

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université SAAD DAHLAB de Blida1
Faculté Des sciences de la Nature et de la Vie
Département de biologie et physiologie cellulaire
Laboratoire de Recherche Biotechnologies, Environnement et
Santé



MEMOIRE

De Fin d'Etudes en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master en
Biologie

Spécialité : **Ecosystème aquatique**

THEME

Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique
des eaux de barrages Ghrib et Bouroumi

Présenté par :

BIRANE SELMA

MERABET NESRINE

Président du jury	Mme El Mahdi I	MAA	U.B1
Examinatrice	Mme Khettar S	MAA	U.B1
Promotrice	Mme Chaichi W	MCB	U.B1
Co- promotrice	Mme Laribi H	Ingénieur de laboratoire	ANRH

Année Universitaire 2017/2018

REMERCIEMENTS

Tout d'abord notre travail ne se serait jamais accompli sans le soutien, le courage et la force que nous a donnés Allah le tout puissant, nous adressons nos remerciements les plus sincères à Allah qui nous a dotées de sa foi.

Nous tenons aussi à exprimer toute notre profonde gratitude à notre promotrice Chaichi Wissem Pour ses conseils prodigués, sa patience et sa persévérance depuis le début de la recherche jusqu'au présentation.

Sans oublier Laribi Hassina pour son aide et ses précieux conseils.

Nos vifs remerciements vont également à Mr RABHAOUI le directeur de l'ANRH et Mme KHEMICHE chef de laboratoire de l'ANRH et CHAWA. M l'ingénieur principal du laboratoire pour leurs conseils et leurs aides précieux.

Notre gratitude s'adresse particulièrement à l'équipe d'Algérienne Des Eau pour leurs aides et leurs conseils.

Nos remerciements vont également à tous nos enseignants qui nous ont guidées durant tout le cursus universitaire

Nous remercions sincèrement les membres de jury d'avoir bien voulu accepter de faire partie de la commission d'examineurs

Finalement merci à tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACE

Je remercie dieu tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail que je dédie à mes très chères parents qui ont été toujours là pour moi et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance j'espère qu'il trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour .

A toi mon père qui a tout sacrifié pour nous, qui a semé la lumière dans nos nuit et a tissé au bout de sa douceur la toile de notre espérance.

A toi maman qui a fait en sorte à ce que j'accède à ce niveau d'instruction. Tu m'as énormément donné et soutenu. Je te remercie en t'offrant ce modeste travail.

A mes meilleurs frères : Belkacem, Sidali, Abdraouf et le petit ange Souhaib.

A mes meilleurs sœurs : Meriem, Nadia et Meriem

A mes grands parents que dieu les garde pour nous

A tout mes oncles et tantes

A tous mes chères cousins et cousines les grands et les petits.

A ma binôme et avec qui j'ai élaboré ce modeste travail Nesrine et sa famille

A toute la promo écosystème aquatique 2018.

Birane Selma

DEDICACE

Je remercie dieu tout puissant de m'avoir donné la force et le courage de finir ce modeste travail que je dédie à mes très chères parents qui ont été toujours là pour moi et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance j'espère qu'il trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour .

A toi mon père qui a tout sacrifié pour nous, qui a semé la lumière dans nos nuit et a tissé au bout de sa douceur la toile de notre espérance.

A toi maman qui a fait en sorte à ce que j'accède à ce niveau d'instruction. Tu m'as énormément donné et soutenu. Je te remercie en t'offrant ce modeste travail.

A mon époux Younes qui m'a aidé et encouragé tout au long de ma recherche pour élaborer ce modeste travail

A mes meilleures sœurs: Meriem et Malek

A mon cher frère abdallah

A mes grands parents que dieu les garde pour nous

A tout mes oncles et tantes

A tous mes chères cousins et cousines.

A ma binôme et avec qui j'ai élaboré ce modeste travail Selma et sa famille

A toute la promo écosystème aquatique.

Merabet Nesrine

Liste des abréviations

ANRH : Agence National des Ressources Hydraulique.

DBO5 : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

Ca²⁺ : Calcium.

C° : degré Celsius.

°F : Degré Français.

Méq : milliéquivalent.

Mg : Milligramme.

Mg²⁺ : Magnésium.

ms/cm : Millisimence par centimètre.

NH₄⁺ : ammonium.

NO₂⁻ : nitrite.

NO₃⁻ : nitrate.

NTU : Néphélométrie Turbidité Unité.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PE : Prise d'Essai.

ph : Potentiel d'hydrogène.

SO₄²⁻ : sulfate.

UFC : Unité Formant Colonie.

ADE : Algérienne Des Eaux

JORA : Journal Officielle De La République Algériennes

MES : Matière En Suspension

CE : Conductivité

RESUME

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement ; l'objectif de ce travail, est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des deux barrages Ghrib et Bouroumi.

Des paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité, oxygène dissous, chlorures, alcalinité, dureté, sulfates) ont été suivis durant quatre mois allant de Février jusqu'au Mai. La qualité bactériologique (coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux) a été également contrôlée de ces deux barrages.

Les résultats des paramètres physico-chimiques des eaux prélevées au niveau des deux barrages Ghrib et Bouroumi divergent selon les normes JORA,2011, Une température inférieure à 25°C , Une CE généralement élevée pour le barrage Ghrib varient entre (2283.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2490 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Des taux importants du résidu sec varient entre (719 mg/l et 1699mg/l), Des MES révélant une pollution organique marquée par de fortes charges organiques et minérales sauf pour le sulfate les valeurs enregistrées(de l'ordre de 536 mg. L⁻¹). au niveau du barrage Ghrib sont supérieurs à la norme guide(VG=400 mg/l)de la normes algériennes.

les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux sont enregistrée avec des faibles charges durant toute la période de prélèvement au niveau des deux barrages allons de 0 à 2200 UFC , ces valeurs ne dépassent pas le seuil des normes adoptées par JORA.2011.

Les résultats de l'étude physico-chimique montre la moyenne qualité de l'eau de ces barrages. Par contre l'étude bactériologique révèle une bonne qualité des deux barrages.

Néanmoins, On recommande de poursuivre la surveillance et de préserver la qualité physico-chimique et bactériologique de cette eau.

Mots clés: Eau de surface, Barrage, comparaison, Qualité, Paramètres physico-chimiques, Bactériologie.

ABSTRACT

Water is a limited and vulnerable resource, indispensable for life, development and the environment; The objective of this work is to evaluate the physico-chemical and bacteriological quality of the water of the two dams Ghrib and Bouroumi.

Physico-chemical parameters (temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, chlorides, alkalinity, hardness, sulphates) were monitored for four months from February to May. Bacteriological quality (total coliforms, faecal coliforms, *Escherichia coli* and faecal streptococci) were also monitored from these two dams.

The results of the physicochemical parameters of the water sampled at the level of the two dams Ghrib and Bouroumi diverge according to the norms JORA, 2011, A temperature lower than 25 ° C, A CE generally high for the dam Ghrib vary between (2283.25 $\mu\text{S} / \text{cm}$ and 2490 $\mu\text{S} / \text{cm}$), significant levels of the dry residue vary between (719 mg / l and 1699mg / l), MES revealing an organic pollution marked by high organic and inorganic loads. As for sulphate the values recorded (of the order of 536 mg L⁻¹). at the Ghrib dam are higher than the guide standard (VG = 400 mg / l) of the Algerian standards.

total and faecal coliforms as well as faecal streptococci are recorded at low loads throughout the sampling period at the two dams ranging from 0 to 2200 CFU, these values do not exceed the threshold of the standards adopted by JORA.2011.

The results of the physicochemical study show the average water quality of these dams. On the other hand, the bacteriological study reveals a good quality of the two dams.

Nevertheless, it is recommended to continue monitoring and preserve the physicochemical and bacteriological quality of this water.

Keywords:

Surface water, dam, comparison, quality, physicochemical parameters, bacteriology

ملخص

المياه مورد محدود وضعيف لا غنى عنه للحياة والتنمية والبيئة ؛ الهدف من هذا العمل هو تقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه السدين غريب وبورومي

تم رصد المعلمات الفيزيائية و الكيميائية (درجة الحرارة ، ودرجة الحموضة ، والموصلية ، والأكسجين المذاب ، والكلوريدات ، والقلوية ، والصلابة ، والكبريتات) لمدة أربعة أشهر من فبراير إلى مايو. كما تم رصد نوعية البكتريولوجية (القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية ، الإشريكية القولونية والمكورات العقدية البرازية) من هذين السدين

تختلف نتائج المعايير الفيزيائية و الكيميائية للمياه التي تم أخذ عينات منها عند السدين غريب وبورومي وفقاً لمعايير الجريدة الرسمية μS للجمهورية الجزائرية (درجة حرارة أقل من 25 درجة مئوية، تتراوح الموصلية العالية عموماً لسد الغريب بين (2283.25 $\mu S / cm$ و 2490 $\mu S / cm$)

باستثناء الكبريتات القيم المسجلة بخمس مئة و ستة وثلاثون ملغم / لتر في سد غريب أعلى من المعايير الإرشادية قيمة الدليل تساوي اربعة مئة ملغم / لتر من المعايير الجزائرية

يتم تسجيل القولونيات الكلية والبرازية وكذلك بكتريا العقديات البرازية بنتائج منخفضة خلال فترة أخذ العينات عند السدين ، وهذه القيم لا تتجاوز عتبة المعايير المعتمدة من قبل الجريدة الرسمية للجمهورية الجزائرية

تظهر نتائج الدراسة الفيزيائية و الكيميائية متوسط جودة مياه هذه السدود.و من ناحية أخرى تكشف الدراسة البكتريولوجية عن نوعية جيدة للسدين

كلمات البحث

المياه السطحية ، السد ، المقارنة ، الجودة ، العوامل الفيزيائية ، علم الجراثيم

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : coupe schématique d'un barrage (Mémento technique de l'eau Dégrèvement 1984 ,9 e édition Tome 1).	5
Figure 2 : Cycle naturel de l'azote (Richard, 1995).	19
Figure 3 : Photos satellite du barrage Ghrib.	23
Figure 4 : Situation géographique du barrage Ghrib (vue aérienne: Google Earth, 2015).	23
Figure 5 : Photo réelle du barrage Ghrib.	24
Figure 6 : Photo réelle du barrage Bouroumi.	25
Figure 7 : Image du barrage Bouroumi, Alsat -2A, (ASAL 2015).	26
Figure 8 : Situation géographique du barrage Bouroumi (ANRH ,2013).	26
Figure 9 : Matériels d'échantillonnage.	27
Figure 10 : Matériel de conservation des échantillons.	28
Figure 11 : Schéma directeur(Les analyses bactériologique et physico-chimique des eaux brutes)	29
Figure 12 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau brute.	35
Figure 13 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau brute.	37
Figure 14 : Variation de température en fonction de la date de prélèvement.	39
Figure 15 : Variation du pH en fonction de la date de prélèvement .	40
Figure 16 : Variation mensuelle de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	41
Figure 17 : Variation de turbidité en fonction de la période d'analyse.	43
Figure 18 : Variation mensuelle des bicarbonates (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	44

Figure 19 : Variation mensuelle des TAC (°F) de l'eau des barrage Ghrib et Bouroumi.	45
Figure20 : Variation mensuelle du résidu sec (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi .	46
Figure 21: Variation mensuelle du calcium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	47
Figure 22: Variation mensuelle du magnésium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	48
Figure 23: Variation mensuelle de la dureté totale (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	49
Figure 24: Variation mensuelle du sodium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	50
Figure 25: Variation mensuelle du potassium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	51
Figure 26: Variation mensuelle des sulfates (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	52
Figure 27: Variation mensuelle des chlorures (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	53
Figure 28: Variation mensuelle de la DCO (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	54
Figure 29: Variation mensuelle de l'oxygène dissous (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	55
Figure 30: Variation mensuelle de la DBO ₅ (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	56
Figure 31: Variation mensuelle de la matière organique (mg/l) d'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	58
Figure 32: Variation mensuelle des teneurs en ammonium (NH ₄ ⁺)(mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	59

Figure33: Variations spatio-temporelles des teneurs en NO_2^- (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	60
Figure 34: Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates (NO_3^-) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.	61
Figure 35: Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphates (PO_4^{-3}) des eaux des barrages Ghrib et Bouroumi	62
Figure36: Variation mensuelle de la silice (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi	64
Figure37: Projection des paramètres physiques de deux barrages Ghrib et Bouroumi sur les deux axes de l'ACP	71
Figure38: Étude de la corrélation entre les paramètres physique de deux barrages Ghrib et Bouroumi .	72
Figure39: Effet des différents paramètres physico-chimiques sur la qualité de l'eau de deux barrage Ghrib et Bouroumi	74
Figure40: Effet des différents paramètres physico-chimiques sur la qualité de l'eau de deux barrage Ghrib et Bouroumi .	77
Figure 41: Étude comparée des paramètres physico-chimique et bactériologique de la qualité de deux barrages Ghrib et Bouroumi.	79

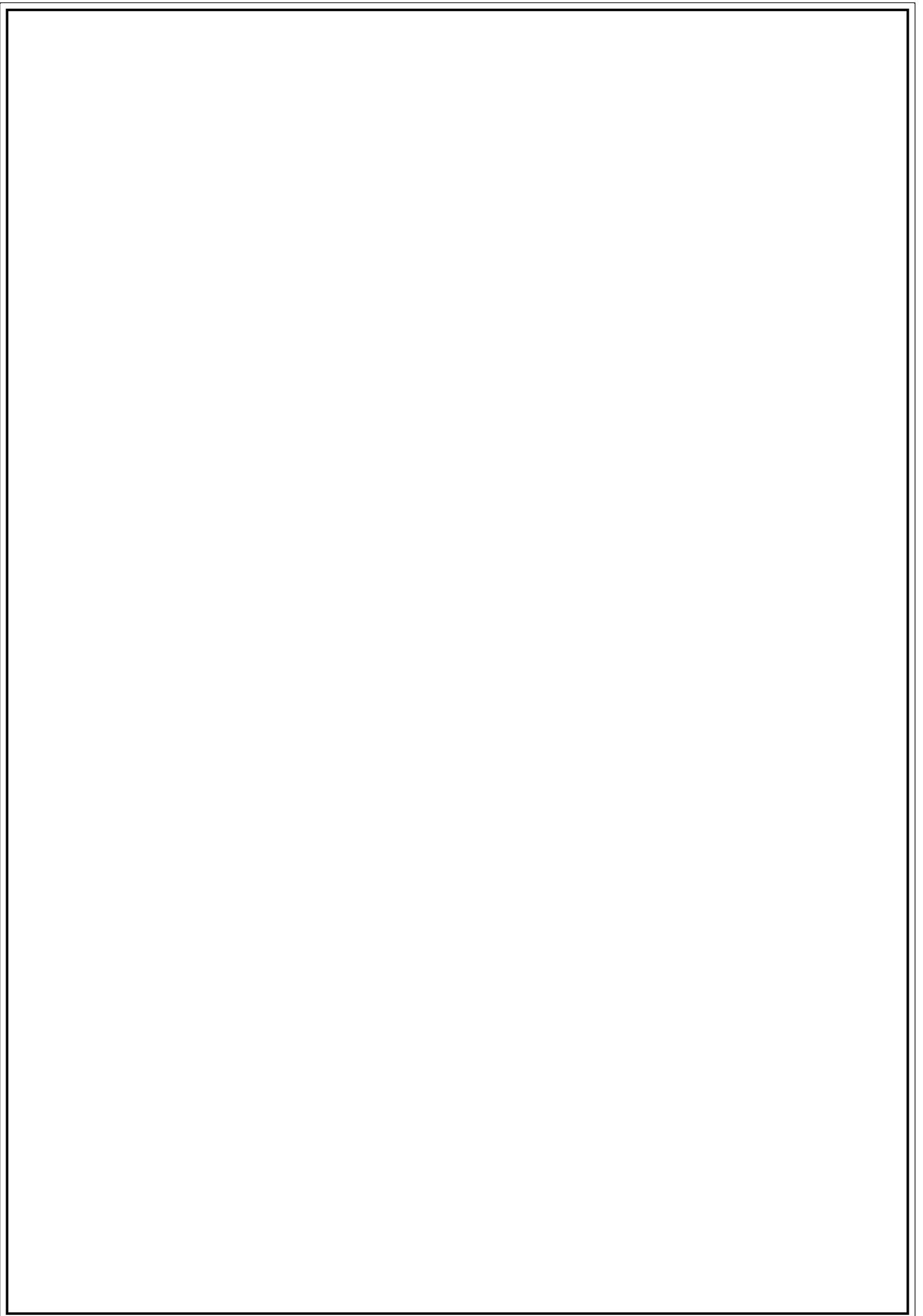
SOMMAIRE

Introduction générale	1
Chapitre I : Généralité sur les eaux de surface	
I. Généralité sur les eaux de surface.	3
I. 1.Eaux de surface.	3
I .2.Origine des eaux de surface.	3
I. 3.Catégorie des eaux de surface.	3
I.4. Différents usages du barrage.	5
I.5. Impacts d'un barrage sur la Biodiversité	6
I.5.1. Conséquences néfastes d'un barrage sur la biodiversité	6
I.5.2. Conséquences avantageuses d'un barrage sur la biodiversité	7
I.6. Caractéristiques générales des eaux de surfaces	7
I.7.Potabilité des eaux de surface.	9
I.8.Paramètres physiques et chimiques des eaux.	9
I.8.1.Paramètres organoleptiques.	9
I.8.2.Paramètres physico-chimiques.	10
I.9.Paramètres de pollution.	15
I.10. Paramètres toxiques	19
I.11. Paramètres bactériologiques	20
Chapitre II : Matériels et Méthodes	
II.1. L'objectif de l'étude.	21
II.2.Calendrier des prélèvements	22
II.3. Présentation du barrage Ghrib.	22
II.3.1. Situation géographique.	22
II.4. Présentation du barrage Bouroumi	25
II.4.1. Situation géographique	25
II.5. Echantillonnage et mode de prélèvement.	27

II.5.1. Conservation et transport des échantillons	28
II.6. Méthode d'analyse de l'eau.	30
II.6.1. Méthode d'analyse des paramètres physico-chimiques.	30
II.6.2. Méthodes d'analyse des paramètres de la pollution.	31
II.6.3. Différentes formes d'azote.	32
II.6.4. Analyses bactériologiques	33
II.7. Analyses statistiques	37
II.7.1 Diagramme de ternaire (PAST vers. 1. 37)	38
II.7.2 L'analyse de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)	38
II.7.3 Analyse multivariante PAST vers 1,95 (Hammer <i>et al.</i> , 2001)	38

Chapitre III : Résultats et Discussion.

III.1. 1 Résultats des analyses physico-chimiques	39
III.1.2 Résultats des analyses bactériologique	64
III.2 Modulation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de barrage Ghrib et bouroumi	70
III.3 Valorisation de l'effet physico-chimique sur la qualité de l'eau du barrage bouroumi et Ghrib	73
III.4 Comparaison quantitative des paramètres physico-chimique et bactériologique de la qualité de l'eau de barrage Ghrib et Bouroumi	78
III.5. Grille de la classification de l'eau des deux barrages Ghrib et Bouroumi	80
Conclusion Générale	
Référence bibliographique	
Annexes	



L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. Il s'agit d'un facteur de production déterminant dans le développement durable. Pour ces raisons l'homme a appris à maîtriser l'eau, toutefois il la rend impropre et polluée ce qui constitue une véritable menace pour la vie. En effet sa santé est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. De ce fait on s'inquiète de sa qualité et de ses caractéristiques physico –chimique (Barkat.,201 6).

En Algérie, en raison de la croissance incessante des besoins en eau douce qui dépassent les ressources naturelles conventionnelles, la mobilisation des eaux superficielles reste l'une des préoccupations capitales des pouvoirs publics. En effet un programme de construction de barrage a été lancé dès les années 80. Cependant la qualité des eaux est extrêmement variable et dépend de différents facteurs. Raison pour laquelle l'Agence National des Bassin versant a établi en 2009 une grille de classification de la qualité des eaux superficielles(Barkat.,2016).

Les barrages comptent parmi les plus anciennes constructions humaines. A toutes époques l'eau a été un des éléments les plus précieux et dans de nombreux pays défavorisés par l'irrégularité des pluies, l'accumulation des eaux pour l'irrigation a été une impérieuse nécessité. Avec la sédentarisation des peuples et l'urbanisation toujours plus concentrée, les problèmes d'alimentation en eau des agglomérations sont devenus plus importants et la création des réservoirs au moyen de barrages a apporté une solution à ces problèmes. La création d'un barrage entraîne des bouleversements importants de l'environnement notamment sur la diversité des peuplements de poissons(Barkat.,201 6).

Les barrages sont des outils de développement économique, ils sont donc souvent implantés dans des régions à forte densité de population où les rivières ont un intérêt crucial. La question de leurs impacts sur l'écosystème est donc majeure (Barkat.,201 6).

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'une étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage Ghrib et Bouroumi, ce qui permettra de dégager le degré de contamination de ces eaux par les divers polluants qui l'affectent et de pouvoir classer ces eaux de barrage selon une grille de classification utilisée par l'ANRH.

L'objectif de notre travail est l'étude comparative des paramètres physico-chimiques bactériologiques de l'eau du barrage Ghrib et Bouroumi durant quatre mois d'investigation du 01/02/ 2018 au 30/05/ 2018.

donc ce travail permet de prévenir et de résoudre, au niveau du champ du cultivateur les problèmes relatifs à la qualité de ces eaux d'alimentation, en présentant une analyse préventive des problèmes pédologiques et agronomiques potentiels (salinité, perméabilité, toxicité etc.). Il s'inscrit notre travail dont les objectifs principaux sont :

1/ Une caractérisation physico-chimique et bactériologique d'eau du barrage de Ghrib et de Bouroumi, d'apporter une analyse des différents paramètres étudiés ;

2/ Une identification des différents facteurs de risques pouvant porter atteinte à la qualité de ces eaux selon la grille utilisée au niveau de l'A.N.R.H ;

3/ Une évaluation de la qualité de ces eaux en référence aux normes de potabilité .

Les différentes parties de ce mémoire sont présentés comme suit :

- Une synthèse bibliographique relative à la qualité des eaux superficielles.
- Le deuxième chapitre est consacré à la description du matériel et méthodes rappelant les techniques d'analyses mises en œuvre.
- Les résultats et leurs interprétations font l'objet du troisième chapitre.

CHAPITRE I

I. Généralité sur les eaux de surface

I.1. Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface du continent elles sont exposées à toute sorte de pollution que nous pouvons imaginer. Ce sont donc des eaux polluées. Elles contiennent des matières en suspension des micro-organismes provenant du sol, des déchets domestiques et industriels (Degérmont ,2005)

I.2. Origine des eaux de surface

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisée par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrage) caractérisés par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (Degérmont ,2005)

I.3. Catégorie des eaux de surface

Les eaux de surface peuvent être réparties en trois catégories : les eaux des rivières (parties amont et aval) et les eaux des lacs, et l'eau de barrage que nous détaillons ci-dessous (Raymond Des jardins,1997)

I.3.1. Les eaux de rivière (partie amont)

Dans la partie amont d'un cours d'eau, la population est peu dense, et la forêt et les terres cultivées couvrent une bonne proportion de la région. Les eaux, dont le régime d'écoulement est turbulent, sont bien souvent turbides, étant donné qu'elles transportent de grandes quantités de matières en suspension. L'indice de couleur est faible ainsi que la contamination bactérienne. La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante (Raymond Des jardins, 1997).

I.3.2. Les eaux de rivière (partie Aval)

Dans la partie aval d'un cours d'eau, la population est plus dense, les terres sont cultivées et des industries sont implantées. Les eaux y sont donc de moins bonne qualité et plus difficile à traiter qu'en amont (Raymond Des jardins, 1997).

I.3.3. Les eaux de lac

Un lac peut être considéré comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue, ce qui a pour effet :

- La réduction de la turbidité des eaux, mais aussi la concentration des bactéries et des virus pathogènes dans ces eaux, grâce à l'effet combiné de la sédimentation et des longs séjours de l'eau dans les lacs.

- L'accroissement de la concentration de certains sels nutritifs comme le phosphore et l'azote, ce qui provoque l'eutrophisation de ces lacs [N₂] (Degérmont ,2005)

I.3.4.Eau de barrage

Même le mot « barrage » mérite qu'on s'y arrête. La définition du Petit Larousse définit le mot barrage comme un ouvrage artificiel barrant un cours d'eau. Le caractère artificiel de l'ouvrage permet d'exclure les barrages naturels qui peuvent parfois se former par exemple derrière une moraine glacière ou qui peut se créer après un effondrement d'un pan de montagne venant obstruer une vallée.

La surface des barrages est en contact avec l'atmosphère et possède une température sensiblement identique. Les parties les plus profondes sont occupées par de l'eau à une densité supérieure à celle de surface. Cette densité peut atteindre le maximum au fond, pour une température de 4°C. Si l'on effectue des mesures de température en fonction de la profondeur, on trouve :

- Une zone où la température décroît faiblement
- Une zone dite de saut thermique où la température baisse rapidement en quelques mètres

- Une zone profonde dans laquelle la température décroît plus lentement et atteint 4°C si le barrage est assez profond (Dégréement 1984.)

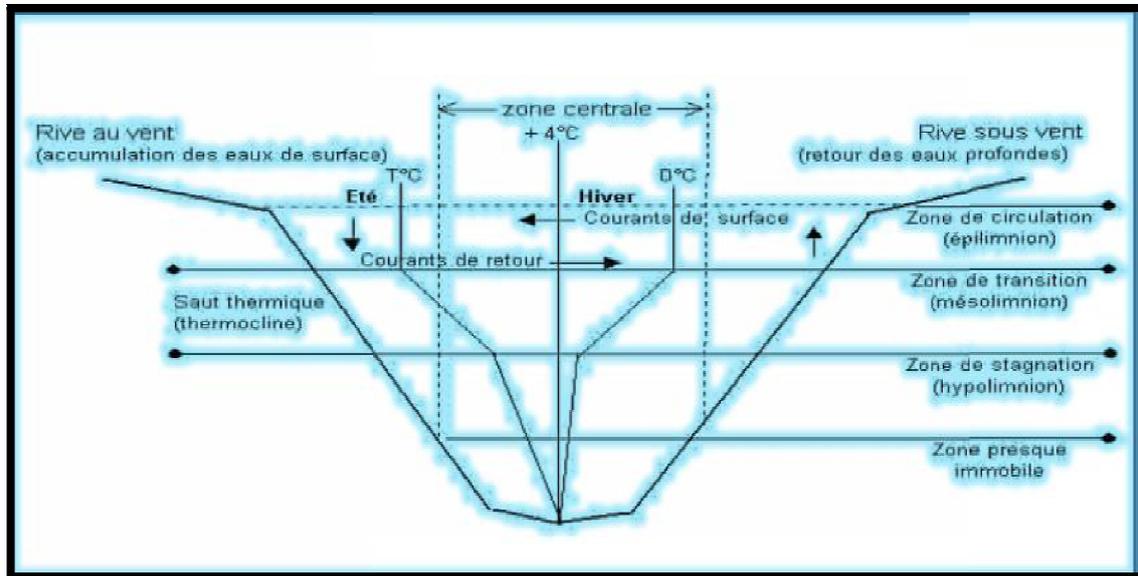


Figure 1 : coupe schématique d'un barrage (Dégréement 1984.)

Ceci permet aussi d'associer à chaque barrage un constructeur, propriétaire et donc des responsabilités vis-à-vis de risques de toutes natures que peuvent générer les barrages.

Des usages variables : eau potable, irrigation, production hydroélectrique, navigation, écrêtage de crues, loisirs (Anonyme,2017)

I.4. Les différents usages du barrage

I.4.1 Irrigation

Il s'agit de l'une des utilisations les plus anciennes des barrages. Près de la moitié des constructions de barrages dans le monde sont faites dans ce but. Le barrage peut permettre une dérivation de l'eau. Elle consiste à dévier une partie des cours d'eau jusqu'aux terrains cultivés ou bien un stockage de l'eau pour constituer des réserves en vue des saisons sèche (Le DELLIU,2008).

I.4.2. Création d'énergie

On peut utiliser la force de l'eau pour créer de l'énergie. Ce type d'exploitation est

connu depuis longtemps, puisque les moulins fonctionnaient sur ce principe. Il s'agissait d'énergie hydromécanique. Après l'invention de l'électricité, les premiers barrages hydroélectriques furent construits (Le DELLIOU,2008).

I.4.3. Lutte contre les crues

Par le stockage temporaire de l'eau et le contrôle des débits, les barrages permettent de limiter efficacement les dégâts dus aux crues(Le DELLIOU,2008).

