

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N°Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila
Institut des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
Master
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Protection des écosystèmes

Thème :

Contribution à l'étude de la qualité des eaux du Barrage Hammam Grouz dans la Wilaya de Mila

Présentée par :

- LAHRECHE Chima.
- LARABA Douaa.

Soutenue devant le jury :

- | | | | |
|----------------------|--------------|-----|-------------------------------|
| • TABET Slimane | Président | MCB | Centre Universitaire de Mila. |
| • KADECHE Lilia | Examinatrice | MCB | Centre Universitaire de Mila. |
| • BOUNAMOUS Azzedine | Encadreur | Pr | Centre Universitaire de Mila. |

Année Universitaire : 2020/2021



Remerciement

*Avant tout, nous remercions sincèrement et profondément le bon Dieu qui nous a donné
le courage, la patience et la force pour faire ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier vivement notre encadreur le Pr **BOUNAMOUS Azzedine**,
qui nous a guidé, encouragé et conseillé pendant toute l'année, ainsi pour
l'attention qu'il a donné à la lecture de ce mémoire.*

*On est très reconnaissantes envers Dr **LALAOUI Meryem** pour ses précieux conseils et
ses encouragements durant le déroulement de ce travail.*

*Dr. **KADECHE Lilia** pour sa gentillesse d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Dr. **TABET Slimane** pour l'honneur qu'il nous fait de présider les jurys.*

*On n'oublie pas nos parents, qui nous ont toujours encouragées. Enfin on remercie tous ceux
qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

A tous nous disons : Mille fois merci





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

*A la mémoire de mon grand-père **LARABA Abedelhamid** qui est toujours dans mon esprit et dans mon cœur, tu me manques.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma très chère mère **Chafia**, merci pour vos années de vie, merci pour vos prières qui ont été ma source de force pour mener à bien ce travail, Tu as été plus qu'une mère pour moi , Que Dieu te bénisse et te garde.*

*A l'homme de ma vie **Noureddine**, mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation. Que Dieu te garde pour moi.*

*A mes chères sœurs **Asma, Selssabile, Nour Imane** et **Marwa** pour vos encouragements permanents, pour vos appuis et votre soutien moral que Dieux vous protège et vous offre le bonheur.*

*A tous mes oncles et tantes, cousins et cousines de la famille **LARABA** et **BENDALI HACINE**. Et surtout à mon cher oncle **Soufiane** pour ton soutien moral et ta gentillesse.*

*A mes très chères amies **Youcef, Rayan, chima**, un profond respect et un remerciement particulier pour les beaux et durs moments que nous avons partagé ensemble.*

A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de loin.



DOUAA



Dédicace

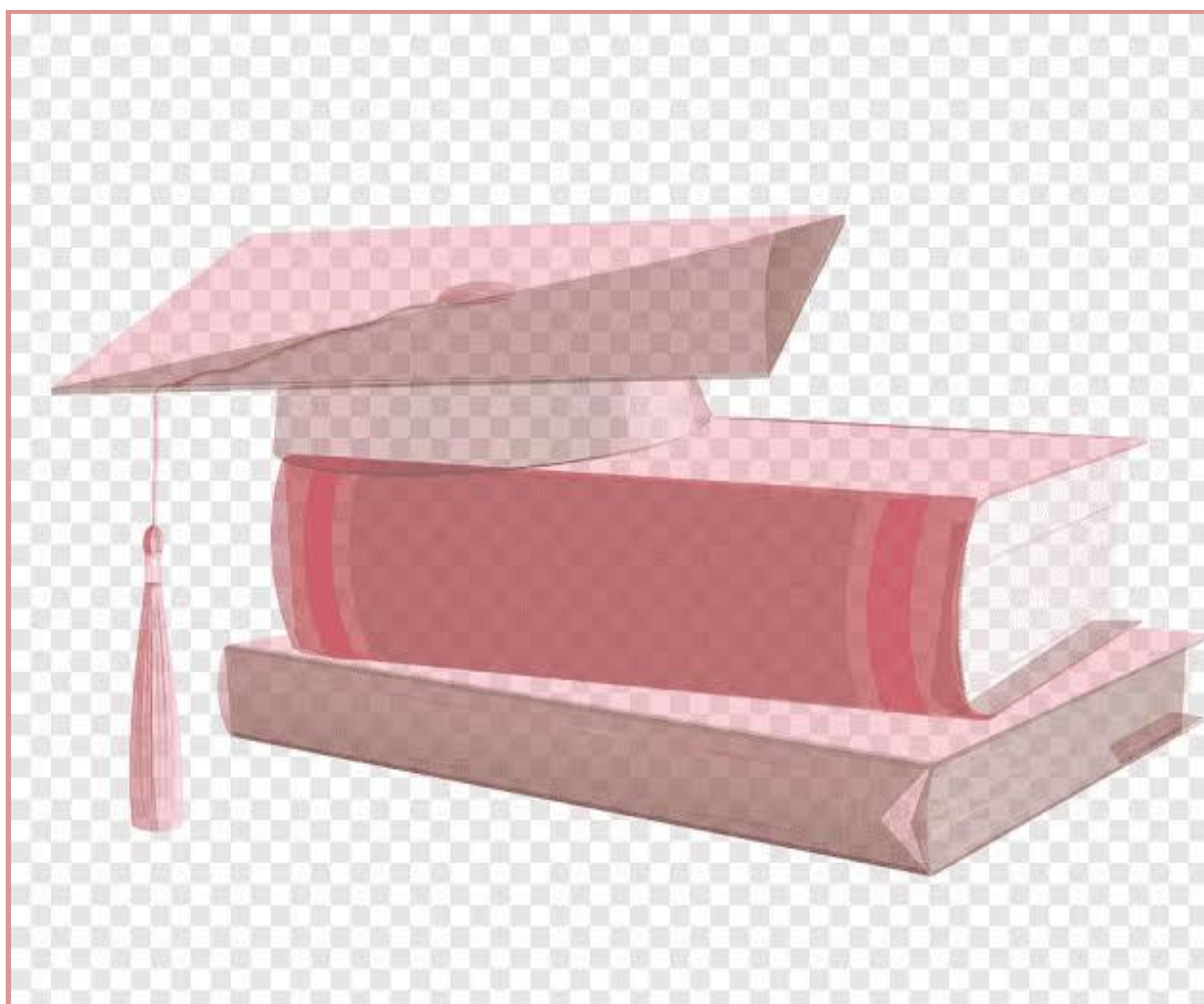
Avec l'aide et la protection d'ALLAH Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à :

- *la lumière de mes jours, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; Ma très chère et douce mère **SAIDA** Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de mes efforts et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Que dieu te garde.*
- *L'homme de ma vie **SAID (ZOUBIR)** mon exemple éternel, mon soutien moral et ma source de joie et de bonheur, Mon père Rien au monde ne vaut les efforts fournis toute sa vie pour mon éducation et mon bien être. Que dieu te garde pour moi.*
- *A la mémoire ma sœur **RAYANE** qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Que Dieu, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.*
- *Un énorme merci A mon frère **FADI ABD ARAOUF** je te souhaite tout le meilleur dans ta vie.*
- *Mon adorable sœur **SAMAR** je demande que dieu à la protéger à moi.*
- *Ma grand-mère **HOURIA** je souhaite que Dieu la bénisse avec une bonne santé.*
- *Merci à moi **CHIMA** pour tous les efforces et parce que je n'ai pas abandonné.*
- *Mon amie **DOUAA** un profond respect et un remerciement particulier.*
- *Aux personnes qui m'ont toujours aidé et qui m'ont aimée.*



CHIMA

SOMMAIRE



Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

I.1.Généralité sur l'eau	2
I.2.Cycle de l'eau	2
I.3.Types des eaux	3
I.3.1.Eaux souterraines	3
I.3.2.Eaux de surfaces	4
I.4.Pollution de l'eau	4
I.4.1.Sources de pollution	4
I.4.1.1.Rejets domestiques	5
I.4.1.3.Rejets industriels	6
I.4.2.Impacts de la pollution	6
I.4.2.1.Sur le milieu naturel	6
I.4.2.2.Sur l'économie	6
I.4.2.3.Sur la santé	6
I.5.Caractéristiques et Paramètres de l'eau	7
I.5.1.Caractéristiques organoleptiques	7
a. Couleur	7
b. Odeur	7
c. Goût et la saveur	7
d. Turbidité	8
I.5.2.Paramètres physico-chimiques	8
I.5.2.1.Paramètres physiques	8
a. Température (T °)	8
b. Potentiel d'hydrogène (pH)	9
c. Oxygène dissous (OD)	9
d. Conductivité électrique (CE)	9
e. Salinité (SAL)	10
f. Total des Solides Dissous (TDS)	10

g. Dureté Totale (TH)	10
I.5.2.2. Paramètres chimiques	11
a. Nitrite (NO_2^-).....	11
b. Nitrate (NO_3^-).....	11
c. Ammonium (NH_4^+).....	11
d. Phosphate (PO_4^{2-})	12
e. Sulfate (SO_4^-).....	12
f. Bicarbonates (HCO_3^-).....	12
g. Silicium (Si(OH)_4^-)	13
h. Minéralisation globale	13
I.5.2.3. Traces métalliques	13
a. Fer (Fe^{2+})	14
b. Manganèse (Mn^+)	15
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	17
II.1.1. Situation géographique.....	17
II.1.2. Activités agricoles	18
II.1.3. Couverture végétale	18
II.1.4. Climat de la région d'étude	19
II.2. Prélèvement de l'échantillon d'eau	24
II.3. Mesures des paramètres physico-chimiques.....	26
II.3.1. Sur terrain.....	26
II.3.2. Au laboratoire	27
II.3.2.1. Paramètres physico-chimique	27
II.3.2.2. Traces métalliques	32
III.1. Les paramètres physiques.....	34
III.1.1. La température (T).....	34
III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	35
III.1.3. La Conductivité électrique (CE)	36
III.1.4. Le total des solides dissous (TDS)	36
III.1.5. La salinité (SAL)	37
III.1.6. La dureté total (TH)	38
III.1.7. La turbidité.....	39
III.1.8. L'oxygène dissous (OD).....	40
III.2. Les paramètres chimiques	41
III.2.1. Le nitrite (NO_2^-).....	41

III.2.2.Le nitrate(NO_3^-)	42
III.2.3.L'ammonium (NH_4^+)	43
III.2.4.Le sulfates (SO_4^-)	44
III.2.5. Le bicarbonates (HCO_3^-).....	45
III.2.6. Les orthophosphates (PO_4^{2-}) et (P^{2+}).....	46
III.2.7. Le silicium ($\text{Si}(\text{OH})_4$)	48
III.3. Les Traces métalliques	49
III.3.1.Le Fer (Fe^{2+})	49
III.3.2. Le manganèse (Mn^+).....	50
III.4.Adéquation de l'eau de surface à la consommation	50
III.5.L'analyse statistique.....	54
III.5.1.Les diagrammes en boîtes	54
III.5.2. L'ACP et la CAH.....	60
Conclusion	
Références	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

- **CE** : Conductivité électrique.
- **DL** : Désirable Limite
- **E.N.R.B** : Entreprise Nationale de Réalisation des Barrages
- **Fe²⁺** : Fer.
- **HCO₃⁻** : Bicarbonates.
- **L** : Lac.
- **MES** : Matière En Suspension.
- **Mg/L** : Milligramme par litre.
- **Mn⁺** : Manganèse.
- **MPL** : Maximum Permissible limite.
- **NH₄⁺** : L'azote ammoniacal.
- **NO₃⁻** : Nitrates.
- **NO₂⁻** : Nitrites.
- **NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrique.
- **OD** : Oxygène dissous.
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- **O.N.M** : Office Nationale de la Météorologie.
- **ONU** : l'Organisation des Nations Unies.
- **pH** : Potentiel Hydrogène.
- **PO₄²⁻** : Phosphate.
- **R**: Révière (Oued).
- **SAL**: Salinité.
- **SO₄⁻**: Sulfates.
- **Si(OH)₄⁻**: Silicium.
- **T °C**: Température.
- **TDS** : Total des Solides Dissous.
- **TH**: Titre Hydrométrique (Dureté Totale).
- **µs/cm**: Micro-siémens par centimètre.

Liste des figures		
Figure 01	Schéma du Cycle de l'eau	03
Figure 02	Localisation de la région d'étude	18
Figure 03	Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est Algérien	19
Figure 04	Graphes des valeurs moyennes du T° (2010-2020)	20
Figure 05	Graphes des valeurs moyennes du PPT (2010-2020)	21
Figure 06	Diagramme Pluvio-Thermique ou Ombro-Thermique (2010-2020)	22
Figure 07	Graphes des valeurs de l'humidité (2010-2020)	23
Figure 08	Graphes des valeurs du vent (2010-2020)	24
Figure 09	Prélèvement d'échantillons	24
Figure 10	Localisation des points de prélèvement du Lac	26
Figure 11	Localisation des points de prélèvement d'Oued Rhumel	26
Figure 12	Lac du Barrage	26
Figure 13	Oued Rhumel	26
Figure 14	Appareil de Conductivité Mètre	27
Figure 15	Appareil de pH Mètre	27
Figure 16	Appareil d'Oxymètre	27
Figure 17	Les pastilles de Hard check p	28
Figure 18	Appareil de Turbidimètre	28
Figure 19	Après La réaction chimique de Nitrite (couleur transparent)	29
Figure 20	Avant La réaction chimique de Nitrite (couleur rose)	29
Figure 21	Appareil d'Etuve	29
Figure 22	Appareil de Spectrophotomètre	29
Figure 23	Appareil de Palintestphotomètre 7500 (Multivarie) et les pastilles d'Alka-M-, Alka P-photomètre	30
Figure 24	Appareil de Lovibondphotomètre MD600 (Multivarie)	31
Figure 25	Après la réaction chimique de Silicium (couleur transparent)	31
Figure 26	Avant la réaction chimique de Silicium (Couleur bleu)	31
Figure 27	Appareil de Palintestphotomètre 7500 (Multivarie)	32
Figure 28	Appareil de Palintestphotomètre 7500 (Multivarie) et les pastilles de Manganèse	32
Figure 29	Graphes des valeurs du T(C°) (Lac et Rivière)	34
Figure 30	Graphes des valeurs du pH (Lac et Rivière)	35
Figure 31	Graphes des valeurs de la CE (Lac et Rivière)	36
Figure 32	Graphes des valeurs du TDS (Lac et Rivière)	37

Figure 33	Graphe des valeurs du SAL (Lac et Rivière)	38
Figure 34	Graphe des valeurs du TH (Lac et Rivière)	39
Figure 35	Graphe des valeurs du Turbidité (Lac et Rivière)	40
Figure 36	Graphe des valeurs de l'OD (Lac et Rivière)	41
Figure 37	Graphe des valeurs du NO_2^- (Lac et Rivière)	42
Figure 38	Graphe des valeurs du NO_3^- (Lac et Rivière)	43
Figure 39	Graphe des valeurs du NH_4^+ (Lac et Rivière)	44
Figure 40	Graphe des valeurs du SO_4^- (Lac et Rivière)	45
Figure 41	Graphe des valeurs du HCO_3^- (Lac et Rivière)	46
Figure 42	Graphe des valeurs de PO_4^{2-} et P^{2+} (Lac et Rivière)	47
Figure 43	Graphe des valeurs du $\text{Si}(\text{OH})_4^-$ (Lac et Rivière)	48
Figure 44	Graphe des valeurs du Fe^{2+} (Lac et Rivière)	49
Figure 45	Graphe des valeurs du Mn^+ (Lac et Rivière)	50
Figure 46	Modèle d'une boîte à moustache	55
Figure 47	Distributions de pH dans le Lac et Rivière	56
Figure 48	Distributions de température dans le Lac et Rivière	56
Figure 49	Distributions de turbidité dans le Lac et Rivière	57
Figure 50	Distributions de la dureté totale dans le Lac et Rivière	57
Figure 51	Distributions des éléments majeurs dans le Lac et Rivière	58
Figure 52	Distributions de nitrate et phosphate dans le Lac et Rivière	58
Figure 53	Distributions des nutriments dans le Lac et Rivière	59
Figure 54	Distributions des traces métalliques dans le Lac et Rivière	60
Figure 55	Tracé d'effondrement, eaux du lac	63
Figure 56	Tracé des composantes dans l'espace après rotation, eaux lac	65
Figure 57	Dendogramme montrant les groupes d'eau du Lac	65
Figure 58	Tracé d'effondrement, eaux de rivière	68
Figure 59	Tracé des composantes dans l'espace après rotation, eaux rivière	71
Figure 60	Dendogramme montrant les groupes d'eau de rivière	71

Liste des tableaux		
Tableau 01	Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau	05
Tableau 02	Qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté	11
Tableau 03	Les paramètres du T° (2010-2020) dans la région d'étude	20
Tableau 04	Les paramètres de PPT (2010-2020) dans la région d'étude	21
Tableau 05	Les paramètres de PPT et T° (2010-2020) dans la région d'étude	22
Tableau 06	Les paramètres de l'humidité (2010-2020) dans la région d'étude	23
Tableau 07	Les paramètres de vent (2010-2020) dans la région d'étude	24
Tableau 08	Coordonnées des points étudiées d'eau de surface	25
Tableau 09	Poids des paramètres physico-chimiques	52
Tableau 10	Classification de l'eau selon l'IQE	52
Tableau 11	Limites des classes de l'Indice de Pollution Organique	53
Tableau 12	Les valeurs calculées d'IPO dans le lac et la rivière	53
Tableau 13	Classification et usage possible de l'eau selon l'IQE	54
Tableau 14	Matrice de corrélation Pearson appliquée aux différentes variables physico-chimiques des eaux du lac	62
Tableau 15	Représentativité des principaux axes factoriels – eaux du lac	63
Tableau 16	Matrice des composantes après Rotation – eaux du lac (Rotation Varimax avec normalisation Kaiser	64
Tableau 17	Matrice de corrélation Pearson appliquée aux différentes variables physico-chimiques des eaux de Rivière	67
Tableau 18	Représentativité des principaux axes factoriels – eaux de rivière	69
Tableau 19	Matrice des composantes après Rotation – eaux de rivière	70

INTRODUCTION



INTRODUCTION

Introduction

L'eau est un élément précieux indispensable à la vie, présente dans l'univers sous forme gazeuse ou solide, cependant, c'est la forme liquide qui caractérise la terre, «la planète bleue » **(Hoffmann et al.,2014)**. Cette ressource naturelle recouvre les trois quarts de notre planète, avec seulement 0,014% d'eau douce. De plus, sa répartition étant non homogène à la surface du globe, cette ressource représente à la fois un enjeu politique, économique et stratégique **(Nehme; 2014)**.

D'après des études récentes réalisées par l'Organisation des Nations Unies (ONU), près de la moitié de la population des pays méditerranéens se trouvera en situation de tension ou de pénurie d'eau en 2025. Aujourd'hui, les ressources d'eaux sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement. Cette menace a déclenché une prise de conscience dans le monde entier, et a poussé les chercheurs à s'intéresser à l'étude de l'état de contamination des milieux aquatiques **(Benkaddour; 2018)**.

Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en Irrigation et l'industrie **(Mohammedi et al., 2015)**.

Toutefois, les zones humides, principalement, continentales (lacs, réservoirs de barrages) représentent les meilleurs exemples d'écosystèmes à protéger vu leur fonction naturelle principalement biologique : productivité biologique, habitat et richesse écologique (animale et végétale), fonctions écologique et hydrologique ainsi que leur importance socioéconomique (alimentation en eau potable (AEP) des populations, irrigation,...). Aussi, la région de Mila, avec ses importantes zones humides (barrages et retenues) dont le lac du barrage de Hammam Grouz, représente un bon exemple d'étude, qui méritent une meilleure gestion, préservation et protection **(Lalaoui; 2020)**.

Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivant ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation agricole. Pour cette raison dans ce travail nous allons étudier la qualité physico-chimique du « Barrage Hammam Grouz», s'il est

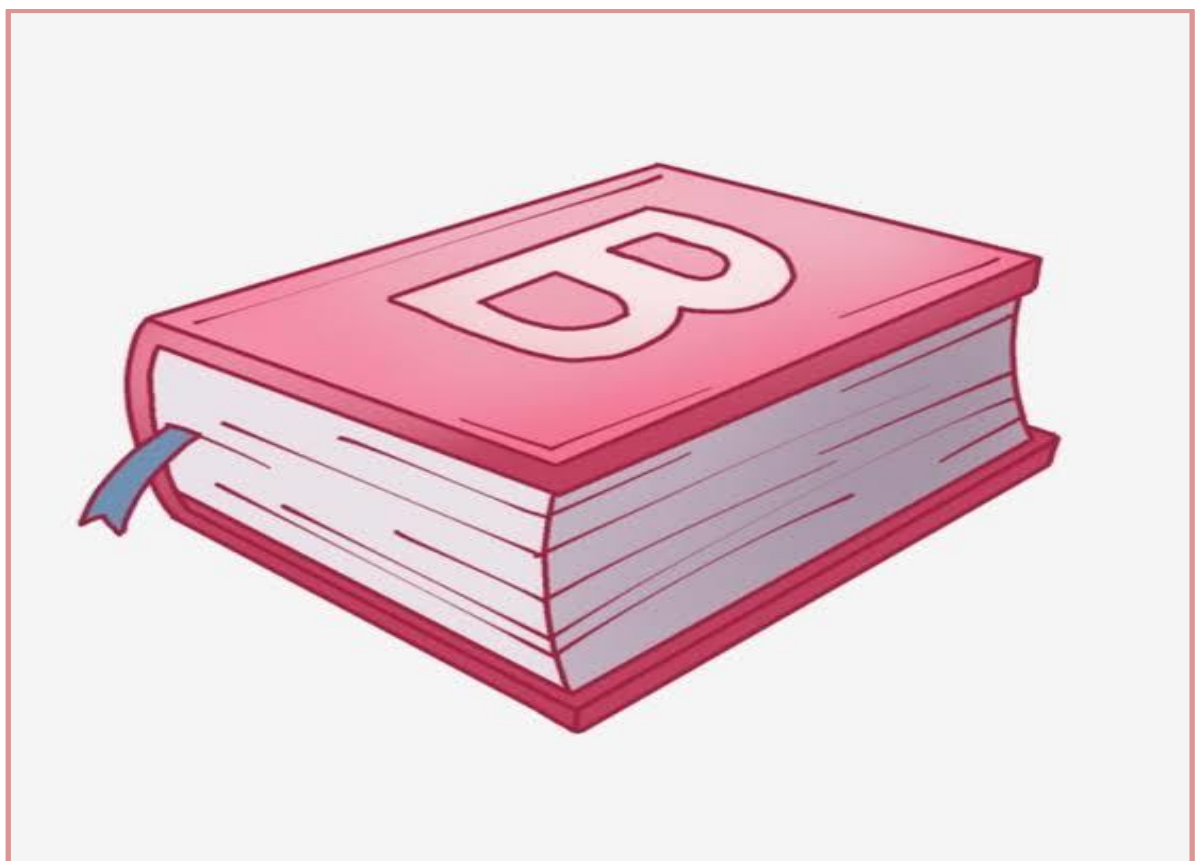
utilisable pour la consommation (potable) ou l'agriculture. Cette étude est répartie comme suit :

- ✓ Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur l'eau : ce cycle, ces types, la pollution et leur impact, ces paramètres et caractéristiques.
- ✓ Le deuxième chapitre s'intéresse tout d'abord au matériel et méthodes qui comporte une description du site d'étude et par la suite à une présentation des méthodes d'analyses utilisées pour l'obtention des résultats.
- ✓ Le troisième et dernier chapitre contient les résultats et discussions fera l'objet d'une appréciation des eaux de ce barrage selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les normes Algérienne pour les eaux potables, adéquation de l'eau de surface à la consommation à partir des indices et une analyse statistique, suivie par une conclusion générale.

CHAPITRE I

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre 01 : synthèse bibliographique

I.1.Généralité sur l'eau

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H_2O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne).

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états ; solide, liquide, et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro-chargés (**Michard ; 2002**).

I.2.Cycle de l'eau

La quantité d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années. Elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, forme la vapeur d'eau qui, en se transformant en des précipitations sous forme de pluie, de neige et de grêle, va alimenter les mers, les cours d'eau et les nappes souterraines.

L'eau change d'état au cours de son cycle (**Figure 01**), passant de l'état gazeux à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, sa quantité globale est restée inchangée depuis le temps. Dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide. Cette eau liquide est concentrée dans les nuages puis dans les précipitations. Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule une toute petite partie de cette eau est en mouvement.

La grande majorité était stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère (**Maurel; 2006**).

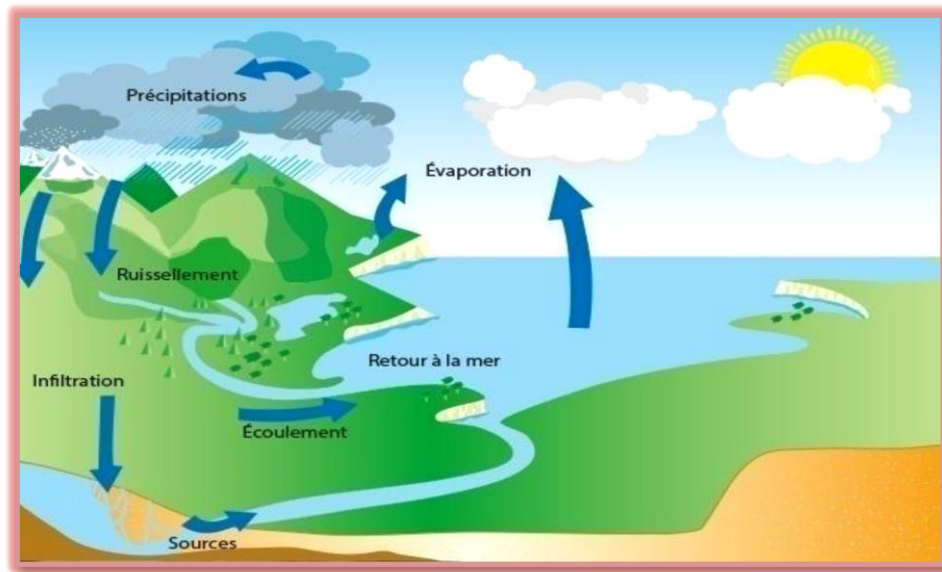


Figure 01 : Schéma du Cycle de l'eau (CIE; 2013).

I.3.Types des eaux

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont les eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lac naturels ou artificiels ou barrages) (Degremont; 2005).

I.3.1.Eaux souterraines

Les eaux souterraines constituent 20% des réserves d'eaux soit environ 1000 millions de mètres, leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes ; il existe plusieurs types : nappes profondes, nappes phréatiques et nappes alluvionnaires (Hamed ;2012).

Les eaux souterraines sont ni réévaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Merouanin et al., 2013).

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

I.3.2.Eaux de surfaces

L'eau de surface désigne l'eau qui s'écoule ou qui stagne à la surface de l'écorce terrestre. Désigne également les sources, puits et autres collecteurs directement influencés par l'eau de surface. Les eaux de surface se répartissent en eaux véhiculées par les cours d'eau, on contenues dans les lacs, maintenues derrière les barrages dans le but de créer des réservoirs (retenues) qui permettent d'accumuler l'eau durant les périodes pluvieuses pour pouvoir ensuite la distribuer durant les périodes sèches, soit à en assurer la régulation, soit à pouvoir alimenter en eau des villes ou à l'irrigation des cultures, ou bien à produire de l'énergie (**Bakroune; 2011**).

Les eaux de surface ont pour origine, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux, de rivières, soit rassemblements des eaux de ruissellement. La composition chimique de eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, généralement les eaux de surface sont très sensibles à la pollution minérale et organique (**M.D.D.E.P; 2012**).

I.4.Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol subit donc les dégradations de ces deux milieux (**Bouziati; 2000**).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (**Rodier et al., 2005**).

La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite:

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses septiques, latrines).
- Les eaux de surface : les fleuves, les rivières et les oueds.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau (**Bouziati; 2000**).

I.4.1.Sources de pollution

L'activité humaine, qu'elle soit son origine, industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substances polluantes de toute nature qui engendrent de différents types de

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

pollution (**Tableau 01**) qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodiques ou encore accidentelles ou aiguës (**Rodier et al., 2009**).

Tableau 01: Origines et natures de différentes sources de pollution de l'eau
(Henaut; 2011).

Type de pollution	Nature	Origine
a. Physique	Rejet d'eau chaude	Centrales thermiques nucléaires
	M.E.S (matière en suspension)	Rejet bains, érosion des sols.
b. Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires.
	Fertilisants, l'eutrophisation (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives.
	Métaux (Cd, Pb, Al, As)	Industries, agriculture, déchets.
	Pesticides (insecticides, herbicides, fongicides...)	Industries, agriculture.
	Organochlorés (PCB, Solvants)	Industries.
	Composés organiques de synthèse	Industries.
	Détergents	Effluents domestiques.
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports.
c. Biologique	Bactéries, virus, champignons.	Effluents urbains, Agricoles

➤ Selon le **Tableau 01**, les trois principales sources de pollution sont :

I.4.1.1.Rejets domestiques

Dans le cas d'un assainissement collectif ou individuel défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannes et les eaux ménagères peuvent contaminées la nappe (matières organiques, détergentes, solvants, antibiotiques, micro-organismes...). Le cas se manifeste avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçu ou mal dimensionné, les stations d'épurations urbaines surchargées. Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises à la norme libèrent également des lixiviats riches en polluants (**Faurie et al., 2003**).

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

I.4.1.2.Rejets agricoles

Le régime et la qualité des eaux sont fortement influencés par les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage (**Faurie et al., 2003**).

L'utilisation des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (**Djabri; 1996**).

I.4.1.3.Rejets industriels

Les activités industrielles rejettent principalement des métaux, des hydrocarbures, des acides, et augmentent la température de l'eau (**Benmaïd; 2013**).

