

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

جامعة سعد دحلب البليدة

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA



FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BIOLOGIQUES

Mémoire de Fin d'Etude en vue de l'obtention du Diplôme de Master en
Biologie

OPTION : Restauration des écosystèmes aquatiques continentaux

Thème :

**Analyses physico-chimiques et
bactériologiques des eaux du lac inférieur du
barrage de Zéralda (Wilaya de Tipaza)**

Présenté par :

OULD MOHAMED WAFFA MERIEM

Date de soutenance : 17/12/2013

Présenté devant le Jury

Mr BOUKERZI H.....Maître Assistant à USDB Président de Jury

Mr LARBI DOUKARA K Maître Assistant à USDBExaminateur

Mme AMAROUCHE NMaître Assistante à USDBExaminatrice

Mme KHEDDAM HMaître Assistante à USDBPromotrice

Année universitaire : 2012/2013

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier Dieu pour sa clémence et qui m'a donné le courage, la volonté et surtout la santé pour réaliser ce modeste travail.

C'est un plaisir autant qu'un devoir d'exprimer ma gratitude à toutes les personnes ayant contribué, chacune à sa manière, pour le bon déroulement de ma formation.

Mes vifs remerciements à ma promotrice Mme KHEDDAM H d'avoir accepté de m'encadrer dans la réalisation de ce mémoire, et de proposer ce sujet d'une valeur scientifique.

Mes sincères et grâces s'adressent à Mr BOUKERZI H d'avoir fait l'honneur de présider la séance de ma soutenance tout en lui adressant mes respectueuses considérations.

Je tiens à remercier l'examineur Mr LARBI DOUKARA K qui a aimablement accepté de faire partie de mes jurys de thèse. Sincères remerciements.

Tous mes remerciements vont à Mme AMAROUCHE N qui m'accorde l'honneur d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier Mr HMIDA directeur de laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida.

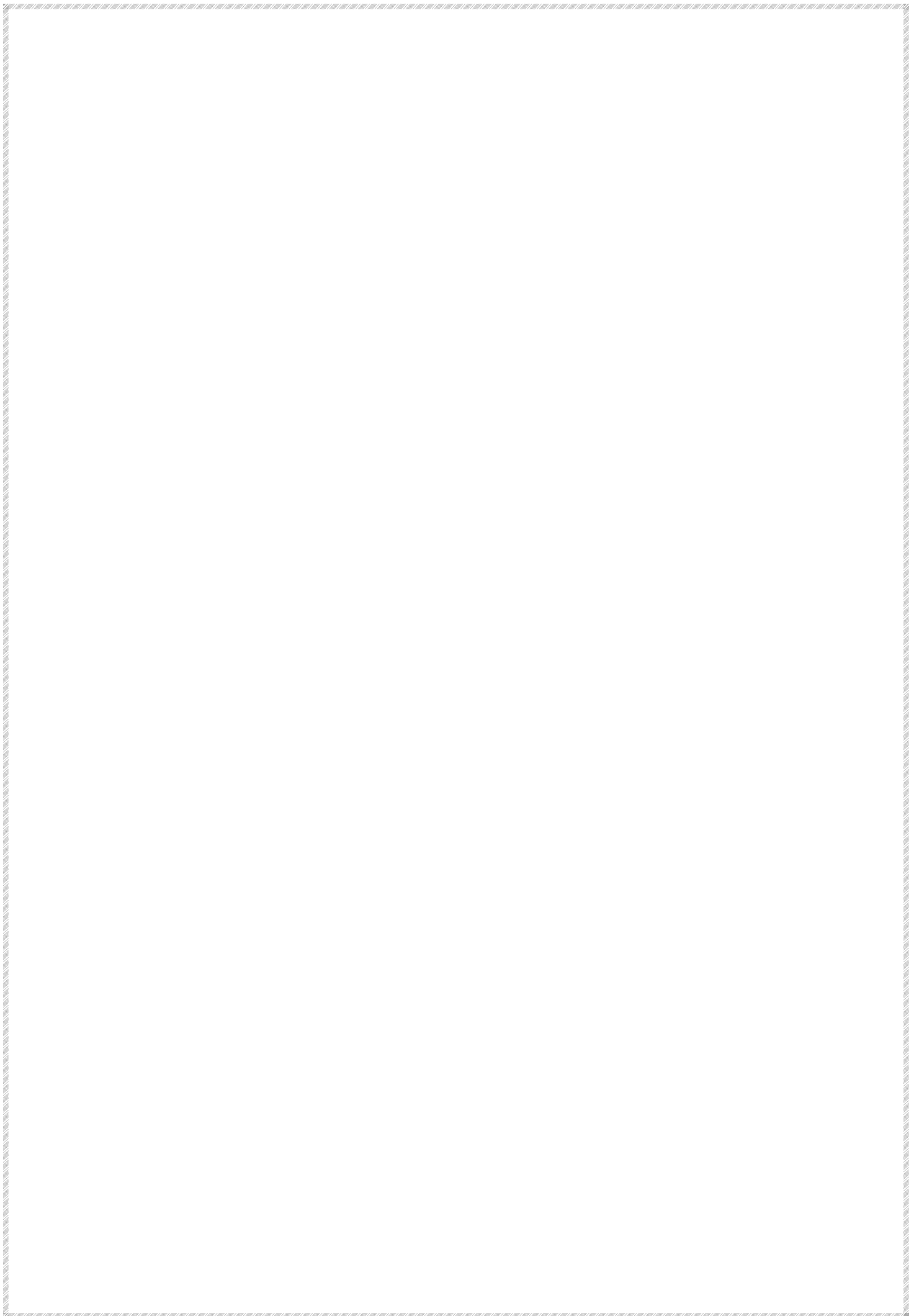
Mes infiniment remerciements vont à Mr DJAMEL pour son aide précieuse, sa gentillesse, sa dynamique, et sa disponibilité. Sincères remerciements.

Mes remerciements sont également adressés aux personnels de laboratoire de l'A.D.E et les personnels de la réserve de chasse de Zéralda.

Je tiens à remercier tous les enseignants de département de biologie qui j'ai l'honneur de les rencontrer et être parmi eux pendant mes études.

Je remercie encore tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin dans la réalisation de ce modeste travail.

Waffa



Dédicace

Je dédie ce projet de fin d'étude :

A la prunelle de mes yeux :

- *Ma chère grand mère pour sa gentillesse, son affection, sa douceur, sa tendresse, ses encouragements éternels et sans elle rien n'aurait pu être possible.*
- *Ma chère tante **TATA** pour son encouragement, sa patience, son aide continuel sur le long chemin de mes études et son soutien financier.*
- *A mes parents qui pu évoluer dans la vie, que dieu me les garde :*
Ceux qui m'ont veillé jours et nuit, pour m'avoir éduqué, orientée et guidé mes pas sur les sentiers de la réussite, aux prix de multiples sacrifices.
Ceux qui ont toujours cru en moi.
Ceux qui ont été a mes côtés dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.
- *pour la personne qui compte le plus au monde pour moi, mon époux **Mohamed** qui a été à mes côtés et ma soutenu durant tout le long de ce travail.*
- *A mes chers frères et je le souhaite beaucoup de bonheur et réussite dans leurs vies.*
- *A mes adorables sœurs : **Sarah et Amira***
- *A ma tante **Fatiha** et son époux **Djamel**, qui m'ont pas cessé de m'encourager, et a ses enfants.*
- *A tous mes cousins et mes cousines.*
- *A toute la famille **OULD MOHAMED** et la famille **BEN MEHDIA**.*
- *A ma copine **safia**, ma plus grande source de bonheur, j'espère que la vie lui réserve que le meilleur, et toute sa famille surtout ses parents.*
- *A mes chères amies : **Amat-Allah, Yasmine, nessma, affaf , fethhia**.*
- *A tous ceux qui m'aident pour réaliser ce modeste travail et à tous ceux qui m'aiment de pré et de loin.*
- *Tous qui m'ont enseigné durant mes études et à toute la promotion d'écosystème et environnement 2012/2013.*

Waffa

Liste des tableaux

Tableau I : les principaux oueds alimentant le barrage de Zéralda.

Tableau II : les paramètres essentiels du bassin inférieur.

Tableau III : pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle de la station de Staouali (1997-2007).

Tableau IV : valeurs des températures recueillies dans la région de Staouali (**O.N.M, 2007**)

Tableau V : caractéristiques des stations d'étude.

Tableau VI : dates de prélèvement et quelques conditions climatiques.

Tableau VII : valeurs de la température mensuelles en (C°) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau VIII : valeurs des pH mensuelles du lac de barrage de Zéralda.

Tableau IX : valeurs des conductivités électriques mensuelles en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) du lac de barrage de Zéralda.

Tableau X : valeurs de la turbidité mensuelle en NTU du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XI : valeurs mensuelles de matière organique en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XII : valeurs mensuelles des chlorures en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XIII : valeurs mensuelles des bicarbonates en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XIV : valeurs mensuelles des calciums en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XV : valeurs mensuelles des magnésiums en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XVI : valeurs mensuelles des sulfates en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XVII : valeurs mensuelles des nitrates en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XVIII : valeurs mensuelles des nitrites en (mg/l) de l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XIX : valeurs mensuelles de l'azote ammoniacal en (mg/l) du l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XX : valeurs mensuelles d'orthophosphate en (mg/l) du l'eau du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XXI : résultats des analyses bactériologiques des eaux du lac de barrage de Zéralda.

Tableau XXII : Les normes des eaux de surfaces.

Tableau XXIII : Table de MAC GRADY (NPP).

Liste des abréviations

- ADE** : Algérienne Des Eaux.
- ANBT** : Agence nationale des barrages et transferts.
- ASR** : Anaérobie sulfito-réducteur.
- BCPL** : Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol.
- C°** : Degré Celsius.
- CE** : Conductivité électrique.
- CF** : Coliformes fécaux.
- Cm** : Centimètre.
- CT** : Coliformes totaux.
- D/C** : Double concentration.
- EPA** : Eau peptonnée alcaline.
- GNAB** : Gélose nutritive alcaline et bilée.
- H** : Hektoen.
- Km** : Kilomètre.
- MES** : Matière en suspension.
- Mg** : Milligramme.
- ml** : Millilitre.
- Min** : Minute.
- MO** : Matière organique.
- NPP** : Nombre le plus probable.
- PH** : Potentiel d'hydrogène.
- S** : Station.
- S/C** : Simple concentration.
- SF** : Streptocoques fécaux.
- SFB** : Bouillon au sélénite de sodium.
- T°** : Température.
- VF** : Gélose viande foie.

Listes des figures

Figure 1 : situation géographique du barrage (D.G.F, 2002).

Figure 2 : les principaux oueds qui alimentent le barrage de la réserve de chasse de Zéralda. (Sadi, 2002).

Figure 3 : pluviométrie moyenne mensuelle de la région de Staouali (1997-2007).

Figure 4 : Diagramme ombrothermique de **Bagnols et Gaussen (1997-2007)**.

Figure 5 : climagramme d'Emberger de la région de Staouali (1997- 2007).

Figure 6 : localisation des quatre stations d'études sur le lac de barrage de Zéralda.

Figure 7 : station 1.

Figure 8 : station 2.

Figure 9 : station 3.

Figure 10 : station 4.

Figure 11 : variation des moyennes mensuelles de la température de l'eau (°C).

Figure 12 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la de la température de l'eau (°C).

Figure 13 : variation des moyennes mensuelles du pH.

Figure 14 : variation spatiale des moyennes mensuelles du pH.

Figure 15 : variation des moyennes mensuelles de la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Figure 16 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Figure 17 : variation des moyennes mensuelles de la turbidité de l'eau (NTU).

Figure18 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la turbidité de l'eau (NTU).

Figure19 : variation des moyennes mensuelles de la matière organique (mg/l).

Figure 20 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la de la matière organique (mg/l).

Figure 21 : variation des moyennes mensuelles des chlorures (mg/l).

Figure 22 : variation spatiale des moyennes mensuelles des chlorures (mg/l).

Figure 23 : variation des moyennes mensuelles des bicarbonates (mg/l).

Figure 24 : variation spatiale des moyennes mensuelles des bicarbonates (mg/l).

Figure 25 : variations des moyennes mensuelles du calcium (mg/l).

Figure 26 : variation spatiale du calcium (mg/l).

Figure 27 : variation des moyennes mensuelles du magnésium (mg/l).

Figure28: variation spatiale du magnésium (mg/l).

Figure29: variation des moyennes mensuelles des sulfates (mg/l).

Figure 30 : variation spatiale des moyennes mensuelles des sulfates (mg/l).

Figure 31 : variation des moyennes mensuelles des nitrates (mg/l).

Figure 32: variation spatiale des moyennes mensuelles des nitrates (mg/l).

Figure 33: variation des moyennes mensuelles des nitrites (mg/l).

Figure 34: variation spatiale des moyennes mensuelles des nitrites (mg/l).

Figure 35: variation des moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal en mg/l.

Figure 36 : variations spatiales des moyennes mensuelles de l'azote ammoniacal en mg/l.

Figure 37 : variation des moyennes mensuelles d'orthophosphate (mg/l).

Figure 38 : variation spatiale des moyennes mensuelles d'orthophosphate (mg/l).

Figure 39 : Les variations mensuelles des coliformes totaux.

Figure 40 : Les variations mensuelles des coliformes fécaux.

Figure 41 : Les variations mensuelles des streptocoques fécaux.

Figure 42 : Les variations mensuelles des salmonelles.

Figure 43 : Les variations mensuelles des vibrions cholériques.

Résumé

A fin d'évaluée la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac inférieur de barrage de Zéralda nous avons réalisés des prélèvements mensuelles effectués sur quatre stations selon la morphométrie de la cuvette du lac.

L'analyse physico-chimique effectuée au laboratoire de l'Unité Algérienne Des Eaux de Blida montre que le lac de barrage est dans un stade avancé de pollution dont la cause est l'impact des rejets des 5 oueds qui alimentent le lac de barrage.

L'analyse bactériologique des eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda effectuée au laboratoire d'hygiène de Blida révèle la présence des bactéries indicatrices de contamination fécales (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoque fécaux), et l'absence totale des salmonelles et des vibrions cholériques.

Mots clés :

Lac inférieur de barrage de Zéralda, analyse bactériologique, analyse physico-chimique, pollution.

Abstract

At evaluated the quality physicochemical and bacteriological of water of the lower reservoir of Zéralda we made monthly withdrawals on four stations according to the morphométrie of the bowl of the lake.

The physicochemical analysis performed in the laboratory of the Algerian Unit of Waters of Blida shows that the lake of dam is in an advanced stadium of pollution reason of which is the impact of the rejections of 5 wadis which feed the lake of dam.

The bacteriological analysis of waters of the lower lake of dam of Zéralda performed in the laboratory of hygiene of Blida reveals the presence of indicator bacteria of fecal contamination (total coliforms, fecal coliforms and fecal Streptococcus), and the total absence of salmonella and the vibrio cholera .

Key words:

Lower Lake of Zeralda, bacteriological analysis, physicochemical analysis, pollution.

ملخص

Sommaire

Résumé

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Liste des figures

INTRODUCTION.....01

Chapitre I : partie bibliographique

I - Présentation générale du lac de barrage.....	03
I.1.situation géographique.....	03
I.2.Caractéristiques du bassin inferieur du barrage.....	05
I.3.Géologie du site.....	05
I.4.Pédologie du site.....	05
I.5.Caractéristique climatique.....	05
a) Précipitations.....	06
b) Températures.....	07
I.5.1.Diagramme ombrothermique.....	07
I.5.2.Indice climatique d’Emberger.....	08
I.5.2.1.quotient pluviométrique d’Emberger.....	08
I.5.2.2.Climagramme d’Emberger.....	09
I.6.Faune et flore du barrage.....	10
I.6.1.Flore.....	10
I.6.2.Faune aquatique.....	10

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1.Choix et localisation des stations d’étude.....	11
II.2.Description des stations.....	11
II.3. Echantillonnage	14
II.4. Matériels.....	14
II.5. Méthodes.....	15
II.5.1.Les paramètres physico-chimiques.....	15
II.5.1.1.Mode de prélèvement et Transport.....	15

II.5.1.2. Les paramètres physiques.....	15
II.5.1.2.1. Température.....	15
II.5.1.2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	15
II.5.1.2.3. La conductivité électrique.....	16
II.5.1.2.4. La turbidité.....	16
II.5.1.3. Les paramètres chimiques.....	17
II.5.1.3.1. Les bicarbonates.....	17
II.5.1.3.2. Les chlorures.....	17
II.5.1.3.3. Les Sulfates.....	18
II.5.1.3.4. Le Calcium.....	19
II.5.1.3.5. Le Magnésium.....	20
II.5.1.4. Les sels nutritifs.....	20
II.5.1.4.1. Nitrites.....	20
II.5.1.4.2. Nitrates.....	20
II.5.1.4.3. L'azote ammoniacal.....	21
II.5.1.4.4. L'orthophosphate.....	22
II.5.2. Les paramètres microbiologiques.....	22
II.5.2.1. Mode de prélèvement.....	22
II.5.2.2. principaux germes recherchés dans les eaux naturelles.....	23
a- Les coliformes totaux (CT).....	23
b- Les coliformes fécaux (CF).....	23
c- Les streptocoques fécaux.....	23
d- Les salmonelles.....	24
e- Les vibrions cholériques.....	24
II.5.2.3. Méthodes d'examen microbiologique des eaux.....	24
II.5.2.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux....	24
II.5.2.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	26
II.5.2.3.3. Recherche des salmonelles.....	27
II.5.2.3.4. Recherche des vibrions cholériques.....	27

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Les paramètres physico-chimiques.....	29
III.1.1. Les paramètres physiques.....	29
III.1.1.1. Température.....	29

III.1.1. 2.Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	30
III.1.1.3.Conductivité électrique.....	31
III.1.1.4.La turbidité.....	33
III.1.2. Les paramètres chimiques.....	34
III.1.2.1.La matière organique.....	34
III.1.2.2. Chlorures.....	35
III.1.2.3.Bicarbonates.....	37
III.1.2.4.Calcium.....	38
III.1.2.5. Magnésium.....	40
III.1.2.6. Sulfates.....	41
III.1.3. Les sels nutritifs.....	42
III.1.3.1.Nitrates.....	42
III.1.3.2. Nitrites.....	43
III.1.3.3. L'azote ammoniacal.....	44
III.1.3.4. L'orthophosphate.....	46
III.2.Les paramètres microbiologiques.....	47
III.2.1.Les Coliformes Totaux.....	48
III.2.2.Les Coliformes Fécaux.....	48
III.2.3.Les Streptocoques Fécaux.....	49
III.2.4.Les Salmonelles.....	50
III.2.5.les vibrions cholériques.....	50
Conclusion.....	52

Références bibliographiques

Glossaire

Annexes

INTRODUCTION

L'eau n'est pas seulement indispensable à la vie, c'est également une grande présence culturelle, elle inspire les artistes, fait l'objet de recherches scientifiques et, dans beaucoup de traditions et de religions, elle est un élément indispensable du rituel (**Annan, 2006**).

