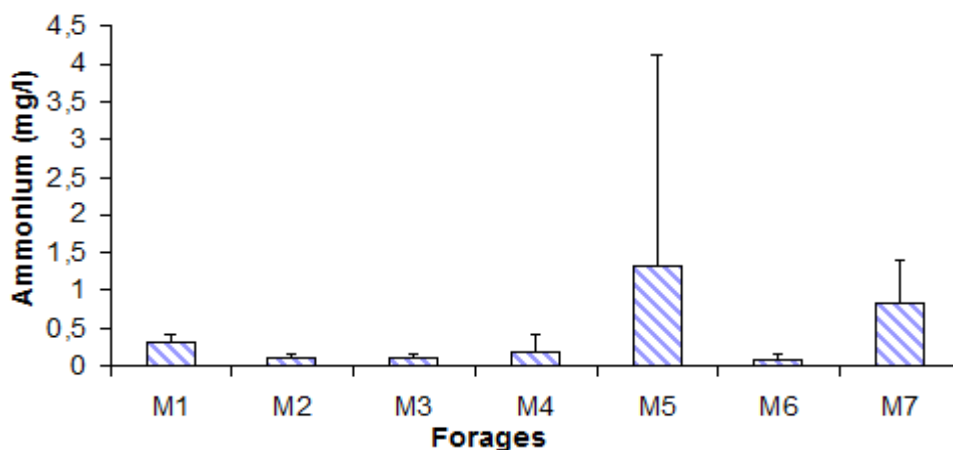
Pour le mois de Juin, les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oscillent entre 0,08±0,02 mg/l et 0,49±0,03 mg/l (Tab.26). La comparaison entre les valeurs de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.26: L'ammonium des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	0,28±0,02	0,13±0,03	0,10±0,05	0,07±0,05	0,06±0,01	0,07±0,03	0,07±0,02
<b>Mars</b>	0,27±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,61±0,02	6,30±0,40	0,20±0,10	1,38±0,08
<b>Avril</b>	0,34±0,04	0,12±0,02	0,10±0,05	0,08±0,04	0,10±0,04	0,07±0,01	0,81±0,01
<b>Mai</b>	0,21±0,04	0,15±0,01	0,18±0,02	0,12±0,01	0,10±0,01	0,10±0,02	1,37±0,02
<b>Juin</b>	0,48±0,01	0,14±0,26	0,13±0,01	0,13±0,02	0,10±0,02	0,08±0,02	0,49±0,03

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pour les 05 mois de prélèvements sont : 0,316±0,103 mg/l, 0,124±0,027 mg/l, 0,120±0,036 mg/l, 0,202±0,103 mg/l, 1,332±2,777 mg/l, 0,104±0,055 mg/l et 0,824±0,567 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.25). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les forages.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.25 : Les valeurs de l'ammonium des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de l'ammonium du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1, il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois de Février-Juin, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forage M2 et M3, il existe une différence significative entre les mois de

Mars-Mai ; pour les forages M4 et M5 , il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il n'existe aucune différence significative entre l'ammonium de l'eau de tous les mois de prélèvement et pour le forage M7 ; il existe une différence significative entre l'ammonium de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Les normes Algériennes de l'eau potable ainsi que celles de l'UE, donnent pour l'ammonium une norme fixée à 0,50 mg/l (JORA, 2011 ; JOCE, 1998), les valeurs moyennes des 05 mois dépassent cette norme uniquement pour les forages : M5 et M7. L'ammonium enregistré aussi des taux élevé qui dépassent la norme de l'eau potable dans les forages M4, M5 et M7 pour le mois de Mars et le forage M7 pour les mois d'Avril, de Mai et de Juin.

### **VI.2.8 Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

Naturellement présents dans les eaux, en concentration très variable (importante au contact de terrains gypseux ou proches de mines de fer), ils sont parfois le témoin d'une pollution industrielle (textile, papeterie) (Queneau et Hubert, 2009).

Des taux élevés de sulfate cause des diarrhées à l'être humain. Aussi, ils peuvent causer une agression de la flore intestinale.

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes des sulfates dans les eaux des forages 443,25±0,75 mg/l, 172,40±0,60 mg/l, 177,00±2,00 mg/l, 163,90±1,40 mg/l, 237,40±1,30 mg/l, 293,50±0,50 mg/l et 103,90±3,90 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.27). La comparaison entre les valeurs des sulfates dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, on a enregistré les valeurs suivantes des sulfates dans les eaux des forages 287,25±0,75 mg/l, 95,05±1,70 mg/l, 115,90±1,60 mg/l, 51,10±1,60 mg/l, 62,55±0,88 mg/l, 70,65±1,10 mg/l et 1,38±0,08 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.27). La comparaison entre les valeurs des sulfates dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes des sulfates dans les eaux des forages 254,25±1,75 mg/l, 169,85±3,10 mg/l, 185,70±3,40 mg/l, 56,00±1,50 mg/l, 53,50±1,00 mg/l, 99,00±1,00 mg/l et 70,65±2,85 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.27). La comparaison entre les valeurs des sulfates dans les eaux des forages

pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes des sulfates dans les eaux des forages 375,25±2,50 mg/l, 177,55±1,72 mg/l, 195,05±1,55 mg/l, 123,20±2,70 mg/l, 97,60±3,85 mg/l, 80,65±1,85 mg/l et 159,65±3,15 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.27). La comparaison entre les valeurs des sulfates dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

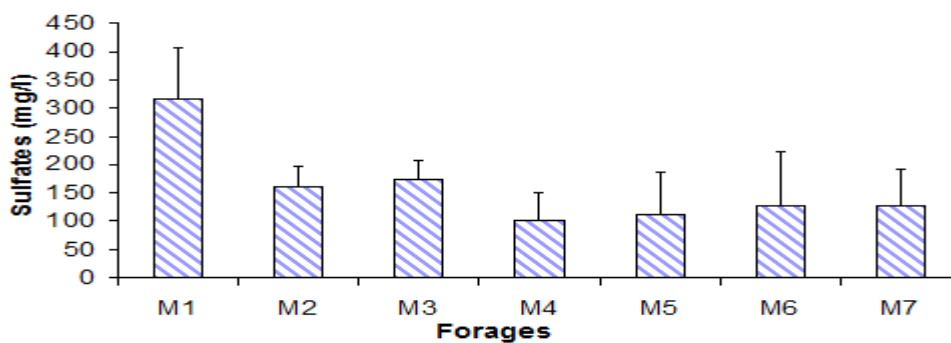
Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes des sulfates dans les eaux des forages 222,25±0,75 mg/l, 186,10±1,10 mg/l, 193,50±2,50 mg/l, 119,90±4,40 mg/l, 119,15±1,80 mg/l, 101,45±1,45 mg/l et 228,15±1,65 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.27). La comparaison entre les valeurs des sulfates dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.27: les sulfates des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	443,25±0,75	172,40±0,60	177,00±2,00	163,90±1,40	237,40±1,30	293,50±0,50	103,90±3,90
<b>Mars</b>	287,25±0,75	95,05±1,70	115,90±1,60	51,10±1,60	55,25±0,60	62,55±0,88	70,65±1,10
<b>Avril</b>	254,25±1,75	169,85±3,10	185,70±3,40	56,00±1,50	53,50±1,00	99,00±1,00	70,65±2,85
<b>Mai</b>	375,25±2,50	177,55±1,72	195,05±1,55	123,20±2,70	97,60±3,85	80,65±1,85	159,65±3,15
<b>Juin</b>	222,25±0,75	186,10±1,10	193,50±2,50	119,90±4,40	119,15±1,80	101,45±1,45	228,15±1,65

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes des sulfates pour les 05 mois de prélèvements sont de 316,45±91,01 mg/l, 160,19±36,94 mg/l, 173,43±32,95 mg/l, 102,82±48,23 mg/l, 112,58±75,20 mg/l, 127,43±94,15 mg/l et de 126,60±67,418 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.26). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.26 : les valeurs des sulfates dans les eaux pour les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des sulfates du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1 , il existe une différence significative entre les sulfates de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M2 , il existe une différence significative entre les sulfates de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre les sulfates de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et d'Avril-Juin ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre les sulfates de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, et d'Avril-Juin ; pour les forage M5 et M7 , il existe une différence significative entre les sulfates de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre les sulfates de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et de Mai-Juin.

L'UE préconise de ne pas dépasser les 250,00 mg/l pour les sulfates (JOCE, 1998) mais l'OMS et les normes Algériennes de l'eau potable sont moins sévères et fixent la norme à 400,00 mg/l pour l'Algérie (JORA, 2011) et 500,00 mg/l pour l'OMS (OMS, 2004 ; OMS, 2006). Les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs des sulfates de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas la norme Algérienne sauf pour le forage M1 durant le mois de Février où les sulfates sont de l'ordre de  $443,25 \pm 0,75$  mg/l et dépassent la norme de l'UE durant tous les mois pour les eaux du forage M1. Mais d'après l'OMS, toutes les eaux des 07 forages étudiés sont en dessous la norme.

### **VI.2.9 Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Pour le mois de Février, les taux des phosphates dans les eaux des forages sont identiques dans tous les forages ( $00,00 \pm 0,00$  mg/l) (Tab.28). La comparaison entre les valeurs des phosphates dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les forages.

Pour le mois de Mars, nous avons observé que les taux des phosphates dans les eaux des forages ont augmenté et sont de l'ordre de  $0,061 \pm 0,002$  mg/l,  $0,017 \pm 0,004$  mg/l,  $0,023 \pm 0,004$  mg/l,  $0,644 \pm 0,620$  mg/l,  $0,045 \pm 0,002$  mg/l,  $0,029 \pm 0,004$  mg/l et de  $0,028 \pm 0,001$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.28). La comparaison entre les valeurs des phosphates dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il

existe une différence significative entre M1 et M4, M2 et M4, M3 et M4, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M4.

Pour le mois d'Avril, les valeurs des phosphates dans les eaux des forages varient entre  $0,031\pm 0,002$  mg/l et  $0,315\pm 0,020$ . La valeur la plus forte est enregistrée au niveau du forage M4 (Tab.28). La comparaison entre les valeurs des phosphates dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M4, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Durant le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes des phosphates dans les eaux des forages  $0,084\pm 0,004$  mg/l,  $0,083\pm 0,002$  mg/l,  $0,111\pm 0,004$  mg/l,  $0,230\pm 0,030$  mg/l,  $0,004\pm 0,001$  mg/l,  $0,012\pm 0,003$  mg/l et  $0,014\pm 0,001$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.28). La comparaison entre les valeurs des phosphates dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4.

Pour le mois de Juin, les taux des phosphates dans les eaux des forages oscillent entre  $0,00\pm 0,00$  mg/l (Forages M4 et M7) et  $16,300\pm 0,550$  mg/l (Forage M1) (Tab.28). La comparaison entre les valeurs des phosphates dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7.

**Tableau.28 : les phosphates des eaux pour chaque mois de prélèvement**

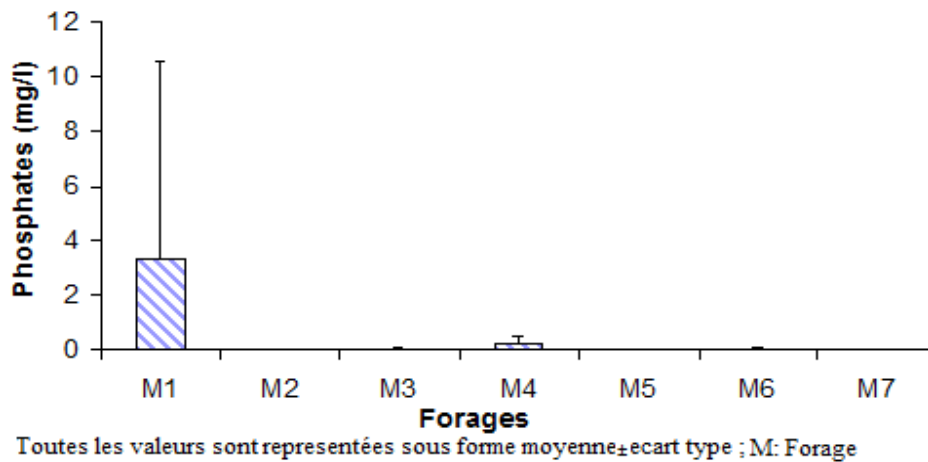
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
<b>Mars</b>	0,061±0,002	0,017±0,002	0,023±0,004	0,644±0,620	0,045±0,002	0,029±0,004	0,028±0,001
<b>Avril</b>	0,031±0,002	0,071±0,003	0,057±0,002	0,315±0,020	0,044±0,002	0,162±0,002	0,110±0,020
<b>Mai</b>	0,084±0,004	0,083±0,002	0,111±0,004	0,230±0,030	0,004±0,001	0,012±0,003	0,014±0,001
<b>Juin</b>	16,300±0,550	0,039±0,003	0,047±0,004	0,00±0,00	0,002±0,001	0,034±0,004	0,00±0,00

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes des phosphates pour les 05 mois de prélèvements sont de  $3,295\pm 7,270$  mg/l,  $0,042\pm 0,035$  mg/l,  $0,047\pm 0,041$  mg/l,  $0,238\pm 0,267$  mg/l,  $0,019\pm 0,023$  mg/l,  $0,047\pm 0,065$  mg/l et de  $0,030\pm 0,046$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.27). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les eaux de forages étudiés.

La comparaison des valeurs des phosphates du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1, il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois de Février-Juin, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forages M2 et M3 , il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau de tous les mois ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau

des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et d'Avril-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le forage M7 , il existe une différence significative entre les phosphates de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Mars-Avril, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et d'Avril-Juin .



**Figure.27 : les valeurs des phosphates des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

D'après les normes Algériennes de l'eau potable pour les phosphates, le taux est fixé à 5,00 mg/l (JORA, 2011), Les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs des phosphates de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme sauf pour le forage M1 durant le mois de Juin où les phosphates sont de l'ordre de  $16,30 \pm 0,55$  mg/l.