I.4.2.Impacts de la pollution

I.4.2.1.Sur le milieu naturel

Les modifications de la température et de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'Oxygène par les microorganismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes (**Moletta; 2002**).

I.4.2.2.Sur l'économie

La prolifération d'algues qui viennent dans certaines périodes de l'année s'échouer et pourrir sur les côtes conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions. Cette prolifération est attribuée aux rejets des polluants azotés et phosphorés. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important (**Moletta; 2002**).

I.4.2.3.Sur la santé

Les maladies liées à la présence des éléments pathogènes ou des molécules toxiques sont très répandues :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions des cas annuels dont 90 % en Afrique, et 300 millions des porteurs des parasites).
- Filaires (maladie due à un ver injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides).

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

- Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées.
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées).
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant.

Les métaux lourds comme le Mercure, le Plomb, le Cadmium, le Cuivre... présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voir mortelles (**Moletta; 2002**).

I.5.Caractéristiques et Paramètres de l'eau

I.5.1.Caractéristiques organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent, les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

a. Couleur

La couleur de l'eau provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques, les tanins mais également les métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colore. La couleur, dans les systèmes publics d'approvisionnement d'eau, est esthétiquement indésirable. Il est important de la mesurer, étant donné qu'une couleur élevée provoque son rejet par le consommateur et l'amène à chercher d'autres sources de suppressions parfois beaucoup moins sûres (**Brasilia; 2013**).

b. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances (**Rodier et al., 2005**).

c. Goût et la saveur

- Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de Sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche.
- La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la Stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier et al., 2005**).

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

Des nombreuses substances minérales peuvent donner une saveur désagréable à des concentrations beaucoup plus faibles que celles qui provoqueraient des effets toxiques (Graindorge; 2015).

d. Turbidité

La turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. Elle peut être également provoquée par la présence d'algues, de plancton, de matière organique et pleine d'autres substances comme le zinc, le fer, le manganèse et le sable, résultant du processus naturel d'érosion ou de rejets domestiques et industriels.

La turbidité a son importance dans le processus de traitement de l'eau. Ce dernier à une turbidité élevée, selon sa nature, forme des flocons lourds qui décantent plus rapidement que ceux de l'eau à faible turbidité. Cela a également des inconvénients comme en cas de désinfection qui peut être plus difficile à cause de la protection qui peut être donnée aux microorganismes au contact direct avec les désinfectants. C'est un indicateur sanitaire et une norme organoleptique de l'eau de consommation humaine (Brasilia; 2013).

I.5.2.Paramètres physico-chimiques

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents :

- Suivant leur nature chimique : organique ou minérale.
- Suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdes ou en suspension.

Ces distinctions sont arbitraires dans la mesure où, d'une part une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension selon les conditions du milieu, et d'autre part l'eau est le siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substances minérales (Merzoug; 2009).

I.5.2.1.Paramètres physiques

a. Température (T °)

La température est un facteur climatique très important qui réagit directement, en interaction avec les autres facteurs météorologique (précipitation, humidité etc.), et biogéographique sur le développement de la végétation et le phénomène de l'évapotranspiration (Amiri; 2014).

Les basses températures stoppent les réactions d'oxydation qui conduisent à une autoépuration, tandis que les hautes températures accélèrent l'oxydation avec une diminution de la solubilité d'oxygène. La température a également une grande influence

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

sur l'activité biologique car chaque espèce aquatique à un référendum thermique hors duquel elle peut disparaître (Sebihi; 2015).

b. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H^+ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (Rodier et al., 2009). Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 9 (JORA; 2011). Au-dessous de ce seuil l'eau est dite « agressive », elle a un effet corrosif sur les canalisations et peut mener à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb des conduites (Savary, 2010 ;Bouziani, 2000).

c. Oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous dans l'eau est un facteur écologique essentiel de la qualité d'un écosystème aquatique. La concentration de l'oxygène dissous dans une eau naturelle est directement conditionnée par la température, la salinité et la pression atmosphérique.

L'élévation de la température et de la salinité réduisent la solubilité de l'oxygène, et inversement une eau froide et douce favorise la dissolution de l'oxygène. Sa présence dans les eaux de surface joue un rôle prépondérant dans l'autoépuration des charges polluantes et donc dans le maintien de la vie aquatiques. Les rejets polluants sont souvent pauvres en oxygène.

En plus de la concentration en mg/l, l'oxygène est également exprimé en « pourcentage de saturation » qui est le pourcentage d'oxygène dissous réel présent dans l'eau par rapport au maximum possible d'oxygène soluble compte tenu la température et de la pression atmosphérique et de la salinité. Cette saturation est souvent influencée par les phénomènes de photosynthèse des végétaux aquatiques (Sebihi; 2015).

Un excès d'oxygène provoque des troubles et même la mort chez les organismes. De même, les faibles teneurs en oxygène engendrent des effets néfastes qui peuvent se traduire par des migrations, des adaptations ou par des mortalités massives des organismes (Sebihi; 2015).

d. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (**Hamed et al., 2012**).

e. Salinité (SAL)

La salinité est un facteur écologique majeur, une salinisation du milieu entraîne une modification importante de la biocénose, sans qu'il s'agisse forcément d'un appauvrissement, donc d'une pollution.

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autres (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. En fin, certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique) (**Aberkane; 2011**).

f. Total des Solides Dissous (TDS)

Les substances solides dissoutes ou total des solides dissous (TDS) sont par définition les sels minéraux, les matières organiques et d'autres matières dissoutes dans l'eau. Dans la littérature, très souvent les TDS sont assimilés ou confondus avec la salinité de l'eau. En eau douce, les TDS incluent les sels solubles comme Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , SiO_2 , PO_4^{3-} , NO_3^- . Les TDS regroupent les matières solides qui peuvent passer un filtre de porosité $0,45 \mu\text{m}$ et mesure donc la quantité de matières dissoute dans l'eau (**Wetzel; 1983**).

g. Dureté Totale (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer...etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit dure (**Tableau 02**), dans le cas contraire il s'agit d'une douce (**Khettaf; 2018**).

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

Tableau 02: Qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté
(Bremond et *al.*, 1973).

Dureté mg/lCaCO ₃	Qualification de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dures
>180	Très dure

I.5.2.2. Paramètres chimiques

a. Nitrite (NO₂⁻)

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantités relativement faibles. Ils résultent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Ils peuvent aussi provenir de l'étape de traitement des eaux en cas de gestion inadéquate des filtres à sable, des filtres à charbon actif ou des étapes de nitrification-dénitrification biologique.

Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée de nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Savary, 2010; Bouziani, 2000).

b. Nitrate (NO₃⁻)

Le nitrate, sel de l'acide nitrique, a pour formule chimique NO₃⁻. Pour se former, il a donc besoin d'azote (N) et d'oxygène (O). Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau mais selon les milieux, leur concentration varie de 0,1 à 1 mg/L pour l'eau souterraine. L'apport de nitrates dans le sol, puis dans les eaux, est donc fortement lié à la quantité de matières organiques présente et aux conditions de milieu. Les actions anthropiques sont donc importantes : utilisation d'engrais azotés et de lisier. De même, les rejets de stations d'épuration ou plus simplement de latrines et fosses septiques représentent un apport en matières organiques susceptibles de produire des nitrates (Demdoun; 2010).

c. Ammonium (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il constitue un des maillons de cycle de l'azote. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée.

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine naturelle la décomposition des déchets végétaux et animaux. L'ammoniaque se transformant assez rapidement en milieu aérobie en nitrites puis nitrates par oxydation sa teneur dans les eaux de surface est normalement faible (inférieure à 0.2 mg/L). Sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau (nitrites et nitrates) et des résultats de l'analyse bactériologique. L'Ammoniaque peut être rencontrée dans les eaux de pluie (jusqu'à 2 mg/L) et dans celles provenant des sols tourbeux et marécageux ; dans ce dernier cas, elle a une origine purement végétale (**Graindorge; 2015**).

d. Phosphate (PO_4^{2-})

Le phosphate présente sous forme minérale, constituée essentiellement par les orthophosphates (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) et en plus faible quantité, sous forme organique. Le plus souvent leurs présences dans les eaux naturelles résultent de leur utilisation en agriculture sous forme d'engrais chimiques ou de pesticides (**Aissaoui et al., 2017**).

Les phosphates font partie des anions assimilables par le corps de l'être humain. Quelle que soit leur origine (domestique, industrielle ou agricole), leur présence dans les eaux à fortes concentration favorise le développement massif d'algues, lesquelles conduisent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau. La directive des communautés européennes (CEE) indique comme teneur du phosphore dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0,4 mg/l et une concentration maximale admissible de 5 mg/l, aucune valeur indicative n'est recommandée par l'OMS (**Youssef et al., 2015**).

e. Sulfate (SO_4)

C'est un composé naturel des eaux, les ions sulfates (SO_4) sont liés aux cations majeurs: calcium, magnésium et sodium. La plus part des sulfates sont solubles dans l'eau. Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfure, volatilisés dans l'air en hydrogène sulfuré (HS), précipités en sel insoluble ou assimilés par des organismes vivants. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable mais ne dépasse généralement pas 1 gramme par litre (**Mihoubi ; 2008**).

f. Bicarbonates (HCO_3^-)

L'alcalinité des eaux naturelles est due aux sels de carbonate, de bicarbonates, de borates, de silicates et de phosphates ainsi qu'aux ions hydroxydes à l'état libre. La

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

principale source d'ions carbonate et bicarbonate dans les eaux est le dioxyde de carbone dissous ; l'eau chargée de dioxyde de carbone dissout les minéraux carbonatés, lorsqu'elle traverse le sol et les roches, pour donner des bicarbonates (**Mohammed et al., 2015**).

g. Silicium (Si(OH)_4)

Le silicium est l'élément le plus abondant de l'écorce terrestre (après l'oxygène) formant 28,8% ; il est présent dans plus de 370 minéraux composant les diverses roches. Il est donc d'intérêt majeur pour les biogéochimistes. A la différence du carbone et de l'azote, son cycle biogéochimique a été peu étudié, probablement parce qu'il était supposé moins soumis à des perturbations directes d'origine anthropique et ne constitue pas un facteur limitant eu égard à son abondance dans les eaux. Cet élément retient de nouveau l'attention des biogéochimistes, depuis la mise en évidence de son rôle majeur dans le contrôle du CO_2 atmosphérique consommé par les algues planctoniques. Le silicium dissous de l'eau est présent sous différentes formes chimiques éventuellement disponibles pour les diatomées. L'acide ortho-silicique Si(OH)_4 est la forme soluble du silicium ayant une biodisponibilité particulièrement élevée. Le silicium joue un rôle primordial dans le cycle global de la matière en particulier dans le cycle du carbone. Il contribue doublement à l'élimination du carbone atmosphérique par lessivage et élimination dans les fonds marins sous forme de boues à diatomées (**Wedepohl, 1995 ; Wollast et al., 1983**).

h. Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium. Une minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs. Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux peu profondes (**Benkaddour, 2015**).

I.5.2.3. Traces métalliques

Un métal est une matière issue, le plus souvent, d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité et ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie, l'orfèvrerie, etc. On appelle, en général, métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux, ou dans certains cas, métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm^3 (**S.E.N.A.T; 2009**).

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

Les éléments traces possédant une masse volumique supérieure ou égale à 5 g.cm⁻³. Les métaux lourds constituent des polluants qui ne se dégradent pas dans l'environnement. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et peuvent contaminer l'ensemble d'une chaîne alimentaire. Certains métaux lourds sont particulièrement toxiques comme le cadmium (Cd), le mercure (Hg), Plomb (Pb), le nickel (Ni), le chrome (Cr), et à un degré moindre le cuivre (Cu) et le zinc (Zn). Le fer (Fe) et l'aluminium (Al) le sont moins **(Benayache;2014)**.

L'impact de ces substances sur l'environnement est complexe ; leurs actions toxiques peuvent être directes ou indirectes sur les individus, les populations ou les écosystèmes **(Devachelles; 2002)**.

Actuellement, la pollution des eaux par les métaux lourds est devenue inquiétante. Elle engendre un effet se traduisant par des risques d'affection et de mutations génétique, essentiellement chez l'homme utilisateur des eaux de surface, suite au phénomène de bioaccumulation de ces métaux. La transmission de ces micropolluants à travers un simple contact entre le milieu physique et les organismes, ainsi que leur passage de maillon en maillon ou se concentre le long des chaînes trophiques, représentent les facteurs les plus importants favorisant le phénomène de bioaccumulation. Dans les écosystèmes aquatiques, les différents maillons d'une chaîne alimentaire peuvent être affectés par les métaux lourds doués d'une action toxique. A titre d'exemple, dans un lac ou une rivière, les rejets industriels renferment des quantités de métaux lourds, qui peuvent causer des intoxications excessives chez le poisson, lequel est consommé par des carnivores dont le foie peut concentrer 600µg/l de chrome. Les effets et la biodisponibilité des métaux lourds dans un écosystème aquatique sont intimement liés à leurs formes chimiques qui déterminent leur toxicité et leur mobilité **(Meybeck; 1998)**.

➤ Les éléments retenus dans notre étude sont : le fer, le manganèse.

a. Fer (Fe²⁺)

Élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe⁺⁺ (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe⁺⁺⁺ (ion ferrique). Le fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites.

Chapitre 01 : synthèse bibliographique

La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations (**Belghiti et al., 2013**). La concentration maximale de fer acceptable dans une eau de boisson a été fixée à 0,3 mg/L par l'OMS (2008). Cette norme a été définie pour répondre plus à des critères esthétique et organoleptique qu'à des critères sanitaires. En effet, l'ingestion de fer semble plus nécessaire à l'homme. Cet élément est généralement conseillé aux hommes qui ont une carence en fer.

Toute fois Les fortes teneurs en fer confèrent à l'eau un goût métallique désagréable, un aspect et une couleur rouge brun (**Amadou et al., 2014**).

b. Manganèse (Mn^{+})

Présent dans plus d'une centaine de composés de sels et de minéraux communs que l'on retrouve dans les roches, les sols et au fond des lacs et des océans. Le plus souvent, on trouve le manganèse sous forme de dioxyde, de carbonate ou de silicate de manganèse. On peut le trouver à l'état d'oxyde à des valences allant de -3 à +7. Le manganèse est un élément essentiel à la vie des humains et des animaux, il joue un rôle de premier plan dans la constitution d'enzymes et de métalloenzymes. Pour des raisons d'ordre organoleptique, l'objectif pour le manganèse dans l'eau potable a été fixé à 0,05 mg/L soit 50 µg/L. À ce niveau, on considère que le manganèse ne présente pas de risque pour la santé. À des concentrations supérieures à 0,15 mg/L, le manganèse tache les éléments de plomberie et les tissus; de plus, en fortes concentrations, il donne mauvais goût aux boissons. Comme le fer, il peut causer des problèmes dans les réseaux de distribution en y favorisant la croissance de microorganismes (**Beer; 2010**).

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET

MÉTHODES



II.1.Présentation de la zone d'étude

Le barrage Hammam Grouz est l'un des barrages les plus importants de l'est algérien. Les oueds Rhumel Dhekri et Bouikour constituent les principales sources qui alimentent ce barrage.

Les eaux du barrage Hammam Grouz sont fortement sollicitées par la population des wilayas de Mila et Constantine pour l'alimentation en eau potable mais aussi pour l'irrigation des cultures maraichères largement répandues dans la région. Ces eaux sont soumises, cependant, à différentes formes de pollution organique et minérale engendrées par les activités agricoles, les déversements des eaux usées urbaines et domestiques, etc.

II.1.1.Situation géographique

La wilaya de Mila est située à l'Est algérien, à 400 km de la capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 3407,60 km². Elle est limitée au nord par les wilayas de Jijel et Skikda, à l'Est par la wilaya de Constantine, à l'Ouest par la wilaya de Sétif et au Sud par la wilaya de Batna et d'Oum El Bouaghi (**Aissoui; 2013**).

Le bassin du barrage de Hammam Grouz il se trouve sur la partie sud de la wilaya de Mila avec pour longitude 6° 10' E ; 6° 18' E et 36° 08' N ; 36° 15' N Nord de latitude, les principales communes (**Figure 02**) sont Oued Athmania et Tadjenanet, Chelghoum Laid. Ce dernier est drainé par la haute vallée du Rhumel, sur une superficie de 1130 km². Le barrage de type-poids, est implanté dans une cluse calcaire karstique, à l'aval de laquelle exultent les sources du Hammam, à proximité de l'agglomération d'Oued Athmania. Conçu par un bureau d'étude anglais (Binnie and Partner), cet ouvrage a été réalisé de 1981 à 1987 par une entreprise de construction algérienne (Entreprise Nationale de Réalisation des Barrages (E.N.R.B 1987), appelée aujourd'hui Hydrotechnique), avec une assistance technique roumaine.

Le bassin hydrographique est soumis en grande partie au climat semi-aride des Hautes Plaines (pluviométrie : 300 à 400 mm par an évaporation : 1100 mm) qui se décompose en 4 sous bassins :

- Le Rhumel-amont (de Belaa à Chelghoum Laïd) avec son affluent Oued El Mehari.
- L'Oued Dekri, affluent le plus important par ses capacités d'écoulement.
- Le sous bassin constitué par les affluents de la zone Sud-Est s'écoulant à partir d'une ligne de Dj Chebka-Toukouia.
- La zone hydrographique relativement inactive, au Sud de Tadjenanet (**Mihoubi; 2008**).

Les eaux qu'il régularise sont traitées, puis transférées gravitairement, sur une quarantaine de kilomètres, vers la ville de Constantine (**Aissoui; 2013**).

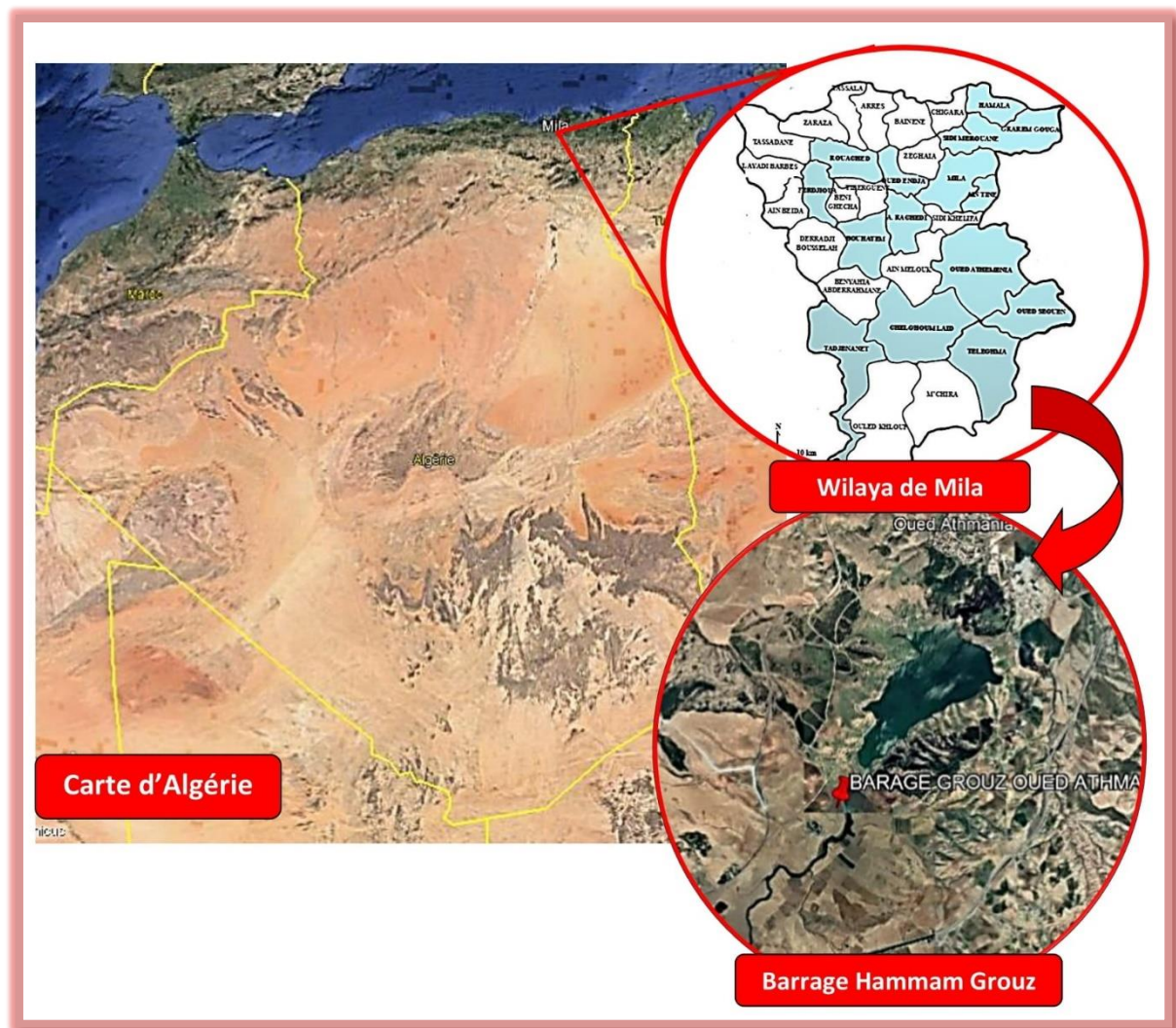


Figure 02 : Localisation de la région d'étude (Google Mapp).

II.1.2. Activités agricoles

La région d'étude possède une superficie agricole totale estimée à 99024 ha, généralement dominée par la culture des céréales et des légumes (Aissaoui; 2013).

II.1.3. Couverture végétale

Le caractère continental du climat conditionne le couvert végétal : les plaines sont vouées aux céréales (orge et blé) et aux cultures maraichères (en irrigué) ; la zone de prairies naturelles se réduit à la vallée du Rhumel, alors que les sommets des massifs sont complètement dénudés. Seuls quelques maquis et broussailles couvrent les piémonts des Djebels La couverture végétale est représentée par de deux espèces dominantes : le pin d'Alep et le cyprès (Aissaoui; 2013).

II.1.4.Climat de la région d'étude

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point de la surface terrestre. Aussi, la bonne connaissance des conditions climatiques de la zone d'étude, et de ses caractéristiques est importante pour la compréhension de l'évolution des éléments chimiques et du comportement hydrologique des cours d'eau (**Debieche; 2002**).

Notre zone d'étude est soumise à des influences méditerranéennes et sahariennes, avec un écart de température considérable en toute saison. Le climat de la région de Chelghoum Laid et Oued Athmania (région d'étude) est de type continental, semi-aride avec un hiver pluvieux et froid et un été sec et chaud (**Figure 03**). Du point de vue bioclimatique, la figure montre l'existence de deux domaines ; le domaine subhumide et le domaine semi-aride, ce dernier est le plus répandu (**Mébarki; 2005**).

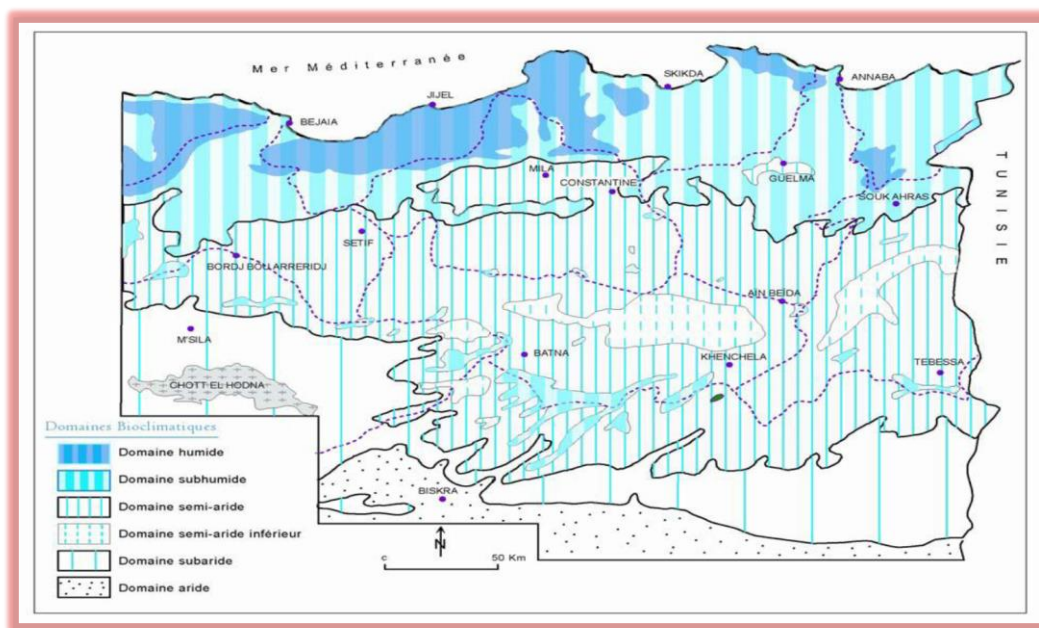


Figure 03: Carte simplifiée les zones bioclimatiques de l'Est Algérien (**Mébarki; 2005**).

a. Température

La température de l'eau joue un rôle important pour ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques. La température des eaux de surfaces varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres. Elle est mesurée par un thermomètre (**Kherchiche; 2013**).

Le Tableau 03 montre que les températures mensuelles de la zone d'étude atteignent leur minimal au mois de Février, avec une valeur de 4,7°C. Le maximal et observés au mois de juillet, avec une valeur de 34,8°C, la moyenne et variée entre 8,9 °C et 28,6°C.

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

Tableau 03: Les paramètres du T° (2010-2020) de la région d'étude (ONM 2021).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Mini(c°)	5	4.7	6.5	8.8	11.7	16.3	20.6	20.2	15.8	13.6	9.4	5.8
Max(c°)	13.5	13.8	16.2	20.3	14.1	30.7	34.8	34.5	29.3	23.9	17.4	13.6
Moy (c°)	8.9	9	11.3	14.5	17.7	23.4	28.6	26.3	22.3	18.7	13.2	9.7

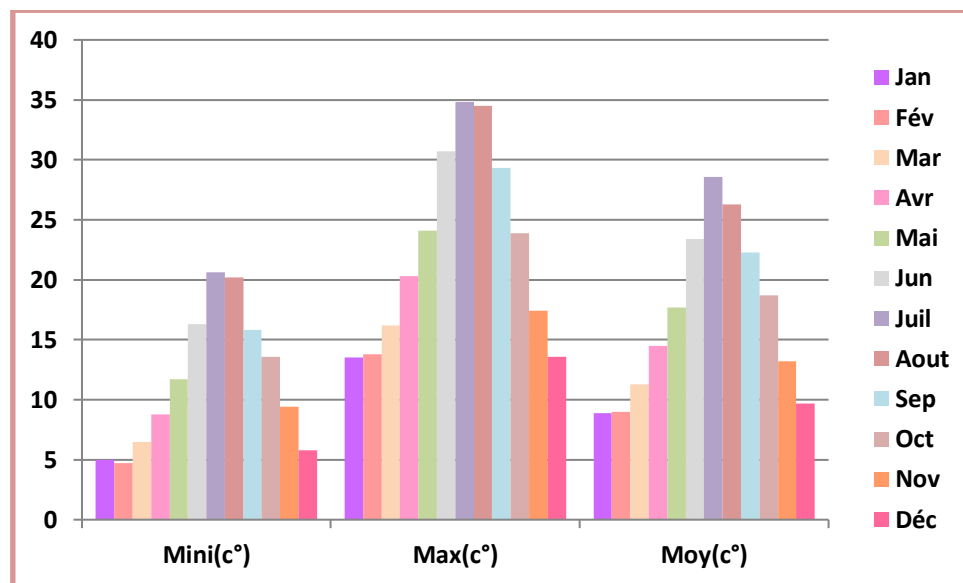


Figure 04: Graphe des valeurs moyennes du T° (2010-2020) (ONM, 2021)

b. Précipitations (PPT)

Les précipitations constituent un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères (ONM; 2017).

D'après l'analyse des données recueillies auprès de la station météo de Mila la région d'étude reçoit environ 673mm de pluie annuellement avec une moyenne mensuelle de 56.08mm. Cependant, la distribution de cette tranche est irrégulière comme l'indique le **Tableau 04**. Le maximum des pluies est enregistré entre le mois de février et mars. Les mois de juillet et août ne reçoivent que de faibles quantités.

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

Tableau 04: Les paramètres de PPT (2010-2020) de la région d'étude (ONM 2021).

Les Paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Précipitation(mm)	83	99	96	55	51	25	7	24	32	58	70	73

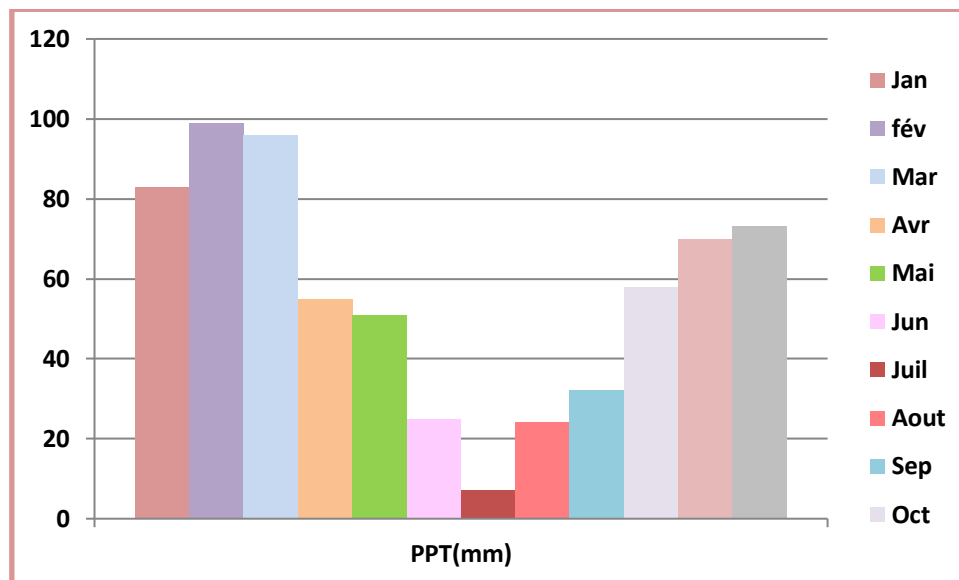


Figure 05: Graphe des valeurs moyennes du PPT (2010-2020). (ONM, 2021).

c. Diagramme Pluviothermique ou Ombro-Thermique

Selon Bagnouls et Gaussen, une période sèche est due au croisement des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un graphe pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations (Aouissi; 2010).