Malgré son importance et son caractère souvent sacré, l'eau continue partout dans le monde à être gaspillée et souillée, dans les villes comme dans les campagnes. À ce jour, 18% de la population mondiale n'a pas l'eau potable; 40% n'ont pas de moyens d'hygiène élémentaires; chaque jour, les maladies causées par l'eau souillée font 6 000 morts, surtout des enfants (**Annan, 2006**).

L'Algérie est l'un des pays où la disponibilité de l'eau est limitée alors que les besoins sont en forte croissance par l'explosion démographique, le développement industriel et agricole ainsi que la sécheresse (**Tabet et Ghellai, 2004**). Pour faire face à cette pénurie, la construction de barrages semble être la solution la plus adaptée pour répondre aux différents besoins. Les lacs de barrages sont considérés comme une boîte noire où s'opèrent des entrées, des transferts, des stockages, des transformations et des exportations des populations bactériennes (**Dorioz et al., 2006**). Par ailleurs, ces lacs sont alimentés par les eaux de précipitation et de ruissellement provenant par les eaux des bassins versants. Ces apports enrichissent le milieu en éléments organiques et minéraux qui peuvent avoir un effet trophique ou toxique (micropolluants) (**Schorter, 2001**).

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines (**Painchaud, 1997**).

Il faut rappeler que l'eau qui est une source de richesse et bien-être pour l'homme, elle peut être la cause de pauvreté, de malnutrition et de famines, si elle venait à manquer ou si elle subit des altérations (**Bouziati, 2006**). Il semble donc que le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont indispensables pour la protection de l'environnement et de la santé des consommateurs.

En fait, rien n'est plus important que la qualité microbiologique d'une eau, car toutes sortes de maladies (fièvre typhoïde, choléra, maladie entérovirale, dysenterie bacillaire, dysenterie amibienne et de nombreuses variétés de maladies gastro-intestinales) peuvent être transmises par l'eau (**Barbe et al., 2003**).

C'est dans ce cadre nous avons entrepris ce travail dont le plan de travail s'articule autour de trois parties :

- La première partie est une approche bibliographique permettant de replacer les connaissances de bases et le contexte de l'étude.
- Seront présentés dans la deuxième partie du mémoire les principaux matériels et méthodes utilisés pour concrétiser l'expérimentation.
- La troisième partie est consacrée aux résultats obtenus ainsi que les interprétations et discussions qu'ils peuvent susciter.

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I
Partie bibliographique

Chapitre II
Matériels et méthodes

Chapitre III
Résultats et discussion

Conclusion

Références Bibliographiques

Annexes

Glossaire

لَبَّكُمُ الْمَلَكُوتِ



صَلَّى الْعَظِيمِ

I - Présentation générale du lac de barrage

I.1.Situation géographique

La réserve de chasse de Zéralda (réserve de chasse et de résidences officielles de la présidence), s'étend sur une superficie de 1034 ha. Elle est située à 30 km à l'ouest d'Alger, à 50 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de Tipaza et à 2 km de la mer. Elle se situe entre 36° 45' nord et 2° 53' est.

Ce site est formé de plaines, de collines et de vallons. La plaine constitue la caractéristique topographique du foret dont le plus haut sommet culmine à 190 m et est constitué de plusieurs versants entre lesquels se dessinent des vallons collectant les eaux de réception dévalant des versants environnants.

Le barrage de la réserve de chasse de Zéralda, se trouve à une altitude de 30 m est situé dans la partie sud de la ville de Mahelma (wilaya d'Alger), Il est formé de deux retenues : une supérieure naturelle, délimitée au nord par une digue et dotée d'un déversoir de crue qui alimente la deuxième retenue inférieure, destinée à la plaisance et à l'irrigation des espaces des résidences d'une surface de 20 ha. (Hocini et al., 1999).

Le barrage de Zéralda couvre une superficie de 25 ha. Il est situé entre les communes de : Zéralda, Mahelma, Soudania et Rahmania (Figure 1).

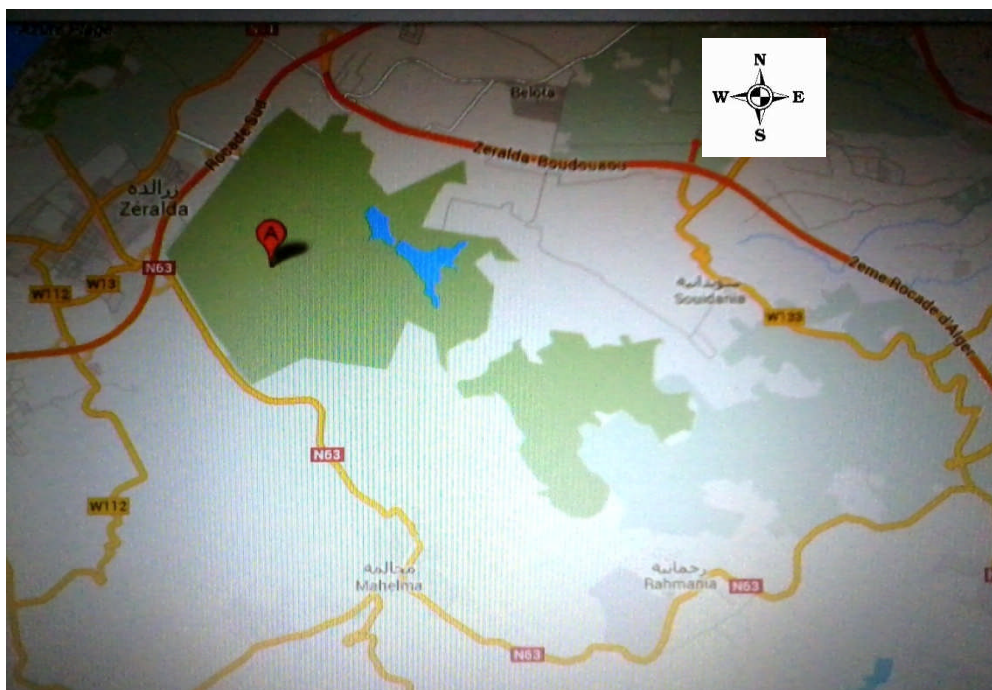


Figure 1 : situation géographique du barrage (D.G.F, 2002)

Cinq principaux oueds alimentent le barrage de la réserve de chasse de Zéralda dont la longueur et la surface sont représentés sur le tableau I et la figure 2.

La majorité de ces oueds est de type temporaire à débit faible. Le plus important est l'oued Larhat qui se déverse dans le barrage avec un débit de $4.85 \times 10^3 \text{ m}^3$ par an.

Tableau I: les principaux oueds alimentant le barrage de Zéralda. (Sadi, 2000).

Nom des oueds	Longueur (Km)	Surface (ha)
Oued el-haggar	191,00	2,16
Oued Bougandoura	0,62	1,72
Oued Sidi- Harrach	5,11	8,87
Oued Larhat	3,60	8,36
Oued Saf-Saf	2,25	4,52

(Sadi, 2000)

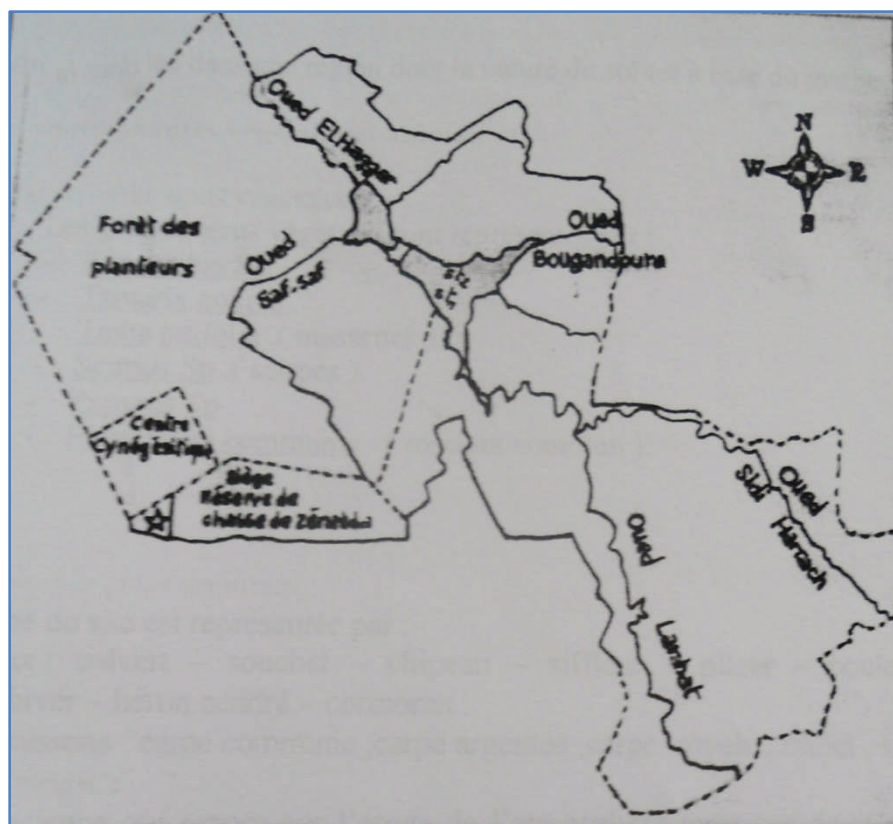


Figure 2 : les principaux oueds qui alimentent le barrage de la réserve de chasse de Zéralda.

(Sadi, 2002).

I.2. Caractéristiques du bassin inférieur du barrage

Dans notre travail nous s'intéressons uniquement à l'étude du bassin inférieur.

Les paramètres essentiels de ce dernier sont résumés dans le tableau II.

Tableau II: les paramètres essentiels du bassin inferieur.

Volume	600,000 m ³
Longueur en crête	150,00 m
Largeur en crête	4,00 m
Superficie	7,22 m ²
Profondeur maximale	7 m

I.3. Géologie du site

La réserve de chasse de Zéralda fait partie du sahel occidental d'Alger qui est un bourrelet côtier formé par un ensemble de croûtes comprises entre 50 m et 200 m d'altitude et s'étendant sur une distance de 70 km environ. Le sahel d'Alger date du tertiaire et du quaternaire, et représente un anticlinal formé au cours du pliocène et du miocène. (Sadi, 2002)

Les dépôts du pliocène sont représentés par des alluvions limoneux des vallées du sahel, alors que ceux du miocène occupent la majeure partie de la zone d'étude qui représente une couche alluviale épaisse de 100 à 250 m. ces dépôts sont formé de marnes bleues et d'argiles qui correspondent aux roches tendres, imperméable et faiblement résistantes ce qui favorise l'érosion de cette région. (Sadi, 2002)

I.4. Pédologie du site

Les principaux sols rencontrés dans la zone d'étude sont des sols bruns forestiers sur argiles et sur marnes et des sols rouges fersialitiques sur des grés et des sables. Ces sols permettent le développement du chêne liège et sont typiques à la région méditerranéenne. Ce sont en générale des sols profonds caractérisés par les trois horizons A, B et C. (Sadi, 2002)

I.5. Caractéristique climatique

Afin de bien décrire les milieux terrestres et aquatiques d'un bassin, il est important d'en préciser le climat. En effet, les zones physio-géographiques et le climat sont intimement liés.

Le climat de Zéralda reflète bien les caractéristiques du climat méditerranéen caractérisé par deux grandes saisons (A.N.B.T, 2002) (Figure 3) :

- une saison hivernale peu rigoureuse et assez pluvieuse, s'étalent de la fin de l'automne jusqu'au début du printemps;
- une saison estivale, chaude et sèche qui s'étend de la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été.

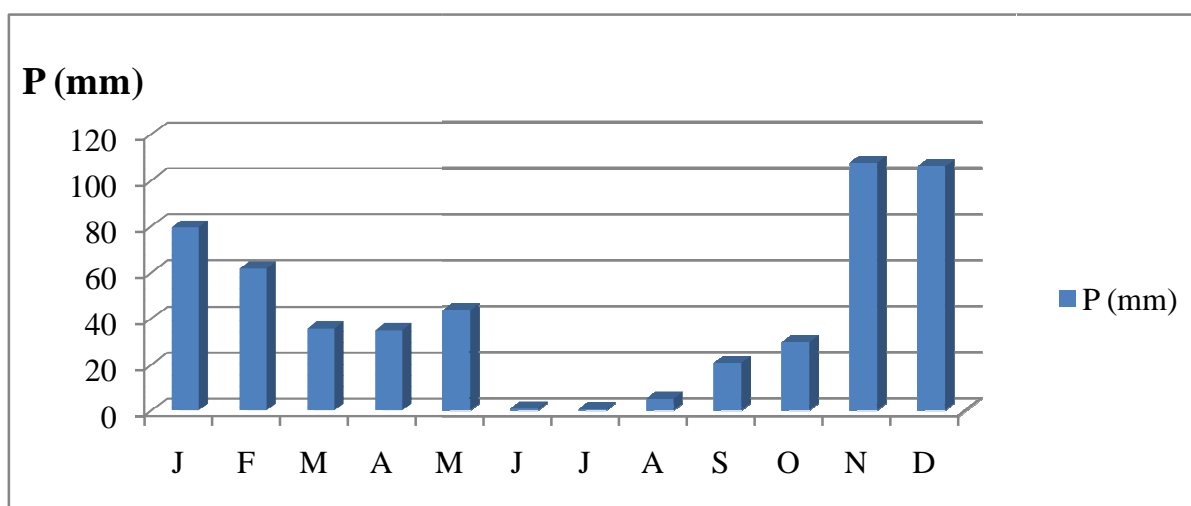


Figure 3: pluviométrie moyenne mensuelle de la région de Staouali (1997-2007) (A.N.B.T, 2002)

a) Précipitations

Les précipitations constituent un des facteurs climatiques qui conditionnent la répartition des espèces végétales et animales. En effet, l'eau influe directement sur la croissance de ces dernières (D.G.F, 2002).

Les données climatiques sont celle de la station météorologique la plus proche de notre zone d'étude (Staouali). (Tableau III)

Tableau III : pluviométrie moyenne mensuelle et annuelle de la station de Staouali (1997-2007).

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
P (mm)	79,51	61,77	35,67	34,96	43,39	0,81	0,50	5,10	20,70	29,64	107,52	105,91	<u>525,48</u>

La moyenne annuelle des précipitations est de **525.48 mm**, répartie sur plusieurs jours de la période pluviale.

b) Températures :

Les êtres vivants en général, ne peuvent vivre que dans un intervalle de température qui est déterminé par les limites de tolérance, hors des quels ils sont amenés à disparaître. (Dajoz, 2000).

Tableau IV : valeurs des températures recueillies dans la région de Staouali (O.N.M, 2007)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyennes annuelles
M(c°)	16,14	16,44	19,77	20,52	23,41	27,97	28,3	31,3	28,1	25,67	19,96	17,09	<u>22,83</u>
m(c°)	9,25	8,67	10,96	12,78	15,63	18,72	22,5	22,6	19,8	19,65	18,99	10,39	<u>15,83</u>
$T = \frac{M + m}{2}$	12,69	12,55	15,36	16,65	19,52	23,34	25,4	26,95	23,95	22,66	19,47	13,74	<u>19,35</u>

- **M** : moyenne des températures maximales en degré Celsius.
- **m** : moyenne des températures minimales en degré Celsius.
- **T** : température moyenne mensuelle en degré Celsius.

D'après le tableau IV, nous constatons que :

- la température moyenne annuelle est de **19.35°C** ;
- la température moyenne annuelle la plus basse est de **15.85°C** ;
- la température moyenne annuelle des maxims est de **22.83°C**.

I.5.1. Diagramme ombrothermique

D'après **Bagnouls et Gausson (1953)**, le diagramme Ombrothermique est une représentation graphique obtenue par la superposition des deux courbes de variation annuelle des précipitations et des températures.

Ces dernières sont reliées par la relation : $P < 2T$. Sont portées en abscisse les mois de l'année et en ordonnée les précipitations et les températures.

Selon le diagramme réalisé (figure 4), on a deux périodes :

- la période sèche qui s'étend de mois de mai jusqu'à le mois d'octobre.
- la période humide qui s'étend de mois d'octobre jusqu'à le mois de mai.