I.4.4. Eau potable

L'alimentation en eau potable est une des plus grandes conquêtes auxquelles aient contribué les barrages. Ils permettent de régulariser et de sécuriser l'alimentation des villes en eau potable. L'utilisation des barrages pour l'alimentation en eau est d'autant plus nécessaire que les nappes souterraines, surexploitées, ne peuvent plus subvenir à elles Seules aux besoins(Le DELLIOU,2008).

I.4.5 Autres usages

Les barrages servent aussi aux loisirs (tourisme), à l'aquaculture et ainsi qu'aux activités sportives (sports nautiques).

I.5. Les Impacts d'un barrage sur la Biodiversité

I.5.1. Les Conséquences néfastes d'un barrage sur la biodiversité

Certains barrages forment un lac de retenue qui est un frein à la biodiversité et à la migration d'espèces aquatiques, on parle alors de fragmentation écologique. C'est pour cela que certains pays ont installé des échelles à poissons, dispositifs qui permettent aux poissons de se reposer suite à un passage ayant demandé un gros effort lors de la remontée du cours d'eau. Cette méthode est cependant assez onéreuse surtout lorsque qu'il y a un enchaînement de barrages. C'est donc pourquoi le transport de poissons en camion est souvent plus efficace et moins coûteux. De plus, la disparition des courants en amont, et la très forte diminution du débit en aval, provoquent généralement la disparition de certaines espèces qu'elles soient végétales ou animales (Anonyme ,2013)

Bien que cela arrive assez rarement, le risque d'une catastrophe est toujours présent dans le domaine des barrages. En effet il arrive parfois que des barrages se brisent,

déversant ainsi des quantités incalculables d'eau pouvant provoquer des inondations sur des dizaines de kilomètres et des morts animales, végétales voire parfois humaines. Comble des impacts négatifs, l'énergie hydroélectrique polluerait. En effet, de récentes études, approuvées par la Commission Mondiale des Barrages, ont montré que les eaux stagnantes des barrages rejettent des gaz à effet de serre. Cependant, ces rejets sont faibles dans les pays tempérés mais bien plus importants dans les pays chauds où les rejets peuvent dépasser ceux d'une centrale à charbon de puissance équivalente. Ces rejets seraient dus au pourrissement de la végétation inondée, principalement composés de méthane et de CO² (Anonyme ,2013).

I.5.2. Les conséquences avantageuses d'un barrage sur la biodiversité

- L'énergie produite par l'exploitation de l'eau des barrages hydroélectriques est tout d'abord renouvelable. En effet, elle est produite par le cycle continu de l'eau qui est un phénomène naturel. L'énergie produite par la force de l'eau est principalement convertie en énergie mécanique, puis électrique.

- Les barrages, en créant des retenues d'eau, permettent l'irrigation et la possibilité de puiser dans les réserves en cas de sécheresse, ce qui permet notamment aux insectes et aux végétaux subir moins de dégâts. Les crues peuvent aussi être bénéfiques; en particulier sur les bords du Nil où les crues sont nécessaires.

- Un lac de barrage peut aussi favoriser la reproduction de certaines espèces aquatiques ou bien être espaces d'accueil des oiseaux migrateurs.

Grâce aux connaissances actuelles, on peut créer des barrages plus protecteurs de la nature (Anonyme ,2013).

I.6. Caractéristiques générales des eaux de surfaces

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. En revanche, sa teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique) dépend des échanges à l'interface eau- atmosphère et de l'activité métabolique des organismes aquatiques au sein de l'eau (Raymond Des jardins,1997).

Le tableau II.1 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines. Il faut noter :

- la présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène ;
- une concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes. Ces matières en suspension sont très diverses, allant des particules colloïdales aux éléments figurés entraînés par les rivières en cas d'augmentation importante du débit. Dans le cas des eaux de barrage, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers : la turbidité résiduelle est alors faible et colloïdale ;
- la présence de matières organiques d'origine naturelle provenant du métabolisme, puis de la décomposition post mortem des organismes végétaux ou animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière ;
- la présence de plancton : les eaux de surface sont parfois le siège d'un développement important de phytoplancton (algues...) et de zooplancton, surtout dans les cas d'eutrophisation. Certains de ces organismes peuvent sécréter des produits sapides et odorants ou des toxines ;
- des variations journalières (différence de température, d'ensoleillement) ou saisonnières : variations climatiques (température, précipitations, fonte des neiges), de végétation (chute des feuilles). Elles peuvent être aléatoires : pluies soudaines, orages, pollutions accidentelles.

Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, pH, O₂, Fe, Mn, oxydabilité, plancton). Le profil de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de stratification ou de circulation des couches d'eau suivant les saisons.

Tableau I : Les caractéristiques des eaux de surface (Degrémont,2005)

Caractéristiques	Eaux de surface
Température	Variable selon les saisons.
Turbidité, MES (vraie ou colloïdale)	Variable, parfois élevées.
Couleur	Liée surtout aux MES (argile, algue..) sauf dans les eaux très douce ou acide (acide humique)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des rejets, des précipitations.
Fer et manganèse à l'état dissous	Généralement absents sauf en profondeur

	des pièces d'eau en état d'eutrophisation.
CO ₂ agressif	Généralement absent
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées
H ₂ S	Généralement absent.
NH ₄ ⁺	Présent dans les eaux polluées.
Nitrate	Peau abondant en générale
Micropolluants minéraux et organiques	Présent dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source.
Eléments vivants	Bactéries (dont certains pathogène), virus, plancton (animal et végétal).
Solvants chlorés	Rarement présent.
Caractère eutrophe	Fréquent accentué par les températures élevées.

I.7. Potabilité des eaux de surface

Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement et sont toujours plus ou moins polluées par divers rejets :

- D'origine urbaine : les rejets provenant de la collecte des eaux résiduares urbaines, même après leur traitement en station d'épuration ;
- D'origine industrielle : polluants et micropolluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniacque, produits toxiques),
- D'origine agricole : engrais et produits pesticides (herbicides, insecticides, fongicides), entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement ; dans les zones d'élevage intensif, rejets riches en composés de l'azote et du phosphore ainsi qu'en pollution organique, Pollution bactériologique d'origines humaine et animale (Degrémont, 2005).

I.8. Paramètres physiques et chimiques des eaux

I.8.1. Paramètres organoleptiques

I.8.1.1. Couleur

Paramètre traduisant une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut :

Avoir une origine naturelle (présence de fer et de manganèse dans les eaux profondes, de substances humiques dans les eaux de surface) (Mokeddem & Ouddane, 2005).

Être une des conséquences du phénomène d'eutrophisation (développement excessif d'algues et de plancton) des lacs, étangs, barrages,...etc.

Avoir une origine industrielle chimique (colorants des tanneries et de l'industrie textile d'impression et teintures) (Mokeddem & Ouddane, 2005).

I.8.1.2. Goût et Odeurs

Ces deux paramètres sont regroupés et font appel aux mêmes types de traitement (adsorption, oxydation, filtration...). La saveur et l'odeur anormales sont causées par la présence dans l'eau des matières organiques dissoutes provenant de la décomposition des matières organiques végétales, de résidus agricoles, de rejets urbains ou industriels et les métabolites de certaines micro-organismes vivant dans l'eau comme certains algues ou champignons microscopiques, et aussi certains sels minéraux donnent des goûts particulier a l'eau (Beaudry, 1984).

I.8.2. Paramètres physico-chimiques

I.8.2.1. Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (MEBARKI, 2005).

Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit ; hypothermies, hyperthermies (Mokeddem & Ouddane, 2005).

I.8.2.2. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...) , elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs.

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Degremont, 2005).

I.8.2.3. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de 1 cm² et distantes l'une de l'autre de 1 cm (Rodier, 1997)

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 (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na), le potassium (K⁺), le bicarbonate (HCO₃⁻), le sulfate (SO₄²⁻) et le chlorure (Cl⁻), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Jean-Claude, 1983).

Tableau II Classes des eaux potables en fonction de leur conductivité (µs/cm) (HADE., 2002).

Conductivité	Minéralisation	Qualité de l'eau
<100	Très faible	Excellente
100<c<200	Faible	Excellente
200<c<400	Peu accentuée	Excellente
400<c<600	Moyenne	Bonne
600<c<1000	Importante	Utilisable
c>1000	Excessive	Utilisable

I.8.2.4. L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau est fortement liée à sa dureté et donc à son caractère corrosif et à sa capacité d'entartrage des canalisations mesure l'ensemble des anions suivants : OH⁻, CO₃²⁻ et HCO₃⁻

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. D'autres sels d'acides faibles peuvent aussi être dosés et interfèrent dans la mesure : acides humiques, phosphates, citrates,

tartrate. Deux titres qui sont le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). L'unité utilisée est le degré français ($1^{\circ}f = 10 \text{ mg. l}^{-1} \text{ de CaCO}_3 = 0,2$ milliéquivalent. l^{-1}) (Rodier, 2009) .

En chimie des eaux ont défini deux titres alcalimétriques :

TA (Titre alcalimétrique simple) = $(\text{OH}^-) + \frac{1}{2} (\text{CO}_3^{2-})$.

TAC (Titre alcalimétrique complet) = $(\text{OH}^-) + (\text{CO}_3^{2-})$.

Toutefois, la présence d'anhydride carbonique donne une saveur agréable à l'eau et ne présente aucun inconvénient pour la santé. Par ailleurs, il n'existe pas de normes relatives à l'alcalinité (Rodier, 1984).

I.8.2.5. Le potentiel d'hydrogène pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (Abdeselem., 1999) .

I.8.2.6. La 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.

La minéralisation des nappes d'eau souterraine dépend tout d'abord des roches traversées. Il y a bien sûr des variations saisonnières et d'une année sur l'autre (Bonnin., 1982)

Les eaux souterraines profondes ont une minéralisation plus stable dans le temps et plus importante que les eaux peu profondes.

I.8.2.7. Calcium et magnésium

Le calcium Ca^{2+} et le magnésium Mg^{2+} sont présents dans les roches cristallines et les roches sédimentaires. Ils sont très solubles et sont donc largement représentés dans la

plupart des eaux. L'altération des roches cristallines libère du calcium et du magnésium, mais en quantité moindre que certaines roches sédimentaires carbonatées .

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure...etc. (Berne & Jean, 1991).

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature. Il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Il est un élément indispensable pour la croissance. Il intervient comme élément plastique dans l'os et comme élément dynamique dans les systèmes enzymatique et hormonaux. Le magnésium constitue un élément significatif de dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau potable (Rodier. ,1996) .

I.8.2.8. Sodium et potassium

Le sodium est un élément dont la concentration dans l'eau varie d'une région à une autre. Il n'existe pas de danger dans l'absorption des quantités relativement importantes de sodium sauf pour les malades hypertendus.

Pour les doses admissibles de sodium dans l'eau. Il faut qu'il ne dépasse pas 200 mg/l. cependant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable(Tardat Henry .,1992) .

La teneur en potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l. A cette concentration, le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus. Le seuil de perception gustative est variable suivant le consommateur, se situe aux environs de 340 mg/l pour les chlorures de potassium (Rodier. ,1996) .

I.8.2.9. Matière organique

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration.

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieur à 1 mg/l (Berne & Jean, 1991).

Selon la classification de « Rodier » :

- Une eau est très pure pour des valeurs inférieures à 1 mg/l.
- Une eau est dite potable pour des valeurs comprises entre 1 et 2 mg/l.
- Une eau est suspecte pour des valeurs comprises entre 2 et 4 mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des valeurs supérieures à 4 mg/l.

I.8.2.10. Silice

Les diatomées élaborent leur squelette à partir de la silice. C'est donc un facteur essentiel pour les organismes, d'une façon générale, on admet que l'eau doit contenir 30 à 40 mg/l de silice pour permettre la croissance des diatomées (Berné & Cordonnier, 1991).

Dans les eaux superficielles elle est présente sous forme d'acide silicique peu ionisé H_2SiO_3 à des concentrations de 5 à 30 mg/l suivant les sols. Le dosage peut être effectué par spectrophotométrie d'émission de flamme ou par colorimétrie au molybdate d'ammonium (Berné & Cordonnier, 1991).

Dans certaines rivières ou même des forages, une fraction de la silice n'est pas dissoute mais colloïde et extrêmement dispersée. Elle peut échapper à la floculation et migrer à travers les échangeurs d'ions. Des fractions supérieures à 1 à 2 mg/l sont néanmoins très rares (Berné & Cordonnier, 1991).

I.8.2.11. La dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium 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 (Guilbert., 2000) .

Une eau à titre hydrotimétrique élevée est dite « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une « douce » (Rodier., 1996)

Tableau III : Classement de l'eau selon la dureté.(Rodier.,1996)

Degré (°F)	Qualité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 25	Eau moyennement dure
25 à 50	Eau dure
>50	Eau très dure

I.9. Paramètres de pollution

I.9.1.Demande biologique en oxygène(DBO)

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de la DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution. La dégradation complète de la matière organique peut être relativement longue (plusieurs semaines).

D'autre part, l'oxydation des dérivées ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe également de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on mesure la DBO en 5 jours, ou DBO_5 , s'est-il dire la quantité d'oxygène consommée pendant ce laps de temps, pour l'oxydation partielle des matières organiques biodégradables sous l'action des microorganismes ; elle s'exprime en milligrammes d'oxygène par litre ($mg O_2/l$) (Beaudry & Henry, 1984 ; Degremont, 2005 ; Marcel, 1995) .

L'analyse de la DBO_5 est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes.

Tableau IV : Qualité de l'eau en fonction de la DBO₅ (Bremond et Vuichard, 1973).

DBO5 (mg/l d'O₂)	Qualification de l'eau
<1	Excellente qualité
2	Bonne qualité
3	Qualité moyenne
5	Eau moyennement pollué
>10	Eau pollué

I.9.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est une mesure de toutes les matières organiques (ou presque) contenues dans les eaux naturelles ou usées, qu'elles soient biodégradables ou non biodégradables (Lounnas, 2009).

L'oxydation est effectuée ici dans des conditions énergiques, par voie chimique. Elle se fait sous l'action d'un oxydant puissant (bichromate e de potassium), en milieu acide fort (H₂SO₄) et au reflux pendant deux heures (Lounnas. ,2009) .

La DCO constitue donc un paramètre important. C'est un test rapide, très utile pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels (surtout ceux à caractère toxique qui se prête mal aux mesures de DCO, exprimée, elle aussi en mg/ l d'oxygène, diffère de celle de la DBO. Elle est généralement supérieure, surtout pour les eaux usées domestiques, mais il y a souvent un rapport à peu près constant entre les deux (de l'ordre de 1,5 à 2) (Lounnas. ,2009) .

I.9.2.1. Relation entre la DBO, la DCO et DBO₅

a. Rapport DCO/DBO₅

➤ La valeur du rapport **DCO/ DBO₅** indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent (**SUSCHKA ET FERREIRA, 1986**). La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux [SEAL] :

-Si $DCO/DBO_5 \leq 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable

-Si $1,5 < DCO/DBO_5 < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

-Si $2,5 < DCO/DBO_5 < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

-Si $DCO/DBO_5 > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

b. Rapport DCO/DBO

-Considérons en premier lieu un composé totalement biodégradable dans ce cas

$DCO/DBO \approx 0.9$

-Dans le cas où le composé ne serait pas biodégradable **$DCO/DBO \approx 0$**

-Et pour le composé partiellement biodégradable **$DCO/DBO \approx 0.2 - 0.4$**

-Si **$DCO/DBO \geq 0,6$** les substances sont dites biodégradables [SEAL].

Pendant le traitement biologique, la diminution du rapport **DBO/DCO** est due au fait que la teneur en matière non dégradable représente une fraction plus importante de la DCO dans l'eau traitée que dans l'eau brute. La valeur de ce rapport pour des eaux domestiques non traitées varie de 0.4 à 0.8 [SEAL].

I.9.3. Les nitrates et nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

Les nitrates NO_3^- présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote (Schuddeboom.,1993).

Les nitrites NO_2^- proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l d'eau) (Boualem.,2009).

Les valeurs limitent recommandées pour les nitrites dans l'eau de boisson, sont de 0,1mg/l pour les pays de l'union européenne et Algérie et des doses inférieures à 1mg/l pour l'OMS (Boualem.,2009).

I.9.3.1. Cycle naturel de l'azote

Les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre 'Nitrosomonas', puis en nitrates par les bactéries du genre 'Nitrobacter'. Les nitrates sont très solubles dans l'eau (INSQ, 2013).

Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : la méthémoglobinémie et le risque de cancer (Belghiti *et al.*, 2013).

I.9.4. L'ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne. Pour les eaux qui ont des pH compris entre 6,5 et 8,5, la plus grande partie de l'azote ammonium se trouve sous forme d'ions d'ammonium NH_4^+ (Rodier *et al.*, 2009).

L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH_3/l . Les réactions avec l'eau sont réversibles en fonction de la température (Rodier *et al.*, 2009).



I.9.5. Phosphore

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.) (Tardat Henry, 1992). En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante (Tardat Henry, 1992).

Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l (Tardat Henry .,1992) .

I.9.5.1. Cycle naturel du phosphore

Son cycle est uniquement sédimentaire, et sa forme minérale naturelle est uniquement celle de ses gisements, le phosphate. Il se trouve donc dans les sols et les sédiments, le terme ultime de son parcours étant la mer. Appartenant tout d'abord dans la biosphère, à savoir dans la végétation et les animaux, il se retrouve dans la putréfaction des corps morts, dans les urines et excréments sous la forme de matière organique (P_2O_5). Ensuite minéralisé dans les sols, il est immobilisé par les bactéries sous la forme d'orthophosphates ($H_2PO_4^-$) (phosphate inorganique) (Tardat Henry .M,1992) .

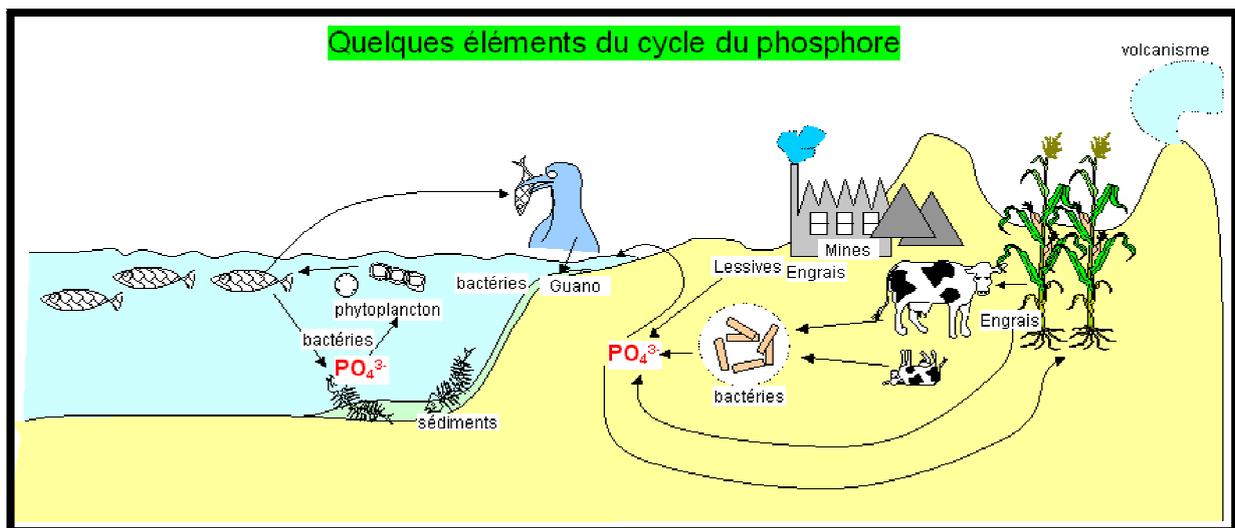


Figure 2 : Cycle naturel du phosphore (Richard, 1995).

I.10. Paramètres toxiques

I.10.1. Les métaux lourds

Le suivi des concentrations en métaux lourds est particulièrement important, vu leur toxicité et leur capacité de bioaccumulation le long des chaînes alimentaires. Contrairement aux polluants organiques, les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement (Hamitouche Moussa et al.,2017).

Les métaux lourds se dissolvent très bien dans une eau acide .Dans des eaux neutres ou basiques, ils précipitent et s'accumulent principalement dans la phase solide, l'analyse de ces solides permet ainsi d'obtenir une vue de l'ensemble des déversements en métaux

lourds qui ont eu lieu. Généralement certains types de pollution. La présence de cuivre et ce nickel, est un signe des rejets provenant d'industries de traitement de surface des métaux. Le chrome dénonce la présence d'une tannerie. Le plomb est lié à des pollutions diffuses (apports dus aux transports routières et à l'existence de sites industriels). Le Zinc est évacué par des industries qui pratiquent la galvanisation ou la préparation d'alliages, tels que le bronze (Hamitouche Moussa et al.,2017).

Il est également libéré lors du contact entre les eaux de ruissèlement et les matériaux galvanisés (toitures métalliques).Le cadmium peut notamment être rejeté par des usines de Galvanoplastie et des industries chimiques et textiles et de teintures (Potelon,1998) .

I.11. Paramètres bactériologiques

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de chercher celles qui sont susceptibles d'être pathogènes ou celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre, en particulier (Rodier *et al.*, 2005):

I.11.1. Les bactéries

I.11.1.1. Les bactéries indicatrice de contamination fécale

• Les coliformes totaux :

Le terme coliforme correspond à des micro-organismes en bâtonnets, non sporogène, à coloration gram négative, aérobies facultatifs. En effet, les coliformes totaux sont présents un peu partout dans la nature, dans les coliformes fécaux : Groupe de bactéries coliformes qui produisent de gaz à partir du lactose en 48 heures et à 44.5°C. Ces micro-organismes appelés aussi « coliformes d'origine fécales » (Lebres *et al.*, 2002). Il est à mentionner qu'*Escherichia coli* est l'espèce le plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques, elle produise de l'indole à partir de tryptophane (Bennofoy *et al.*, 2002). Eaux riches en éléments nutritifs, dans les sols, sur la végétation et sur les animaux (Hade, 2002).

• Les coliformes fécaux :

Groupe de bactéries coliformes qui produisent de gaz à partir du lactose en 48 heures et à 44.5°C. Ces micro-organismes appelés aussi « coliformes d'origine fécales » (Lebres *et al.*, 2002). Il est à mentionner qu'*Escherichia coli* est l'espèce la plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques, elle produit de l'indole à partir de tryptophane (Bennofoy *et al.*, 2002).

• **Les Stréptocoques fécaux**

Les stréptocoques fécaux sont des streptocoques de groupe D présumés : cocci Gram positif regroupés en chaînettes, catalase négative, et possédant l'antigène de groupe D. Les Entérocoques sont très résistants et qui se multiplient sur des milieux hostiles (Bennofoy *et al.*, 2002). Ces derniers sont généralement des groupes à signification fécale (Brousseau *et al.*, 2009).

Chapitre II

MATERIELS ET METHODES

II.1.L'objectif de l'étude

Le but de notre travail est de déterminer la qualité des eaux de barrage Ghrib et Bouroumi et mesurer leur conformité aux normes algériennes du journal officiel au niveau de l'ANRH pour les paramètres physico-chimiques et au niveau de l'ADE pour les paramètres bactériologiques avec des prélèvements suivant:

II.2 Calendrier de prélèvements :

Prélèvement	BARRAGE GHRIB
1	12/02/2018 "12h30"
2	11/03/2018 "11h50"
3	09/04/2018 "10h10"
4	21/05/2018 "15h30"

Pélèvement	Barrabe bouroumi
1	12/02/2018 "10h20"
2	11/03/2018 "10h06"
3	09/04/2018 "12h20"
4	21/05/2018 "13h10"

II.3.Présentation du barrage Ghrib

II.3.1.Situation géographique

Le barrage du Ghrib est situé dans la vallée de Cheliff à 07 Km en amont du centre d'Oued Chorfa, à 45Km de Khemis Miliana, à 30Km au Sud ouest de Médéa et à 150Km à l'ouest d'Alger.

En amont du Ghrib, le Oued Cheliff est régularisé par le barrage de BOUGHZOUL qui est situé à 20Km au sud de Boughari (Médéa) et à 110Km du Ghrib est situé à une longitude de 02°35'1400''E et à une latitude de 36°07'5290'' N (ANRH, 2012) .Il a été construit en 1928 en bordure Nord de la chaine Tellienne, au point au l'Oued Cheliff quitte son orientation Sud –Nord pour prendre la direction Ouest. Mais, ce n'est qu'en 1939 que sa mise en eau a eu lieu. Le barrage Ghrib est situé à une longitude de 02°35'9.37" E et à une latitude de 36°9' 19.06"N (Sellaman et Araba , 2013).



Figure 3. Photos satellite du barrage Ghrib .



Figure 4.situation géographique du barrage Ghrib (vue aérienne: Google Earth, 2015).



Figure. 5 : Photo réelle du barrage Ghrib .

Tableau V: La fiche technique du barrage Ghrib (Sellaman et Araba , 2013).

Date de mise en service	1939
Superficie du bassin versant	2
Apport moyen interannuel du bassin versant	148,50 Hm ³ (PNE) contre 138,40 Hm ³ estimé par l'ABH
La capacité initiale du barrage	280 Hm ³
La capacité estimée du barrage	79,83 Hm ³
Volume régularisé	105,00 Hm ³ /an
Apport réel du barrage	88,56 Hm ³ (période 1990 - 2001)
Taux d'envasement	48 %

L'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume affecté de 55 Hm³ /an. Durant la période 1987-2003, le barrage de Ghrib a fait des lâchés, pour l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff, d'un volume moyen de l'ordre de 33 Hm³/an, soit une superficie irriguée moyenne de l'ordre de 2791 ha. La dotation annuelle en 2017 : 35hm³

Il contribue également à l'alimentation en eau potable, via une adduction de 56 Km linéaire, de deux localités de la wilaya de Ain Defla : Oued Chorfa et Birbouche (à l'arrêt depuis 2003) d'une population de 8722 habitants et huit (08) autres de la wilaya de Médéa dont quatre font partie du bassin Cheliff Zahrez. Il s'agit de : Hannacha, Bouaichoune,

Oued Harbil, Si Mahdjoub et Ouled Deid d'une population totale de 10 720 habitants (2003) et l'unité industrielle SAIDAL, avec un volume de 12Hm³ environ pour la période 1997-2003. Dans le cadre du grand projet de sécurisation de l'AEP d'Alger (SAA), une fraction de 55 Hm³ /an devra être affectée vers le barrage Bouroumi depuis le barrage Ghrib pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Alger. Mais ce transfert se fera progressivement pour atteindre le volume autorisé. Les débuts du transfert de ces eaux datent de la fin 2002. En 2003, un volume de 2,94 Hm³ a été transféré et 3,81 Hm³ en 2004. La dotation annuelle en 2017 : 13 hm³.

II.4.Présentation du barrage Bouroumi

II.4.1.Situation géographique

Le barrage de Bouroumi appelé aussi Al moustakbel est situé dans la Wilaya de Blida à l'Est du village de Bou Madfaa et 15 Km au sud d'El Affroun , sur l'Oued Bouroumi. L'ouvrage est destiné à l'alimentation en eau potable de Hammam Regha et Boumedfaa, à l'irrigation de l'Ouest de la Mitidja et depuis peu au transfert des eaux du barrage Ghrib pour l'alimentation complémentaire d'Alger Sud.



Figure 6: photo réelle du barrage Bouroumi.

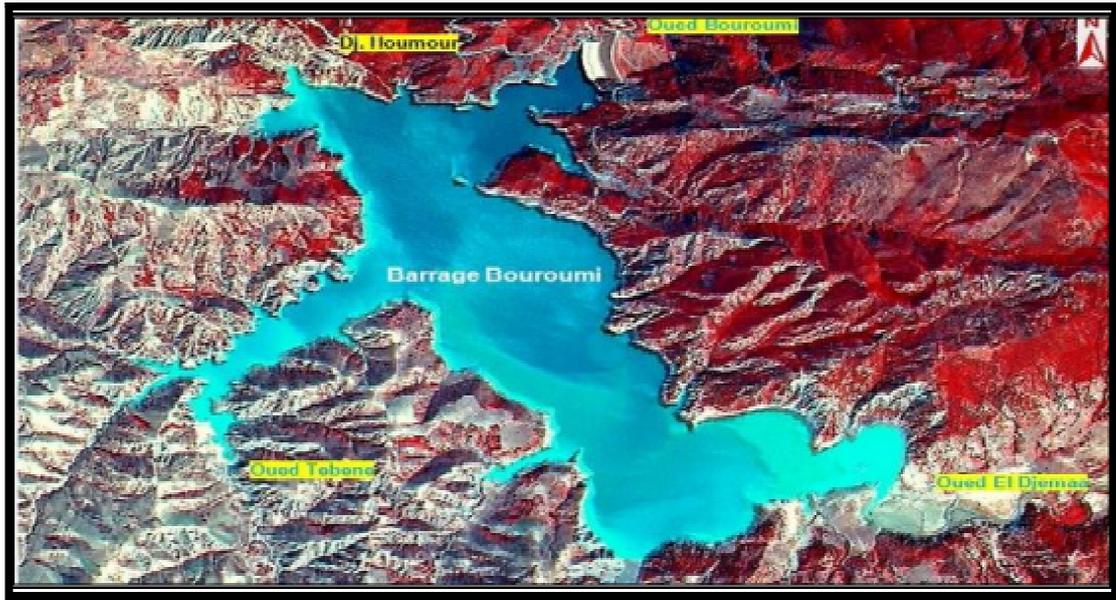


Figure 7 :Image du barrage Bouroumi, Alsat -2A , (ASAL 2015).