### VI.2.10 Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes des nitrites dans les eaux des forages  $0,041 \pm 0,003$  mg/l,  $0,011 \pm 0,003$  mg/l,  $0,028 \pm 0,002$  mg/l,  $0,002 \pm 0,001$  mg/l,  $0,030 \pm 0,020$  mg/l,  $0,000 \pm 0,000$  mg/l et  $1,090 \pm 0,090$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.29). La comparaison entre les valeurs des nitrites dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M7, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M6 et M7.

Les taux des nitrites dans les eaux des forages pour le mois de Mars varient entre  $0,014 \pm 0,001$  mg/l et  $2,050 \pm 0,050$  mg/l dans tous les forages. Le taux le plus élevé est observé pour les eaux du forage M7 (Tab.29). La comparaison entre les valeurs des nitrites dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et

M3, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les valeurs des nitrites dans les eaux des forages sont nulles dans les forages M4 et M6 et de l'ordre de  $0,107\pm 0,012$  mg/l,  $0,003\pm 0,002$  mg/l,  $0,210\pm 0,004$  mg/l,  $0,009\pm 0,001$  mg/l et  $0,970\pm 0,020$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M5 et M7 (Tab.29). La comparaison entre les valeurs des nitrites dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, les eaux du forage M1 enregistrent le taux le plus fort concernant les nitrites ( $1,325\pm 0,025$  mg/l) et les taux des autres forages varient entre  $0,005\pm 0,001$  mg/l (forage M2) et  $0,316\pm 0,011$  mg/l (forage M7) (Tab.29). La comparaison entre les valeurs des nitrites dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M7 et M6.

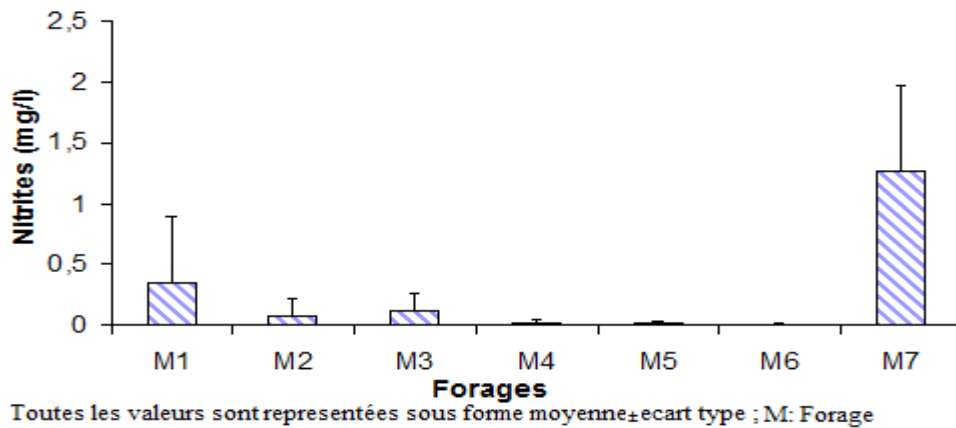
Durant le mois de Juin, les taux des nitrites dans les eaux des forages présentent des variations d'un forage à un autre de  $0,164\pm 0,019$  mg/l,  $0,316\pm 0,002$  mg/l,  $0,267\pm 0,018$  mg/l,  $0,032\pm 0,001$  mg/l,  $0,310\pm 0,004$  mg/l,  $0,029\pm 0,001$  mg/l et de  $1,880\pm 0,040$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.29). La comparaison entre les valeurs des nitrites dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.29 : Les nitrites des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	$0,041\pm 0,003$	$0,011\pm 0,003$	$0,028\pm 0,002$	$0,002\pm 0,001$	$0,030\pm 0,200$	$0,00\pm 0,00$	$1,090\pm 0,090$
<b>Mars</b>	$0,081\pm 0,081$	$0,044\pm 0,009$	$0,267\pm 0,130$	$0,056\pm 0,003$	$0,023\pm 0,001$	$0,014\pm 0,001$	$2,050\pm 0,050$
<b>Avril</b>	$0,107\pm 0,012$	$0,003\pm 0,002$	$0,021\pm 0,004$	$0,00\pm 0,00$	$0,009\pm 0,001$	$0,00\pm 0,00$	$0,970\pm 0,020$
<b>Mai</b>	$1,325\pm 0,025$	$0,005\pm 0,001$	$0,008\pm 0,001$	$0,013\pm 0,001$	$0,009\pm 0,002$	$0,009\pm 0,003$	$0,316\pm 0,011$
<b>Juin</b>	$0,164\pm 0,019$	$0,316\pm 0,002$	$0,267\pm 0,018$	$0,032\pm 0,001$	$0,031\pm 0,004$	$0,029\pm 0,001$	$1,88\pm 0,040$

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes des nitrites pour les 05 mois de prélèvements sont  $0,344\pm 0,246$  mg/l,  $0,075\pm 0,060$  mg/l,  $0,118\pm 0,061$  mg/l,  $0,020\pm 0,010$  mg/l,  $0,020\pm 0,004$  mg/l,  $0,010\pm 0,005$  mg/l et  $1,261\pm 0,709$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.28). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M7, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M7 et M6.



**Figure.28 : les valeurs des nitrites des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des nitrites du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forage M2 et M3, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forages M4, M6 et M7, il existe une différence significative entre les nitrites de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le forage M5, il n'existe aucune différence significative entre les nitrites de l'eau de tous les mois.

D'après les normes Algériennes et les normes de l'OMS de l'eau potable pour les nitrites, les valeurs sont fixées à 0,20 mg/l (JORA, 2011 ; OMS, 2006), Les valeurs moyennes des 05 mois dépassent cette norme uniquement pour les forages M1 et M7. Les nitrates enregistrent aussi des taux élevés qui dépassent la norme de l'eau potable dans le forage M7 pour le mois de Février, les forages M3 et M7 pour le mois de Mars, le forage M7 pour le mois d'Avril, le forage M1 et M7 pour les mois Mai et les forages M1, M2, M3 et M7 pour le mois de Juin.

Concernant les normes de l'UE pour les nitrites, celles ci sont fixées à 0,50 mg/l (JOCE, 1998), seules les valeurs des eaux du forage M7 dépassent ces normes.

### VI.3.11 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Des concentrations élevées de nitrates dans l'eau de boisson constituent la cause la plus courante de méthémoglobinémie. La méthémoglobinémie est une affection qui se manifeste par un manque d'oxygénation des tissus, se traduisant par des difficultés respiratoires et des vertiges (Galvez-Cloutier et al., 2002).

L'hémoglobine est transformée, par les fortes doses de nitrates, en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène de l'air et à le céder aux tissus. Cette maladie atteint essentiellement

les nourrissons et peut être mortelle et cause ce qu'on appelle la maladie bleue (Galvez-Cloutier et al., 2002).

Pour le mois de Février, on a enregistré les taux suivants des nitrates dans les eaux des forages  $15,20 \pm 0,50$  mg/l,  $30,50 \pm 0,30$  mg/l,  $104,40 \pm 0,40$  mg/l,  $110,52 \pm 1,48$  mg/l,  $115,00 \pm 4,00$  mg/l,  $3,43 \pm 0,03$  mg/l et  $127,80 \pm 2,50$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.30). La comparaison entre les valeurs des nitrates dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, on a observé que les valeurs des nitrates dans les eaux des forages varient entre  $3,20 \pm 0,10$  mg/l et  $114,40 \pm 1,40$  mg/l. La valeur la plus forte est pour les eaux du forage M4 et la plus faible pour les eaux du forage M6 (Tab.30). La comparaison entre les valeurs des nitrates dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M7 et M6.

Pour le mois d'Avril, les valeurs des nitrates dans les eaux des forages oscillent entre  $2,85 \pm 0,05$  mg/l et  $115,60 \pm 1,80$  mg/l. La valeur la plus élevée est enregistrée pour les eaux du forage M4 (Tab.30). La comparaison entre les valeurs des nitrates dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Durant le mois de Mai, les valeurs suivantes des nitrates dans les eaux des forages sont observées  $21,40 \pm 2,10$  mg/l,  $17,80 \pm 1,05$  mg/l,  $46,60 \pm 3,10$  mg/l,  $88,80 \pm 2,40$  mg/l,  $201,20 \pm 0,70$  mg/l,  $3,85 \pm 0,07$  mg/l et  $94,40 \pm 0,90$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.30). La comparaison entre les valeurs des nitrates dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes des nitrates dans les eaux des forages  $0,40 \pm 0,15$  mg/l,  $20,00 \pm 3,50$  mg/l,  $85,20 \pm 1,40$  mg/l,  $109,00 \pm 3,50$  mg/l,  $136,80 \pm 2,30$  mg/l,  $11,00 \pm 1,50$  mg/l et  $89,40 \pm 2,56$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.30). La comparaison entre les valeurs des nitrates dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et

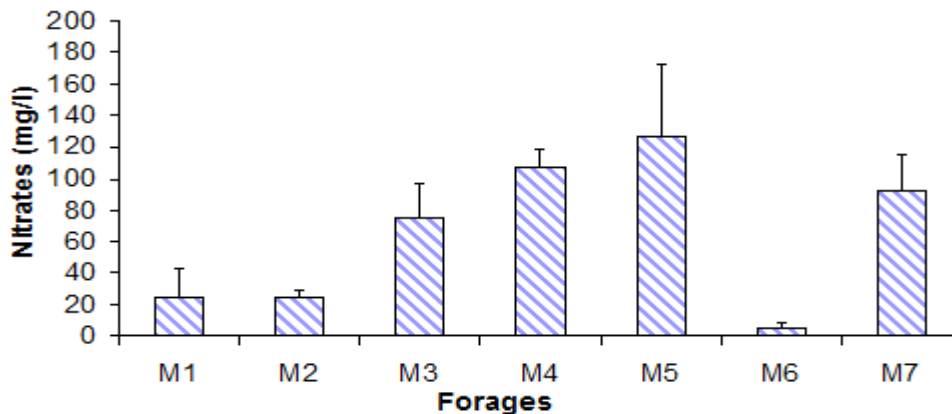
M4, M3 et M6, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.30 : les nitrates des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	15,20±0,50	30,50±0,30	104,40±0,40	110,52±1,48	115,00±4,00	3,43±0,03	127,80±2,50
<b>Mars</b>	42,30±0,80	23,40±1,30	69,00±4,00	114,40±1,40	86,20±1,66	3,20±0,10	84,00±1,00
<b>Avril</b>	43,20±0,70	27,90±1,40	71,00±0,25	115,60±1,80	94,80±2,10	2,85±0,05	66,30±1,80
<b>Mai</b>	21,40±2,10	17,80±1,05	46,60±3,10	88,80±2,40	201,20±0,70	3,850±0,07	94,40±0,90
<b>Juin</b>	0,40±0,15	20,00±3,50	85,20±1,40	109,00±3,50	136,80±2,30	11,00±1,50	89,40±2,56

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les taux moyens des nitrates pour les 05 mois de prélèvements sont 24,50±18,32 mg/l, 23,92±5,29 mg/l, 75,24±21,37 mg/l, 107,66±10,88 mg/l, 126,80±45,95 mg/l, 4,86±3,44 mg/l et 92,38±22,46 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.29). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu’il existe une différence significative entre les forages M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M7, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M7 et M6.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.29 : les taux des nitrates des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des nitrates du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forage M1 et M3 , il existe une différence significative entre les nitrates de l’eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d’Avril-Mai, d’Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M2 , il existe une différence significative entre les nitrates de l’eau des mois de Février-mars, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Mai , d’Avril-Mai et d’Avril-Juin ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre les nitrates de l’eau des mois de Février-Mai, de Mars-Mai, d’Avril-Mai, d’Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre les nitrates de l’eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre les nitrates de l’eau des mois de Février-Juin, de Mars-juin, d’Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le forage M7 , il existe une différence significative entre

les nitrates de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai et d'Avril-Juin.

D'après les normes Algériennes de l'eau potable, celles de l'OMS et de l'UE pour les nitrates ; celles ci sont fixées à 50,00 mg/l (JORA, 2011 ; OMS, 2006 ; JOCE, 1998), les valeurs moyennes des 05 mois dépassent cette norme pour les forages M3, M4, M5 et M7. Les nitrates enregistrent aussi des taux élevés qui dépassent la norme de l'eau potable dans les forages M3, M4, M5 et M7 pour les mois de Février, de Mars, d'Avril et de Juin , les forages M4, M5 et M7 pour le mois de Mai.

