

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة البليدة 1
Université Blida 1



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Physiologie Cellulaire

Mémoire

*/Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en :
Ecosystèmes aquatiques*

Thème

*Caractérisation Physico-chimique et Bactériologique des Eaux de Barrage
Boukerdane
(Tipasa)*

Soutenu par :

M^{elle} MECHID Fatma Zohra

et

M^{elle} SELMANE Nesrine

Mme. ZIATENI Sorya

Soutenu le 16/09/2020

Devant le Jury :

Mr. GRANDI. M

MCB

U.S.D. Blida1

Président

Mme. KHETTAR. S

MAA

U.S.D. Blida1

Examinatrice

Mr. BOURIACH. M

MCB

U.S.D. Blida1

Promoteur

Promotion 2019/2020

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Monsieur BOURIACH. M pour nous avoir accordé sa confiance en acceptant d'encadrer ce travail, pour son soutien, pour sa constante disponibilité, pour tous les conseils qu'il nous a promulgués et pour l'aide précieuse qu'il nous a fournie.

Nous vifs remerciements et nos respects les plus distingués vont à Mr. GRANDI pour avoir accepté de juger ce travail et de nous faire l'honneur présider notre jury de mémoire.

Nous adressons nos sincères remerciements et nos profondes reconnaissances à Mme KHETTAR. S a bien voulu examiner ce travail.

Nous tiens à remercier également Mr. MATTAR. M le directeur d'ANBT et Mme AGUENINI. S pour ses qualités humaines et ses énormes patiences et gentillesse et pour les précieuses informations qu'ils nous ont prodiguées avec l'intérêt.

Nous tiens remerciements vont à Mr. BOUINON. M le directeur de barrage Boukerdane et aux personnels de barrage Mr. Iyed, Mme. Malika et Mr. Amer et tous le cadre du barrage. On vous doit la mise à notre disposition de tous les moyens pour nous permettre de réaliser nos prélèvements dans les meilleures conditions. Merci de nous avoir donné la chance d'être avec eux dans ambiance de travail.

Un spécial remerciement va à Mr LAGHLOUGH. S et le directeur d'ANRH, nous pour eux exprimons toute notre gratitude pour cette confiance. A tous les personnels de laboratoire, Aucune mot ne pourrait exprimer nos remerciements et notre vive gratitude, et que le présent travail soit un faible témoignage de notre très haute reconnaissance et notre profond respect. Merci pour tout.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements également à Mr. Feraich. N le directeur d'unité d'ADE de Blida et la directrice de laboratoire d'Ade au cheffa et toute l'équipe de laboratoire d'Algérie des eaux surtout Mme. Khira, auprès desquelles nous aurons trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont nous aurons besoin.

Un grand merci à tous nos maitres de l'enseignement primaire, secondaire et universitaire qui nous ont transmis leurs savoirs et leurs connaissances pendant notre parcours scolaire et universitaire.

Enfin, nos remerciements sont adressés à toutes les personnes que nous avons rencontrées à l'occasion de ce travail, et qui ont beaucoup apporté au niveau scientifique. A travers ces lignes nous souhaiterons leur exprimer toute notre reconnaissance et nos remerciements pour nous avoir encouragées et aidées pendant ce travail de master sans oublier Mr LAICHIM pour leur encouragement et leur soutien.

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance ...Aussi, c'est tout simplement que je dédie ce mémoire :

A ma chère Mama

La perle de mon existence, quelle brave dame que tu es, que de sacrifices consentis égard afin que je progresse dans mes études. Je tombe en admiration devant la bonté de ton cœur à nulle pareille

Quels soient mes caprices et mes écarts tu m'as toujours soutenue, trouvant les mots justes pour me ramener sur le bon chemin, que dieu te préserve santé et longue vie.

A mon cher Papa

Celui qui est toujours là pour moi, et m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, celui qui m'a encouragé qui m'a toujours protégé, mon modèle qui fait ma fierté. Que ce travail soit l'expression des vœux que tu n'as cessé de formuler dans tes prières

A mon soutien et mon source de bonheur mes frères **Feth eddine, Rezk Ellah et Abd Eldjalil**

A mes papillons et mon secret de sourire **Kawthar et Douàa**

A mes chères grands-mères **Aziza et Aida**, à mon cher papa **sidou Mohammed**

A l'âme de mon chère grand-père **Amer**, qui m'a accompagné le 1^{er} jour à l'école et était avec moi dans plusieurs honneurs et était fier de mon excellence

A mes oncle **Mohamed, Toufik et Belkassem** et mes tantes maternelle (à l'âme de ma tante **Fatma**)

Mes oncles **Mohamed et Abd Errahmen** et mes tantes paternelle

A mes cousins et cousines paternelles et maternelles

A mes puces **Lydia, Sirine, Amina, Ritedj, Yara, Farah et Dihya**

A toute ma famille et les familles **Mechid, Sali, KHarouri, Aichaoui, Elfoudil, laghlough et chérifi**

A la lumière de ma vie, la prunelle de mes yeux ***Hania***

A l'espoir de ma vie ***Dounia***

A tous les amis que j'ai rencontrés dans mon parcours scolaire ou rencontrés dans ma vie, et tous ceux que j'ai connus de près ou de loin... tout cela grâce à vous, chacun de vous a laissé une empreinte qui a contribué à construire la personnalité actuelle de ***Zola***

Et spécialement à mes trinôme **Nesrine et Sorya** et toutes mes chères sœurs qui étaient avec moi durant mes études universitaires pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables

Zola

Dédicace

Je dédie ce travail de mémoire

A mes très chers parents

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur, l'amour dont ils ne cessent de me combler, toujours présentent pour me donner un magnifique modèle de labeur et de persévérance, j'espère qu'ils trouveront de ce travail tout mon amour et toute ma reconnaissance.
Que dieu leur procure bonne santé et longue vie*

*A celui qui j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet, mon fiancé **Mourad**, et bien sûr A mes chères sœurs et mes chers frères*

A mes neveux et mes nièces

A ma belle-famille pour son soutien

*A mon trinôme **Zola** et **Sorya** pour m'avoir partagé cette mémoire*

A tous mes amis pour leur solidarité

Nasrine

Dédicace

Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au but de rêve, je dédie ce modeste travail

A mon cher Papa

Pour ton amour, pour tes sacrifices, pour ton soutien tout au long de mes études, j'espère être la source de ta fierté que dieu te garde pour nous mon source de joie et de bon heure.

A ma chère Mama

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour et ma considération pour les sacrifices que vous avez pour moi instruction et mon bien-être, je vous remercie pour tous le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours puisse dieu, le très haute vous accorder santé, bonheur et longue vie.

A mon cher mari

Pour ton amour, pour ta compréhension, ta confiance, ta patience et tes tendres, tu m'as toujours soutenu et conforté, merci énormément.

A mon bébé

*La lumière de ma vie *Mohamed **

A mes chères sœurs

Fatima Zohra et Kawther

A mes chers frères

Kamal, Abd Ennour, Sid Ahmed, Mohamed Amine

A ma belle famille

A mes chères amies

Qui sont toujours à côté de moi Hayat, Chahinez, Aicha, Zola et Nesrine, Djenate, Nour El Hoda merci pour vous soutien

A toutes mes amies, mes proches et mes collègues

A nos professeurs

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, pour que ce travail soit possible, je vous dis merci beaucoup

Sorya

Résumé :

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie, c'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, il constitue le patrimoine d'une nation. L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du barrage Boukerdane qui se situe au sud-est de la wilaya de Tipasa. L'échantillonnage a été réalisé durant une période de trois mois (Janvier, Février, Mars). Les résultats obtenus en tété classe sous trois catégories: les paramètres physiques, les paramètres de minéralisation, les paramètres de pollution, ces résultats nous ont qui permet de conclure que la température saisonnière est inférieure à 25°C, et le pH alcalin 8.26. L'ensemble des paramètres de minéralisation analysés (Calcium (80.3mg/l), Magnésium (47.3 mg/l), Sodium (37.6 mg/l), Potassium (1.6 mg/l), Chlorures(63.6 mg/l), Sulfates (118mg/l), Phosphate (0.3 mg/l), Bicarbonate (203 mg/l), Oxygène dissous(9.4 % de saturation), Résidu sec (532.3 mg/l) et Titre hydrométrique (35.3 mg/l) sont confirmés aux normes tolérées. Cependant, la DCO (5 mg/l) et la DBO₅ (2.7 mg/l) et les teneurs en azote ammoniacale (0.1) et les nitrites (0.46 mg/l), les nitrates (2.7 mg/l), traduites une eau de bonne qualité. Concernant les coliformes et les streptocoques fécaux provenant d'une ancienne contamination. L'analyse bactériologique révèle l'absence d'une contamination récente par *Escherichia coli*. Enfin, notre étude a révélé que l'eau du barrage de Boukerdane était de qualité physico-chimique et bactériologique bonne et acceptable avec un niveau de pollution très réduit corrélativement aux résultats des travaux précédents. Toutefois, cette qualité reste influencée par les facteurs climatiques et anthropiques.