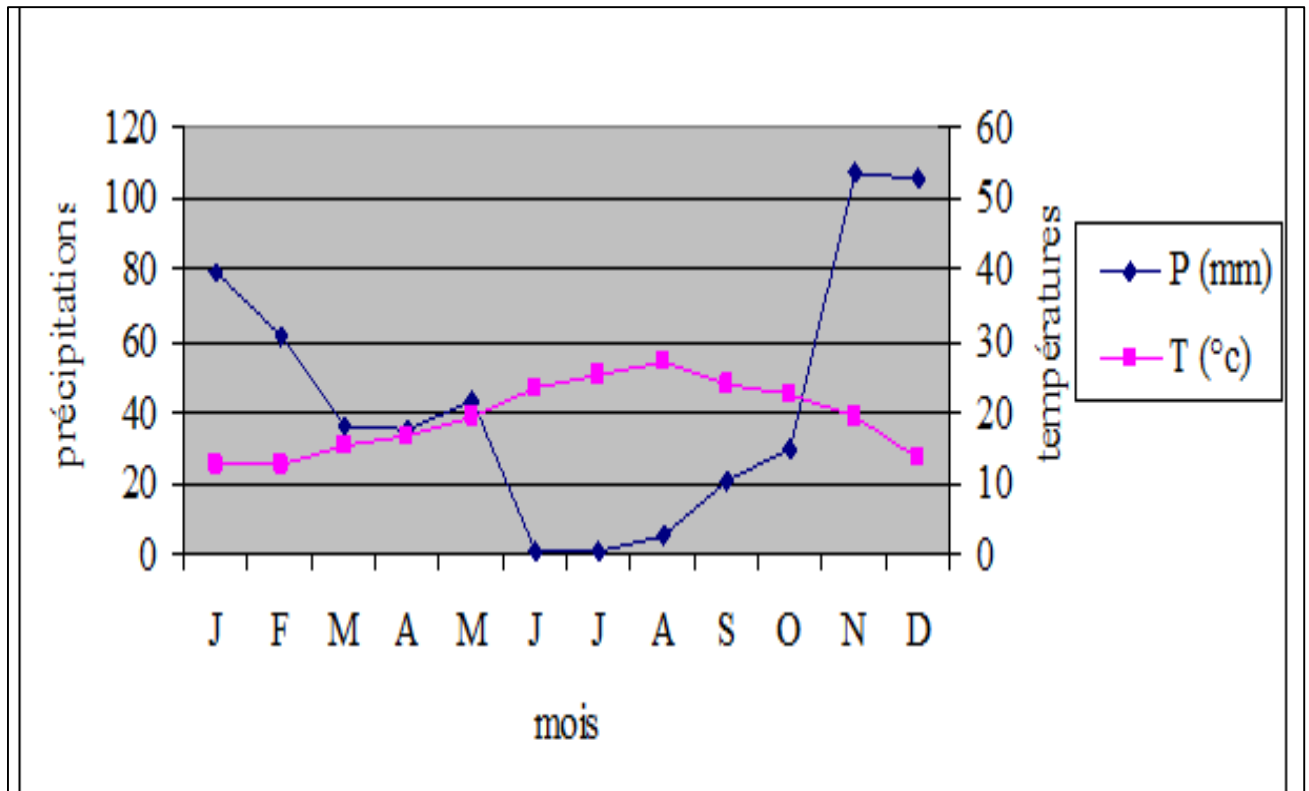


Figure 4 : Diagramme ombrothermique établi pour notre région d'étude. (O.N.M, 2007)

I.5.2. Indice climatique d'Emberger

I.5.2.1. Quotient pluviométrique d'Emberger

Emberger (1955), a proposé un quotient pluviométrique et un climagramme qui permet de distinguer les différents étages climatiques méditerranéens (humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien) ainsi que les variantes de chaque étage (hiver froid, frais, tempéré et chaud). IL s'écrit:

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

- **Q2** : Quotient pluviométrique d'Emberger.
- **P (mm)** : précipitations moyennes annuelles.
- **M (Kelvin)** : température moyenne mensuelle la plus élevée.
- **m (Kelvin)** : température moyenne mensuelle la plus faible.
- **(M – m)** : amplitude thermique.

Pour notre région d'étude, le **Q2** a la valeur de **79,54**.

I.5.2.2. Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique **Q2** calculé donne la valeur de **79,54**. En portant cette donnée sur le climagramme d'Emberger ainsi que la température du mois le plus froid **m=8,67**, notre zone d'étude se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud (figure5).

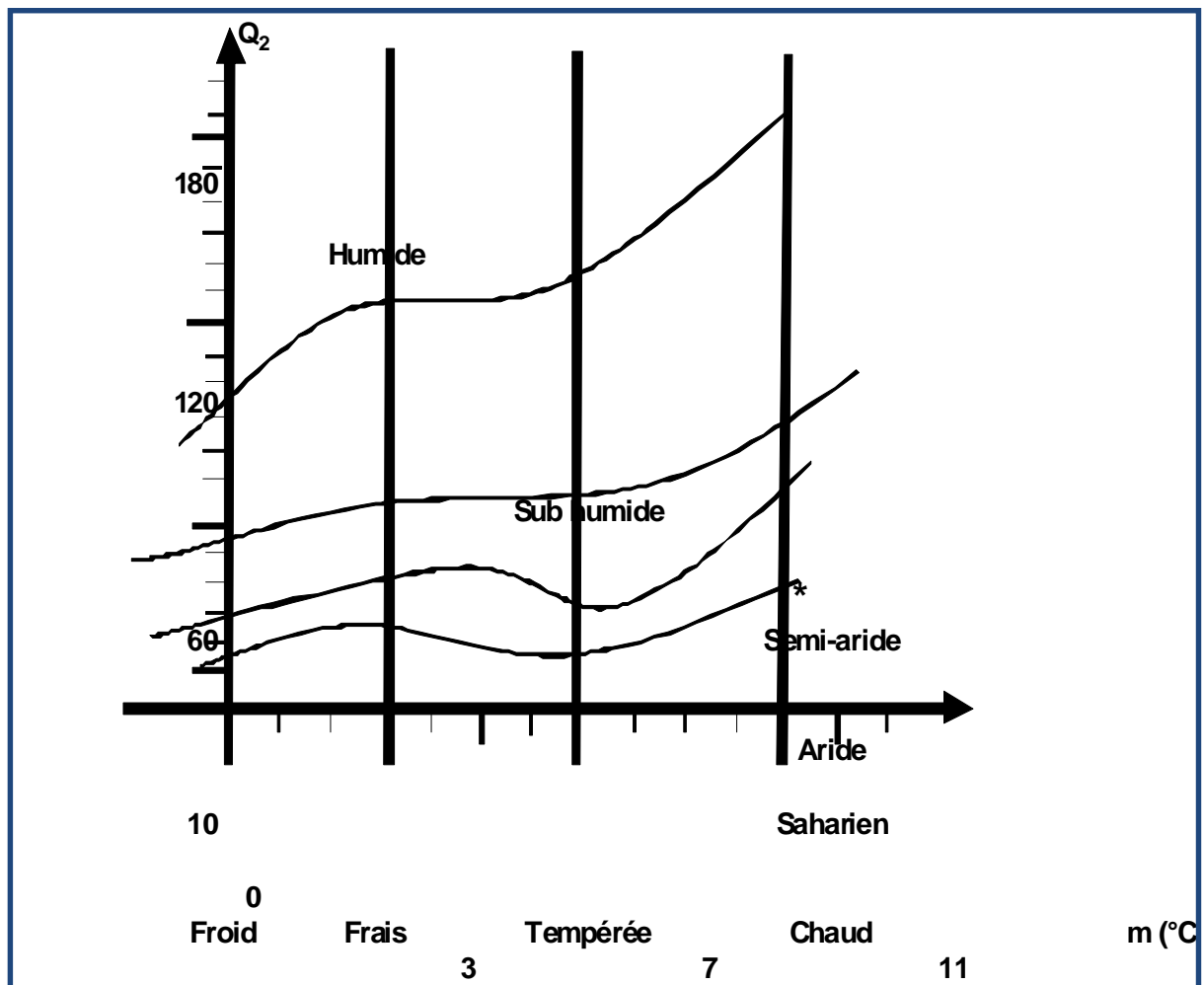


Figure 5 : climagramme d'Emberger de la région de Staouali (1997- 2007)

I.6.Faune et flore du lac de barrage

I.6.1.Flore

Selon la **D.G.F(2002)**, plusieurs associations végétales ont été déterminées dans la zone du barrage de la réserve de chasse de Zéralda.

Cette végétation sert de refuge aux oiseaux d'eau, participe à la fixation du sol, au moment des crues en hiver et se compose des espèces suivantes :

- ❖ *Eucalyptus sp* (Gommier bleu) ;
- ❖ *Tamarix gallica* (Tamarix de France);
- ❖ *Typha latifolia* (massettes) ;
- ❖ *Scirpus sp* (Scirpe) ;
- ❖ *Cyperus papyrus* (Papyrus) ;
- ❖ *Phragmites communis* (Roseaux commun).

I.6.2.Faune aquatique

Le lac de barrage est caractérisé par une faune ichtyologique importante tels que :

- ❖ *Cyprinus carpio* (la carpe commune) ;
- ❖ *Cyprinus carpio* (la carpe royale);
- ❖ *Mugil cephalus* (le mulot).

C'est aussi un milieu d'accueil de plusieurs espèces d'oiseaux tels que :

- ❖ *Anas platyrhynchos* (le colvert) ;
- ❖ *Anas clypeata* (le souchet) ;
- ❖ *Anas strepera* (le chipeau) ;
- ❖ *Anas penelope* (le siffleur) ;
- ❖ *Anas acuta* (le pilet) ;
- ❖ *Gallinula chloropus* (la poule d'eau) ;
- ❖ *Anas crecca* (la sarcelle d'hiver) ;
- ❖ *Ardea cinerea* (le héron cendré) ;
- ❖ *Phalacrocorax carbo* (le cormorant).

II.1.Choix et localisation des stations d'étude

Afin d'avoir des résultats représentatifs et de pouvoir cerner toute la superficie du lac inférieur de barrage, 04 stations ont été choisies (tableau V, figure 6) selon :

- *la morphométrie de la cuvette du lac ;
- *la profondeur ;
- * la couverture végétale.

Tableau V : caractéristiques des stations d'étude

Stations	Caractéristiques	Profondeur maximale
1	Faible Végétation	6.5 m
2	Végétation importante	6 m
3	Terrain agricole	5.5 m
4	proche de la digue	7 m

II.2.Description des stations

Station 1 : cette station est plus ou moins profonde (de 1 à 6.5 m), elle est caractérisé par son lien direct avec la confluence de l'oued elhaggar, et caractérisé par une faible végétation. (figure 7).



Figure 7 : station 1

Station 2 : localisée sur le côté Est du barrage, elle est caractérisée par une végétation abondante et très variée.Elle est d'une profondeur de 6 m.(figure 8).



Figure 8 : station 2 (Est)

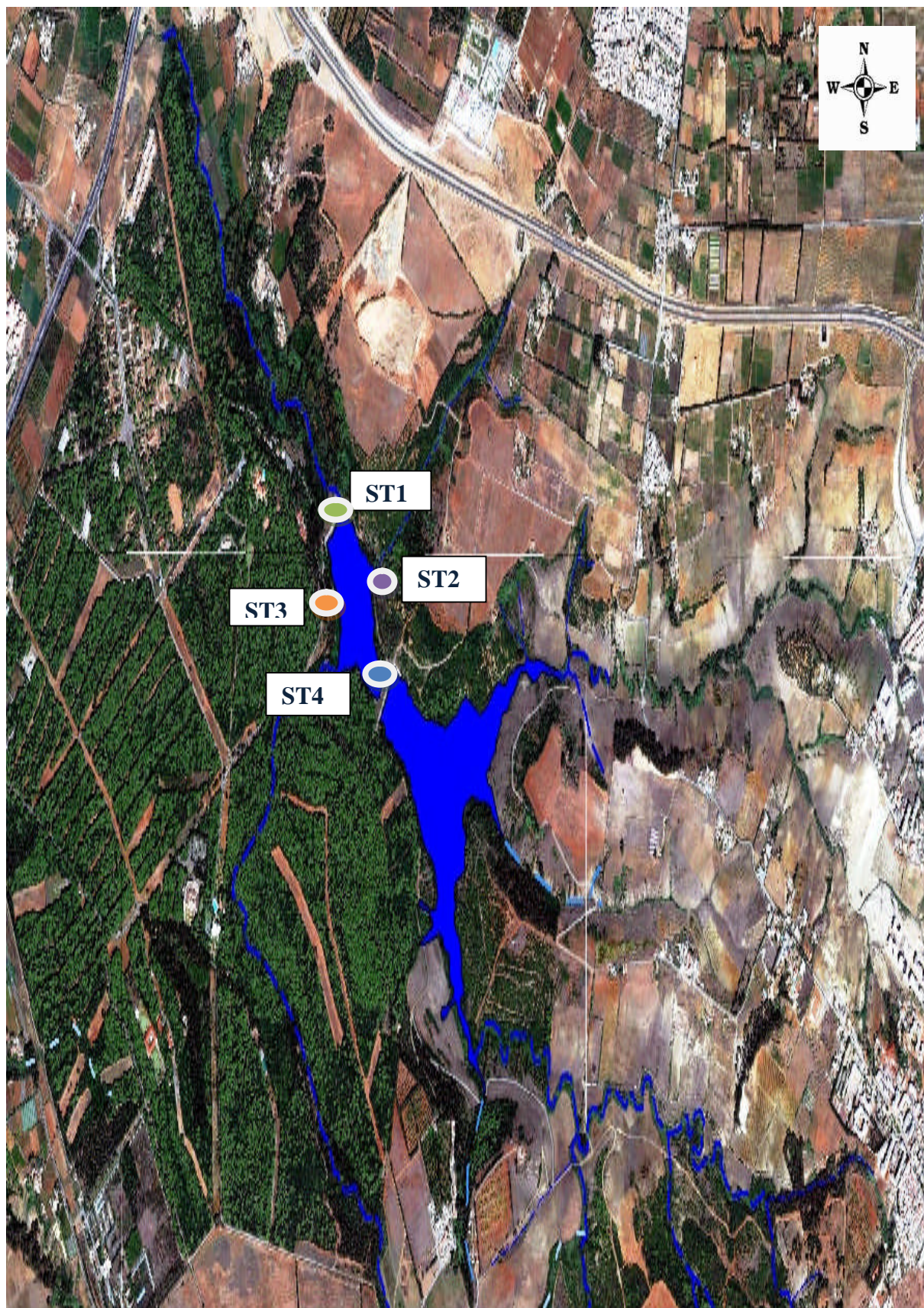


Figure 6 : localisation des quatre stations d'études sur le lac inférieur de barrage de Zéralda.

Station 3: station dénudée, localisée sur le côté Ouest du barrage, Caractérisée par des terres agricoles, dont l'eau sert à leurs irrigations. Elle est d'une profondeur de 5.5 m. Elle est alimentée par l'oued saf-saf. (figure 9).



Figure 9 : station 3 (Ouest)

Station 4 : localisée à proximité de la digue, c'est la plus profonde (7 m). Elle est située en aval du barrage. Elle est d'une faible couverture végétale. (figure 10).



Figure10 : station 4 (la digue)

II.3. Echantillonnage

Cinq prélèvements mensuels ont été faits durant l'année 2013, pour l'étude physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac de barrage de Zéralda (Tableau VI).

Tableau VI : dates de prélèvement et quelques conditions climatiques.

date station		11/04/13	14/05/13	12/06/13	16/07/13	15/08/13
Station 1	Temps	10:45	10:25	11:10	09:45	9 :45
	Vent	Faible	Faible	Faible	trèsfaible	Faible
	Ciel	Ensoleillé	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
	profondeur	4m	4,25m	4m	4m	4,5m
Station 2	Temps	10:55	10 37	11:35	10:05	10 :17
	Vent	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
	Ciel	Ensoleillé	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
	profondeur	5,29m	5,5m	5m	5,25m	5m
Station 3	Temps	11:08	11:00	11:55	10 :29	10 :38
	Vent	Faible	Faible	Faible	Trèsfaible	Faible
	Ciel	Ensoleillé	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
	profondeur	3,8m	4m	4,25m	4m	4m
Station 4	Temps	11:53	11 :35	12:25	11:03	11 :08
	Vent	Faible	Faible	Faible	trèsfaible	Faible
	Ciel	Ensoleillé	Nuageux	Ensoleillé	Ensoleillé	Ensoleillé
	profondeur	5m	5,25m	4m	4,5m	5m

L'objectif de notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau du lac inférieur de barrage de la réserve de chasse de Zéralda par la réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

II.4. Matériels

Nous avons suivi la qualité de l'eau à travers des analyses qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'Unité Algérienne Des Eaux, (ADE) et au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Blida. Et cela pour une durée estimée de cinq mois.

Pour les analyses physicochimiques et bactériologiques le matériel est cité dans l'annexe.

II.5. Méthodes

II.5.1. Les paramètres physico-chimiques

La physico-chimie des eaux constitue un facteur de première importance pour la structuration des communautés vivantes aquatiques. Les propriétés physico-chimiques de l'eau doivent être conformes aux normes pour assurer certaines fonctions naturelles (potentialités biologiques) et usages humains (eau potable, irrigation...) (Dupieux, 2004).

II.5.1.1. Mode de prélèvement et Transport

A fin de connaître la nature physico-chimique des eaux du lac de barrage de Zéralda, nous avons procédé à des prélèvements mensuels aux niveaux de quatre stations choisies en surface.

Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en plastiques d'une capacité de un litre. La bouteille est remplie d'eau, après un rinçage répété avec l'eau du point de prélèvement. Chaque échantillon est soigneusement identifié grâce à une étiquette. Cette dernière doit toujours porter le numéro de la station, la date et le type d'analyse auquel le prélèvement est destiné.

Les échantillons ont été réfrigérés dans une glacière de terrain à 6 °C avant leur acheminement au laboratoire où ils seront déposés au réfrigérateur à 4°C jusqu'à leur analyse.

Notre échantillon a porté sur deux modes d'analyse, l'une sur le terrain au moment de la prise des échantillons (température) et l'autre au niveau du laboratoire d'A.D.E (Algérienne des eaux).

II.5.1.2. Les paramètres physiques

II.5.1.2.1. Température

La température de l'eau est une variable essentielle et préalable à toute évaluation de la qualité de l'eau. Elle a une influence directe sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du milieu aquatique (Morin *et al.*, 1987).

Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH et pour la connaissance de l'origine de l'eau (Rodier *et al.*, 2005).

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre de terrain et les valeurs obtenues sont estimées en degré Celsius °C.

II.5.1.2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH indique le caractère acide ou basique de l'eau. Il est influencé par les précipitations acides, l'activité biologique et certains rejets industriels (Painchaud, 1997).

- **Mode opératoire**

Le pH a été mesuré au laboratoire à l'aide d'un pH mètre doté d'une électrode en platine combinée à une sonde de température.

- **Expression des résultats**

Pour cette mesure il faut étalonner l'appareil avec les solutions tampons (pH=4 et pH=10) correspondant à la zone de pH à mesurer, puis rincer l'électrode à l'eau distillée, la faire plonger dans la solution à mesurer, la lecture du pH se fait directement sur l'appareil. Après la lecture nettoyer correctement l'électrode et la laisser immerger dans l'eau distillé jusqu'à la nouvelle lecture.

II.5.1.2.3. La conductivité électrique

La conductivité est un indice de l'abondance des ions dans l'eau. Les acides et les bases inorganiques ainsi que les sels contribuent fortement à la conductivité de l'eau.

La mesure de la conductivité permet donc à estimer le degré de minéralisation d'un échantillon (**Painchaud, 1997**).

- **Principe**

La conductivité est déterminée directement à l'aide d'un instrument approprié de la conductivité électrique des solutions aqueuse.