### **VI.2.12 Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**

Le TAC correspond à la présence des alcalis libres et les carbamates alcalines caustique dans l'eau (Rodier, 1984).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de TAC dans les eaux des forages  $44,00 \pm 1,20$  °F,  $30,00 \pm 0,50$  °F,  $36,00 \pm 4,00$  °F,  $38,00 \pm 4,00$  °F,  $52,00 \pm 1,00$  °F,  $70,00 \pm 1,30$  °F et  $52,00 \pm 2,80$  °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.31). La comparaison entre les valeurs de TAC dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M6, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, les valeurs de TAC dans les eaux des forages varient entre  $10,00 \pm 0,50$  °F et  $86,00 \pm 2,00$  °F. La valeur la plus élevée est observée pour les eaux du forage M3 (Tab.31). La comparaison entre les valeurs de TAC dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les taux de TAC dans les eaux des forages oscillent entre  $10,00 \pm 0,50$  °F et  $60,00 \pm 2,75$  °F. Le taux le plus fort est enregistré au niveau des eaux du forage M7 (Tab.31). La comparaison entre les valeurs de TAC dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, on a observé les taux suivants de TAC dans les eaux des forages  $50,00 \pm 2,80$  °F,  $24,00 \pm 0,60$  °F,  $52,00 \pm 0,30$  °F,  $40,00 \pm 3,80$  °F,  $36,00 \pm 0,25$  °F,  $32,00 \pm 1,50$  °F et  $70,00 \pm 2,75$  °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.31). La comparaison entre les valeurs de TAC dans les eaux des forages pour le mois

de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

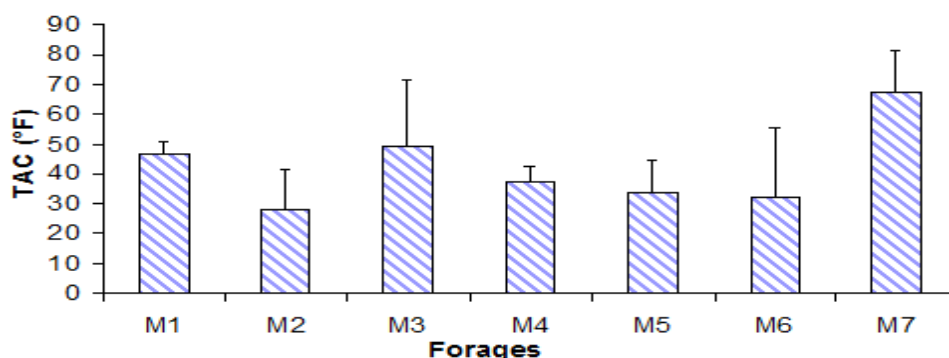
Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes de TAC dans les eaux des forages 50,00±3,50 °F, 48,00±1,50 °F, 30,00±1,00 °F, 44,00±1,80 °F, 28,00±1,50 °F, 32,00±3,43 °F et 90,00±2,50 °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.31). La comparaison entre les valeurs de TAC dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.31 : le TAC des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	44,00±1,20	30,00±0,50	36,00±4,00	38,00±2,00	52,00±1,00	70,00±1,30	52,00±2,80
<b>Mars</b>	42,00±1,00	28,00±0,50	86,00±2,00	32,00±2,00	24,00±1,00	10,00±0,50	64,00±1,50
<b>Avril</b>	48,00±2,00	10,00±0,50	42,00±0,25	34,00±2,00	30,00±1,50	18,00±1,50	60,00±2,75
<b>Mai</b>	50,00±2,80	24,00±0,60	52,00±0,30	40,00±3,80	36,00±0,25	32,00±1,50	70,00±2,75
<b>Juin</b>	50,00±3,50	48,00±1,50	30,00±1,00	44,00±1,80	28,00±1,50	32,00±3,43	90,00±2,50

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart et en °F ; M : Forage mosquée

Les taux moyens de TAC pour les 05 mois de prélèvements sont 46,80±3,63 °F, 28,00±13,63 °F, 49,20±22,11 °F, 37,60±4,77 °F, 34,00±10,95 °F, 32,40±23,03 °F et 67n20±14,32 °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.30). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre M2 et M7, M5 et M7, M7 et M6.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.30 : les taux de TAC des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de TAC du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau des mois de Mars-Mai et de Mars-juin ; pour le forage M2 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau des

mois de Février-Mars, de Mars-Mai, de Mars-juin et d'Avril-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et d'Avril-Juin ; pour le forage M7 , il existe une différence significative entre le TAC de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

D'après les normes Algériennes de l'eau potable pour le TAC, fixée à 40,00 °F (ADE, 2006), les valeurs moyennes des 05 mois dépassent cette norme pour les forages M1, M5 et M7. Le TAC enregistre aussi des taux élevés qui dépassent la norme de l'eau potable dans les forages M1, M5, M6 et M7 pour le mois de Février, les forages M1, M3 et M7 pour les mois de Mars, Avril et Mai , les forages M1, M2, M4 et M7 pour le mois de Juin.

### **VI.2.13 La dureté ou le Titre Hydrotimétrique (TH)**

La dureté est un paramètre qui exprime la teneur de tous les ions métalliques contenus dans l'eau sous forme dissoute, à l'exception des sels, des métaux alcalins (essentiellement les sels de sodium [Na] et de potassium [K]) (Hade, 2007).

Elle est liée au lessivage de terrains traversés (Rodier, 1984) et se limite le plus souvent à rendre compte de la quantité de calcium (Ca) et de magnésium (Mg) qui s'y trouve dans l'eau, s'ajoutent parfois des sels de fer (Fe), d'aluminium (Al) ou d'autres métaux lourds (Hade, 2007).

Il est aisé de reconnaître la nature de son eau : avec une eau douce, le savon mousse, au contraire, une eau dure élimine très vite le savon (Brémaud et al., 2006).

La dureté n'a pas d'effet tangible sur la santé, mais l'adoucissement de l'eau par échange d'ion en cycle sodium conduit à une augmentation de la teneur en sodium de l'eau; une forte teneur en sodium semble favoriser l'hypertension.

Pour le mois de Février, on a observé les valeurs suivantes de TH dans les eaux des forages 42,00±0,46 °F, 36,00±0,30 °F, 34,00±0,60 °F, 40,40±0,40 °F, 24,40±0,40 °F, 23,20±0,20 °F et 62,00±0,40 °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.32). La comparaison entre les valeurs de TH dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, on a enregistré les taux suivantes de TH dans les eaux des forages 52,00±0,40 °F, 44,80±0,80 °F, 40,00±0,60 °F, 36,00±1,00 °F, 40,00±1,00 °F, 26,00±0,40 °F et

72,00±0,40 °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.32). La comparaison entre les valeurs de TH dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les valeurs de TH dans les eaux des forages varient entre 34,00±1,10 °F et 54,00±0,50 °F. Les taux les plus forts sont enregistrés pour les eaux des forages M1 et M7 (Tab.32). La comparaison entre les valeurs de TH dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, les taux de TH dans les eaux des forages se présentent comme suit 58,00±0,70 °F, 45,60±0,30 °F, 42,40±0,70 °F, 36,00±0,50 °F, 40,00±0,16 °F, 25,20±0,23 °F et 76,00±0,40 °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.32). La comparaison entre les valeurs de TH dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

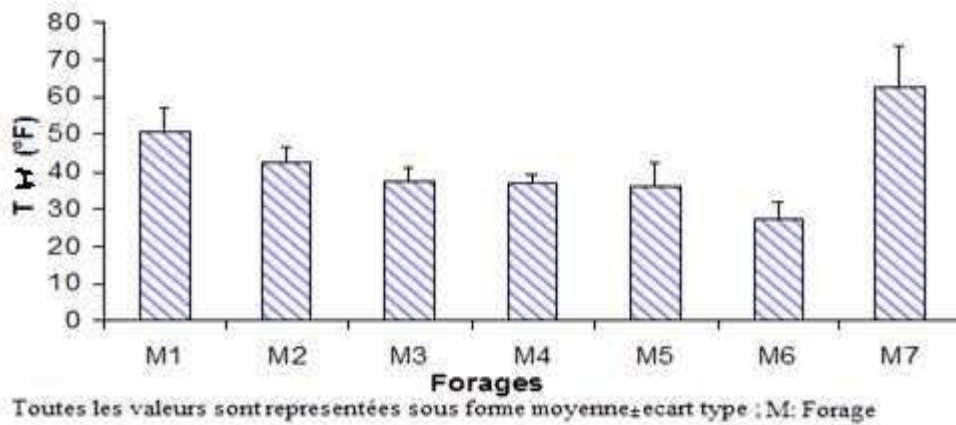
Pour le mois de Juin, les taux de TH dans les eaux des forages oscillent entre 35,20±0,05 °F et 54,00±0,26 °F dans tous les forages (Tab.32). La comparaison entre les valeurs de TH dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.32: le TH des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>Février</b>	42,00±0,46	36,00±0,30	34,00±0,60	40,40±0,40	24,40±0,40	23,20±0,20	62,00±0,40
<b>Mars</b>	52,00±0,40	44,80±0,80	40,00±0,60	36,00±1,00	40,00±1,00	26,00±0,40	72,00±0,40
<b>Avril</b>	47,20±0,10	40,40±0,30	36,00±0,54	34,00±1,10	39,20±0,44	34,80±0,40	54,00±0,50
<b>Mai</b>	58,00±0,70	45,60±0,30	42,40±0,70	36,00±0,50	40,00±0,16	25,20±0,23	76,00±0,40
<b>Juin</b>	54,00±0,26	45,20±0,30	35,20±0,05	38,00±0,53	36,00±0,30	28,00±0,76	50,00±0,90

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart et en °F ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de TH pour les 05 mois de prélèvements sont 50,64±6,20 °F, 42,40±4,14 °F, 37,52±3,53 °F, 36,88±2,42 °F, 35,92±6,64 °F, 27,44±4,46 °F et 62,80±11,18 °F, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.31). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7, M7 et M6.



**Figure.31 : les valeurs de la dureté des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de TH du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forages M1 et M7, il existe une différence significative entre le TH de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M2, il existe une différence significative entre le TH de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, d'Avril-Mai et d'Avril-Juin ; pour le forage M3, il existe une différence significative entre le TH de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M4, il existe une différence significative entre le TH de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin et d'Avril-Juin ; pour le forage M5, il existe une différence significative entre le TH de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M6, il existe une différence significative entre le TH de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Selon les normes Algériennes de l'eau potable (ADE, 2006) pour le TH, fixée à 50,00 °F, les valeurs moyennes des 05 mois dépassent cette norme pour les forages M1 et M7. Le TH enregistre aussi des taux élevés qui dépassent la norme de l'eau potable dans le forage M1 pour les mois de Février et Juin, les forages M1 et M7 pour les mois de Mars et Mai, le forage M7 pour le mois d'Avril.

#### VI.2.14 Les chlorures (Cl<sup>-</sup>)

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables dont l'origine peut être une percolation à travers les terrains salés, des infiltrations des eaux marines dans les nappes phréatiques ou profondes, des rejets humains (urines), des industries extractives (industries pétrolières, houillères...) et surtout les industries de sel (saline), de la soude et de la potasse (Bremond et Perrodon, 1979).

Ils communiquent une saveur désagréable à l'eau, surtout lorsque il s'agit de chlorure de sodium. La saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium. Ils sont susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs (Rodier, 1984).

Pour le mois de Février, on a observé les valeurs suivantes des chlorures dans les eaux des forages  $249,21 \pm 0,71$  mg/l,  $255,60 \pm 1,30$  mg/l,  $242,80 \pm 0,20$  mg/l,  $134,19 \pm 2,61$  mg/l,  $166,10 \pm 1,10$  mg/l,  $51,12 \pm 2,38$  mg/l et  $140,60 \pm 0,20$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.33). La comparaison entre les valeurs des chlorures dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Le mois de Mars, enregistre les taux suivant des chlorures dans les eaux des forages  $198,09 \pm 0,59$  mg/l,  $204,50 \pm 4,00$  mg/l,  $178,90 \pm 5,40$  mg/l,  $153,36 \pm 0,96$  mg/l,  $95,85 \pm 1,91$  mg/l,  $159,75 \pm 2,23$  mg/l et  $223,65 \pm 2,40$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.33). La comparaison entre les valeurs des chlorures dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois d'Avril, les valeurs des chlorures dans les eaux des forages oscillent entre  $217,26 \pm 2,26$  mg/l et  $306,72 \pm 4,72$  mg/l dans tous les forages. La valeur la plus forte est observée au niveau des eaux du forage M2 (Tab.33). La comparaison entre les valeurs des chlorures dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les taux suivants des chlorures dans les eaux des forages  $159,75 \pm 1,85$  mg/l,  $166,14 \pm 2,34$  mg/l,  $178,92 \pm 3,42$  mg/l,  $185,31 \pm 3,11$  mg/l,  $287,55 \pm 1,05$  mg/l,  $51,12 \pm 0,37$  mg/l et  $204,48 \pm 1,98$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.33). La comparaison entre les valeurs des chlorures dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, les taux des chlorures dans les eaux des forages varient entre  $146,97 \pm 4,57$  mg/l et  $287,55 \pm 1,80$  mg/l dans tous les forages. Les taux les plus élevés sont observés au niveau des eaux des forages M2 et M3 (Tab.33). La comparaison entre les valeurs

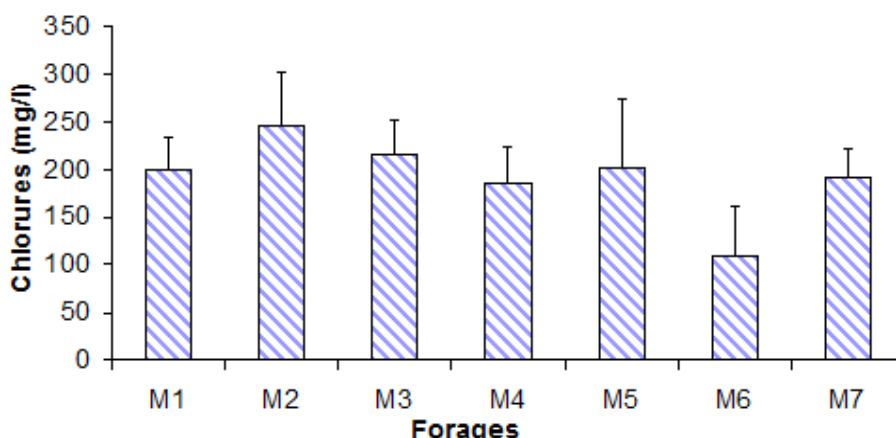
des chlorures dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.33 : les chlorures des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	249,21±0,71	255,60±1,30	242,80±0,20	134,19±2,61	166,10±1,10	51,12±2,38	140,60±0,20
<b>Mars</b>	198,09±0,59	204,50±4,00	178,90±5,40	153,36±0,96	95,85±1,91	159,75±2,23	223,65±2,40
<b>Avril</b>	217,26±2,26	306,72±4,72	217,26±2,26	223,65±3,65	230,04±2,71	134,19±1,94	191,70±1,20
<b>Mai</b>	159,75±1,85	166,14±2,34	178,92±3,42	185,31±3,11	287,55±1,05	51,12±0,37	204,48±1,98
<b>Juin</b>	172,53±2,03	287,55±1,80	255,60±1,80	223,65±2,95	230,04±5,26	146,97±4,57	198,09±4,34

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes des chlorures pour les 05 mois de prélèvements sont 199,36±35,69 mg/l, 244,10±58,28 mg/l, 214,69±35,46 mg/l, 184,03±40,51 mg/l, 201,91±73,22 mg/l, 108,63±53,27mg/l et 191,70±30,96 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.32). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre les forages M2 et M6, M3 et M6.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure .32 : les valeurs des chlorures des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs des chlorures du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forages M1 et M2 , il existe une différence significative entre les chlorure de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre les chlorure de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour les forages M4 et M5 , il existe une différence significative entre les chlorure de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre les chlorure de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et Mai-Juin et pour le forage M7 , il existe une différence significative entre les chlorure de l'eau des mois de Février-

Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin et d'Avril-Mai.