Mots clés : Paramètres physique, Paramètres chimiques et bactériologiques, qualité des eaux, Barrage Boukerdane.

Abstract :

Water is an indispensable natural element of life; it is a richness necessary for any human activity; it is the heritage of a nation. The main objective of our study is to assess the physico-chemical and bacteriological quality of the water of the Boukerdane Dam, located southeast of the Tipasa wilaya. Sampling was conducted over a period of three months (January, February, March). The results obtained in feeding class under three: physical parameters, mineralization parameters, pollution parameters, these results have us conclude that the temperature is seasonal below 25 ° C, and alkaline pH 8. 26. All the mineralization parameters analyzed (Calcium(80.3mg/l), Magnesium(47.3mg/l), Sodium(37.6mg/l), Potassium (1.6mg/l), Chlorides(63.6mg/l), Sulfates(118mg/l), Phosphate, Bicarbonate(203mg/l), dissolved Oxygen(9.4%), Dry Residue (532.3mg/l)and Hydrometric Title(35.3mg/l)) are confirmed to the standards tolerated. However, the COD(5mg/l) and the DBO_s(2.7mg/l) and the ammonia nitrogen(0.1mg/l) and nitrite(0.46mg/l), nitrate (2.7mg/l)contents indicate good water quality. Concerning coliforms and faecal streptococci from previous contamination. Bacteriological analysis reveals the absence of recent contamination by *Escherichia coli*. Finally, our study revealed that the water of the Boukerdane dam was of good and acceptable physico-chemical and bacteriological quality with a very reduced level of pollution in correlation with the results of the previous work. However, this quality is still influenced by climatic and anthropogenic factors.

Keywords: Physical parameters, Chemical and microbiological parameters, water quality, Boukerdane dam.

المخلص

يعتبر الماء عنصرا طبيعيا أساسيا للحياة، و ثروة كبيرة يحتاجها الإنسان في كل نشاطاته اليومية، و بذلك فهو يشكل التراث الذي تقوم عليه الأمم، ان الهدف من دراستنا لمياه سد بوكردان الواقع في الجنوب الشرقي لولاية تيبازة كان لمعرفة الجودة الفيزيائية والكيميائية و البكتريولوجية للماء. حيث صنفت نتائج العينات التي أخذت خلال الفترة الممتدة ما بين شهر جانفي ، فيفري و مارس إلى ثلاثة معايير : معايير فيزيائية ، معايير معدنية ، معايير لتلوث الماء .حيث بينت تحاليل هذه النتائج أن ماء سد بوكردان ذو حرارة فصلية لا تتعدى 25 درجة ، و يتراوح معدل حموضته 8,26 كما أثبتت مجموعة العناصر التي قمنا بتحليلها من (كالسيوم(80.3ملغ/ل)، مغنيزيوم(47.3ملغ/ل) ، بوتاسيوم(1.6ملغ/ل)، الكلوريد(63.6ملغ/ل)، سولفات(118ملغ/ل) ، فوسفات (0.3ملغ/ل)، بيكربونات(203ملغ/ل) ، أوكسجين مذاب(9.4%) ، بقايا جافة (532.3ملغ/ل) والعنوان الكاليميتريك (35.3ملغ/ل))انها متطابقة مع المعايير المسموح و المتعامل بها. بينما كشف تحليل (محتوى الازوت الامونيائي (0.1ملغ/ل) و حمض النتريك(0.46ملغ/ل) و الاحتياج البيوكيميائي للاكسوجين(5ملغ/ل) و الاحتياج البيولوجي للاكسوجين(2.7ملغ/ل)) الجودة الجيدة للماء. بين التحليل البكتريولوجي للماء عن خلوه من أي عدوى بكتيرية او تلوثه بالاشراكية القولونية. في الأخير كشفت لنا الدراسة التي قمنا بها أن ماء سد بوكردان يمتاز بجودة فيزيوكيميائية جيدة مع وجود نسبة تلوث ضئيلة مقارنة مع الدراسات التي أجريت سابقا، لكن هذه الجودة قد تتأثر بالعوامل المناخية و البشرية.

الكلمات المفتاحية: المعايير الفيزيائية ، المعايير الكيميائية والبكتريولوجية ، جودة المياه ، سد بوكردان

- ADE** : Algérie des eaux.
- AEP** : Alimentation en eau potable
- ANBT** : Agence national des barrages et transferts
- ANRH** : Agence national des ressources hydrauliques
- BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol
- CF** : Coliformes fécaux
- CPEPESC** : Commission de protection des eaux, du patrimoine, de l'environnement, du sous-sol et des chiroptères
- CT** : Coliformes totaux
- D/C** : Double concentration
- IBGE** : Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement
- MDDEP** : Ministère de développement durable, de l'environnement et de parc
- NPP** : Nombre le plus probable
- OMS** : Organisation mondiale de santé
- PHE** : Plus hautes eaux

Figure 1 : Barrage Boukerdane.....	13
Figure 2 : Situation géographique de barrage Boukerdane	14
Figure 3 : Situation hydrologique de barrage Boukerdane.....	16
Figure 4 : Température mensuelle moyenne (min- max) de la période allant de 2009 à 2019.....	20
Figure 5 : Précipitation mensuelle moyenne (+ ectype) de la période allant de 2009 à 2019.....	21
Figure 6 : Humidité relative mensuelle moyenne (+ ectype) de la période allant de 2009 à 2019.....	21
Figure 7 : synthèse ombrothermique de la région durant la période allant de 2009 à 2019.....	22
Figure 8 : travail sur terrain (figures prises le 09-03-2020).....	23
Figure 9 : localisation géographique des stations de prélèvement dans le barrage de Boukerdane S1, S2 et S3.....	24
Figure 10 : Flacon stérile 250 ml (prise le 09-03-2020).....	25
Figure 11 : Glacière propre (prise le 09-03-2020).....	25
Figure 12 : Le matériel de prélèvement dans la glacière (prise le 09-03-2020).....	25
Figure 13 : L'incubation à 37°C (prise le 09-03-2020).....	34
Figure 14 : Test d'indole (prise le 09-03-2020).....	34
Figure 15 : L'incubation à 44 °C (prise le 09-03-2020).....	34
Figure 16 : Variation de la température (°c) de l'eau et de l'air en fonction de temps (mois).....	36
Figure 17 : Variation du pH en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.....	37
Figure 18 : Variation de conductivité électrique ($\mu\text{s} / \text{cm}$) en fonction de temps (mois).....	38

Figure 19 : Présentation graphique de la turbidité (NTU) d'un même mois a des points différents.....	39
Figure 20 : Variation du calcium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrages.....	40
Figure 21 : Variation du magnésium (mg/l) des eaux.....	41
Figure 22 : Variation de sodium (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux de barrage.....	42
Figure 23 : Variation du potassium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.....	43
Figure 24 : Variation de chlorure (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux de barrage.....	44
Figure 25 : Variation de sulfate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.....	44
Figure 26 : Représentation graphique de phosphate (mg/l) en fonction de temps (mois).....	45
Figure 27 : Variation du bicarbonate (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux de barrage.....	46
Figure 28 : Variation d'oxygène dissous (% saturation) en fonction de temps (mois).....	47
Figure 29 : Variation de résidu sec en fonction de temps (mois).....	48
Figure 30 : Variation du Titre hydrométrique (mg/l) des eaux de barrage Boukerdane en fonction de temps (mois).....	48
Figure 31 : Variation de la matière organique (mg/l) en fonction de temps (mois)...	51
Figure 32 : Variation du nitrate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.....	52
Figure 33 : Représentation graphique du NO ₂	52
Figure 34 : Variation d'azote ammoniacal (mg/l) en fonction de temps (mois).....	53

Figure 35 : Variation de la mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en Oxygène (DCO) (mg/l) en fonction de temps (mois).....	54
Figure 36 : Présentation graphique des teneurs des germes (CT, CF, Strep) à des points différent (S1, S2, S3).....	56
Figure A. 1 : Préparation du dosage de nitrite.....	iv
Figure A. 2 : Appareils utilisés dans les analyses physico-chimiques.....	vi

Tableau 01 : caractéristiques du barrage Boukerdane.....	14
Tableau 02 : caractéristiques du bassin versant.....	17
Tableau 03 : l'effectif des espèces avis holistique.....	19
Tableau 04 : Normes physique selon (l'OMS, 2006) et (Jora 2006).....	39
Tableau 05 : Grille de la qualité des eaux superficielles pour les compositions minérales (ANRH, 1999).....	49
Tableau 06 : Normes électrochimiques selon (l'OMS, 2006) et (Jora, 2006).....	49
Tableau 07 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH, 2009).....	54
Tableau A.1 : Table de Mac Grady.....	v