Le bassin versant du site, s'étend sur une superficie 215 km². Il dispose d'une capacité de 181.86 millions de m³ dont la capacité de sa rétention selon l'agence nationale des Barrages est de 188 106 m³ de 100 m de haut, et de 800 m d'empâtement. Contrôle un bassin versant de 150 km² l'alimentation de ce barrage se fait à partir de l'oued Djer, l'oued Chiffa, l'oued Harbil en plus de l'oued principal qui est celui de Bouroumi .

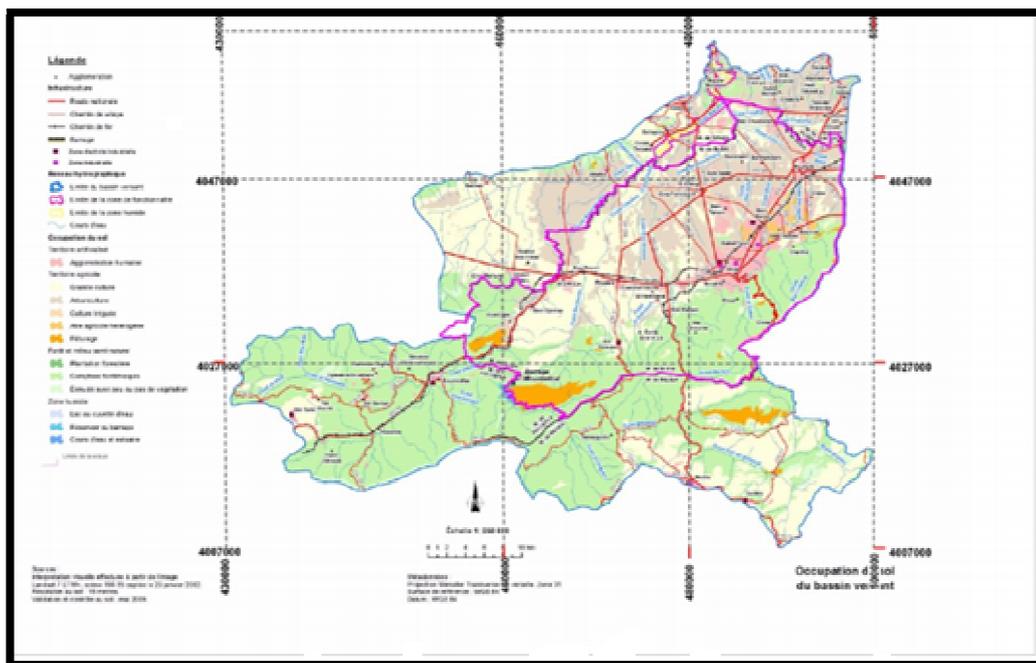


Figure 8 :Situation géographique du barrage Bouroumi (ANRH ,2013)

II.5.Echantillonnage et mode de prélèvement

Les prélèvements d'échantillons destinés pour l'analyse physico-chimique sont effectués manuellement avec un préleveur attaché à une corde pour choisir la profondeur de prélèvement . Des bouteilles en polyéthylène de 1litre sont utilisées pour le prélèvement ont été rincés avec de l'eau prélevée,. Afin d'évité toute contamination des échantillons ,Le prélèvement se fait au milieu du barrage. Un flacon en verre de 250 est réservé pour l'analyse bactériologique.



Figure 9. Matériels d'échantillonnage

II.5.1. Conservation et transport des échantillons

Les échantillons ont été conservés et transportés après prélèvement dans une glacière pour limiter l'évolution physico-chimique des eaux à analyser, et assurer une conservation satisfaisante des échantillons. Les analyses bactériologiques doivent être commencées moins de 6 heures après le prélèvement. Si le transport dépasse 6 heures, ainsi si la température extérieure est supérieure à 10°C ; le transport doit se faire obligatoirement en glacière à une température inférieure à 4°C. Enfin, les prélèvements sont placés aux froids dès leurs arrivés au laboratoire avant de commencer les analyses (NA 762, 1990) .



Figure 10. Matériel de conservation des échantillons .

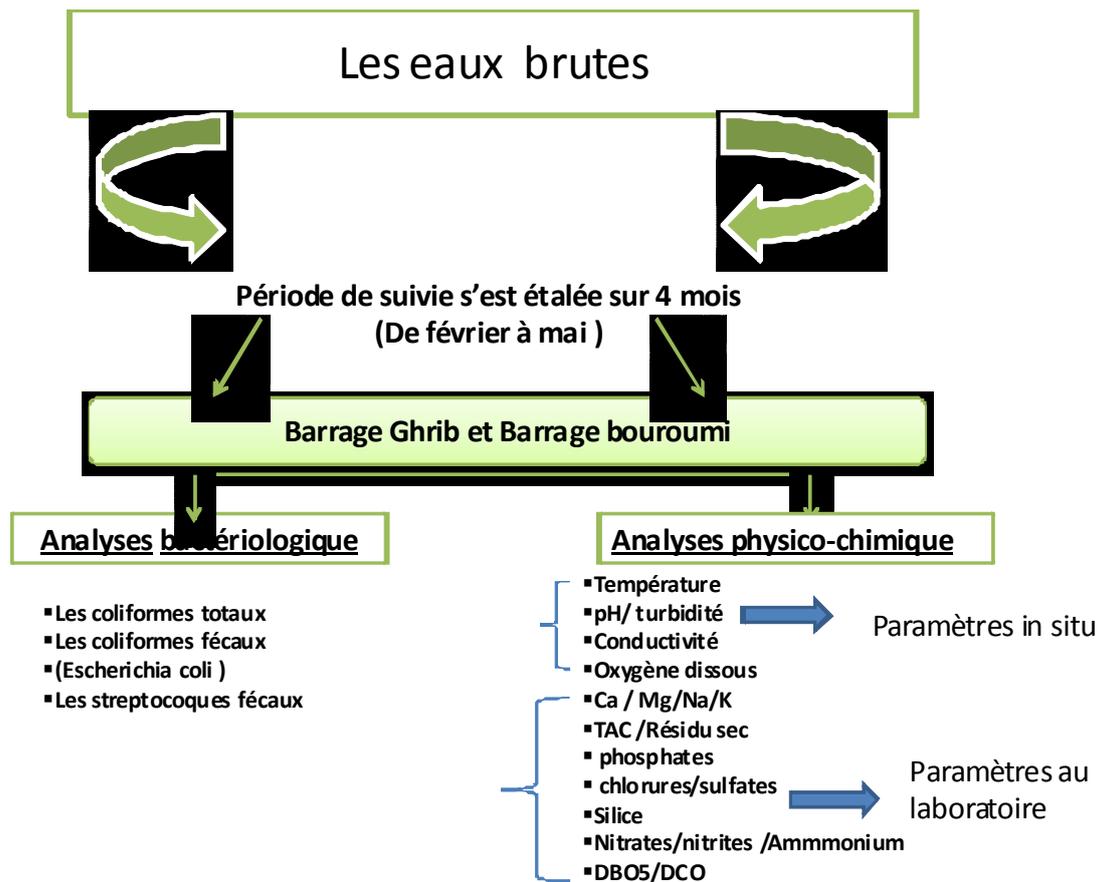


Figure11: Schéma directeur(Les analyses bactériologique et physico-chimique des eaux brutes)

II.6.Méthode d'analyse de l'eau

II.6.1.Méthode d'analyse des paramètres physico- chimiques

• La température

La mesure de la température a été effectuée sur terrain en utilisant un thermomètre gradué au 1/10 et en respectant les consignes de Rodier et al. en 2005. La température de l'eau a été mesurée sur le site de prélèvement « barrage ». La lecture a été faite après une immersion de 10 minutes du thermomètre à environ 15 cm de profondeur. Les résultats sont exprimés en °C.

• Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est pris avec un pH mètre modèle (WTW Ph 315i/SET), en plongeant l'électrode dans l'eau à environ 6 à 8 cm de la surface. Le pH mètre est étalonné avec des solutions étalons pH 4, 7 et pH 10 à 20°C. Les résultats sont exprimés en unités pH.

• La Conductivité électrique

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de laboratoire de type (315i). L'appareil est préalablement étalonné avec des solutions de chlorure de potassium (KCl) (NF t 90-031). Les résultats sont donnés en µS/cm.

• Les Chlorures (Cl⁻)

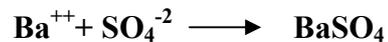
Le dosage des chlorures se fait selon la méthode colorimétrique. Le thiocyanate mercurique réagit en présence d'ions chlorures par double décomposition :



Il se forme du chlorure mercurique insoluble et il y a libération d'ions sulfocyanure, qui en présence d'ions ferriques donnent une coloration rouge intense, proportionnelle aux ions SCN⁻ et donc aux ions Cl⁻ (Rodier *et al.*, 2005). Les résultats sont exprimés en mg/l de chlorures.

• Les Sulfates (SO₄⁻²)

Le dosage des sulfates se fait par la méthode turbidimétrique. Les ions SO_4^{-2} sont précipités par le chlorure de baryum sous forme de sulfate de baryum très peu soluble selon la réaction chimique suivante :



La spécificité est bonne, le précipité (BaSO_4), très fin est maintenu en suspension par un produit tensioactif, la gélatine. On effectue sur le trouble obtenu une mesure turbidimétrique à 495nm (ANRH, technique interne). Les résultats sont exprimés en mg/l de sulfates.

- **Les Matières en suspension**

La détermination des matières en suspension s'effectue par centrifugation. L'eau à analyser est centrifugée à 3000 tr /min pendant 20 minutes. Le culot recueilli, séché à 105°C pendant 1h 30 min à 2h. Le taux des matières en suspension est exprimé en mg /l.

- **Le Résidu sec**

Les résidus sec sont obtenus par pesée après évaporation à sec dans une étuve à 105°C, de 100 ml d'échantillons d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule d'aluminium tarée, Les résultats sont exprimés en mg/l.

- **L'oxygène dissous (O_2 dissous)**

Mesuré au laboratoire par la méthode de WINKLER. En milieu alcalin, l'oxygène dissous forme avec de manganèse (II) hydroxyde ($\text{Mn}(\text{OH})_2$) un précipité brun d'hydroxyde manganique (III) ($\text{Mn}(\text{OH})_3$). La réduction de ce dernier en milieu acide en présence d'un excès d'iodure libère l'iode qui est dosé par le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) et en utilisant l'empois d'amidon comme indicateur. Les résultats sont exprimés en mg/l d' O_2 et en pourcentage de saturation (AFNOR, 1975).

II.6.2.Méthodes d'analyse des Paramètres de la pollution

- **La Demande biochimique en oxygène (DBO_5)**

La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5) est évaluée par la méthode respirométrique qui permet de suivre automatiquement l'évolution de la demande biochimique en oxygène au cours de l'oxydation des matières organiques. L'échantillon

d'eau introduit dans des flacons ambrés maintenus dans une enceinte thermostatée est mis à incuber en présence d'air à 20°C, pendant 5 jours sous agitation constante. Les micro-organismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacé en permanence par de l'oxygène en provenance du volume d'air situé au dessus de l'échantillon. L'anhydride carbonique formé est piégé par de l'hydroxyde de potassium (Rodier *et al.*, 2009). La mesure est effectuée à l'aide d'un appareil manométrique de type WTW "OXITOPSYSTEM" et la DBO est exprimée en mg O₂/l.

• La Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau, sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier *et al.*, 2009). La DCO est exprimée en mg/l d'O₂ consommé par les matières.

II.6.3. Différentes formes d'azote

• L'Ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium a été dosé par la méthode au bleu d'indophénol en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur. Les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol, susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire (Rodier *et al.*, 2005). Les résultats de la teneur en ion ammonium sont exprimés en mg/l de NH₄⁺.

• Les nitrites (NO₂⁻)

La détermination des nitrites s'effectue par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. La diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le α -Naphtyl éthylène diamine dihydrochloride donne un complexe pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique à 520 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l de NO₂⁻.

• Les nitrates (NO₃⁻)

Dosés selon la méthode de réduction au cadmium par passage sur une colonne de cadmium ; les nitrates sont réduits en nitrites dont le dosage a été décrit précédemment. Le

taux de nitrates exprimé en mg/l NO_3^- est calculé par la différence des taux des nitrates et nitrites à la fois et du taux des nitrites.

• **Phosphates (PO_4^{-3})**

Le dosage des phosphates a été effectué par la méthode colorimétrique. Le molybdène d'ammonium ($\text{Mo}_7(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$) réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique. Les résultats sont exprimés en mg/l de phosphates.

II.6.4. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (Leyral., Ronnefoy., Guillet.,2002).

Il faut signalé qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes. Une analyse de l'eau de barrage a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- Recherche et dénombrement des coliformes totaux
- Recherche et dénombrement des coliformes fécaux
- Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux



Colimétrie en milieu liquide

La technique de recherche des bactéries coliformes en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- **Le test de présomption** : réservé à la recherche des coliformes totaux.
- **Le test de confirmation** : réservé à la recherche des coliformes thermo tolérants et *E. coli*

A. Test de présomption

- **Mode opératoire**

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

- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 0,1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham (figure 12)

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP .

Test de confirmation :

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia Coli.

Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche (figure 12).

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu.

L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs .
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (voir annexe VI)
- en tenant compte du fait qu'Escherichia Coli est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C.
- Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'E. Coli).

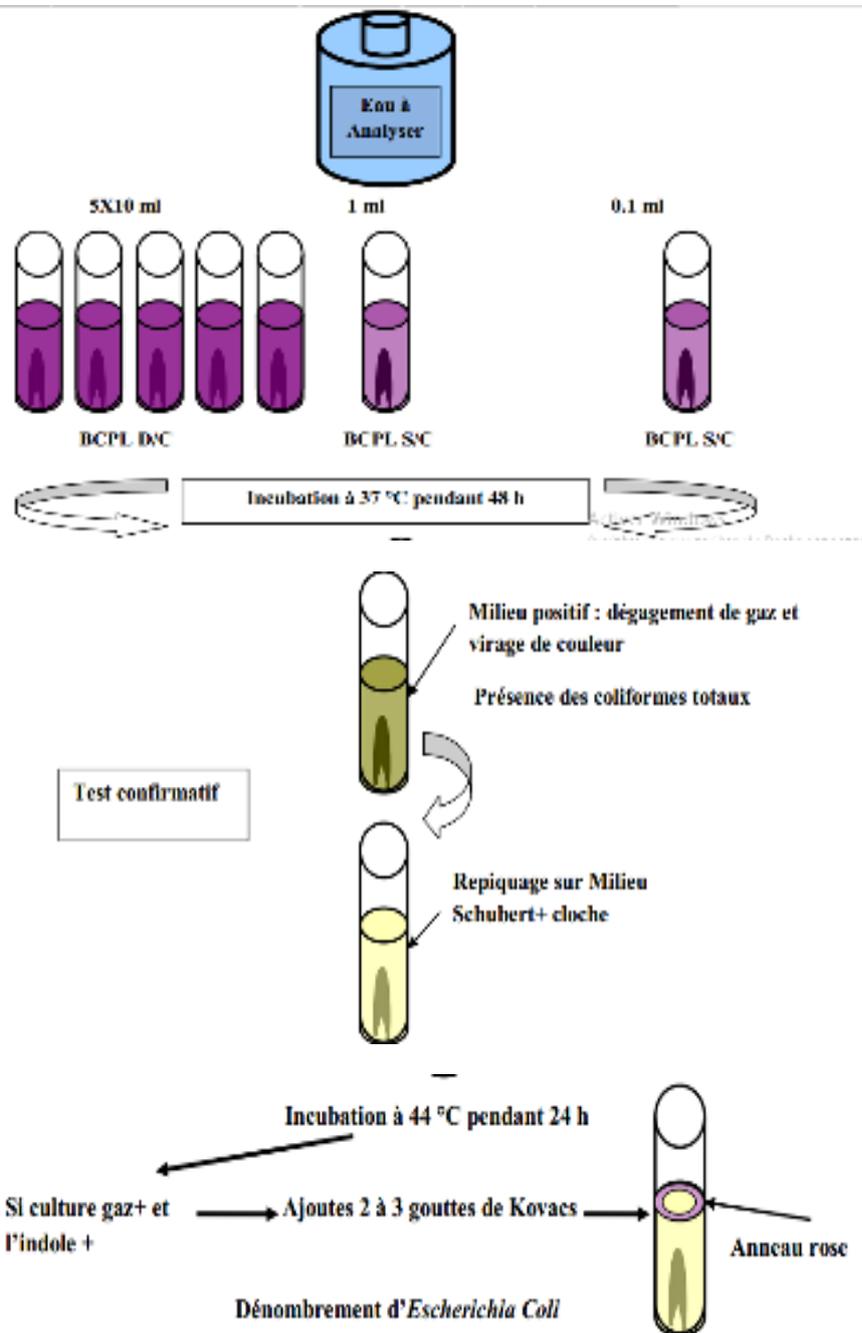


Fig. 12: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans l'eau brute.

Streptométrie

se fait en deux étapes consécutives :

- **Test de présomption** : réservé à la recherche présomptive des streptocoques.

- **Test de confirmation** : réservé à la confirmation réelle des streptocoques.

A. Test de présomption:

Mode opératoire: A partir de l'eau analysée, porter aseptiquement :

- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C .
- 1 ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C .
- 0.1ml dans un tube contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C (figure 13) :
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

Test de confirmation :

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

Les tubes de ROTHE positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu LITSKY EVA (figure 13)

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Lecture :

Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

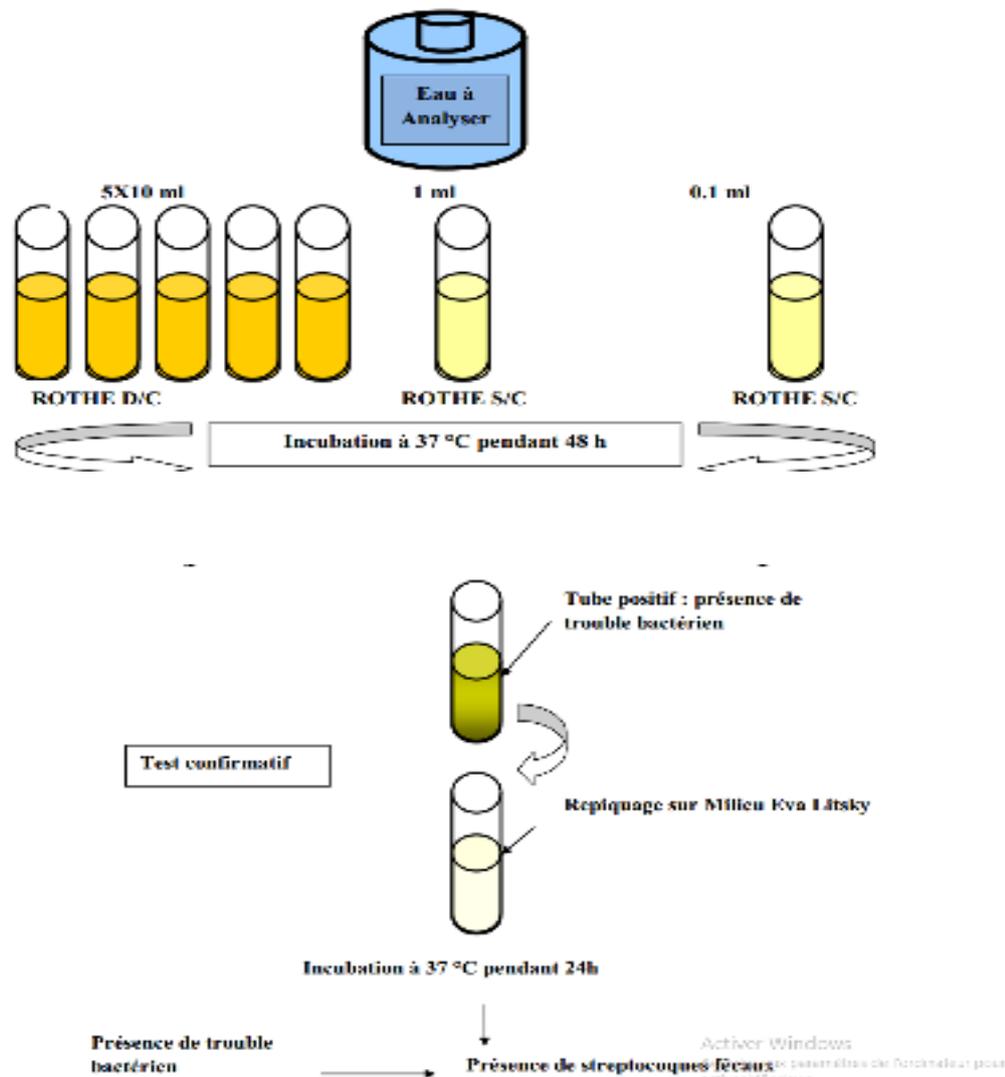


Fig. 13: Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau brute.

II.7. Analyses statistiques

Les valeurs moyennes des concentrations des éléments minéraux sont présentées par des graphes pour visualiser la richesse en ces composés minéralogiques. Le plus souvent ce type de graphique est réalisé par Excel.

II.7.1. Diagramme de ternaire (PAST vers. 1.37)

Dans le cas d'une comparaison quantitative entre 3 variables: pH, TH et TAC , les points d'intersection sont étudiés à l'aide d'un diagramme ternaire, nous avons effectuée une comparaison concernant la valorisation quantitative entre les 3 variables . Le test est réalisé par le logiciel PAST ver. 1.37 (Hammer *et al.*, 2001).

II.7.2 . L'analyse de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les constituants (les paramètres physico-chimiques), nous avons eu recours à une analyse de la variance (ANOVA pour *Analysis Of Variance*), dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale.

II.7.3 . Analyse multivariée PAST vers 1,95 (Hammer *et al.*, 2001)

Dans le cas de variables quantitatives, les relations multivariées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P), l'exploitation des résultats a fait appel à une analyse multivariée (A.C.P).

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. Interprétation des paramètres physico-chimiques

Afin de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau de la zone d'étude (barrage Ghib et Bouroumi), nous avons indiqué les valeurs correspondantes à plusieurs paramètres clés donnant une image fidèle de cette qualité de l'eau étudiée.

Les données caractérisant la nature physico-chimique de l'eau mesurée selon les méthodes décrites par l'ANRH, sont rapportées dans les tableaux et figures ci-dessous.

III.1.1 Résultats des analyses physico-chimiques

III.1.1.1 Paramètres in situ

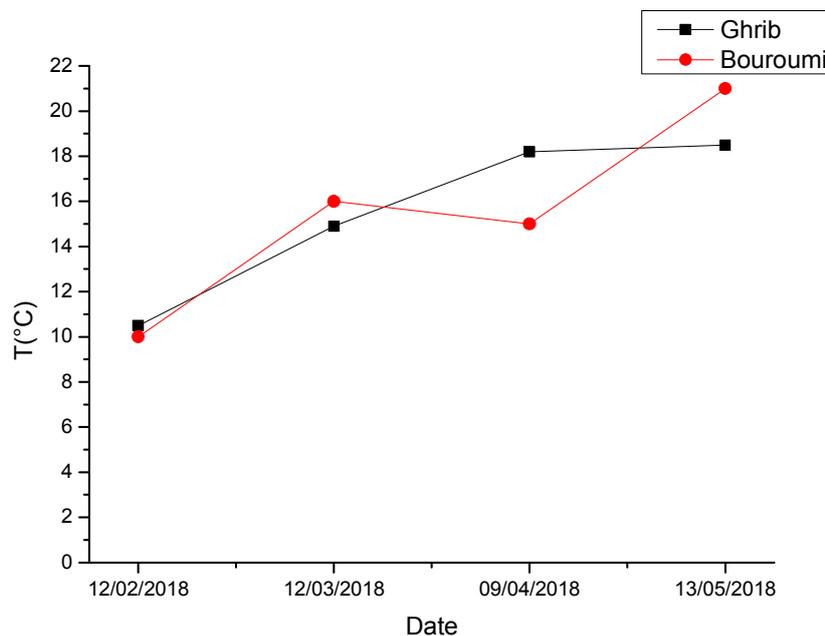


Figure 14 : Variation de température en fonction de la date de prélèvement.

Discussion

La température des eaux de surface est très variable selon la saison et le climat . c' est

un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006).

La figure III.1 ne montre pas d'importantes variations de température entre les barrages ; par contre les fluctuations de température d'un prélèvement à un autre sont remarquables.

Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que la température moyenne de l'eau est bonne et se trouve dans l'intervalle de la classe I d'après la grille de l'ARNH. La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique en fait, la majorité des paramètres physico-chimiques dépendant de la température. Ainsi un réchauffement entraîne l'apparition des algues flottantes et des organismes aquatiques indésirables

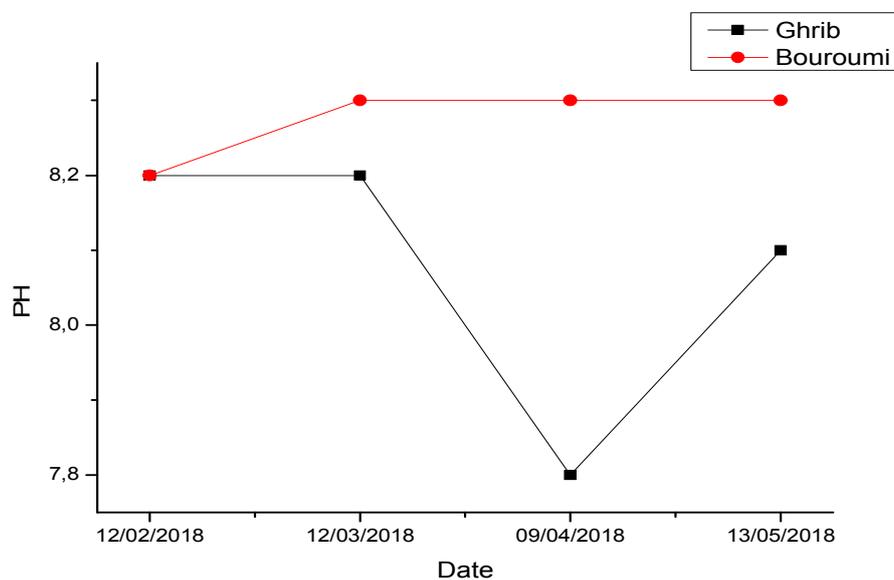


Figure 15 : Variation du pH en fonction de la date de prélèvement.

Discussion

Les valeurs des pH enregistrées au niveau des deux barrages oscillent entre 7.8 et 8.3 (figure III.2). Elles indiquent des eaux à pH faiblement alcalin avec une valeur

minimale de 7.8 au mois d'avril au niveau de Ghrib et une valeur maximale de 8.3 enregistrée à Bouroumi en Mars, Avril et Mai.

on peut dire, que les fluctuations du pH dans le temps et entre les deux barrages sont faibles. Ces valeurs du pH peuvent être expliquées par la nature géologique calcaire du bassin versant sur la composition chimique des eaux. En effet, le bassin drainé est formé essentiellement par des roches sédimentaires. Ces variations du pH peuvent être expliquées également par l'influence des eaux de ruissellements chargé généralement de diverses matières aux origines différentes.

les valeurs enregistrées respectent les normes du journal officiel n° 34.

Conductivité électrique

Elle est considérée comme étant la propriété que possède l'eau à permettre au courant

électrique de passer, celle-ci est fonction de la température, de la concentration des espèces ioniques en solution.