Les normes Algériennes de l'eau potable, ainsi que celles de l'OMS préconisent pour les chlorures une valeur fixée à 500,00 mg/l (OMS, 2004 ; JORA, 2011), les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de chaque mois ne dépassent pas cette norme dans les eaux de tous les forages de mosquées étudiés.

### **VI.2.15 Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )**

C'est un métal alcalin terreux ; composant majeur de la dureté de l'eau (TH). Sa teneur varie essentiellement en fonction de la nature des terrains traversés (Rodier, 1984).

Le calcium se trouve dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau. Cette dureté de l'eau est exprimée par le titre hydrotimétrique en degrés français ( $20^\circ\text{F} = 4 \text{ mg/L}$  de calcium) (Queneau et Hubert, 2009).

Contrairement à ce qui est souvent affirmé, la présence d'ions de calcium dans l'eau aurait même tendance à diminuer le risque de formation de calculs rénaux (Brémaud et al., 2006), de bloquer l'absorption des métaux lourds dans le corps et augmente la masse d'os mais des fortes concentrations de calcium peuvent empêcher l'absorption d'autres minerais essentiels dans le corps (Elett et al., 2010).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de calcium dans les eaux des forages  $84,80 \pm 1,10 \text{ mg/l}$ ,  $108,80 \pm 3,30 \text{ mg/l}$ ,  $128,00 \pm 5,00 \text{ mg/l}$ ,  $142,40 \pm 2,20 \text{ mg/l}$ ,  $56,00 \pm 2,50 \text{ mg/l}$ ,  $54,40 \pm 2,30 \text{ mg/l}$  et  $172,80 \pm 2,50 \text{ mg/l}$ , respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.34). La comparaison entre les valeurs de calcium dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, les valeurs de calcium dans les eaux des forages varient entre  $51,20 \pm 2,20 \text{ mg/l}$  et  $203,20 \pm 2,50 \text{ mg/l}$  dans tous les forages. La valeur la plus forte est observée pour les eaux du forage M7 (Tab.34). La comparaison entre les valeurs de calcium dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois d'Avril, les taux de calcium dans les eaux des forages sont de l'ordre de  $92,80 \pm 0,60 \text{ mg/l}$ ,  $100,80 \pm 0,70 \text{ mg/l}$ ,  $134,40 \pm 4,40 \text{ mg/l}$ ,  $108,80 \pm 0,80 \text{ mg/l}$ ,  $155,20 \pm 0,20 \text{ mg/l}$ ,

48,00±2,00 mg/l et de 76,80±0,80 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.34). La comparaison entre les valeurs de calcium dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, les valeurs de calcium dans les eaux des forages oscillent entre 59,20±0,70 mg/l (forages M6) et 219,20±3,40 mg/l (Forage M7) (Tab.34). La comparaison entre les valeurs de calcium dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, les taux de calcium dans les eaux des forages varient d'un forage à un autre, de 32,00±0,05 mg/l à 128,00±1,70 mg/l dans tous les forages. Le taux le plus fort est observé pour les eaux du forage M7 (Tab.34). La comparaison entre les valeurs de calcium dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.34 : le calcium des eaux pour chaque mois de prélèvement**

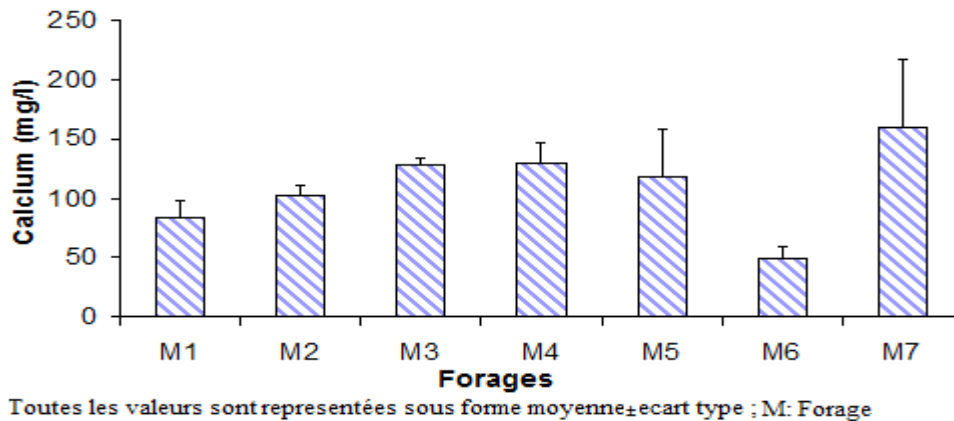
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>	<b>M7</b>
<b>Février</b>	84,80±1,10	108,80±3,30	128,00±5,00	142,40±2,20	56,00±2,50	54,40±2,30	172,80±2,50
<b>Mars</b>	99,20±0,96	100,80±0,80	131,20±0,70	144,00±2,20	132,80±2,40	51,20±2,20	203,20±2,50
<b>Avril</b>	92,80±0,60	100,80±0,70	134,40±4,40	108,80±0,80	155,20±0,20	48,00±2,00	76,80±0,80
<b>Mai</b>	64,00±2,00	112,00±2,00	116,80±1,30	140,80±1,50	144,00±1,50	59,20±0,70	219,20±3,40
<b>Juin</b>	80,00±1,57	86,40±2,56	128,00±1,50	112,00±3,75	100,80±2,70	32,00±0,05	128,00±1,70

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les taux moyens de calcium pour les 05 mois de prélèvements sont 84,16±13,46 mg/l, 101,76±9,90 mg/l, 127,68±6,63 mg/l, 129,60±17,60 mg/l, 117,76±40,05 mg/l, 48,96±10,34 mg/l et 160,00±58,05 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.33). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M7, M2 et M7, M3 et M6, M4 et M6, M5 et M6, M7 et M6.

La comparaison des valeurs de calcium du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forages M1, M5 et M7 , il existe une différence significative entre le calcium de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour les forage M2 et M6 , il existe une différence significative entre le calcium de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre le calcium de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Mai ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le

forage M4, il existe une différence significative entre le calcium de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin, d'Avril-Mai et de Mai-Juin.



*Figure.33 : les taux de calcium des eaux durant les 05 mois de prélèvement*

Les normes Algériennes de l'eau potable, donnent pour le calcium une valeur de 200,00 mg/l à ne pas dépasser (JORA, 2011), les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de calcium de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme sauf pour le forage M7 durant les mois de Mars et Mai et où les taux de calcium sont respectivement de l'ordre de  $203,20 \pm 2,50$  mg/l et  $219,20 \pm 3,40$  mg/l.

### VI.2.16 Le magnésium ( $Mg^{2+}$ )

C'est un des éléments les plus répandus dans la nature ; il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, il donne un goût désagréable à l'eau (Rodier, 1984).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de magnésium dans les eaux des forages  $50,554 \pm 1,787$  mg/l,  $21,388 \pm 2,735$  mg/l,  $4,861 \pm 2,066$  mg/l,  $11,666 \pm 0,365$  mg/l,  $25,277 \pm 0,547$  mg/l,  $23,333 \pm 0,911$  mg/l et  $45,693 \pm 2,492$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.35). La comparaison entre les valeurs de magnésium dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, on a enregistré les valeurs suivantes de magnésium dans les eaux des forages  $66,110 \pm 1,154$  mg/l,  $47,638 \pm 1,458$  mg/l,  $17,500 \pm 1,033$  mg/l,  $0,000 \pm 0,000$  mg/l,  $16,527 \pm 3,889$  mg/l,  $32,083 \pm 0,365$  mg/l et  $51,527 \pm 2,491$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.35). La comparaison entre les valeurs de magnésium dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3,

M2 et M4, M2 et M6, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes de magnésium dans les eaux des forages 58,332±0,608 mg/l, 36,944±1,155 mg/l, 5,833±3,986 mg/l, 16,527±3,768 mg/l, 0,972±0,948 mg/l, 55,415±0,243 mg/l et 84,581±1,702 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.35). La comparaison entre les valeurs de magnésium dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes de magnésium dans les eaux des forages 102,081±0,486 mg/l, 42,777±1,945 mg/l, 32,083±2,491 mg/l, 1,944±0,304 mg/l, 9,722±0,523 mg/l, 25,277±0,133 mg/l et 51,527±3,038 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.35). La comparaison entre les valeurs de magnésium dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes de magnésium dans les eaux des forages 82,637±0,322 mg/l, 57,360±0,826 mg/l, 7,778±0,790 mg/l, 24,305±0,990 mg/l, 26,249±0,911 mg/l, 48,610±1,878 mg/l et 43,749±3,220 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.35). La comparaison entre les valeurs de magnésium dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7.

**Tableau.35: le magnésium des eaux pour chaque mois de prélèvement**

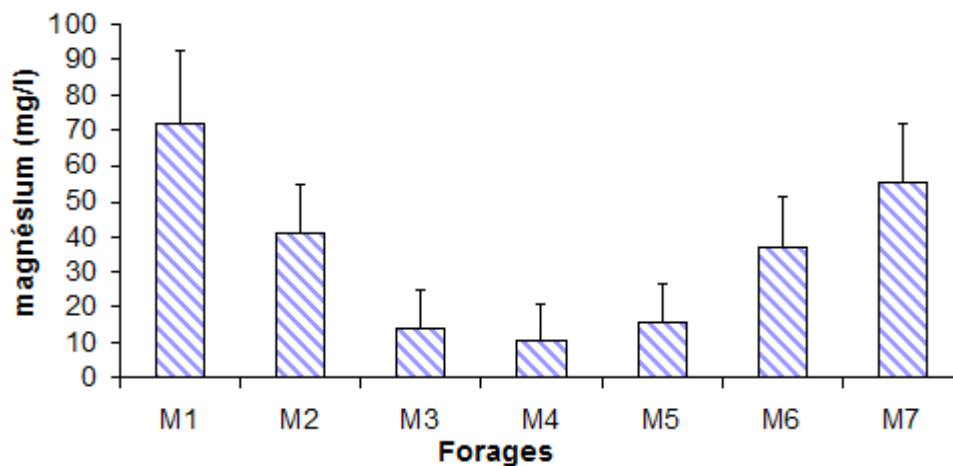
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Février	50,554±1,787	21,388±2,735	4,861±2,066	11,666±0,365	25,277±0,547	23,333±0,911	45,693±2,492
Mars	66,110±1,154	47,638±1,458	17,500±1,033	0,000±0,000	16,527±3,889	32,083±0,365	51,527±2,491
Avril	58,332±0,608	36,944±1,155	5,833±3,986	16,527±3,768	0,972±0,948	55,415±0,243	84,581±1,702
Mai	102,081±0,486	42,777±1,945	32,083±2,491	1,944±0,304	9,722±0,523	25,277±0,133	51,527±3,038
Juin	82,637±0,322	57,360±0,826	7,778±0,790	24,305±0,990	26,249±0,911	48,610±1,878	43,749±3,220

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les valeurs moyennes de magnésium pour les 05 mois de prélèvements sont 71,943±20,612 mg/l, 41,222±13,376 mg/l, 13,611±11,483 mg/l, 10,888±10,136 mg/l, 15,749±10,681 mg/l, 36,944±14,338 mg/l et 55,415±16,670 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.34). La comparaison entre les valeurs moyennes

des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M4, M3 et M7, M4 et M7, M5 et M7.

La comparaison des valeurs de magnésium du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour les forage M1 et M2, il existe une différence significative entre le magnésium de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre le magnésium de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre le magnésium de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre le magnésium de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour les forages M6 et M7, il existe une différence significative entre le magnésium de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne  $\pm$  écart type ; M: Forage

**Figure.34 : les taux de magnésium des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

Selon les normes Algériennes de l'eau potable (ADE, 2006), celles-ci sont fixées pour le magnésium à 150,000 mg/l, Les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de magnésium de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme.

Des apports excessifs de magnésium en cas d'insuffisance rénale peuvent entraîner des troubles cardio-respiratoires (Queneau et Hubert, 2009).

### VI.2.17 L'alcalinité

C'est une notion quelque peu complexe qui exprime le potentiel d'une eau naturelle à résister à des agressions acides ou basiques, comme un antiacide peut le faire pour l'estomac. Une eau à faible alcalinité présente une pauvre capacité de résistance à l'ajout de substances acides (Hade, 2007).

Les bicarbonates sont d'origines diverses. Ils n'interviennent pas directement sur la santé. En revanche, ils ont un rôle par les cations auxquels ils sont liés (sodium, calcium) (Queneau et Hubert, 2009).

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes de l'alcalinité dans les eaux des forages  $536,80 \pm 14,64$  mg/l,  $366,00 \pm 6,10$  mg/l,  $439,20 \pm 48,80$  mg/l,  $463,60 \pm 24,40$  mg/l,  $634,40 \pm 12,20$  mg/l,  $854,00 \pm 15,86$  mg/l et  $634,40 \pm 34,16$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.36). La comparaison entre les valeurs de l'alcalinité dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M7 et M6.

Pour le mois de Mars, les valeurs de l'alcalinité dans les eaux des forages varient dans tous les forages entre  $122,00 \pm 6,10$  mg/l (Forage M6) et  $1049,00 \pm 24,20$  mg/l (Forage M3) (Tab.36). La comparaison entre les valeurs de l'alcalinité dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre tous les forages.