D'après le digramme établi (la figure 06) à partir des données de températures et précipitations de la station d'Ain Tinn on peut distinguer deux périodes :

- Une période humide s'étend depuis le mois d'octobre jusqu'à la fin de mai.
- Une période sèche et chaude, s'étend de la fin de mai jusqu'à la fin de septembre.

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

Tableau 05: Les paramètres de PPT et T° (2010-2020) de la région d'étude
(ONM 2021).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
PPT(mm)	83	99	96	55	51	25	7	24	32	58	70	73
T(c°)	8.9	9	11.3	14.5	17.7	23.4	28.6	26.3	22.3	18.7	13.2	9.7

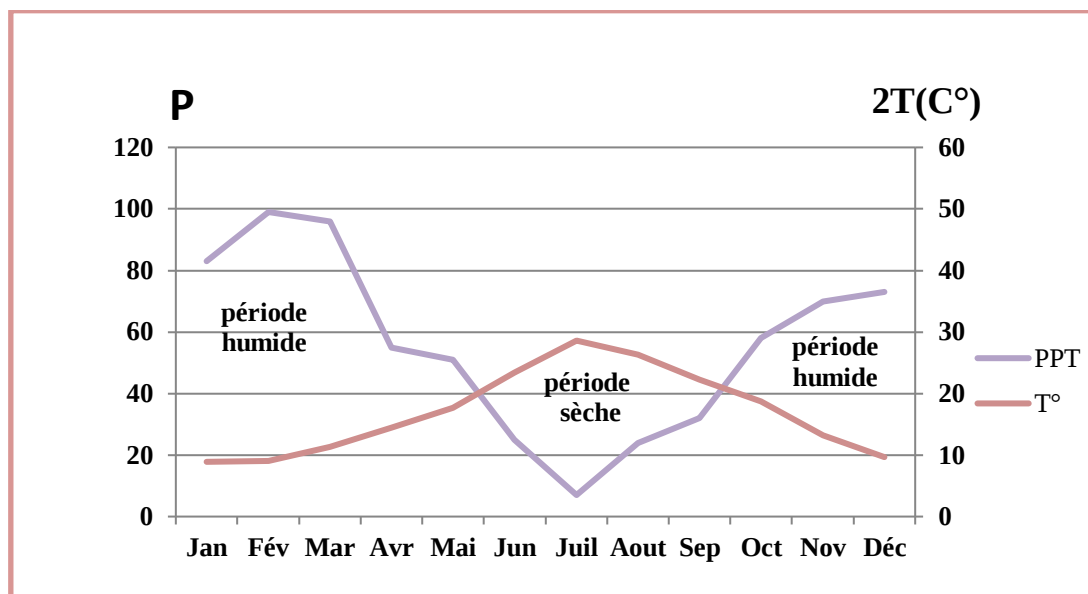


Figure 06: Diagramme Pluvio-Thermique ou Ombro-Thermique (2010-2020)
(ONM 2021).

d. Humidité

L'humidité est un paramètre très important pour l'étude des pertes par évaporation dans un barrage (Groga; 2012). Nous remarquons sur (la figure 07) que l'humidité de la région d'étude à une valeur maximale de l'ordre de 76 % est observée au mois de décembre et février, alors que la valeur minimale est observée au mois de Juillet 43%.

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

Tableau 06: Les paramètres de L'humidité (2010-2020) de la région d'étude
(ONM, 2021).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sép	Oct	Nov	Déc
L'humidité	74	76	72	70	63	54	43	49	64	66	73	76

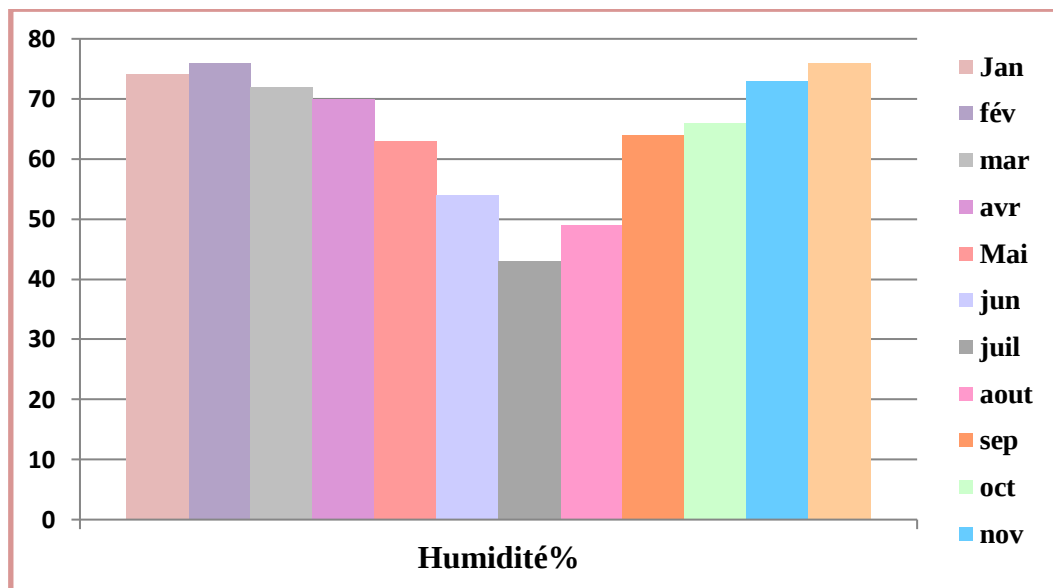


Figure 07: Graphe des valeurs de l'humidité (2010-2020)

(ONM, 2021).

e. Vent

Le vent est un facteur climatique très important, car il joue un rôle fondamental dans le transport, la propagation et la dissémination des polluants de différentes tailles vu ses caractéristiques de direction et de force (Melghit; 2009).

Les données des vents enregistrées dans la station d'AinTinn pour la période de 2010 à 2020 (**Tableau 07**), montrent que la vitesse des vents atteint son maximum en novembre avec 23 m/s et son minimum en Juin avec 16 m/s. Toutefois, on remarque que les vitesses des vents sont presque homogènes pendant plusieurs mois de l'année.

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

Tableau 07: Les paramètres de vent (2010-2020) de la région d'étude (ONM 2021).

Les paramètres	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
vent (m/s)	21	22	18	18	17	16	17	21	22	20	23	20

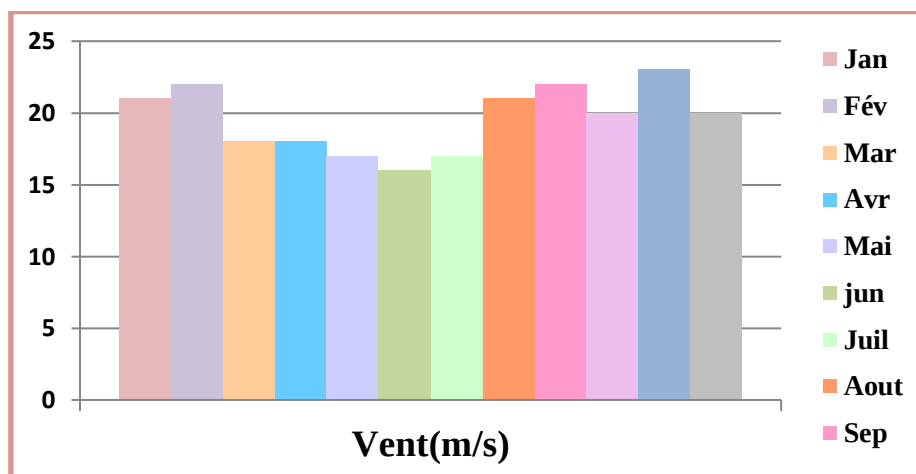


Figure 08: Graphe des valeurs du vent (2010-2020) (ONM 2021).

II.2.Prélèvement de l'échantillon d'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée.



Figure 09 : Prélèvement d'échantillons (Photo originale).

L'échantillonnage se fait par le choix de plusieurs points à différentes profondeurs. Environ 40 litres d'eau sont prélevés dans chacun des 20 points, pour chaque station dans

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

des flacons, huit (8) échantillons ont été prélevés au niveau d'Oued Rhumel (R) et douze (12) échantillons dans le lac du barrage Hammam Grouz (L) (**Tableau 08**).

Tableau 08 : Coordonnées des points étudiées d'eau de surface

Echantillons	Cordonnées	
L : Lac R : Rivière(Oued)	N	E
L1	36,2166819	6,26702531
L2	36,21758	6,27050239
L3	36,2208615	6,27412169
L4	36,2227149	6,27869019
L5	36,2246152	6,2838555
L6	36,2273283	6,28769311
L7	36,2312012	6,28447139
L8	36,2328603	6,27487981
L9	36,2283703	6,270482
L10	36,2209067	6,26753731
L11	36,2133864	6,26471361
L12	36,2038215	6,25906619
R1	36,1715419	6,21397919
R2	36,1886737	6,23922319
R3	36,2015998	6,2564795
R4	36,1904364	6,24419869
R5	36,2070758	6,26317031
R6	36,2096717	6,2632575
R7	36,201678	6,251214
R8	36,2135208	6,26564961

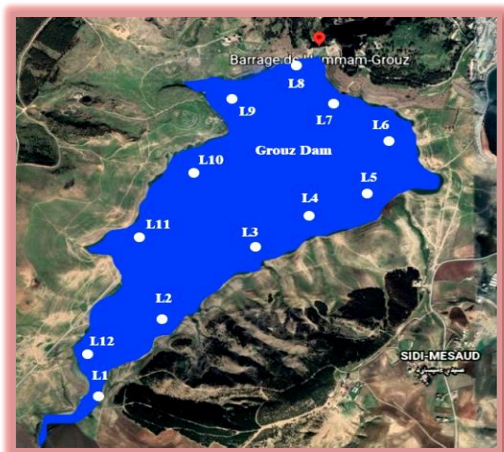


Figure 10: Localisation des points de prélèvement du lac(L).

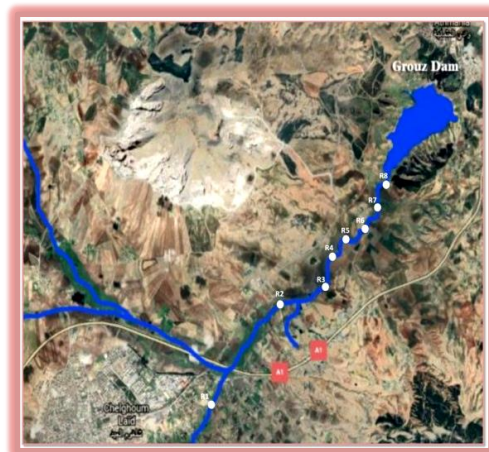


Figure11 : Localisation des points de prélèvement d'Oued (R).

(Google Mapp)



Figure 12: Lac du Barrage.



Figure 13: Oued Rhumel.

II.3. Mesures des paramètres physico-chimiques

II.3.1.Sur terrain

Les échantillons de l'eau obtenus de différentes stations dans des bouteilles d'eau de 1,5 litre afin d'évaluer leurs qualités on a mesuré un ensemble de paramètres physico-chimiques (température, pH, TDS, oxygène dissous, salinité, et conductivité) mesurés sur le terrain (in situ) à l'aide d'un multi paramètre de terrain avec un équipement standard en utilisant des appareils portatifs (Conductivité-mètre, pH-mètre, Oxymètre).



Figure 14: Appareil Conductivité Mètre.



Figure 15: Appareil de pH Mètre.

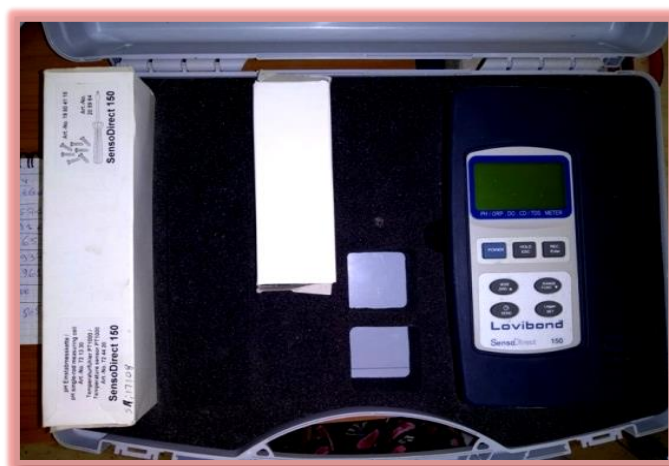


Figure 16: Appareil d'Oxymètre.

II.3.2.Au laboratoire

Cette étude a été réalisée par des analyses effectuées au niveau du laboratoire de recherche des Sciences Naturelles et des Matériaux (LSNM) du Centre Universitaire de Mila durant le mois d'Avril 2021.

II.3.2.1.Paramètres physico-chimique

a. Dureté Totale (TH)

Dans un bécher on y ajoute 69 ml d'eau distillée et 1ml d'eau échantillonnée, en prendre 10 ml de ce dernier dans le tube d'appareille, on y ajouter une pastille de Hard check (p) après l'avoir écrasé puis agiter le mélange pour le mettre en fin dans l'appareil de MD 600, Le résultat est lu en mg/l.



Figure 17: Les pastilles de Hard check p.

b. Turbidité

- Les échantillons d'eau prélevés sont placés dans des cuves stériles
- Une agitation manuelle est faite pour homogénéiser l'échantillon et éliminer de tous les bulles d'air
- Après avoir placé la cuve dans le turbidimètre et choisir le programme de lecture spécifique à la turbidité, les résultats sont directement lus sur un écran d'affichage (**Glaude et al.,2001**).



Figure 18: Appareil de Turbidimètre.

c. Nitrite (NO₂⁻)

Prendre 25 ml d'eau échantillonnée avec 25 ml d'eau distillée pour analyser le tout puis on y ajoute 1ml de solution de sulfanilamide, attendre 10min et on y ajoute pour la 2^{ème} fois 1 ml de solution de N-Naphyte-Ethylenediamine, attendre 10 pour effectuer la lecture à 534 nm. Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l.



Figure 19: Après la réaction chimique de Nitrite (Couleur Transparents).



Figure 20: Avant la réaction chimique de Nitrite (Couleur rose).

d. Nitrate(NO_3^-)

Prendre 25 ml d'eau échantillonnée avec 25 ml d'eau distillée pour analyser le tout puis on y ajoute 1ml de salicylate de sodium, à faire chauffer à l'étuve entre 75-88°C pendant 20 min, et laisser refroidir . Reprendre le résidu avec 2 ml H_2SO_4 laisser reposer encore une fois 10 min puis y ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium . Enfin passer au spectrophotomètre aux 415 nm pour lire le résultat.



Figure 21 : Appareil d'Etuve.



Figure 22 : Appareil de Spectrophotomètre.

e. Ammonium (NH_4^+)

Prendre 25 ml d'eau échantillonnée avec 25 ml d'eau distillée pour analyser le tout puis on y ajoute 1,5 ml de phénol-Nitroprussiate, attendre 10min et on y ajoute pour la 2^{ème} fois

Chapitre 02 : Matériel et Méthode

1,5 ml d'Alcaline d'hypochlorite, attendre 24h et on mesure par le spectrophotomètre en mg/l.

f. Sulfate (SO_4^-)

Prendre 12,5 ml d'eau échantillonnée avec 37,5 ml d'eau distillée pour analyser le tout puis on y ajoute 1ml de HCl et 5ml de la solution préparée (**Annexe 4**), attendre 20min pour effectuer la lecture à 650 nm. Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l.

g. Alcalinité

Alcal M : Prendre 5 ml d'eau échantillonnée avec 5 ml d'eau distillée pour analyser le tout, y ajouter une pastille de Alka-M-photomètre après l'avoir écrasé puis agiter le mélange pour le mettre en fin dans l'appareil de Palintestphotomètre 7500, Le résultat est lu en mg/l.

Alcal P : Prendre 5 ml d'eau échantillonnée avec 5 ml d'eau distillée pour analyser le tout, y ajouter une pastille de Alka-P-photomètre après l'avoir écrasé puis agiter le mélange pour le mettre en fin dans l'appareil de Palintestphotomètre 7500, Le résultat est lu en mg/l.



Figure 23 : Appareil de Palintestphotomètre 7500 (Multivarie) et les pastilles d'Alka-M-, Alka-P-photomètre.

h. Phosphate (PO_4^{2-})

Prendre l'eau à analyser, y ajouter la pastille de phosphate P1 qu'on doit écraser et la agiter puis refaire la même chose pour la 2ème pastille de phosphate P2, pour enfin mesurer tout le mélange par l'appareil de Lovibondphotomètre MD600, Le résultat est lu en mg/l.



Figure 24: Appareil de Lovibondphotomètre MD600 (Multivarie).

i. Silicium ($\text{Si}(\text{OH})_4^-$)

Prendre 12,5 ml d'eau échantillonnée avec 12,5 ml d'eau distillée pour analyser le tout puis on y ajoute 10ml de Au Moly BDATE, attendre 10min et on y ajoute pour la 2ème fois 15 ml de la solution préparer (**Annexe 3**) et on attendre 3h pour effectuer la lecture à 810 nm. Le résultat est lu directement sur le spectrophotomètre en mg/l.

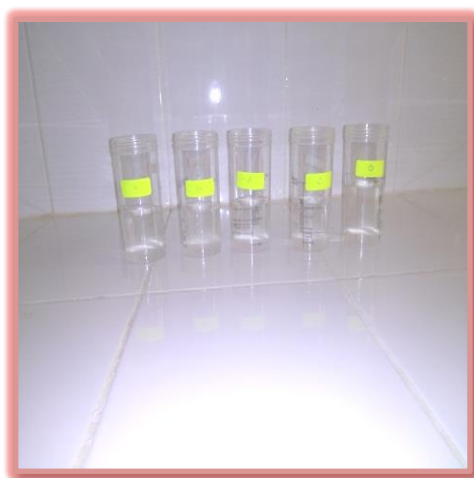


Figure 25 : Après la réaction chimique de Silicium (Couleur Transparents).



Figure 26: Après la réaction chimique de Silicium (Couleur Bleu).

II.3.2.2. Traces métalliques

a. Fer (Fe^{2+})

Prendre l'eau à analyser, y ajouter la pastille de Iron Mr1 qu'on doit écraser et agiter puis refaire la même chose pour la 2^{ème} pastille de Iron Mr2, pour enfin mesurer tout le mélange par l'appareil de Palintestphotomètre 7500, Le résultat est lu en mg/l.



Figure 27: Appareil de Palintestphotomètre 7500 (Multivarie).

b. Manganèse (Mn^{+})

Prendre 10ml d'eau à analyser, y ajouter la pastille de Manganèse 1 qu'on doit écraser et agiter puis refaire la même chose pour la 2^{ème} pastille de Manganèse 2, pour enfin mesurer tout le mélange par l'appareil de Palintestphotomètre7500,Le résultat est lu en mg/l.

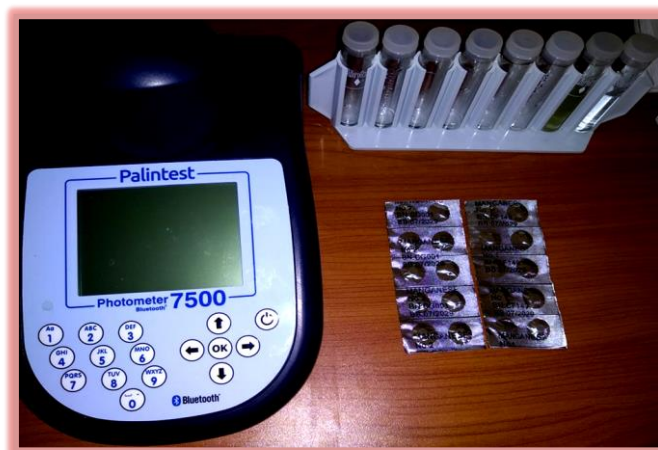


Figure 28: Appareil de Palintestphotomètre 7500(Multivarie) et les pastilles de Manganèse.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET

DISCUSSION



Chapitre 03 : Résultats et Discussion

III.1. Les paramètres physiques

L'étude physico-chimique de l'eau de Barrage Grouz joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc de la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable.

Pour atteindre cet objectif, nous avons déterminé dans cette partie l'évaluation des paramètres physico-chimiques des eaux du Barrage Hammam Grouz au niveau de la région de Mila (Oued Athmania) durant le mois d'Avril 2021. Au cours de ce chapitre, nous présenterons et discuterons les principaux résultats obtenus.

III.1.1. La température (T)

La température varie d'un prélèvement à un autre selon la position, le climat et l'heure de prélèvement (**Idaoui; 2012**). Les résultats d'analyse de température de l'eau du barrage de Hammam Grouz sont présentés dans **la figure 29**.

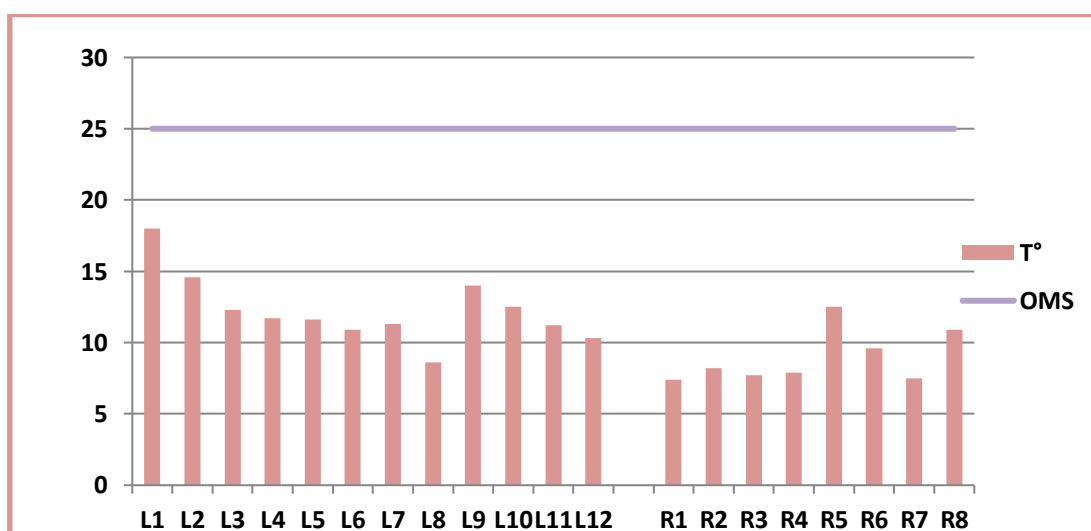


Figure 29: Graphe des valeurs du T(C°) (lac et Rivière).

D'après les résultats des températures de l'eau étudiés, nous constatons que la température minimale enregistrée dans le lac est de 8.6°C (L8) et la température maximale est de 18°C (L1) avec une moyenne de 13.3°C (**Annexe 5**). Par contre, la température minimale enregistrée dans la rivière (R1) est de 7.4°C et une température maximale (R5) est de 12.5°C avec une moyenne de 9.95°C. Ces valeurs obtenus durant la période d'observation sont conformes à la norme de l'OMS recommandée qui est de 25°C, donc les eaux ont une qualité normale et bonne par rapport à leurs températures.

Les résultats de la température restent inférieurs à ceux rapportés par **Christian Comlan Viaho (2017)** qui trouve une moyenne de (40°C) au niveau du lac Ahémé au Sud-

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

ouest du Bénin, ainsi que les résultats observés par **Iounes et al (2016)** à Oued Daliya au Maroc qui a une moyenne de (26°C).

III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14 (**Derwich et al., 2010**). Les valeurs du potentiel d'hydrogène de l'eau examinées pour les stations étudiées sont données dans la **figure 30**.

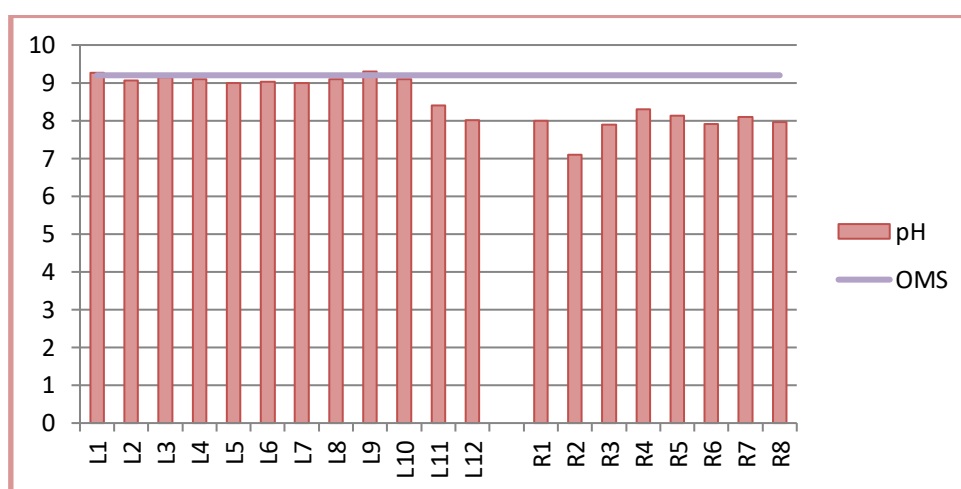


Figure 30: Graphe des valeurs du pH (lac et Rivière).

D'après nos résultats obtenus, les valeurs du pH enregistrées situées entre 9.3 et 8.2 avec une moyenne de 8,75. Dans la rivière, le pH varie entre 7,10 (R2) et 8,30 (R4) avec une moyenne de 7,7. C'est normé conforme celles de l'OMS ($6,5 < \text{pH} < 9,2$).

D'une manière générale, la moyenne de pH des eaux du barrage Hammam Grouz est légèrement alcalin, ce qui reflète clairement l'influence de la nature géologique du bassin versant sur la composition chimique des eaux, ces grandes valeurs du pH dans l'eau s'explique par une diminution de la quantité d'eau due à la diminution des précipitations et à l'évaporation.

Les valeurs de pH de ce barrage sont en accord avec celles trouvées par **Viet Trankhac et al (2019)** au niveau du lac Léman en France qui a une moyenne de (7.8), ainsi que **Benkaddour (2018)** qui trouve une moyenne de (7,53) au niveau d'Oued Cheliff en Algérie.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

III.1.3. La Conductivité électrique (CE)

Elle est proportionnelle à la quantité de sels minéraux dissous dans l'eau ; donc la mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau (Rodier; 2009). Les valeurs de la conductivité électrique sont regroupées dans la figure 31.

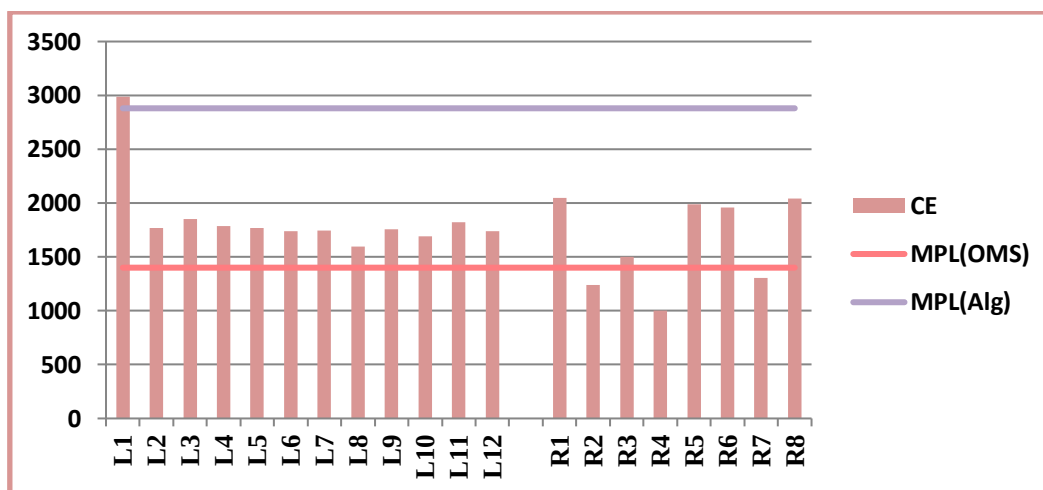


Figure 31: Graphe des valeurs de la CE (lac et Rivière).

D'après les résultats obtenus, la valeur minimale dans le lac est de $1597 \mu\text{s/cm}$ à (L8) et le maximal est de l'ordre de $2990 \mu\text{s/cm}$ (L1) avec une moyenne de $2293,5 \mu\text{s/cm}$, alors que dans la rivière la valeur minimale est de $1004 \mu\text{s/cm}$ (R4) et la valeur maximale est de $2050 \mu\text{s/cm}$ (R1) avec une moyenne de $1527 \mu\text{s/cm}$. Toutes ces valeurs de la conductivité enregistrées sont inférieures à celles donnée par la norme algérienne qui est de ($2800 \mu\text{s/cm}$), sauf (L1) qui la dépasse, par contre toutes les stations sont très élevées par rapport aux normes de l'OMS ($900 \mu\text{s/cm}$ et $1400 \mu\text{s/cm}$). Cette minéralisation importante traduite par le phénomène d'évaporation (en saison d'étiage) qui concentre les sels dans l'eau.