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.	Généralité.....	03
1.1.	Définition et l'intérêt de l'eau.....	03
1.2.	Cycle de l'eau	03
1.3.	Les différents types des eaux	04
1.3.1.	Les eaux souterraines.....	04
1.3.2.	Les eaux de surfaces	04
1.3.3.	Les eaux de ruissellement.....	04
1.3.4.	Eaux de lac.....	04
1.3.5.	Eaux de barrage.....	04
1.4.	Les problèmes de l'eau en Algérie.....	05
2.	Les paramètres de la qualité des eaux de surface.....	05
2.1.	Les paramètres physico-chimiques.....	05
2.1.1.	Paramètres organoleptiques	05
a.	Couleur.....	05
b.	Odeur.....	06
c.	Gout.....	06
2.1.2.	Paramètres physiques.....	06
a.	Température.....	06
b.	Turbidité.....	06
c.	Conductivité.....	06
d.	Potentiel d'hydrogène.....	07
2.1.3.	Paramètres chimiques.....	07
2.1.3.1.	Minéralisation globales.....	07
a.	Chlorure	07

b. Sulfate	07
c. Oxygène dissous	07
d. Bicarbonates.....	07
e. Calcium et Magnésium	08
f. Résidu sec	08
g. La dureté	08
h. Sodium (Na+) et potassium (k+)	08
2.1.3.2. Paramètres de pollution.....	09
a. DCO.....	09
b. DBO.....	09
c. Matière organique	09
d. Azote ammoniacal.....	10
e. Nitrites.....	10
f. Nitrate	10
g. Phosphore	10
h. Phosphate	10
i. Paramètres microbiologiques	11
1. Les coliformes totaux	11
2. Les coliformes fécaux	11
3. Les streptocoques fécaux	11

Chapitre II : description du site

1. Présentation du site d'étude	13
1.1.Historique de barrage Boukerdane	13
1.2.Situation géographique	14
1.3.Situation hydrologique	15
1.4.Géologie du site	16
1.5.Hydrologie	17
1.6.Le bassin versant du barrage Boukerdane	17
1.7.Végétation	18
1.7.1. Types de formations végétales	18
1.8. La faune	19
1.9.Caractéristique climatique.....	20
1.9.1. Synthèse climatique	20

a.	Température	20
b.	Précipitation	20
c.	Humidité relative de l'air	22
d.	Diagramme ombrothermique	22

Chapitre III : matériel et méthodes

1.	Matériel et méthodes	23
1.1.	Prélèvement de l'eau	23
1.2.	Matériel de prélèvement	25
1.2.1.	Transport et conservation	25
2.	Méthodes des analyses	25
2.1.	Analyses physico-chimiques	25
2.1.1.	Analyses physique	26
2.1.1.1.	Mesure de la température	26
2.1.1.2.	Mesure de pH	26
2.1.1.3.	Mesure de la turbidité.....	26
2.1.1.4.	Mesure de la conductivité	26
2.1.2.	Analyses chimiques.....	27
2.1.2.1.	Minéralisation globale	27
a.	Mesure de bicarbonate	27
b.	Dosage de sulfate	27
c.	Oxygène dissous	27
d.	Dosage de calcium et magnésium	28
e.	Dosage de chlorure	28
f.	La dureté totale ou Titre Hydrométrique (TH).....	28
g.	Dosage du Calcium, Sodium et du Potassium par photométrie de flamme.....	28
h.	Résidu sec.....	29
2.1.2.2.	Analyses de pollution.....	29
a.	Détermination de la DBO ₅	29
b.	Détermination de la DCO	29
c.	Dosage des Nitrites	30
d.	Dosage des Nitrates	30

e.	Détermination de la matière organique	30
f.	Dosage de l'azote ammoniacal	30
g.	Dosage des phosphates	30
h.	Analyses bactériologiques	31
I.	Préparation des dilutions	31
II.	Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale.....	31
III.	Recherche et dénombrement des coliformes	31
IV.	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	33

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1.	Paramètres physiques	35
1.1.	Température	35
1.2.	PH	36
1.3.	Conductivité	36
1.4.	Turbidité	37
2.	Paramètres de minéralisation	38
2.1.	Calcium.....	38
2.2.	Magnésium	39
2.3.	Sodium	40
2.4.	Potassium	41
2.5.	Chlorure	41
2.6.	Sulfate	42
2.7.	Phosphate	43
2.8.	Bicarbonate.....	44
2.9.	Oxygène dissous	44
2.10.	Résidu sec	45
2.11.	Titre hydrométrique (TH).....	46
3.	Paramètres de pollution	48
3.1.	Matière organique	48
3.2.	Nitrate	48
3.3.	Nitrite	49
3.4.	Azote ammoniacal	50

3.5. La DBO ₅ et la DCO.....	50
3.6. Paramètres microbiologiques	52
Conclusion	55

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction :

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques en agriculture. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités (**Reggam et al., 2015**).

Les zones humides connaissent depuis plusieurs années une dégradation notable de leurs qualités physico-chimique et biologique (Reggam et al, 2015). La connaissance des traits biologiques et écologiques à base de la faune et de la flore aquatique est très importante pour comprendre, suivre la qualité écosystémique terrestre et/ou marine et évaluer l'impact de toute altération (la pollution) sur la vie (**Chaoui, 2007**) ; (**Chaouiet al., 2013**).

Au niveau de centre Algérien, les activités industrielles sont en expansion et leurs déchets sont rejetés directement dans les cours d'eau naturels modifications plus ou moins marquées sur les communautés vivantes aquatiques, dans ce contexte, il est extrêmement important de comprendre la plasticité de l'écosystème en fonction de la variabilité des paramètres environnementaux (**Dovonou, 2011**).

Pour satisfaire les besoins en eau, plusieurs barrages ont été construits en Algérie cependant, leur eaux sont toujours en risque de contamination par les effluents urbains de la pollution hydriques. Notre préoccupation a pour objectif d'évaluer la qualité des eaux du barrage Boukerdane (wilaya de Tipasa) mensuellement durant l'année 2020. Cette étude a envisagé de faire une caractérisation physico-chimique pour mettre en évidence plusieurs paramètres qui entrent en jeu dans la détermination de la qualité de cette eau telle que : la température, le pH, la conductivité, la turbidité, l'oxygène dissous, le titre hydrométrique, le calcium, le magnésium, le nitrate, le nitrite, le demande biologique en oxygène (DBO₅) et la demande chimique en oxygène (DCO) et bactériologiques (Coliformes totaux et thermo-tolérant et Streptocoques fécaux) du barrage de Boukerdane situé au sud-est de la wilaya de Tipasa, effectué au niveau de laboratoire d'ADE à cheffa et laboratoire d'ANRH à Soumaa.

Les résultats obtenus permettant d'une part, de caractériser ces eaux et d'autre part, révéler leurs particularités et leur importance pour la région qui commencent à connaître un développement touristiques.

Le présent travail comporte, en plus d'une introduction quatre chapitres :

- ① Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur le barrage. Il permettra de mieux comprendre la particularité de ce barrage.
- ② Le deuxième chapitre comporte un descriptif du site d'étude.
- ③ Le troisième chapitre intitulé matériel et méthodes une présentation des méthodes d'analyses utilisées pour l'obtention des résultats physico-chimiques et bactériologiques.
- ④ Le quatrième et dernier chapitre contient les résultats et discussion.
- ⑤ En fin le mémoire se termine par une conclusion et recommandations.

Chapitre I

1. Généralité sur l'eau

1.1. Définition et l'intérêt de l'eau

L'eau est une matière très importante pour la survie des êtres vivants. C'est un composé incolore, inodore, insipide et liquide à température ordinaire (**Hamoudi, 1999**).

L'eau est un corps composé résultant de la combinaison de deux atomes d'Hydrogène et un atome d'Oxygène de formule de H_2O . Elle bout à la température de $100^{\circ}C$. 1 cm^3 à $4^{\circ}C$ pèse sensiblement 1g (**Haddad et al., 2006**).

Le corps humain contient principalement de l'eau puisqu'un adulte sain de 70 Kg présente une proportion de 45 litres. La teneur moyenne en eau décroît au cours de la vie de 97% chez le fœtus de 2 mois, elle tombe à 65% chez l'adulte et à 55% chez le vieillard. Le bilan hydrique quotidien comporte la comparaison entre la perte cutanée, pulmonaire, fécale et les entrées alimentaires. L'eau représente également le constituant le plus abondant dans la plupart de nos aliments à l'état naturel. D'autre part c'est un élément essentiel dans la vie humaine (**Guiraud et al., 1980**).

1.2. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est un échange continu d'eau entre la mer, l'atmosphère et la terre ... l'eau passe par une série de changement d'états qui constituent les étapes suivant :

- **L'évaporation** : sous l'effet de la chaleur du soleil les eaux de mer et des océans et aussi des cours d'eau, s'évapore (**Kravcik, 2007**).
- **La condensation** : l'air froid fait condenser la vapeur d'eau sous forme des nuages, poussés par les vents (**Kravcik, 2007**).
- **La précipitation** : lorsque les gouttes des nuages deviennent lourds près des reliefs, des orages éclatent et l'eau va retourner au sol sous forme de pluie, de neige ou de grêle (**Kravcik, 2007**).
- **L'infiltration et ruissellement** : sous forme liquide l'eau va soit pénétrer dans la terre jusqu'aux nappes phréatiques soit s'écoule au long du relief pour former les cours d'eau qui iront alimentant les rivières, les fleuves jusqu'aux océans (**Kravcik, 2007**).