La conductivité électrique est une mesure de courant conduit par les ions présents dans l'eau et elle dépend :

- a) De la concentration en ions,
- b) De la nature des ions,
- c) De la température de la solution,
- d) De la viscosité de la solution.

- **Mode opératoire**

- Allumer le conductimètre et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper l'électrode dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affichée.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

II.5.1.2.4. La turbidité

La turbidité est un élément important de la qualité de l'eau (**Miquel, 2003**).

Elle est causée par la présence de MES, d'oxydes et d'hydroxydes métalliques, des organismes planctoniques et de substances dissoutes colorées (**Painchaud, 1997**).

- **Mode opératoire :**

Après agitation de l'échantillon, remplir la cuve de mesure et passer là pour la lecture.

- **Expression des résultats**

Les résultats s'expriment en unité NTU.

II.5.1.3. Les paramètres chimiques

II.5.1.3.1. Les bicarbonates

Les bicarbonates proviennent des phénomènes de la respiration et du lessivage des roches au contact de l'eau, ces carbonates se transforment en bicarbonates (**Rodier, 1996**).

L'utilisation de la méthode de titration (**Rodier, 1996**) pour le dosage des bicarbonates offre de nombreux avantages. Elle évite toute erreur d'estimation due aux méthodes utilisant des indicateurs colorés. En outre elle est particulièrement intéressante dans le cas d'eaux troubles ou colorées.

- **Réactifs**

- Solution de méthyle orange.
- Solution d'acide chlorhydrique 0,1 N.

- **Mode opératoire**

Dans un bécher verser 200 ml d'eau à analyser puis ajouter deux gouttes de Méthyle orange. Procéder au titrage de la solution par l'acide chlorhydrique et noter V le volume d'acide chlorhydrique utilisé.

La concentration du bicarbonate est donnée par la formule suivante :

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = V \times 0,015$$

II.5.1.3.2. Les chlorures

L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable. La teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau (**Tardât, 1992**).

- **Réactifs**

- Nitrate d'argent 0.01 N
- Chromate de potassium K₂CO₄ 10 %

- **Mode opératoire**

Introduire 5 ml de l'échantillon dans un bêcher, ajouter quelques gouttes d'indicateur de chromate de potassium et titrer la solution, goutte à goutte, avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre.

- **Expression des résultats**

La concentration en chlorure exprimée en milligrammes par litre est donnée par la formule suivante :

$$Cl^{-}(\text{mg /l}) = F.V.N.M.1000/PE$$

$$Cl^{-}(\text{mg /l}) = 0,56V.0,01.35,5.1000/5$$

$$Cl^{-}(\text{mg/l}) = V.71.0,56$$

Avec:

- CI : Concentration en milligramme par litre de chlore,
- V: Volume en ml de la solution de nitrate d'argent pur utilisée pour le titrage d'échantillon,
- N : Normalité de nitrate d'argent
- M : Masse de chlorures
- PE : Prise d'essai.
- F : Facteur lié au réactif.

II.5.1.3.3. Les Sulfates

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable (**Rodier, 1984**).

Leur présence résulte de la légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses, de l'oxydation des sulfures dans les roches (pyrites), des matières organiques d'origine animale (**Ladjel, 2005**).

A fortes concentration, il est susceptible d'en résulter des troubles gastro-intestinaux, en particulier chez l'enfant (**Rodier, 1984**).

- **Réactifs**

- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum.

- **Mode opératoire**

Compléter les 20 ml d'eau à analyser par l'eau distillée à 100 ml, ajouter 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum. Après une agitation pendant 1 min

La lecture se fait à une longueur d'onde égale à 420 nm.

- **Expression des résultats**

$$\text{SO}_4^{2+} \text{ mg/l} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre}$$

II.5.1.3.4. Le Calcium

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. Il s'introduit dans le système d'eau douce (Day, 1963).

Les ions calcium sont présents dans tous les points d'eau. Ils sont essentiels pour notre corps pour la formation des dents et des os, la coagulation du sang et pour le bon fonctionnement du système nerveux. La consommation d'une eau pauvre en calcium est considérée dangereuse pour la santé à cause du risque des maladies coronaires (Gaujous, 1995)

- **Réactifs**

- Solution d'hydroxyde de sodium.
- Solution mère de calcium.
- Solution d'EDTA 0,02 mole/l.

- **Mode opératoire**

Prélever 50 ml de l'eau à analyser et ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et une pincée d'indicateur (Murexide) et verser lentement d'EDTA jusqu'à ce qu'elle prenne la couleur nettement violette.

La teneur en calcium est exprimée en mg/l par l'équation suivante

$$Ca = \frac{A \times V_1 \times C_1}{V_0} \times Fc \times 1000 \times F$$

Avec:

- C_1 : concentration de l'EDTA soit 0,01 mole/l.
- V_0 : le volume de l'échantillon soit 50 ml.
- V_1 : le volume d'EDTA utilisé pour le dosage.

- A : la masse atomique du calcium (40,08 g).
- F_c : facteur de correction du titre
- F : facteur de dilution

II.5.1.3.5. Le Magnésium

Le magnésium est parmi les cations les plus fréquemment trouvés dans l'eau potable.

Chez les hommes, le magnésium est important pour les fonctions métaboliques et pour les activités musculaire et nerveuse (**Gaujous, 1995**)

Pour le dosage de magnésium c'est le même principe que le dosage de calcium sauf qu'en utilise la solution mère de magnésium.

II.5.1.4. Les sels nutritifs

II.5.1.4.1. Nitrites

Les nitrites présentent souvent de faibles teneurs dans les eaux naturelles. Ils proviennent d'une oxydation incomplète de l'ammonium (**Cornaz, 2004**).

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable (**Rodier et al., 2005**). Les nitrites favorisent le développement des algues et engendrent l'eutrophisation. Leur toxicité est principalement due à la formation de méthémoglobine et la synthèse endogène des composés N-nitrosés (**Cyr et al., 2006**).

- **Réactifs**

- Acide sulfanilique (réactif 1),
- N - 1 Naphtyle éthylène diamine (réactif 2).

- **Mode opératoire**

- Ajouter 1 ml du réactif mixte à 50 ml d'eau à analyser, après homogénéisation
- Laisser agir pendant 10 min. L'apparition d'une couleur rose indique la présence des nitrites, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 543 nm.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l

II.5.1.4.2. Nitrates

Les nitrates constituent un élément nutritif majeur indispensable pour les plantes et proviennent de la décomposition des déchets organiques (transformation de l'ammonium en nitrites ou en nitrates) (**Painchaud, 1997**).

Les nitrates se retrouvent dans l'environnement de façon naturelle mais de nombreuses activités humaines ont pour effet d'augmenter leur concentration dans l'eau et le sol (l'agriculture et les installations septique déficientes) (Gaudreau et Mercier, 1998).

- **Réactifs**

- Solution de salicylate de sodium à 0,5%
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30%
- Acide sulfurique concentré
- Tartrate double de sodium et de potassium
- Solution d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

- **Mode opératoire**

- Ajouter 2 à 3 gouttes de Na OH à 30% et 1 ml de sodium à 10 ml de l'échantillon à analyser
- Evaporer à sec au bain-marie ou à l'étuve à 75°C-88°C, puis laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique et laisser reposer 10 min, puis ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium ; en dernier lieu passer au spectrophotomètre à 420 nm.

- **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

II.5.1.4.3. L'azote ammoniacal

L'ammonium se traduit habituellement par un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'origine de l'azote ammoniacal dans les eaux superficielles peut être de la matière végétale des cours d'eau, de la matière organique animale ou humaine, des rejets industriels (engrais, etc...) (Cornaz, 2004).

- **Réactifs**

- Acide dichloroisocyanurique
- Hydroxyde de sodium (NaOH).

- **Mode opératoire:**

Sur 40 ml d'eau à analyser, ajouter 4 ml d'acide dichloroisocyanurique puis ajouter 4 ml du NaOH on l'ajuste à 50 ml par l'eau distillée ; après homogénéisation, laisser agir pendant 90 min.

L'apparition d'une couleur verdâtre indique la présence d'ammoniaque, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655 nm.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.5.1.4.4. Phosphates

Le phosphore est un composé chimique qui favorise le développement des plantes. On le retrouve dans l'engrais chimique et naturel, les savons et comme résiduel des activités humaines. Il constitue le principale facteur de l'eutrophisation d'un lac (Cyr *et al.*, 2006).

- **Réactifs**

- d'heptamolybdate d'ammonium.
- Acide ascorbique.

- **Mode opératoire**

Sur 40 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml d'heptamolybdate d'ammonium et ajuster à 50 ml par l'eau distillée ; après homogénéisation, laisser agir pendant 10 min. L'apparition d'une couleur bleue indique la présence des phosphates, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm.

- **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.5.2. Les paramètres microbiologiques

Un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier *et al.*, 2005).

Dans la plupart des examens usuels, l'analyse bactériologique n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative. Ces déterminations sont établies à partir :

- Soit d'un dénombrement direct des colonies après concentration par filtration ou inoculation d'un volume donné de l'échantillon en milieu solide.

- Soit d'une évaluation par calcul statique du Nombre le Plus Probable d'unités infectieuse (NPP), après répartition de l'inoculum dans un certain nombre de tubes de milieu de culture liquide, et en tenant compte du nombre respectif de cultures « positives » ou « négatives » obtenues (Rodier *et al.*, 2005).

II.5.2.1. Mode de prélèvement

Nous avons utilisé des flacons en verre stériles d'une capacité de 250 ml. Ces derniers ont été stérilisés à 120°C durant 20 mn dans un autoclave.

- nous avons introduit le flacon verticalement et renversé ;
- nous avons retourné l'ouverture jusqu'à ce qu'elle soit légèrement plus haute que le fond;

- nous avons rempli presque entièrement le flacon puis nous fermons avec le bouchon ;
- une fois le prélèvement terminé, nous inscrivons sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du prélèvement.
- à la fin nous introduisons le tout, dans une glacière équipée de pochettes de glaces.

II.5.2.2. principaux germes recherchés dans les eaux naturelles

a- Les coliformes totaux(CT)

Le terme coliforme correspond à des organismes à la forme de bâtonnet, non sporogènes, Gram négatif, oxydase négatif et facultativement anaérobies. Appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Ils sont capable de croitre en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface qui possède des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter le lactose et le mannitol avec production d'acide et de gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37°C (Hasley et Lfclerc, 1993; Rodier et al., 2005; Delarras, 2006).

Ils sont parfois désignés sous le nom de « coliformes totaux » dans la législation des eaux (Delarras, 2006).

b- Les coliformes fécaux(CF)

Ils possèdent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux, mais leurs croissances s'effectuent à une température de 44 °C en présence de sels biliaries qui est un caractère lié à leur habitat (Afnor, 1994).

Selon Guiraud et Gaujous (1998), *Escherichia coli* s'agit d'une entérobactérie ; lactose positif, gazogène, réalisant une fermentation d'acides mixtes, elle produit de l'indole à partir de tryptophane à 44 °C.

Elle est très fréquente dans la flore intestinale de l'homme et des animaux ; elle est considérée comme le meilleur indice de contamination fécale récente. C'est généralement la principale espèce de coliformes thèrmodotolérants. (Leclerc et Mossel ,1989).

c- Les streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux (ou Streptocoques de groupe D ou entérocoques) sont des témoins de contamination fécale sensible, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé) (Gaujous, 1995). Il s'agit de cocci à Gram positif, de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées, aéro-anaerobies facultatifs, catalase négatif, oxydase négatif, homo-fermentaire (Bourgeois et al., 1991). Ils ont une survie assez prolongée dans le milieu naturel (Delarras, 1998).

d- Les salmonelles

Les salmonelles sont classées dans la famille des Enterobacteriaceae, possèdent les propriétés générales des bactéries de cette famille (**Delarras, 2006**).

Ce sont des coques à Gram positif. Ces bactéries sont ovoïdes, sphériques, ou rarement allongées en bâtonnets formant des chaînettes ou des paires. Ils sont dépourvus de cytochrome et de catalase. La fermentation des glucides est homo fermentatif, l'acide lactique dextrogyre étant le principal produit final sans formation de gaz (**Horaud et Boughnec, 1989**).

e- Les vibrions cholériques

Ce sont des bâtonnets incurvés en virgules, mobiles et aérophiles Gram négatif et oxydase positive. Ils sont plus ou moins basophiles (pH =8,5 à 9) halophiles ou halotolérants, ils peuvent se développer en présence du chlorure de sodium (**Delarras, 2006**). Ils ont un métabolisme oxydatifs ou fermentatif. Majoritairement, ils sont d'origines aquatiques marines (**Hasley et Leclerc, 1993**).

Selon **Haslay et Leclerc (1993)**, ils sont très largement répandus dans les eaux d'égout, les eaux de surface polluées et sont à l'origine d'une grave maladie : le choléra.

II.5.2.3. Méthodes d'examens microbiologiques des eaux

II.5.2.3.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- le test de confirmation : encore appelé test de Mac Kenzie réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption

❖ Test de présomption.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.

Incubation :

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche),
- un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe.

❖ **Test de confirmation ou test de Mac Kenzie.**

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Escherichia coli est un coliforme thermotolérant qui entre autre :

- produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C,
- donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,
- n'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un dégagement gazeux, et
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli*

après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

II.5.2.3.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- le test de présomption
- le test de confirmation: réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

❖ Test de présomption.

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C,
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être confirmés.

❖ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en annexe.

II.5.2.3.3. Recherche des salmonelles

➤ Jour 1: Premier Enrichissement

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite - Cystéiné D/C réparti à raison de 100 ml par flacon.

Ce dernier sera doncensemencé à l'aide de 150 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ Jour 2 : Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet :

D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 1 ml

D'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen.

Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

➤ Jour 3 : Lecture des boites et Identification

- D'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement,
- D'autre part, la boite de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

II.5.2.3.4. Recherche des vibrions cholériques

➤ Jour 1 : Premier Enrichissement :

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré réparti à raison de 100 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 400 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement.

Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

➤ Jour 2 : Deuxième enrichissement et Isolement.

Ce flacon fera l'objet:

- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tube à raison de 1 ml
- D'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB 1.

Incubation

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

➤ Jour 3 : Lecture des boites et Identification.

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2.
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques.

III.1. Les paramètres physico-chimiques

III.1.1. Les paramètres physiques

III.1.1. 1. Température

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau VII (Annexe I) et représenté par les figures 11 et 12.

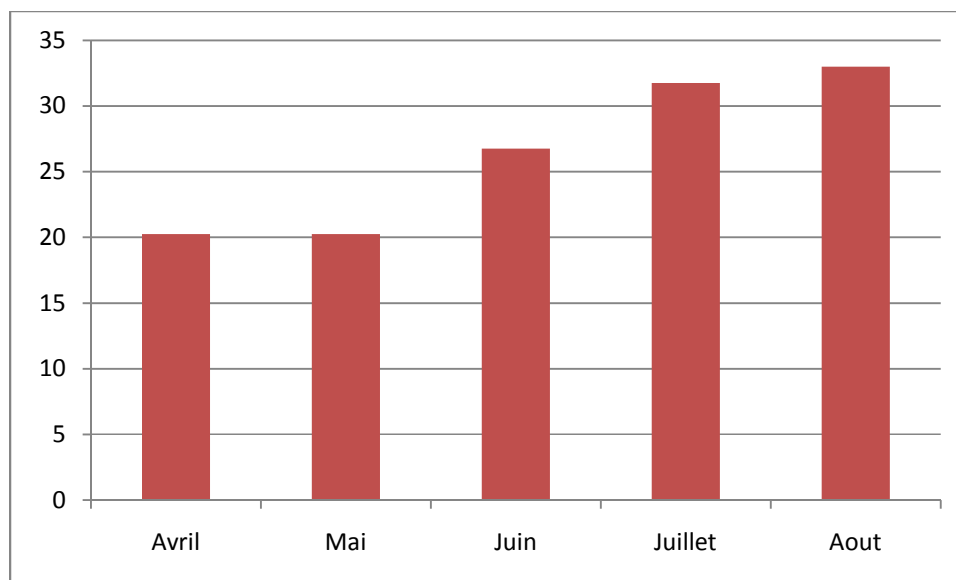


Figure 11 : variation des moyennes mensuelles de la température de l'eau (°C).

Variation mensuelle : l'analyse thermique des moyennes mensuelles de la température des eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda montre que celle-ci varie d'un mois à l'autre. Les températures restent stables durant les mois de : Avril (20.25°C) et Mai (20.25°C) et augmentent progressivement durant les mois de Juin (26.75°C) et Juillet (31.75°C) pour atteindre une valeur maximale de (33°C) au mois de Aout. Cette diminution de température en Avril et Mai peut être expliquée par le fait que le prélèvement durant ces deux mois a été effectué sous un ciel nuageux (contrairement aux autres prélèvements où le ciel était ensoleillé). Ces résultats prouvent que l'évolution dans le temps de la température est sous la dépendance des conditions climatiques. Selon **Rodier (1996)**, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond.

Variation spatiale: les petites différences de la température entre les différentes stations d'études sont peut être liées :

- au temps émis entre chaque relevé de la température. Cette perte de temps dû aux déplacements peut induire aux possibilités de renouvellement des eaux par le courant (**Bouzidi et al., 2010**).

- aux faibles profondeurs des stations (voir Tab. V.) ce qui fait que le vent agite la masse d'eau et crée des turbulences qui homogénéisent la température de l'eau.