Par comparaison à d'autres travaux, les résultats obtenus dans les eaux du barrage Hammam Grouz sont supérieurs par rapport aux résultats obtenus par **Viet Tran khac et al (2019)** avec une moyenne de ($309,5 \mu\text{s/cm}$) au niveau du lac Léman en France, ainsi que **Djafri et al (2012)** au niveau des Eaux de Oued Agrioun à Béjaïa enregistre une moyenne de ($802 \mu\text{s/cm}$).

III.1.4. Le total des solides dissous (TDS)

Le TDS signifie le total des solides dissous exprimé en mg/L, il représente la concentration totale des substances dissoute dans l'eau. Il est composé de sel inorganique tel que (calcium, magnésium, potassium et sodium) et des carbonates (nitrates,

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

bicarbonates, chlorure et sulfate) et ainsi que quelque matière organique (FEPS; 2014). Les valeurs de TDS des eaux de barrage étudié sont présentées dans la figure 32.

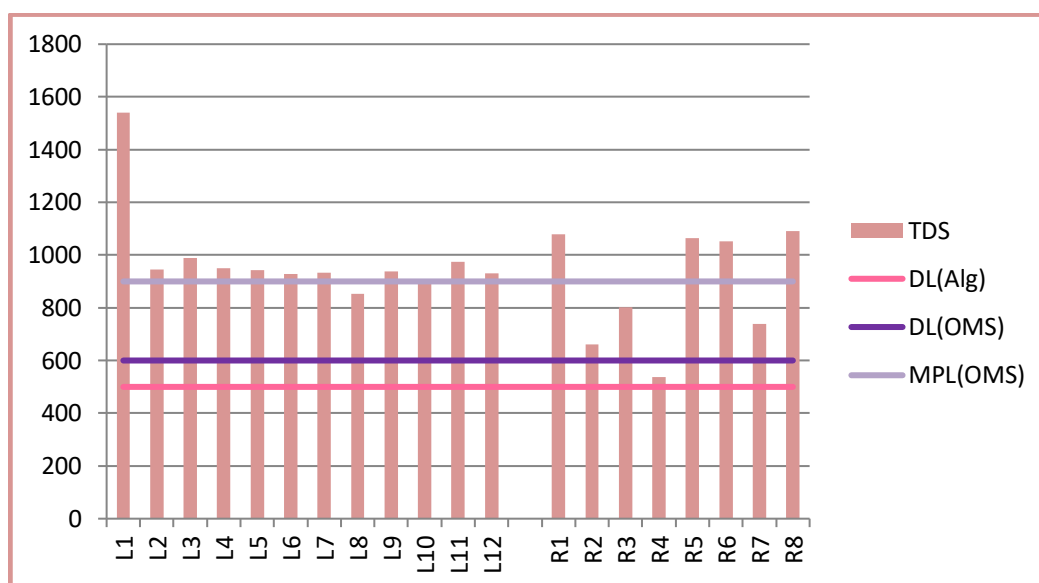


Figure 32: Graphe des valeurs du TDS (lac et Rivière).

*DL: Désirable Limite.

*MPL: Maximum Permissible limite.

D'après les résultats du TDS étudiés, nous constatons que la valeur minimale enregistrée dans le lac, est de l'ordre de 854 mg/L dans (L8). La station (L1) a connu une valeur maximale de l'ordre de 1540mg/L avec une moyenne de 1197mg/L. Mais dans la rivière la valeur minimale enregistrée, est de 536 mg/L dans (R4) et la valeur maximale est de 1090 mg/L de (R8) avec une moyenne de 813mg/L. Ces valeurs obtenus durant la période d'observation sont dépassé la norme algérienne et de l'OMS. Cette augmentation traduit par une salinité très élevée qui peut être due par rejets urbains sauvages.

D'après l'étude réalisée par **Merhabi (2019)** au niveau de la rivière Kadicha au Liban montre une moyenne de (533.5mg/L), les résultats de **Yahya Maham Ould Sidi et al (2017)** a trouvé une moyenne de (260 mg/L) au niveau du lac d'Aleg en Mauritanie, ont remarque que c'est valeurs sont inférieures par rapport à nos résultats.

III.1.5. La salinité (SAL)

La salinité traduit le caractère salin de l'eau, elle varie considérablement d'une saison à une autre et d'une région à une autre. Elle est en relation directe avec la conductivité (**Mihoubi; 2008**). La figure 33 présente la variation spatiale de salinité dans les eaux étudiées.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

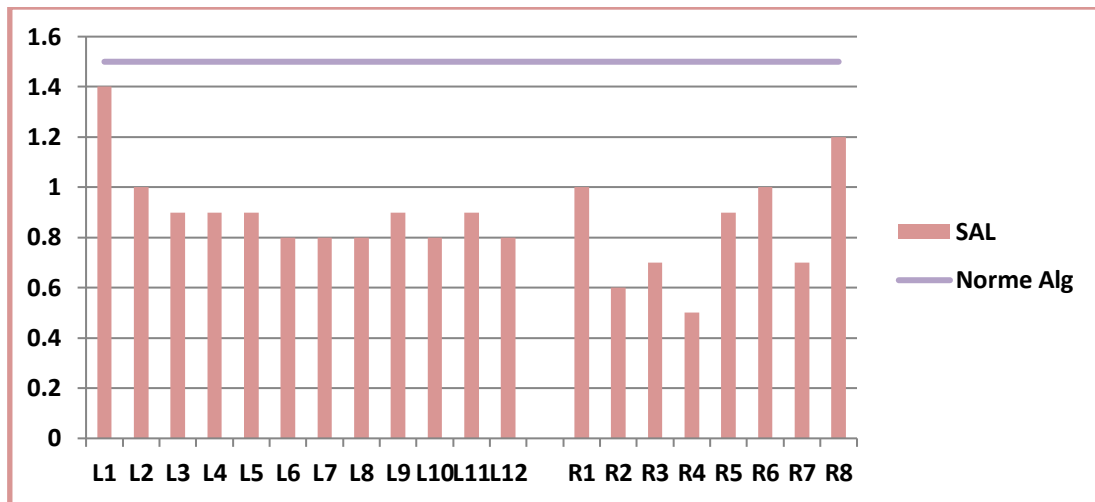


Figure 33 : Graphe des valeurs du SAL (lac et Rivière).

Les mesures de la salinité ont montré des valeurs comprises entre 0,8 mg/L à 1,4 mg/L avec une moyenne de 1.1 mg/L dans le lac et de 0,5 mg/L à 1,20 mg/L dans la rivière avec une moyenne de 0.85 mg/L, ce qui nous amène à conclure qu'elles sont inférieures à celles exigées par la norme algérienne qui est de 1,5 mg/L. Ces valeurs sont à peu près les mêmes résultats obtenus pour la CE et le TDS, ce comportement de salinité est étroitement lié à l'évaporation des eaux qui conduit à l'augmentation de la concentration des ions dissous et donc l'augmentation de la salinité.

Les résultats obtenus ne sont pas en accord avec ceux qui sont rapportés par **Djafri et al (2012)** avec une moyenne de (0.6 mg/L) au niveau des eaux d'Oued Agrioun à Béjaïa.

III.1.6. La dureté total (TH)

La dureté de l'eau se réduit à sa concentration en ions du calcium et du magnésium (**Ghazali et al., 2012**). La figure 34 présente la variation de la dureté d'eau étudié.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

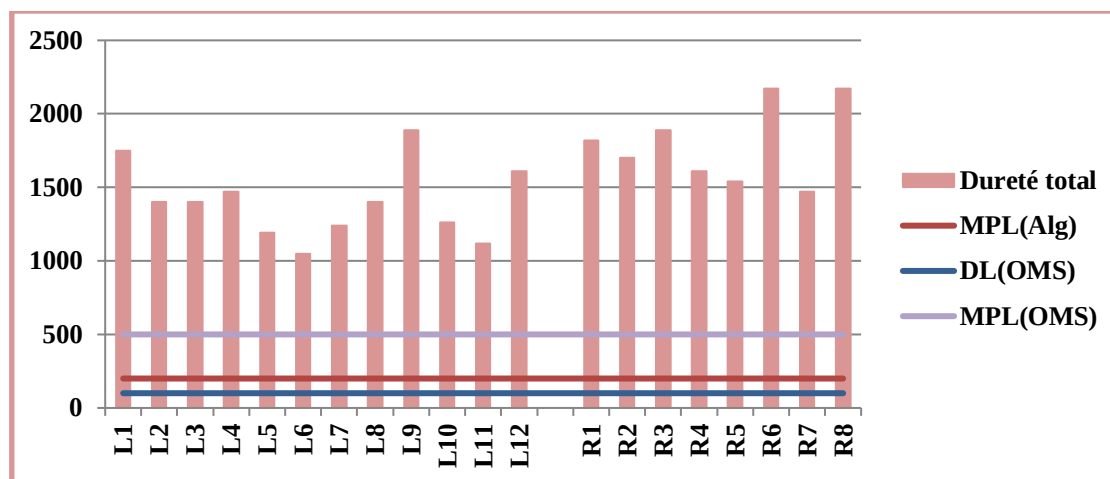


Figure 34 : Graphe des valeurs du TH (lac et Rivière).

L'évolution de la dureté totale dans notre étude, révèle des concentrations élevées dans toutes les stations du lac et de la rivière avec des valeurs dépassent les normes algériennes (200 mg/L) et de l'OMS (500 mg/L). En effet, la valeur minimale enregistrée dans le lac est de 1050mg/L(L6) par contre la valeur maximale est de 1890 mg /L (L9) avec une moyenne de 1470mg/L. Alors que dans la rivière la valeur minimale est de 1470mg /L (R7) et la valeur maximale est de 2170mg /L (R6) avec une moyenne de 1820mg/L. D'après la figure 34, la qualité des eaux du Barrage étudié est très dure (**Tab 02**). Cette dernière provient soit des teneurs élevées des ions dissous, soit aux divers rejets qui font augmenter la dureté de l'eau.

Selon nos résultats observés, sont supérieurs a celle de **Bengarnia (2016)** qui enregistre une moyenne de (203,72mg/L) au niveau d'oued Es-Saoura a Béni Abbès en Algérie .

III.1.7. La turbidité

La turbidité est liée à la présence de particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière dont le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en fines particules. Certaines conditions météorologiques peuvent modifier la turbidité de l'eau, comme, les hautes chaleurs en été et la pluviométrie, qui sont des facteurs qui augmentent la turbidité (**Aberkane; 2011**). La figure 35 présente la variation spatiale de la turbidité dans les eaux étudiées.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

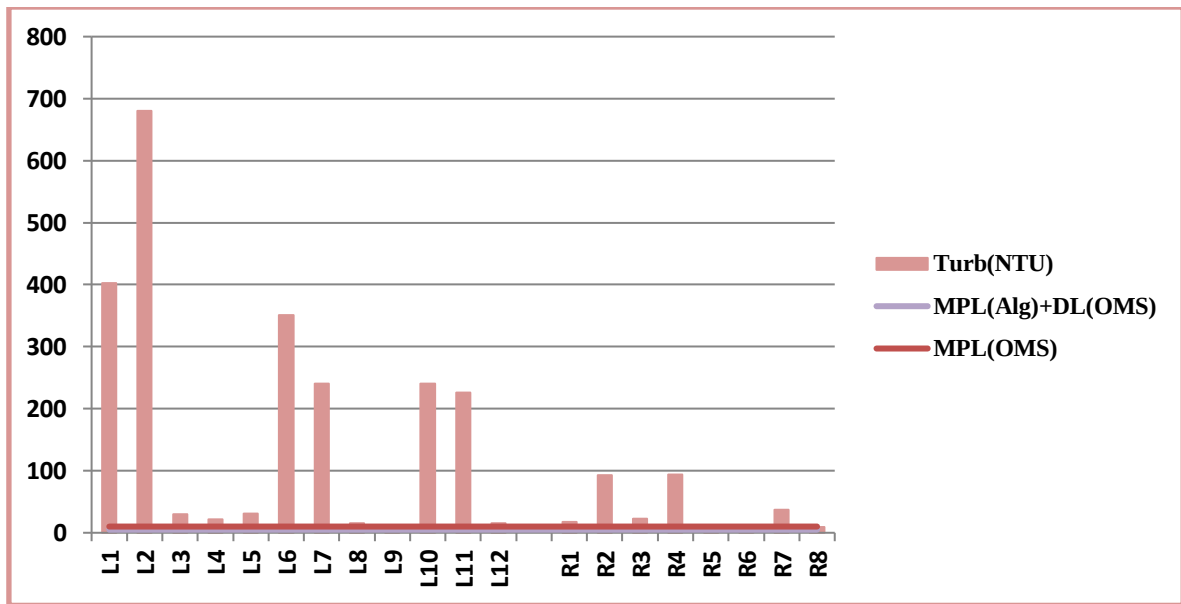


Figure 35 : Graphe des valeurs du Turbidité (Lac et Rivière).

D'après les résultats obtenus de la turbidité, nous constatons que la turbidité minimale enregistrée dans le lac est de l'ordre de 6.20 NTU dans (L9), et la turbidité maximale est de l'ordre 680 NTU dans (L2) avec une moyenne de 343NTU (**Annexe 5**). Par contre dans la rivière la station (R1) a connu une turbidité minimale de l'ordre de 3,35 NTU et une turbidité maximale de l'ordre de 94,4 NTU (R4) avec une moyenne de 48.96 NTU. La plupart de ces valeurs obtenus dépassent les normes de l'OMS et Algériennes. Cette augmentation peut être due aux déchets des animaux et les différents rejets urbains par l'apport des eaux pluviales.

D'après l'étude réalisée par **Fouad et al (2013)** au niveau d'Oued Hassar au Maroc trouve une moyenne de (251,98 NTU) on remarque, ces valeurs sont supérieurs rapport à nos résultats.

III.1.8.L'oxygène dissous (OD)

C'est la concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau. Elle est disponible et limitée par la solubilité de l'oxygène qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau (**Rodier; 2009**). La **figure 36** représente la variation spatiale de l'Oxygène dissous dans les eaux étudiées.

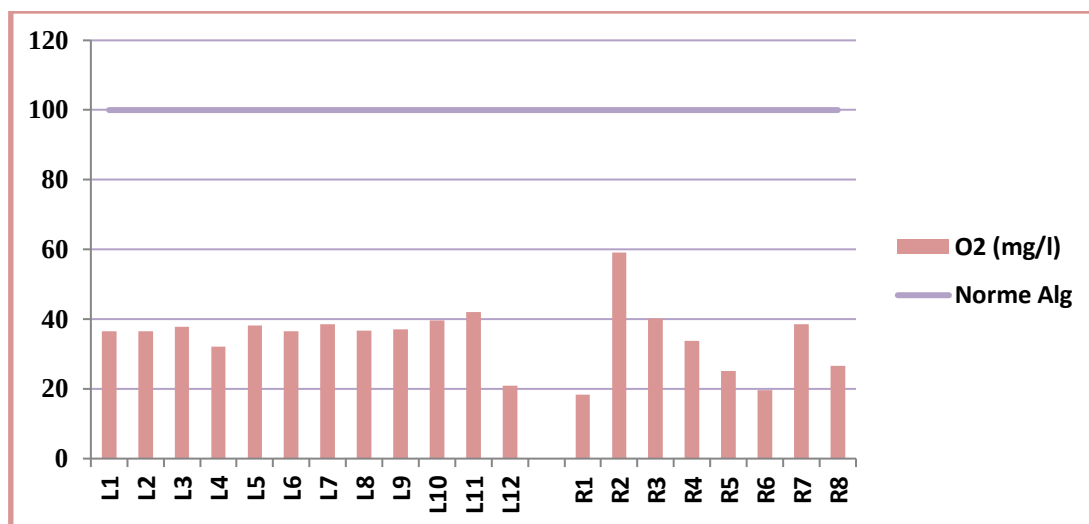


Figure 36 : Graphe des valeurs de l'OD (Lac et Rivière).

Pour l'ensemble des prélèvements, l'oxygène dissous présente des variations importantes d'un point à un autre, il varie de 20,9 mg/l (L12) à 42 mg/L (L11) avec une moyenne de 31,45 mg/L, dans le lac. Par contre dans la rivière, les valeurs varient entre 18,3 mg/L (R1) à 59,2 mg/l (R2) avec une moyenne de 38,75mg/L. On peut l'expliquer ces résultats par la bonne aération au niveau des sites étudié.

D'après l'observation des résultats obtenus, sont très élevées a celles de **Christian Comlan Viaho, (2017)** avec une moyenne de (0,71mg/L) au niveau du lac Ahémé Sud-ouest de Bénin ainsi, **Abboudi et al (2012)** a obtenus une moyenne de (5,75 mg/L) au niveau de l'Oued Guigou au Maroc.

III.2.Les paramètres chimiques

III.2.1. Le nitrite (NO_2^-)

Les nitrites, ou azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable de l'azote. C'est une forme toxique intermédiaire dans la transformation de l'ammonium en nitrates. Les nitrites proviennent soit de l'oxydation incomplète de l'ammonium, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence des bactéries dénitrifiantes (**Rodier et al., 2009**).

Les résultats d'analyse du nitrite de l'eau sont présentés dans **la figure 37**.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

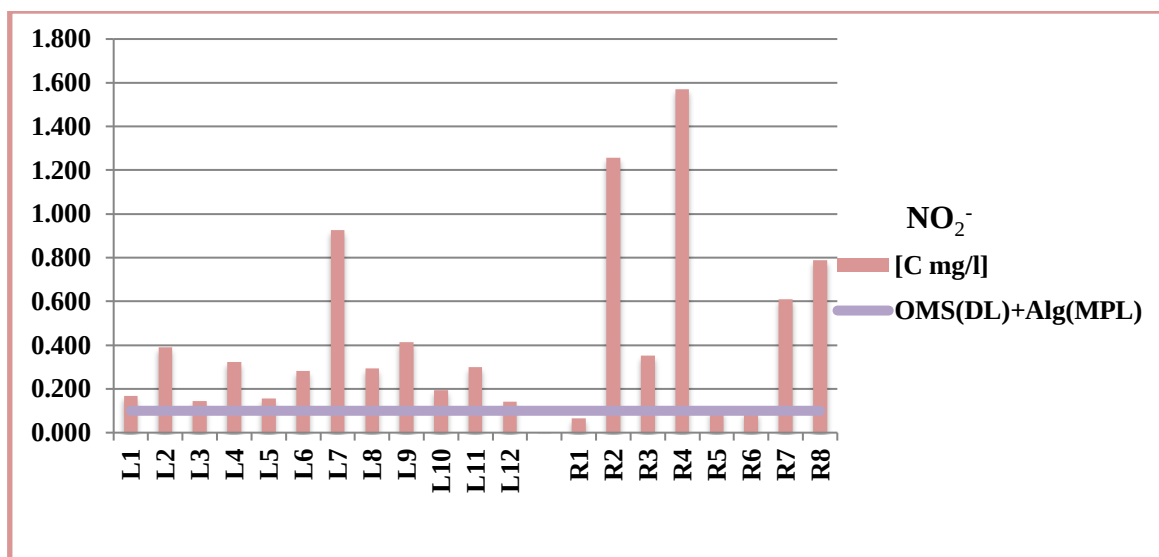


Figure 37 : Graphe des valeurs du NO₂⁻ (Lac et Rivière).

Notre étude montre que les concentrations de nitrite dans le lac et la rivière sont plus élevées dans toutes les stations avec des valeurs dépassent les normes de l'OMS Algériennes (0,1 mg/L), sauf (R1, R4, R6). La valeur minimale dans le lac est de 0,141mg/L (L12) et le maximal est de 0,925 mg/l (L7), avec une moyenne de 0,533 mg/L. Pour la rivière la valeur minimale est de 0,064mg/L (R1) et le maximal est de 1,570 mg/L(R4) avec une moyenne de 0,817 mg/L. Ces fortes teneurs en proviennent d'une réduction des nitrates par la matière organique ou par le déversement des eaux usées dans l'oued.

Par comparaison à d'autres travaux, les résultats obtenus supérieurs par rapport aux résultats de **Benkaddour (2018)** avec une moyenne de (0,5 mg/l) au niveau de l'Oued Cheliff en Algérie, et **Djafri et al (2012)** au niveau d'Oued Agrioun Béjaïa à une moyenne de (0,25 mg/l). Par contre les résultats de notre étude sont inférieure par rapport a **Yahya Maham Ould Sidi et al (2017)** avec une moyenne de (0,825 mg/L) au niveau du lac d'Aleg en Mauritanie.

III.2.2.Le nitrate(NO₃⁻)

La présence de nitrates dans l'eau est un indice de pollution d'origine agricole (Engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle (**Morabbi; 2013**).Les résultats d'analyse du nitrate présentés dans **la figure 38**.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

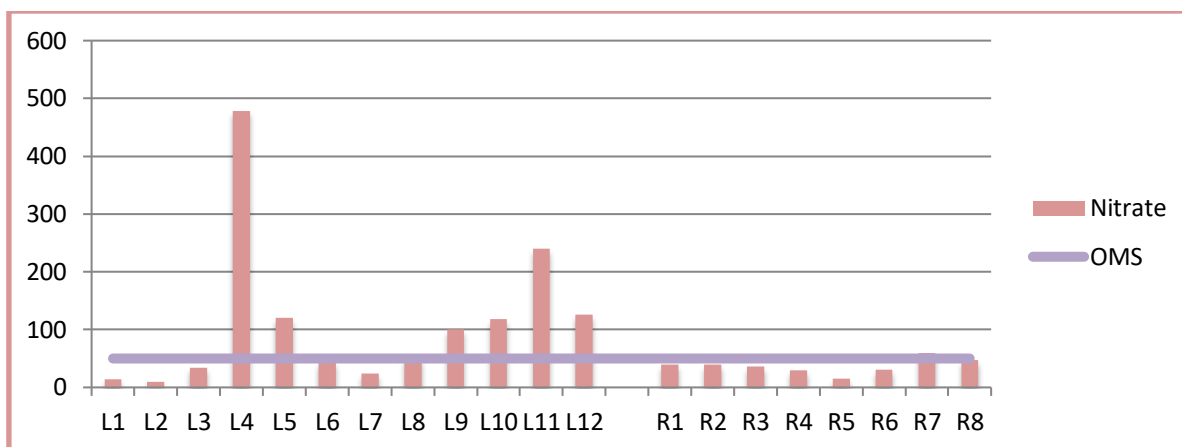


Figure 38 : Graphe des valeurs du NO_3^- (Lac et Rivière).

Les valeurs du nitrate obtenus dans les stations du lac (L1 , L2 , L3 , L6 , L7) varient entre 10 mg/l et 44 mg/l , donc elles sont dans les normes de l' OMS (<50mg /l) (**Annexe 6**) , par contre les stations(L4 , L5 , L8 , L9 , L10, L11 , L12) ont dépassé les normes avec une valeur qui varie entre 52 mg/L et 478 mg/L avec une moyenne de 244mg/L. Mais dans la rivière toutes les stations, de (R1) jusqu'à (R8) sont dans les normes de l'OMS sauf (R7) qui dépasse avec une valeur de 59,9 mg/L avec une moyenne de 44.95 mg/L. Les fortes teneurs de nitrate pourraient être attribuées aux forts usages des engrais et des fertilisants chimiques et des pesticides liés aux activités agricoles développées au niveau de ce barrage.

D'après l'étude réalisée par **Christian Comlan Viaho,(2017)** trouve une moyenne de (0,9mg/L) au niveau du lac Ahémé Sud-ouest de Bénin , et les résultats de **Yahya Maham Ould Sidi et al (2017)** au niveau du lac d'Aleg, à la Mauritanie a une moyenne de (9,25 mg/L) sont inférieures par rapport à nos résultats.

III.2.3.L'ammonium (NH_4^+)

L'ammonium est souvent trouvé sous forme ionisée (NH_4^+) ou ionisée (NH_3), il peut avoir pour origine dans les eaux superficielles : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels, les engrais (**Boukertouta; 2009**). Les valeurs de l'ammoniaque des eaux sont présentées dans **la figure 39**.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

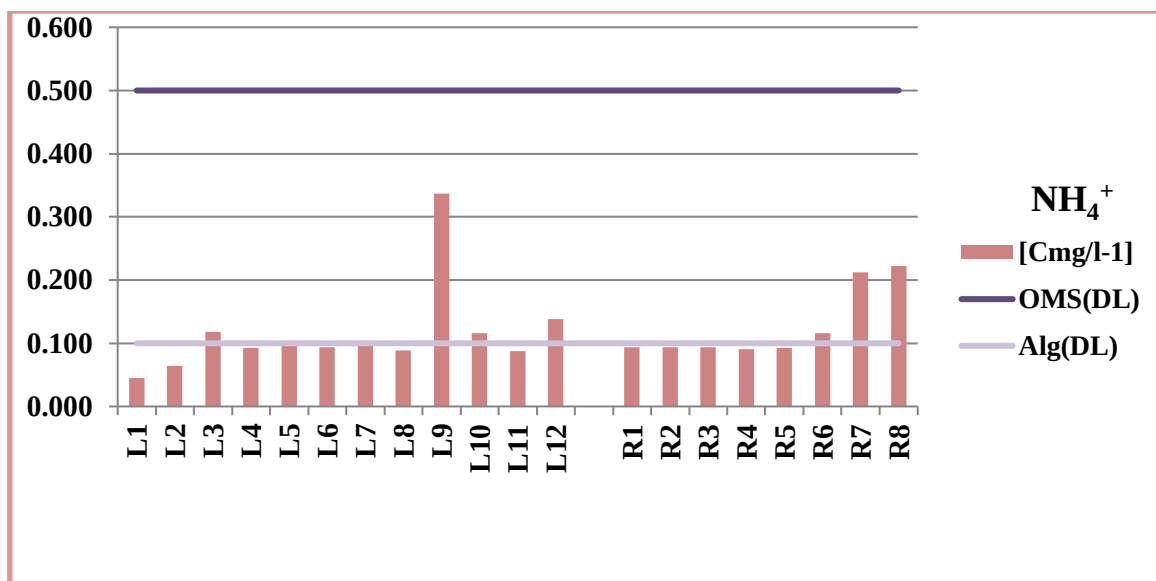


Figure 39 : Graphe des valeurs du NH_4^+ (Lac et Rivière).

D'après les résultats de l'ammonium étudiés, nous constatons que la valeur minimale enregistrée dans le lac est de 0.045mg/L dans (L1), et la valeur maximale est de 0.337 mg/L dans (L9) avec une moyenne de 0.191mg/L. Par contre dans la rivière (R4) a connu une valeur minimale est de 0.091mg/L et (R8) a une valeur maximale de 0.222mg/L avec une moyenne de 0.156mg/L. Cette différence observée au niveau de ces valeurs pourrait s'expliquer par l'application des fertilisants (engrais NPK et l'urée) à base d'azote qui sont drainés par les ruissellements vers les cours d'eau.

Les résultats sont inférieurs par rapport aux valeurs de **Yahya Maham Ould Sidi et al (2017)** au niveau du lac d'Aleg, au Mauritanie avec une moyenne de (0,2 mg/L), ainsi que **Bouriche (2018)** trouve une moyenne de (2.1mg/L). Par contre les résultats de **Iounes et al (2016)** au niveau de l'Oued Daliya au Maroc a une moyenne (0,09 mg/L) qu'elle est supérieur à notre étude.

III.2.4.Le sulfates (SO_4^-)

Les sulfates sont présents dans l'eau en quantités variables. Ils peuvent provenir de : la solubilité des formations gypseuses dans le haut bassin versant ou du lessivage des niveaux argileux et marneux de la nappe, rejets d'eaux usées et industrielles contenant de l'acide sulfurique (H_2SO_4) et l'utilisation d'engrais chimiques (**Boucenna; 2009**). Les valeurs du sulfate d'eau sont regroupées dans la figure 40.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

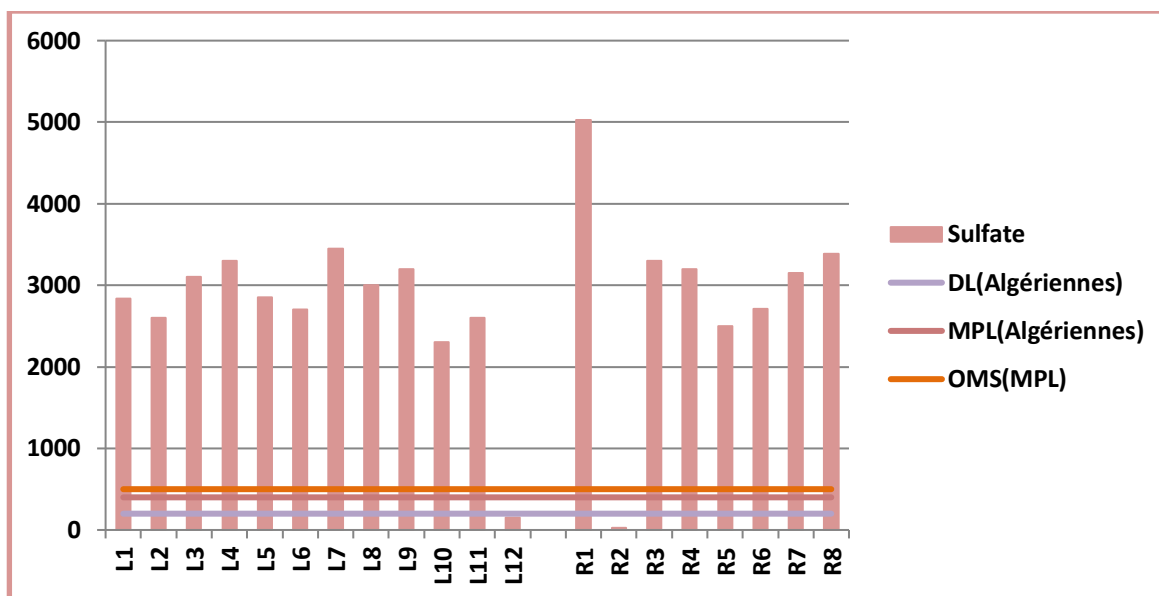


Figure 40: Graphe des valeurs du SO_4^{2-} (Lac et Rivière).