Pour le mois d'Avril, on a observé les taux suivants de l'alcalinité dans les eaux des forages  $585,60 \pm 24,40$  mg/l,  $122,00 \pm 6,10$  mg/l,  $512,40 \pm 3,05$  mg/l,  $414,80 \pm 24,40$  mg/l,  $366,00 \pm 18,30$  mg/l,  $219,60 \pm 18,30$  mg/l et  $732,00 \pm 33,55$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.36). La comparaison entre les valeurs de l'alcalinité dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, les valeurs suivantes de l'alcalinité dans les eaux des forages oscillent entre  $292,80 \pm 7,32$  mg/l et  $854,00 \pm 33,55$  mg/l. La valeur la plus forte est observée pour les eaux du forage M7 (Tab.36). La comparaison entre les valeurs de l'alcalinité dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Juin, on a enregistré les taux suivants de l'alcalinité dans les eaux des forages  $610,00 \pm 42,70$  mg/l,  $585,60 \pm 18,30$  mg/l,  $366,00 \pm 12,20$  mg/l,  $536,80 \pm 21,96$  mg/l,  $341,60 \pm 18,30$  mg/l,  $390,40 \pm 41,85$  mg/l et  $1098,00 \pm 30,50$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.36). La comparaison entre les valeurs de l'alcalinité dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence

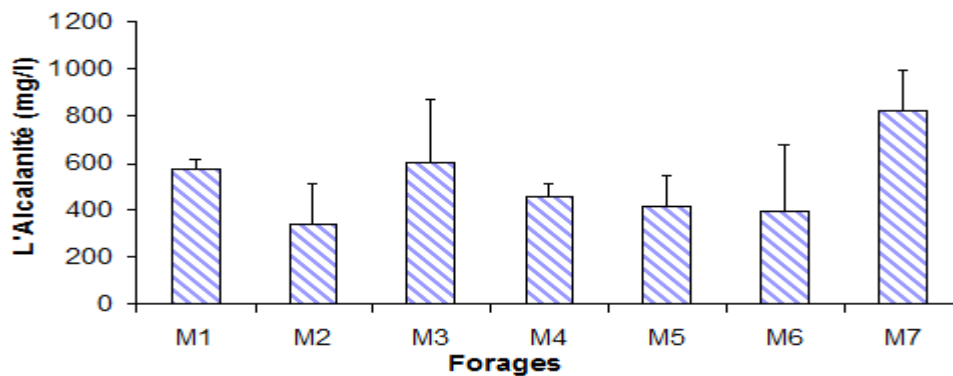
significative entre M1 et M3, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M4, M5 et M7, M7 et M6.

**Tableau.36 : l'alcalinité des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Février	536,80±14,64	366,00±6,10	439,20±48,80	463,60±24,40	634,40±12,20	854,00±15,86	634,40±34,160
Mars	512,40±12,20	341,60±6,10	1049,00±24,20	390,40±24,40	292,80±12,20	122,00±6,10	780,80±18,30
Avril	585,60±24,40	122,00±6,10	512,40±3,05	414,80±24,40	366,00±18,30	219,60±18,30	732,00±33,55
Mai	610,00±34,16	292,80±7,32	634,40±3,66	488,00±46,36	439,20±3,05	390,40±18,30	854,00±33,55
Juin	610,00±42,70	585,60±18,30	366,00±12,20	536,80±21,96	341,60±18,30	390,40±41,85	1098,00±30,50

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquées

Les taux moyens de l'alcalinité pour les 05 mois de prélèvements sont de 570,96±44,32 mg/l, 341,60±166,38 mg/l, 600,20±269,75 mg/l, 458,72±58,25 mg/l, 414,80±133,64 mg/l, 395,28±281,07 mg/l et de 819,84±174,76 mg/l respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.35) La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il existe une différence significative entre les forages M2 et M7, M5 et M7, M7 et M6.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.35 : les taux de l'alcalinité des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de l'alcalinité du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des mois de Mars-Mai et de Mars-juin ; pour le forage M2 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des tous les mois de prélèvement ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des mois de Mars-Mai, de Mars-juin et d'Avril-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et d'Avril-Juin et pour le forage M7 , il existe une différence significative entre l'alcalinité de l'eau des mois de Février-Mars, de

Février-Avril, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

Pour l'eau de consommation, on considère que l'alcalinité n'est pas un facteur de qualité déterminant ; c'est pour ça, il n'existe pas de norme régissant ce paramètre (Hade, 2007). Même pour les normes Algériennes de potabilité, les normes de l'OMS et de l'UE, il n'existe pas de valeur concernant l'alcalinité.

Mais les eaux riches en bicarbonates (Forte teneur d'alcalinité) ont souvent un goût salé du fait du cation qui leur est lié ; leur absorption entraîne une alcalinisation des urines (propriété utilisée en urologie pour le traitement de certaines lithiases uriques) (Queneau et Hubert, 2009).

### **VI.2.18 Le fer (Fe)**

Pour le mois de Février, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux des forages  $0,139\pm 0,005$  mg/l,  $0,048\pm 0,005$  mg/l,  $0,047\pm 0,002$  mg/l,  $0,057\pm 0,004$  mg/l,  $0,087\pm 0,003$  mg/l,  $0,036\pm 0,005$  mg/l et  $0,037\pm 0,003$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.37). La comparaison entre les valeurs du fer dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M6, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7.

Pour le mois de Mars, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux des forages  $0,072\pm 0,002$  mg/l,  $0,034\pm 0,005$  mg/l,  $0,040\pm 0,020$  mg/l,  $0,052\pm 0,002$  mg/l,  $0,041\pm 0,002$  mg/l,  $0,040\pm 0,010$  mg/l et  $0,054\pm 0,002$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.37). La comparaison entre les valeurs du fer dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M5, M1 et M6,

Pour le mois d'Avril, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux des forages  $1,107\pm 0,107$  mg/l,  $0,044\pm 0,001$  mg/l,  $0,046\pm 0,002$  mg/l,  $0,060\pm 0,005$  mg/l,  $0,084\pm 0,004$  mg/l,  $0,060\pm 0,010$  mg/l et  $0,078\pm 0,008$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.37). La comparaison entre les valeurs du fer dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7.

Pour le mois de Mai, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux des forages  $0,078\pm 0,003$  mg/l,  $0,133\pm 0,017$  mg/l,  $0,044\pm 0,005$  mg/l,  $0,062\pm 0,003$  mg/l,  $0,095\pm 0,002$  mg/l,  $0,027\pm 0,003$  mg/l et  $0,024\pm 0,004$  mg/l respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.37). La comparaison entre les valeurs du fer dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et

M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7.

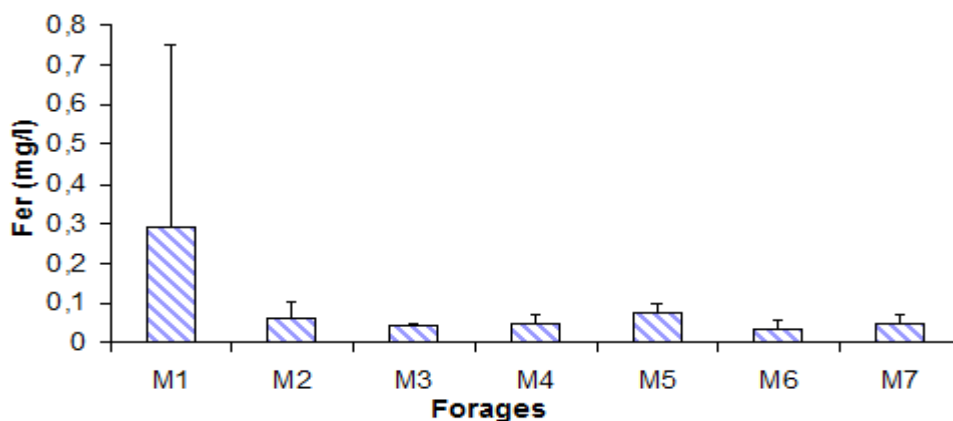
Pour le mois de Juin, on a enregistré les valeurs suivantes du fer dans les eaux des forages 0,060±0,040 mg/l, 0,056±0,003 mg/l, 0,038±0,002 mg/l, 0,140±0,000 mg/l, 0,073±0,002 mg/l, 0,005±0,002 mg/l et 0,048±0,002 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.37). La comparaison entre les valeurs du fer dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M4, M1 et M6, M2 et M6, M5 et M4, M5 et M6, M7 et M6.

**Tableau.37 : le fer des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	0,139±0,005	0,048±0,005	0,047±0,002	0,057±0,004	0,087±0,003	0,036±0,005	0,037±0,003
<b>Mars</b>	0,072±0,002	0,034±0,005	0,040±0,20	0,052±0,002	0,041±0,002	0,040±0,10	0,054±0,54
<b>Avril</b>	1,107±0,107	0,044±0,001	0,046±0,002	0,060±0,005	0,084±0,004	0,060±0,010	0,078±0,008
<b>Mai</b>	0,078±0,003	0,133±0,017	0,044±0,005	0,062±0,003	0,095±0,002	0,027±0,003	0,024±0,004
<b>Juin</b>	0,060±0,040	0,056±0,003	0,038±0,002	0,014±0,000	0,073±0,002	0,005±0,002	0,048±0,002

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±écart type et en mg/l ; M : Forage mosquée ; P<0.005

Les valeurs moyennes du fer pour les 05 mois de prélèvements sont de 0,291±0,204 mg/l, 0,063±0,039 mg/l, 0,043±0,003 mg/l, 0,049±0,019 mg/l, 0,076±0,021 mg/l, 0,033±0,020 mg/l et de 0,048±0,020 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.36). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre tous les forages.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±écart type ; M: Forage

**Figure.36 : les valeurs du fer des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs du fer du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Février-Avril, de Mars-Avril, d'Avril-Mai et d'Avril-Juin ; pour le forage M2, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Février-Mai, de Mars-Mai, d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M3, il n'existe aucune différence significative entre le fer de l'eau de tous les mois de prélèvement ; pour le forage M4, il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Février-Juin, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-

Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Mai, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-juin,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin et pour le forage M7 , il existe une différence significative entre le fer de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin.

D'après les normes Algériennes de l'eau potable, le fer est fixé à 0,30 mg/l (JORA,2011), les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de fer de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme sauf pour le mois d'Avril où on trouve un taux de l'ordre de  $1,107 \pm 0,107$  mg/l qui dépasse cette norme dans le forage M1 ; l'interaction eau-roche devrait être la raison de cette forte valeur observée au niveau de cet forage (Belkhir et al., 2010). L'OMS et l'UE donnent 0,20 mg/l comme norme concernant le fer (OMS, 2004; JOCE, 1998).

### **VI.2.19 Le manganèse (Mn)**

Il est présent dans l'eau à l'état soluble, en suspension ou alors sous forme de complexe. Cet élément ne présente aucun caractère de toxicité prouvée. Cependant, sa présence en quantité élevée donne un goût désagréable à l'eau (Galaf et Ghannam 2003).

Pour le mois de Février, on enregistre des valeurs assez faibles de manganèse dans les eaux des forages qui varient entre  $0,000 \pm 0,000$  mg/l et  $0,003 \pm 0,001$  mg/l dans tous les forages (Tab.38). La comparaison entre les valeurs de manganèse dans les eaux des forages pour le mois de Février montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M4 et M6, M4 et M7, M5 et M3, M5 et M6, M5 et M7.

Pour le mois de Mars, les valeurs suivantes de manganèse dans les eaux des forages sont plus fortes que celles du mois de Février ma et se représentent comme suit:  $0,002 \pm 0,001$  mg/l,  $0,001 \pm 0,000$  mg/l,  $0,005 \pm 0,002$  mg/l,  $0,130 \pm 0,002$  mg/l,  $0,018 \pm 0,001$  mg/l,  $0,010 \pm 0,001$  mg/l et  $0,017 \pm 0,002$  mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7(Tab.38). La comparaison entre les valeurs de manganèse dans les eaux des forages pour le mois de Mars montre qu'il existe une différence significative entre : M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M1 et M7, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M7 et M6.

Durant le mois d'Avril, les valeurs de manganèse dans les eaux des forages oscillent entre  $0,000 \pm 0,000$  mg/l et  $0,009 \pm 0,001$  mg/l dans tous les forages (Tab.38). La comparaison entre les valeurs de manganèse dans les eaux des forages pour le mois d'Avril montre qu'il existe une

différence significative entre M1 et M3, M1 et M7, M2 et M3, M2 et M4, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M5 et M3, M5 et M7, M7 et M6.

Pour le mois de Mai, les valeurs de manganèse dans les eaux des forages sont nulles (0,000±0,000 mg/l) dans tous les forages sauf pour le forage M1 et M5 qui sont assez faibles (Tab.38). La comparaison entre les valeurs de manganèse dans les eaux des forages pour le mois de Mai montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M2, M1 et M3, M1 et M4, M1 et M6, M1 et M7, M5 et M2, M5 et M3, M5 et M4, M5 et M6, M5 et M7.

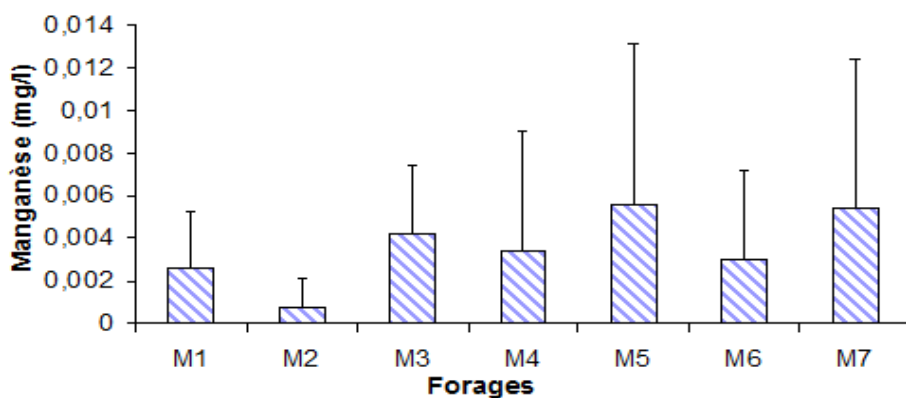
Pour le mois de Juin, on a enregistré les taux suivants de manganèse dans les eaux des forages 0,002±0,001 mg/l, 0,003±0,000 mg/l, 0,004±0,001 mg/l, 0,000±0,000 mg/l, 0,000±0,000 mg/l, 0,000±0,000 mg/l et 0,001±0,000 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Tab.38). La comparaison entre les valeurs de manganèse dans les eaux des forages pour le mois de Juin montre qu'il existe une différence significative entre M1 et M3, M1 et M4, M1 et M5, M1 et M6, M2 et M4, M2 et M6, M2 et M7, M3 et M4, M3 et M6, M3 et M7, M5 et M2, M5 et M3.