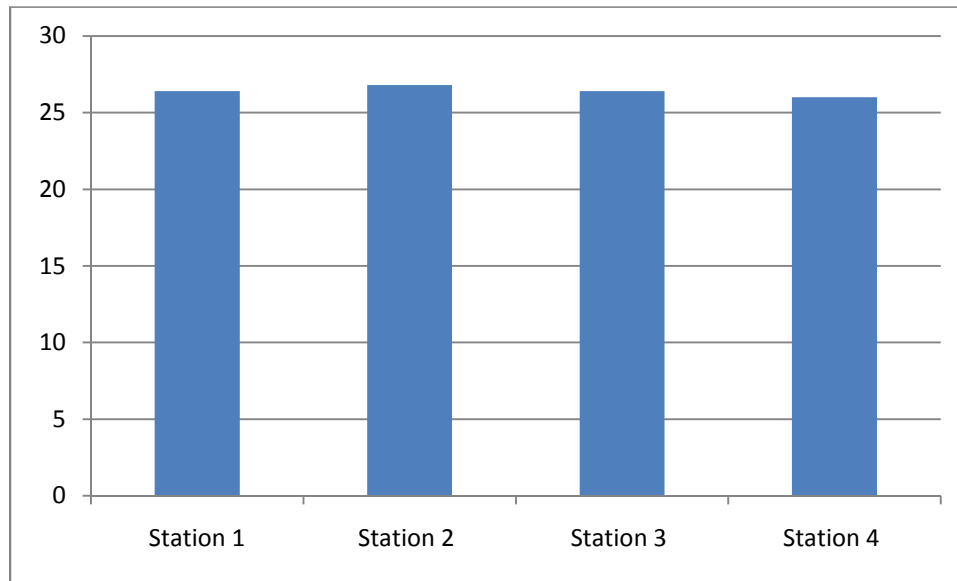


Figure 12 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la de la température de l'eau (°C)

III.1.1. 2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. L'eau naturelle présente des valeurs en pH qui varient de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés (I.B.G.E, 2005).

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau VIII (annexe I) et représentés par les figures 13 et 14.

Les valeurs mesurées du pH sont comprises entre 7,52 (station 1, mois de Mai) et 8,66 (station 2, mois de Aout), ces valeurs indiquent que le pH de l'eau du lac est basique.

Variation mensuelle : nous remarquons d'après la variation des moyennes mensuelles du pH qu'elles restent presque stables durant les mois : Avril (pH=8.18) et Mai (pH=8.11), puis le pH chute pour marquer une valeur de 8.02 en Juin. Puis augmentent progressivement durant les mois de Juillet (pH=8.20) et Aout (pH=8.59).

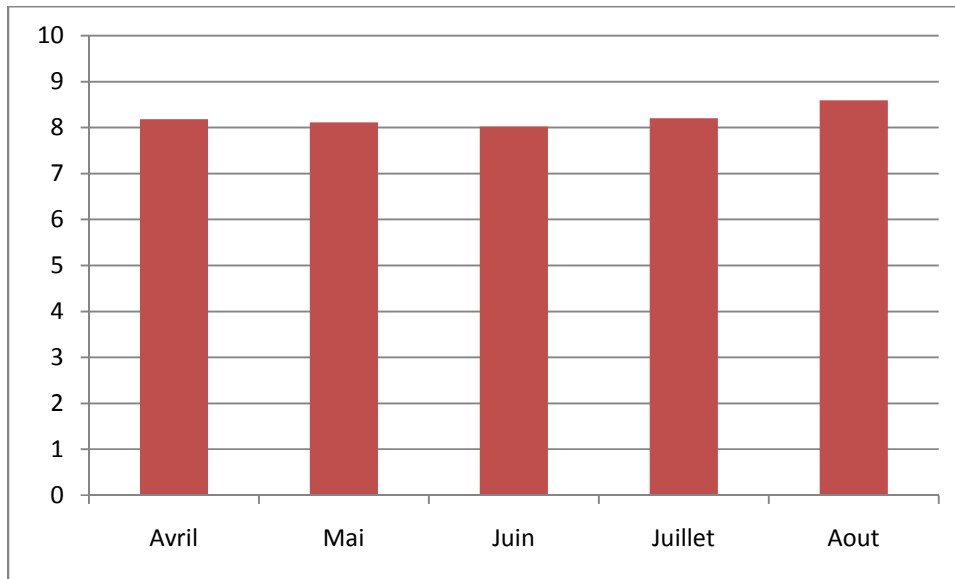


Figure 13: variation des moyennes mensuelles du pH

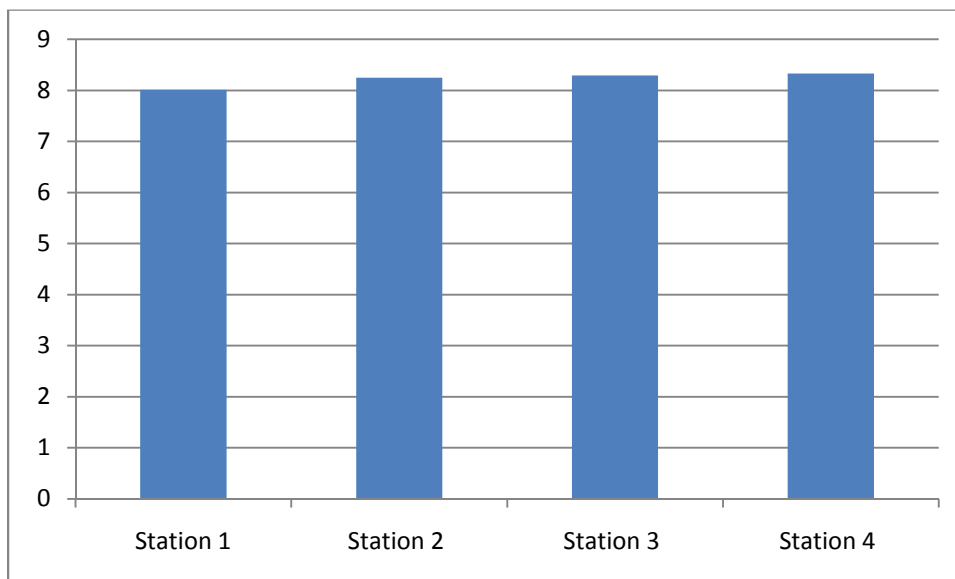


Figure 14: variation spatiale des moyennes mensuelles du pH.

Variation spatiale: nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence entre les valeurs du PH enregistrées au niveau des différentes stations d'étude. Ceci peut être dû à la taille réduite du lac de barrage.

III.1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité de l'eau pure absolue est voisine de 36 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductivité de l'eau d'une rivière augmente avec les teneurs en sels électrolytables dissous, elle augmente aussi avec la mobilité de ces ions, conséquence de l'élévation de la température (Arrignon, 1998).

Les valeurs de la conductivité électrique sont regroupées dans le tableau IX (annexe I) et représentées par les figures 15 et 16.

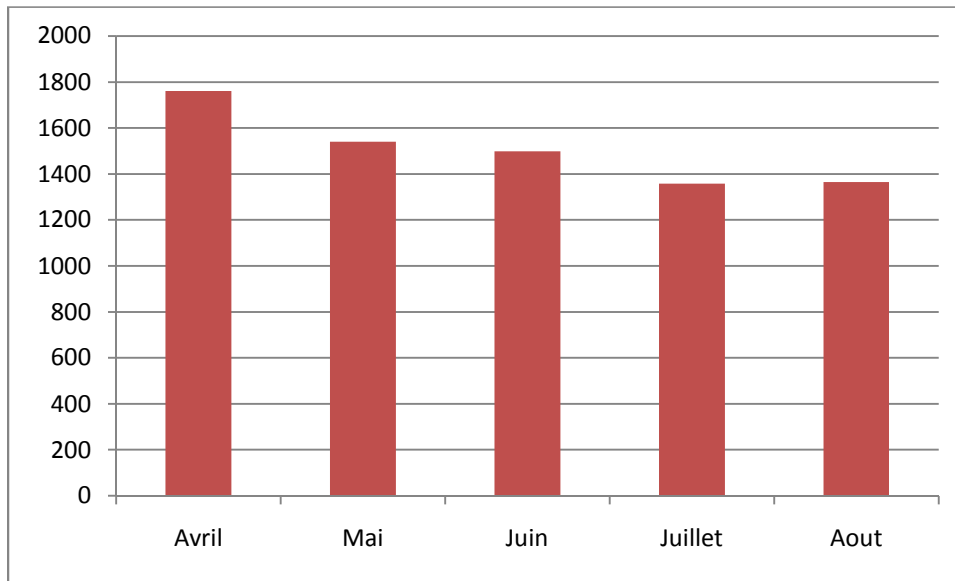


Figure 15 : variation des moyennes mensuelles de la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Variation mensuelle : nous remarquons que les valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique varient entre 1358 et 1762 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et diminue progressivement d'un mois à un autre.

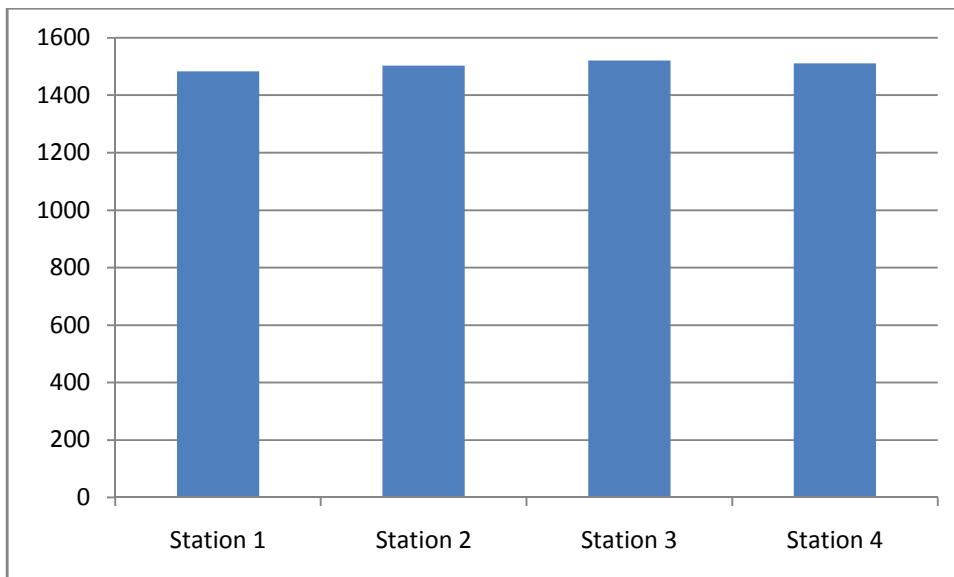


Figure 16 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

Variation spatiale : nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence entre les valeurs de moyennes mensuelles de la conductivité électrique enregistrées au niveau des différentes stations d'étude.

III.1.1.4. La turbidité

La turbidité est un effet visuel qui traduit le trouble de l'eau. Elle est due à la présence de diverse matières en suspension finement divisées telles que : limons, argiles, fines particules de matières organiques (résultant de la décomposition végétale et animale), fines particules de matières minérales (grains de silice, oxydes de fer de manganèse...) et les micro-algues **Bechar (1997)**.

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau X (annexe I) et représentés par les figures 17 et 18.

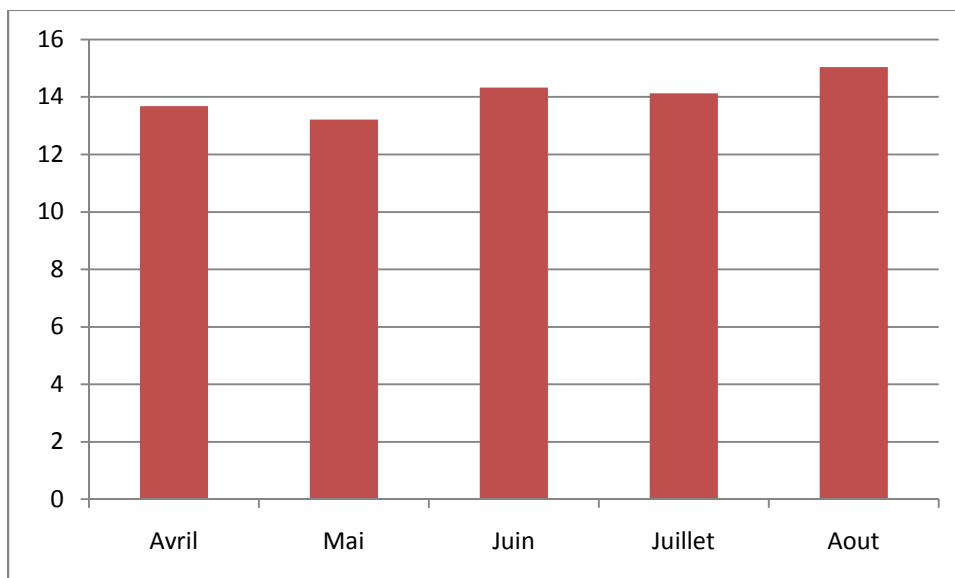


Figure 17 : variation des moyennes mensuelles de la turbidité de l'eau (NTU).

Variation mensuelle : la variation des moyennes mensuelles de la turbidité montre que :

- Les valeurs de la turbidité varient entre 13.22 NTU notée au mois de Mai et 15.04 NTU relevée durant le mois d'Aout.

- Les valeurs les plus faibles ont été observées durant le mois de Mai, avec une valeur de 13.22 NTU.

- On remarque un pic d'augmentation au mois d'Aout 15.04 NTU.

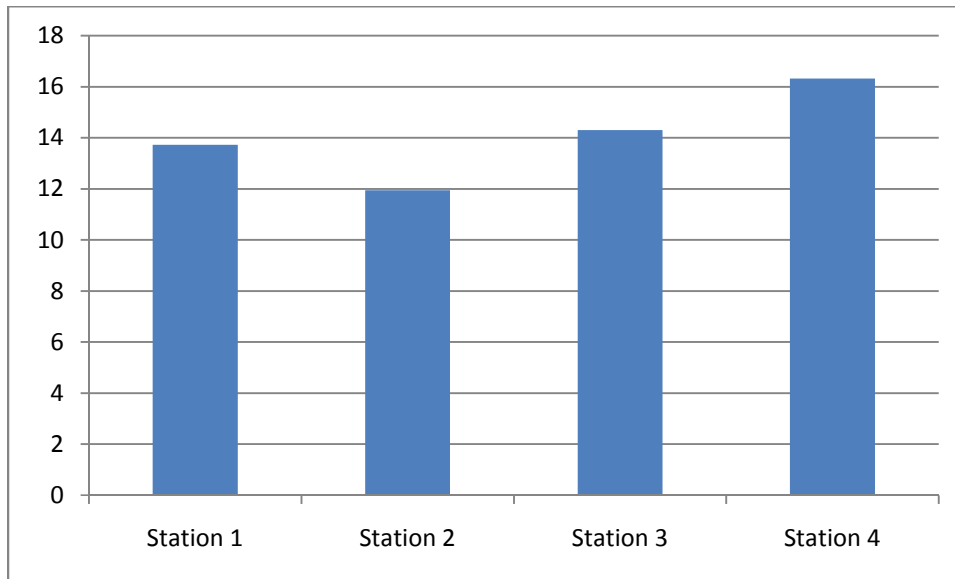


Figure 18 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la turbidité de l'eau (NTU).

Variation spatiale: nous remarquons que les 4 stations présentent une certaine hétérogénéité.

On observe au niveau des stations S_1 , S_2 , une eau plus transparente que celle des stations S_3 , S_4 . Ceci, serait dû à la situation des stations ainsi qu'à la nature du sol et le débit des oueds.

III.1.2. Les paramètres chimiques

III.1.2.1. La matière organique

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XI (annexe I) et représentés par les figures 19 et 20.

Variation mensuelle : la variation des moyennes mensuelles de la matière organique montre que :

-Les valeurs de la matière organique varient entre 9.35 mg/l notée au mois d'Aout et 34.49 mg/l relevée durant le mois d'Avril.

- nous remarquons une diminution progressive des valeurs de la matière organique de 34.49 mg/l (Avril), 29.16 mg/l (Mai), 14.97 mg/l (Juin), 12.55 mg/l (Juillet) jusqu'à 9.35 mg/l en Aout.

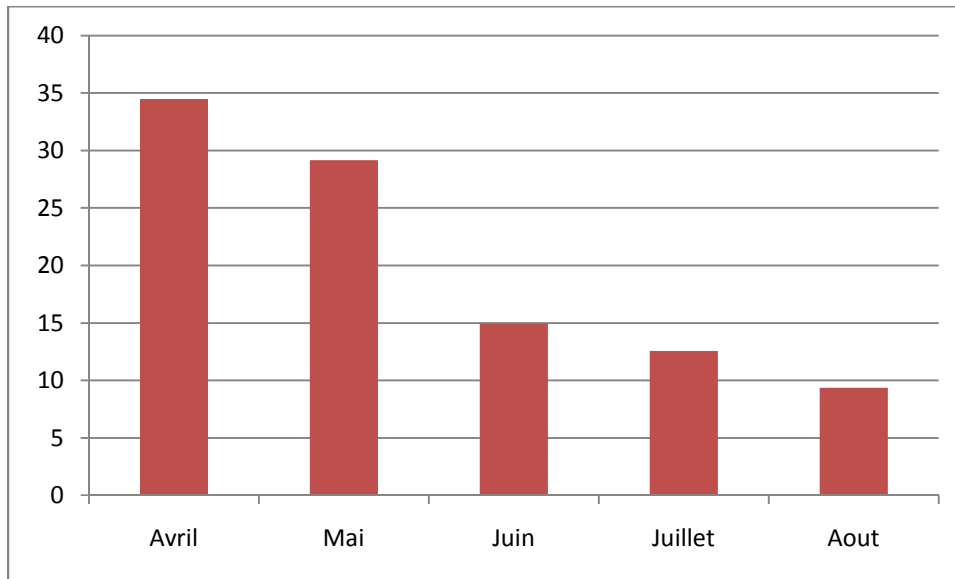


Figure 19 : variation des moyennes mensuelles de la matière organique (mg/l).

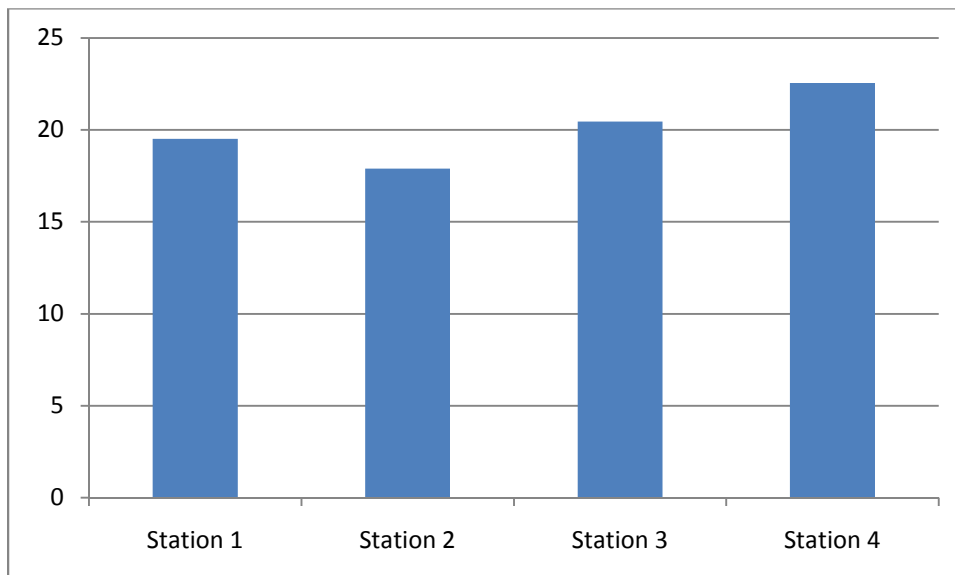


Figure 20 : variation spatiale des moyennes mensuelles de la de la matière organique (mg/l).