Les sulfates présentent des valeurs variables d'une station à une autre. La valeur minimale en sulfates dans le lac est de 150 mg/l (L12), et la valeur maximale est de 3450 mg/l (L7), avec une moyenne de 1800 mg/l. Mais pour la rivière la valeur minimale est de 300 mg/l (R2) et la valeur maximale est de 5025 mg/l (R1), avec une moyenne de 2662,5 mg/l. La plupart de ces valeurs de sulfates sont très élevées à celles données par les normes Algérienne et l'OMS saufs (L12) et (R2). C'est forte valeurs sont dues à la fois à l'infiltration de sulfure utilisé comme fertilisant ou comme pesticide ainsi que les divers rejets. Donc on résulte que ces eaux ont une qualité mauvaise.

Par comparaison à d'autres travaux, les résultats obtenus sont supérieurs aux valeurs de **Yahya Maham Ould Sidi et al (2017)** au niveau du lac d'Aleg, au Mauritanie a une moyenne de (35 mg/L), ainsi que **Iounes et al (2016)** trouve une moyenne de (232,5 mg/L) au niveau de l'Oued Daliya au Maroc.

III.2.5. Le bicarbonates (HCO_3^-)

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO_2 dissous et la nature lithologique du sol (**Kherchiche; 2013**). Les valeurs du Bicarbonates d'eau sont regroupées dans la figure 41.

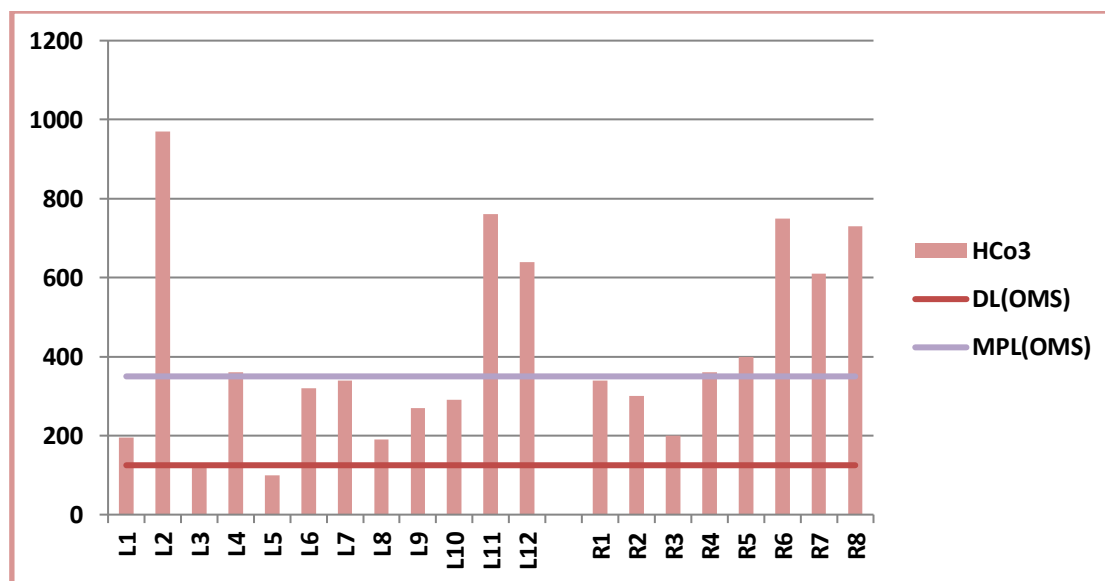


Figure 41 : Graphe des valeurs du HCO_3^- (Lac et Rivière).

D'après les résultats du HCO_3^- étudiés, nous constatons que la valeur minimale enregistrée dans le lac, est de l'ordre de 100 mg/L dans (L5). La station (L2) a connu une valeur maximale de l'ordre de 970 mg/L avec une moyenne de 535 mg/l. Mais dans la rivière la valeur minimale enregistrée, est de 200 mg/L dans (R3) et la valeur maximale est de 750 mg/l de (R6) avec une moyenne de 475 mg/l. Ces valeurs obtenues durant la période d'observation sont dépassées les normes Algérienne et l'OMS, sauf (L5). Cette augmentation de bicarbonate elle peut être due à la dissolution des évaporites, où à la nature des eaux résiduaires et à la composition des formations géologiques.

Les concentrations de nos eaux sont supérieures avec ceux obtenus par **Allalguia et al (2014)** au niveau de l'Oued Cherf Region De Souk-Ahras, en Algérie, a une moyenne de (158 mg/L).

III.2.6. Les orthophosphates (PO_4^{2-}) et (P^{2+})

Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, il est déterminant de la productivité des écosystèmes aquatiques (**Ramade; 2002**). Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues ; il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux des lacs où elles contribuent à l'eutrophisation (**Rodier et al.,2009**). Les phosphates proviennent principalement de l'activité agricole, les eaux usées domestiques et de l'activité industrielle (**Morabbi; 2013**). Les valeurs des phosphates d'eau regroupées dans **la figure 42**.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

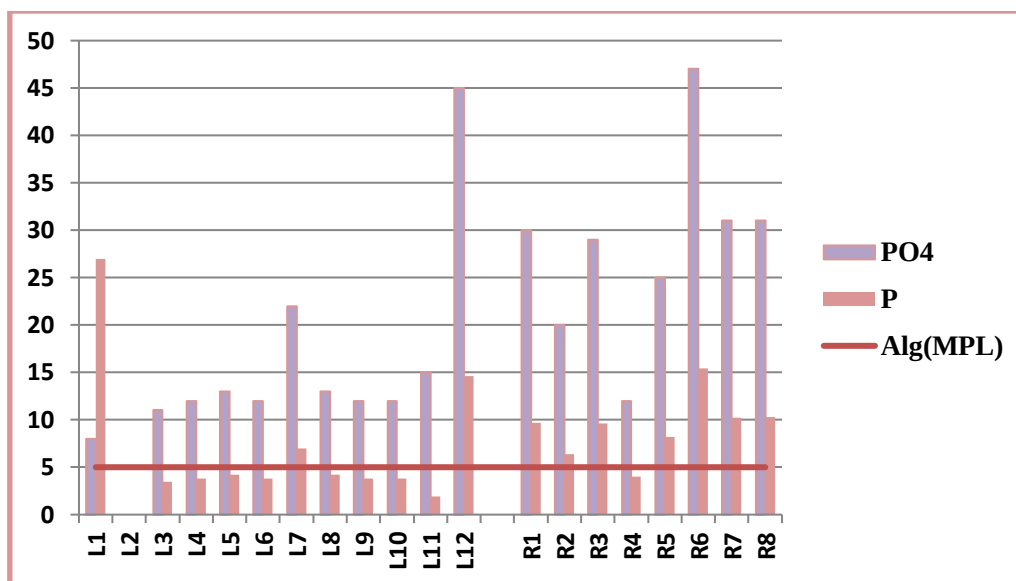


Figure 42: Graphe des valeurs de PO_4^{2-} et P^{4+} (Lac et Rivière).

Notre étude montre que les concentrations de PO_4^{2-} dans le lac et la rivière sont plus élevées dans toutes les stations avec des valeurs dépassent les normes de l'OMS (5 mg/l). La valeur minimale dans le lac est de 0 mg/l (L2) et le maximal est de 45 mg/l (L12) avec une moyenne de 45 mg/l et pour la rivière, la valeur minimale est de 12 mg/l (R4) et maximal est de 47 mg/l (R6) avec une moyenne de 29,5 mg/l. Pour les concentrations de P^{4+} dans le lac varient entre une valeur minimale de 0 mg/l (L2) et une valeur maximale de 27 mg/l (L1) avec une moyenne de 27 mg/l. Dans la rivière enregistre une valeur minimale est de 4 mg/l (R4) et une valeur maximale est de 15,4 mg/l (R6) avec une moyenne de 9,7 mg/l. Ces fortes valeurs de phosphore jouent un rôle très important dans le développement des algues avec les nitrates, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les écosystèmes aquatiques, où ils contribuent à l'eutrophisation. Les phosphates peuvent avoir pour origine du lessivage des terres cultivées enrichies en engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides et surtout la présence de lessive dans les eaux usées domestiques et urbaines (Rodier et al., 2009).

Selon nos résultats obtenus on trouve les valeurs restent supérieures à celles rapportées par Christian Comlan Viaho, (2017) avec une moyenne de Phosphate (PO_4^{2-}) à (0,5 mg/l), et avec une moyenne de Phosphore (P^{4+}) est de (4.95 mg/l), au niveau du lac Ahémé au Sud Sud-ouest de Bénin.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

III.2.7. Le silicium ($\text{Si}(\text{OH})_4$)

La silice c'est un oxyde plus répandu à la surface, est l'élément le plus abondant de la croûte terrestre après l'oxygène et se rencontre dans les minéraux sous forme de tétraèdres (SiO_4). La silice se dissout dans l'eau sous la forme de la molécule $\text{Si}(\text{OH})_4$, acide monosilicique ou orthosilicique, peu dissocié (plus faible que l'acide carbonique) selon la réaction de dépolymérisation : $(\text{SiO}_2) + 2 (\text{H}_2\text{O}) = \text{Si}(\text{OH})_4$ (Chaden; 2012). Les résultats d'analyse de Silicium de l'eau sont présentés dans la figure 43.

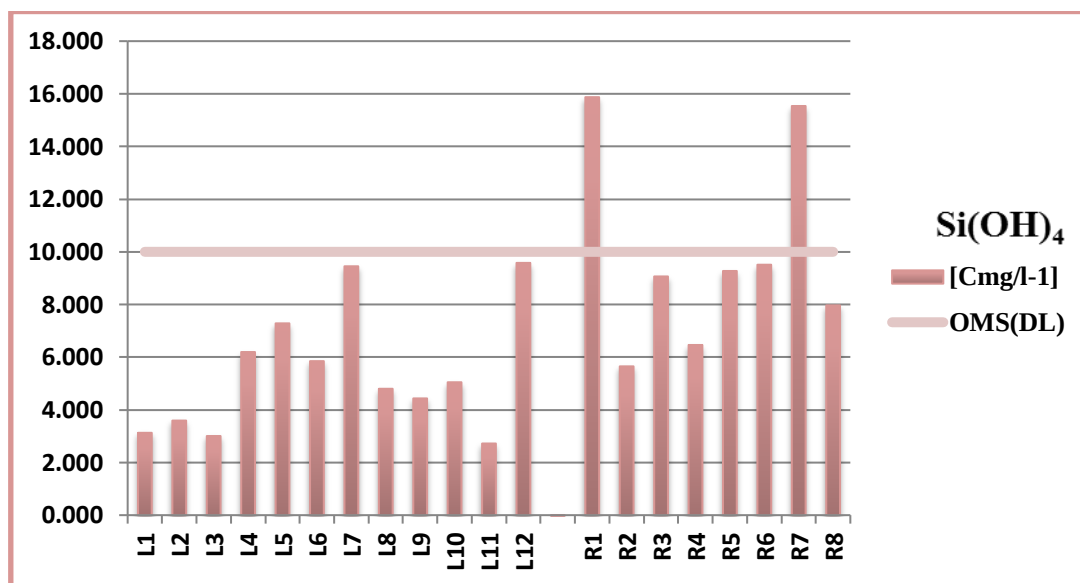


Figure 43 : Graphe des valeurs du $\text{Si}(\text{OH})_4$ (Lac et Rivière).

D'après nos résultats obtenus, toutes les valeurs du silicium enregistrées varient entre la norme de l'OMS (10 mg/l) sauf (R1 et R7). La valeur minimale dans le lac est de 2,721 mg/l (L11) et la valeur maximale est de 9,579 mg/l (L12) avec une moyenne de 6,15mg/l. Pour la rivière la valeur minimale est de 5,650 mg/l (R2) et la valeur maximale est de 15,874 mg/l (R1) avec une moyenne de 10,76 mg/l. les valeurs observée du silicium peut être due au rejet urbain (la pollution anthropogéniques).

D'après l'étude réalisée par Nebti et al (2017) a remarqué une moyenne de (34.22 mg/L) au niveau d'Oued Kebir-Rhumel à l'Algérie, est supérieur à nos résultats.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

III.3. Les Traces métalliques

III.3.1. Le Fer (Fe^{2+})

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'amenés. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air (**Hamed et al.,2012**). Les résultats d'analyse de fer de l'eau sont présentés dans la figure 44.

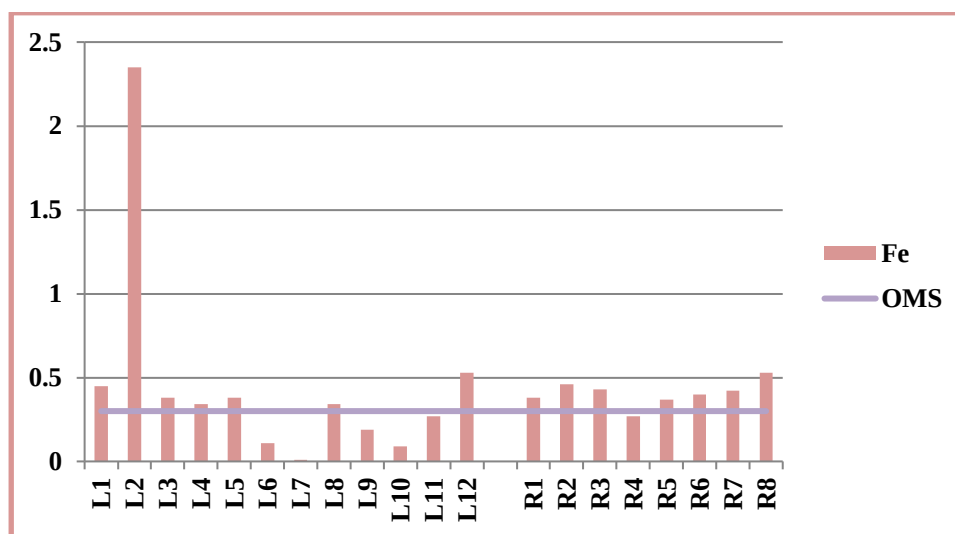


Figure 44: Graphe des valeurs du Fe^{2+} (Lac et Rivière).

Les valeurs obtenus de fer dans le lac et rivière dépassent les normes d'OMS (0,3mg/l) sauf aux sites (L6, L7, L9, L10, L11 et R4). La valeur minimale dans le lac est de 0.01 mg/l (L7) et la valeur maximale est de 2,35 mg/l (L2) avec une moyenne de 1,18 mg/l (Annexe 7). Pour la rivière la valeur minimale est de 0.27mg/l (R4) et la valeur maximale est de 0.53mg/l (R8) avec une moyenne de 0,4 mg/l. Ces résultats peuvent être dus aux rejets industriels et/ou urbains et au lessivage du sol agricole.

Les résultats obtenus ne sont pas similaires de celle de **Benkaddour (2018)** au niveau de l'Oued Chéliff en Algérie à une moyenne de (3mg/L), ainsi les résultats de **Bengarnia (2016)** trouvent une moyenne de (0.133mg/L) au niveau d'oued Es-Saoura à Béni Abbès en Algérie.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

III.3.2. Le manganèse (Mn^{+})

Dans l'eau de consommation humaine, le Mn^{+} , s'il est présent à des concentrations élevées, peut provoquer une irritation et donne un goût et une couleur métalliques spéciaux (Postawa et al., 2013 ; Sigg et al., 2020). La figure 45 présente la variation de manganèse dans les eaux pour les différents échantillons étudiés.

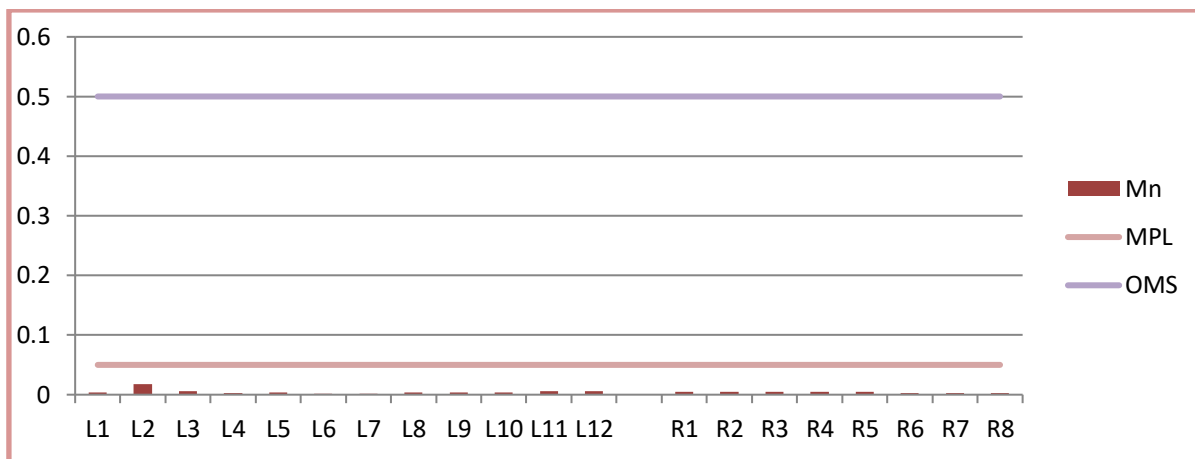


Figure 45: Graphe des valeurs du Mn^{+} (Lac et Rivière).

La valeur minimale enregistrée dans le lac est de 0,002 mg/l dans (L6 et L7). La station (L2) a connu une valeur maximale de 0,018mg/l avec une moyenne de 0.01mg/l. Mais dans la rivière la valeur minimale enregistrée et de 0,003 mg/L dans (R6, R7, R8) et la valeur maximale et de 0,005 mg/l de (R1) jusqu'à (R5) avec une moyenne de 0.004 mg/l. Ces valeurs obtenues durant la période d'observation ne dépassent pas les normes Algériennes (0,05 mg/l) et de l'OMS (0,5 mg/l), donc les eaux ont une qualité normale par rapport au résultat. Ces dernières peuvent être due aux silicium.

Les valeurs de Mn de ce barrage sont inférieures avec celles trouvées par Benkaddour (2018) au niveau de l'Oued Chélif en Algérie a une moyenne de (1mg/L).

III.4. Adéquation de l'eau de surface à la consommation

III.4.1. L'Indice de la Qualité de l'Eau (IQE)

C'est une méthode très appréciable et largement utilisée dans l'évaluation de la qualité de l'eau potable. L'indice de qualité de l'eau (IQE) reflète l'influence composite des différents paramètres de qualité de l'eau sur sa potabilité et permet de décrire l'état global de la qualité de l'eau en un seul terme qui repose sur la comparaison des différents paramètres de qualité de l'eau avec les normes internationale ou nationales recommandées (Abbasnia et al., 2018).

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Dans notre étude, le IQE calculé en utilisant la méthode de l'indice arithmétique pondéré (Brown et al., 1970 ; Brown et al., 1972 ; Chatterji et al., 2002 ; Yidanaetal., 2010, Talhaoui et al., 2020). Dans cette approche, une valeur numérique appelée poids (Wight), comprise entre 1 et 5, est attribuée à chaque paramètre, reflétant son degré d'influence sur la qualité de l'eau selon l'impact du contaminant sur la santé humaine (Rabei, 2018; Zhang et al., 2019). Les poids attribués aux différents paramètres physico-chimiques sont présentés dans le **Tableau 09**.

Trois étapes ont été suivies pour le calcul dans la première étape c'est le poids relatif (W_i) de chaque paramètre qui a été déterminé à l'aide de l'équation (1) :

$$W_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i \text{ -----(1)}$$

Où W_i est le poids relatif, w_i est le poids de chaque paramètre et n est le nombre des paramètres.

La deuxième étape consiste au calcul de l'échelle de notation de la qualité (q_i) à l'aide de l'équation (2): $q_i = (C_i/S_i) \times 100$ ----- (2)

Où q_i : échelle de notation de la qualité, C_i : la concentration de chaque paramètre en mg/l et S_i : la norme de l'OMS de chaque paramètre en mg/l.

Quant à la troisième étape au calcul du Sous-Indice de qualité (SI_i) (équation 3) qui est le premier indice à déterminer pour calculer l'Indice de la Qualité de l'Eau à partir de la somme des Sous Indices de chaque paramètre ce qui permet de déterminer l'IQE de chaque échantillon (équation 4):

$$SI_i = W_i \times q_i \text{ ----- (3)}$$

$$IQE = \sum SI_i \text{ ----- (4)}$$

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Tableau 09: Poids des paramètres physico-chimiques.

Paramètres chimiques	Norme de l'OMS (2008)	Facteur de poids (wi)	Poids relative (Wi)
PH	9.2	3	0.10
T	25	4	0.14
CE	1400	3	0.10
TDS	900	3	0.10
Turb	10	2	0.07
TH	500	3	0.10
SO ₄ ⁻	500	3	0.10
HCO ₃ ⁻	350	3	0.10
NO ₃ ⁻	50	5	0.17

- ✓ Résultat calculés du IQE= 252.423 (Annexe 11)
 - Selon les valeurs des IQE (Tableau 10), on classe les eaux naturelles en cinq types principaux (Ramakrishnaiah et al., 2009; Zhang, 2019).

Tableau 10 : Classification de l'eau selon l'IQE (Ramakrishnaiah et al., 2009 ;Zhang, 2019).

Valeur de l'IQE	Type d'eau
< 50	Excellente qualité
50-100.1	Bonne qualité
100-200.1	Mauvaise qualité
200-300.1	Très mauvaise qualité
> 300	Eau non potable

- Selon nos résultats d'IQE qui comparés avec le Tableau 10 (200 <IQE <300.1) en trouve l'eau du Hammam Grouz à une très mauvaise qualité.

III.4.2. L'indice de pollution organique (IPO)

L'indice de la Pollution Organique (IPO) calculé à partir des mesures des principaux nutriments analysés à savoir l'ammonium, les nitrites et les orthophosphates. Selon Leclercq (2001), cet indice peut être évalué à partir des concentrations de ces trois paramètres, du fait qu'ils sont déjà des formes minérales, résultant directement de la minéralisation des matières organiques et reflètent bien la pollution organique (Zinsou; 2016). L'IPO c'est la moyenne de ces trois éléments dans le même site.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Selon, les valeurs de l'IPO des différents éléments polluants, on classe le niveau de pollution des eaux en 05 classes (**Tableau 11**) où l'IPO correspond à la moyenne des valeurs des classes pour chaque paramètre mesuré.

Tableau 11: Limites des classes de l'Indice de Pollution Organique (**Leclercq; 2001**).

Classe	5	4	3	2	1
NH_4^+ (mg/l)	< 0,1	0,1 – 0,9	2,4	2,5 - 6	>6
PO_4^{2-} (µg/l)	15	16 - 75	76 - 250	251 - 900	> 900
NO_2^- (µg/l)	5	06-10	11-50	51 - 150	>150

IPO= moyenne des valeurs des classes des 03 paramètres :

IPO= 4,6–5,0 : pollution organique nulle.

IPO= 4,0–4,5: pollution organique faible.

IPO= 3,0–3,9: pollution organique modérée.

IPO= 2,0–2,9: pollution organique forte.

IPO= 1,0 – 1,9: pollution organique très fort

Tableau 12 : Les valeurs calculé d'IPO dans le lac et la rivière.

	NH_4^+ (mg/l)	PO_4^{2-} (µg/l)	NO_2^- (µg/l)	IPO
L1	5	4	5	4.67
L2	5	5	5	5
L3	4	3	5	4
L4	5	3	5	4.33
L5	5	3	5	4.33
L6	5	3	5	4.33
L7	5	3	5	4.33
L8	5	3	5	4.33
L9	4	3	5	4
L10	4	3	5	4
L11	5	3	5	4.33
L12	4	3	5	4
R1	4	3	5	4
R2	4	3	5	4
R3	4	3	5	4
R4	4	3	5	4
R5	4	3	5	4
R6	4	3	5	4
R7	4	3	5	4
R8	4	3	5	4

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Le **Tableau 12** indique les valeurs calculées des différents indices de pollution organique des eaux étudiées.

L'analyse des résultats obtenus (**Tableau 12**), montre que, l'indice de pollution organique (IPO) est de 4, 4,16 et 4,33. Ces valeurs traduisent une faible pollution organique des eaux due à une fort minéralisation en matières organiques à l'exception les sites L1 et L2 (IPO : 4,67 et 5 respectivement) montrent une pollution organique nulle. Donc le Barrage de Hammam Grouz contient à une faible pollution organique. Nos résultats obtenus est conforme à celle de **Lalaoui ; 2021**.

III.4.3. L'IQE et l'irrigation

Tableau 13 : Classification et usage possible de l'eau selon l'IQE (**Brown et al., 1972 ; Chatterji et al., 2002 ; Aher et al., 2016**).

Valeur de l'IQE	Type d'eau	Usage possible
< 50	Excellente qualité	Eau potable, irrigation et industrie
50-100.1	Bonne qualité	Eau potable, Irrigation et industrie
100-200.1	Mauvaise qualité	Irrigation et industrie
200-300.1	Très mauvaise qualité	Irrigation
> 300	Eau non potable	Traitement approprié requis avant utilisation

- Selon nos valeurs de IQE et le **Tableau 13**, nous constatons que l'eau du barrage Hammam Grouz à une très mauvaise qualité et non potable mais il peut être utilisé dans l'irrigation.

III.5.L'analyse statistique

III.5.1.Les diagrammes en boîtes

Un diagramme en boîtes appelé aussi boîte à moustaches ou boîte de Tukey (box-plot) est une traduction de Box & Whiskers Plot (**Tukey; 1977**). Il représente d'une manière schématique la distribution d'une variable et résume quelques caractéristiques de position du caractère étudié (médiane, quartiles, minimum et maximum). Ce diagramme est utilisé principalement pour comparer un même caractère dans deux séries ou plus. Il s'agit de tracer un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile et coupé par la médiane.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Ces boîtes utilisent 5 valeurs (figure 46) qui résument les données suivantes : le minimum, les 3 quartiles Q1, Q2 (médiane), Q3 et le maximum (Le Guen; 2008).

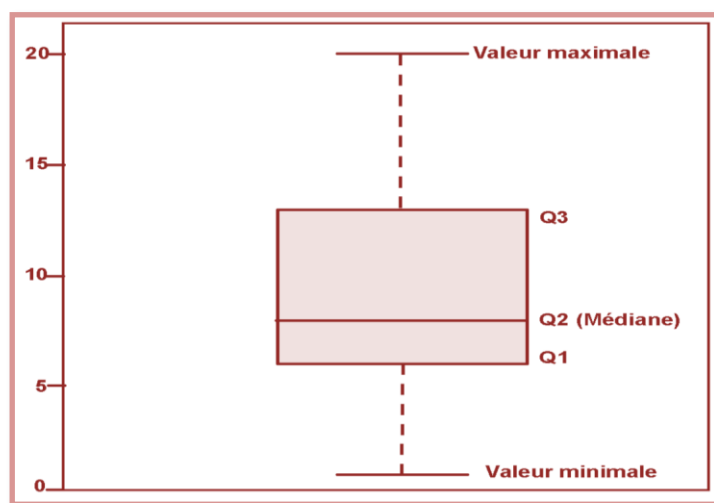


Figure 46: Modèle d'une boîte à moustache (Le Guen; 2008).

Les paramètres utilisées dans la construction des diagrammes en boîte, dans notre étude, sont : pH, T, TH, Turbidité, HCO_3^- , SO_4^- , PO_4^{2-} , OD, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , Si(OH)_4^- , Fe^{2+} , et Mn^+ dans le lac et la rivière ; ceci, nous permet une visualisation et une comparaison rapide de ces paramètres ainsi que leur variation et/ou évolution dans l'espace (entre sites). Afin de faciliter les interprétations et donner une signification plus importante à ces boîtes, ces dernières sont rassemblées en groupes, ceci en tenant compte des grandeurs des paramètres considérés et de leur importance ou relation et en fonction de leur distribution et donc localisation (Lac ou Rivière). De plus, vu les importantes disparités temporelles des valeurs des paramètres étudiés.

a. Le pH

D'après la figure 47, on remarque que les valeurs du pH augmentent dans le lac ; la moyenne obtenue est de 9,95 (R) et de 13,3 (L). La distribution du pH est plus allongée vers les valeurs élevées en lac et plus allongée vers les valeurs faibles en rivière. Nous montrons que la variabilité du pH est plus importante dans le 3^{ème} quartile (Q3) dans le lac et de 1^{er} quartile (Q1) dans la rivière. Cette inversion de distribution est directement liée au débit d'écoulement de la rivière.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

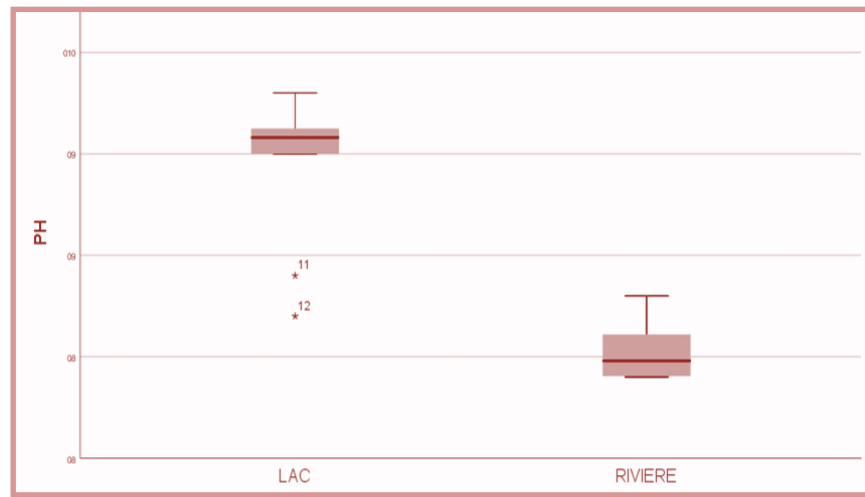


Figure 47: Distributions de pH dans le Lac et Rivière.

b. La Température

Les valeurs de la température enregistrées dans les eaux de rivière et du lac, montrent une différence de températures entre les deux stations, elles sont plus élevées dans le lac qu'en rivière, cependant les variations sont plus importantes durant le lac qu'en la rivière. Nous montrons que la variabilité de température est plus importante dans le 2^{ème} quartile (Q2) en le lac et dans 1^{er} quartile (Q1) en la rivière, donc il y'a une distribution dissymétrique pour les deux stations.