**Tableau.38 : le manganèse des eaux pour chaque mois de prélèvement**

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
<b>Février</b>	0,000±0,000	0,000±0,000	0,003±0,001	0,000±0,000	0,000±0,000	0,002±0,001	0,002±0,001
<b>Mars</b>	0,002±0,001	0,001±0,000	0,005±0,002	0,013±0,002	0,018±0,001	0,010±0,001	0,017±0,002
<b>Avril</b>	0,002±0,0001	0,000±0,000	0,009±0,001	0,004±0,002	0,003±0,002	0,003±0,001	0,007±0,002
<b>Mai</b>	0,007±0,001	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,007±0,002	0,000±0,000	0,000±0,000
<b>Juin</b>	0,002±0,001	0,003±0,000	0,004±0,001	0,000±0,000	0,000±0,000	0,000±0,000	0,001±0,000

Toutes les valeurs sont représentées sous forme : moyenne±ecart type et en mg/l ; M : Forage mosquée

Les taux moyens de manganèse pour les 05 mois de prélèvements sont 0,0026±0,0011 mg/l, 0,0008±0,0013 mg/l, 0,0042±0,0032 mg/l, 0,0034±0,0025 mg/l, 0,0056±0,0075 mg/l, 0,0030±0,0018 mg/l et 0,0054±0,0031 mg/l, respectivement pour les forages M1, M2, M3, M4, M5, M6 et M7 (Fig.37). La comparaison entre les valeurs moyennes des 05 mois montre qu'il n'existe aucune différence significative entre les forages.



Toutes les valeurs sont représentées sous forme moyenne±ecart type ; M: Forage

**Figure.37 : les taux de manganèse des eaux durant les 05 mois de prélèvement**

La comparaison des valeurs de manganèse du même forage pendant tous les mois de prélèvements, montre que pour le forage M1 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-Mai, de Mars-Mai, d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M2 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Juin, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M3 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-Avril, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-juin ,d'Avril-Mai, d'Avril-Juin et de Mai-Juin ; pour le forage M4 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-mars, de Février-Avril, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin , d'Avril-Mai et d'Avril-Juin ; pour le forage M5 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Mai, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin ,d'Avril-Mai et de Mai-Juin ; pour le forage M6 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-Mars, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin , d'Avril-Mai et d'Avril-Juin et pour le forage M7 , il existe une différence significative entre le manganèse de l'eau des mois de Février-Mars, de Février-Avril, de Mars-Avril, de Mars-Mai, de Mars-juin , d'Avril-Mai et d'Avril-Juin.

D'après les normes Algériennes de l'eau potable, de l'OMS et de l'UE (JORA, 2010 ; OMS, 2006 ; JOCE, 1998) pour le manganèse, fixées à 0,05 mg/l, les valeurs moyennes des 05 mois et les valeurs de manganèse de chaque mois pour les eaux de forages des mosquées ne dépassent pas cette norme et sont des valeurs presque nulles dans tous les eaux des forages étudiés.

Les changements significatifs des différents paramètres étudiés des forages de mosquées, sont dus essentiellement à la nature du sol, l'exploitation intensive, les types de rejets et aux conditions climatiques (pluies et orages de l'hiver et du printemps).

# Conclusion

## Conclusion

Les différents résultats obtenus durant notre étude, nous ont permis d'établir un constat sur la qualité des eaux d'Oued Bousselam (sachant que ce cours est la principale source du barrage d'Ain Zada qui alimente la population de la région en eau potable) et les eaux des forages des mosquées de la ville de Sétif et ses environs.

Notre étude a été réalisée par le suivi et l'analyse spatio-temporelle d'un certain nombre de facteurs physico-chimiques. Les valeurs obtenues s'étendent sur une période de 04 mois (d'Avril à Juillet 2010) pour les eaux de l'Oued et de 05 mois (de Février à Juin 2010) pour les eaux des forages.

Le diagnostic a révélé la présence d'une pollution très importante au niveau de Oued Bousselam ; cette pollution se manifeste surtout par :

- la présence d'une eutrophisation des eaux le long du cours d'eau à cause des grandes teneurs en phosphates et nitrites dans toutes les stations ainsi qu'une présence des taux très élevés de turbidité.
- La station **S7** (Avant le rejet dans le barrage d'Ain Zada : croisement de l'oued avec RN°5) est la plus polluée et enregistre les valeurs les plus élevés pour : la conductivité, les TDS, la salinité et les nitrites.

Sur le plan écologique, cette pollution peut perturber l'équilibre biologique du milieu hydrique et nuire à la vie de la flore et la faune dans ce cours d'eau.

Il devient donc nécessaire d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution et leur effet sur l'environnement.

Pour les eaux des forages des mosquées, on a constaté que les forages des mosquées **M1** (Hamza Ben-Abd-Elmoutalib : cité Tebinet) et **M7** (El-Qods : Farmatou) sont les plus touchés par le phénomène de la pollution. Au niveau du forage M1, on trouve que les nitrites, TAC et TH qui dépassent les normes et pour le forage **M7**, il enregistre des taux élevés qui dépassent aussi les normes de potabilité algérienne pour : la matière organique, l'ammonium, nitrites, nitrates, TAC, et TH donc c'est le forage le plus polluée. Par contre dans les eaux des mosquées **M2** (Mosquée Mohamed El-Ghazali : Cité El Hchama) et **M6** (Mosquée de la cité S'fiha) aucun paramètres ne dépasse pas les normes algérienne de potabilité.

Le danger de cette pollution est très grand sur la santé humaine, surtout que ces forages sont considérés comme l'une des premières sources d'approvisionnement en eau potable après l'eau de robinet et les fontaines publiques pour la population de la région.

Donc, il est urgent de tirer la sonnette d'alarme afin que les autorités prennent les mesures qui s'imposent pour remédier à ce problème de pollution qui touche les eaux de surface et les eaux souterraines dans la région de Sétif.

Pour conclure notre travail, il nous paraît indispensable de suivre quelques recommandations afin de préserver l'état de nos ressources en eau:

- Mieux gérer les ressources en eaux pour diminuer le gaspillage.
- Installer des équipements de traitement préliminaire au niveau des unités industrielles pour la séparation des diverses substances toxiques.
- Identification des unités industrielles qui doivent être équipées impérativement de système anti-pollution.
- Etude d'impact obligatoire.
- Mise en place des organismes de gestion des zones d'activités.
- Former et assister techniquement les agriculteurs pour réduire les risques.
- Traiter les eaux des forages polluées.
- Interdire et fermer l'accès aux eaux des forages polluées et non traitées.
- Exiger une surveillance de la qualité des eaux de surface et les eaux souterraines afin de préserver la santé humaine et de l'environnement aquatique (faune et flore).
- Sensibilisation du public par l'implication des associations de protection de l'environnement, par l'organisation de manifestations culturelles et scientifiques.

# BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE

- ❖ **Adam, J. (1980).** *Health aspects of nitrate in drinking-water and possible means of denitrification (literature review).* Water SA, 6: 79.
- ❖ **Adelekan, B. A. (2010).** *Water quality of domestic wells in typical African communities: Case studies from Nigeria.* International Journal of Water Resources and Environmental Engineering Vol. 2(6). September 2010. Pp137-147
- ❖ **Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (ANAT),. (2008).** *Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Sétif « Etat des lieux, tendances, synthèse » phase II.* Aout 2008. Sétif. Algérie. 151 pages.
- ❖ **Alexander, P. (2008).** *Evaluation of ground water quality of Mubi town in Adamawa State, Nigeria.* African Journal of Biotechnology. Vol 7 (11). 3 June 2008. Pp 1712-1715
- ❖ **Algérien Des Eaux (ADE),. (2006)** *Méthodes d'analyses de l'eau potables* .Alger. Algérie. 48 pages
- ❖ **Aminot, A. et Kérouel R. (2004).** *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses.* Edition : Ifremer, France, 336 pages.
- ❖ **Aminot, A. et Chausse-Pied, M. (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* Edition CNEXO. Brest .France, 395 P.
- ❖ **Anctil, F. (2008).** *L'eau et ses enjeux.* Edition DeBoeck université. Bruxelles. Belgique Pp 5-6
- ❖ **Anctil, F. Rousselle, J. et Lauzon, N. (2005).** *Hydrologie : cheminement de l'eau.* Presses international polytechnique. Montréal. Canada.
- ❖ **Bachari-Houma, F. (2009).** *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire.* Thèse de doctorat en Sciences de l'Univers et Environnement. Université du Val de Marne Paris XII. Paris. France. 274 pages.
- ❖ **Belkhir, L. Boudoukha, A. Mouni, L. and Baouz, T. (2010).** *Multivariate statistical characterization of groundwater quality in Ain Azel plain, Algeria.* African Journal of Environmental Science and Technology. Vol 4(8). August 2010. Pp 526-534
- ❖ **Benamar, N. Mouadid, N. et Benamar, A. (2011).** *Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien : le cas de l'oued Cheliff.* Colloque international « usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? ».Université de Provence. Marseille. 20-21 janvier 2011.
- ❖ **Behloul, S.(2009).** *Evaluation de la matière organique dans l'eau du barrage de Timgad.* Magistère en chimie de l'eau/dessalement et environnement. Université Batna. Algérie.134 pages

- ❖ **Berné, F. et Cordonner.(1991).** *Traitement des eaux.* Edition Technip. Paris. France.
- ❖ **Blifert et Perraud. (2001).** *Chimie de l'environnement : Air, eau, sols, déchets.* (1<sup>ère</sup> éd.).DeBoeck université. Paris. France. 477 pages
- ❖ **Boulahbal, Z. (2009).** *Mise en valeur et sauvegarde d'un écosystème en milieu urbain : cas de l'Oued Boussellam (SETIF-ALGERIE).* Conférence internationale sur la contribution des autorités locales et régionales au volet Eau de l'UpM. 23-24 novembre 2009. Lyon. France.
- ❖ **Brémaude, C. Claisse, J-R. Leulier, F. Thibault, J et Ulrich, E.(2006).** *Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale.* Edition Educagri. Dijon. France. Pp 220-221
- ❖ **Bremond, R. et Perrodon, C. (1979).** *Paramètres de la qualité des eaux.* Ministère de l'environnement et cadre de vie. 2<sup>ème</sup> édition. 259 pages.
- ❖ **Bryan, G.W. (1979).** *Bioaccumulation of marine pollutants.* Phil. Trans. Re. Soc. Lond. B., 286 : 483–505.
- ❖ **Chevallier, H.(2007).** *L'eau, un enjeu pour demain : état des lieux et perspective.* Edition Elléboré-Sang de la terre. Paris. France
- ❖ **Cheymol, N. et Hoff, M. (1999).** *La microchimie : technique et expériences.* Edition DeBoeck & Larcier . Bruxelles. Belgique.
- ❖ **Desjardins. R. (1997).** *Le traitement des eaux.* 2eme édition revue et enrichie. Presse internationales polytechnique. Canada. 304 pages
- ❖ **Duhamel, J-F. et Brouard, J. (2010).** *L'eau et l'hydratation : une nécessité pour la vie.* Journal de pédiatrie et puériculture (2010) 23 .Published by Elsevier Masson Sas. France. Pp 9-19
- ❖ **Duvigneaud, P. (1980).** *La synthèse écologique.* 2eme édition. Dion éditeurs. Paris. France
- ❖ **Egboka, B.C.E.(1984).** *Nitrate contamination of shallow groundwaters in Ontario, Canada.* Sci. Total Environ. Pp 35-53
- ❖ **Elarfaoui ,B. Chaouch, A. et Fahad,M. (2005).** *Impact de la décharge publique sur les eaux de surface et souterraines.* 3<sup>ème</sup> Journées Internationale des Géosciences de l'Environnement. El Jadida les 8, 9 et 10 juin 2005. Maroc
- ❖ **El Morhit, M. (2009).** *Hydrochimie, éléments traces métallique et incidence écotoxicologique sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos.* Thèse de doctorat en science de l'environnement (Spécialité : Ecotoxicologie). Université Mohammed V-AGDAL. Rabat. Maroc. 260 pages

- ❖ **El Morhit, M. Fekhaoui, M. Serghini, A. El Blidi, S. El Abidi, A. Bennaakam, R. Yahyaoui, A. et Jbilou, M. (2008).** *Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc)*. Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat. section Sciences de la Terre. 2008. n°30.Pp 39-47.
- ❖ **Elskens, M. (2010).** *Analyse des eaux résiduaires: Mesure de la pollution*. Référence P4 200. Edition Techniques de l'ingénieur.
- ❖ **Eletta1, O.A.A. Adeniyi, A.G. and Dolapo, A.F. (2010).** *Physico-chemical characterisation of some ground water supply in a school environment in Ilorin, Nigeria*. African Journal of Biotechnology. Vol 9(22). 31 May 2010. Pp 3293-3297.
- ❖ **Forbes, V-E et Forbes, T-L.** *Ecotoxicologie : Théorie et application (du labo au terrain)*. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris. France
- ❖ **Gaid, A.(2008).***Traitement des eaux usées urbaines*. Référence C5 220. Edition Techniques de l'ingénieur.
- ❖ **Galaf, F & Ghannam, S. (2003).** *Contribution a l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin*. Mémoire de troisième cycle Présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie (Option : Halieutique). Institut agronomique et vétérinaire- Hassan II-Rabat. Maroc
- ❖ **Galvez-Cloutier, R. Ize, S et Arsenault, S. (2002).** *La détérioration des plans d'eau : manifestation et moyens de lutte contre l'eutrophisation*. Vecteur de l'environnement. Volume 35. Numéro 6. Novembre 2009. Canada. Pp 18-37.
- ❖ **Gaamoune, S.(2010).** *Le rôle des biofilms d'algues dans les traitements biologiques des eaux*. Magistère en Biologie végétale, option : Valorisation des ressources végétales Université Sétif. Algérie.109 pages
- ❖ **Genin,B. Chauvin,C et Ménard,F. (2003).** *Cours d'eau et indices biologiques : pollution – méthodes – IBGN*. (2<sup>e</sup> éd). Educargi édition, Dijon. France. 224 pages
- ❖ **Google Earth 6.0.1.2032 (beta)**
- ❖ **Goterman, H-L. (1995).** *Toxico cinétique de trois polluants métalliques majeurs chez la truite arc-en-ciel (Salmo gairdneri), le chrome, le cuivre et le zinc*. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle Université de Claude Bernard. Lyon. France. Pp 25.
- ❖ **Grosclaude, G. (1999).** *L'eau : Tome II usage et polluants*. Volume 1. INRA. Paris. France.
- ❖ **Hade, A. (2007).** *Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger*. Edition Fides. Bibliothèque national du Québec. Canada
- ❖ **Hasly, C. et Leclerc, H. (1993).** *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Edition Lavoisier. Paris. France. 495 pages.