Variation spatiale: On observe au niveau des stations S_1 , S_2 une eau moins chargée en matière organique que celle des stations S_3 , S_4 . Car, la matière organique d'origine anthropique observée dans les systèmes aquatiques provient principalement des eaux de ruissellement (lixiviats de décharges, ruissellement de chaussée, etc.) et des rejets urbains (domestiques et industriels) et agricoles, traités ou non traités (Labanowski, 2004 ; Meybeck et al., 1998).

III.1.2.2. Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles (Makhoukh, 2011).

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XII (annexe I) et représentés par les figures 21 et 22.

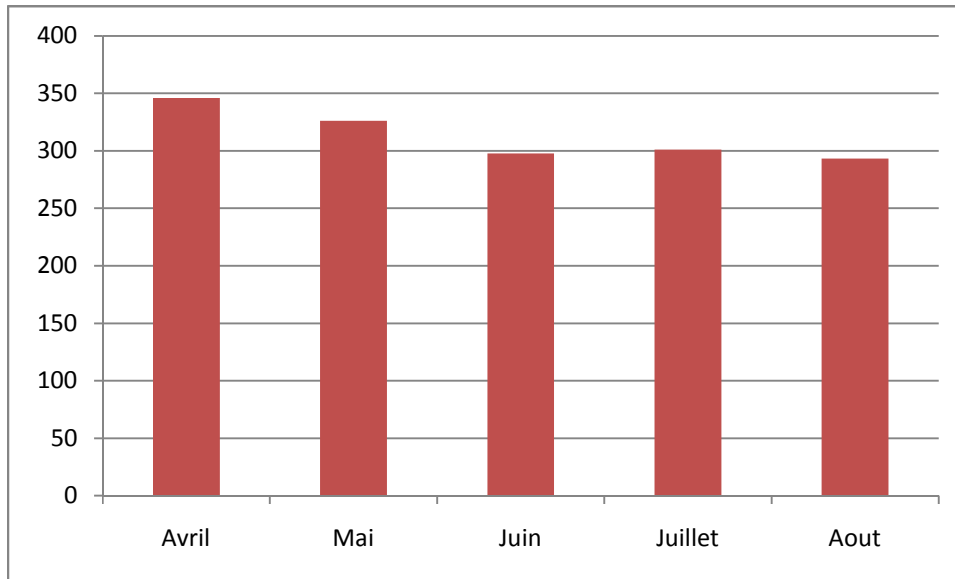


Figure 21: variation des moyennes mensuelles des chlorures (mg/l).

Variation mensuelle : nous remarquons que les valeurs des moyennes mensuelles des chlorures des eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda diminuent progressivement durant les mois d'Avril (346.37mg/l), Mai (326.25mg/l), Juin (297.65mg/l), puis augmente en Juillet (301.25mg/l) pour atteindre une valeur minimale de (293.25mg/l) au mois d'Aout.

Selon **Remond et Perrodon (1976)**, les chlorures proviennent d'une part, du lessivage pendant les fortes pluies et d'autres part, des eaux usées urbaines et industrielles chargées en Chlorures.

Variation spatiale: nous avons noté une certaine homogénéité dans la répartition spatiale des chlorures.

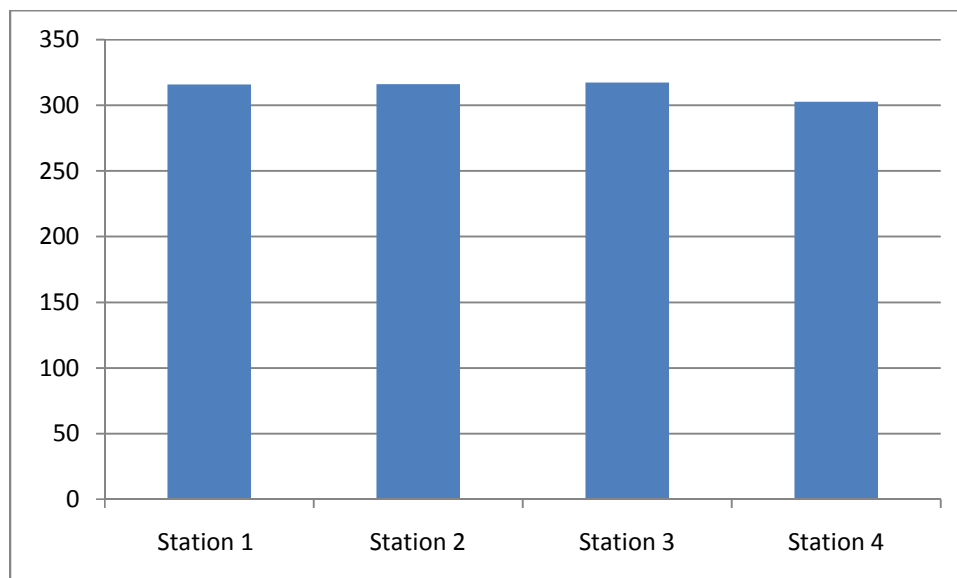


Figure 22: variation spatiale des moyennes mensuelles des chlorures (mg/l).

III.1.2.3. Bicarbonates

Les bicarbonates sont les principaux contributeurs de l'alcalinité totale qui peut être déterminée dans un test de l'eau.

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XIII (annexe I) et représentés par les figures 23 et 24.

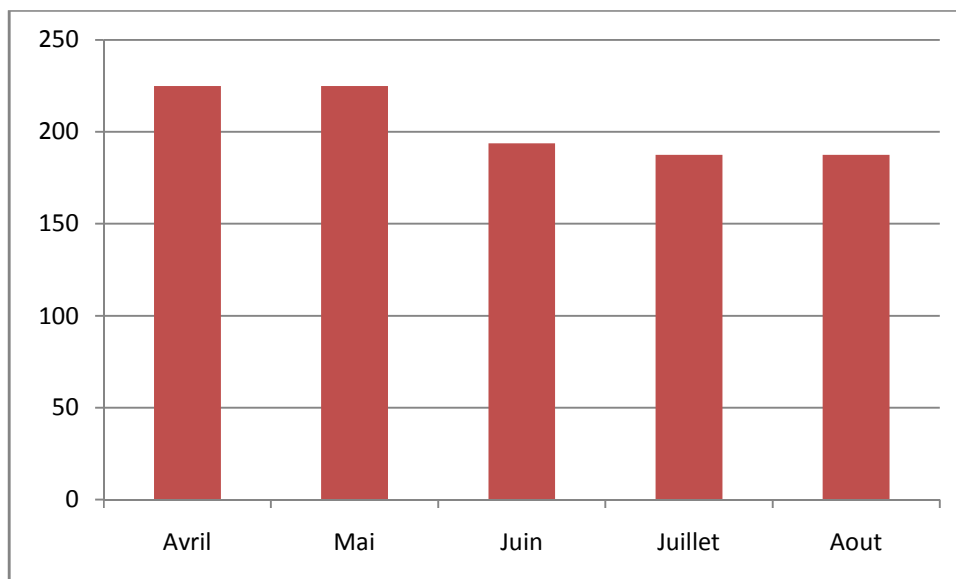


Figure 23: variation des moyennes mensuelles des bicarbonates (mg/l).

Variation mensuelle : nous remarquons que les valeurs moyennes des bicarbonates enregistrées durant les 5 campagnes de prélèvement varient entre 187.5 mg/l (Juillet, Août) et 225mg/l (Avril, Mai). Donc, ces valeurs peuvent être expliquées soit par :

- l'érosion hydrique de la couche superficielle arable des sols qui contient des quantités de carbonates de : potassium, chaux et magnésium qui sous l'effet des réactions chimiques se transforment en bicarbonates (**Buckman et Brady, 1965**).

- par l'augmentation du CO₂ et aussi la dissolution du calcaire pendant les fortes pluies (**Rodier, 1984**),

- la photosynthèse consommatrice du CO₂ dissous en période de forte production primaire (**Rodier, 1984**).

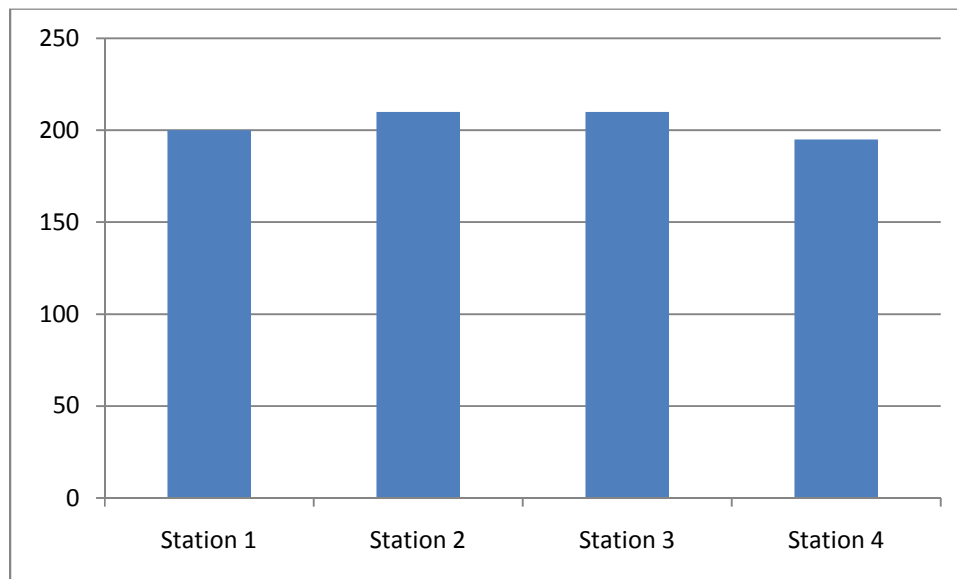


Figure 24 : variation spatiale des moyennes mensuelles des bicarbonates (mg/l).

Variation spatiale : nous avons noté :

- les valeurs spatiales des moyennes mensuelles des bicarbonates des quatre stations varient entre 195 mg/l et 210 mg/l.

- La valeur la plus faible a été observée au niveau de la station 4, avec une valeur de 195 mg/l.

- On remarque un pic d'augmentation au niveau des stations 2 et 3, avec une valeur de 210 mg/l.

III.1.2.4. Calcium

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XIV (annexe I) et représentés par les figures 25 et 26.

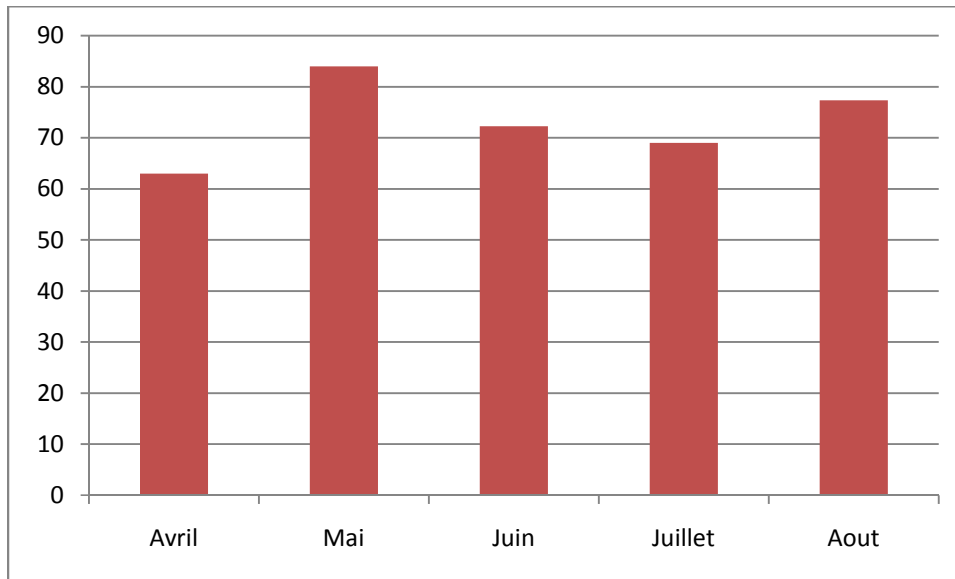


Figure 25 : variations des moyennes mensuelles du calcium (mg/l).

Variation mensuelle : montre une valeur moyenne minimale de 63mg/l notée au mois d'Avril et une valeur moyenne maximale de 84mg/l relevée au mois de Mai. **Rodier (1996)**, considère qu'une eau ayant une teneur en calcium supérieure à 30 mg/l comme étant une eau dure. Étant donné que nos valeurs sont élevées, donc nous pouvons dire que l'eau du lac de barrage est dure.

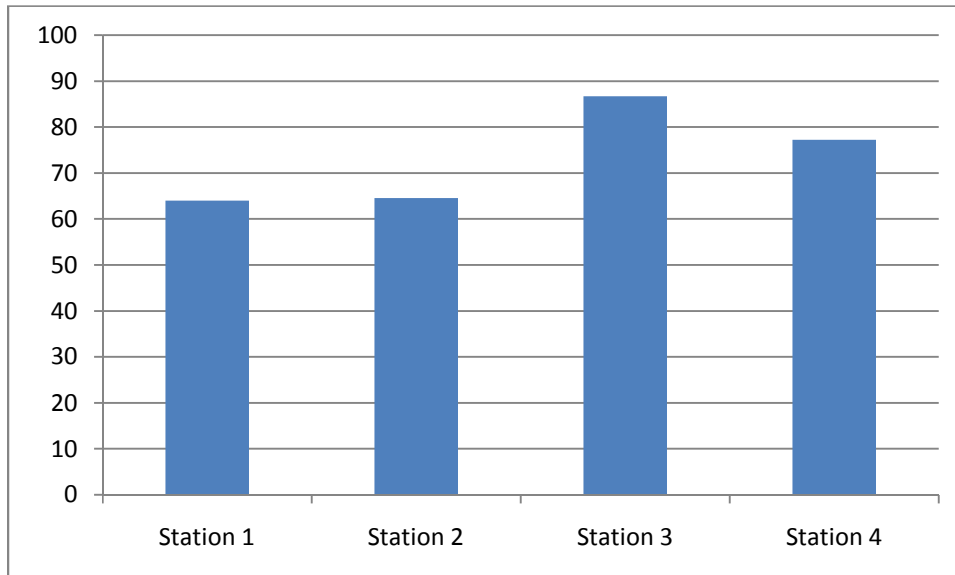


Figure 26: variation spatiale des moyennes mensuelles du calcium (mg/l).

Variation spatiale : nous remarquons qu'il y'a une certaine hétérogénéité dans la répartition spatiale des calciums.

III.1.2.5. Magnésium

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XV (annexe I) et représentés par les figures 27 et 28.

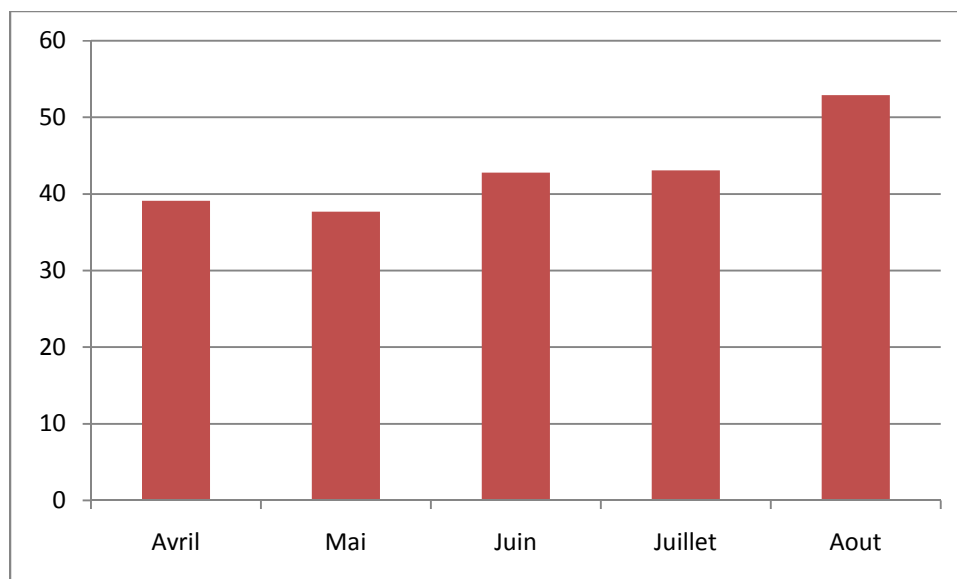


Figure 27: variation des moyennes mensuelles du magnésium (mg/l).

Variation mensuelle : les teneurs moyennes mensuelles du magnésium oscillent entre 37.7mg/l (Avril) et 52.89 mg/l (Aout). Ces valeurs que nous pouvons considérer comme moyennement faibles. En effet d'après, **Rodier (1996)**, le magnésium est très réparti dans la nature, il constitue à peu près 2% de l'écorce terrestre.