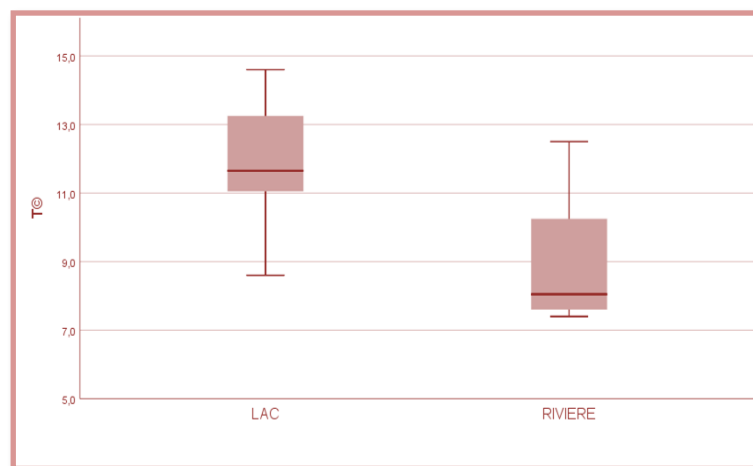


Figure 48: Distributions de Température dans le Lac et Rivière.

c. La Turbidité

La distribution de la turbidité des eaux de rivière et du lac, montre une différence marquée entre les stations. Cette distribution est plus large en lac qu'en rivière, la distribution des valeurs est asymétrique et la médiane n'est plus centrée dans les deux

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

boîtes où la distribution est plus allongée vers les grandes valeurs en lac qu'en rivière. Cependant, l'étendue des valeurs de la turbidité est plus importante en lac et les valeurs sont plus grandes.

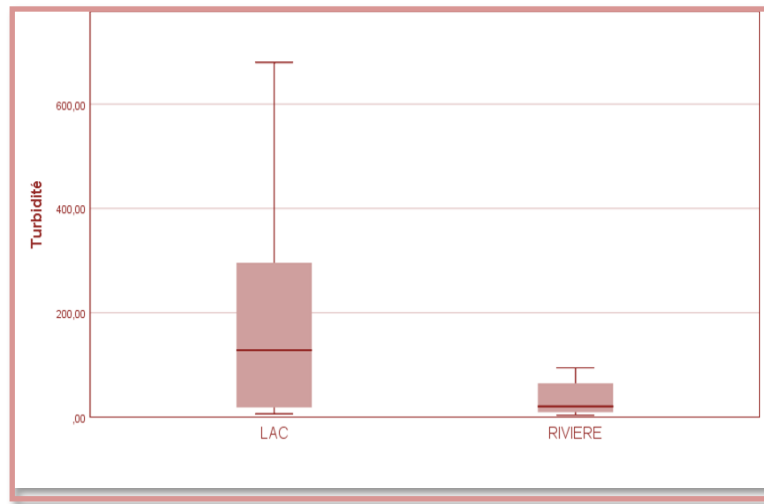


Figure 49: Distributions de Turbidité dans le Lac et Rivière.

d. La Dureté total (TH)

D'après la **figure 50**, on remarque que la valeur du TH augmente dans la rivière et la moyenne est de 1470 en le lac et de 1820 dans la rivière. La distribution du TH est dissymétrique allongée vers les valeurs élevées en rivière et allongée vers les valeurs faibles en lac. Nous montrons que la variabilité du TH est plus importante dans le 2^{ème} quartile (Q2) dans la rivière et dans 3^{ème} quartile (Q3) dans le lac.

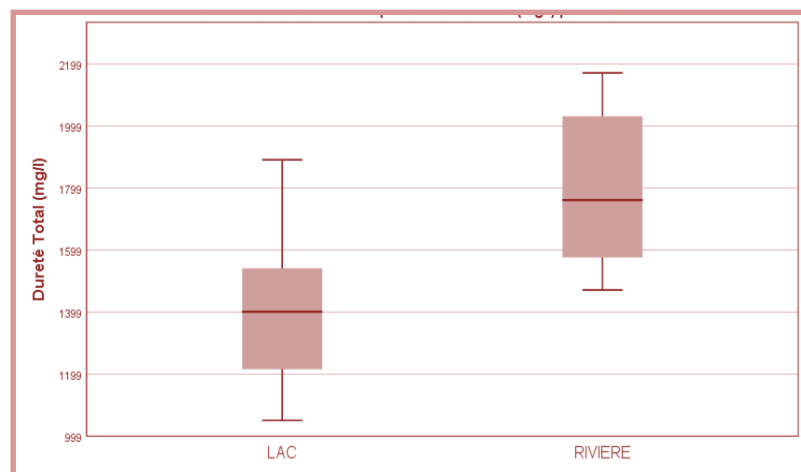


Figure 50: Distributions de la dureté totale dans le Lac et Rivière.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

e. Les éléments majeurs (HCO_3^- , SO_4^-)

On remarque que les valeurs du HCO_3^- et SO_4^- augmentent dans la rivière qu'en lac, La distribution des éléments majeurs est allongée vers les valeurs élevées en rivière et allongée vers les valeurs faibles en lac. Nous montrons que la distribution de tous les éléments majeurs (HCO_3^- , SO_4^-) sont dissymétrique, et plus importante dans le 2^{ème} quartile (Q2) sauf SO_4^- en rivière et plus importante dans le 3^{ème} quartile (Q3).

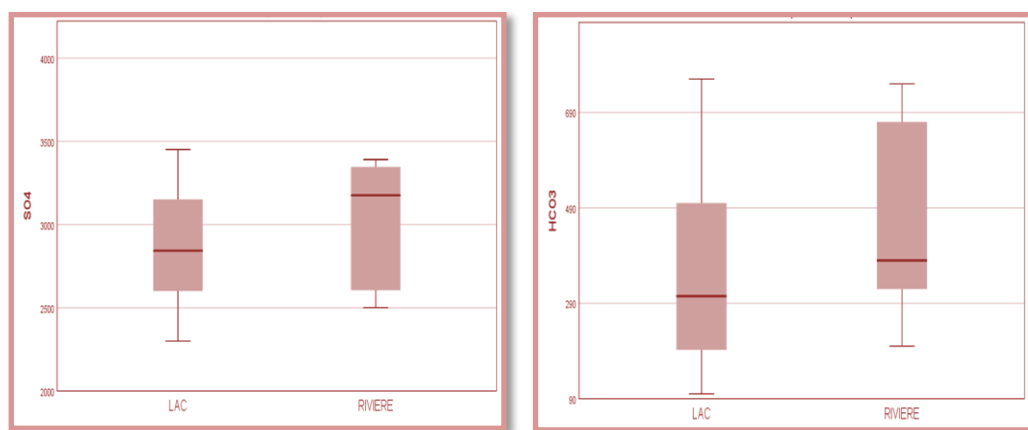


Figure 51: Distributions des éléments majeurs dans le Lac et Rivière.

f. Le nitrate (NO_3^-) et le phosphate (PO_4^-)

Les teneurs en NO_3^- et PO_4^- suivent une évolution inverse dans le lac et dans la rivière. Le nitrate présente une grande variabilité des valeurs (dispersion importante) dans lac et une faible dispersion en rivière, au contraire le phosphate à une dispersion importante en rivière et faible en lac. Les médianes sont au milieu des boîtes ce qui caractérise une distribution plus ou moins symétriques en nitrate dans les deux stations, alors qu'en phosphate donne une dissymétrie vers les basses valeurs pour le lac et vers les hautes pour la rivière.

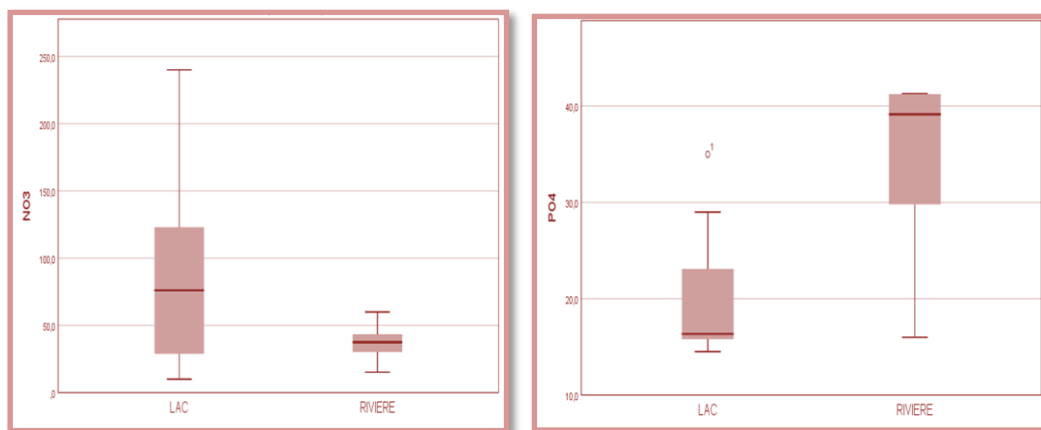


Figure 52 : Distributions de nitrate et phosphate dans le Lac et Rivière.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

g. Les nutriments (NO_2^- , NH_4^+ , $\text{Si}(\text{OH})_4$)

Les valeurs des nutriments augmentent en rivière qu'en le lac surtout pour le nutriment NO_2^- , ce dernier présent la plus grande médiane avec une large dispersion dans la rivière. La distribution est dissymétrique pour NO_2^- et NH_4^+ vers les basses valeurs dans le lac et la rivière, et plus au moins symétrique en $\text{Si}(\text{OH})_4$ dans les deux stations.

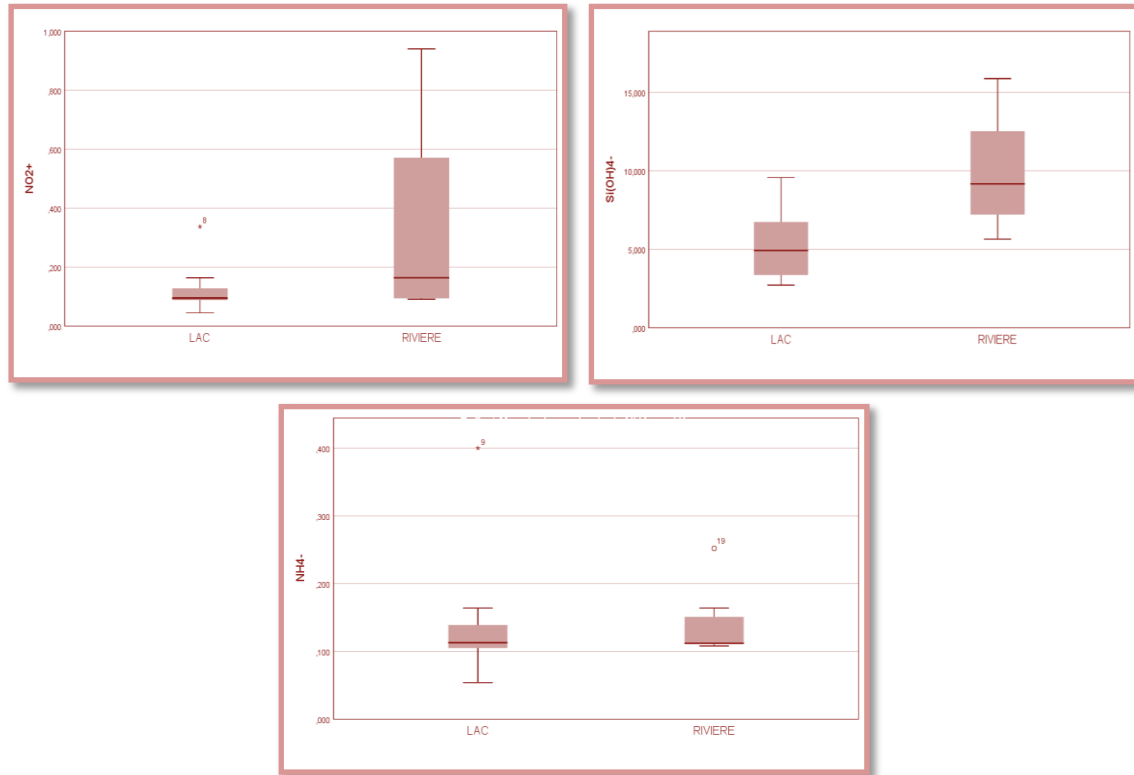


Figure 53:Distributions des nutriments dans le Lac et Rivière.

h. Les traces métalliques (Fe^{2+}) et (Mn^+)

Nous remarquons que les médianes du Fe^{2+} et du Mn^+ augmentent en lac, plus que la rivière. Nous montrons que la variabilité du Mn^+ est plus importante dans la 1^{er} quartile (Q1) dans le lac et dans 3^{ème} (Q3) quartile dans la rivière. Au contraire la variabilité du Fe^{2+} est plus importante dans le 3^{ème} quartile (Q3) dans le lac et dans 2^{ème} (Q2) quartile dans la rivière. la distribution est dissymétrique pour le manganèse dans les deux stations, mais le fer à une distribution dissymétrique pour le lac et symétrique pour la rivière.

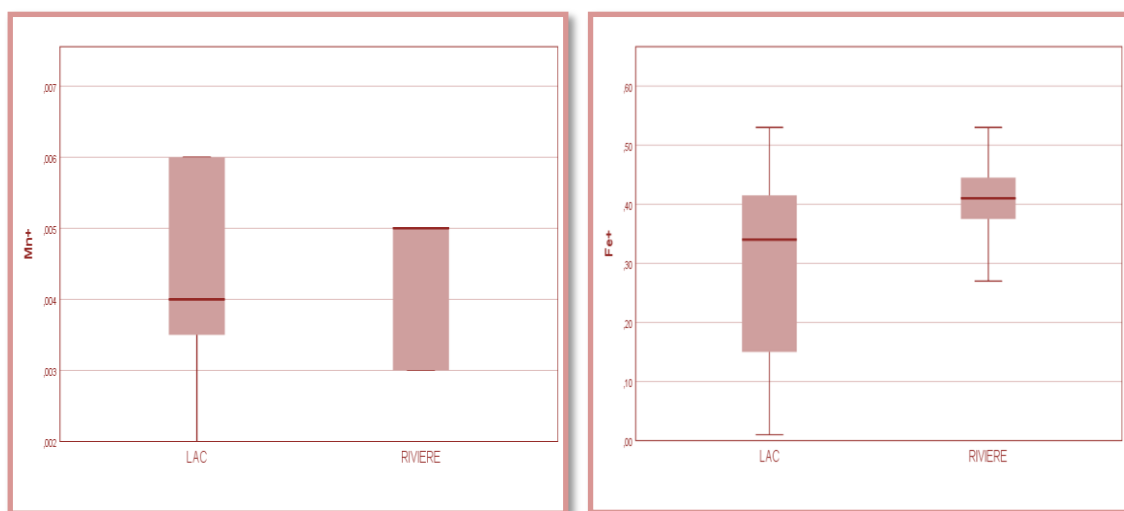


Figure 54 : Distributions des traces métalliques dans le Lac et Rivière.

III.5.2. L'ACP et la CAH

L'ACP est une méthode d'analyse statistique, elle permet de rechercher les relations entre les variables physico-chimiques et de regrouper celles qui présentent un comportement semblable afin d'avoir une idée sur l'évolution de la qualité des eaux (**Ouandaogo-Yameogo, 2008 ; Zamiche et al., 2018**). La CAH est une méthode d'analyse statistique multivariée, on cherche à ce que les éléments regroupés au sein d'une même classe (homogénéité intra-classe) soient les plus semblables possibles tandis que les classes soient les plus dissemblables (hétérogénéité inter-classes) (**Saporta ; 2011**).

III.5.2.1. Eaux du lac

a. La matrice de corrélation des eaux de Lac

L'analyse de la matrice de corrélation entre les différents paramètres mesurés ou analysés (**Tableau14**), montre que pH présente une corrélation avec SO_4^- ($r=0,756$; $p<0.01$). La température est corrélée avec Salinité et CE, TDS ($r= 0,875$; $0,799$; $0,800$; $p<0.01$) et une forte corrélation avec NH_4^+ ($r=-0.695$; $p<0.05$). La salinité présente une corrélation avec CE et TDS ($r= 0,948$; $0,950$; $p<0.01$). L'oxygène dissous (OD) présente une corrélation avec SO_4^- et PO_4^{2-} ($r= 0,758$; $-0,726$; $p<0.01$). La conductivité électrique est corrélée avec TDS ($r= 1,000$; $p<0.01$). La turbidité présente une forte corrélation avec Fe^{2+} et Mn^+ ($r= 0,643$; $0,611$; $p<0.05$) et Fe^{2+} et Mn^+ ($r= 0,947$; $0,926$; $p<0.01$). SO_4^- est corrélée fortement avec PO_4^{2-} ($r= -0,689$; $p<0.05$). PO_4^{2-} présente une forte corrélation avec $\text{Si}(\text{OH})_4$ ($r= 0,582$; $p<0.05$). HCO_3^- présente une forte corrélation avec Fe^{2+} ($r= 0,675$; $p<0.05$) et une corrélation avec Mn^+ ($r= 0,736$; $p<0.01$). Fe^+ présente une corrélation avec

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Mn^+ ($r = 0,967$; $p < 0.01$). TH , NO_3^- , Mn^+ , NH_4^+ , NO_2^- Si(OH)_4^- ne présente aucune corrélation avec les autres éléments.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Tableau 14 : Matrice de corrélation Pearson appliquée aux différentes variables physico-chimiques des eaux du lac.

	pH	T°	SAL	OD	CE	TH	Turbi	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe ²⁺	Mn ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	Si(OH) ₄ ⁻	TDS
pH	1																	
T°	,457	1																
SAL	,329	,875**	1															
OD	,485	,177	,108	1														
CE	,249	,799**	,948**	,041	1													
TH	,242	,516	,471	-,409	,425	1												
Turbi	,139	,525	,421	,271	,325	-,191	1											
CO ₃ ⁻	,004	,099	,001	-,099	-,253	-,051	,506	1										
SO ₄ ⁻	,756**	,184	,158	,758**	,075	-,113	,052	-,089	1									
NO ₃ ⁻	-,229	-,229	-,163	-,179	-,189	-,033	-,394	-,156	,037	1								
PO ₄ ²⁺	-,561	-,082	,061	-,726**	,275	,325	-,314	-,424	-,689*	-,034	1							
HCO ₃ ⁻	-,556	,027	-,043	-,197	-,178	-,098	,548	,616*	-,410	,102	-,045	1						
Fe ²⁺	,010	,327	,269	-,111	,018	,109	,643*	,947**	-,142	-,202	-,329	,675*	1					
Mn ⁺	-,084	,287	,188	-,039	-,059	,071	,611*	,926**	-,189	-,222	-,348	,736**	,967**	1				
NH ₄ ⁺	-,206	-,695*	-,435	-,142	-,420	-,012	-,486	-,105	-,122	-,030	,101	-,122	-,173	-,146	1			
NO ₂ ⁻	,131	-,096	-,232	,241	-,219	-,118	,182	,012	,431	-,113	-,097	,139	-,057	-,077	-,089	1		
Si(OH) ₄ ⁻	-,364	-,458	-,482	-,561	-,341	-,113	-,312	-,136	,368	,079	,582*	-,066	-,260	-,339	,045	,367	1	
TDS	,242	,800**	,950**	,041	1,000**	,422	,328	-,245	,076	-,191	,274	-,169	,025	-,051	-,424	-,215	-,344	1
**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).																		
*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).																		

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

b. L'ACP des eaux du lac

La figure 55 indique le nombre de facteurs explicites dans l'ACP (4 facteurs) et le Tableau 15 donne leurs valeurs propres et les différents pourcentages exprimés. Ces quatre premiers facteurs expriment 76,952% de l'information dont 25,44% pour le facteur 1 ; 23,43% pour le facteur 2 ; 19,60% pour le facteur 3 ; 8,46% pour le facteur 4 dont les quatre facteurs totalisent 76,95% de la variance totale exprimée. Comme le pourcentage de la variance totale cumulée est supérieur à 70% pour ces 4 facteurs donc, les mécanismes contrôlant l'évolution chimique des eaux du lac sont largement contenus dans ces facteurs.

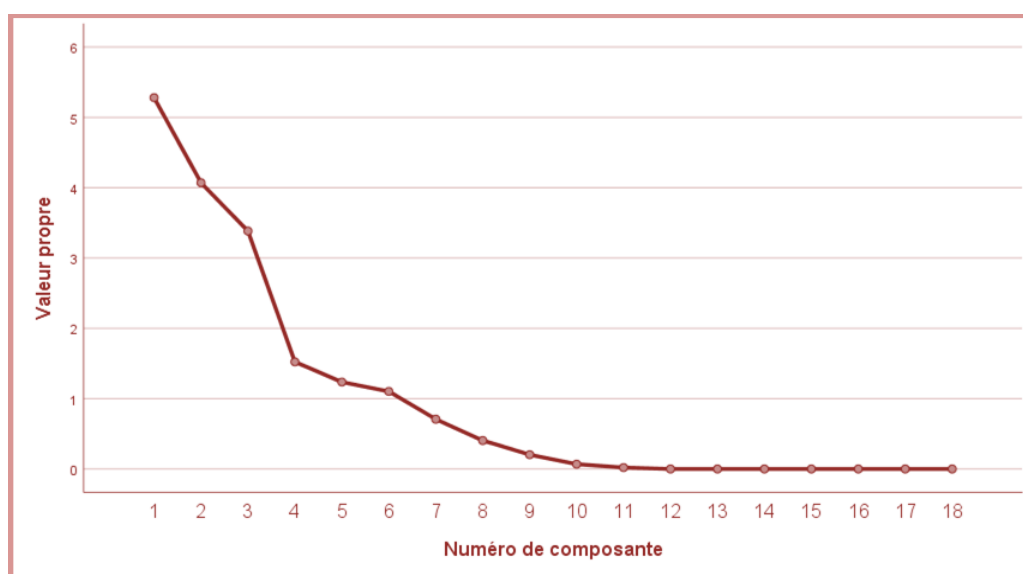


Figure 55 : Tracé d'effondrement, eaux du lac.

Tableau 15 : Représentativité des principaux axes factoriels – eaux du lac

Variance totale expliquée									
Composante	Valeurs propres initiales			Sommes extraites du carré des chargements			Sommes de rotation du carré des chargements		
	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
1	5,280	29,335	29,335	5,280	29,335	29,335	4,581	25,448	25,448
2	4,070	22,612	51,947	4,070	22,612	51,947	4,218	23,432	48,880
3	3,383	18,796	70,744	3,383	18,796	70,744	3,529	19,605	68,486
4	1,523	8,461	79,204	1,523	8,461	79,204	1,524	8,466	76,952

- Selon le Tableau 16, le premier facteur est corrélé positivement avec les variables : T°, SAL, CE, TDS et négativement avec le NH_4^+ .

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Tableau 16: Matrice des composantes après Rotation – eaux du lac
(Rotation Varimax avec normalisation Kaiser).

	Composante			
	1	2	3	4
pH	,247	-,098	,813	,108
T°	,906	,224	,214	,016
SAL	,925	,097	,108	-,196
OD	,091	-,093	,817	-,023
CE (µs/cm)	,947	-,148	-,033	-,147
Dureté Total (mg/l)	,380	,020	-,125	-,066
Turbidité	,476	,637	,136	,182
CO ₃ ⁻	-,142	,949	,085	,023
SO ₄ ⁻	,081	-,185	,918	,223
NO ₃ ⁻	-,141	-,134	-,045	-,075
PO ₄ ²⁺	,173	-,365	-,877	,096
HCO ₃ ⁻	-,018	,793	-,339	,077
Fe ²⁺	,119	,968	,024	-,053
Mn ⁺	,058	,977	,016	-,123
NH ₄ ⁺	-,665	-,182	-,097	-,377
NO ₂ ⁻	-,129	,014	,211	,874
Si(OH) ₄ ⁻	-,334	-,233	-,563	,630
TDS	,949	-,141	-,035	-,145

Ce facteur 1 est considéré comme un axe de minéralisation que ce soit d'origine naturelle (dissolution et hydrolyse des roches carbonatées) ou d'origine anthropique humaine (rejets urbains). Le facteur 2 est corrélé positivement avec les variables : Turb, HCO₃⁻, Fe²⁺, Mn⁺ il indique la pollution par les activités industrielles et l'alcalinité des eaux. Le facteur 3 est déterminée dans sa partie positive par pH, OD, SO₄⁻ et dans sa partie négative PO₄²⁻, Si(OH)₄⁻, ce facteur explique la minéralisation par pollution anthropique et organique. Le facteur 4 est déterminé par NO₂⁻, Si(OH)₄⁻ dans le pôle positif, ce facteur expliquant ainsi une pollution liée aux activités anthropique et l'altération des roche carbonate.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

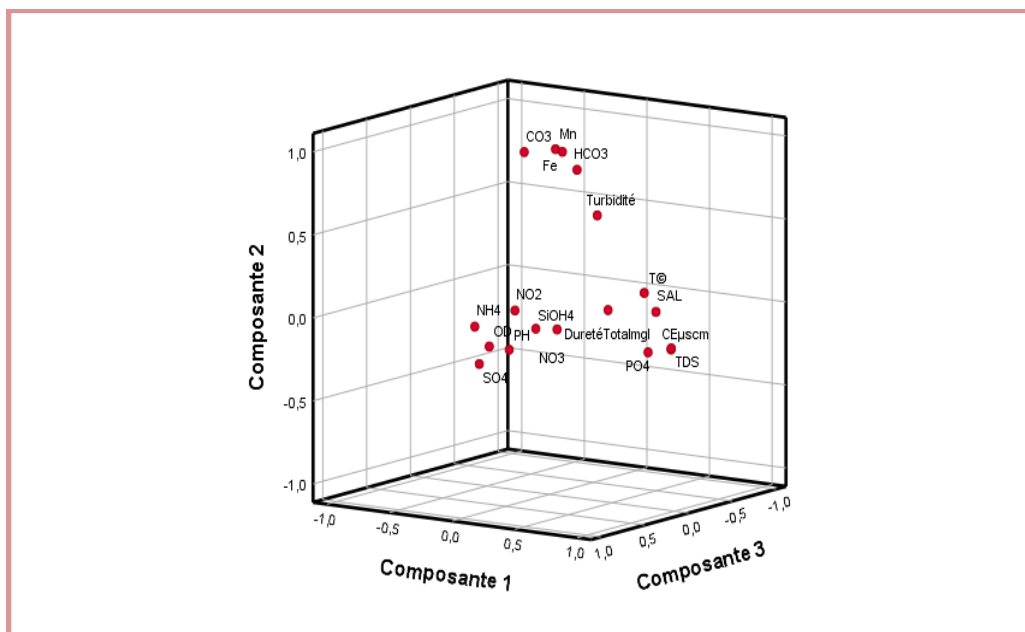


Figure 56: Tracé des composantes dans l'espace après rotation, eaux lac.

c. Le CAH des eaux de lac

Le dendrogramme de **la figure 57** présente les clusters des points d'eau du Lac dans lequel on différencie 4 classes d'eau :

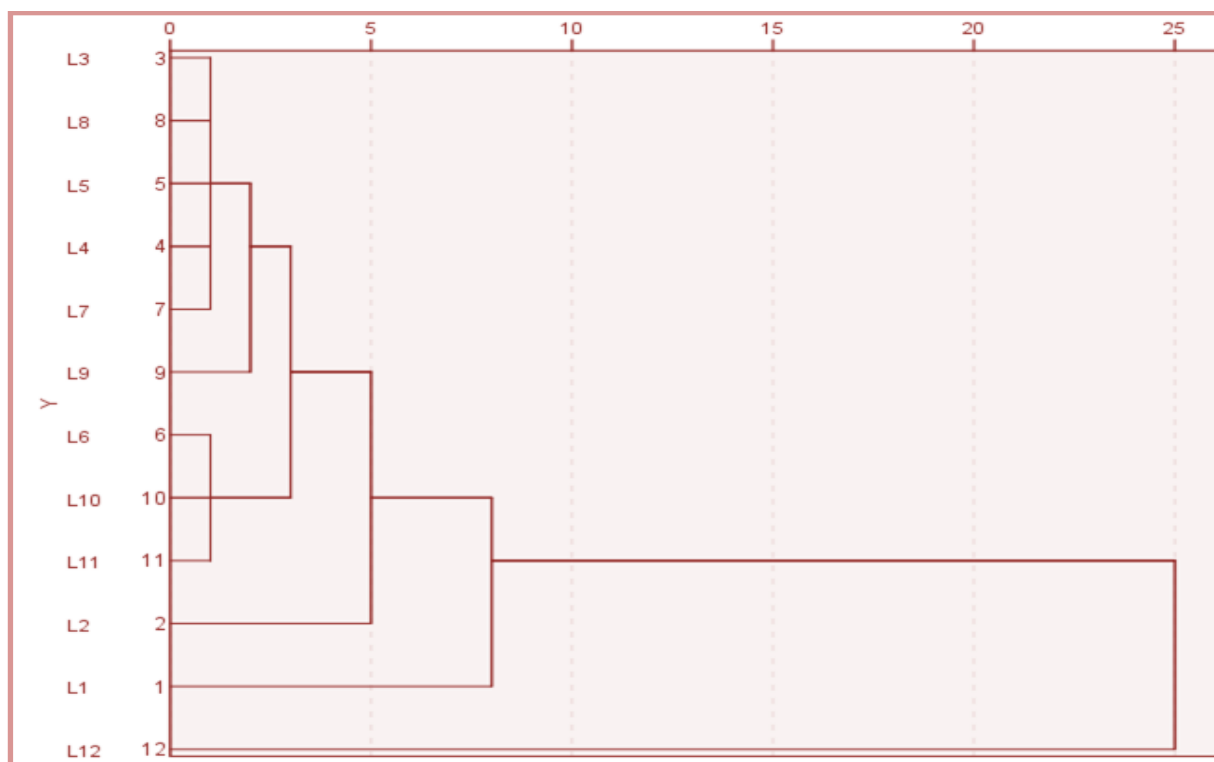


Figure 57 : Dendrogramme montrant les groupes d'eau du Lac.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

La classe 1 : rassemble deux sous-groupe, le sous-groupe 1 regroupe les points d'eau (L3, L4, L5, L7, L8, L9) qui présentant les éléments similaire :pH, SAL, OD, Mn^{+} , NH_4^{+} , NO_2 , SO_4 , le sous-groupe 2 regroupe les points(L6, L10 et L11) qui présentent les éléments commun suivant pH, T, SAL, OD, SO_4^{-} , PO_4^{2-} , P^{2+} , Mn^{+} , NH_4^{+} , NO_2^{-} .