- ❖ **Hazourli, S. Boudiba, L. et Ziati, M. (2007).** *Caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba.* Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n° 06. Décembre 2007. Algérie. Pp 45-55.
- ❖ **Hazzab, A. (2011).** *Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie.* Académie des sciences. Published by Elsevier Masson Sas. C.R.Géoscience 343 (2011). France. Pp 20-31.
- ❖ **Hertig, J-A et Fallot, J-M. (2006).** *Etude d'impact sur l'environnement.* 2eme édition. volume 23. Presses polytechnique et universitaires romandes. 544 pages
- ❖ **Idrissi, L. (2006).** *Etude et développement de nouvelles méthodes électrochimiques pour la détermination des ions orthophosphate, nitrite, nitrate et ammonium.* Thèse de doctorat en Chimie (Spécialité : Chimie analytique). Université Mohammed V-AGDAL. Rabat. Maroc. 146 pages
- ❖ **Journal officiel des Communautés européennes (JOCE),. (1998).** JOCE n° L 330 du 5 décembre 1998, *Directive n° 98/83/CE du 03/11/98 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.* L'Office des publications de l'Union européenne.
- ❖ **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA),.(2003).** *Loi n°03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.* Imprimerie Officielle. Les Vergers: Bir-Mourad Raïs. Alger. Algérie
- ❖ **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA),.(2006).** *Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'Eléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées.* Imprimerie Officielle. Les Vergers: Bir-Mourad Raïs. Alger. Algérie
- ❖ **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA),.(2011).** *Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine..* Imprimerie Officielle. Les Vergers: Bir-Mourad Raïs. Alger. Algérie
- ❖ **Journal Officiel de la République Française (JORF),.(2002).** *Arrêté conjoint du ministre de l'équipement et du ministre chargé de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement n°1275-02 du 17 octobre 2002 définissant la grille de qualité des eaux de surface, Bulletin du 5 décembre 2002.* France
- ❖ **Kadi, A. (1997).** *La gestion de l'eau en Algérie.* Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 42(2). France. 8 pages

- ❖ **Kao, T. El Mejahed, K. et Bouzidi, A. (2007).** *Evaluation de la pollution métallique dans les sols agricoles irrigués par les eaux usées de la ville de Settat (Maroc)*. Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat. section Sciences de la Vie. 2007. n°29. Pp 89-92.
- ❖ **Kebich, M. Benabid, C et Adjal, F. (1999).** *Pollution des eaux superficielles dans un climat semi-aride : la région de Sétif (Algérie)*. Sécheresse. Volume 10. Numéro 2. Juin 1999. Pp 137-142.
- ❖ **Kebich, M. Benabid, C et Adjal, F. (2001).** *L'utilisation de la végétation comme bio-indicateur de la pollution fluorée dans la région de Sétif (Algérie)*. *Annales de Géographie*. 110.n°617. Pp 90-101
- ❖ **Kettab, A. (2000).** *Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision*. Published by Elsevier B.V. *Desalination 136 (2001) 25–33*.
- ❖ **Khadraoui, (2007).** *Eau et impact environnemental dans le Sahara Algérien*. Algérie 299 pages
- ❖ **Lacaze, J.-C. (1996).** *L'eutrophisation des eaux marines et continentales*. Éditions Ellipse. Paris. France. 191 pages.
- ❖ **Lamy, M. (1995).** *L'eau de la nature et des hommes*. Collection « Scieteren ». Presse universitaire de Bordeaux. France. P 170
- ❖ **Lynch, J. (2001).** *Analyse physico-chimique des catalyseurs industriels : Manuel pratique de caractérisation*. Edition Technip. Paris. France
- ❖ **Maazouzi, A. Ketteb, A et Badri, A. (2007).** *Etude de procédés de filtration sur sable de la région de Béchar en pré traitement de l'eau potable*. Published by Elsevier B.V. *Desalination 206 (2007)*. Pp 358-368.
- ❖ **Mc Neely, R-N. Neimainis, V-P. et Dwyer, L. (1980).** *Référence sur la qualité des eaux, Guide des paramètres de la qualité des eaux environnements*. Canada. Direction de la qualité des eaux, Ottawa. Canada.
- ❖ **Meinck, F. Stooff H., Kohlschütter, H. (1977).** *Les eaux résiduaires industrielles*. 2<sup>ème</sup> édition Masson, paris, 863p.
- ❖ **Melquiot, P. (2003).** *1.100 Mots et abréviations de l'environnement et développement durable*. Recyconsulte. Lyon. France. 190 pages
- ❖ **Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), (2005).** *Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement 2005*. Algérie. 490 pages.
- ❖ **Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEPQ), (2002).** *Suivie de la qualité des rivières et petit cours d'eau*. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Canada.

- ❖ **Ministère du Développement Durable, de L'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEPQ),. (2008).** *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités.* Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Canada. 58 pages
- ❖ **Montgomery,J-M.(1985).** *Water treatment principles and design.* Edition Hardback. New York. USA. 696 pages.
- ❖ **Nisbet, M. et Verneau, J. (1970).** *Composantes chimiques des eaux courantes.* Ann. Limnol. T 6 Fasc., 2 : 161–190.
- ❖ **L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS),.(2004).** *Guidelines for Drinking Water Quality.* vol. 1. 3rd edn. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- ❖ **L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS),.(2006).** *Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable.* Genève. Suisse.
- ❖ **Ould Mohamedou, E. Lebkiri, A. Rifi E-H. Lebkiri, M. Fadli, M. Pontie, M. Ould Mohamedou, A-K. et Fagel, M-L. (2008).** *Typologie physico-chimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal au niveau de la ville de Rosso (Mauritanie).* Afrique SCIENCE 04 (3). 2008. Pp 394 - 409
- ❖ **Queneau, P et Hubert, J. (2009).** *Place des eaux minérales dans l'alimentation.* Rapport de l'académie national de médecine. Société française de l'hydrologie et climatologie médicale. France. Pp 175-220
- ❖ **Ramade, F. (1983).** *Elément d'écologie : écologie appliquée (3<sup>em</sup> éd.).* Edition McGraw-Hill. Paris. France. 454 pages
- ❖ **Ramade, F. (1993).** *Dictionnaire encyclopédique de l'ecologie et des sciences de l'environnement.* Edition Edisciences international. Paris. France
- ❖ **Ramade,F.(2000).***Dictionnair !e encyclopédique des pollutions.* Edition Ediscence international. Paris. France. 704 pages
- ❖ **Reichl.,(2004).** *Guide pratique de toxicologie.(1<sup>er</sup>éd.).* DeBoeck université. Bruxelles. Belgique
- ❖ **Remini, B. (2003).** *Problématique de l'eau en Algérie.* Ed : Office des publications universitaires. Algérie. Pp 33-86
- ❖ **Remini,B. (2010).** *La problématique de l'eau en Algérie.* Larhyss Journal. ISSN 1112-3680.n° 08.Juin 2010. Algérie. Pp 27-46
- ❖ **Richard, C. (1996).** *Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux.* Collection « Option Bio ». Edition scientifique et médicales Elsevier. Paris France. Pp 32-34

- ❖ **Rodier, J. (1984).** *L'analyse de l'eau « eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer »*. Bordas. Paris. France
- ❖ **Rodier, J. (1996).** *L'analyse de l'eau « eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer »* (8e édition) .Dunode . Paris. France. 1434 pages
- ❖ **Rodier, J. (2005).** *L'analyse de l'eau « eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer »*. Dunode. Paris. France
- ❖ **Salamon, J-N. (2003).** *Danger pollution!*. Collection « Scieteren ». Presse universitaire de Bordeaux. Pessac. France. Pp 46-47
- ❖ **URBA Sétif, Centre d'étude et réalisation en urbanisme. (2010).** *PDAU Intercommunale : Sétif, Ain Arnet, Mezloug, Guedjel, Ouled Saber, Beni Fouda, El Ouricia et Ain Abessa*. Rapport de présentation. Phase I: Diagnostic et proposition. Direction de l'urbanisme et de construction. Sétif. Algérie.
- ❖ **Vaubourdolle, M. (2007).** *Toxicologie, Sciences Mathématiques, physiques et chimiques*. 3ème édition. Collection « Le Moniteur ». Edition Woltres Kluwer S.A. Paris. France
- ❖ **Vierling, E. (2008).** *Aliment et boissons : filière et produit*. 3ème édition. Doin éditeur. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. France. Pp 230.
- ❖ **Zouaoui, L. (2003).** *Projet de Réhabilitations de l'Oued Bousselam*. Laboratoire santé et environnement des hautes plaines Sétifiens. Faculté de médecine. Université Ferhat Abbas –Sétif- .Algérie

Annexe

**Tableau.39 : lieux, coordonnées, dates et l'heure de prélèvement pour les eaux de surface**

N°	Lieux (Stations)	Coordonnées	Date	Heure
S1	<b>Oued Gessas</b>	Latitude : 36°16'02.99"N Longitude : 5°22'11.70"E	14-04-2010	18 :00
			11-05-2010	18 :40
			15-06-2010	18 :45
			-	-
S2	Après les rejets de <b>Farmatou</b>	Latitude : 36°12'24.25"N Longitude : 5°22'51.32"E	14-04-2010	18 :15
			11-05-2010	18 :50
			15-06-2010	19 :00
			12-07-2010	18 :55
S3	Après les rejets du village de <b>Chouf lekdad</b> et l'unité de <b>ERAD</b>	Latitude : 36°12'1.94"N Longitude : 5°22'47.44"E	14-04-2010	18 :25
			11-05-2010	19 :05
			15-06-2010	19 :10
			12-07-2010	18 :50
S4	Après les rejets de <b>la ville de Sétif</b>	Latitude : 36°11'24.03"N Longitude : 5°22'39.42"E	14-04-2010	18 :45
			11-05-2010	19 :27
			15-06-2010	18 :10
			12-07-2010	19 :08
S5	<b>Mezloug</b> (Après l'unité de fabrication laitières + rejets urbains) à la sortie du village	Latitude : 36°05'53.60"N Longitude : 5°19'25.67"E	13-04-2010	17 :50
			11-05-2010	17 :15
			15-06-2010	17 :20
			12-07-2010	17 :25
S6	<b>Hammam Ouled Yelles</b> (A la sortie du village)	Latitude : 36°03'55.64"N Longitude : 5°14'43.15"E	13-04-2010	18 :05
			11-05-2010	17 :35
			15-06-2010	17 :30
			12-07-2010	17 :40
S7	<b>Avant le rejet de l'oued Bouselam dans le barrage d'Ain Zada</b> (croisement de l'oued avec RN°5)	Latitude : 36°05'51.93"N Longitude : 5°10'40.50"E	13-04-2010	18 :25
			11-05-2010	17 :55
			15-06-2010	17 :50
			12-07-2010	18 :00

**Tableau.40: lieux, coordonnées et dates de prélèvement pour les eaux des forages des mosquées étudiées**

N°	Mosquées	Coordonnées	Date
M1	<b>Hamza Ben Abd Elmoutalib</b> (cité Tebinet)	Latitude : 36°11'13.23"N Longitude : 5°25'51.45"E	04-02-2010
			04-03-2010
			08-04-2010
			06-05-2010
			10-06-2010
M2	<b>Mohamed El-Ghazali</b> (Cité El Hchama)	Latitude : 36°12'14.91"N Longitude : 5°26'19.95"E	04-02-2010
			04-03-2010
			08-04-2010
			06-05-2010
			10-06-2010
M3	<b>Fodil El Ouartilani</b> (Cité Tlidjen)	Latitude : 36°11'3.21"N Longitude : 5°24'52.03"E	04-02-2010
			04-03-2010
			08-04-2010
			06-05-2010
			10-06-2010
M4	<b>Houdaifa Ben Elyamani</b> (cité 300 logts)	Latitude : 36°11'26.43"N Longitude : 5°26'48.15"E	03-02-2010
			03-03-2010
			07-04-2010
			05-06-2010
			09-06-2010
M5	<b>El Bachir Ebrahimi</b> (Mezloug)	Latitude : 36°06'28.64"N Longitude : 5°20'13.73"E	03-02-2010
			03-03-2010
			07-04-2010
			05-06-2010
			09-06-2010
M6	Mosquée de <i>la cité S'fiha</i>	Latitude : 36°10'10.69"N Longitude : 5°23'31.47"E	03-02-2010
			03-03-2010
			07-04-2010
			05-06-2010
			09-06-2010
M7	<b>El-Qoudss</b> (Farmatou)	Latitude : 36°13'37.03"N Longitude : 5°23'40.33"E	03-02-2010
			03-03-2010
			07-04-2010
			05-06-2010
			09-06-2010

## METHODES D'ANALYSES

### ▪ L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

L'analyse se fait par la méthode spectroscopique (ISO N°7150) :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml du réactif I
- Ajouter 4 ml du réactif II
- Compléter à 50 ml avec  $\text{H}_2\text{O}$  distillée
- Attendre 1h30 (l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de  $\text{NH}_4^+$ )
- Passer au spectrophotomètre U.V visible (HACH- DR 2500).
- Effectuer la lecture à 665 nm

### ▪ La matière organique (MO)

L'analyse se fait par la méthode volumétrique (Afnor T 90-050):

- Prendre 100 ml d'eau à analyser
- Ajoute 5 ml d'acide sulfurique 1V/ 3V ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Porter à ébullition pendant 1mn sur la plaque chauffante
- Ajouter 15 ml de permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ) à 0,01N
- Laisser bouillir pendant 10 mn
- Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0,01 N
- Titrer à chaud avec  $\text{KMnO}_4$  à 0,01N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose claire.
- Lecture de la valeur de  $\text{KMnO}_4$  utilisé

Pour exprimer la quantité de la matière organique qui se trouve dans l'eau on a la formule suivante :

$$\text{MO} = (\text{V}_{\text{Ech}} - \text{V}_0) \times \text{F} \times 0,8$$

D'où:

- $\text{V}_{\text{Ech}}$ : Volume de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01N (échantillon)
- $\text{V}_0$ : Volume de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01N (blanc : eau distillée)
- F : Facteur de correction de la solution de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01N

Donc :

$$\text{MO} = (\text{V}_{\text{Ech}} - 1) \times 0,9 \times 0,8 \text{ mg/l}$$

### ▪ Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

L'analyse se fait par la méthode spectroscopique (ISO N° 6878):

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique à 10%

- Ajouter 2 ml de réactif mixte  $\text{PO}_4^{3-}$
- Attendre 10 mn (l'apparition d'un trouble indique la présence de  $\text{PO}_4^{3-}$ )
- Passer au spectrophotomètre U.V visible
- Effectuer la lecture à 880 nm

#### ▪ **Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )**

L'analyse se fait par la méthode spectroscopique : (Méthode Allemande : Mr.KERN)

- Prendre 10 ml d'eau à analyser, puis compléter à 50 ml avec de l'eau distillée
- Ajouter 2,5 ml de la solution stabilisante
- Ajouter 1 ml de chlorure de baryum
- Agiter énergiquement sur un agitateur électrique pendant 1min (apparition d'un trouble)
- Passer au spectrophotomètre U.V visible
- Effectuer la lecture à 530 nm.