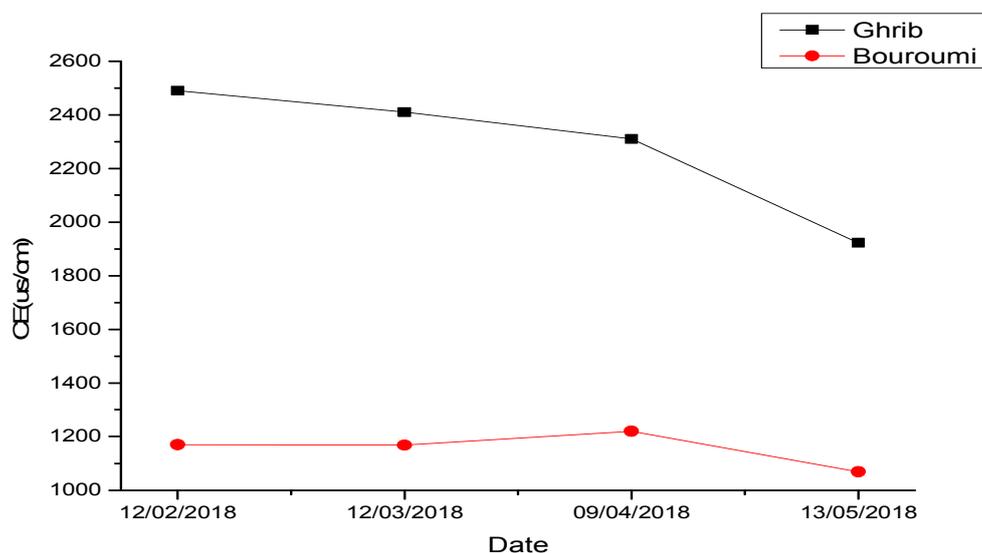


Figure 16 : Variation mensuelle de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Discussion

La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé.

La conductivité d'une eau est un indicateur des changements de la composition en matériaux et leur concentration globale. Elle est proportionnelle à la qualité de sels ionisables dissous (Nisbet et Verneaux, 1970). Elle renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles. Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels (Dussart, 1966; In El Morhit, 2009). Les eaux naturelles servent comme solvant d'un nombre considérable de partiellement ionisés. Une conductivité élevée traduit soit des pH normaux, soit le plus souvent une salinité élevée (Bremond et Perrodon, 1979).

Les valeurs enregistrées sont de 1923 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la moyenne et de 2283.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeurs extrêmes pour Ghrib (tableau III.3) ; quant au barrage Bouroumi la moyenne est de 1156.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la valeur minimale est de 1069 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la valeur maximale est de 1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tableau III.3). Il est à remarquer que l'évolution de la CE au fil des mois est similaire pour les deux barrages, mais elle présente des variations importantes d'un barrage à l'autre (figure III.3). On note qu'elle est plus élevée au niveau du barrage Ghrib et cela est probablement dû à un effet de dilution dans le barrage Bouroumi.

Les eaux des deux barrages sont caractérisées par une minéralisation élevée ($\text{CE} > 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$) selon la classification de Rodier et al. (2009), mais ne dépassant pas les normes (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

D'après la grille de l'ANRH, les eaux du barrage Ghrib présentent une pollution excessive.

• Turbidité

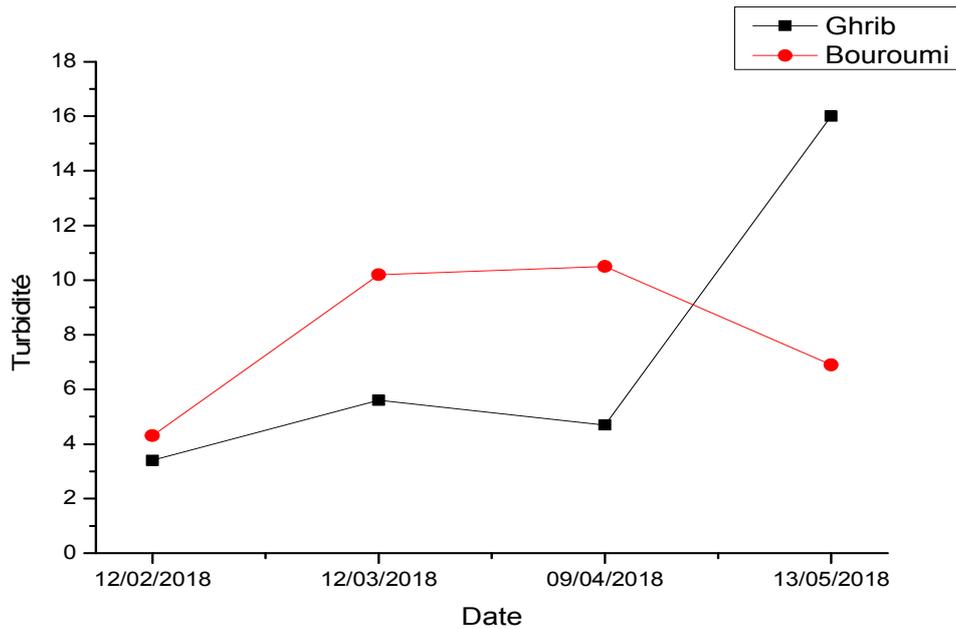


Figure 17: Variation de turbidité en fonction de la période d’analyse.

Discussion

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux qui donne un aspect trouble à l’eau elle est exprimée en NTU .

Les résultats obtenus révélés que la turbidité est variable pour les échantillons durant la période d’analyse, ces valeurs sont comprises entre 3.4 à 16 NTU pour le barrage Ghib et entre 4.3 à 10.5 NTU pour le barrage Bouroumi , outre, on a constaté que la turbidité atteint parfois des valeurs élevées cela est du à l'augmentation des matières en suspension. .

III.1.1.2.Paramètres au laboratoire

Les analyses au laboratoire ont concerné les huit ions majeurs, cations et anions responsables de l’acquisition de la minéralisation de la plupart des eaux naturelles. Il s’agit pour les cations du calcium, magnésium, sodium et du potassium, et pour les anions des chlorures, sulfates, nitrates et de bicarbonates. Le titre alcalimétrique ainsi que la dureté totale et les matières en suspension ont été également mesurés.

Les différentes analyses ont été effectuées au laboratoire de l’ANRH.

• Les bicarbonates

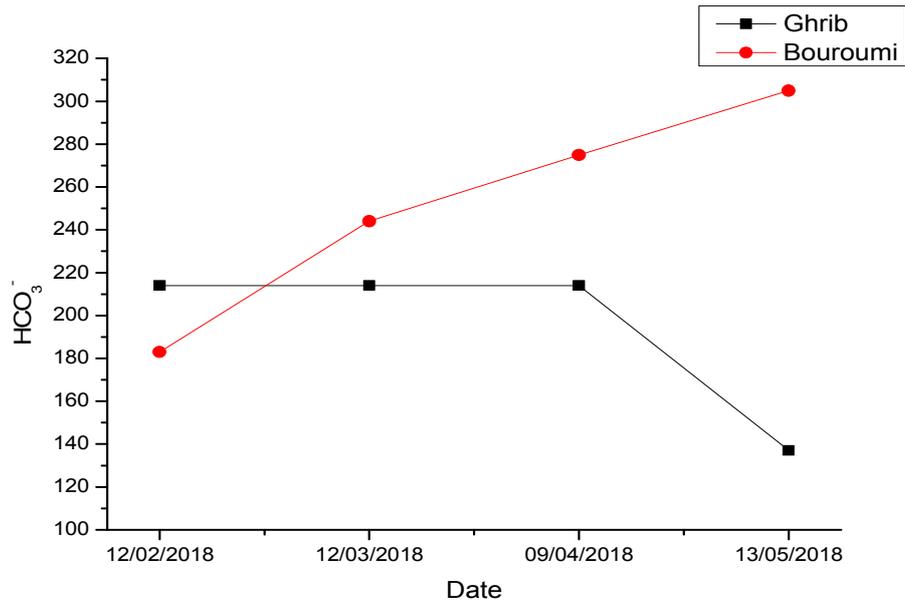


Figure 18 : Variation mensuelle des bicarbonates (mg/l) de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi.

Discussion

Les teneurs en bicarbonates de notre eau de barrage d'étude, varient entre de 137 mg/l à 214 mg/l pour le barrage Ghib et 183 à 305mg/l pour le barrage Bouroumi .

Les teneurs de carbonates et hydroxyle sont nulles dans tous les mois d'étude. D'après les directives, il y a problème avec les bicarbonates quand leur teneur dépasse 1.5 meq/l.

Le titre alcalimétrique complet (TAC)

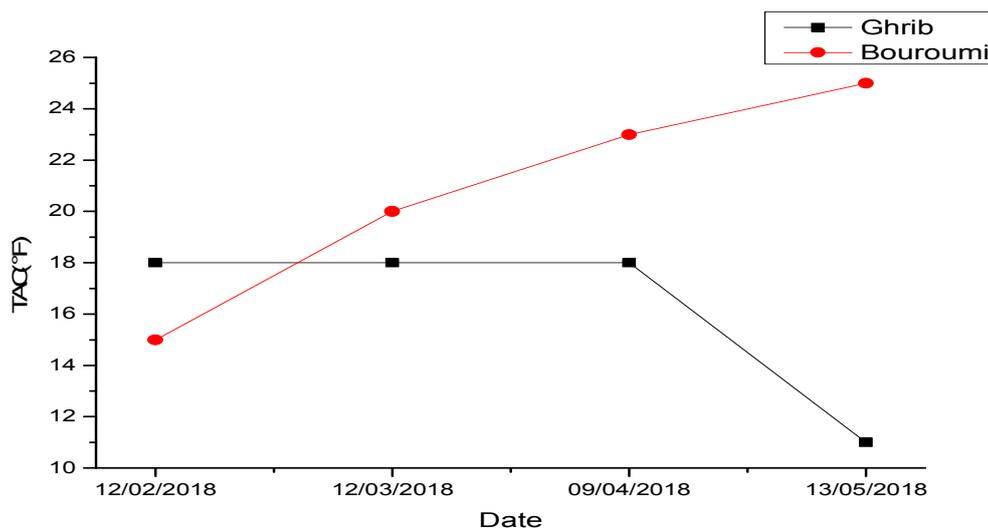


Figure 19: Variation mensuelle des TAC (°F) de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi.

Discussion

Le titre alcalimétrique complète (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

Les résultats obtenus TAC dans cette étude compris entre 11°F et 18°F pour le barrage Ghib et entre 15°F et 25°F pour le barrage Bouroumi, l'eau des deux barrages est conforme au norme Algérienne d'eau potable ≤ 500 mg/l. Une autre part, les concentrations du titre alcalimétrique sont nulles qui est traduite par l'absence en OH^- et en CO_3^- .

Résidu sec

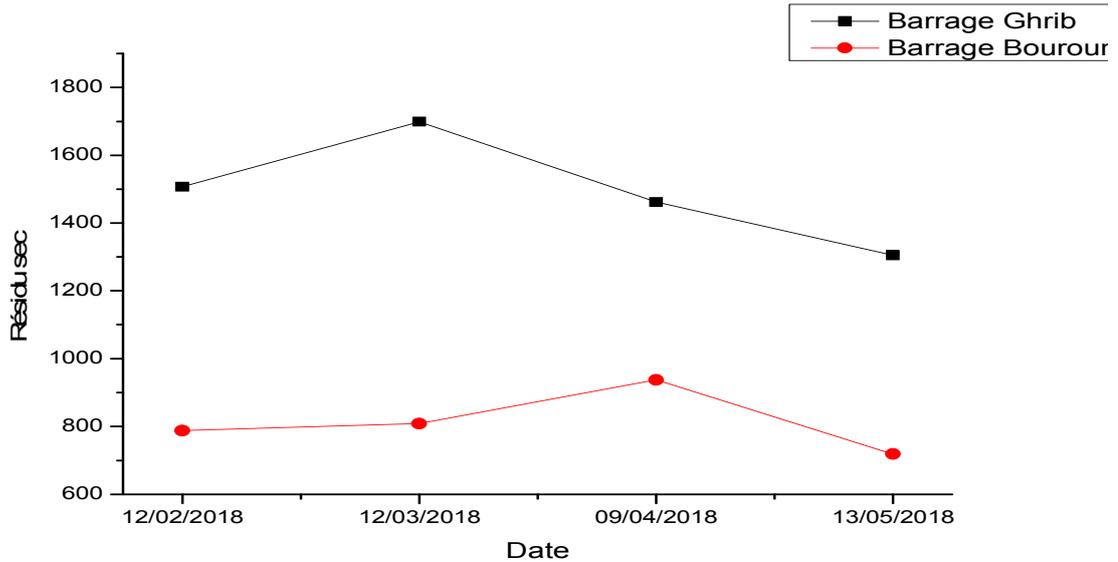


Figure20 : Variation mensuelle du résidu sec (mg/l) de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi .

Discussion

Le taux des résidus secs de l'eau non filtrée permet de peser la teneur en matières dissoutes ou la salinité totale (qui représente la majeure partie) et la teneur en matières en suspension. Selon Rodier et al. (2005), le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit: la somme des matières en solution et en suspension. Ces dernières profèrent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, ce qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu et qui influence ainsi la faune et la flore aquatique.

D'après la figure III.7 .et tableau III.7 . le taux des résidus secs le plus élevé pour le barrage Ghib est 1699 mg/l, enregistré au mois de mars et le taux le plus faible 1305 mg/l noté au mois de mai, la valeur moyenne est de 1493.3mg/l. Alors que pour le barrage Bouroumi les valeurs varient entre 719 mg/l et 938 mg/l.

Selon notre étude les eaux superficielles du barrage Ghib, peuvent être classées en classe III sauf pour le mois de mars l'eau est classée en Classe IV (pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques et très onéreux), pour le barrage Bouroumi l'eau se trouve dans l'intervalle de la classe I (eau de bonne qualité) selon la grille de l'ANRH

- **Le calcium :**

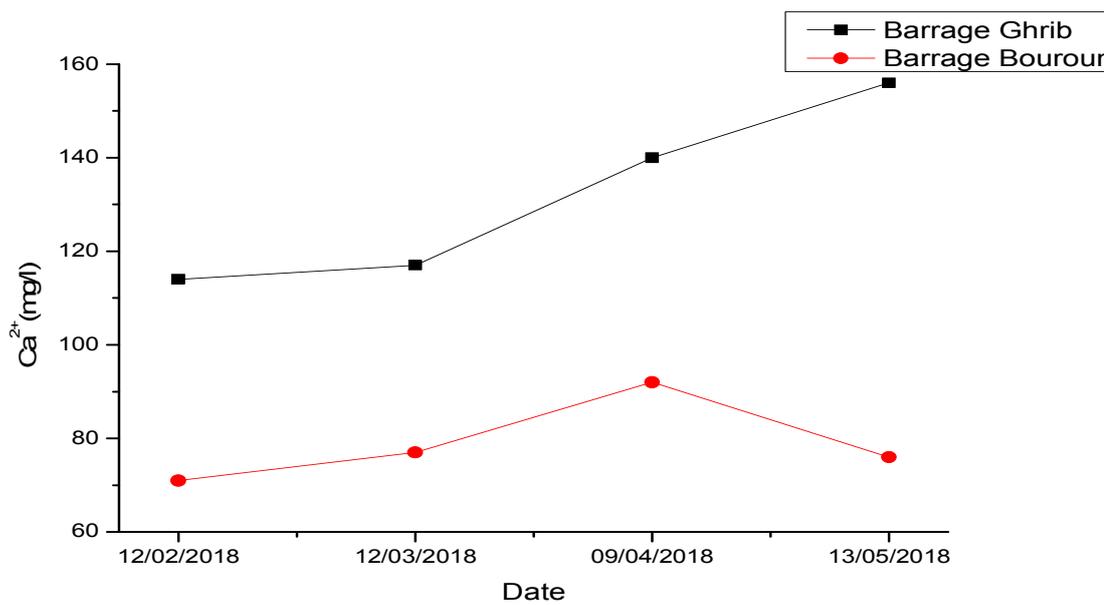


Figure 21 : Variation mensuelle du calcium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

- **Le calcium**

Le calcium est l'élément le plus répandu dans la nature (évaporites, carbonates, etc.) surtout à l'état d'hydrogénocarbonates ou sous formes de sulfates ou chlorures. Il tient sa valeur globale de la nature géologique du milieu en particulier de grandes masses de roches organogènes. (SACCHI et TESTARD, 1971). Les teneurs en Ca^{2+} sont étroitement liés à la nature des terrains traversés. L'évolution de la teneur en calcium (Fig III.8) montre que les concentrations sont moyennement élevées dans les deux barrages. Elles varient de 114 à 156 mg/l pour le barrage Ghrib, de 71 à 92mg/l pour le barrage Bouroumi.

selon Rodier les eaux potables de bonne qualité renferme de 100 a 140 mg/l de calcium, alors cette eau a une qualité bonne.

Les valeurs restent conformes aux normes OMS.

Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que l'eau du barrage Ghrib est de qualité moyenne, pour le barrage Bouroumi l'eau se trouve dans l'intervalle de la classe I d'après la grille de l'ARNH .

• Le magnésium

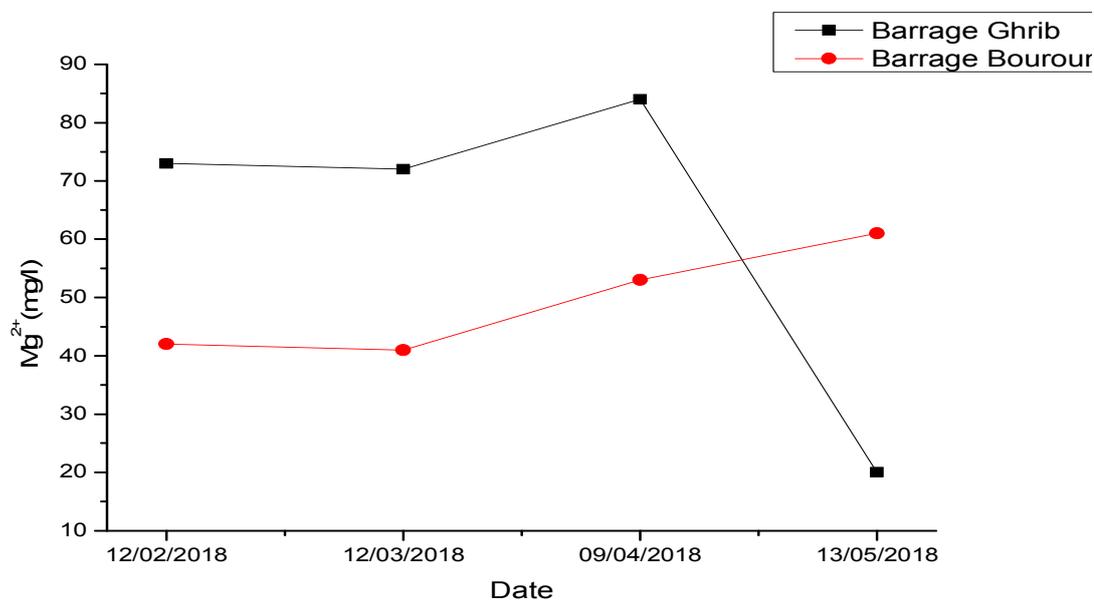


Figure 22: Variation mensuelle du magnésium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Discussion

Les valeurs des ions magnésium varient entre les sites étudiés et ne dépassent pas la norme Algérienne d'eau potable 150 mg/l.

Le magnésium est l'élément majeur le moins abondant dans les eaux du barrage que les autres éléments (cations et anions).

La teneur de magnésium dans l'eau dépend de la nature des terrains traversés et peut être élevée dans les eaux passant par les terrains riches en sulfate de magnésium ($MgSO_4$) (NISBET et VERNEAUX, 1970). Selon RODIER J. (2005), sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (calcaires dolomitiques, dolomies du jurassique ou du trias moyen).

Pour le magnésium (Fig.III.9), la dureté magnésium est moyennement faible dans le barrage Bouroumi les teneurs en Mg^{2+} varient entre 41 et 61 mg/l, et entre 20 et 84 mg/l pour le barrage Ghrib.

Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que l'eau du barrage Ghib est de qualité moyenne sauf pour le mois de mai l'eau est de bonne qualité, pour le barrage Bouroumi l'eau se trouve dans l'intervalle de la classe II d'après la grille de l'ARNH

- **Dureté totale**

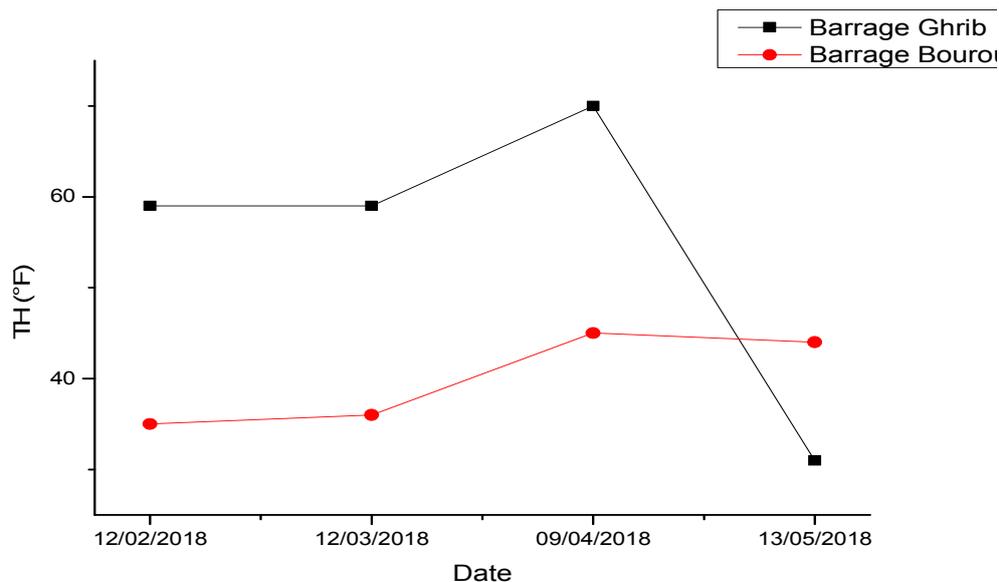


Figure23: Variation mensuelle de la dureté totale (mg/l) de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi.

Discussion

Les valeurs enregistrées de la dureté totale indiquent que les eaux du barrage Ghib sont moyennement dures et varient entre 59°F et 70°F. Elle varie de 35 à 45mg/l pour le barrage Bouroumi. Cette variation dépend essentiellement de la nature géochimique des roches rencontrées dans le bassin versant, en particulier des substances provenant de l'altération des roches calcaires.(Ouhmidou et al.,2012)

- **Le sodium**

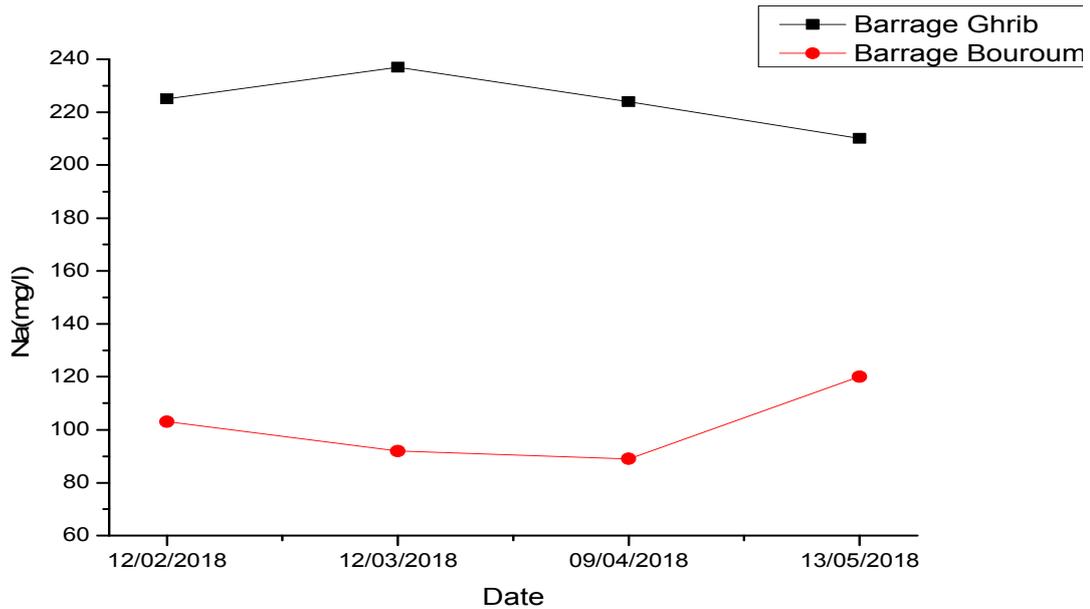


Figure 24 : Variation mensuelle du sodium (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

• Discussion

Le cation sodium (Na^+) est très abondant sur la terre. Il est très soluble dans l'eau. Les origines possibles de sodium sont la dissolution de couches salifères, le sodium dans les eaux peut provenir : du lessivage des formations riches en NaCl (argiles- marnes), des eaux usées d'origine industrielle et domestique, de l'invasion d'eau marine, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation.

La courbe montre que le sodium a fluctué entre 210 mg/l à 237 mg/l pour le barrage Ghrib et entre 89 mg/l à 120 mg/l pour le barrage Bouroumi. Les teneurs en sodium admises par l'O.M. S sont de l'ordre de 200 mg/l.

Selon la grille de l'ARNH, nos résultats permettent de classer les eaux superficielles du barrage Ghrib en classe III et le barrage Bouroumi en classe I sauf pour le mois de février et mai le résultat est en classe II.

• Potassium

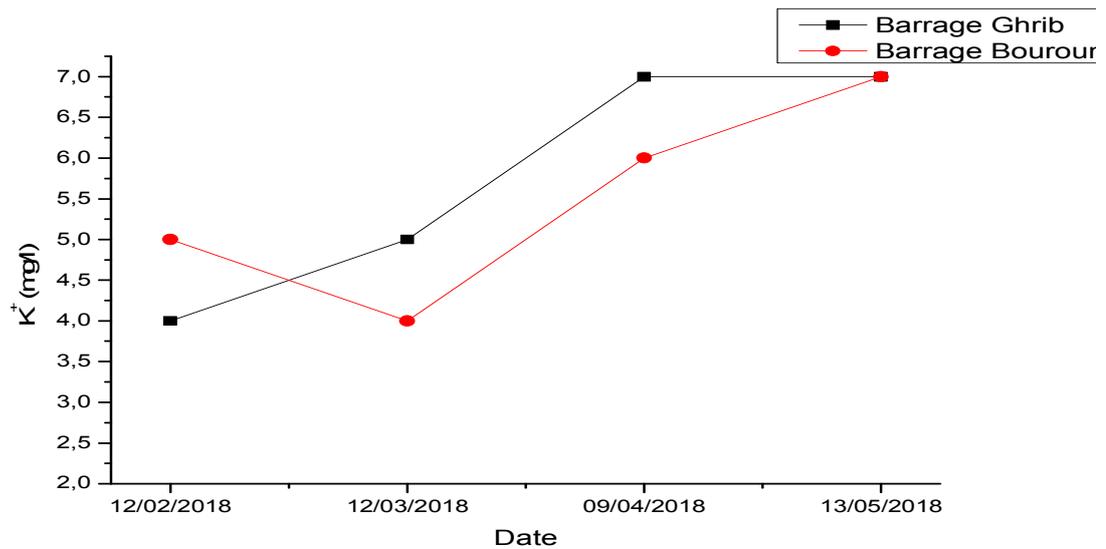


Figure 25 : Variation mensuelle du potassium (mg/l) de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi.

Discussion

Le potassium (K^+) est assez abondants sur terre, mais peut fréquent dans les eaux. Il provient de l'altération des roches gneissiques et schisteuses, des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK).

Les teneurs en potassium sont très faibles, au cours des enregistrements, elles varient entre 4 mg/l et 7 mg/l pour les deux barrages. Les teneurs en potassium admises par l'O.M.S sont de l'ordre de 20 mg/l. l'origine de potassium des eaux du barrage sont les argiles numidien.

- **Les sulfates**

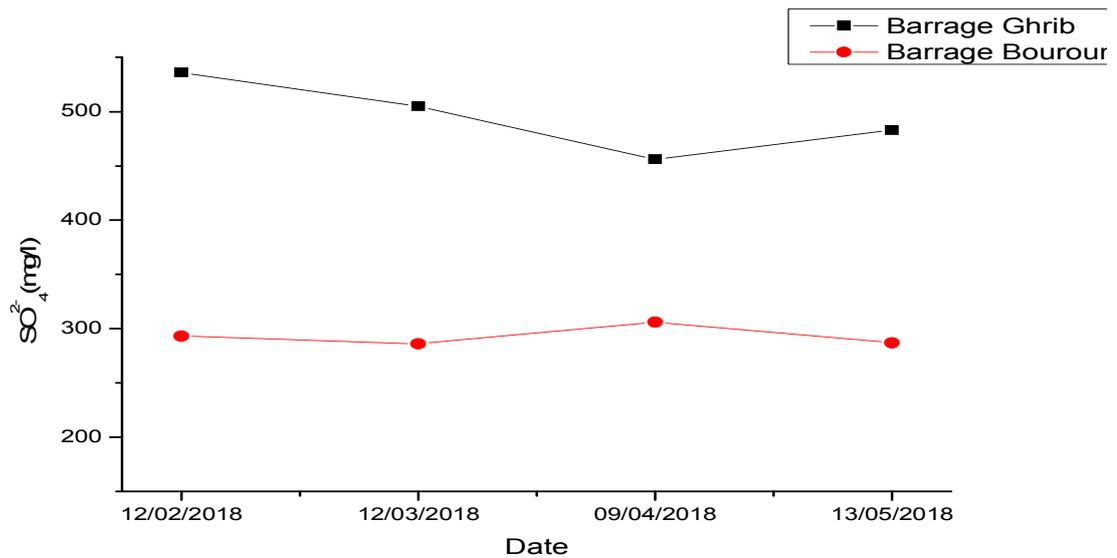


Figure 26: Variation mensuelle des sulfates (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Discussion

Les sulfates (SO_4^{2-}) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2006). Les sulfates, composés naturels des eaux, sont liés aux cations majeurs : calcium, potassium et sodium (Brémond et al, 1973). Les sulfates présentent des teneurs moins irrégulières par rapports aux teneurs des chlorures, varient surtout durant la période pluvieuse (Melghit, 2012).