1.3. Les différents types des eaux douces

1.3.1. Les eaux souterraines

De point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- **Nappes phréatiques ou alluviales**

Peu profondes et alimentées directement par la précipitation pluvieuse ou les écoulements d'eau (**Salghi, 2007**).

- **Nappes captives**

Plus profond que les nappes alluviales et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ce type de nappe est assurée par l'infiltration sur leurs bordures (**Salghi, 2007**).

1.3.2. Les eaux de surfaces

Ce type des eaux englobe tous les eaux circulantes ou stockées à la surface de la terre que ce soit les rivières, les lacs, les étangs, les barrages...etc. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins (**MDDEP, 2012**).

1.3.3. Eaux de ruissellement

Issues des précipitations atmosphériques qui s'écoulent sur la surface ou s'infilte dans le sol (**Degremont, 2005**).

1.3.4. Eaux de lac

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention et longue la turbidité de l'eau est donc faible et la contamination bactérienne est habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année (**Desjardins, 1990**).

1.3.5. Eaux de barrage

La composition des eaux tient à la nature géologique des terrains du bassin versant et à celle du fond de la retenue. Elle subit des variations grâce au régime de vents par agitation de l'eau, aux pluies qui amènent surtout des matières en suspension et la température qui règle les cycles de circulation de la masse d'eau (**Degremont, 2005**).

1.4. Les problèmes de l'eau en Algérie

L'Algérie enregistre actuellement un manque en ressource au même temps où les besoins augmentent. Ceci est dû aux différents problèmes naturels ou humains qui touchent les sites susceptibles de capter d'eau....Il s'agit globalement de :

- **L'envasement des barrages**

Selon la répartition des barrages sur les bassins hydrographiques indique que les barrages de la région de Chellif-Zaher sont les barrages les plus menacés par l'envasement ceci est dû à la forte érosion des bassins versants (**Remini, 2010**).

- **L'évaporation des lacs et des barrages**

Ce phénomène-là est considéré comme une perte de volume très importante qui est enregistrée parfois l'évaporation de presque la moitié du volume consommé par l'irrigation, l'alimentation en eau potable et l'industrie (**Remini, 2010**).

- **La fuite dans les barrages**

Le problème de la fuite est plus grave que l'on imagine, il ne s'agit plus de perte de l'eau, mais plutôt la déstabilisation de l'ouvrage. En réalité l'eau peut être récupérée et réutilisée pour l'agriculture et à limite la laisser s'infiltrer pour réalimenter les nappes phréatiques (**Remini, 2010**)

- **L'eutrophisation des retenues des barrages**

Les rejets des eaux usées d'origine urbaine et industrielle ont augmenté. Ceci constitue une menace pour la qualité des ressources en eau dans les barrages. L'eutrophisation est l'enrichissement d'une eau en sels minéraux entraînant des déséquilibres écologiques comme la prolifération de la végétation aquatique (**Remini, 2006**)

2. Les paramètres de la qualité des eaux de surfaces

2.1. Les paramètres physico-chimiques

2.1.1. Paramètres organoleptiques

a. Couleur

La couleur apparente est due aux matières en suspension et en solution. Elle est en fonction des composés chimiques solubles qui sont colorés (**Djermakoye, 2005**).

b. Odeur

L'existence d'odeur est synonyme de pollution ou de présence de matière organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs (A.N.R.H, 2020)

c. Goût

Il peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et de sensibilité chimique perçue lorsque l'eau est dans la bouche (A.N.R.H, 2020)

2.1.2. Paramètres physiques

a. Température

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gazes dont entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît. Les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (C°) (IBGE, 2005) ;(Hamed et al., 2012).

L'activité métabolique des organismes aquatiques donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît (IBGE, 2005).

b. Turbidité

La turbidité permet d'apprécier les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organique, argiles, organismes microscopiques....) Une forte turbidité peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension et diminuer la lumière utilisée par les plantes aquatiques pour la photosynthèse (Rejsek, 2002)

La turbidité est défini comme l'inverse de la limpidité ou de la transparence, une eau turbide est donc plus ou moins trouble (Henry et al., 1992).

c. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique entre deux électrodes (Azzaoui, 1999).

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. Elle donne une idée sur la salinité (**Merabet , 2010**).

Une conductivité élevée traduit soit un pH anormal, soit le plus souvent une salinité élevée d'origine naturelle ou anthropique (**Azzaoui, 1999**)

d. Potentiel d'hydrogène

Le PH mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs simples dont l'origine de l'eau. C'est un élément important pour la détermination de la qualité de l'eau (**Mihoubi, 2008**).

2.1.3. Paramètres chimiques

2.1.3.1.Minéralisations globales

a. Chlorure

L'eau contient toujours des chlorures en proportion très variables, les chlorures donnent un gout désagréable et posent le problème de la corrosion dans la canalisation et les réservoirs à partir de 50 mg (**OMS, 2011**)

b. Sulfate

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse ou apparaît à partir de l'oxydation des minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l (**Kemmer, 1984**).

c. Oxygène dissous

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

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques (**Merabet, 2010**).

O_2 dissous est un paramètre très important du fait qu'il mesure la solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température, de la pression atmosphérique, de l'agitation et de la salinité (**Ladjel, 2001**).

d. Bicarbonates CO_3^{2-}

Les bicarbonates CO_3^{2-} sont peu solubles dans l'eau par rapport aux bicarbonates HCO_3^- . La présence de ces deux composés est liée au phénomène de respiration et de photosynthèse (**Henry et Beaudry, 1992**).

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées par des eaux chargées en gaz carbonique (CO_2) (**Belhadj, 2006**).

e. Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg^{2+})

Le manganèse (Mg^{2+}) est un métal lourd que l'on trouve dans les milieux urbains. Leur origine est multiple, il provient des produits consommés au sens large par la population, aux effluents d'égoûts, des eaux pluviales (**Potelon, 1998**).

Principaux ions alcalino-terreux. La dureté eau représente la concentration en ions calcium et magnésium. Cette dureté est aussi qualifiée par le titre hydrotimétrique (TH) qui indique donc la teneur globale en sel de calcium et de magnésium qui sont responsables. Dans la plupart des eaux naturelles le calcium contribue au TH dans la proportion de 70% à 90% on distingue :

- **Le TH calcique** : totalité des sels de calcium (**Bouroubi, 2009**).
- **Le TH magnésium** : totalité des sels de magnésium (**Bouroubi, 2009**).
- **Le TH total ou la dureté totale** : totalité des sels de calcium et magnésium (**Bouroubi, 2009**).

f. Résidu sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (**Berné et Jean, 1991**).

g. La dureté totale TH

La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH fait référence à la concentration en hydrogencarbonates de magnésium et de calcium dissous dans l'eau. Totalité de tous les sels de calcium et de magnésium dissous dans l'eau. En général, la somme des duretés carbonaté et non carbonaté (**Vetofish, 2018**).

h. Sodium (Na^+) et potassium (K^+)

Ces ions positifs se trouvent en concentrations très variables dans les eaux naturelles. Le sodium peut être apporté en quantité importantes dans les rejets industriels ou domestiques (sel de cuisine...etc.), et provient des formations géologiques contenant du chlorure de sodium et de la décomposition des sels minéraux. La teneur de potassium dans les eaux naturelles est de l'ordre de 10 à 15 mg/l à telle valeurs. Le potassium ne présente pas d'inconvénients pour la santé des individus (**Bouroubi, 2009**).

Le potassium élément naturel indispensable à la croissance du vivant. Cependant sa présence en excès dans une eau (>2 ou 3 mg/l) est un indice de pollution par des effluents agricoles (lisier,..) ou d'industries agro-alimentaires, qui en contiennent beaucoup. A moindre proportion, son origine peut être également l'utilisation d'engrais (et de lisier) dans le bassin versant amont. L'excès de K a peu d'impact sur la vie aquatique (**CPEPESC, 2017**).

2.1.3.2. Paramètres de pollution

a. demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydantes présentes dans l'eau quelles que soit leur origine organique ou minérale (**ADE, 2020**).

La mesure de la DCO est surtout utilisée pour la surveillance des eaux usées urbaines et industrielle. Elle permet d'estimer la quantité de matière organique présente dans l'eau. Une forte DCO indique une situation d'insuffisance d'oxygène. la vie des poissons est très menacé dans ce cas.

La DCO doit être inférieur ou égale à 20 mg /l (**ADE, 2020**).

b. demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5)

La demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO_5), représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder l'ensemble de la matière organique biodégradable présente dans un échantillon d'eau maintenue à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours. La mesure de la DBO_5 est utilisée pour surveiller les rejets. Une DBO élevée indique que les concentrations en oxygènes dissous seront réduites, ce qui peut certaines espèces de poissons, dont particulièrement les salmonidés (ombles et truites) (**ADE, 2020**).