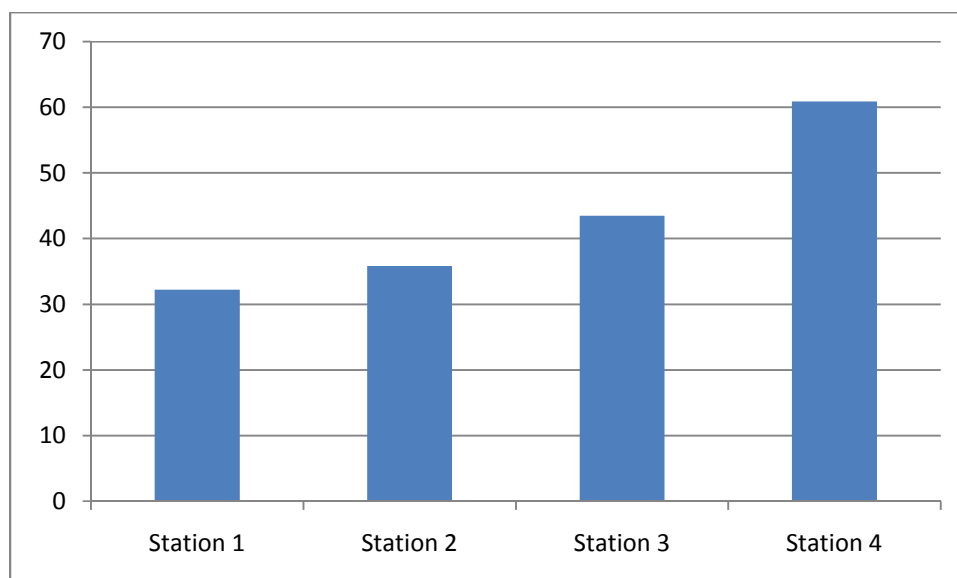


Figure 28: variation spatiale des moyennes mensuelles du magnésium (mg/l).

Variation spatiale : nous remarquons qu'il y'a une augmentation progressive dans la répartition spatiale de cet élément, par exemple station 1 (32.22mg/l), station 2 (35.85mg/l), station 3(43.48mg/l) et la station 4 (60.89mg/l).

III.1.2.6. Sulfates

Les sulfates dissous peuvent être réduits en sulfures, qui se volatilisent dans l'air sous forme de sulfure d'hydrogène, ou sont précipités sous forme d'un sel insoluble ou incorporés dans les organismes vivants (**Delisle et Schmidt, 1977**).

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau XVI (annexe I) et sont représentés par les figures 29 et 30.

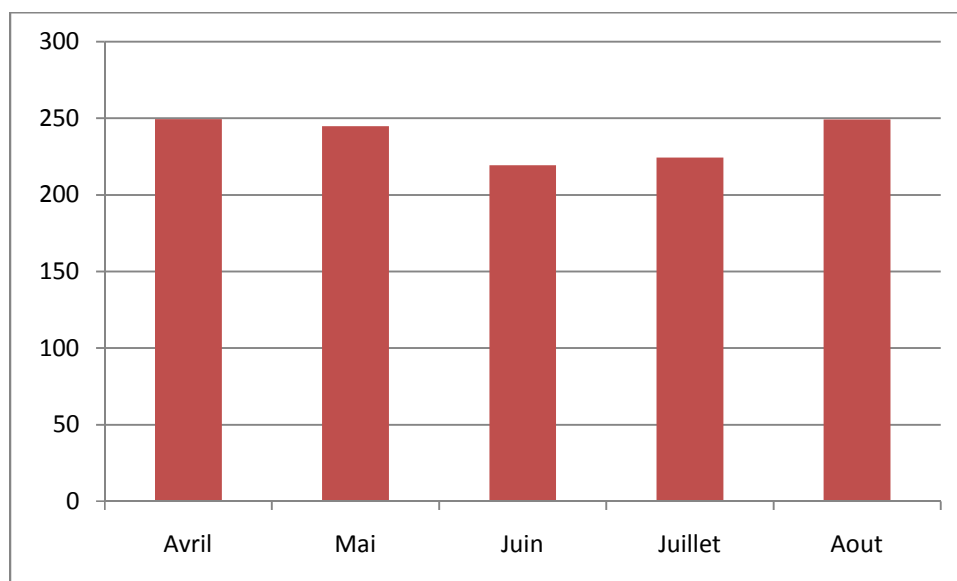


Figure 29 : variation des moyennes mensuelles des sulfates (mg/l).

Variation mensuelle : les valeurs obtenues durant les 5 campagnes de prélèvement varient entre un minimum de 219.45 mg/l au mois de Juin et un maximum de 249.43 mg/l au mois d'Avril. Ces valeurs sont faibles, car la norme de qualité des eaux de surfaces du **J.O.R.A, (2011)** est de : 400 mg/l.

Variation spatiale : nous remarquons qu'il n'y'a pas une grande différence entre les valeurs moyennes mensuelles du magnésium enregistrées au niveau des différentes stations d'étude.

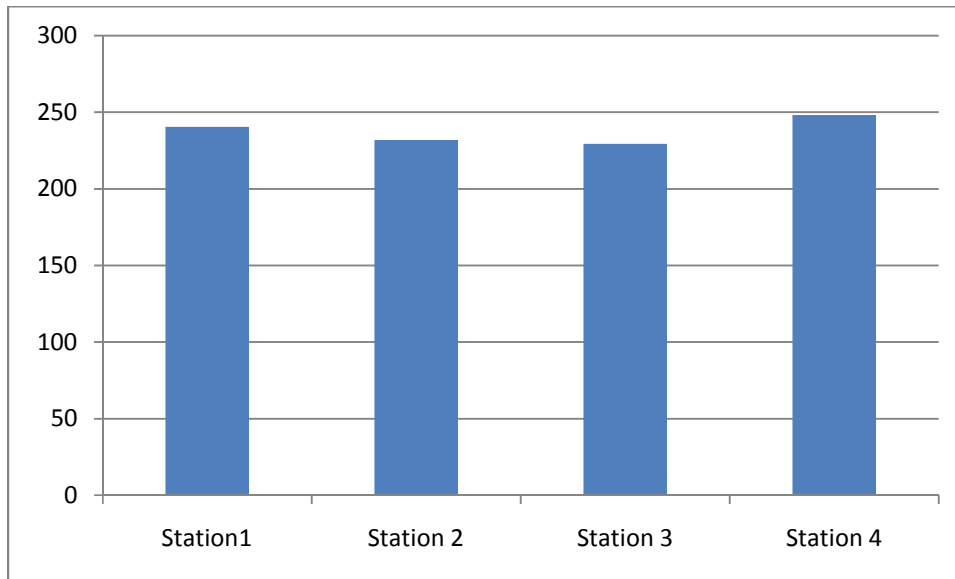


Figure 30: variation spatiale des moyennes mensuelles des sulfates (mg/l).

III.1.3. Les sels nutritifs

III.1.3.1. Nitrates

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XVII (annexe I) et représentés par les figures 31 et 32.

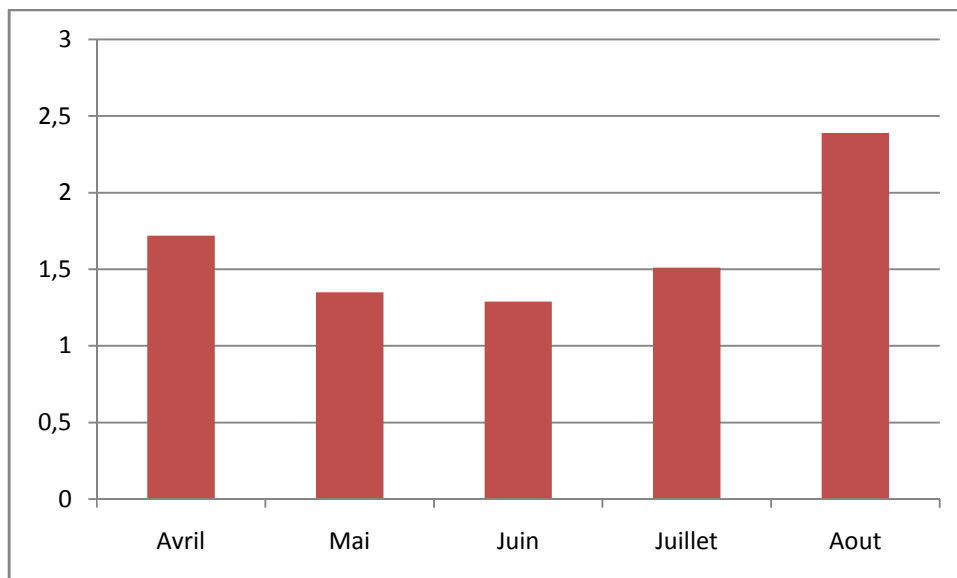


Figure 31: variation des moyennes mensuelles des nitrates (mg/l)

Variation mensuelle : nous remarquons que les valeurs des moyennes mensuelles des nitrates obtenues sont faibles, elles varient entre 1.29mg/l notée aux mois de Juin et 2.39mg/l enregistré au mois d'Aout (la norme du **J.O.R.A.**, (2011) est de 50 mg/l).

Selon **Gaujous(1995)**, les nitrates dans l'eau proviennent de la minéralisation de la matière organique, les engrais azotés, les résidus d'animaux, les fumiers, le purin et les eaux

usées, donc nous pouvons conclure que les sources de provenance de cet élément sont en faibles quantités dans le barrage.

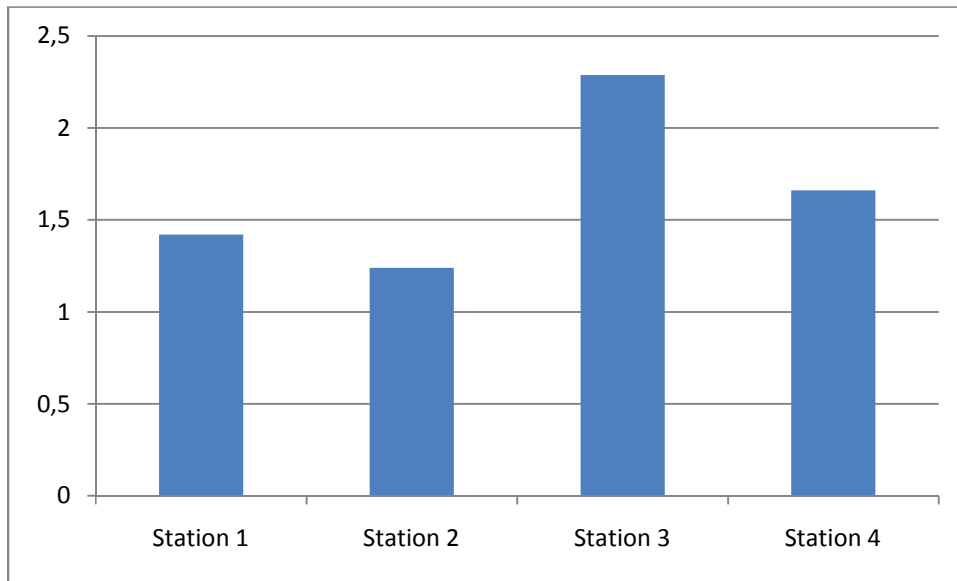


Figure 32: variation spatiale des moyennes mensuelles des nitrates (mg/l).

Variation spatiale : Les résultats obtenus des nitrates dans les quatre stations durant les cinq mois sont hétérogènes et non pas importantes.

- On remarque un pic d'augmentation au mois d'Aout au niveau de la station 3 (5.09 mg/l)

III.1.3.2. Nitrites

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XVIII (annexe I) et représentés par les figures 33 et 34.

Le nitrite est la forme la moins stable des nitrates. Selon **Gaujous (1995)**, le nitrite est un stade intermédiaire :



Variation mensuelle : nous remarquons que les moyennes mensuelles des nitrites varient entre un minimum de 0.12 mg/l noté au mois de Juillet et un maximum de 0.37mg/l relevé au mois d'Avril. Ces teneurs sont largement supérieures à la norme de 0.1 mg/l exigée par le **J.O.R.A, (1993)**, donc les eaux du barrage sont riches en nitrites.

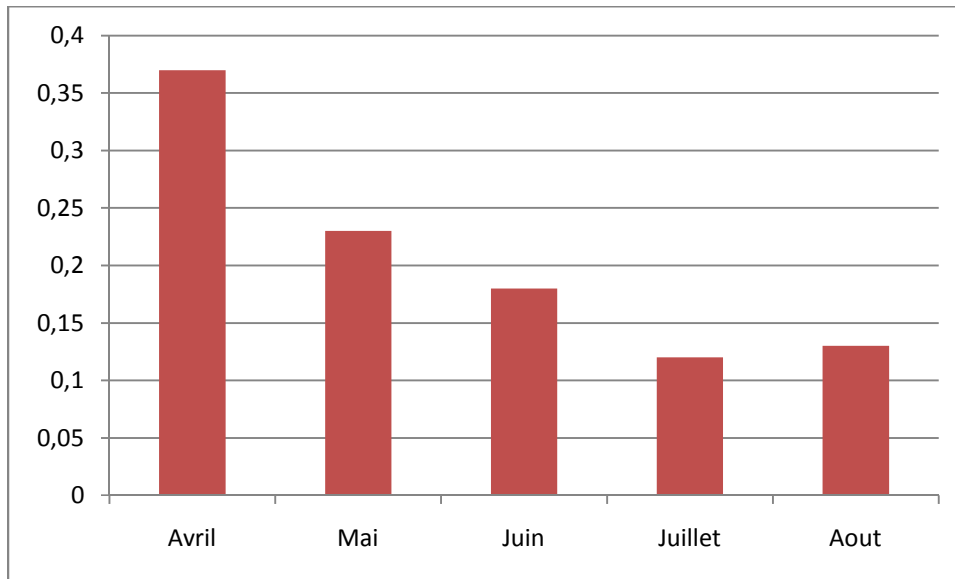


Figure 33 : variation des moyennes mensuelles des nitrites (mg/l)

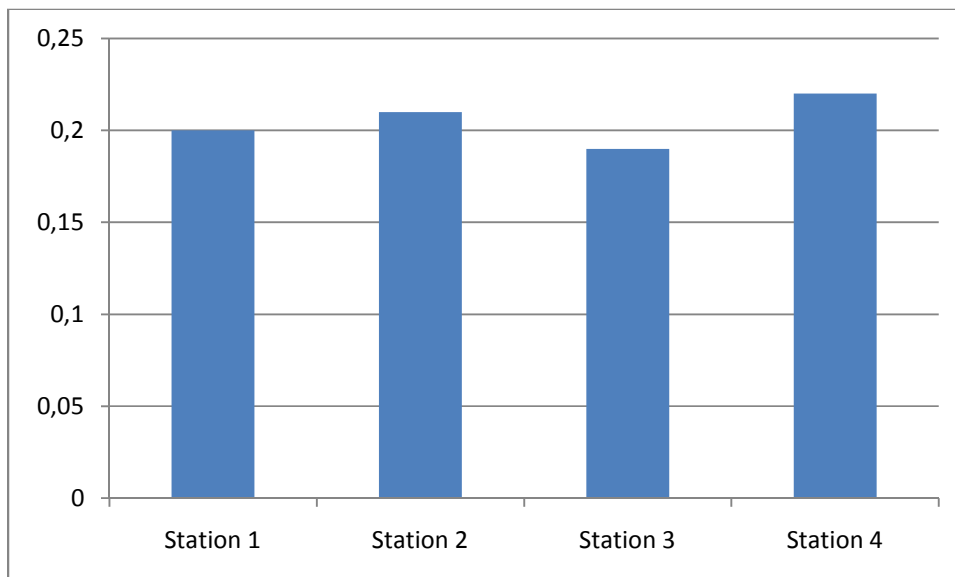


Figure 34 : variation spatiale des moyennes mensuelles des nitrites (mg/l).

Variation spatiale : nous remarquons qu'il y'a une certaine hétérogénéité dans la répartition spatiale des nitrites.

Selon **Rodier et al., (1996)**, la présence des nitrites est l'une des causes de la dégradation de l'eau.

III.1.3.3. L'azote ammoniacal

Selon **Nisbet et Vernaux (1970)**, l'azote ammoniacal, qui est la forme la plus réduite de l'azote, existe dans les eaux riches en matière organique en décomposition, lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation en nitrate.

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XIX (annexe I) et représentés par les figures 35 et 36.

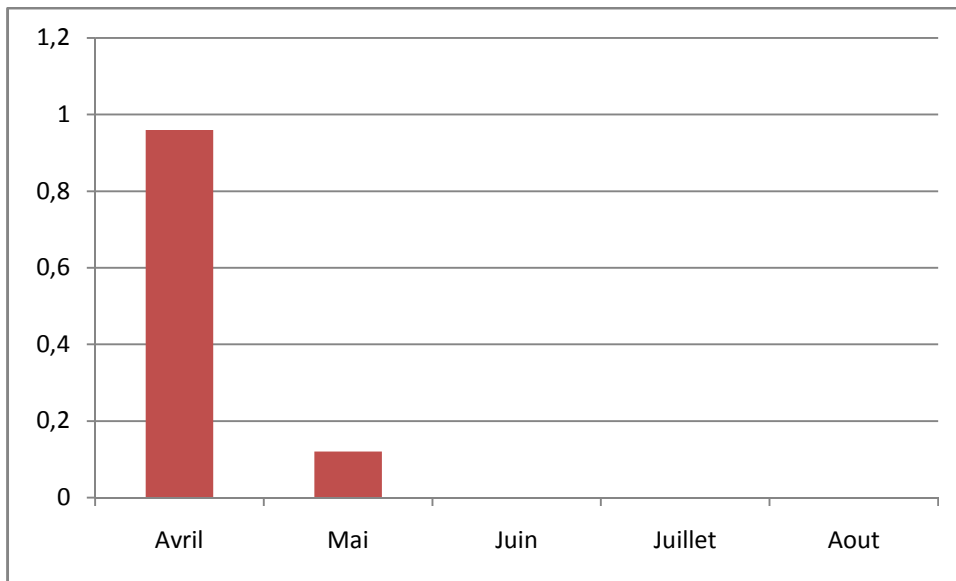


Figure 35 : variation des moyennes mensuelles de l’azote ammoniacal en mg/l.

Variation mensuelle : les teneurs moyennes mensuelles de l’azote ammoniacal montrent une valeur minimale de 0.12mg/l notée au mois de Mai et une valeur maximale de 0.96 mg/l relevée au mois d’Avril. Cette valeur est largement supérieure à 0.5 mg/l, norme exigée par **J.O.R.A, (1993)**. Et on ne note aucune valeur en Juin, Juillet et Aout.

La forte teneur enregistrée durant le mois d’Avril (0.96) mg/l peut être liée à la dégradation de la matière organique (**Plement, 1993**).