Les sulfates sont très répandues dans les eaux naturelles et proviennent essentiellement de l'érosion, facteur qui constitue le principal agent d'enrichissement des eaux de surface par dissolution du gypse ou bien par oxydation des surfaces des substrats ou de la matière organique des sols. Les apports d'origine agricole peuvent constituer une source en sulfate. La figure III.13 montre que dans les barrages Ghrib et Bouroumi, les concentrations en SO_4^{2-} restent presque stables. Alors que dans le barrage Ghrib les valeurs enregistrées sont supérieures à la valeur guide (VG= 400mg/l) de la norme algérienne relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable et peuvent atteindre jusqu'à 536 mg/l. Alors que pour le barrage Bouroumi les valeurs sont inférieures à la valeur guide. La teneur maximale est de 536 mg/l alors que la teneur minimale est de 456 mg/l.

Selon la grille de l'ARNH, nos résultats permettent de classer les eaux superficielles du barrage Ghrib en classe IV et le barrage Bouroumi en classe II sauf pour le mois de avril le résultat est en classe III.

- **Chlorures**

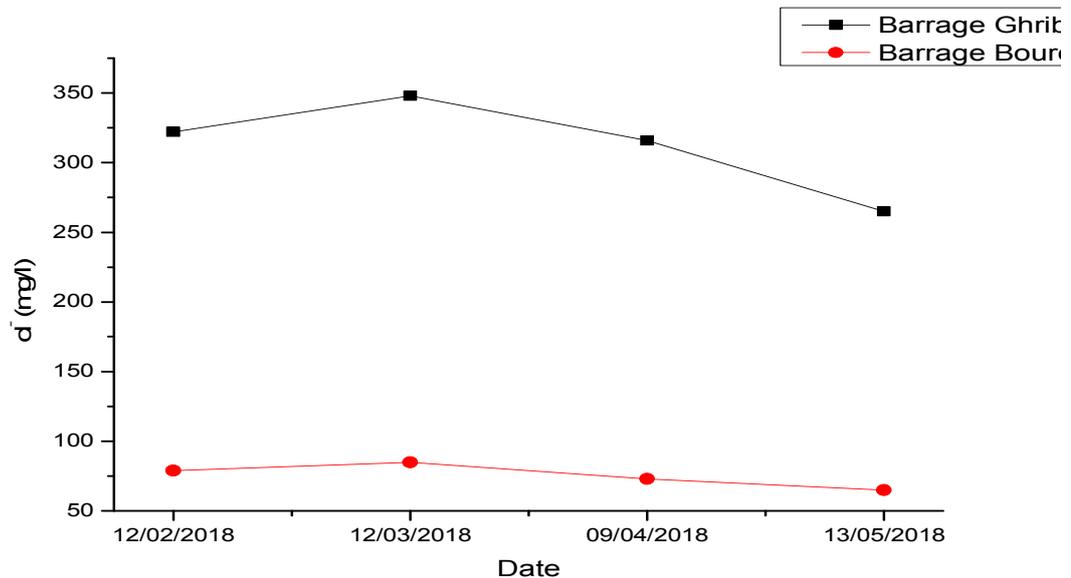


Figure 27: Variation mensuelle des chlorures (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Discussion

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux.

L'amplitude de variation de la teneur en chlorure (fig III.14), n'est pas importante dans chaque barrage. Les valeurs sont faibles et oscillent entre 65 et 85mg/l dans le barrage Bouroumi alors qu'elles sont plus élevées au niveau du barrage Ghrib et ils varient entre 265 et 348mg/l.

Les teneurs élevés en chlorure au niveau du barrage Ghrib pourraient être expliquées par la nature géologique traversées (calcaire).

L'évolution temporelle est marquée par un léger abaissement des teneurs en chlorures résultant de la dilution par les précipitations pendant le dernier prélèvement.

Selon les normes de l'ANRH, de ce fait, et concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau au niveau du barrage Ghrib est de moyenne à mauvaise qualité, alors que

pour le barrage Bouroumi elle est bonne qualité

- **Matières oxydables**
- **La Demande chimique en oxygène (DCO)**

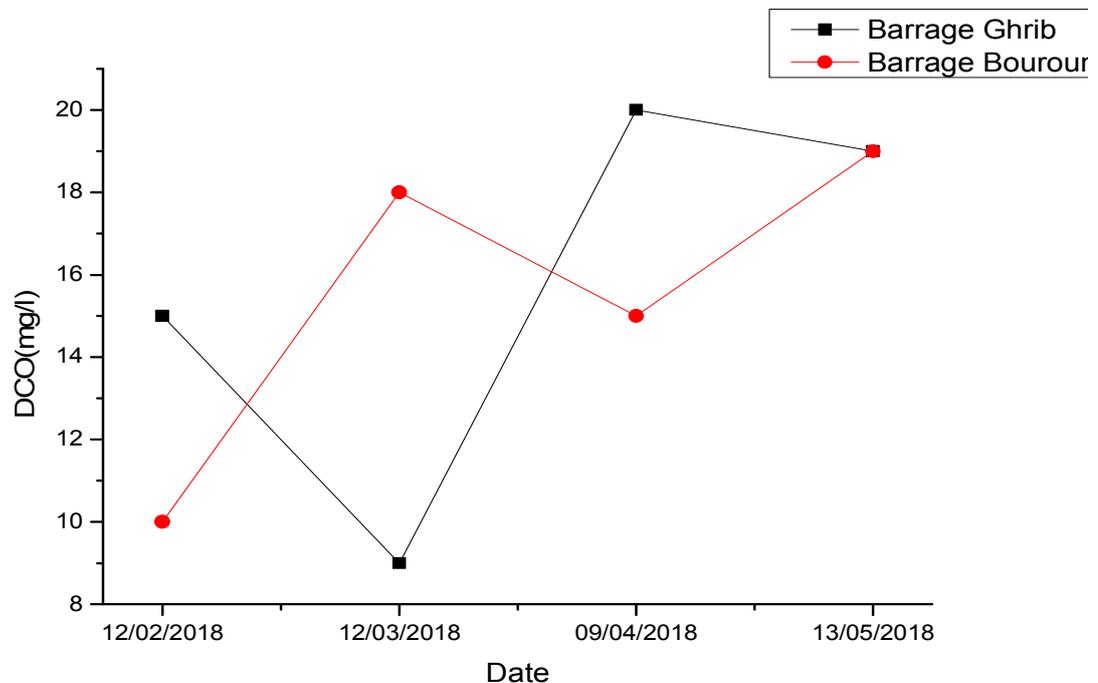


Figure 28: Variation mensuelle de la DCO (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables. Elle s'exprime par la quantité d'oxygène fournie par le dichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides, etc.) présentes dans les eaux résiduaires. Les différences des résultats obtenus par la DCO constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (Rodier et al, 2009).

Les teneurs de la DCO oscillent entre une valeur minimale de 9 mg/l d'O₂ enregistrée en mars et une valeur maximale de 20 mg/l enregistrée au barrage Ghrib en mois d'avril, pour le barrage Bouroumi la DCO oscillent entre une valeur minimale de 10 mg/l d'O₂ enregistrée en février et une valeur maximale de 19 mg/l enregistrée en mois de mai .

Selon la grille de l'ANRH les eaux des deux barrages sont de très bonne qualité .

- **Oxygène dissous**

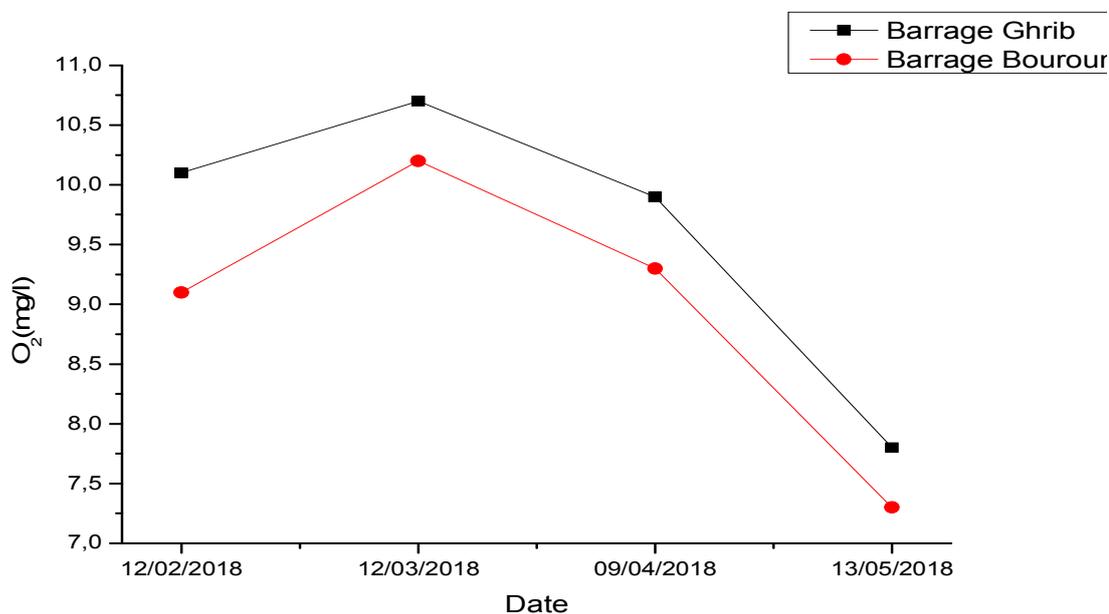


Figure 29: Variation mensuelle de l'oxygène dissous (mg/l) de l'eau des barrages Ghrif et Bouroumi.

Les résultats de dosage de l'oxygène dissous montrent que les eaux sont bien oxygénées en relation avec l'OMS (2002) qui préconise une norme > 5 mg/l. Ce qui confirme

l'absence de toute forme d'eutrophisation du barrage et l'idéal pour la plupart des poissons d'eau courante froide.

L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène maximum 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau (Rodier et al. 2009).

Les teneurs en oxygène dissous sont variables d'un mois à l'autre et d'un barrage à l'autre (figure III.16). Une moyenne de 9,63 mg/l a été enregistrée au niveau du barrage Ghrif et une moyenne de 8,98mg/l mg/l à Bouroumi . La solubilité de l'oxygène dépend essentiellement de la température ; plus la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante. Effectivement nous avons enregistré une valeur minimale de 7.8 mg/l en mai où la température était de 18.5°C

et une valeur maximale de 10.7 mg/l en mars où la température était de 14.9°C au niveau du barrage Ghrib. Quant au barrage Bouroumi, la concentration minimale de 7.3 mg/l a été enregistrée en mai avec une température de 21°C et une valeur maximale de 10.2 mg/l en mars avec une température de 16°C.

Les résultats de notre étude montrent des variations à travers les périodes de prélèvement, ceci peut être expliqué par l'accélération du débit ainsi que l'exposition aux courants d'air et le mouvement de brassage de l'eau qui entraînent un enrichissement en oxygène. Selon (Gaujous,1995) l'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée à l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques et sa dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique.

- **Demande Biologique en oxygène (DBO₅)**

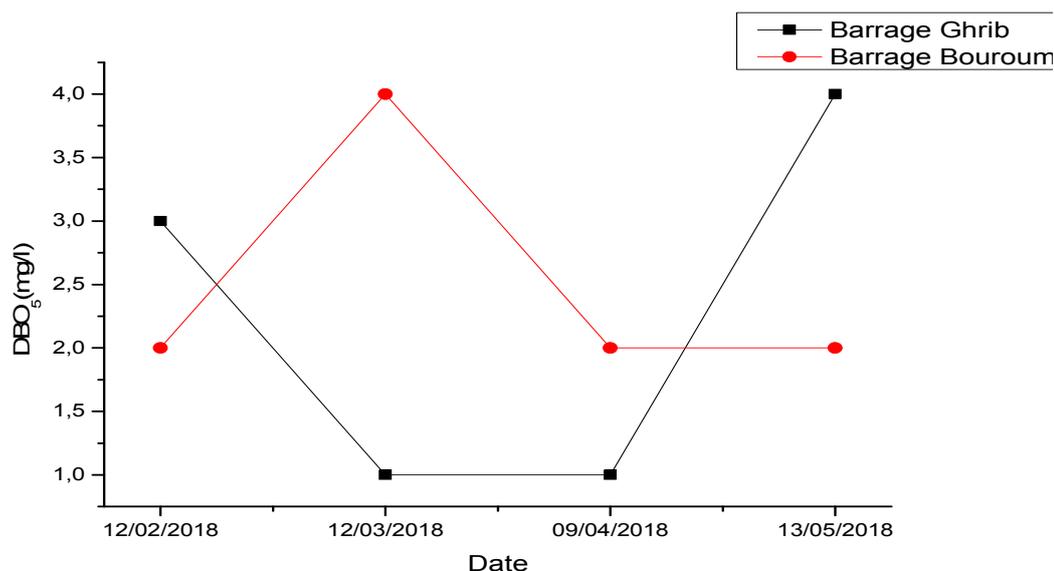


Figure 30: Variation mensuelle de la DBO₅ (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

- **Discussion**

La DBO5 exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation biologique de la matière organique d'une eau. Elle est sensiblement proportionnelle à la teneur de l'eau en matière organique biodégradable et donc à la quantité de micro-organismes et inversement proportionnelle à la teneur en oxygène dissous. Elle dépend entre autre

de la nature des matières organiques dissoutes, de la présence ou de l'absence d'éléments inhibiteurs de la flore microbienne (métaux lourds, hydrocarbures, détergents...). Selon Eckenfelder (1982), la DBO5 est une mesure du carbone organique biodégradable, et dans certaines conditions, des formes azotées réduites dans l'eau usée.

Les valeurs de la DBO5 subissent une légère variation durant la période de notre étude. Les valeurs enregistrées sont entre (1-4) mg/l, la valeur la plus élevée, 4 mg/l d'O₂, a été enregistrée au niveau du barrage Ghrib en mai et en mars pour le barrage Bouroumi alors que la valeur la moins élevée, 1 mg/l d'O₂, a été notée en mars et avril pour Ghrib et 2mg/l d'O₂ pour le barrage Bouroumi.

Nous avons remarqués que les valeurs ne dépassent pas les normes algériennes. Pour nos résultats, La DBO5 présente des valeurs souvent inférieures à 10 mg/l, donc relativement faibles.

Dans notre étude les eaux superficielles des deux barrages sont de qualité très bonne selon la grille de l'ANRH.

- **Les pollutions organiques**

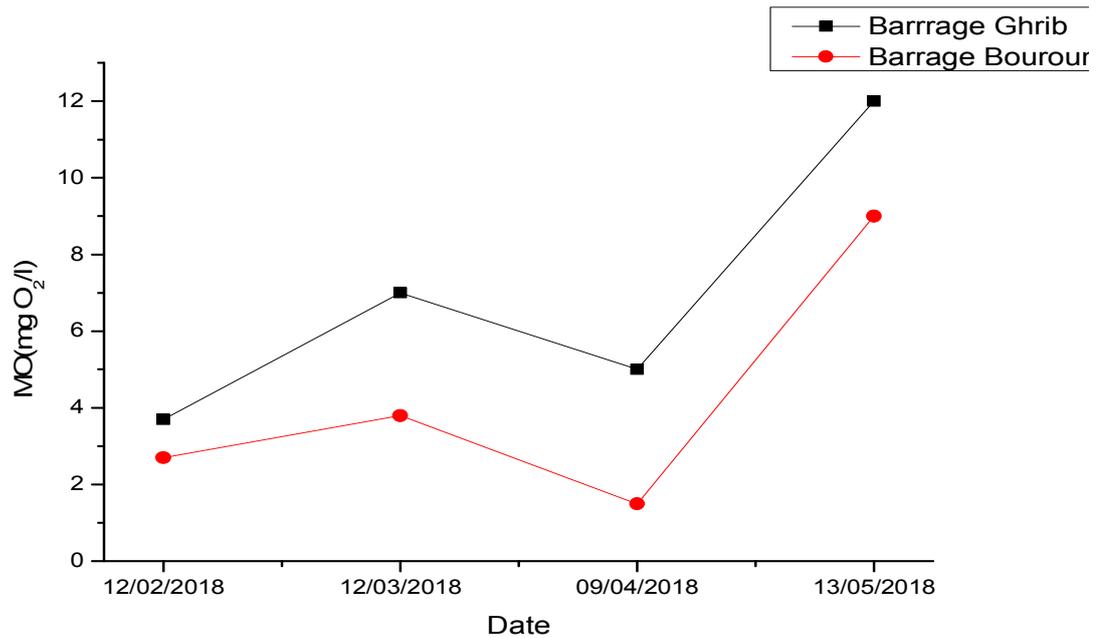


Figure31: Variation mensuelle de la matière organique (mg/l) d'eau des barrages Ghib et Bouroumi

Discussion

La matière organique est présente dans l'eau sous forme particulaire (solide) et dissoute. Sous forme particulaire, elle constitue une partie des matières en suspensions. Sous forme dissoute, elle est en général directement accessible aux bactéries qui la dégradent.

La présence de matières organiques dans l'eau provoque l'existence et la prolifération des micro-organismes qui peuvent être pathogènes, donc la détermination de ces matières organiques est indispensable dans la surveillance de la qualité des eaux.

La figure III.19 montre une variation de l'oxydabilité, elle varie entre 3.7 en mois de mars et 12 mg d'O₂/l en mai au niveau du barrage Ghib, entre 1.5 en avril et 9 mg d'O₂/l en mai pour le barrage Bouroumi.

La diminution de l'oxydabilité de ces sources est due aux eaux de pluie qui contribuent à la dilution de la charge organique.

• L'ammonium

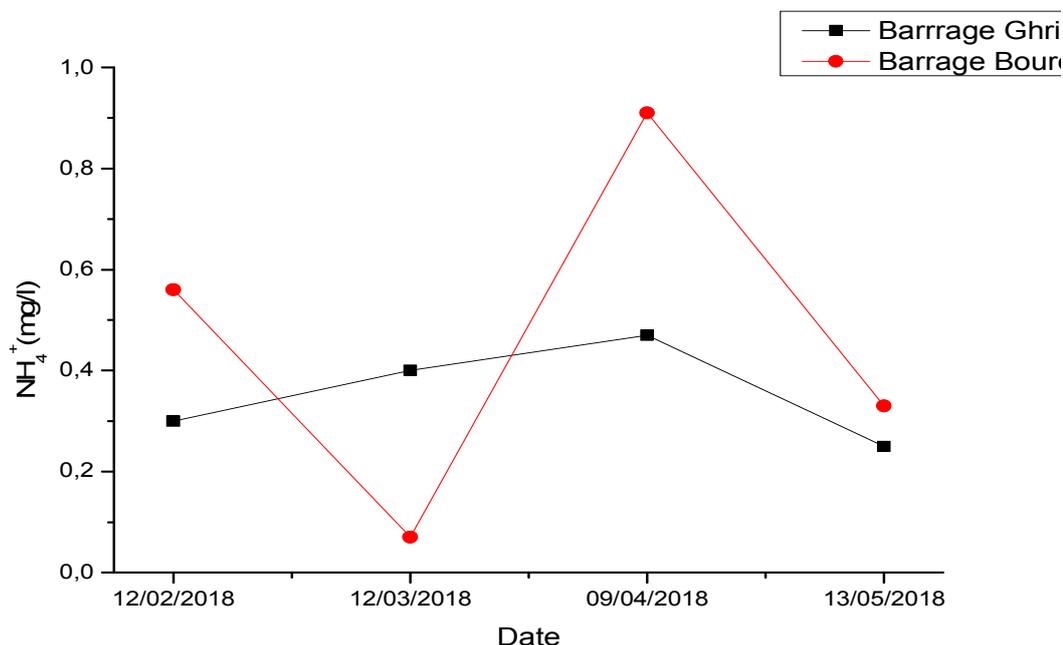


Figure 32 : Variation mensuelle des teneurs en ammonium (NH_4^+)(mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Les valeurs enregistrées sont de 0.355 mg/l NH_4^+ pour la moyenne et de 0.25 mg/l et 0.47mg/l comme valeurs extrêmes à Ghrib. Quant au barrage Bouroumi, la moyenne est de 0.47 mg/l, et les teneurs extrêmes sont 0.07 mg/l et 0.91 mg/l .

Malgré des fluctuations dans le temps (figure III.18), les faibles concentrations en azote ammoniacal résultent probablement du fait que les eaux usées des importantes agglomérations soient traitées en stations d'épuration avant d'atteindre les barrages.

Dans les eaux superficielles, l'azote ammoniacal peut avoir pour origine: la matière organique végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, les rejets industriels (engrais, textiles...) (Rodier et al, 2009).

Durant les 4 mois de prélèvements, les teneurs de l'ammonium au niveau des deux barrages révèlent une eau appartenant à une qualité des eaux très bonne selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ANRH.

• Les nitrites

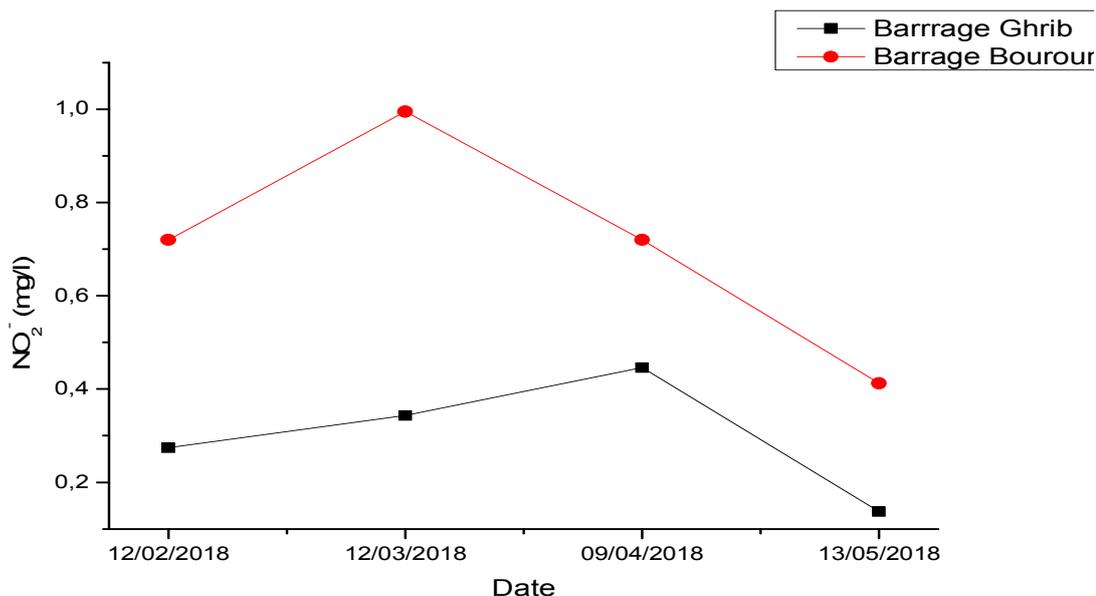


Figure 33: Variations spatio-temporelles des teneurs en NO_2^- (mg/l) de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi.

Discussion

Les valeurs enregistrées sont en moyenne de 0.3 mg/l NO_2^- et de 0.137 mg/l et 0.446 mg/l comme valeurs extrêmes à Ghib (tableau III.29). Le barrage Bouroumi affiche une moyenne de 0.71 mg/l, la valeur minimale est 0.412 mg/l et la valeur maximale et de 0.995 mg/l. Les teneurs en nitrites présentent des variations sensibles dans le temps .

Les nitrites dans l'eau proviennent essentiellement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries (Rodier et al., 2009).

Dans le cas du barrage Ghib, les teneurs ont atteint la faible valeur de 0,137mg/l en mai (teneur inférieure à 3 mg/l), traduisant une eau de qualité moyenne selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ANRH (1999). Quant au barrage Bouroumi les nitrites ont atteint un taux de 0.995 mg/l en mars traduisant également une eau de

« mauvaise qualité » pour ce paramètre.

Les azotes nitreux représentent une forme moins oxygénée et moins stable de

l'azote,

représentant ainsi la forme de passage entre les nitrates et l'ammonium.

On peut lier cette pollution à deux origines, la première ou lessivages des sols riches en matières fécales animales et humaines pendant la saison pluviale et peut être expliqué par la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. En l'absence de pollution, il n'y a pas ou il y a très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active, les eaux peuvent être considérées comme pures ou se trouvant sous l'action d'une autoépuration active. Si la pollution est sensible, celle-ci devient significative au-delà de 1 mg/l. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte (Rodier et al. 2009).

- **Les nitrates**

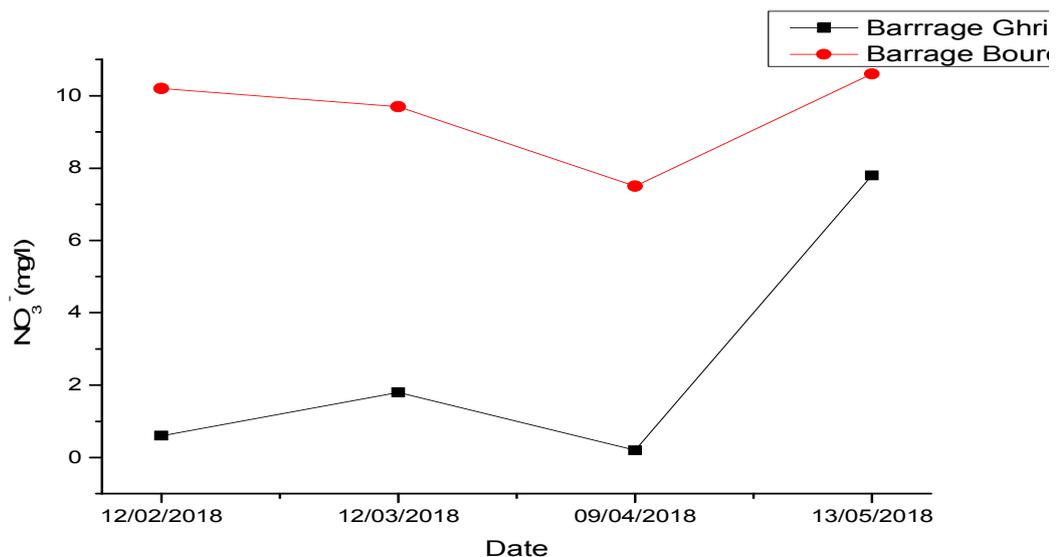


Figure 34: Variations spatio-temporelles des teneurs en nitrates (NO_3^-) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Les teneurs en nitrate, variant de 0.2 à 7.8 mg/l, sont en moyenne de 2.6mg/l NO_3^- à Ghrib (tableau III.31) ; elles sont en moyenne de 9.5 mg/l avec une minimale de 7.5 mg/l et une maximale de 10.6 mg/l pour Bouroumi .

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Leur présence dans une eau polluée atteste d'un processus d'autoépuration avancé.

Il est à souligner que le taux le plus élevé enregistré au barrage Bouroumi, 10.6 mg/l en mai (teneur inférieure à 10 mg/l), traduit une eau de « qualité moyenne » selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ANRH (1999). De même pour le barrage Ghrib où le taux le plus élevé est de 7.8 mg/l en mai, traduisant également une eau de « bonne qualité » pour ce paramètre durant la période de prélèvement (février à mai).

L'azote est un nutriment qui stimule la croissance des végétaux. En quantité excessive, il perturbe la production ou retarde la maturation des cultures.