La DBO₅ doit être inférieur ou égale à 3 mg/l (ADE, 2020).

c. Matières organiques

La dégradation de la MO consomme le réduit l'oxygène dissoute de l'eau nécessaire à la vie aquatique (OMS, 2006).

La MO constituée en grand partie d'azote organique est en final décomposé par les bactéries principalement en ammonium, nitrites et enfin en nitrates (OMS, 2006).

Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique totale (Berné et Cordonnier, 1992).

d. Azote ammoniacale (NH₄⁺)

La présence d'ammoniac une quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine domestique ou industrielle. Ce paramètre est souvent utilisé comme traceur des eaux usées domestiques. La concentration doit être inférieur ou égale à 0.1 mg/l (Ladjel, 2005).

e. Nitrites (NO₂⁻)

Le nitrite présente à l'état naturel dans les sols, les eaux, et les plantes mais en faible quantité le nitrate transforme en nitrite par le phénomène chimique de réduction une forte concentration de nitrite dans l'organisme peut provoquer des maladies graves (Cornaz, 2004).

f. Nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes (Bliefret et al., 2001).

Représente à l'état naturel dans les sols, les eaux. Le Nitrate est l'une des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. La concentration des nitrates doit être inférieure à 50mg/l (Rodier et al., 2009).

g. Phosphore PO₄³⁻

Dans les rejets d'eau résiduaire, le phosphore peut se trouver sous forme de sels minéraux (ortho phosphates, poly phosphates), mais aussi sous forme de composés organiques solubilités ou à l'état de matière en suspension (Faby et Brissaud, 1997).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes, les composés phosphatés, sont progressivement transformés en phosphates solubles (**Tidanint et Amdoun, 2003**).

h. Phosphate

C'est un élément essentiel à la vie aquatique, les fortes concentrations en phosphates rencontrées dans l'estuaire indiquent un enrichissement d'origine domestique et agricole provenant du bassin versant, ainsi que l'existence d'apports directs venants des activités industrielles (**Hakmi, 2006**).

Les phosphates peuvent être d'origine organique ou minérale, le plus souvent, leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additifs dans les détergents et comme agent de traitement des eaux de chaudières. Leur présence dans les eaux de certains puits, à la campagne, indique la proximité de fumiers, de fosses septiques ou la possibilité d'infiltration d'eaux de ruissellement agricoles, riche en engrais (**Hakmi, 2006**).

i. Paramètres Microbiologiques

1. Les coliformes totaux (bactéries coliformes)

Bacilles gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs non sporulés, oxydase-négatif. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*. Bien que plusieurs autres genres et espèces (**Rodier et al., 2009**).

Les coliformes totaux sont présents un peu partout dans la nature, dans les eaux (riches en éléments nutritifs (**Hade, 2003**).

2. Les coliformes fécaux (Thermo-tolérants)

Groupe de bactéries coliformes qui produisent de gaz à partir du lactose en 48 heures à 44°C. Ces microorganismes appelés aussi « coliformes d'origine fécale » (**Lebres et al., 2002**).

Escherichia coli est l'espèce la plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques, elle produit l'indole à partir de tryptophane (**Bonnefoy et al., 2002**).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale (**Rodier et al., 2005**).

3. Les streptocoques fécaux ou entérocoques

La présence des entérocoques ne peut pas considérée comme indication de contamination fécale et nécessite une confirmation. L'apport des entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles, leur présence serait donc un signe d'une ancienne contamination fécale (**Rejsek, 2002**).

Chapitre II

1. Présentation du site d'étude

Les barrages, un des meilleur moyen de la mobilisation des eaux de surface, sont des ouvrages d'arts artificiels en terre ou en béton qui coupent un cours d'eau entre l'amont et l'aval qui servent à l'alimentation en eau potable, à la production d'énergie électrique et à l'irrigation des cultures, et aussi à la Navigation, le contrôle d'inondation et soutien d'étiage, le contrôle du lit du cours d'eau, et enfin le tourisme aquatique (Mekhloufi et Ouanoughi, 2017).



Figure 1. Barrage Boukerdane ... (Imekhlef, 2019)

1.1. Historique du barrage Boukerdane

La réalisation de barrage a créé une retenue de 536.000 m³ qui a permis à la population de composer des ruraux d'améliorer les rendements, actuellement médiocres, d'une agriculture de subsistance à base céréaliculture et l'arboriculture (olivier) (ANBT, 2017).

La mise en eau a commencé au début de l'année 1996. Les principaux apports ont été de 24 Hm³ en 1996, de 34 Hm³ en 1999 et en 2005. Le barrage a atteint sa plus haute eau en 1999, cote de retenue à 109.67 m pour une retenue normale (NNR) à 119.5 m (ANBT, 2017). Le barrage est donc toujours en cours de remplissage 21 ans après (ANBT, 2017).

1.2. Situation géographique

Le barrage de Boukerdane est situé dans la partie Nord-ouest de la grande plaine de la Mitidja et localisé environ 1,3 Km du village de Sidi Amer 16 Km à l'ouest de Tipasa. (Mokeddem et Ouddane, 2005).

Le Barrage de Boukerdane est construit sur le lit de oued El Hachem (à la confluence des deux principaux oueds : Menacer (Boukadir) et Fedjana qui donne naissance à oued El Hachem), Sa capacité utile est de 104.99 Hm³ et de régulariser un volume de 70.5 Hm³. (Mokeddem et Ouddane, 2005).



Figure 2. Situation géographique de barrage Boukerdane

Tableau 1 : Caractéristiques du barrage de boukerdane.

Année de construction	1986
Année de l'achèvement	1992
Année de mise en eau	1996
Capacité initiale	101.508 hm
Capacité dernier levé (2004)	104.999 hm
Apport moyen annuel	35.0 hm

Envasement annuel	0.21 hm
Surface de bassin versant	243 Km
Hauteur/Longueur	74.41m / 609.68m
Cote retenue Normale (R.N)	119.50 m
Cote Plus Hautes Eaux (P.H.E)	123.00 m
Déversoir à seuil libre	1000 m
Vidange de Fond	150.0 m
volume de Terrassement	353 000 m
Volume de béton	104.000 m
Injection	40 000 ml

Retenue

Altitude de la retenue normale	119.50 m
Altitude des plus hautes eaux	123.00 m
Superficie de la retenue au niveau normal	536 ha
Superficie de la retenue au niveau exceptionnel	600 ha
Capacité totale de la retenue	101.508 hm ³
Garde d'envasement	10.8 hm ³
Volume régularisé	70.50 Hm ³ / an

Source : ANBT, 2017

1.3. Situation hydrologique

Le barrage Boukerdane a un bon taux de remplissage, situé près de Sidi Amer dans la wilaya de Tipaza.

Dans cette image en fausses couleurs, on distingue :

- ☞ Le barrage avec l'ensemble de ces équipements, comme la digue, l'évacuateur des crues et la tour de prise.
- ☞ La végétation est représentée avec des teintes rouges.

Les teintes en rouge vif, représentent les terrains cultivés. Les teintes en rouge foncé et marron représentent le couvert forestier couvrant la région.

- ☞ Les terres en jachères et labourées apparaissent en teinte grise.

Une analyse diachronique à partir d'images prises en période de croissance végétale (printemps), avec pour référence cette image du 21/09//2013, permettra de caractériser le couvert végétale qui peuple le sous bassin du barrage de Boukerdane. Ceci est nécessaire pour une prévention contre le phénomène d'érosion, donc le risque d'envasement du barrage.