Les classes2, 3 et 4 regroupent les points L2, L3, L1, L12 respectivement traduit l'absence des éléments communs dans chaque cluster.

III.5.2.2. Eau de rivière

a. La matrice de corrélation des eaux de rivière

La matrice de corrélation établie entre 18 variables hydro-chimiques des eaux de rivière (**Tableau 17**) a permis de déterminer les rapports existants entre ces différents variables. Car, l'analyse de la matrice de corrélation permet de retenir les éléments corrélés deux à deux avec un coefficient de corrélation (r) significatif. Les coefficients de corrélation ont été calculés selon la méthode de moindre carré.

L'étude des corrélations linéaire bi-varié entre les paramètres étudiés nous renseigne sur la force des associations éventuelles entre eux (**Reggam et al., 2015**). Elle donne une première idée des associations existantes entre les différentes variables étudiées. Le pH présente une forte corrélation avec SO_4^{-} ($r = 0,749$; $p < 0.05$). La salinité est fortement corrélée négativement avec turbidité ($r = -0,818$; $p < 0.05$) et CE, TDS ($r = 0,939$; $0,950$; $p < 0.01$). L'oxygène dissous (OD) présente une corrélation forte avec CE et Turbidité, SO_4^{-} , TDS ($r = -0,740$ et $0,716$; $-0,760$; $-0,742$; $p < 0.05$). La conductivité électrique et corrélée avec Turbidité et TDS ($r = -0,879$ et $0,997$; $p < 0.01$). La turbidité présente une corrélation avec NO_2^{-} , TDS ($r = 0,849$ et $-0,897$; $p < 0.01$) et forte corrélation avec PO_4^{2-} ($r = -0,738$; $p < 0.05$). SO_4^{-} et corrélée fortement avec NH_4^{+} ($r = -0,749$; $p < 0.05$). PO_4^{2-} présente une forte corrélation avec NH_4^{+} ($r = -0,739$; $p < 0.05$). HCO_3^{-} présente une forte corrélation avec Mn^{+} ($r = -0,941$; $p < 0.05$). NO_2^{-} présente une forte corrélation avec Si (OH) $_4^{-}$ ($r = -0,741$; $p < 0.05$). La Température et TH, NO_3^{-} , NH_4^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{+} , ne présente aucune corrélation avec les autres éléments.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Tableau 17: Matrice de corrélation Pearson appliquée aux différentes variables physico-chimiques des eaux de Rivière.

	pH	T°	SAL	OD	CE	TH	Turbi	CO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Fe ²⁺	Mn ⁺	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	Si(OH) ₄ ⁻	TDS
pH	1																	
T°	,146	1																
SAL	,143	,542	1															
OD	-,691	-,361	-,700	1														
CE	,142	,582	,939**	-,740*	1													
TH	-,133	,184	,676	-,379	,558	1												
Turbi	-,357	-,503	-,818*	,716*	-,879**	-,427	1											
CO ₃ ⁻	-,282	-,636	-,488	,517	-,456	-,077	,153	1										
SO ₄ ⁻	,749*	-,160	,415	-,760*	,409	,169	-,512	-,151	1									
NO ₃ ⁻	-,130	-,542	,025	,259	-,219	,018	,090	,347	,146	1								
PO ₄ ²⁻	,021	,166	,661	-,504	,644	,629	-,738*	,140	,233	,151	1							
HCO ₃ ⁻	,211	,375	,606	-,445	,396	,469	-,413	-,350	,104	,304	,640	1						
Fe ²⁺	-,524	,205	,524	,213	,366	,499	-,339	,116	-,221	,482	,400	,347	1					
Mn ⁺	-,145	-,164	-,494	,272	-,256	-,433	,387	,045	-,101	-,540	-,676	-,941**	-,468	1				
NH ₄ ⁺	-,543	,488	-,147	,455	-,018	-,395	,182	-,232	-,749*	-,377	-,320	-,239	,158	,342	1			
NO ₂ ⁻	-,258	-,174	-,522	,544	-,655	-,094	,849**	-,131	-,442	-,042	-,739*	-,250	-,160	,300	,137	1		
Si(OH) ₄ ⁻	,357	-,316	,264	-,427	,303	-,200	-,459	,109	,654	,457	,390	,139	-,037	-,235	-,376	-,741*	1	
TDS	,152	,569	,950**	-,742*	,997**	,559	-,897**	-,432	,417	-,162	,685	,447	,392	-,321	-,043	-,687	,342	1
**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).																		
*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).																		

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

b. L'ACP des eaux de rivière

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres biophysicochimiques et pour mieux cerner et évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité de l'eau dans le bassin de Hammam Grouz, une analyse factorielle en composantes principales a été réalisée utilisant le coefficient de Pearson, sur les eaux de rivière dans 8 site et 18 variables (pH, T, CE, TDS, Sal, TH, Turb, SO_4^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , P^{4+} , HCO_3^- , NH_4^+ , NO_2^- , Si(OH)_4 , Fe^{2+} , et Mn^+). Cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydro-chimiques (**Bounouira, 2007; EL Mohrit, et al., 2008 ; Diallo et al., 2014**).

L'analyse multi-variée par le biais de l'ACP a été réalisée sur un tableau à double entrée ; elle exprime jusqu'à quatre (4) facteurs ou composantes et 82,674% de la variance ont été exprimés ou expliqués (**Tableau 18**). A noter que le nombre de facteurs explicatif de la variance est déterminé à partir du tracé d'effondrement pour une valeur propre supérieure à 1 (**figure 58**).

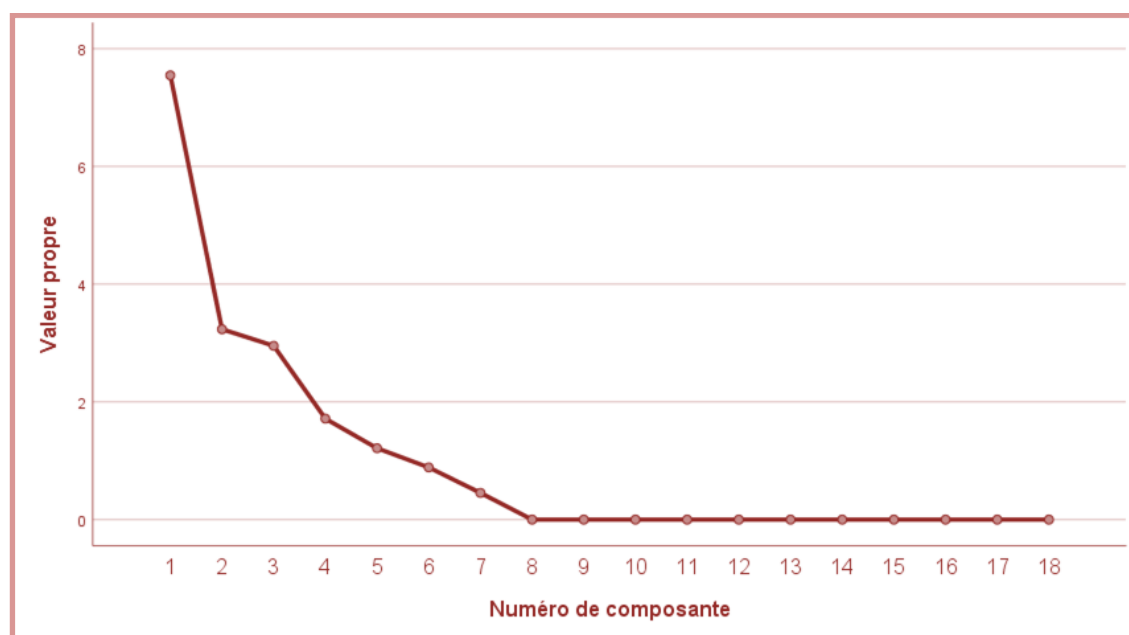


Figure 58: Tracé d'effondrement, eaux de rivière.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Tableau 18 : Représentativité des principaux axes factoriels – eaux de rivière.

Variance totale expliquée									
Composante	Valeurs propres initiales			Sommes extraites du carré des chargements			Sommes de rotation du carré des chargements		
	Total	% de la variance	8	Total	% de la variance	% cumulé	Total	% de la variance	% cumulé
1	7,547	41,930	41,930	7,547	41,930	41,930	5,689	31,604	31,604
2	3,234	17,964	59,894	3,234	17,964	59,894	3,334	18,522	50,126
3	2,951	16,396	76,290	2,951	16,396	76,290	2,992	16,623	66,749
4	1,715	9,530	85,820	1,715	9,530	85,820	2,867	15,925	82,674

Le résultat fondamental concernant les variables est le tableau de corrélations entre les variables et les facteurs. Il s'agit des coefficients de corrélation linéaire entre les variables initiales et les facteurs. Ce sont ces corrélations qui vont permettre de donner un sens interprétatif aux facteurs. Nous apporterons une attention importante aux variables ayant une forte contribution positive ou négative à l'axe factoriel, ce qui facilitera la compréhension de la source de variabilité expliquée par les axes (**Tableau 18**). Nous avons représenté en grisé les corrélations les plus significatives, c'est-à-dire celles qui, parmi les variables, expliquent le mieux chacune de ces composantes.

La projection des variables sur les plans (1,2,3,4) montre que 82.60% de la variance totale sont exprimés (**Tableaux 18**). L'axe factoriel 1 représente 31,60 % de la variance totale et regroupe SAL, CE, TDS, PO_4^{2-} et dans le pôle positif Turb, NO_2^- dans le pôle négatif. (**Tableau 19, Figure 59**). L'axe factoriel 1 peut être considéré comme un axe caractérisant, la source de minéralisation par pollution agricole, en plus de la minéralisation naturelle par CE, TDS, Turbidité, des eaux de surface dans la zone d'étude (**Elhatip et al., 2008 ; Liu et al., 2003 ; Omo-Irabor et al., 2008**).

L'axe factoriel 2 représente 18,522% exprime un axe caractérisant la minéralisation des eaux par pollution anthropique, industriel du bassin versant. Il est déterminé par OD, Fe^{2+} , NH_4^+ dans le pôle positif et par le pH, SO_4^- , $\text{Si}(\text{OH})_4^-$ dans le pôle négatif. L'axe factoriel 3 représente 16,623 % de la variance totale et regroupe dans le pôle positif de T° par NO_3 ; il représente plus la pollution organique des eaux et la pollution par les activités agricoles. Le facteur 4 représente 15,925 % de la variance totale et regroupe, dans son pôle positif, le TH et le $\text{Si}(\text{OH})_4^-$ dans son pôle

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

négatif. S'axe caractérisant, la minéralisation des eaux par le lessivage des matériaux géologiques du bassin versant.

Tableau 19: Matrice des composantes après Rotation – eaux de rivière.

	Composante			
	1	2	3	4
pH	,077	-,890	,228	,065
T°	,353	,192	,867	,050
SAL	,761	-,096	,342	,336
OD	-,577	,701	-,359	-,074
CE (µs/cm)	,881	-,083	,360	,048
Dureté Total (mg/l)	,359	,002	,028	,253
Turbidité	-,922	,193	-,152	-,137
CO ₃ ⁻	-,058	,212	-,871	-,092
SO ₄ ⁻	,397	-,857	-,150	,007
NO ₃ ⁻	-,060	,028	-,603	,692
PO ₄ ²⁻	,738	-,029	-,144	,425
HCO ₃ ⁻	,239	-,120	,312	,871
Fe ²⁺	,387	,607	-,126	,465
Mn ⁺	-,229	,060	-,013	-,942
NH ₄ ⁺	-,027	,762	,456	-,258
NO ₂ ⁻	-,903	,155	,160	-,078
Si(OH) ₄ ⁻	,551	-,426	-,407	,201
TDS	,894	-,086	,333	,113

La figure 59 présente l'espace de communauté des plans factoriels (composantes) 1- 2 - 3. La projection des variables considérées dans l'espace de ces composantes montre une large dispersion des points mettant en évidence la diversité des mécanismes de salinisation de ces eaux que ce soit naturels ou anthropogéniques.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

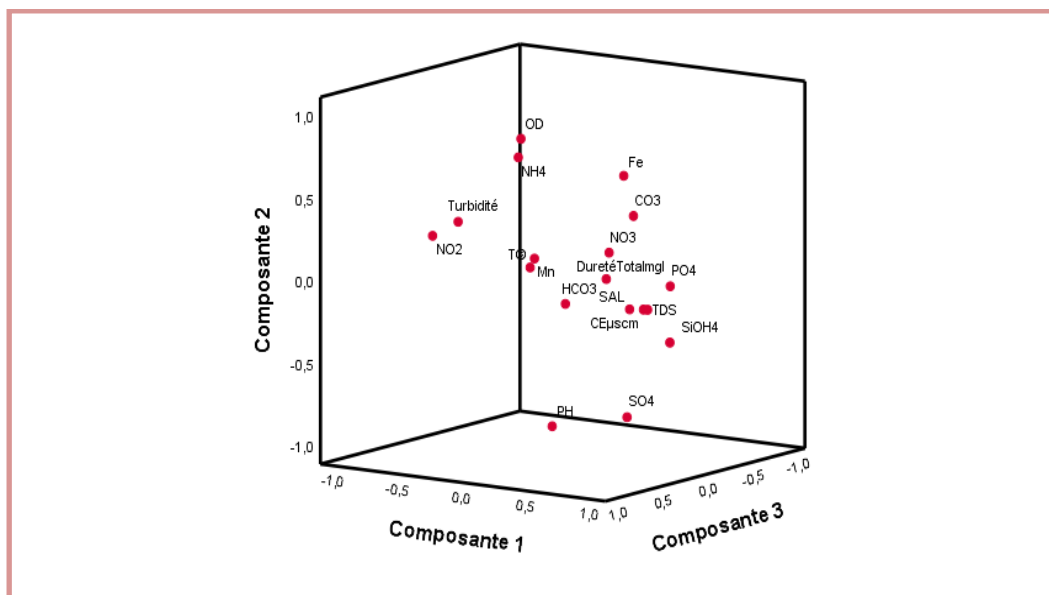


Figure 59 : Tracé des composantes dans l'espace après rotation, eaux rivière.

c. La CAH des eaux de rivière

L'objectif de la CAH est de grouper les individus en quelques classes distinctes, pour faire acquérir de nouvelles informations sur l'hydrochimie de notre zone d'étude. La méthode est appliquée aux points d'observation (sites de prélèvement) (**la figure 60**).

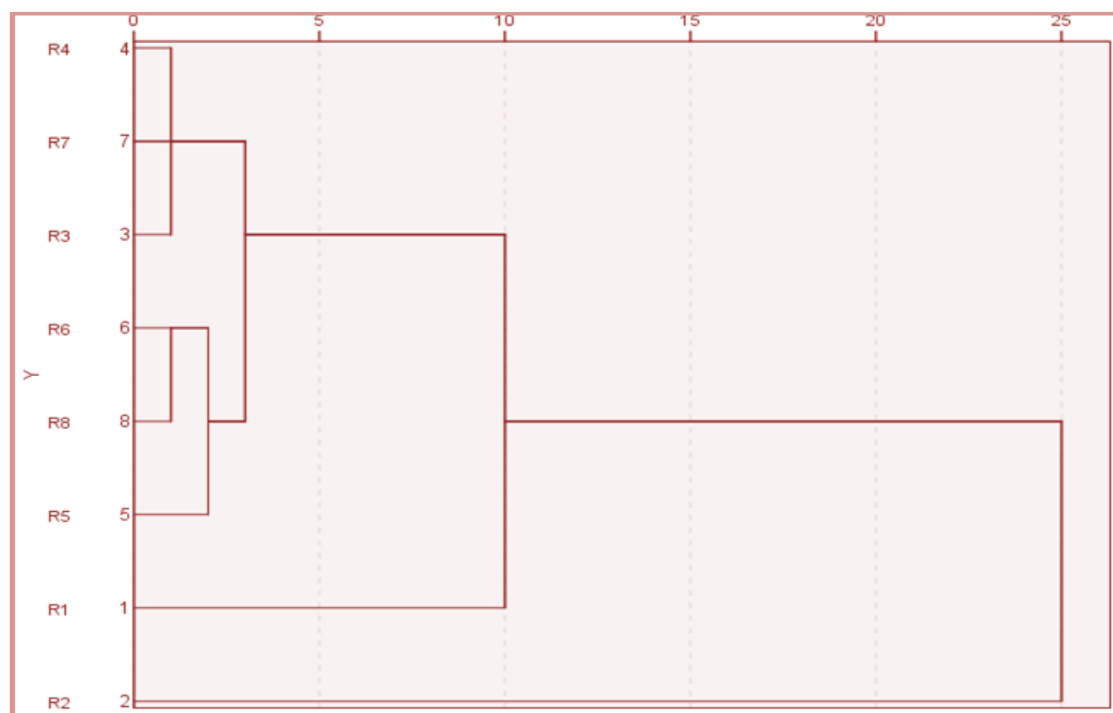


Figure 60 : Dendrogramme montrant les groupes d'eau de rivière.

Chapitre 03 : Résultats et Discussion

Le dendrogramme obtenu permet de différencier trois grandes classes d'eau :

Classe 1 : rassemble deux sous-groupes : le sous-groupe 1 regroupe les points d'eau (R3, R4, R7) qui présentent les éléments suivants pH, T°, SAL, SO_4^- , Fe^{2+} , Mn^+ , NH_4^+ , le sous-groupe 2 regroupe les points (R5, R6 et R8) qui contiennent le pH, SAL, TH, Fe^{2+} , Mn^+ , $\text{Si}(\text{OH})_4^-$.

Les classes 2 et 3 regroupent les points R1 et R2 respectivement qui fournissent deux clusters individuels exprimant l'absence totale des éléments communs.

CONCLUSION



Conclusion

Notre étude traite de la qualité des eaux du barrage Hammam Grouz. Il s'est étalé sur 20 sites, 12 au niveau du lac du barrage et 8 au niveau de rivière (oued) à partir de l'étude de 18 paramètres physico-chimiques mesurés et analysés.

Plusieurs analyses physico-chimiques ont été réalisées pour tenter d'expliquer la qualité d'eaux. L'examen des résultats des mesures des paramètres nous ont permis d'avoir des informations concernant la composition physico-chimique des eaux. Celles-ci présentent des températures moyennes (L13.3°C ; R 9,95°C), un pH alcalin de (L 8.75 ; R 7,7), une salinité de (L 1.1mg/l ; R 0.85mg/l), une conductivité de (L 2293,5µs/cm ; R 1527µs/cm), des taux importants TDS (L 1197mg/l ; R 813mg/l), une TH de (L 1470mg/l ; R 1820 mg/l), une évolution du taux d'oxygène dissous qui expliquer par la bonne aération au niveau des sites étudié, une moyenne en bicarbonate (L 535mg/l ; R 450mg/l), l'augmentation de teneur en ammonium s'expliquer par l'application des fertilisants (engrais NPK et l'urée) à base d'azote qui sont drainés par les ruissellements vers les cours d'eau, le teneur en nitrates (L 244mg/l ; R 44.95mg/l), nitrites (L 0.53 mg/l ; R 0,817mg/l), le phosphate (L22.5mg/l ; R 29.5mg/l), silicium (L 6.15mg/l ; R 10.76mg/l), l'augmentation de turbidité peut être due aux déchets des animaux et les différents rejets urbains par l'apport des eaux pluviales. Les résultats de Fer peuvent être dû aux rejets industriels et/ou urbains et au lessivage du sol agricole, le teneur en manganèse (L 0.34mg/l ; R 0.004mg/l) qui peut être due aux siliciums.

L'adéquation ou l'aptitude des eaux de surface dans la région d'étude pour divers usages (consommation humaine, irrigation), liées aux différents paramètres physico-chimiques, surtout les concentrations des substances chimiques présentes dans ces eaux, a été évaluée soit par comparaison des différents paramètres considérés avec les normes reconnues ou par le calcul d'indices adéquats. L'aptitude de ces eaux à l'usage domestique a été réalisée par la comparaison des paramètres physico-chimiques mesurés et/ou analysés avec les normes de l'OMS et Algérienne, le calcul des indices de qualité et de pollution (IQE et IPO).

L'étude statistique multivariée des principaux paramètres physico-chimiques des eaux du barrage Hammam Grouz. Ceci, par l'utilisation des Box-plots, l'ACP et la CAH. Ces analyses permis de préciser les relations entre les éléments chimiques et de regrouper les points d'eau ayant le même chimisme.

Conclusion

Enfin, nous pouvons conclure que l'eau de barrage Hammam Grouz est de mauvaise qualité ne convient pas à la consommation (non potable) mais utilisé à l'agriculture (l'irrigation).

Références

A

- Abbasnia A, Yousefi N, Mahvi AH, Nabizadeh R, Radfard M, Yousefi M, Alimohammadi, M (2018). Evaluation of groundwater quality using water quality index and its suitability for assessing water for drinking and irrigation purposes: Case study of Sistan and Baluchistan province (Iran). Human and Ecological Risk Assessment. An International Journal, 1–18 p.
- Abboudi Akil, Dr. Tabyaoui Hassan, Ph El Hamichi Fatima, Ph (2012), Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de surface du bassin de Guigou, Marco.89p.
- Aberkane M., (2011): évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Gara et hadj Tahar (Skikda), Université 8 Mai 1945 Guelma, 43- 62 -79- 84 p.
- Aissaoui. A, 2013.Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage Hmamm Grouz de la région d'oued Athmania (Wilaya de Mila) par les activités agricoles. En vue d'obtention du diplôme de Magister en biologie. Université Mouloud Maamri de TiziOuzou. 30p.
- Aissaoui, A., Sadoudi-ali Ahmed, D., Cherchar, N., Gherib, A., (2017). Caractéristiques Hydro Chimiques Des Eaux de l'Oued Seybouse - Cas de La Région de Guelma (Nord Est Algérien) Hydro Chemical Characteristics of the Seybouse River – Case Study of the Guelma Region Northeast of Algeria. RevSciTechnol Synthèse. 35.178–86p.
- Allalgua, A., Kouachi, N., Boualeg, C., Ayari, A.& Bensouileh, M. (2017).- Caractérisation physico-chimique des eaux du barrage Foum El-Khanga (région de SoukAhras, Algérie). European Scientific Journal (ESJ), 13 (12), 258-275p.
- Amiri F. et Boualleg W., (2014) : Étude bactériologique de l'eau de la retenue collinaire « Hadjargafta »de la commune Nechmaya (Wilaya de Guelma). Mémoire de Master. Université 08 Mai 1945 Guelma, 8-21p.
- Amadou H., Laouali M.S., Manzola A. (2014) : analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées larhyss journal, issn 1112-3680, n°20, décembre 2014,25-41p.

Références

B

- Bengarnia Benmerine. (2016), contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued d'Es-Saoura cas de béni-Abbès, Ougarta et Zeghamra, Thèse de Doctorat, Université Ahmed ben bela d'Oran,59-60p.
- Benayache N, Y.2014. Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux des barrages béni Haroun et hammam Grouze.50p.)
- Benkaddour Batoul, Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie), Thèse de Doctorat. Université de Perpignan via domitia, et l'université de Mostaganem, 2018,2p.
- Benmaïd A, (2013). La sécurité liée à l'eau : gestion des risques et arbitrages, Commissariat général au développement durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, études & documents, N° 100, 40p.
- Belghiti M.L., Chahloui A., Bengoumi D., EL Moustaine R. (2013) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de MEKNES (MAROC) larhyss journal, issn 1112-3680, n°14, juin 2013, 21-36p.
- Beer, 2010, Procédés reconnus destinés au traitement de l'eau potable.
- Boucenna F, (2009) : cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité a la pollution d'une nappe cotière cas de la plaine alluviale de l'oued Djendjen (Jijel, nord-est algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba .53-54 p.
- Boukertouta S., Sellaoui C., Tahraoui C., (2009) : Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et l'identification fongiques à partir des eaux du lac Obeira. Mémoire d'ingéniorat. Université 8 Mai 1945 Guelma. 36p.
- Bounouira H (2007). Etude des Qualités Chimiques et Géochimiques du bassin versant du Bouregreg. Thèse doctorale, Université IBN TOFAIL, Kenitra, 295p.
- Bouriche Souhila.(2018). Contribution à la comparaison des deux milieux lacustres (cas d'étude lacs Mézaia et Tamelaht). Mémoire de Master. Université Abderrahmane MIR-Bejaia.29p.

Références

- Bouziani M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- Brasilia, (2013). Manuel pratique d'analyse de l'eau. 4ème édition. 54, 57, 63 p.
- Bremond R, Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris. 25, 26, 69p.
- Brown RM, McClelland NI, Deininger RA, Tozer RG (1970). A water quality index- do we dare 339–43p.
- Brown, R M, McClelland N I, Deininger R A, O'Connor M F (1972). A water quality index crashing the psychological barrier. In Indicators of environmental quality Springer, Boston, MA, 173-182p.

C

- Centre d'Information sur l'Eau (CIE), (2013). Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7 août 2013, 6p.
- Chaden MH (2014). Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat. Spécialité : En Géosciences. Université de Lorraine, 329p.
- Christian Comlan Viaho, Simon Ahouansou Montcho, Thierry M. Agblon Houelome, Delphine Adan de Djani, Hyppolite Agadjihoue de et Philippe A. Laleye (2017), Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé et ses chenaux au Sud-Ouest du Bénin. 82p.

D

- Debieche T. H., 2002. Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution agricole et industrielle. Thèse de doctorat en hydrogéologie de l'environnement. Université de Franche-Comté, 236p.
- Demdoun A, (2010). Etude hydrogéochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'El Eulma, Doctorat d'état, Faculté des Sciences de la Terre, Université Mentouri Constantine, 205p.
- Derwich E, Benaabidate L, Zian A, Sadki O, Belghity D. (2010). Caractérisation Physico-Chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued FES. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 08, Juin 2010. 12p.

Références

- Devachelles N., 2002. Bilan de santé des organismes et des écosystèmes marins. Quels signaux biologiques mesurer ? fermer. <http://archimer.ifermer.fr/doc/00000/4195>.
- Dégréement, (2005). « Mémento technique de l'eau ». Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.
- Djabri L., (1996). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, Algérie, 176 p.
- Djafri S et Benaid S. (2012). Contribution à la caractérisation physico-chimique des Eaux de l'Oued Agrioun –Béjaïa. Mémoire de Master. Université Abderrahmane MIRA de BEJAIA. 2012 43-46p.

E

- Elhatip H, Hıms M A, Gülbahar N (2008). Evaluation of the water quality at Tahtalidam watershed in Izmir-Turkey by means of statistical methodology. Stoch Environ Res Risk Assess 22, 391–400. <https://doi.org/10.1007/s00477-007-01270>.

F

- Faurie C, Medori P, Ferra C., (2003). Ecologie: Approche scientifique et pratique, 5ème Edition, Lavoisier doc et tec, Paris, 312p.
- FEPS (Fondation de l'Eau Potable Sure). (2014).TDS et pH.6p.
- Fouad, S., Chlaida, M., Belhouari, A., Hajjami, K. & Cohen, N. (2013).- Qualité bactériologique et physique des eaux de l'Oued Hassar (Casablanca, Maroc) : caractérisation et analyse en composantes principales. Les technologies de laboratoire, 7 (30), 105-113 p.

G

- Ghazali, D., &Zaid, A. (2012). Caractérisation physico-chimique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de Meknes). Science Lib Editions Mersenne : Volume 4, N° 120106, 13 p.
- Glaude. B, Robert. P, (2001).Chimie de l'environnement (air, eau ; sol, déchet) de boeck, paris. 299p.
- Graindorge, J. (2015). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial éditions, paris. 126. 142. 147.162. 165. 183p.

Références

- Grogga, N. 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat en écologie fonctionnelle. Université de Toulouse. 35, 38, 89, 93p.

H

- Hamed M., Guettache A., Bouamer L., (2012) : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar. Mémoire de Master. Université de Bechar. 5 -10-13p.
- Henaut A., (2011). Pollution de l'air et de l'eau, Les dossiers de science et politiques publiques, niversité Pierre et Marie Curie, Paris, P 02).
- Hoffmann F., Auly T. et Meyer A .M. (2014).L'eau. Coll. les petits vocabulaires de la géographie. Edition confluences. 37,47p.