Selon l'OMS, (1980) Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique. Leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration a déjà joué. En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates, la valeur moyenne traduit une eau de « qualité bonne selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ANRH

- **Les Phosphates**

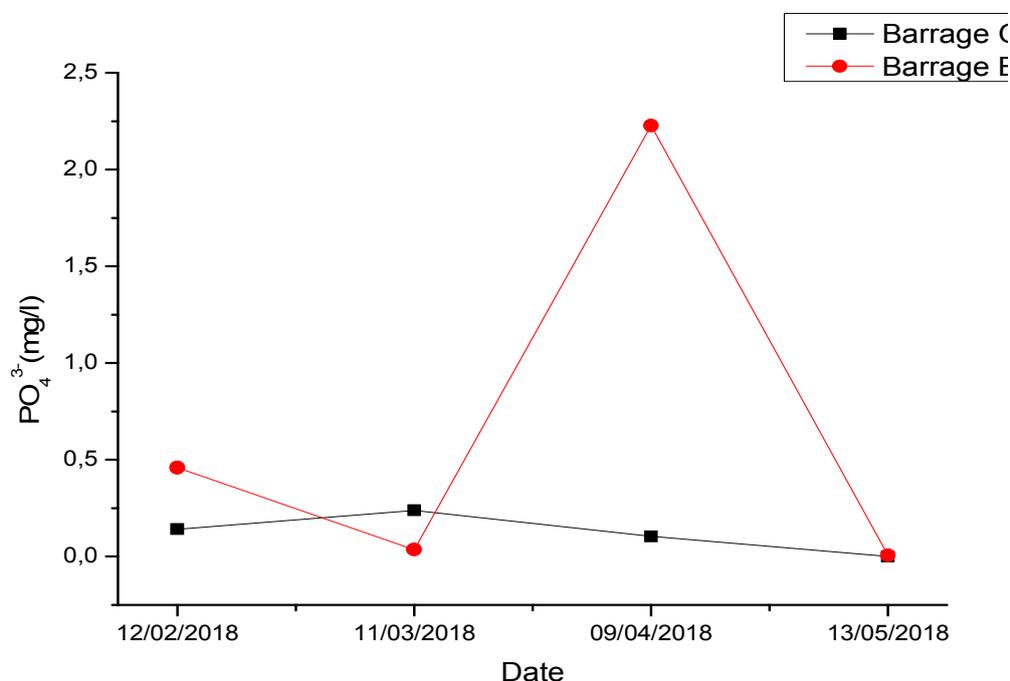


Figure 35: Variations spatio-temporelles des teneurs en phosphates (PO_4^{-3}) des eaux des barrages Ghrib et Bouroumi.

Au niveau des deux barrages la teneur en phosphates la plus élevée, 2.228 mg/l PO_4^{3-} , a été enregistrée au mois d'avril à Bouroumi .La plus faible teneur, 0 mg/l, a été enregistrée en mai à Ghrib ; elle est de 0.006 mg/l à Bouroumi pour le même mois. Les moyennes sont de 0.121 mg/l et 0.682 mg/l respectivement à Ghrib et Bouroumi .

Les teneurs en phosphates présentent des fluctuations relativement importantes et irrégulières d'un mois à l'autre et d'un barrage à l'autre surtout durant la période pluvieuse.

Le phosphate est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, et son absence peut être expliquée par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d'être absorbé par les sédiments dans le cas de désoxygénations importantes. Le phosphate est déterminant pour la productivité des écosystèmes aquatiques. Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues ; avec les nitrates, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les écosystèmes aquatiques ,où il contribue à l'eutrophisation. Les phosphates peuvent avoir pour origine le lessivage des terres cultivées enrichies en engrais phosphatés ou traités par certains pesticides et surtout la présence de lessives dans les eaux usées domestiques et urbaines (Rodier et al.,2009).

Les phosphates font partie des anions facilement fixée par le sol, leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique.

Les eaux des deux barrages contiennent des teneurs en phosphates allant de 0 mg/l à 2.228 mg/l (des teneurs supérieures à 0.5 mg/l) traduisant ainsi un indice de pollution (Pierre et al, 2004).

- **Silice**

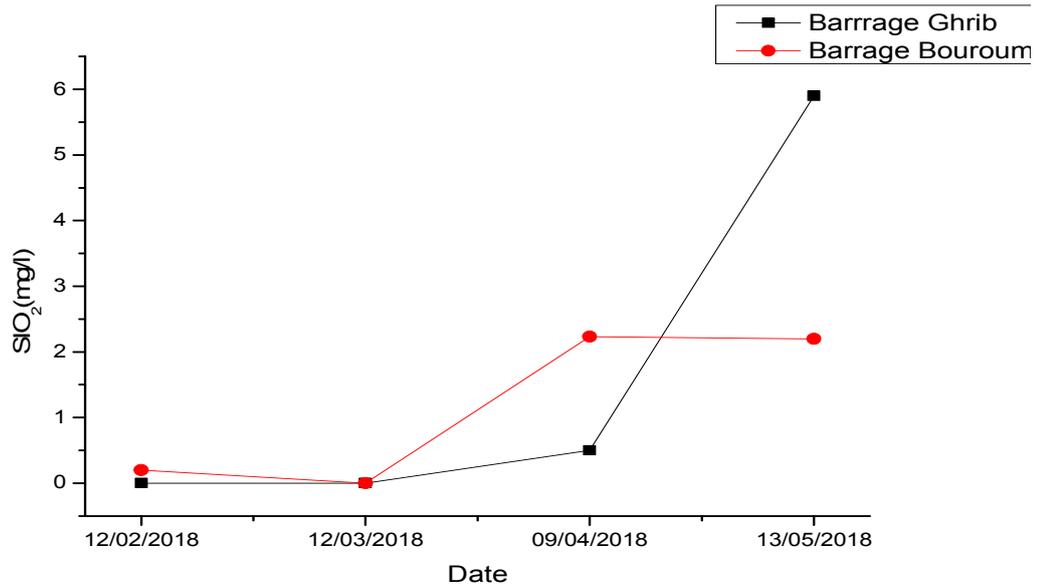


Figure 36 : Variation mensuelle de la silice (mg/l) de l'eau des barrages Ghrib et Bouroumi.

Sur terre, le silicium est le deuxième élément en abondance après l'oxygène. Les silicates sont faiblement solubles dans l'eau et proviennent de la dégradation des minéraux silicatés.

La silice entre dans l'élaboration des enveloppes siliceuses de certaines espèces de la flore aquatique (diatomées) et de la faune aquatique (éponges), ainsi que dans la constitution de la vase où les silicates sont les principaux constituants des argiles.

D'après la figure III.24 , montre que la concentration a augmenté respectivement dans la courbe avec des valeurs variant entre 0 à 5,9 mg/l pour le barrage Ghrib. Pour le barrage Bouroumi les valeurs enregistrées sont comprises entre 0 et 2.23mg/l

Dans l'eau, on les trouve sous forme colloïdale ou soluble, et leur concentration varie normalement entre 5 et 25 mg/l.

III.1.2 .Résultats des analyses Bactériologiques

La plupart des microorganismes à l'origine des grandes épidémies historiques d'origine hydrique. Le risque toxique dans le domaine de l'eau est dans la presque totalité des cas un risque chronique. Au contraire le risque microbiologique est un risque aigu correspondant à une pollution essentiellement intermittente (Rodier *et al.*, 2009).

Les analyses bactériologiques traitées dans cette étude concernant l'eau prélevée à

partir des 2 sites au niveau des deux barrages sont :

• **Barrage bouroumi**

Tableau VI: Résultats des analyses bactériologiques du barrage Bouroumi.

Date et l'heure de prélèvement	Coliforme totaux	E.coli	Streptocoque fécaux
12/02/2018 "12h30"	920	0	40
11/03/2018 "11h50"	2200	186	46
09/04/2018 "10h10"	920	0	4
21/05/2018 "15h30"	420	6	186
Normes JORA .2011	50.000UFC/100ml	20.000UFC/100ml	10.000UFC/100ml

Les résultats relatifs aux variations spatiales des concentrations en coliforme totaux, en coliformes fécaux et en Streptocoques fécaux sont présentés dans le tableau III.1. Au cours de cette étude l'examen bactériologique pour l'ensemble des prélèvements ont révélés des charges microbiennes dont les amplitudes sont moyennes entre les différents mois (de Février à Mai) En effet, les coliformes totaux au niveau du barrage bouroumi sont élevée au mois de mars par rapport aux autre mois , ces résultats ne dépassent pas les normes adoptés par JORA.2011.

les coliformes fécaux ainsi que les streptocoques fécaux sont enregistrée avec des faibles charges durant toute la période de prélèvement qui coïncide à quatre mois de suivie au niveau de l'eau de barrage Bouroumi, cette présence est due probablement à la dégradation des déjections fécaux des animaux.

• **Barrage Ghrib**

Tableau VII : Résultats des analyses bactériologiques du barrage Ghrib.

Date et l'heure de prélèvement	Coliforme totaux	E.coli	Streptocoque fécaux
12/02/2018 "12h30"	56	0	8
11/03/2018 "11h50"	480	46	46
09/04/2018 "10h10"	128	4	15
21/05/2018 "15h30"	186	86	14
Normes JORA .2011	50.000UFC/100ml	20.000UFC/100ml	10.000 UFC/100ml

Pour l'eau de barrage Ghrib, A partir du tableau III.2 nous observons la présence

des coliformes totaux avec des valeurs variables. Globalement, ces valeurs ne dépassent pas le seuil des normes adoptées par JORA.2011. En ce qui concerne les coliformes fécaux , on note leur absence total durant le premier prélèvement, les prélèvements qui suivent, enregistre un taux variable allons de 4 à 86 UFC, se qui explique que le seuil des normes n'est pas dépassé. Passant aux streptocoques fécaux, les résultats on démontrés que les prélèvement n'ont pas dépassés le seuil des normes avec des taux qui varie entre 8 jusqu'a 46 UFC.

Discussion

L'analyse statistique fait apparaître que la physico-chimie et la bactériologie discrimine très bien l'eau des deux barrages Ghrib et Bouroumi et témoigne de leur qualité.

Selon nos résultats, l'étude des paramètres physiques a été réalisées sur les véritables suivants : la température, pH, la conductivité, la turbidité, la dureté (Mesurées au niveau des deux barrages).

Ces variables physiques ont été d'abord été analysées à l'aide d'une ACP associée à une analyse multivariable et du Test de ONE WAY ANOVA, effectuées sur l'ensemble des données relevés à partir des deux barrages qui ont présentés des différences hautement significatives.

Ces résultats traduits très probablement que chaque paramètre physique à une corrélation avec l'autre.

les coliformes totaux constituent la population bactérienne présente dans les milieux aquatique . L'identification de ces germes nous informe sur l'évolution de la biomasse bactérienne, sans préciser la source de contamination . généralement un faible dénombrement de ces germes dans l'eau permet d'apprécier sa bonne qualité (CEAEQ,2005).

Selon nos résultats, les coliformes totaux énumérée dans les eaux brutes du barrage Ghrib et Bouroumi qui ont été étudié au niveau d'Algériennes des eaux (ADE) à varie entre 56 et 2200 germes/100ml. Ces résultats sont conformes aux normes de qualité des eaux de surface de l'OMS et du JORA,2011 (50000 UFC/100 ml) (OMS,

2004). Le lessivage des sols par les eaux de ruissellement peut être néanmoins une des raisons principales pour la mobilisation des biomasses des sols(Ouhmidou *et al.*, 2012) Cette hypothèse est confirmée par Créteur (1998) qui a signalé que la concentration des microorganismes présents dans les eaux augmente avec la pluviométrie.

Les coliformes fécaux proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux à sang chaud. La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risquée pour la santé des humaines et des animaux. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et, dans certains cas, peut causer la mort. Les premiers symptômes sont généralement de nature gastro-intestinale : nausées, vomissements et diarrhées (Bartram et Rees en 2000).

Selon Bartram et Rees en 2000, indiquent *E-Coli* est le seul biotype de la famille des entérobactéries qui est presque toujours d'origine fécale. En outre, les bactéries *E-Coli* représentent environ 95% de toutes les bactéries Coliformes thermo tolérants détectés. On la retrouve dans les eaux d'égout, les effluents traités ainsi que dans toutes les eaux naturelles.(CEAEQ,2003).

La présence des coliformes fécaux dans les eaux brutes du barrage Ghrib et Bouroumi sont la conséquences de plusieurs facteurs environnementaux tels que: les précipitations, le ruissellement des sols(Mahiddine .FZ,2017). Les eaux de l'Oued qui alimentent ce barrage ramènent au cours de leur passage (la matière fécale des animaux), ce qui provoque une augmentation des concentrations des eaux de l'Oued en coliformes fécaux(Ouhmidou *et al.*, 2012). Ces résultats recensés restent dans les normes de qualité des eaux de barrage, selon les standards décrits par l'OMS.

Les streptocoques fécaux sont plus résistants au stress et à la chloration que les coliformes et survivent généralement plus longtemps dans l'environnement (Payement et al., 2003). En outre, contrairement aux coliformes, ils recroissent très difficilement dans le réseau (RQEP, 2006).

Les fluctuations de la contaminations fécale par les streptocoques des eaux du barrages bouroumi et Ghrib ont été enregistré pendant la période d'études avec de faible charges .Ceci déduire par une forte pluie durant cette période.

III.2.Modulation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de barrage Ghrib et bouroumi

L'évaluation de la fluctuation de la qualité physique de l'eau barrage a été faite dans deux points de prélèvement à savoir : l'eau de barrage Ghrib et Bouroumi.

L'analyse en composantes principales (ACP) a été adoptée afin de définir les tendances de la qualité physique des eaux de deux barrages.

L'analyse multivariée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution près de 99.99% (fig.37.a).

La projection des données relatives a la TAC (titre alcalimétrique complet) sur l'axe 1 (91.44%) permet de constaté que les prélèvements lors de nos prélèvement elle a un effet directe pour barrage Bouroumi , par rapport à la projection de la TH (la dureté) et pH sur l'axe 2 (8.55%) pour barrage Ghrib qui nous permettent d'observer que les tendances de la différenciation de la qualité physique lors de nos jours de prélèvement influence positivement.

L'analyse multivariée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution près de 97.78 (fig.37.b).

Nous avons préféré de discuter l'effet de la qualité physique sur la HCO_3^- (bicarbonate)qui nous permettent de dire que les dates de prélèvement au barrage Bouroumi qui correspondent au janvier ,mars ,avril se rapproche à l'effet de la projection du (NO_3^- , SiO_2 , NO_2^- , Mg , NH_4^+ , PO_4^+) qui sont limitée sur l'axe 1.

La projection des données relatives a la HCO_3^- (bicarbonates) sur l'axe 1 (93.11%) permet de constaté que les prélèvements lors de nos prélèvement au barrage Bouroumi elle a un effet directe pour , par rapport à la projection de la Ca^{2+} et SO_4^- sur l'axe 2 (4.67%) pour barrage qui nous permettent d'observer que les tendances de la différenciation de la qualité physique lors de nos jours de prélèvement influence positivement.

Pour barrage Ghrib L'analyse multivariée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution près de 97.16% (fig 37.c).

La projection des données relatives a la conductivité sur l'axe 1 (74,07%) permet de constaté que les prélèvements lors de nos prélèvement non pas eu un effet directe par

apport à la projection de Ca^+ sur l'axe 2 (23,09%) qui nous permettent d'observer que les tendances de la différenciation de la qualité physique lors de nos jours de prélèvement influence positivement par apport à la HCO_3^- , Mg , Cl^- .

La figure 37(a,b,c) représente les prélèvements dans barrage Ghrib et Bouroumi. Cette représentation, ressort que les paramètres étudiés sont regroupés en deux grands groupes.

Dans la première partie des paramètres bactériologique, les coliformes fécaux, E.coli et streptocoque sont corrélées positivement avec des taux respectivement de (0,99;0,015;0,05) cette corrélation est indiquée par 86% (figure37.c).

• **Barrage Bouroumi**

Dans la première partie des paramètres physiques, la matière organique (MO) est corrélée positivement avec un taux de (0.33) sachant que l'indice de corrélation est de 60,89%. La matière en suspensions (MES à 105°C) et (MES à 600°C) sont corrélées négativement avec des taux respectivement de (-0,98 ; -0.27), cette corrélation est indiquée par 35.86% (figure 38.a). Dans l'optique d'un suivi régulier de la qualité des eaux, la possibilité de réduire de matière en suspension peut maximiser un réel intérêt dans la gestion des milieux aquatiques.

• **Barrage Ghrib**

Dans la première partie positive des paramètres physique, La matière organique (MO) est corrélée avec un taux de (0.85) sachant que l'indice de corrélation est de 51.72%. La matières en suspensions (MES à 105°C),(MES à 600°C) et Résidus sec (RS) sont corrélées négativement avec des taux respectivement de (-0,94 ; -0.64 ; -0.15) , cette corrélation est indiquée par 36.55% (figure 38.b). Dans l'optique d'un suivi régulier de la qualité des eaux, la possibilité de réduire de matière en suspension et résidus sec peut maximiser un réel intérêt dans la gestion des milieux aquatiques.

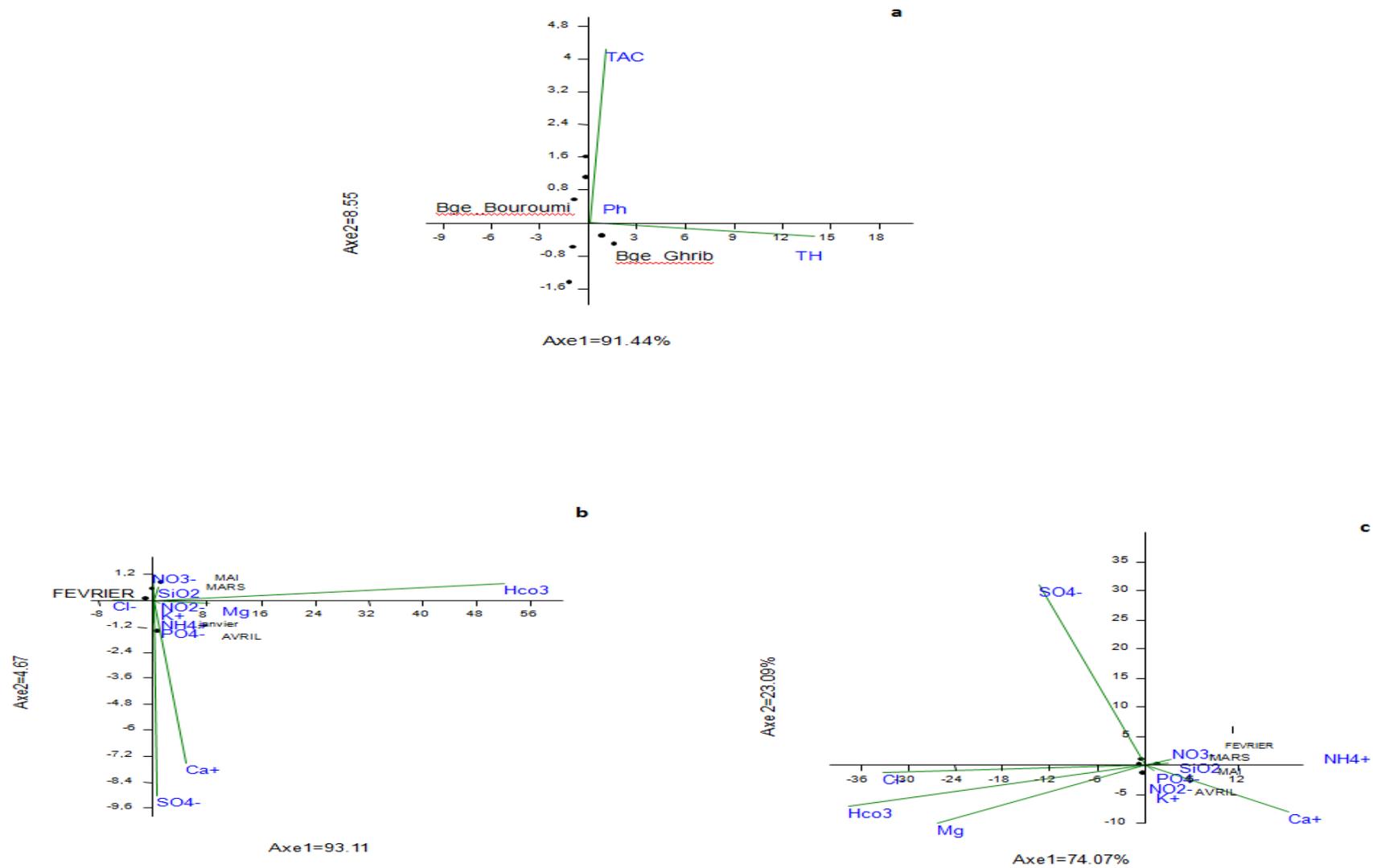


Figure 37 (a, b, c): Projection des paramètres physiques de deux barrages Ghrib et Bouroumi sur les deux axes de l'ACP

a : Les deux barrages ; **b** barrage Bouroumi ; **C :** barrage Ghrib

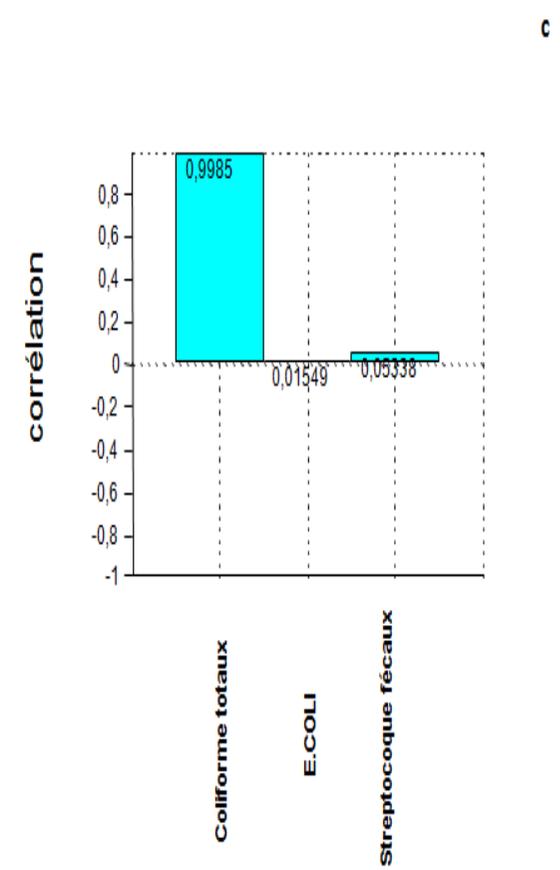
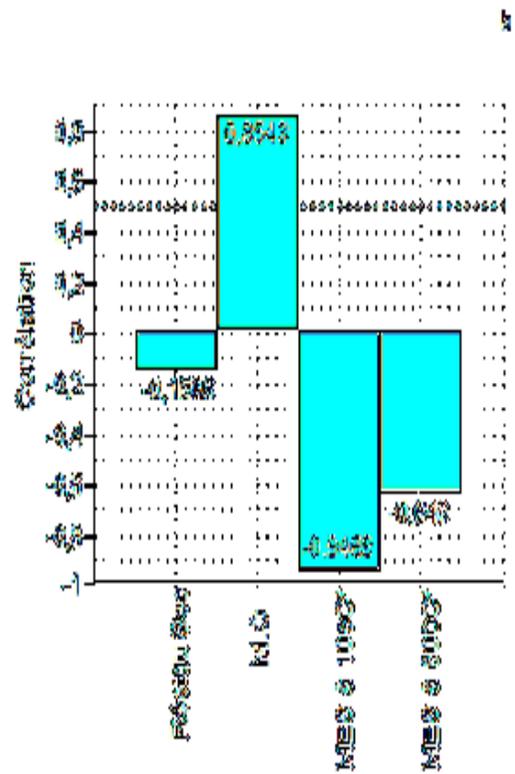
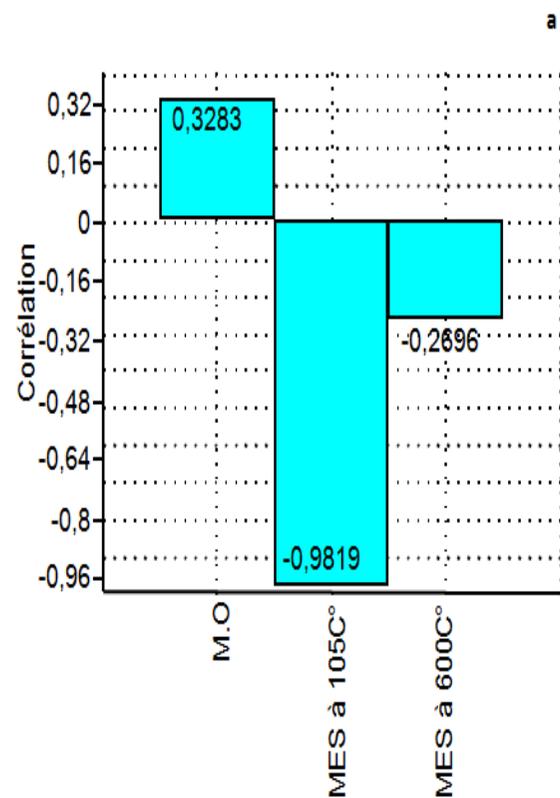


Figure 38(a, b,c) : Étude de la corrélation entre les paramètres physique de deux barrages Ghrib et Bouroumi .

a :Barrage Bouroumi; b : Barrage Ghrib ; c :bactério Ghrib et Bouroumi ; MO : matière organique; MES : matière en suspension ; RS : résidus sec

III.3.Valorisation de l'effet physico-chimique sur la qualité de l'eau du barrage bouroumi et Ghrib

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'accumulation de la qualité physique présente une différence significative sous l'effet des paramètres physico-chimiques dans la Figure 39 sachant qu'au point de prélèvement de l'eau des deux barrages bouroumi et Ghrib, la probabilité est de ($P= 9,356 \times 10^{-6}$; $P \leq 0,01$).

La figure (39) montre la qualité de l'eau des deux barrages présente une accumulation temporelle hautement significative (Test Kruskal-Wallis $P= 0,00093^{**}$; $P \leq 0,01$) entre la turbidité, la conductivité, et la température. La même figure note que la température et l'oxygène dissous accumule d'une manière significative (Test Kruskal-Wallis $P= 0,0038^{**}$; $P \leq 0,01$)

La conductivité présente une accumulation très importante avec des taux allons jusqu'à 2490 us/cm (Figure 39), suivie de la température et l'oxygène dissous qui ne montre pas d'importantes variations entre les deux barrages par apport à la T° ne dépasse pas 21°C et une valeur maximal de 10,7 mg/l par apport à l' O_2 dissous. Le pH et la turbidité leurs proportions accumulées sont moyennes par comparaison aux température et l'oxygène dissous avec les taux respectivement (8 ; 16 NTU) (Figure39).

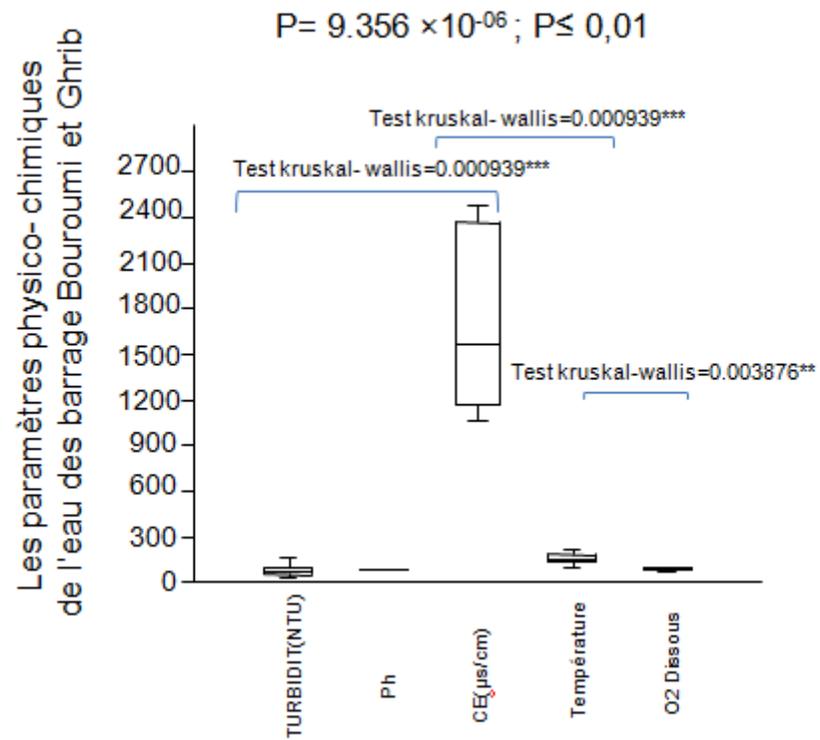


Figure 39 : Effet des différents paramètres physico-chimiques sur la qualité de l'eau de deux barrage Ghrib et Bouroumi .

Les résultats de cet analyse montrent que l'accumulation de la qualité physique présente une différence significative sous l'effet des paramètres physico-chimiques dans la Figure 40 (a, b) sachant que : au point de prélèvement de l'eau de barrage Bouroumi, on note ($F= 158,8$; $P= 6.169 \times 10^{-25}$; $P \leq 0,01$), et pour l'eau de barrage Ghrib ($F = 233,5$; $P= 1.222 \times 10^{-27}$; $P \leq 0,01$).