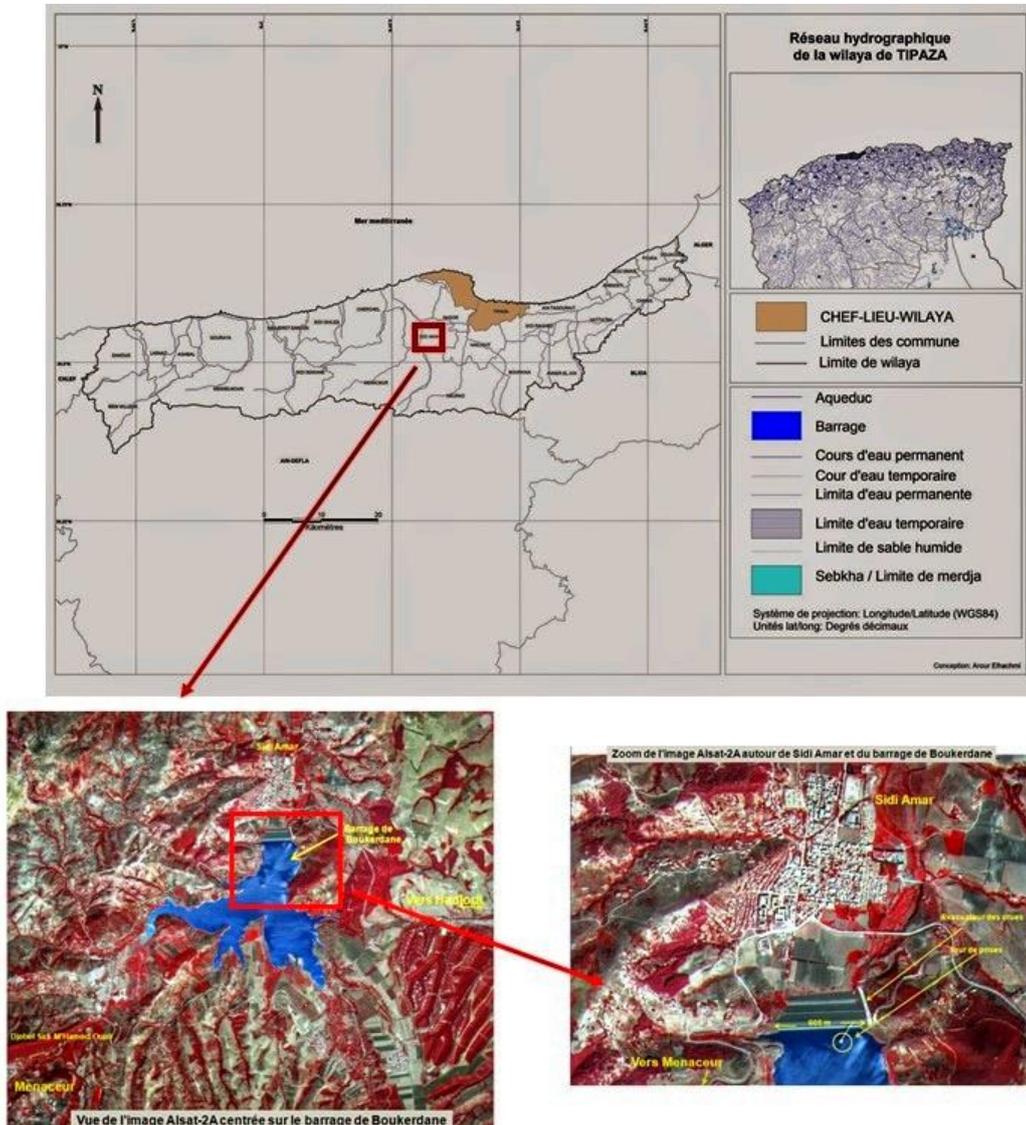


Figure 3 : Situation hydrologique de barrage Boukerdane

(Alsat-2A à 2.5 m, 2013)

1.4. Géologie du site

Le substratum est essentiellement composé de dolerites très fracturés au niveau des appuis, recouvert d'une couche d'alluvions comprise entre 15 et 20 m en fond de vallée. La rive gauche se caractérise également par la présence d'une faille importante avec une zone broyée (ANBT, 2017).

Le traitement de la fondation a consisté à l'enlèvement des terrains sur 5 à 7 m dans la zone supérieure de la vallée et sur une profondeur de 15 m dans la zone inférieure. Au-dessous du noyau et tout le long de l'axe du barrage, un traitement de consolidation a été réalisé (ANBT, 2017).

L'ouvrage possède une galerie d'injection sous le noyau. Les mesures d'étanchement ont consisté en la réalisation de voiles d'injection pouvant atteindre 40 m de profondeur.) (ANBT, 2017).

1.5. Hydrologie

Le bassin versant de l'Oued el Hachem s'étend depuis la montagne Bou-Maâd au sud jusqu'à la méditerranée au nord. Sa superficie est de 243 Km². Les moyennes précipitations interannuelles dans le bassin versant pour la période 84-89 sont de 618.02 mm (ANBT, 2017).

L'apport d'eau annuel pour l'année des eaux moyennes au site du barrage est donc évalué à 35.13 Mm³. Le système de transfert Nador Boukerdane est de 20 hm³/an. Sur la base des relevés des débits solides du poste de Bordj-Ghobrini avec une majoration de 30% des matériaux charriés de fond, les apports solides de l'Oued el Hachem au site de barrage ont été estimés dans l'APD à 312 000 T/an. Selon le poids volumétriques des matériaux solides de 1.5 T/m³, les apports solides annuels sont de 0.208 Mm³ (ANBT, 2017).

1.6. Le bassin versant du barrage Boukerdane

Le bassin versant de l'oued El Hachem s'étend depuis la montagne Bou-Maâd au sud jusqu'à la méditerranée au nord, sa superficie est de 177 Km², sa principale vocation est l'alimentation en eau potable (AEP) les régions de Tipasa, Nador, Hadjout, Sidi Amer, Cherchell, Sidi Ghilese et Hadjret Ennous, et en plus l'irrigation de la vallée de l'oued El Hachem et des régions de Hadjout et de Sahel (ANBT, 2017).

Tableau 2 : Caractéristiques du bassin versant.

Superficie/Périmètre	243 km ² / 58 km
Altitude maximale	1.417 m
Altitude moyenne	420 m
Altitude minimale	70 m
Pluviosité moyenne annuelle	618 mm
Crue Q10 400 + ou - 100 m³/s	

Crue Q100 850 + ou – 170 m ³ /s	
Crue Q1000 1300 + ou – 300 m ³ /s	
Crue Q5000 1700 + ou – 500 m ³ /s	

Source : ANBT, 2017

1.7. Végétation

1.7.1. Types de formations végétales :

Les différents types de formations végétales sont :

- **Forêts claires** : cette catégorie est constituée de l'ensemble des formations végétales hautes dans le taux de recouvrement est inférieure à 50% qu'elle soit la nature de l'essence qui la constitue ainsi que les formations mixtes ou la forêt claire est dominante (**Direction générale des forêts, 2013**).
- **Maquis dense** : il englobe toutes les superficies à couverture végétale basse (dont le taux de recouvrement est supérieur à 50% présentant des signes de surpâturage et de dégradation intense du forêt) et formation mixtes ou le maquis dense est dominant (**Direction générale des forêts, 2013**).
- **Maquis clairs** : il englobe toutes les superficies à couvertures végétales basse (dont le taux de recouvrement est inférieur à 50% présentant des signes de surpâturage et de dégradation intense du forêt) et de formation mixte ou le maquis clairs est dominant au relief accidenté et à la sensibilité des terres à l'érosion (80% des terres ont des pontes >12% et plus de 60% sont instables) (**Direction générale des forêts, 2013**).
- **Vergers** : les terres cultivées sont très morcelées et de faible superficie (pour les différencier des jardins) sont des terres généralement de bas piémonts, de plaines, de fond de vallée, de dépression et de terrasses alluviales, utilisées pour la production fruitière (l'amandier, vigne...etc.) (**Direction générale des forêts, 2013**).

Les principales espèces végétales sont :

- ✓ Le pin d'Alep (Pinus halepensis)
- ✓ Le chêne vert (Quercus ilex)
- ✓ Le chêne liège (Quercus suber)

1.8. La faune

Une étude de la conservation des forêts portant sur 13 communes de la wilaya de Tipasa montre que malgré la diversité du paysage, la faune est peu abondante (Tableau 4) (**Direction générale des forêts, 2013**).

Ceci est dû à la dégradation des forêts, aux braconnages et à la chasse (**Direction générale des forêts, 2013**).

La faune peu abondante, peut jouer un rôle important pour le développement de la région, en créant des réserves cynégétiques et développant ainsi le tourisme (**Direction générale des forêts, 2013**).

Parmi ses invertébrés, les batraciens sont essentiellement compose de grenouilles et crapauds (**Direction générale des forêts, 2013**).

Tableau 3 : l'effectif des espèces avis holistique.

Espèces recensées	Effectifs
Canard colvert (<u>Anas platyrhynchos</u>)	195
Foulque macroule (<u>Fulica atra</u>)	123
Grand cormoran (<u>Phalacrocorax carbo</u>)	018
Grèbe huppé (<u>Podiceps cristatus</u>)	037
Goéland argenté (<u>Larus argentatus</u>)	167
Héron cendré (<u>Ardea cinerea</u>)	013
Aigrette garzette (<u>Egretta garzetta</u>)	011
Milan noir (<u>Milvus migrans</u>)	004
Petit gravelot (<u>Charadrius dubius</u>)	003
Sarcelle d'hiver (<u>Anas crecca</u>)	006
Bergennette grise (<u>Motacilla alba</u>)	011
Fuligule milouin (<u>Aythya ferina</u>)	030
Grèbe castagneux (<u>Tachybaptus ruficollis</u>)	002

(**Direction des forêts, 2013**)

1.9. Caractéristiques climatiques

Les caractéristiques climatiques ont en effet des effets directs sur le régime hydrographique du plan d'eau. Pour une meilleure compréhension du fonctionnement de ce plan d'eau, le rapprochement des données climatiques à celle relatives aux débits, permet de mettre en évidence les relations entre ces dernières factures et les variations des températures de la masse d'eau de la solubilité de l'oxygène et surtout sur les activités métaboliques de la biomasse (**Bontoux, 1993**).