I

- Idaoui A et Harkett S .(2013).Évaluation de la qualité microbiologique de l'eau du lac souterrain: Bir Osman Hamam Debegh-Guelma .Mémoire de Master. Spécialité de SEE. Université 08 Mais 1945 Guelma .50p.
- Iounes1 adia ,Kabriti 2 Mohamed et El Amrani Souad, (2016),.Caractérisation physico-chimique et analyse biologique des eaux de surface de l'Oued Daliya, Maroc p 21.

J

- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), (2011). Décret exécutif n° 11- 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP: 7-25.

K

- Kherchiche A et Bouzidi A. (2013).Impact de la pollution agricole et urbaine sur la qualité des eaux de surface : cas du barrage de Hammam Debagh-Guelma. Mémoire de Master. Université 8 mai 1945 Guelma. 16-25-39p.
- Khettaf S., (2018). Evaluation physico-chimique de l'eau d'un barrage et proposition d'un traitement adapté pour une eau de haute qualité. Thèse de troisième cycle. 13 p.

Références

L

- Lalaoui Meryem(2020). Contribution à l'étude Bio-géochimique des Eaux du Barrage Hammam Grouz,page 75.
- Le Guen M (2008). La boîte à moustaches pour sensibiliser à la statistique. HAL Id: halshs-00287751.
- Leclercq L, (2001). Les eaux courantes : caractéristiques et moyens d'étude, dans Les zones humides. Actes des colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région Wallonne dans le cadre de l'Année Mondiale des Zones Humides, Jambes, Région Wallonne, DGRNE. 67-82 p.

M

- Maurel, A. (2006). Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres. 2ème Édition Lavoisier. 1p.
- Mebarki, A, (2005).Ressources en eau et aménagement en Algérie : Les bassins hydrographiques de l'est. OPU Alger.
- Melghit. M, 2009.Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau /Sédiments de l'oued Rhumel, et barrages Hammam Grouz et benharoun Université Mentouri de Constantine. Mémoire de Magistère en Ecologie.141p.
- Merouani M., et Bouguedah A., (2013). Etude de la pollution chimique et la vulnérabilité alla pollution des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla. Mémoire master. Université Kasdi Marbah Ouargla. 59p.
- Meybeck M., 1998 – Surface water quality: Global assessment and perspectives. In:International conference on world water ressources at the beginig of the 21st century. (UNESCO, Paris, 3-6 june 1996). Ed. Zebidi-UNESCO. Paris, 173 – 185.
- Mehanned, S., Chahlaoui, A., Zaid, A., Samih, M. &Chahboune, M. (2014).- Typologie de la qualité physico-chimique de l'eau du barrage Sidi Chahed Maroc. J. Mater. Environ. Sci., 5 (5), p 1633-1642.
- Merhabi F, Amine H, Halwani J. 2019. Evaluation de la qualité des eaux de surface de la rivière Kadicha. Journal Scientifique Libanais. 20(1): 10-34p.

Références

- Merzoug S., (2009) : Étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher Ben Azzouz, wilaya de Skikda. Mémoire de Magister. Université 8 mai 1945, Guelma. 113 p.
- Ministère de Développement Durable, Environnement et Parcs (MDDEP). (2012). critères de qualité de l'eau de surface. Quebec, Canada, 230 p
- Michard G. 2002. Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Édition Publisud. 565p.
- Mihoubi, N. (2008). Fonctionnement et gestion hydrologique de ressources en eau du bassin de hammam grouz. Thèse de magister, université mentouri, Constantine. 52-57 P.
- Mohammed, I. U., Ndahi, A. K., Adamu, I. C. (2015). Rapid assessment of reservoir water quality and suitability indices for irrigation purpose: a case study of Ero and Ele Reservoirs in Ekiti State Nigeria. Int. J. of Multi disciplinary and Currentre search, 3 p.
- Mohammedi .I, Mayou. O : Evolution du transport solide et la qualité des eaux Cas du bassin versant de l'oued Harraza. Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana (2015).
- Moletta R., (2002). Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires. 1ère édition. Lavoisier, Tec α Doc. Paris. 600 p.
- Morabbi A et Souabni O, (2013) : Caractérisation de la qualité des ressources en eau dans le sous bassin Ksob (Région d'Essaouira, Maroc). Mémoire de licence. Université cadi ayyad, 27-28 p

N

- Nebti F et Laïb F. (2017). Analyses physico-chimiques des eaux d'Oued Kebir-Rhumel introduite au littoral récepteur. Mémoire de Master. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila.31p.
- Nehme N. Evaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière de Litani, Liban: approche environnementale. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine (France), 2014, 359 p.

Références

O

- Office national de météorologie de Constantine, station d'Ain El Bay, 2017.
- Office National de la Météologie (ONM). 2021. Direction régionale Est. Station météorologique d'Ain Tin. Mila. Phénomène enregistrer pour la wilaya de Mila.
- OMS, 2008. Guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, Geneva
- OMS., (1994). Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 202 p.
- Ouandaogo-Yameogo S (2008). Ressources En Eau Souterraine Du Centre Urbain De Ouagadougou Au Burkina Faso Qualite Et Vulnerabilite, Mémoire Doc, Univ D'avignon Et Des Pays De Vaucluse, 254 p.

R

- Rabeiy R E (2018). Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in Upper Egypt area. Environ. Sci. Pollut. Res. 2018, 25, 30808–30817.
- Ramade F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. DUNOD, Paris, 2, 1075 p.
- Ramakrishnaiah C R, Sadashivaiah C, Ranganna, G (2009). Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India. E-Journal of Chemistry, 6(2), p : 523–530.
- Reggam A, Bouchelaghem H, Houhamdi M (2015). Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis). Jornal Mater Environ Sci. 6 (5).p : 1417-1425.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N. (2005). L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p.
- Rodier J, 2009. Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod bordas, Paris, 9ème édition, 1526 pp.

Références

S

- Saporta G (2011). Probabilités, analyse des données et statistique, Editions Technip, Paris, 656 p.
- Savary P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, PP : 10-179.)
- S.E.N.A.T, 2009. La pollution de la Méditerranée: état et perspectives à l'horizon 2030. Rapport n°652 par Roland Courteau. Sur [WWW.Senat.fr/rap/r10-652/htmlSubdivision des forêts, Chelghoum laid](http://WWW.Senat.fr/rap/r10-652/htmlSubdivision%20des%20for%C3%Aats,%20Chelghoum%20laid).
- Sebihi, Zineb, 2015. La qualité physico-chimique des eaux de l'oued rhumel. 40p.

T

- Tukey, John W (1977). Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley Publishing Company Reading, Mass. — Menlo Park, Cal., London, Amsterdam, Don Mills, Ontario, Sydney. XVI, 688p.

V

- Viet Tran Khac, Philippe Quetin et Orlane Anneville (2019), Évolution physico-chimique des eaux du Léman et données Météorologique .23p.

W

- Wedepohl, K.H., 1995. The composition of the continental crust. Geoch. Cosmoch. Acta., 59p.
- Wetzel, R.G. 1983. Limnology. Ed. Saunders, Philadelphia, 860p. Le Gal, Y., 1989. Biochimie marine. Ed. Masson, Paris, 222p. Unatedstatese Environmental Protection Agency (US/EPA), 2001. Ecological Risk. Assessment Bulletins, accessible au site internet : <http://www.epa.gov/region4/superfund/programs/riskassess/ecolbul.html>.

Y

- Yahya Maham Ould Sidi, Elhabib El azzouzi , Rachid Benaakam, Abdlekbir Bellaouchou , Yahya Mkadmi , M.S. kankou, Brahim Ahmed Dick , Hassan Chaair et Mohamed Fekhaoui (2017), Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux du lac d'Aleg, Mauritanie. 58p.

Références

- Youssef, M. A., Eissa, M. A. (2015). Heavy metals accumulation in the edible vegetables grown on contaminated soils. Egyptian Journal of Soil Science, 1-14p.

Z

- Zinsou H L, Attingli A H, Gnohossou P, Adandedjan D, Laleye P (2016). Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin. Journal of Applied Biosciences, 97p.

Sites Web

- Google Mapp: [www.https://www.googleearth.com](https://www.googleearth.com)10/04/2021.

LES ANNEXES



Les Annexes

• Annexe 1

➤ Les solutions utilisées pour le Nitrite

- 1) **Le réactif de Sulfanilamide** : Pour préparer 500 ml de réactif Diluer 50 ml d'acide chlorhydrique concentré ($d = 1,18$) dans environ 300 ml d'eau distillée ou déminéralisée. Dissoudre 5g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500 ml. Cette solution est stable indéfiniment.
- 2) **Le réactif de N-NaphtylÉthylénediamine**: Dans 500 ml d'eau distillée, dissoudre 0,5 g de dichlorhydrate de N. (1-naphtyl)-éthylénediamine. Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière. La renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune.



Figure01: Les réactifs utilisés pour le Nitrite.

• Annexe 2

➤ Les solutions utilisées pour l'Ammonium

- 1) **Le réactif de Phénol-nitroprussiate** :

Pour 1 L de réactif : dissoudre 35 g de phénol et 400 mg de nitroprussiate de sodium (Na , $\text{Fe}(\text{CN})$, NO_2 H_2O) dans de l'eau déminéralisée ou fraîchement distillée et compléter à 1000 ml. Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière. Il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre.

Les Annexes

2) Solution Alcaline D'hypochlorite :

- Dissoudre 280 g de citrate trisodique « pour analyse » ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) et 22 g de soude dans environ 800 ml d'eau déminéralisée ou fraîchement distillée.
- Ajouter alors un volume de solution d'hypochlorite de sodium corespondant à 1,4 g de chlore, soit : 44 ml d'une solution à 10 degrés chlorométriques ou 40 ml d'une solution normale
- Compléter à 1000 ml.

On peut remplacer l'hypochlorite par du dichloroisocyanurate de potassium $\text{C}_3\text{Cl}_2\text{N}_3\text{O}_6$, Il faut alors en ajouter 3 g par litre de réactif.

Ce réactif est utilisable dans toute la gamme de salinité. Mais de préférence au-dessus de 5 lorsque l'on n'analyse que des eaux de salinité inférieure à 5 la quantité de soude introduite dans le réactif doit être abaissée à 14 g. l⁻¹ au lieu de 22 g.l⁻¹.

Ce réactif se conserve au froid pendant 1 à 2 mois.



Figure 02 : Les réactifs utilisés pour l'Ammonium.

• Annexe 3

➤ Les solutions utilisées pour le silicium

- 1) **Le réactif de Molybdate d'ammonium** : Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium pour analyse » (NH_4), $\text{Mo}_0,4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, de préférence en poudre fine, dans 500 ml d'eau distillée ou déminéralisée. En flacon de plastique et à l'abri de la lumière, cette solution est stable indéfiniment.

Les Annexes

- 2) **Acide Sulfurique** : 2,5 mol.l Ajouter petit à petit, avec précaution, 140 ml d'acide sulfurique (densité = 1.84) « pour analyse » dans 900 ml d'eau distillée. Laisser refroidir et conserver en bouteille de verre bien bouché.
- 3) **Solution saturée D'acide Oxalique** : Agiter 50 g d'acide oxalique « pour analyse », $C_2H_2O_4 \cdot 2 H_2O$ avec 500 ml d'eau distillée. Laisser décanter et prendre le surnageant. Cette solution est stable indéfiniment. 6.5.
- 4) **Solution de Métol-sulfite** : Dans 500 ml d'eau distillée :
- Dissoudre 6 g de sulfite de sodium anhydre, Na_2SO_3 ,
 - Ajouter 10 g de métol (sulfate de p-méthylaminophénol, $C_7H_9N_2O_3S$) la dissolution peut être lente.
 - Passer la solution sur papier filtre ordinaire et conserver dans une bouteille en polyéthylène bien hermétique. Cette solution se détériore rapidement et doit être renouvelée toutes les deux à trois semaines ou si elle prend une couleur sombre.



Figure 03: Les réactifs et les solutions utilisés pour le silicium .

• Annexe 4

➤ Les solutions utilisées pour le sulfate

- Réactifs Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de polyvinyl-pyrrolidone ou de Tween 20 à 25 %.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée: L chlorure de baryum ($BaCl_2 \cdot 2 H_2O$) 10g solution de Tween 20 (polyoxyéthylène (20) sorbitanmonolaurate).

Les Annexes

- **Annexe 5**

- **Les résultats des analyses physiques des eaux**

	pH	T	SAL	OD		CE (µs/cm)	Dureté Total (mg/l)	Turbidité
				(mg/l)	(%)			
L1	9,27	18	1 ,4	36,5	100	2990	1750	403
L2	9,07	14,6	1	36,6	94,4	1768	1400	680
L3	9,15	12,3	0,9	37,9	100	1852	1400	29,6
L4	9,09	11,7	0,9	32,2	100	1788	1470	21,4
L5	9	11,6	0,9	38,1	100	1768	1190	30,6
L6	9,03	10,9	0,8	36,6	100	1740	1050	351
L7	9	11,3	0,8	38,6	100	1745	1240	240
L8	9,1	8,6	0,8	36,8	100	1597	1400	15,5
L9	9,3	14	0,9	37	93,9	1757	1890	6,20
L10	9,1	12,5	0,8	39,6	100	1693	1260	241
L11	8,4	11,2	0,9	42	100	1822	1120	226
L12	8,2	10,3	0,8	20,9	100	1741	1610	15,2
R1	8	7,4	1	18,3	58,9	2050	1820	17,7
R2	7,1	8,2	0,6	59,2	34,2	1241	1700	93
R3	7,9	7,7	0,7	40,2	41,4	1503	1890	23,1
R4	8,3	7,9	0,5	33,8	100	1004	1610	94,4
R5	8,13	12,5	0,9	25,2	69,9	1991	1540	3,53
R6	7,91	9,6	1	19,6	94,9	1959	2170	9,21
R7	8,09	7,5	0,7	38,6	38,9	1302	1470	36,8
R8	7,96	10,9	1,2	26,6	100	2040	2170	9.76

Les Annexes

- Annexe 6
- Les résultats des analyses chimiques des eaux

	SO_4^-	NO_3^-	PO_4^{2-}	P^{2+}	HCO_3^-
L1	2835	14	8	27	195
L2	2600	10	0	0	970
L3	3100	34	11	3.5	130
L4	3300	478	12	3.8	360
L5	2850	120	13	4.2	100
L6	2700	44	12	3.8	320
L7	3450	23.8	22	7	340
L8	3000	52	13	4.2	190
L9	3200	100.2	12	3.8	270
L10	2300	118.4	12	3.8	290
L11	2600	240	15	1.9	760
L12	150	126	45	14.6	640
R1	5025	40	30	9.7	340
R2	30	39	20	6.4	300
R3	3300	36	29	9.6	200
R4	3200	30	12	4	360
R5	2500	15.2	25	8.2	400
R6	2710	30.4	47	15.4	750
R7	3150	59.9	31	10.2	610
R8	3390	46.9	31	10.3	730

Les Annexes

- **Annexe 7**

- **Les résultats des analyses des Traces métalliques**

	Fe²⁺	Mn⁺
L1	0.45	0.004
L2	2.35	0.018
L3	0.38	0.006
L4	0.34	0.003
L5	0.38	0.004
L6	0.11	0.002
L7	0.01	0.002
L8	0.34	0.004
L9	0.19	0.004
L10	0.09	0.004
L11	0.27	0.006
L12	0.53	0.006
R1	0.38	0.005
R2	0.46	0.005
R3	0.43	0.005
R4	0.27	0.005
R5	0.37	0.005
R6	0.4	0.003
R7	0.42	0.003
R8	0.53	0.003

Les Annexes

- **Annexe 8**

- **Les résultats des analyses des nutriments**

	NH_4^+	NO_2^-	Si(OH)_4^-
L1	0,054	0 ,154	0.316
L2	0,077	0,358	0.363
L3	0,14	0,134	0.3037
L4	0,11	0,296	0.626
L5	0,116	0,144	0.736
L6	0,112	0 ,26	0.591
L7	0,114	0,848	0.955
L8	0,106	0,27	0.485
L9	0,4	0,38	0.448
L10	0,138	0,178	0.51
L11	0,104	0,274	0.275
L12	0,164	0,13	0.968
R1	0,112	0,06	1.604
R2	0,112	1,152	0.571
R3	0,112	0,324	0.916
R4	0,108	1 ,438	0.653
R5	0,11	0,094	0.937
R6	0,138	0,084	0.961
R7	0,252	0,558	1.57

Les Annexes

- Annexe 9

- Les résultats de l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux du lac du barrage Hammam Grouz.

Lac du barrage							
Paramètre	Moy	Max	Min	Normes Algériennes		Norme OMS	
				DL	MPL	DL	MPL
T(c°)	13.3	18	8.6	--	25	--	25
CE (µs/cm)	2293,5	2990	1597	--	2880	900	1400
TDS (mg/l)	1197	1540	854	500	--	600	900
pH	8,75	9,30	8.2	--	6,5- 8,5	6,5-8,5	9,2
OD (mg/l)	31.45	42	20.9				
SAL (mg/l)	1.1	1.4	0.8	1,5	1,5	--	--
Dureté total	1470	1890	1050	--	200	100	500
Turb (NTU)	343	680	6.20	--	5	5	10
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	535	970	100	--	--	125	350
SO ₄ ⁻ (mg/l)	1800	3450	150	200	400	200	500
NO ₃ ⁻ (mg/l)	244	478	10	--	50	50	--
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	45	45	0	--	5	--	--
P ²⁺ (mg/l)	27	27	0	--	5	--	--
Fe ²⁺ (mg/l)	1.18	2.35	0.01	0,3	--	0,3	--
Mn ⁺ (mg/l)	0.01	0.018	0.002	--	0,05	0,5	--
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,191	0,337	0,045	0,5		0.1	--
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,533	0,925	0,141	--	0,1	0,1	--
SI(OH) ₄ ⁻ (mg/l)	6,15	9,579	2,721	--	--	10	--

Les Annexes

- **Annexe 10**

- **Les résultats de l'étude des paramètres physico-chimiques des eaux du
Rivière du barrage Hammam Grouz.**

Rivière (Oued)							
Paramètre	Moy	Max	Min	Normes Algériennes		Norme OMS	
				DL	MPL	DL	MPL
T(c°)	9.95	12.5	7.4	--	25	--	25
CE (µs/cm)	1527	2050	1004	--	2880	900	1400
TDS (mg/l)	813	1090	536	500	--	600	900
pH	7.7	8.30	7.10	--	6,5- 8,5	6,5-8,5	9,2
OD (mg/l)	38.75	59.2	18.3				
SAL (mg/l)	0.85	1.20	0.5	--	--	--	--
Dureté total	1820	2170	1470	--	200	100	500
Turb (NTU)	48.96	94.4	3.53	--	5	5	10
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	475	750	200	--	--	125	350
SO ₄ ⁻ (mg/l)	2527.5	5025	30	200	400	200	500
NO ₃ ⁻ (mg/l)	44.95	59.9	30	--	50	50	--
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	29.5	47	12	--	5	--	--
P ²⁺ (mg/l)	9.7	15.4	4	--	5	--	--
Fe ²⁺ (mg/l)	0.4	0.53	0.27	0,3	--	0,3	--
Mn ⁺ (mg/l)	0.004	0.005	0.003	--	0,05	0,5	--
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,156	0,222	0,091	0,5		0.1	--
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,817	1,570	0,064	--	0,1	0,1	--
SI(OH) ₄ ⁻ (mg/l)	10,76	15,874	5,650	--	--	10	--

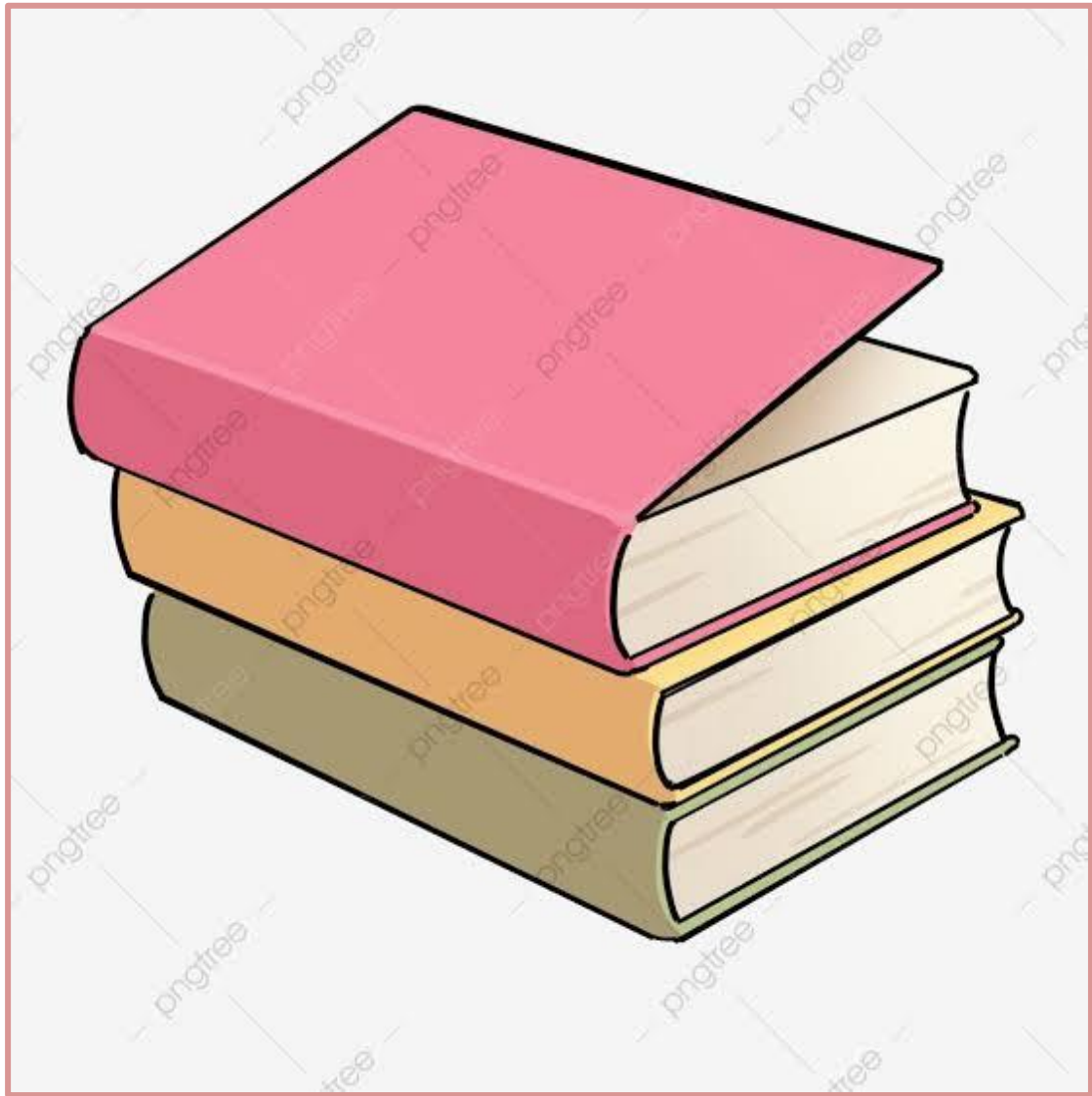
Les Annexes

- **Annexe 11**

- **Les calculs d'IQE**

	Ci	qi	SLi
T°	0.935	43.74	4.37
Turb	127.35	1273.5	89.15
TDS	942.45	104.72	10.47
CE	1767.55	126.25	12.63
HCO₃⁻	412.75	117.92	11.79
SO₄⁻	2769.5	553.9	55.39
NO₃⁻	82.89	165.78	28.18
TH	1557.5	311.5	31.15
pH	8.55	92.93	9.293

RÉSUMÉ



Résumé

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie des êtres vivants, leur développement et à l'environnement ; l'objectif du présent travail consiste à évaluer la qualité physico-chimique des eaux de Barrage Hammam Grouz à Oued Athmania (Wilaya de Mila), elle a été abordée par des prélèvements des eaux qui réalisés sur 20 sites, 12 au niveau du lac du barrage et 8 au niveau de rivière (oued).

La caractérisation physico-chimiques et l'évaluation de la qualité des eaux a été déterminée par l'analyse de 18 paramètres : physiques « Température (L13.3°C ; R9,95°C), Salinité(L1.1mg/l ; R0.85mg/l), Oxygène dissous, pH alcalin de (L8.75 ; R7,7), Conductivité(L 2293,5µs/cm ; R1527µs/cm), TDS (L1197mg/l ; R813mg/l), Turbidité,TH(L1470mg/l ;R1820mg/l) »,chimique« SO_4^- , NO_3^- (L244mg/l ; 4.95mg/l), PO_4^{2-} (L22.5mg/l ; R 29.5mg/l), P^{2+} , HCO_3^- (L535mg/l ; R450mg/l), NH_4^+ , NO_2^- (L0.53mg/l ;R0,817mg/l), $\text{Si}(\text{OH})_4^-$ (L6.15mg/l ; R10.76mg/l) » et les traces métallique « Fe^{2+} , Mn^+ (L0.34mg/l ; R0.004mg/l) ». En se référant aux normes -de potabilité (Algérienne et OMS) avec les calculs des indices de qualité de l'eau (IQE), l'indice de pollution (IPO) et la relation entre IQE avec l'irrigation.

L'étude statistique multi-variée de ces derniers est réalisée par les Box-plots, l'ACP et la CAH qui permet de préciser les relations entre les éléments chimiques et de regrouper les points d'eau ayant le même chimisme.

Enfin, les résultats que nous avons trouvés montrent que la majorité des paramètres physicochimiques étudiés ne répond pas aux normes admissibles, donc l'eau de barrage Hammam Grouz est de mauvaise qualité, ne convient pas à la consommation (non potable) mais qu'on peut utiliser à l'agriculture (l'irrigation).

Mots clés : Eaux, Qualité, Analyse physico-chimique, Hammam Grouz, Trace Métallique.

.

Abstract

Water is a limited and vulnerable resource, essential for the life of living beings, their development and the environment; The objective of this work is to assess the physicochemical quality of the water from the Hammam Grouz Dam in Oued Athmania (Wilaya de Mila), it was approached by water samples taken at 20 sites, 12 at the level of the lake of dam and 8 at river level (wadi).

The physicochemical characterization and evaluation of the water quality was determined by the analysis of 18 parameters: physical "Temperature (L13.3 ° C; R9.95 ° C), Salinity (L1.1mg / l; R0.85mg / l), Dissolved oxygen, alkaline pH of (L8.75; R7.7), Conductivity (L 2293.5 μ s / cm; R1527 μ s / cm), TDS (L1197mg / l; R813mg / l), Turbidity, TH (L1470mg / l; R1820mg / l)", chemical" SO_4^- , NO_3^- (L244mg / l; R44.95mg / l), PO_4^{2-} (L22.5mg / l; R 29.5mg / l), P^{2+} , HCO_3^- (L535mg / l; R450mg / l), NH_4^+ , NO_2^- (L0.53mg / l; R0.817mg / l), Si (OH)_4^- (L6.15mg / l; R10.76mg / l)" and the metallic traces " Fe^{2+} , Mn^+ (L0.34mg / l; R0.004mg / l)". By referring to drinking water standards (Algerian and WHO) with calculations of water quality indices (WQI), pollution index (IPO) and the relationship between WQI with irrigation.

The multivariate statistical study of the latter is carried out by Box-plots, PCA and CAH, which makes it possible to specify the relationships between chemical elements and to group together water points with the same chemistry.

Finally, the results that we found show that the majority of the physicochemical parameters studied do not meet the admissible standards therefore the Hammam Grouz dam water is of poor quality, not suitable for consumption (not drinkable) but that it is possible to use for agriculture (irrigation).

Keywords: Water, Quality, Physicochemical analysis, Hammam Grouz, the metallic traces.

ملخص

يعتبر الماء من الموارد المحدودة التي لا يمكن الاستغناء عنها في حياة الكائنات الحية و تنميتها بالإضافة الى البيئة. الهدف من هذا العمل تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه سد حمام قروز بواد العثمانية (ميلة),حيث تمت المعالجة من خلال اخذ عينات المياه في 20 موقع, 12 في بحيرة السد و 8 في الواد.

تم تحديد الخصائص الفيزيوكيميائية وتقييم جودة المياه من خلال تحليل 18 معلمة : فيزيائية « الحرارة (L13.3°C; R 9.95°C), الملوحة (L 1.1mg/l; R 0.85mg/l), الاوكسجين المذاب, درجة الحموضة (L 8.75; R 7.7), الناقلية (L 2293.5µs/cm; R 1527 µs/m), التعكر(L 1197mg/l; R813mg/l), النيتريت (L 244mg/l; R 44.95mg/l), النترات (L 22.5mg/l; R29.5mg/l), الفوسفور, البكاربونات(L 535mg/l; R450mg/l), الامونيوم, السيليسيوم (L 6.15mg/l; R10.76mg/l), والفلزات الحديدية الثقيلة « الحديد, المنغنيز (L 0.34mg/l; R 0.004mg/l)» استنادا إلى معايير الشرب (الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية) مع حساب مؤشرات النوعية , مؤشر التلوث (مؤشر التلوث العضوي) وكذا العلاقة بين مؤشر نوعية المياه والري.

أتاحت لنا الدراسة الإحصائية عن طريق استعمال Box-plots, l'ACP و CAH إلى تحديد العلاقات ما بين العناصر الكيميائية وتجميع النقاط المتقاربة التي لها نفس المعايير الكيميائية.

وفي النهاية وجدنا من خلال دراستنا أن اغلبية المعايير الفيزيوكيميائية المدروسة لا تتطابق مع المعايير المقبولة لذلك نعتبر مياه سد حمام قروز ذات نوعية رديئة وغير صالحة للاستهلاك (غير صالحة للشرب) ولكن يمكن استعمالها للزراعة (الري).

الكلمات المفتاحية: الماء , المعايير, التحاليل الفيزيائية و الكيميائية , حمام قروز, الفلزات الحديدية الثقيلة.