La teneur en calcium (Ca^{2+}), en magnésium (Mg^{2+}) et en chlorure (Cl^-) par (mg/l) présente une accumulation moyenne avec les taux respectivement (92 mg/l, 61mg/l, 85mg/l) (Figure 40.a)

la teneur en sulfate (SO_4^{2-}) et en bicarbonate (HCO_3^-) par (mg/l) présente une accumulation importante qui a atteint les (306 mg/l) pour le sulfate et une valeur maximale (305mg/l) pour le bicarbonate. Les proportions accumulées en silice, Phosphate, Ammonium, potassium, nitrate et Nitrite dans l'eau du barrage Bouroumi sont nulles en les comparons avec les deux premiers (SO_4^{2-} , $Hco3$) (Fig.40.a).

Nous avons remarqués à partir de la figure (40.a), la qualité de l'eau présente une accumulation temporelle hautement significative (Test de one-way ANOVA $P= 0,0001831***$; $P \leq 0,01$) entre la teneur en magnésium (Mg^{2+}), sulfate (SO_4^{2-}), bicarbonate ($Hco3$) et chlorure (Cl^-). La même figure note que le chlorure et le silice accumule d'une manière hautement significative (Test de one-way ANOVA $P= 0,0001935***$; $P \leq 0,01$)

La teneur en calcium (Ca^{2+}) et en magnésium (Mg^{2+}) par (mg/l) présente une accumulation moyenne avec les taux respectivement (156mg/L, 84mg/l) par contre le chlorure (Cl^-) présente une accumulation importante qui a atteint les 348 mg/l. Mais ne dépasse pas le seuil de la norme algériennes (Fig.40.b).

La figure (40.b) montre que la teneur en sulfate (SO_4^{2-}) présente une accumulation très importante qui a atteint le pic (536 mg/l) c'est à dire elle a dépassé le seuil de la norme qui est indiqué par 400 mg/l, suivie de la teneur en bicarbonate avec un taux de (214mg/l). Les proportions accumulées en silice, Phosphate, Ammonium, potassium, nitrate et Nitrite dans l'eau du barrage Ghrib sont nulles en les comparons avec les deux premiers (SO_4^{2-} , $Hco3$)

La figure (40.b) montre que la qualité de l'eau présente une accumulation temporelle hautement significative entre le phosphate et le calcium, le magnésium et le sulfate, le

bicarbonate et le chlorure ainsi que le silice (Test de one-way ANOVA $P= 0,0001831^{***}$; $P\leq 0,01$). La même figure démontre que le calcium et magnésium accumulent d'une manière significative, (Test de one-way ANOVA $P= 0,002839$; $P\leq 0,01$).

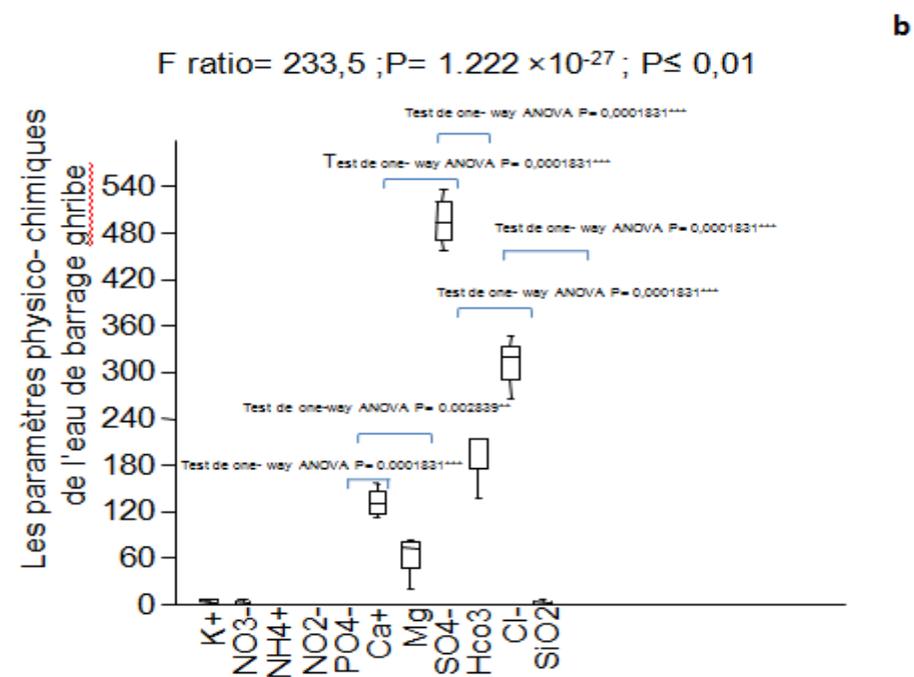
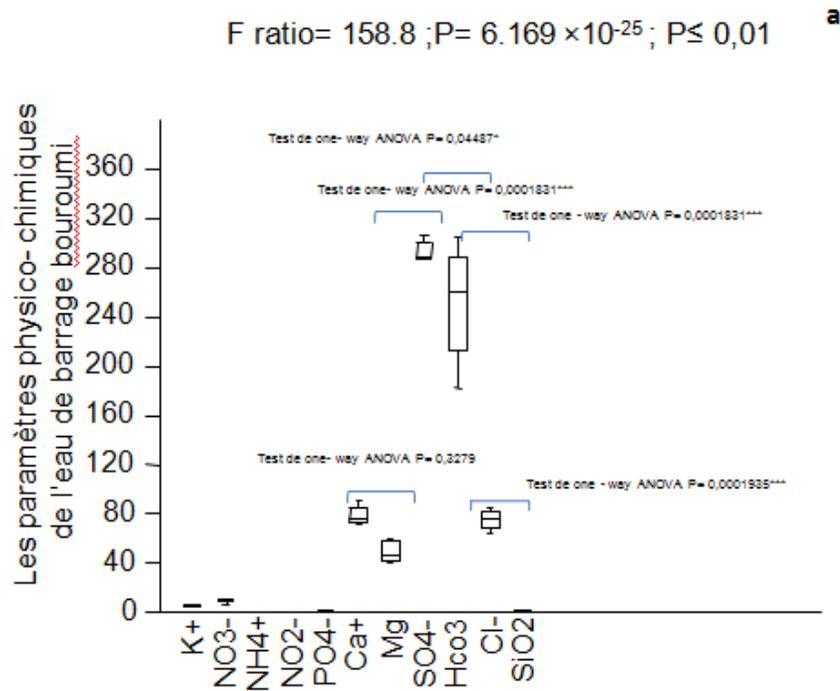


Figure 40 (a, b): Effet des différents paramètres physico-chimiques sur la qualité de l'eau de deux barrages Ghrib et Bouroumi .

III.4.Comparaison quantitative des paramètres physico-chimique et bactériologique

de la qualité de l'eau de barrage Ghrib et Bouroumi

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de barrage Ghrib et Bouroumi (figure 41).

La comparaison quantitative entre les paramètres physiques et à l'aide du ternaire, nous montre que la dureté (TH) affiche une richesse importante pendant la période d'étude par rapport au titre alcalimétrique (TAC) et pH .

Concernant la comparaison entre coliforme totaux, E.coli et streptocoque fécaux, indique que les coliforme totaux annoncent une richesse importante durant le suivi par rapport à la E.coli et streptocoque fécaux

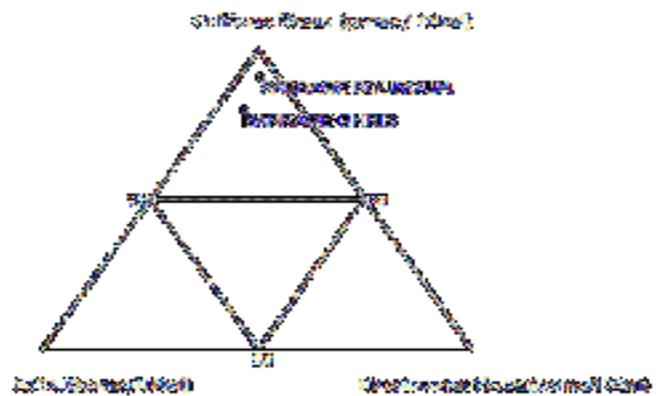


Figure 41 : Étude comparée des paramètres physico-chimique et bactériologique de la qualité de deux barrages Ghrib et Bouroumi.

TH : la dureté ; TAC : titre alcalimétrique complet

III.5.Grille de la classification de l'eau des deux barrages Ghib et Bouroumi

L'ANRH suit l'évolution de la qualité de l'eau des barrages Ghib et Bouroumi selon une grille de qualité des eaux superficielles pour produire une eau potable. Cette grille de qualité est divisée en qualité physique, minérale, azoté ,phosphorée et organique.

Tableau VIII:Classification de l'eau des deux barrages Ghib et Bouroumi par les différentes altérations.

Altération	Paramètres	Classe	
		Barrage Ghib	Barrage Bouroumi
Physique	PH	C1	C1
	CE	C3	C1
	Résidus sec(mg/l)	C3	C2
	Ca ²⁺ (mg/l)	C2	C1
	Mg ²⁺ (mg/l)	C1	C2

Minérale	Na ⁺ (mg/l)	C3	C2
	Cl ⁻ (mg/l)	C3	C1
	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	C4	C2
Organique	Oxygène dissous(mg/l)	C1	C1
	DBO5(mg/l)	C1	C1
	DCO(mg/l)	C1	C1
	MO(mg/l)	C2	C1
Phosphorée	PO ₄ ³⁻ (mg/l)	C3	C3
Azoté	NH ₄ ⁺ (mg/l)	C3	C3
	NO ₃ ⁻ (mg/l)	C1	C1
	NO ₂ ⁻ (mg/l)	C3	C3

D'après les résultats obtenus, l'eau du barrage Ghrib vis-à-vis de l'altération physique est de bonne qualité à très mauvaise ,pour le barrage Bouroumi elle est de bonne qualité ;

La grille de qualité des eaux de barrage Ghrib fait ressortir pour l'altération minérale que la qualité de cette eau est de qualité moyenne à très mauvaise ,et de bonne à moyenne pour le barrage Bouroumi.

Les résultats de l'altération organique indiquent que l'eau du barrage Ghrib est de bonne qualité à moyenne, et de bonne qualité pour le barrage Bouroumi

Selon les résultats obtenus, l'eau vis-à-vis de l'altération phosphorée et azoté en nitrites et ammonium ,elle est de qualité moyenne pour les deux barrages, et pour l'altération azoté en nitrate elle est classée de bonne qualité pour les deux barrages.

Conclusion

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que les eaux de barrages Ghrib et Bouroumi sont destinés à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation, il convient de rappeler que le barrage de Ghrib est un complexe hydraulique en Algérie. Il couvre les besoins en eau de deux wilayas de Ain Defla et huit autres de la wilaya de Médéa et l'unité industrielle Saidal, alors que le barrage Bouroumi est destiné à l'alimentation en eau potable de Hammam Regha et Boumedfaa, à l'irrigation de l'Ouest de la Mitidja et depuis peu au transfert des eaux du barrage Ghrib pour l'alimentation complémentaire d'Alger Sud. D'où l'intérêt de la préservation de la qualité de leurs eaux qui nécessite une surveillance continue du niveau de contamination.

Les résultats des analyses sur quatre échantillons prélevés mensuellement pour chaque barrage ont montré que les eaux du barrage sont caractérisés par :

- Une température inférieure à 25°C qui est saisonnière, influencée par la température de l'air
- Un pH à tendance faiblement alcaline oscillent entre 7.8 et 8.3
- Une CE généralement élevée pour le barrage Ghrib, mais ne dépassant pas les normes, traduisant une minéralisation excessive entre 2283.25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2490 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Une évolution du taux d'oxygène dissous varie entre 7,3 mg/l et 10,7 mg/l qui reflète un processus d'autoépuration avancé et des eaux généralement bien oxygénées
- Des taux importants du résidu sec et des MES révélant une pollution organique marquée par de fortes charges organiques et minérales
- Des teneurs en Cl^- (65 mg/l, 348 mg/l), SO_4^- (286 mg/l, 536 mg/l) traduisant une salinité importante
- Une DBO₅ (les valeurs enregistrées sont entre 1-4 mg/l) et la DCO oscillent entre une valeur minimale de 9 mg/l d'O₂ et une valeur maximale de 20 mg/l qui reflètent une eau de bonne qualité
- Des teneurs en matières azotées (nitrates) variant de 0.2 mg/l à 10,6 mg/l, reflétant une eau de bonne qualité probablement du fait que les eaux usées des importantes agglomérations soient traitées en stations d'épuration
- Des teneurs en matières azotées (nitrite) reflétant une eau de mauvaise qualité entre 0,137 mg/l et 0,995 mg/l

- Des teneurs relativement élevés pour les phosphates avec une teneur élevée de 2,228 mg/l , signe également d'une eau de mauvaise qualité.

- Les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux sont enregistrée avec des faibles charges entre 0 et 2200 UFC durant toute la période de prélèvement au niveau des deux barrages, ces valeurs ne dépassent pas le seuil des normes adoptées par JORA.2011.

Pour préserver la qualité des eaux des barrages, il devient nécessaire que l'état impose son autorité au secteur industriel pour qu'il respecte la réglementation en vigueur en matière de protection et de respect de l'environnement afin d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution. Il est également nécessaire d'adopter une politique de recyclage des déchets et ordures dans le but de réduire leur impact sur les écosystèmes aquatiques, réceptacles ultimes des diverses pollutions.

A l'issue de cette contribution, dans nos perspectives nous proposons :

- Un suivi régulier de tous les paramètres physico-chimiques et de pollution organique pour alimenter une banque de données permettant d'évaluer l'évolution de la qualité et des aptitudes de ces réservoirs d'eau

- De réaliser un suivi de l'évolution de la contamination des eaux et surtout des sédiments par les éléments traces métalliques (ETM) qui s'accumulent dans les sédiments, vu les problèmes d'envasement que connaissent les barrages en Algérie

Ces barrages peuvent constituer des ateliers pour de nombreuses investigations et répondre ainsi à de multiples préoccupations scientifiques aussi bien sur le plan de l'évaluation des niveaux des divers types de contamination que sur celui de la biodiversité faunistique et floristique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Les caractéristiques des eaux de surface.	8
Tableau II: Classes des eaux potables en fonction de leur conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$).	11
Tableau III: Classement de l'eau selon la dureté.	15
Tableau IV: Qualité de l'eau en fonction de la DBO_5 .	16
Tableau V: La fiche technique du barrage Ghrib.	24
Tableau VI: Résultats des analyses bactériologiques du barrage Bouroumi.	65
Tableau VII: Résultats des analyses bactériologiques du barrage Ghrib.	65
Tableau VIII: Classification de l'eau des deux barrages Ghrib et Bouroumi par les différentes altérations	70

Annexe I

Méthodologie de cartographie de la qualité des eaux selon l'ANRH

Définition des quatre classes de qualité :

- ❖ **Classe I** : Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière ; Elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.
- ❖ **Classe II** : Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement. Elle est représentée en vert.
- ❖ **Classe III** : Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé. Elle est représentée en jaune.
- ❖ **Classe IV** : pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques et très onéreux. Elle est représentée en rouge

Tableaux I.2 : Grille pour estimer la qualité générale de l'eau

Qualité et Paramètre	I	II	III	IV
----------------------	---	----	-----	----

A – Qualité physique :

PH	≥ 6,5 et ≤ 8,5	-	< 6 ou > 8	-
Conductivité	≤2000	-	> 2000	-

B – Qualité minérale

Résidus sec (mg/l)	100-300	1000-1200	1200-1600	>1600
Ca ⁺² (mg/l)	40-100	100-200	200-300	>300
Mg ⁺² (mg/l)	<30	30-100	100-150	>150
Na ⁺ (mg/l)	10-100	100-200	200-500	>500
Cl(mg/l)	10-100	150-300	300-500	>500
SO ₄ ⁻² (mg/l)	50-200	200-300	300-400	>400

C- Qualité organique

Oxygène dissous	90-100	50-90	30-50	<30
DBO ₅ (mg/l)	<5	5-10	10-15	>15
DCO (mg/l)	<20	20-40	40-50	>50

MO (mg/l)	<5	5-10	10-15	>15
------------------	----	------	-------	-----

Tableaux I.3: Grille utilisée pour signaler les problèmes du phosphore

Formes du Phosphore	P1 situation Normale	P2 pollution Modérée	P3 pollution Notable	P4 pollution Importante
PO₄³⁻ (mg/l)	≤0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3

Tableaux I.4 : Grille utilisée pour signaler les problèmes de l'azote

Formes de L'azote	N₁ situation Normale	N₂ pollution Modérée	N₃ pollution Notable	N₄ pollution Importante
NH₄⁺ (mg/l)	≤0.01	0.01-0.1	0.01-3	>3
NO₂⁻ (mg/l)	≤0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
NO₃⁻ (mg/l)	≤10	10-20	20-40	>40
NTK (mg/l)	≤2	2-3	3-10	>10

Tableaux I.5: Grille utilisée pour signaler les problèmes des éléments toxique et indésirables

Élément Toxique	M₁	M₂	M₃	M₄
Fe (mg/l)	0 - 0.5	0.5 - 1	1 - 2	>2
Mn (mg/l)	0 - 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 1	>1
Cr (mg/l)	0	0 - 0.05	0.05 - 0.5	>0.5
Cu (mg/l)	0	0.02- 0.05	0.05 - 1	>1
Zn (mg/l)	0	0 - 0.5	0.05 - 1	>1
Cd (mg/l)	0	0	0 - 0.01	>0.01
Pb (mg/l)	0	0	0 - 0.05	>0.05
F⁻ (mg/l)	0	0 - 0.8	0.8 - 1.5	>1.50
CN⁻ (mg/l)	0	0	0 - 0.02	>0.02
Phénols (mg/l)	0 - 0.002	0.002 - 0.02	0.02 - 1	>1
Détergent (mg/l)	0 - 0.3	0.3 - 0.5	0.5 - 3	>3

Annexe II

II.1. Matériel pour les analyses physico-chimiques :

❖ Matériels pour échantillonnage

- Bouteille en plastique
- flacon stérile en verre
- Glacière

❖ Appareillage

- Etuve à 105°C
- Spectrophotomètre
- Conductimètre Delta OMH/HD 340
- pH mètre
- turbidimètre
- plaque chauffante
- thermomètre numérique HANNA instruments
- balance analytique
- incubateur à 37°C

❖ Verrerie

- Fiole 250 ml, 500ml
- Erlen
- Béchers
- Pipettes Pasteur
- Pipettes graduées
- Eprouvettes
- Burettes
- Lance de platine
- Entonnoir
- Eprouvette
- Tubes à essais.

Matérielle pour l'analyse microbiologique :

❖ Milieu de culture :

- Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésolé (BCPL)
- Bouillon à l'acide de sodium (bouillon de Schubert)
- Bouillon à l'éthyle violet et acide de sodium (Eva-litsky)

❖ Réactifs, additifs et solutions

- Eau physiologie stérile
- Réactifs de Kovacs

❖ Appareillage et verrerie

- Pipettes pasteurs stériles à usage unique
- Pipettes graduées de 25ml

- Tuber à essai stériles
- Bec benzène
- Etuve à 37 C°. 44 C°
- Réfrigérateur
- Flacons en verre de 250ml stériles
- Portoirs
- Autoclave

❖ Recherche des coliformes

• Bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre, (BCPL milieu simple et double concentration) en g/l d'eau distillée+la cloche :

- Peptone 5g
 - Extrait de viande 3g
 - Lactose 10g
 - Pourpre de bromocrésol 15g
 - Bacto-Agar-Difco 15g
 - Eau distillée 1000ml
- PH final : 6,9±0,2

• Bouillon de Schubert en g/l d'eau distillée :

- Tryptophane 0.2g
 - Acide glutamique 0.2g
 - Sulfate de magnésium 0.7g
 - Citrate de sodium 0.5g
 - Sulfate d'ammonium 0.4g
 - Chlorure de sodium 2g
 - Peptone 10g
 - Mannitol 7,5g
 - Phosphate disodique 4g
 - Phosphate monopotassique 0,6g
 - Eau distillée 500ml
- pH final : 7,4± 0,2

• Réactif de Kovacs

- Paradiméthylaminobenzaldéhyde 5g
- Alcool iso-amylique 75ml
- Acide chlorhydrique 25ml

❖ Recherche des streptocoques fécaux

• Milieu Rothe (milieu simple et double concentration) en g/l d'eau distillée :

- | | S/C | D/C |
|------------------------------------|------|------|
| - Hydrolysate tryptique de caséine | 12.6 | 25.2 |
| - Peptone bactériologique | 8 | 16 |
| - Glucose 5 | 10 | |
| - Chlorure de sodium | 5 | 10 |
| - Phosphate dipotassique | 2,7 | 5,4 |
| - Phosphate monopotassique | 2,7 | 5,4 |
| - Acide de sodium 0,2 | 0,4 | |

- **Milieu EVA LITSKY en g/l d'eau distillée :**
 - Peptone 20g
 - Glucose 5g
 - Chlorure de sodium 5g
 - Phosphate dipotassique 2,7g
 - Phosphate monopotassique 2,7g
 - Azothydrate de sodium 0,3g
 - Éthyle-violet 5 ml
 - Eau distillée 1000ml
- pH final : 6,8± 0,2

Annexe III

I. Méthodes d'analyses physico-chimiques d'eau :

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) à Soumâa selon des protocoles élaborés par cette agence et ceux de **RODIER et al., 2009** [10 ;14] :

➤ **Température (T) et Potentiel d'hydrogène (pH)**

La mesure de la température est effectuée in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure immergé dans l'eau pendant 10 minutes.

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode de pH combinée (pH Mètre WTW). Le mode opératoire est le suivant :

- Prendre environ 20ml d'eau à analyser,
- Mettre un agitateur avec une faible agitation,
- Tremper l'électrode dans le bécher,
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation,
- Puis noter le pH.

➤ **Conductivité électrique (CE) (NF T90-031)**

Pour déterminer la CE, nous avons utilisé un conductimètre de marque WTW et nous avons procédé de la manière suivante :

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage avec de l'eau distillée,
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

L'expression des résultats : Le résultat est donné directement en $\mu\text{S/cm}$.

➤ **Oxygène dissous**

En milieu alcalin, le sulfate manganoux précipite à l'état d'hydroxyde manganoux. Celui-ci est oxydé par l'oxygène dissous en hydroxyde manganique. Les étapes du mode opératoire sont :

- Remplir complètement avec de l'eau à analyser un flacon de 125ml à col rodé,
- Ajouter rapidement à l'aide d'une pipette plongeant sous la surface du liquide 1ml de sulfate manganoux et 1ml de réactif à l'iodure de potassium,
- Reboucher sans emprisonner de bulles d'air et agiter,

- Quand le précipité formé s'est déposé, introduire de la même manière 2ml d'acide sulfurique dilué au 1/2, agiter,
- Quand tout le précipité s'est dissous, prélever 103ml de la solution (3ml pour tenir compte du volume déplacé par les réactifs) et les mettre dans un erlen Meyer,
- Doser l'iode formé par la solution de thiosulfate à 0,0125N,
- Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5ml d'indicateur à l'empois d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète,
- Mettre 20ml d'iodate de potassium à 0,01N dans un erlen de 125ml,
- Ajouter 10ml d'acide sulfurique au 1/5,
- Ajouter 15ml d'iodure de potassium à 0,6M,
- Titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium
- Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5ml d'indicateur d'empois d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète. De préférence ajuster la solution à 0,0125N très exactement.

Calcul

Soit :

$$\text{Titre de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{Titre du KIO}_3 \times \frac{\text{Volume de KIO}_3}{\text{Volume de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$V \text{ (mg/l) d'O}_2 = 80.V.T \text{ mg/l de O}_2 \text{ dissous.}$$

➤ **Résidu Sec (NF T 90-029)**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau filtrée permet d'évaluer la teneur en matière dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Le mode opératoire est le suivant :

- Tarer une capsule préalablement lavé, rincée à l'eau distillée et desséchée,
- Prélever V=100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule,
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24heures,
- Peser immédiatement et rapidement.

Calcul

$(P_P - P_V) \cdot 10 \cdot 100 / V \text{ (mg/l) de Résidu Sec}$

P_P : le poids plein de la capsule.

P_V : le poids vide de la capsule.

L'expression des résultats : Les résultats sont donnés en mg/l.

➤ **Matières en suspension MES (Rodier.2009)**

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrées dans les bonnes conditions.

Pour les échantillons solides, la perte à 105°C ou 550°C représente la perte d'eau ou d'autres substances volatiles à ces températures.

Le mode opératoire est le suivant :

- Peser une capsule P₁ conditionnée à l'aide d'une balance analytique.
- Décantation de l'échantillon.
- Prélever à l'aide d'un cylindre gradué 100ml de l'échantillon homogène aqueux et verser dans le tube à centrifuger.
- Centrifugation le volume d'eau à 4000 tr/min pendant 10min.
- Verser le culot de matière dans la capsule préalablement pesée.

- Rincer le tube à centrifuger avec 2 portions de 10 ml d'eau et transférer dans la capsule.
- Transférer la nuit la capsule dans une étuve à 105 °C pendant la nuit. Le lendemain, laissé refroidir la capsule et peser la capsule P₂.
- Chauffer pendant un minimum de 2 heures la capsule dans le four à moufle à 550 °C. Laisser refroidir la capsule puis peser la capsule P₃.

Calcul et expression des résultats :

La teneur en mg/l de matières totales est donnée par l'expression :

$$(P_2 - P_1) \times 1000 / V$$

La teneur en mg/l de ce qui est considéré comme les matières minérales :

$$(P_3 - P_1) \times 1000 / V$$

La matière organique en mg/l sont données par l'expression :

$$(P_2 - P_3) \times 1000 / V$$

➤ **Dosage du calcium (Ca²⁺) et du Magnésium (Mg²⁺) « AFNOR NF T90-003 »**

Le sel disodique de l'acide Ethylène Diamino Tétra Acétique cristallisé avec H₂O, appelé aussi complexons ou versénate forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

○ **Dosage du Ca²⁺/Mg²⁺**

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Noir d'Eriochrome T telle qu'on obtient un mélange de coloration mauve.

On décèle la fin du virage par le Noir Eriochrome T qui vire du rose au bleu.

○ **Dosage du Ca²⁺**

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Patton et Reeder (Acide hydroxy-2 (Hydroxy-2 Sulfo-4 Naphtoiq-3)). On observe la fin du virage quand la couleur passe alors du rouge au bleu franc.

Nous avons suivi pour cela les étapes suivantes :

- Le dosage de l'E.D.T. A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait.
- On prépare une solution de CaCO₃ à 1g/l (attaque de 1g de CaCO₃ par HCl dilué puis ajuster à 1litre par de l'eau distillée. Le CaCO₃ doit avoir été séché à l'étuve puis refroidi au dessiccateur),
- On prélève 10ml qui seront dosés en même temps que les échantillons. Cette solution contient 20mé/l de Ca²⁺,
- Les PE (Prise d'Essai) ayant été placés dans des béchers de 50ml on y ajoute systématiquement 2ml de Tampon (Ca/Mg) et 2 ml de NaOH (Ca) et une pincée d'indicateur, la solution prend une teinte rose (Ca/Mg) et rouge (Ca).
- La solution étalon de Ca²⁺ et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique,
- L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rose au bleu en maintenant une agitation dans le bécher,
- On notera soigneusement le volume V₁ d'E.D.T. A nécessaire pour faire virer la solution étalon de Ca²⁺ et les volumes V₂ d'E.D.T. A nécessaire pour faire virer les échantillons. L'E.D.T.A peut également servir à doser des ions Mg²⁺

Calcul

Calcul de la normalité de l'E.D.T. A

10ml à 20mé/l de Calcium ont été dosés par V₁ d'E.D.T. A

$$N_{E.D.T.A} \text{ mé/l} = \frac{20 \times 10}{V_1} = \frac{200}{10}$$

✚ Teneur en Calcium et Magnésium des échantillons

$$X_{\text{mé/l Ca/Mg}} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_2}{\text{PE}(\text{ml})}$$

✚ Teneur en Calcium des échantillons

$$X_{\text{mé/l Ca}} = \frac{N_{\text{E.D.T.A}} \times V_1}{\text{PE}(\text{ml})}$$

✚ Teneur en Magnésium des échantillons

$$\text{mé/l de Mg} = \text{mé/l de Ca/Mg} - \text{mé/l de Ca.}$$

➤ Titre hydrométrique (TH) (NF T 90-003)

La dureté est mesurée par la somme des concentrations en degrés de Ca^{2+} et Mg^{2+} et s'exprime par le TH (titre hydrotimétrique) par méthode titrimétrie à l'E.D.T.A.