Pour exprimer la quantité des sulfates qui se trouve dans l'eau en mg/l, on a la formule suivante :  $\text{SO}_4^{2-} = \text{la valeur lu sur l'écran du spectro X Facteur de dilution}$  mg/l

D'où: Facteur de dilution : 05

#### ▪ **Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

L'analyse se fait par la méthode spectroscopique (**Rodier 84**):

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte  $\text{NO}_2^-$
- Attendre 5 mn (l'apparition de la coloration rose indique la présence de  $\text{NO}_2^-$ )
- Passer au spectrophotomètre U.V visible
- Effectuer la lecture à 543 nm

#### ▪ **Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )**

L'analyse se fait par la méthode spectroscopique (**Rodier 71**) :

- Prendre 10 ml de l'eau à analyser
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium
- Laisser évaporer à sec dans une étuve à une température de 85°C
- Laisser refroidir
- Ajouter 2 ml d'acide sulfurique concentré
- Laisser reposer 10 mn
- Ajouter 15 ml d'eau distillée
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium
- Passer au spectrophotomètre U.V visible
- Effectuer la lecture à 420 nm

### ▪ Le titre alcalimétrique complet (TAC)

L'analyse se fait par la méthode volumétrique :

- Prendre 25ml d'eau à analyser
- Ajouter 3 à 4 gouttes de méthyle orange
- Titrer avec l'acide chlorhydrique à 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge orange
- Noter le volume (V) de l'acide employé.

Pour exprimer la quantité de TAC qui se trouve dans l'eau en degré français (F°) on a la formule suivante :

$$\text{TAC} = V(\text{HCl}) \times 20 \quad \text{F}^\circ$$

### ▪ La dureté (TH)

L'analyse se fait par la méthode volumétrique :

- Prendre 25ml d'eau à analyser
- Ajouter une pincée de Noir Erichrome T (donne une couleur violette à la solution).
- Titrer avec l'E.D.T.A à 0,02N jusqu'à l'obtention d'une couleur bleu.
- Noter le volume (V<sub>1</sub>) de l'E.D.T.A employé.

Pour exprimer la quantité de TH qui se trouve dans l'eau en degré français (F°), on a la formule suivante :

$$\text{TH} = V(\text{E.D.T.A}) \times 4 \quad \text{F}^\circ$$

### ▪ Le calcium (Ca<sup>++</sup>)

L'analyse se fait par la méthode volumétrique (ISO N° 6058):

- Prendre 25ml d'eau à analyser
- Ajouter 1ml d'hydroxyde de sodium à 2N
- Ajouter une pincée de Murexide (donne une couleur rose à la solution).
- Titrer avec l'E.D.T.A à 0,02N jusqu'à l'obtention d'une couleur mauve (virage vers le violet).
- Noter le volume (V<sub>2</sub>) de l'E.D.T.A employé.

Pour exprimer la quantité de Ca<sup>++</sup> qui se trouve dans l'eau en mg/l, on a la formule suivante :

$$\text{Ca}^{++} = V(\text{E.D.T.A}) \times (0,02 \times 20 \times 40,08) \quad \text{mg/l}$$

### ▪ L'alcalinité :

Pour exprimer la quantité l'alcalinité (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) qui se trouve dans l'eau en mg/l, on a la formule suivante :

$$\text{HCO}_3^- = V(\text{TAC}) \times 12,2 \quad \text{mg/l}$$

### ▪ Le chlorure (Cl<sup>-</sup>)

L'analyse se fait par la méthode volumétrique (**Afnor T 90-014**):

- Prendre 5ml d'eau à analyser
- Ajouter 3 gouttes de bicarbonates de potassium (KMnO<sub>2</sub>) (donne une couleur jaunâtre à la solution).
- Titrer avec nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) à 0,01N jusqu'à l'obtention d'une couleur rouge brique).
- Noter le volume (V) d'AgNO<sub>3</sub> employé.

Pour exprimer la quantité de chlorure qui se trouve dans l'eau en mg/l, on a la formule suivante :

$$\text{Cl}^- = V (\text{AgNO}_3) \times 63,9 \text{ mg/l}$$

### ▪ Le magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

Pour exprimer la quantité l'alcalinité (Mg<sup>2+</sup>) qui se trouve dans l'eau en mg/l, on a la formule suivante :

$$\text{Mg}^{2+} = (V_1 - V_2) \times 9,722 \text{ mg/l}$$

D'où:

V<sub>1</sub> : volume de TH en ml

V<sub>2</sub> : volume de Ca<sup>++</sup> en ml

### ▪ Le fer total

L'analyse se fait par la méthode spectroscopique: (**ISO N° 6332**)

- Prendre 50 ml de l'eau à analyser
- Ajouter 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement
- Ajouter 2 ml de tampon acétate
- Ajouter 2ml de la solution 1,10 de phénanthroline
- Conserver la préparation à l'obscurité pendant 15 min
- Passer au spectrophotomètre U.V visible
- Effectuer la lecture à 510 nm

**Tableau.41 : Composition des réactifs utilisés pour l'analyse des eaux**

<b>Paramètres</b>	<b>Réactifs</b>	<b>Compositions</b>
<b>La matière organique : (MO)</b>	Solution d'acide oxalique à 0,1 N	6,3033g de $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ + 50ml de $H_2SO_4$ + 1000 ml $H_2O$ distillée
	Solution d'acide oxalique à 0,01 N	100 ml de $C_2H_2O_4$ à 0,01 N+ 50ml de $H_2SO_4$ concentré + 1000 ml $H_2O$ distillée
	Solution d'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ )	1volume de $H_2SO_4$ + 3 volumes de $H_2O$ distillée
	Solution de permanganate de potassium ( $KMnO_4$ ) à 0,1N	3,1608g de $KMnO_4$ + 1000 ml de $H_2O$ distillée bouillante
	Solution $KMnO_4$ à 0,01N	100 ml de solution $KMnO_4$ à 0, 1N+ 1000ml de $H_2O$ distillée
<b>L'Ammonium (<math>NH_4^+</math>)</b>	Réactif I	2 g d'acide dichloroisocyanurique + 32 g d'hydroxyde de sodium + 1000ml de $H_2O$ distillée
	Réactif II (coloré)	130g de tricitrate de sodium + 130 g de Salicylate de sodium +0,97g de nitropruciate de sodium+ 1000 ml $H_2O$ distillée
<b>Le phosphate : (<math>PO_4^{3-}</math>)</b>	Réactif mixte $PO_4^{3-}$	A) 13g de Heptamolybdate d'amonium + 100 ml $H_2O$ distillée B) 0,35 g de Tratratre d'antimoine + 100 ml $H_2O$ distillée C) 150 g d'acide sulfurique pur +150 ml $H_2O$ distillée A+B+C $\longrightarrow$ 500 ml $H_2O$ distillée
<b>Les nitrites : (<math>NO_2^-</math>)</b>	Réactif mixte $NO_2^-$	40g de sulfanilamide + 100 ml d'acide phosphorique + 2g de N-1-Naphty éthylène diamine + 1000 ml $H_2O$ distillée
<b>Les nitrates : (<math>NO_3^-</math>)</b>	Solution de salicylate de sodium à 0,5%	0,5g de salicylate de sodium dans 100 ml $H_2O$ distillée (Renouvelable toutes les 24h)
	Solution d'hydroxyde de sodium 30%	30 g de NaOH dans 100 ml $H_2O$ distillée
	Solution de tartrate double de sodium et de potassium	400g de NaOH + 60 g de tartrate de potassium $\longrightarrow$ laissé refroidir et compléter à 1000 ml avec $H_2O$ distillée
<b>Le fer total</b>	Tampon acétate	Dissoudre 40 g d'acétate d'ammonium ( $CH_3COONH_4$ ) dans l'eau+50ml d'acide acétique
	Chlorhydrate d'hydroxylamine	Dissoudre 10 g de Chlorhydrate d'hydroxylamine ( $NH_4OCl$ ) dans l'eau distillée et compléter à 100 ml
	Solution 1,10 de phénthroline	Dissoudre 0,5 mg de phénthroline 1,10 monohydraté ( $CH_2H_8 \cdot H_2O$ )
<b>Les sulfates</b>	Solution stabilisante	60 ml d'acide chlorhydrique (c) + 200 ml d'éthanol + 150g de chlorure de sodium + Q.S.P 1000ml d'eau distillée
	Solution de chlorure de baryum	150g de chlorure de baryum + 5ml d'acide chlorhydrique + Q.S.P 500ml d'eau distillée

Tableau.42 : La grille de qualité des eaux de surfaces (JORF, 2002) :

			CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4	CLASSE 5
Paramètres		Unités	Excellente	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
<b>Organoleptiques</b>							
1	Couleur (échelle Pt)	mg Pt/L	<20	20-50	100-200	50-100	>200
2	Odeur (dilu à 25° C)		<3	3-10	10-20	>20	-
<b>Physico-chimiques</b>							
3	Température	°C	<20	20-25	25-30	30-35	>35
4	PH		6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,2	<6,5ou>9,2	<6,5ou>9,2
5	Conductivité à 20° C	µS/cm	<750	750-1300	1300-2700	2700-3000	>3000
6	Chlorures (Cl-)	mg/l	<200	200-300	300-750	750-1000	>1000
7	Sulfates (SO4-)	mg/l	<100	100-200	200-250	250-400	>400
8	MES	mg/l	<50	50-200	200-1000	1000-2000	>2000
9	O2 dissout	mg/	>7	7-5	5-3	3-1	<1
10	DBO 5	mg/l	<3	3-5	5-10	10-25	>25
11	DCO	mg/l	<30	30-35	35-40	40-80	>80
12	Oxydabilité KMnO4	mg/l	≤2	2-5	5-10	>10	-
<b>Substances Indésirables</b>							
13	Nitrates (NO3-)	mg/l	≤10	10-25	25-50	>50	-
14	NTK	mgN/ l	≤1	1-2	2-3	>3	-
15	Ammonium	mgNH4/l	≤0,1	0,1-0,5	0,5-2	2-8	>8
16	Baryum	mg/l	≤0,1	0,1-0,7	0,7-1	>1	-
17	Phosphates (PO4- -)	mg/l	≤0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-5	>5
18	P total (Pt)	mg/l	≤0,1	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-3	>3
19	Fe total (Fe)	mg/l	≤0,5	0,5-1	1-2	2-5	>5
20	Cuivre (Cu)	mg/l	≤0,02	0,2-0,5	0,05-1	>1	-
21	Zinc (Zn)	mg/l	<0,5	0,5-1	1-5	>5	-
22	Manganèse (Mn)	mg/l	≤0,1	0,1-0,5	0,5-1	>1	-
23	Fluorure (F-)	mg/l	≤0,7	0,7-1	1-1,7	>1, 7	-
24	Hydrocarbures	mg/l	≤0,05	0,05-0,2	0,2-1	>1	-
25	Phénols	mg/l	≤0,001	0,01-0,05	0,05-0,1	>0,01	-
26	Détergents anioniques	mg/	1 ≤0,2	≤0,2	0,2-0,5	0,5-5	>5
<b>Substances Toxiques</b>							
27	Arsenic (As)	ug/l	≤10	≤10	10-50	>50	-
28	Cadmium (Cd)	ug/l	≤3	≤3	3-5	>5	-
23	Cyanures (CN-)	ug/l	≤10	≤10	10-50	>50	-
30	Chrome total (Cr)	ug/l	≤50	≤50	≤50	>50	-
31	Plomb (Pb)	ug/l	≤10	≤10	10-50	>50	-
32	Mercure (Hg)	ug/l	≤1	≤1	<1	>1	-
33	Nickel (Ni)	ug/l	≤20	≤20	20-50	>50	-
34	Sélénium (Se)	ug/l	≤10	≤10	≤10	>10	-
35	Pesticides par subst	ug/l	≤0,1	≤0,1	≤0,1	>0,1	-
36	Pesticides totaux	ug/l	≤0,5	≤0,5	≤0,5	>0,5	-
37	H.P.A. totaux	ug/l	≤0,2	≤0,2	≤0,2	>0,2	-