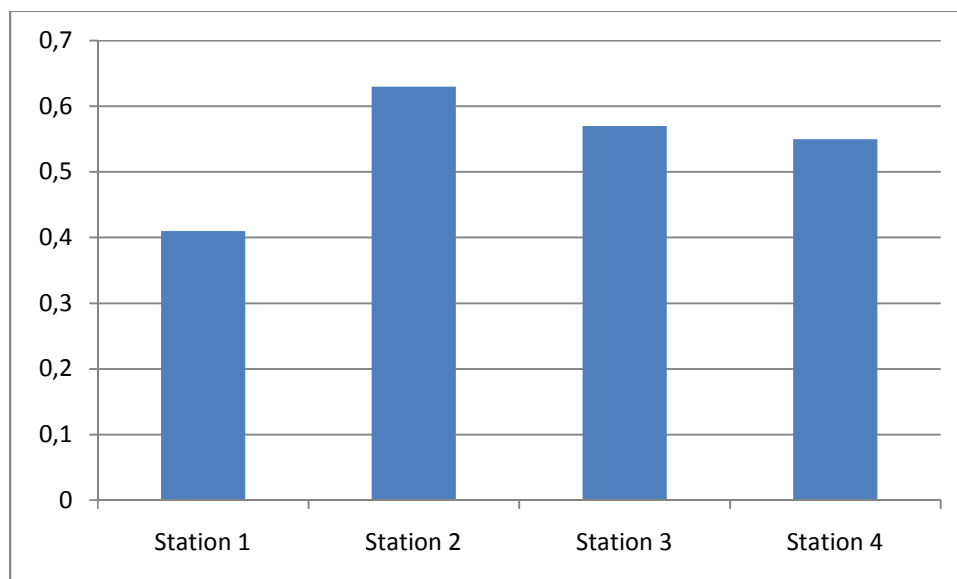


Figure 36: variations spatiales des moyennes mensuelles de l’azote ammoniacal en mg/l.

Variation spatiale : nous remarquons qu'il y'a une certaine hétérogénéité dans la répartition spatiale de cet élément, ceci est constaté par les différences qui existent entre les stations: la station 1 (0.41mg/l), la station 2 (0.63mg/l), la station 3 (0.57mg/l) et la station 4 (0.55mg/l).

III.1.3.4. Orthophosphate

Selon **Barroin (1988)** plus la teneur en ortho-phosphate est élevée, plus l'activité photosynthétique est importante.

Les résultats des prélèvements sont regroupés dans le tableau XX (annexe I) et représentés par les figures 37 et 38.

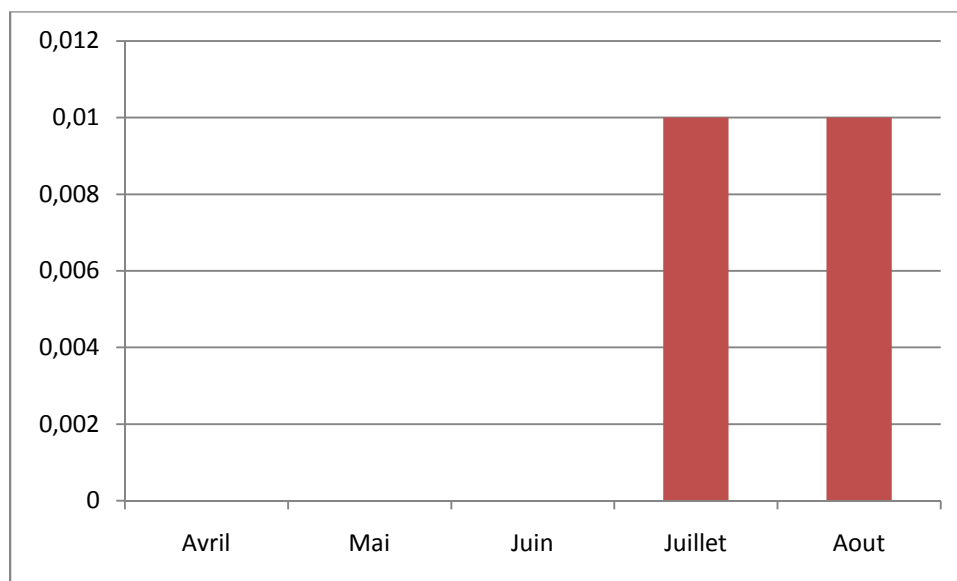


Figure 37 : variation des moyennes mensuelles d'orthophosphates (mg/l).

Variation mensuelle : Les valeurs obtenues sont faibles et fluctuent entre 0.00 mg/l notée au mois d'Avril, Mai, Juin, et 0.01 mg/l relevée au mois d'Aout. Comparant nos résultats avec la norme de 0.5 mg/l donnée par le **J.O.R.A, (1993)**, nous constatons, donc que les teneurs obtenues durant tous les mois sont inférieures à la norme.

Variation spatiale: nous remarquons qu'il y'a une homogénéité dans la répartition spatiale de cet élément.

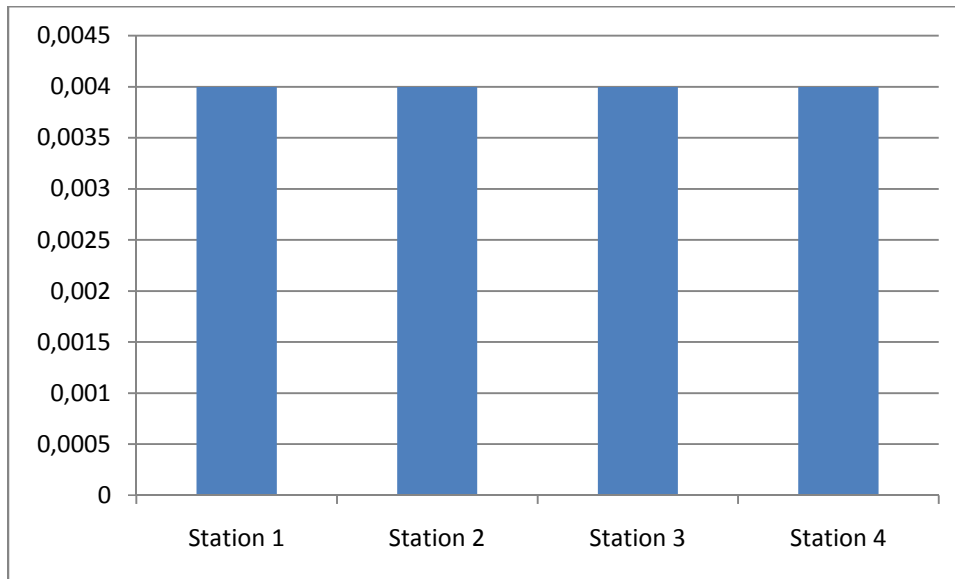


Figure 38: variation spatiale des moyennes mensuelles d'orthophosphates (mg/l).

III.2. Les paramètres microbiologiques

Les résultats de l'analyse bactériologique des eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda sont regroupés dans le tableau XXI en annexe II.

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher celles qui sont susceptibles d'être pathogènes ou celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre, en particulier, dans l'intestin de l'homme et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale (**Rodier et al., 2005**).

Selon les normes indiquées dans l'annexe V, les eaux brutes doivent contenir :

- Moins de 50 000 coliformes totaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 20 000 conformes fécaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 10 000 streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau.
- Absence de salmonelles dans 100 ml d'eau.
- Absence de vibrion cholérique dans 100 ml d'eau.

L'analyse bactériologique des eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda révèle la présence des bactéries indicatrices de contamination fécales (coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoque fécaux) et l'absence totale des salmonelles et des vibrions cholérique.

III.2.1. Les Coliformes Totaux

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 39.

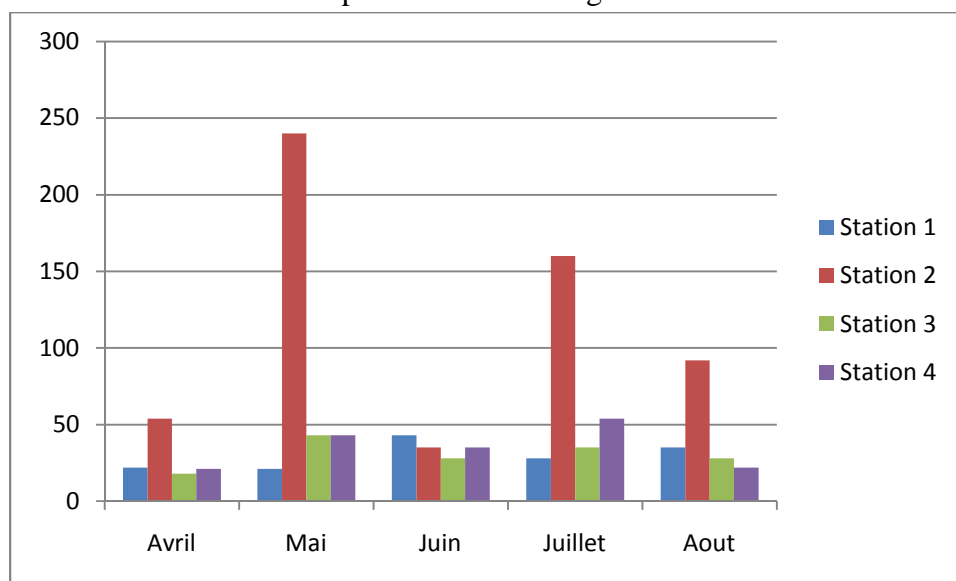


Figure 39: les variations mensuelles des coliformes totaux

Les valeurs obtenues durant les 5 campagnes de prélèvement varient entre un minimum de 18 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 3 en Avril et un maximum de 240 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 2 en Mai.

D'après les résultats obtenus, le nombre des coliformes totaux est important dans la station 2 durant les cinq mois de prélèvement. Cette teneur élevée serait due aux caractéristiques de cette station (forte végétation). En effet selon **Edberg et al., (2000)** la plupart des espèces de ce groupe se retrouvent naturellement dans le sol ou sur la végétation.

D'autres ne se retrouvent que rarement dans les fèces et peuvent se multiplier dans l'eau (**OMS, 2000**).

III.2.2. Les Coliformes Fécaux

Les variations mensuelles des coliformes fécaux sont irrégulières et montrent qu'il y a une contamination fécale. Car ces derniers apparaissent toujours en grande quantité dans les déjections animales et humaines.

Les valeurs obtenues durant les 5 campagnes de prélèvement varient entre un minimum de 4 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 3 et la station 4 en Juin et un maximum de 43 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 1 en Juin et la station 2 en Juillet. En effet cette valeurs maximales est peut être due à la capacité de ces germes à résister aux conditions environnementales difficiles.

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 40.

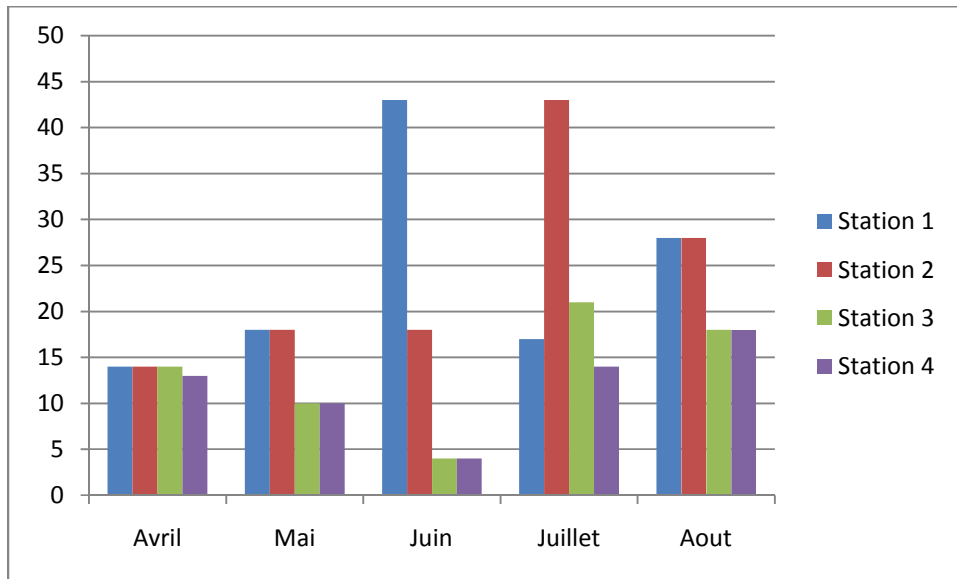


Figure 40: Les variations mensuelles des coliformes fécaux

III.2.3. Les Streptocoques Fécaux

Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 41.

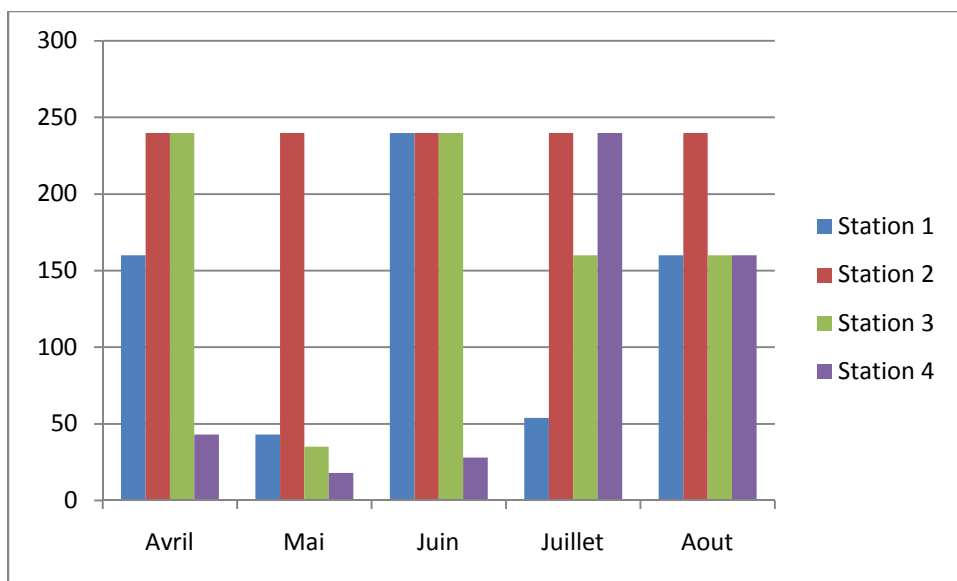


Figure 41: Les variations mensuelles des streptocoques fécaux

D’après les résultats obtenus, les streptocoques fécaux présentent un taux très élevée mais ne dépassent pas les normes établies par l’OMS.

Les valeurs obtenues varient entre un minimum de 18 germes /100 ml enregistré au niveau de la station 4 en Mai et un maximum de 240 germes /100 ml enregistré au niveau de plusieurs stations.

La présence des streptocoques fécaux dans l'eau indique qu'il y a une contamination fécale.

III.2.4. Les Salmonelles et les vibrions cholériques

Les salmonelles peuvent être présentes dans les eaux usées agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux destinées à la consommation humaine et les eaux souterraines, ainsi que dans les eaux de surface.

D'après les résultats obtenus, on remarque une absence totale de Salmonelle et de vibrions cholériques dans les eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda.

Ces résultats sont conformes aux normes des eaux de surface établies par l'OMS.

L'absence des agents pathogènes tels que salmonelle et vibrion permet l'utilisation de ces eaux aux besoins par exemple : l'irrigation.

IV. Les Perspectives

-favoriser la concertation et les partenariats entre les pouvoirs locaux et la population.

- Inculquer à l'ensemble des acteurs une connaissance réelle du milieu et des Problèmes de la pollution de l'eau.

-Faire évoluer les habitudes et les réflexes acquis par la population, et modifier le style de vie de celle-ci, en favorisant le développement de nouvelles valeurs qui intègrent la notion du respect de l'eau dans toute action humanitaire.

-Sensibiliser les habitants à la protection de cette ressources, et de montrer comment chacun dans son travail peut contribuer à sa préservation et à son amélioration.

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac inférieur de barrage de Zéralda.

❖ L'analyse des paramètres physico-chimiques a révélé que :

- la température de l'eau reflète les variations saisonnières ;
- le pH rencontré est basique pour tous nos prélèvements ;
- les concentrations en calcium, magnésium, nitrate, nitrite, les chlorures, l'azote ammoniacal et les sulfates dépassent les normes de **J.O.R.A (2011)** des eaux superficielles ;

❖ Les résultats des analyses bactériologiques révèlent que :

Les eaux du lac sont de qualité acceptable car les résultats des analyses sont conformes et en accord avec les normes françaises ainsi que les règlements de l'**OMS** pour les eaux brutes, cette qualité résulte de ce fait que le barrage est loin d'être pollué avec les rejets directs soit industriels ou des eaux usées domestiques. La contamination bactériologique d'origine fécale est issue donc, des animaux qui vivent à proximité du barrage, mais qui restent toujours inférieur aux valeurs fixées par l'**OMS** et les règlements française.

De plus, et selon les données que nous avons pu disposer durant notre présente étude nous pouvons déclarer que :

Les eaux du lac inférieur de barrage de Zéralda présentent une pollution chimique qui peut être liée aux rejets charriés par les oueds qui alimentent ce lac, et une bonne qualité au plan bactériologique.

Glossaire

Anticlinal : En géologie, on appelle anticlinal un pli présentant une concave vers le haut et dont le centre est occupé par les couches géologiques les plus anciennes.

Choléra : affection entérique de caractère épidémique, liée à la contamination des eaux de boisson, et provoquant la mort en absence de traitement.

Colline : Une colline est un relief généralement modéré et relativement peu étendu qui s'élève au-dessus d'une plaine ou d'un plateau.

Echantillonnage : Procédure utilisée pour tirer ou constituer un échantillon.

Ecosystème : Ensemble constitué d'une aire géographique bien délimitée caractérisée par des conditions écologiques particulières (température, salinité), Dans ce cadre physique (biotope) vit un ensemble d'êtres, une communauté, connue sous le nom de biocénose (**Barnabé, 1991**).

Ecosystème aquatique : Un écosystème aquatique désigne une unité écologique de base constituée d'éléments vivants et non vivants en interaction dans un milieu aqueux.

Environnement : Ensemble des conditions physiques, chimiques et biologiques qui Régissent à un moment donné la vie d'un organisme ou d'une population (**Barnabé, 1991**).

Faune : terme désignant l'ensemble des espèces animales constituant un peuplement.

Flore : Liste des taxons (systématique) végétaux d'une aire ou d'un milieu donnés.

Plaine : Une plaine est une forme particulière de relief, c'est un espace géographique caractérisé par une surface topographique plane, avec des pentes relativement faibles. Elle se trouve à basse altitude.

Quaternaire : ère actuelle, marquée par l'apparition de l'homme.

Tertiaire : Période géologique qui dura environ 65 millions d'années et qui fut marquée par le plissement alpin et la diversification des mammifères.