Le titrage molaire des ions Calcium et Magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra acétique (EDTA) à pH10. Le noir Eriochrome T, qui donne une couleur bleue en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

L'expression des résultats : L'expression des résultats est donnée par la formule suivante :

$$\text{La dureté (°F)} = V (\text{ml})$$

V : le volume d'E.D.T. A nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$$\text{Avec : } 1^\circ\text{F} = 5 \text{ meq/l} = 10 \text{ mg/l de CaCO}_3.$$

➤ Sulfates (SO_4^{2-}) (NF T 90-009)

Le dosage des sulfates a été réalisé selon la méthode gravimétrique. Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure spectrophotométrique DR/2000 à la longueur d'onde de 495nm.

- On place les PE=5ml : dans des Erlen de 50ml. Les PE des solutions étalent, le témoin (H_2O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir : On ajoute à chaque PE, 20ml de la solution de BaSO_4 et de gélatine préalablement diluée au 1/6.
- On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures.
- On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495nm au DR/2000 en réglant le zéro avec le témoin.

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de sulfates par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ Chlorures (Cl) (NF EN ISO 10304-1)

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm. Les étapes du mode opératoire sont :

- On place les PE (5ml) dans des erlens de 50ml,
- Les PE (Prise d'Essai) des solutions étalons, le témoin (H_2O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir :
- On ajoute dans l'ordre 15ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6.
- On agite vigoureusement les erlens pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant ½ heure,
- On effectue les lectures au spectrophotomètre DR/2000 à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin.

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l des chlorures par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ **Dosage du sodium (Na⁺) et du potassium (K⁺) (NF T-90-019)**

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normale (on dit que les atomes sont excités par la flamme). Libérés de la flamme, ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique de l'élément. On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendue au moyen d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution. On établit donc une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue. Le sodium et le potassium sont dosés à partir de la même solution étalon à des sensibilités différentes du photomètre de flamme. Le calcium est dosé par sa gamme étalon propre.

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de sodium et potassium par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ **Carbonates et Bicarbonate**

L'utilisation de la méthode potentiométrique pour le dosage des carbonates, bicarbonates et les OH offre de nombreux avantages. Elle évite toute erreur d'estimation particulière aux méthodes utilisant des indicateurs colorés. En outre elle est particulièrement intéressante dans le cas d'eaux troubles ou colorées.

Les carbonates n'existent qu'à pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Le mode opératoire est :

- **Si pH > 8,3 :** Ajouter à la burette H₂SO₄ à 0,01N goutte à goutte et arrêter quand le pH/mètre indique pH= 8,3 ; noter le volume d'acide sulfurique V₁(ml) versé.
- **Si pH est compris entre 4,4 et 8,8 :** Ajouter à la burette H₂SO₄ à 0,01N jusqu'à obtenir pH = 4.4; noter le volume d'acide V₂ (ml) versé.

Si V₂ < 5ml prendre 40ml de PE

Si V₂ > 10ml prendre 10ml de PE

Calcul

1.Si pH > 8,3

V₂ > 2V₁ : il y a des bicarbonates dans l'échantillon ce qui implique une teneur négligeable en OH⁻ : OH⁻ = 0

V₂ < 2V₁ : il y a des OH⁻ dans l'échantillon donc une teneur en bicarbonates négligeable.

HCO₃⁻ = 0

2.Si pH est compris entre 4,4 et 8,3 : Il n'y a ni carbonates ni OH⁻ dans l'échantillon.

L'expression des résultats :

$$\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$
$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

➤ **Demande chimique en oxygène (DCO) (Norme ISO 9001)**

L'analyse fait appel au dichromate de potassium (K₂Cr₂O₇) qui est un oxydant puissant ; il réagira en excès et à chaud avec les composés réducteurs polluants de l'échantillon en milieu acide sulfurique et en présence d'un catalyseur de sulfate d'argent (Ag₂SO₄).

L'effet négatif des ions chlorures sera masqué par l'ajout de sulfate mercurieux (HgSO₄) au début de la digestion. L'excédent de dichromate de potassium sera dosé par une solution de sel de Mohr (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ .6H₂O permettant ainsi le calcul de la DCO. La méthode est valable pour des échantillons présentant une DCO comprise entre 30 et 700 mg O₂/l et une concentration en chlorure inférieure à 2000 mg/l. Les étapes du protocole sont :

- L'analyse de la DCO doit être effectuée aussitôt après le prélèvement sinon il est possible de le conserver pendant 5 jours à 4°C en ajoutant 10 ml H₂SO₄ concentré par litre d'échantillon. L'échantillon doit être agité avant l'analyse,
- Introduire 10 ml d'échantillon dans le tube à réaction puis 5 ml de K₂Cr₂O₇ et quelques billes de verre afin de régulariser l'ébullition,
- Ajouter lentement 15 ml de Ag₂SO₄ en milieu sulfurique,
- Installer le tube à réaction dans le porte-tubes et mettre l'ensemble dans le bloc chauffant,
- Connecter correctement le réfrigérant à air au tube à réaction.
- Enclencher l'interrupteur en position 1,
- Vérifier sur l'afficheur que le chiffre inscrit sous « PR » est 1, c'est-à-dire le programme n°1 composé de : palier n°1 à 150°C pendant 30 min et palier n°2 à 170°C pendant 60 min. (l'élaboration du programme 1 est décrite plus bas),
- Démarrer l'analyse en appuyant sur « R/S »,
- A la fin de l'analyse l'appareil émettra une alarme, appuyez alors sur « R/S ».
- Sortir le porte-tubes contenant le tube à réaction et son réfrigérant à air et le poser sur le support de refroidissement à proximité d'une fenêtre,
- Attendre 15 mn et rincer le réfrigérant toujours connecté au tube à réaction avec 75 ml d'eau distillée,
- Laisser refroidir jusqu'à la température ambiante,
- Transvaser ensuite le contenu du tube à réaction dans un erlen de 500 ml et doser par le sel de Mohr en présence de 2 gouttes de ferroïne,
- Soit V₁ ml le volume lu à la burette pour l'échantillon,
- Un essai à blanc est réalisé en même temps que l'analyse de l'échantillon en précédant de la même manière que précédemment mais en Remplaçant les 10 ml d'échantillon par 10 ml d'eau distillée. Soit V₂ ml le volume lu à la burette pour l'essai à blanc.

L'expression des résultats :

$$\text{La DCO en mg d'O}_2/\text{l} = \frac{8000 \times T \times (V_2 - V_1)}{P.E}$$

T : Titre du sel de Mohr (solution C).

V₁ : Volume de burette de l'échantillon

V₂ : Volume de burette de l'essai à blanc.

PE : Prise d'essai échantillon (10 ml si échantillon n'a pas été dilué).

Il est nécessaire de diluer l'échantillon si sa DCO est supérieure à 700 mg d'O₂/l.

➤ **Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅)**

La Demande Biochimique en Oxygène est un paramètre qui indique la quantité de substances organiques polluantes d'une eau.

- Il faut d'abord déterminer le volume d'échantillon à verser dans le flacon et qui dépend de la valeur approximative de sa DBO.
- Si aucune information n'est disponible au sujet de l'ordre de grandeur de sa DBO (barrage, oued ...), on peut utiliser les formules approximatives suivantes si on connaît sa DCO :
- ✓ Pour des eaux claires et des eaux de rejets domestiques : **DBO = 0,5 x DCO**
- ✓ Pour des eaux de rejets industriels : **DBO = DCO**
- Connaissant donc sa DBO, on déterminera le volume d'échantillon à verser dans le flacon.

Quantité à analyser

La demande biochimique en oxygène pour une analyse dépend de la charge en substances organiques. La mesure de la DBO₅ peut être évaluée à environ 80 % de la DCO.

Connaissant donc sa DBO, le tableau 31 suivant nous donne le volume d'échantillon à verser dans le flacon :

Tableau 19 : Facteur de conversion de la DBO₅ en fonction du volume de prise.

DBO (mg/l O₂)	Volume d'échantillon à verser dans le flacon (en ml)	Facteur multiplicatif
0 - 40	432	1
40 - 80	365	2
80 - 200	250	5
200 - 400	154	10
400 - 800	97	20
800 - 2000	43,5	50
2000 - 4000	22,7	100

La valeur réelle est calculée comme suit :

$$\text{DBO}_5 \text{ (mgO}_2\text{/l)} = \text{Valeur lue} * \text{facteur multiplicatif}$$

Le mode opératoire est :

- Mélanger délicatement l'échantillon et en cas de besoin ajuster le PH entre 6,6 et 7,2 avec une solution de soude à 1 N (4 g de soude dans 100 ml d'eau distillée).
- Si le PH < 6,6 ou avec une solution d'acide sulfurique à 1 N (2,8 ml H₂SO₄ concentré dans 100 ml) si le PH > 7,2,
- A l'aide d'une éprouvette graduée, verser dans le flacon le volume calculé comme dans l'exemple cité ci-dessus,
- Introduire l'aimant et poser le flacon sur la plaque agitatrice de l'enceinte thermostatée, puis démarrer l'agitation,
- Mesurer la température dans le flacon, si celle-ci n'est pas comprise entre 15 et 20°C, fermer la portière de l'enceinte thermostatée et attendre le temps nécessaire afin que la température soit dans cette plage,
- Lorsque la température est ajustée, introduire 2 pastilles de soude dans le creuset percé qu'on aura préalablement posé avec son joint en caoutchouc sur l'ouverture du flacon et bien serrer le bouchon,
- Presser en même temps la touche « S » et « M » du bouchon pendant 2 secondes pour remettre la mémoire de l'enregistreur à zéro et démarrer en même temps l'analyse,
- A partir de ce moment l'appareil mémorisera automatiquement toutes les 24 heures une valeur correspondante à la DBO (qui est égale à la valeur affichée sur le bouchon multiplié par le facteur multiplicatif correspondant au volume d'échantillon prélevé),
- On pourra accéder durant l'analyse, à la première valeur mémorisée le premier jour (DBO₁) en pressant une première fois la touche « S » (attendre une seconde pour l'affichage du résultat),
- On accédera aux quatre autres valeurs (dont la DBO₅) en pressant la touche « S » autant de fois qu'il y a de jour,
- En pressant la touche « M » à n'importe quel moment de la journée, on a accès à la valeur actuelle correspondante à la DBO (ne pas oublier le facteur multiplicatif). Ce type de valeur n'est pas mémorisé.

➤ **Matière organique**

L'oxydabilité au permanganate consiste en l'oxydation modérée par le permanganate des matières réductrices dans l'eau. Le permanganate oxyde de préférence les matières organiques d'origine végétale en milieu acide et celles d'origine animale en milieu basique. Or celles-ci sont les plus susceptibles d'indiquer une pollution humaine ou animale, donc une eau dangereuse pour la consommation. Une eau est suspecte à partir de 2 à 3mg d'oxygène consommé par litre d'eau en milieu alcalin, ou 3 à 5mg en milieu acide. Les étapes du protocole sont :

- Mettre dans un erlen 100ml d'eau à analyser et 10ml d'acide sulfurique au 1/2,
- Porter à l'ébullition 10min exactement,
- Refroidir rapidement et ajouter 20ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80,
- Doser l'excès de sulfate ferreux par du permanganate N/80 (de titre exact) soit V le volume de permanganate.

L'expression des résultats :

$$O_2(\text{mg/l } O_2) = (V - V_0)$$

V_0 : Représente le volume du permanganate du témoin (eau distillée) ;

Si on trouve $O_2 > 3,5\text{mg/l}$, recommencer en diluant l'échantillon.

➤ **Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+) (NF T90-015-2)**

Le protocole du mode opératoire est :

- Si l'échantillon est coloré par des acides humiques, on l'acidifie par de l'acide sulfurique (1ml d'acide sulfurique concentré) et on filtre,
- La réaction colorimétrique s'effectue en opérant le mélange suivant :
 - PE : 50ml,
 - Réactif mélangé : 2ml,
 - Hypochlorite à 2° Cl : 0,5ml
- La coloration bleue se développe à partir du moment où l'on ajoute l'hypochlorite,
- On laisse les flacons à l'obscurité pendant une heure et demie. La coloration reste stable plusieurs heures,
- On effectue la mesure à 625nm (DR/2000 HACH Spectrophotomètre).

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de de l'azote ammoniacal par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ **Nitrates (NO_3^-) (ISO 7890-3)**

On effectue comme suit :

- Dans un erlen de 100ml, ou mieux dans un flacon en verre brun de 100ml, introduire :
 - PE = 1ml ;
 - Solution de Soude 0,05M = 5ml ;
 - Mélange Réducteur = 5ml.
- Agiter après chaque addition et attendre 1 heure avant d'ajouter : Mélange colorant = 40ml,
- Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant 1/4 heure. Mesurer sa densité à 520nm (DR/2000 HACH Spectrophotomètre).

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de **des nitrates** par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ **Dosage des nitrites (NO_2^-) (NFT EN 26777)**

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l'E-Naphthylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520nm. Le mode opératoire est :

Si l'échantillon est coloré par des acides humiques, on l'acidifie par l'acide sulfurique (1ml/l d'acide sulfurique) et on filtre.

- 50ml de prise d'essai,

- 1ml de solution d'E.D.T.A,
- 1ml d'acide sulfanilique,
- Agiter et attendre 10mn,
- 1ml d'E-naphtylamine,
- 1ml de la solution de tampon acétate,
- Agiter et attendre 30mn,
- Effectuer la mesure colorimétrique à 520nm (DR/2000 HACH Spectrophotomètre).

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de nitrites par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ **Phosphates (PO_4^{3-}) (NF EN ISO 6878)**

Le molybdate d'ammonium $\text{MO}_7(\text{NH}_4) 4\text{H}_2\text{O}$ réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique. Nous avons suivi le protocole suivant :

Au moment du dosage mélanger les 2 réactifs (Solution molybdique et la solution d'acide ascorbique) dans des proportions suivantes :

- Trois (3) volumes de la solution molybdique et un volume de la solution d'acide ascorbique,
- Effectuer les réactions dans des tubes à essai,
- 20ml de Prise d'essai,
- 5ml du réactif mélangé,
- Porter au bain marie à 80°C durant 10mn,
- Laisser refroidir et mesurer l'absorption à 825nm (DR/2000 hach Spectrophotomètre).

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de phosphates par la lecture graphique (voir l'annexe).

➤ **Silice**

Formation avec le molybdate d'ammonium d'un complexe jaune. La réduction du silicomolybdate d'ammonium par l'acide Amino-I-Naphtol-2-Sulfonique-4-en présence d'acide sulfureux donne un composé bleu sur lequel on effectue la colorimétrie.

La colorimétrie peut se faire sur le complexe jaune mais il faut alors de grandes quantités de silice et cette méthode est peu sensible.

Cette méthode ne permet de doser que la silice ionique à l'exception de la silice colloïdale. Pour doser la silice totale, il est nécessaire de solubiliser la silice colloïdale par fusion alcaline après évaporation à sec de l'eau. On obtient ensuite la silice colloïdale par différence.

On effectue comme suit :

- Une prise d'essai de 10ml.
- Compléter à environ 30ml avec de l'eau distillée exempte de silice.
- Ajouter 1ml de la solution molybdique
- Laisser agir 15min minimum
- Ajouter 2ml d'acide tartrique
- Ajouter 1ml de réactif amino-naphtol-sulfonique
- Compléter à 50ml et laisser développer la coloration 20min
- Mesurer l'absorption à 750nm
- On procède de la même manière avec une prise d'essai de 10ml, pour une teneur en silice allant de 1 à 40mg/l. Pour une meilleure précision dans le cas d'une teneur inférieure à 10mg/l, on peut faire des PE de 20, 10, 40ml.

L'expression des résultats : Les résultats sont exprimés directement en mg/l de silice par la lecture .

Annexe IV

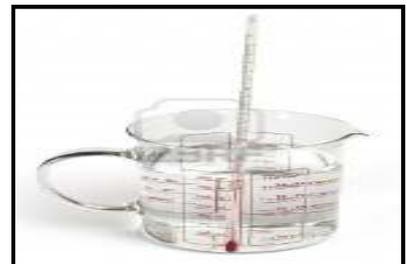
Matériel utilisée



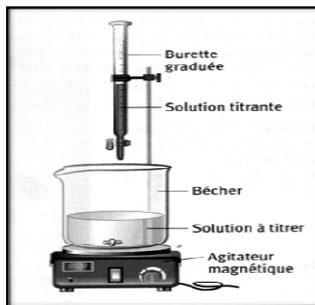
PH-mètre



Conductimètre



Thermomètre



Titration de Ca^{+2} et Mg^{2+}



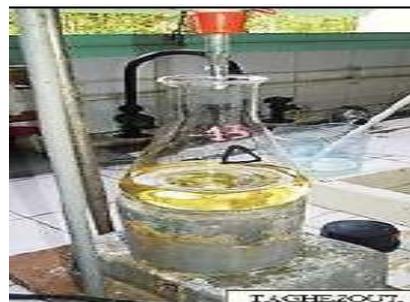
Spectrophotomètre UV/VIS



Photomètre de flamme



DCO-mètre



Dosage d'Oxygène dissous



Dosage Matière organique



Balance



Etuve



Auto-analyseur de phosphate



DBO-mètre



four à moufle



Centrifugeuse



Matériel d'échantillonnage

Annexe V

Tableau 1 : paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine JORA 2011.

18 Rabie Elthani 1432 23 mars 2011		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18		7
ANNEXE				
PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE				
Tableau 1 : PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES				
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITEES	
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2	
	Ammonium	mg/l	0,5	
	Baryum	mg/l	0,7	
	Bore	mg/l	1	
	Fer total	mg/l	0,3	
	Fluorures	mg/l	1,5	
	Manganèse	µg/l	50	
	Nitrate	mg/l	50	
	Nitrite	mg/l	0,2	
	Oxydabilité	mg/l O ₂	3	
	Phosphore	mg/l	,5	
	Acrylamide	µg/l	0,5	
	Antimoine	µg/l	20	
	Argent	µg/l	100	
	Arsenic	µg/l	10	
	Cadmium	µg/l	3	
	Chrome total	µg/l	30	
	Cuivre	mg/l	2	
	Cyanure	µg/l	70	
	Mercurie	µg/l	6	
Nickel	µg/l	70		
Plomb	µg/l	10		
Sélénium	µg/l	10		
Zinc	mg/l	5		

(Suite)

8	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18		18 Rabie Ethani 1432
			23 mars 2011
ANNEXE (suite)			
GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2
	fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCL ₄	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylènes	µg/l	500
	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0,2
	Epychlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcystine LR	µg/l	0,1
	Pesticides par substance individualisée - Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et P.C.T	µg/l	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides (Totaux)	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
Chlore	mg/l	5	
Chlorite	mg/l	0,07	
Trihalométhanes (THM) (Total)			
Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane	µg/l	100	

(Suite)

Tableau 2 : PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12°C	Taux dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
	Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
	Chlorures	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
	Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25

ANNEXE VI

Méthode d'analyse bactériologique

Table NPP (Nombre Plus Probable)

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

Annexe VII

I- les Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de barrage Bouroumi

la date	Température c°	pH	conductivité ms/cm	Turbidité NTU	Dureté F°	Tac F°
12/02/2018	10,0	8,2	1170	4,3	35	15
11/03/2018	16,0	8,3	1168	10,2	36	20
09/04/2018	15,0	8,3	1220	10,5	45	23
13/05/2018	21,0	8,3	1069	6,9	44	25

la date	sodium mg/l	Chlorure (mg/l)	bicarbonate (mg/l)	Sulfate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Potassium mg/l
12/02/2018	103	79	183	293	0,720	5
11/03/2018	92	85	244	286	0,995	4
09/04/2018	89	73	275	306	0.720	6
13/05/2018	120	65	305	287	0.412	7

LA date	TA	O2 mg/L	O2 %	DCO	DBO5
12/02/2018	0	9,1	80,7	10	2,0
11/03/2018	0	10,2	103,2	18	4,0
09/04/2018	0	9,3	92,3	15	2,0
13/05/2018	0	7,3	83,3	19	2,0

la date	Nitrate (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Calcium (mg/l)	Magnésium (mg/l)	Carbonate (mg/l)	Silice (mg/l)
12/02/2018	10,2	0,560	71	42	0	0,2
11/03/2018	9,7	0.070	77	41	0	0,0
09/04/2018	7,5	0.910	92	53	0	0,0
13/05/2018	10,6	0.326	76	61	0	2,2

la date	MES à 105C°	Matière organique (mg/l)	Phosphate (mg/l)	MES à 600C°	Résidus sec
12/02/2018	140	2,7	0,459	70	788
11/03/2018	140	3,8	0,036	30	809
09/04/2018	250	1,5	2,228	80	938
13/05/2018	150	9,0	0,006	140	719

II- les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de barrage Ghib

la date	Température c°	PH	conductivité ms/cm	Turbidité NTU	Dureté F°	Tac F°
12/02/2018	10,5	8,2	2 490	3,4	59	18
11/03/2018	14,9	8,2	2 410	5,6	59	18
09/04/2018	18,2	7,8	2 310	4,7	70	18
13/05/2018	18,5	8,1	1 923	16,0	31	11

LA date	TA	O2 mg/L	O2 %	DCO	DBO5
12/02/2018	0	10,1	89,9	15	3,0
11/03/2018	0	10,7	105,5	9	1,0
09/04/2018	0	9,9	105,4	20	1,0
13/05/2018	0	7,8	83,4	19	4,0

la date	Sodium	Potassium	Chlorure (mg/l)	bicarbonate (mg/l)	Sulfate (mg/l)	Nitrite (mg/l)
12/02/2018	225	4	322	214	536	0,274
11/03/2018	237	5	348	214	505	0,343
09/04/2018	224	7	316	214	456	0,446
13/05/2018	210	7	265	137	483	0,137

la date	Nitrate (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Calcium (mg/l)	Magnésium (mg/l)	Carbonate (mg/l)	Silice (mg/l)
12/02/2018	0,6	0,300	114	73	0	0,0
11/03/2018	1,8	0,400	117	72	0	0,0
09/04/2018	0,2	0,468	140	84	0	0,5
13/05/2018	7,8	0,254	156	-20	0	5,9

la date	MES à 105C° (mg/l)	Matière organique (mg/l)	Phosphate (mg/l)	MES à 600C° (mg/l)	Résidu sec (mg/l)
12/02/2018	160	3,7	0,141	140	1 507
11/03/2018	80	7,0	0,239	40	1 699
09/04/2018	130	5,0	0,104	30	1 462
13/05/2018	90	12,0	0,000	80	1 305

A

Abdesselem. A, Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois Serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen. 1999, pp 2-18.

B

Barkat Kenza,(2016)«Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du barrage Béni Haroun, mémoire de master ; Université des frères Mentouri Constantine p1.

Berne. F, Jean. C, Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 1991, 306 p.

Bonnin. J, Aide Mémoire Hydraulique Urbaine, Éditions Eyrolles, 1982, p 25.

Berné. F, Cordonnier. J: institut français de pétrole : livre (épuration de l'eau)1991, p8.

Boulem. R, Contribution à l'étude de la qualité des eaux des Barrages, Article de recherche, 2009. p 20-33.

Bartram. J, Rees. G, 2000; monitoring bathing waters-a practical guide to the design and implantation bathing of assessments and monitoring programme. E. & FN spoon. 311p

Bremond R., Vuichard R., 1973. Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.

BREMOND R. et PERRON C. (1979).- Paramètres de la qualité des eaux, 2e édition. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie. 259 p.

Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D., El moustaine R: Mémoire de magistère, 2013 "Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappes plio-quaternaire dans la région de Meknes (MAROC) ", université Moulay ismail. 29,30,31p

C

CEAQ.(2005).Méthode d'analyse .Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatif :méthode par incorporation à la gélose. Centre d'expertise en Analyse environnementaux du Québec .15p

CEAEQ.(2003).Méthode d'analyse. Recherche des coliformes totaux et de Escherichia coli avec le milieu de culture Colilert : méthode présence/absence . Centre d'expertise en Analyse environnementaux du Québec

Creteur X. (1998). Pollution microbienne des eaux : origine et mécanismes.

Mémoire D.U., Eau et Environnement, D.E.P., Université de Picardie, Jules Verne, Amiens, France, 60p.,

D

Degrémont : dixième édition (mémento technique de l'eau),2005.

Dussart B., 1992. Limnologie: étude des eaux continentales. Paris. 638 pp.

E

El Morhit M., 2009. Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences écotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Lukkos). Thèse de Doctorat en Toxicologie. Université Mohammed V. Agdal, Rabat, Maroc. 260 p.

Eckenfelder W. W., 1982.Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Techniques de documentation. Ed. Lavoisier, Paris. 503p.

G

GUILBERT. L, Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire, 2000, p 21.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. Ed. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris. 220p.

H

Hade. A, Nos Lacs – Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, 2002,
360 p.

Hammer. O. Harper D.A.T et Ryan. P.D, 2001. Past : Paleontological Statistics
Software Package for education and Datz Analysis. Palacontologia Electronica 4(1): 9
PP.Http: Palaco-electronica.org 12001-1/ past/ issue 1- 01.ntm.

Hcefld, le haut commissariat aux eaux et foret et à la lutte contre la désertification
(MAROC),2006

I

INSQ,2013,Institut national de santé publique du Québec, Centre d'expertise et de
reference en santé publique

J

Jean Paul Beaudry , traitement des eaux copyright ,1984

Jean-Claude. B, Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition
Ed. Techniques Ingénieur, 1983, pp 2-8.

Jean-Luc Potelon, Le guide des analyses de l'eau potable. Edition (la lettre du cadre
territorial) mars 1998.

L

Lounnas .A , Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-
Kroma de skikda ; université du 20 Août 1955 Skikda ; 2008/2009.

Leyral. G, Ronnefoy. C, Guillet. F, Microbiologie et qualité des industries

agroalimentaire, Paris, 2002, 245p.

Lebres E., Azizi D., Hamza A., Taleb F. et Taouchichet B. (2002). Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Algérie, 20p.

M

Mebarki . A 2005 Hydrologie des bassins de l'est algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement, thèse de doctorat d'Etat, Université M'entouré de Constantine, faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, 360 p.

Mahiddine .FZ, Mémoire de master; Etude comparative de la répartition du phytoplancton en fonction du degré de pollution dans le lac de Réghaia et le barrage Ghrib,2017,p44

Mokeddem. K, Ouddane. S, Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie –Mascara, 2005, pp 18-22.

Mémento technique de l'eau Dégrèvement 1984 ,9e édition Tome 1.

Melghit Meriem : Magister ,2012 Université Constantine 1: Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel,et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun

M.Hamitouche Moussa et al.,2017: Mémoire de master ,université de Bejaïa: Evaluation de la pollution métallique de l'Oued Soummam par le dosage des métaux lourds dans le muscle de quelques espèces de poissons

N

Nisbet et verneaux ,composantes chimiques des eaux (livre),Annales de limnologies 1970,P.161-190

NA762,1990.Eau-Echantillonnage en vue de l'analyse microbiologique

O

Ouhmidou, Chahlaoui ,mémoire de magistère ; Caractérisation bactériologique des eaux du barrage HASSAN ADDAKHIL (ERRACHIDIA-MAROC) ,2012, p191,192

OMS. (2004). World Health Organization. Directives de qualité pour l'eau de boisson, 3 ème édition, Vol. 1, Recommandations, Genève, Suisse. 110p.

P

Patrick le delliou (Juin 2008) ; Grands barrages et Petits barrages. Risques Infos n°20 ;Bureau d'Étude Technique et de Contrôle des Grands Barrages de France ;France.6
P

Payement P., Waite M., Dufour A. (2003). Introducing parameters for the assessment of drinking water quality, Chapter 2, 47-77.

R

Raymond Des jardins. , Le traitement des eaux 2^{ème} édition revue et amélioré ,1997

Rodier. J, L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire Et Eau De Mer), 8èmeEdition, Dunod, Paris, 1997, p 66.

Rodier et al. ; Analyse physico-chimiques et bactériologiques ;2009.

Rodier. J, L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, 8 Eme Edition, Dunod, paris, 1996, 1335p.

Rodier. J, Analyse De L'eau (Eau Naturelles, Eaux Résiduaire, Eau De Mer), 8ème Edition, paris, 1996, 1260 p.

RQEP. (2006). Règlement sur la Qualité de l'Eau Potable, Vol.2, présentation du règlement, Québec, Canada, 282p.

S

Schuddeboom. J, Nitrates et Nitrites dans les denrées alimentaires, éditions du Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1993, p 11.

Sacchi et Testard, Ecologie animale ,1971

T

Tardat Henry. M, Chimie Des Eaux, 2^{ème} Edition, Les éditions du griffon

d'Argile, 1992, pp 213-215.

• les sites d'internet:

-Barrage définition et explication-Aquaportail:

2017(<http://www.aquaportail.com/definition-6024-barrage.html>)

-Tpe-barrage hydraulique.e-monsite.com/.../iii-les impacts d'un barrage sur la biodiversité,2013.

.