1.9.1. Synthèse climatique

D'après **Djaoz (1974)**, les êtres vivants ne peuvent se maintenir en vie qu'entre certaines limites bien précises de température, d'humidité relative, de photopériode, d'éclairement et de pluviosité, donc, le climat est un facteur clé puisqu'il cause une mortalité variable dans l'abondance des populations au cours des générations successives (**Rubio-Garcia et al., 1983**).

D'après les données météorologiques recueillies au niveau de la station de météo de Tipasa durant une période de 30 ans s'étalant de 2009 à 2019, le climat de la wilaya de Tipasa est :

a. température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat, elle dépend de plusieurs facteurs. Leur rôle biologique et leur connaissance sont d'une importance capitale (**Emberger, 1953**).

En analysant les données de la période allant de 2009 à 2019 nous constatons que Janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de $9.43^{\circ}\text{C} \pm 1.37$, et le mois le plus chaud est Juillet avec une température moyenne de $29.91^{\circ}\text{C} \pm 1.26$.

b. Précipitation

Les précipitations sont tributaires d'un certain nombre de facteurs comme l'altitude, la longitude et la distance à la mer et qui se confond en Algérie avec un gradient latitudinal (**Seltzer et al., 1946**).

D'après l'histogramme des précipitations mensuelles en remarque une grande fluctuation d'un mois à un autre, le mois de Janvier est le mois le plus arrosé avec une pluviosité moyenne de 157.34, tandis que Juillet est le mois le plus sec où la pluviosité moyenne est égale à 5.03.

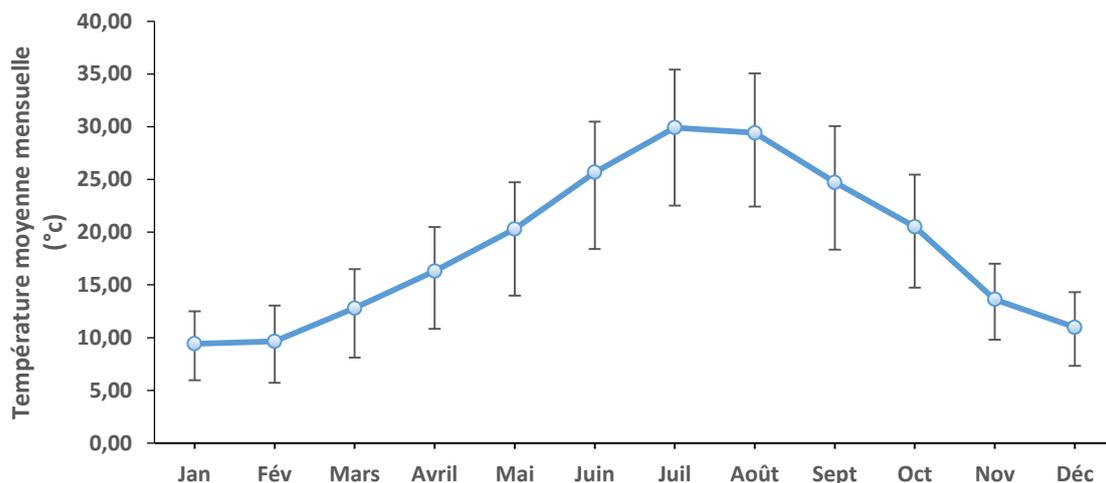


Fig. 4 : Température mensuelle moyenne (Min-Max) de la période allant de 2009 à 2019

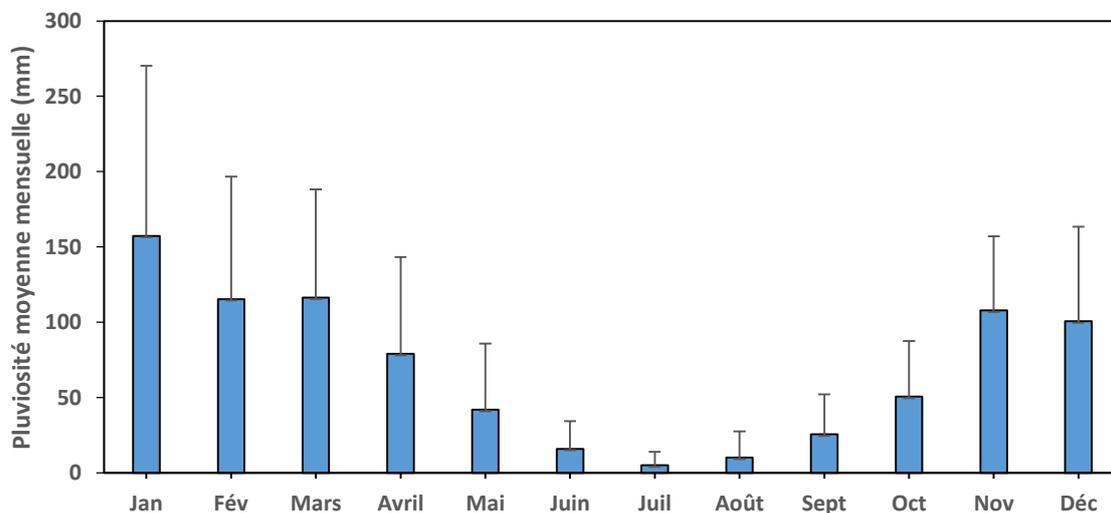


Fig. 5 : Précipitation mensuelle moyenne (+ectype) de la période allant de 2009 à 2019

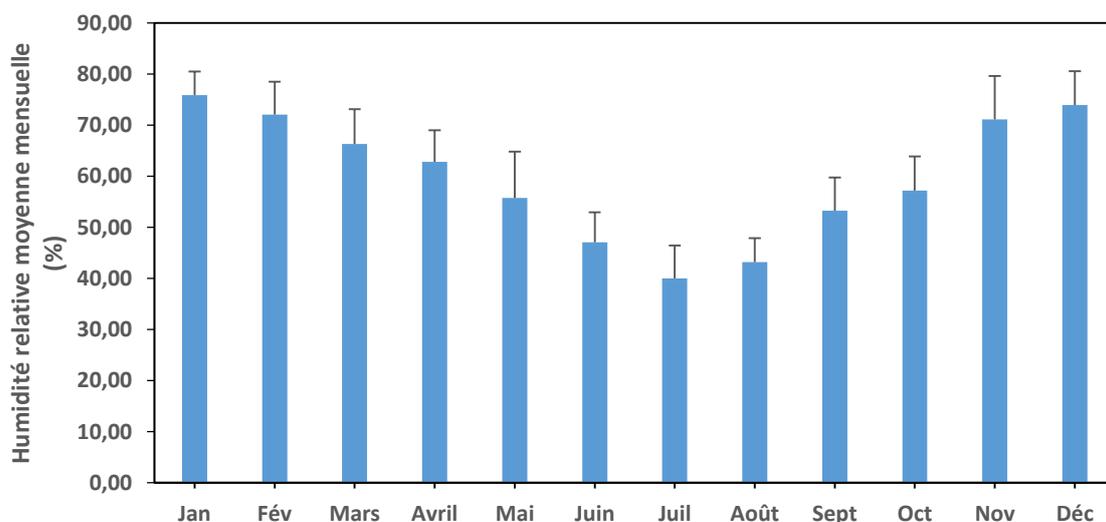


Fig. 6 : Humidité relative mensuelle moyenne (+ectype) de la période allant de 2009 à 2019.

c. Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation (Seltzer et al., 1946).

D'après l'histogramme de l'humidité ont enregistré la valeur la plus élevée dans la période hivernale et printanière (novembre, décembre, janvier, février, mars et avril) et la valeur minimale de l'humidité relative de l'air avait été enregistrée durant le mois de juillet avec une humidité relative mensuelle moyenne de 39.98.

d. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique est une présentation du climat d'un point de vue naturaliste (Charre, 1997).

Un mois est représenté par un point défini par ses coordonnées. La continuité temporelle peut être établie par un trait reliant des mois temporellement contigus. Avec précipitations et températures, faire apparaître les « mois secs » consiste à tracer une droite telle que ($P = 2T$) (Charre, 1997).

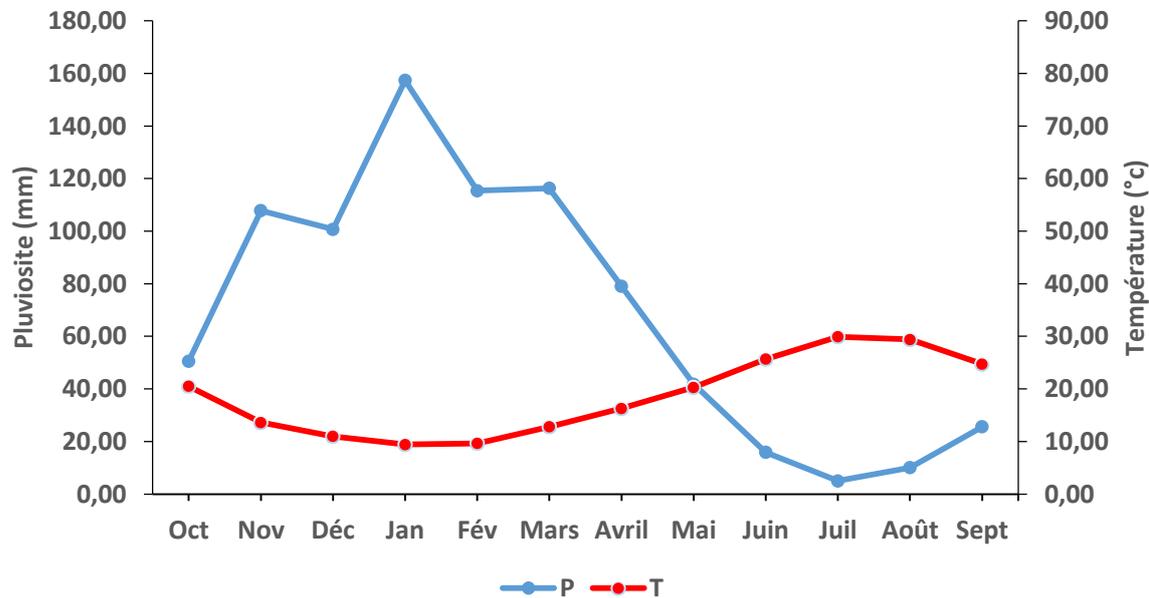


Fig. 7 : Synthèse Ombrothermique de la région durant la période allant de 2009 à 2019.

Pour localiser les périodes humides et sèches pendant la période allant de 2009 à 2019, nous avons tracé deux courbes l'une de température et l'autre de précipitation, qui a fait apparaître deux périodes, une sèche s'étale du début du mois de Mai jusqu'au Septembre et une humide qui commence du mois d'Octobre jusqu'au fin du Avril.

Chapitre III

1. Matériel et Méthodes

1.1. Prélèvement de l'eau

Le prélèvement est un acte qui consiste à obtenir un volume global représentatif de l'eau à contrôler, prélever en un endroit défini selon des modalités définies, appelé échantillon, d'où ce dernier est destiné à la réalisation d'analyses.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenue sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matière en suspension...etc.).

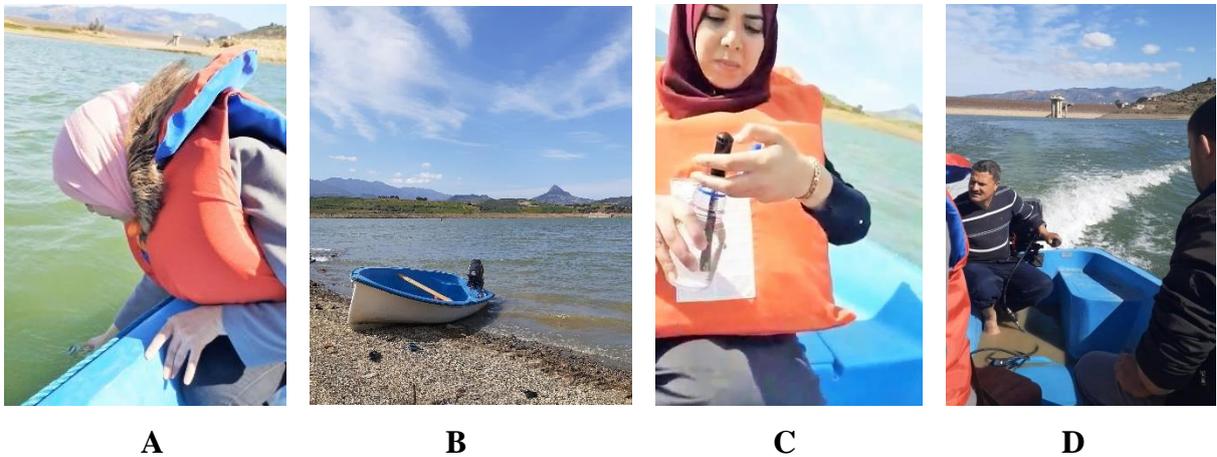


Figure 8 : travail sur terrain (figures prises le 09-03-2020)

✓ Les stations de prélèvement

Trois stations ont été choisies à savoir :

- ① (S₁) : Un prélèvement d'eau en aval du barrage près de la digue (tour de prise).
- ② (S₂) : Un prélèvement d'eau en amont gauche de l'emboucheur d'oued Menacer.
- ③ (S₃) : Un prélèvement d'eau en amont droit de l'emboucheur d'oued Fedjana.

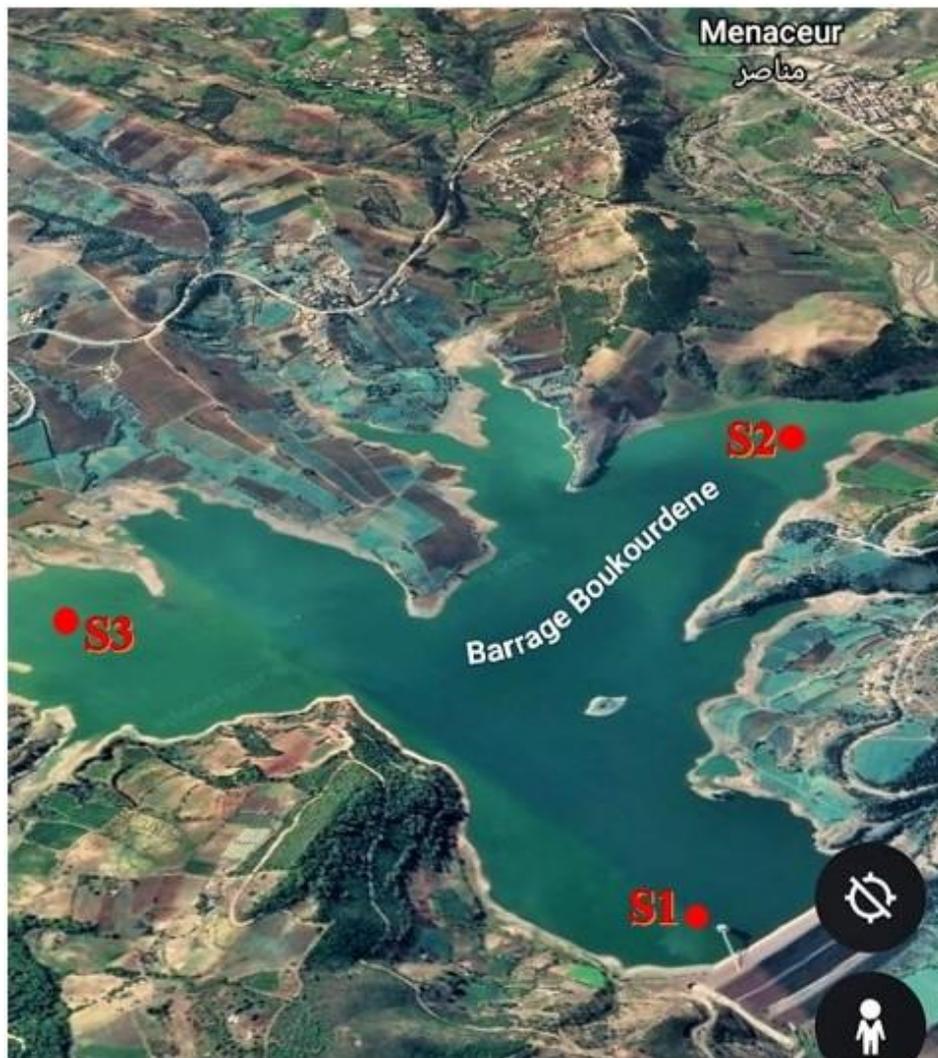


Figure 9 : localisation géographique des stations de prélèvement dans le barrage de Boukourdane S₁, S₂ et S₃ (Google earth, 2020)

Ces trois points ont fait l'objet :

- D'analyses physico-chimiques au niveau du laboratoire de l'ANRH de Soumaà. Le prélèvement se fait dans des flacons en plastic de 1 litre.
- D'analyses bactériologiques au niveau de laboratoire de l'ADE de cheffa. Le prélèvement se fait dans des flacons en verre stériles de 250 ml.

1.2. Matériel de prélèvement

- ◆ Glacière propre réservée au transport des échantillons.
- ◆ Blocs réfrigérants ou glace.
- ◆ Fiche d'observation.
- ◆ Ensemble des flacons en verres de 250 ml, avant l'usage, ces flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. ils sont ensuite séchés puis bouchés, il est recommandé d'apposer une étiquette permettant d'inscrire ultérieurement l'identification du prélèvement.
- ◆ bouteille en plastique, lavez-la trois fois avec de l'eau d'échantillon avant le remplissage.



➤ **Figure 10 :**

Flacon stérile 250 ml
(Prise le 09-03-2020).



Figure 11 :

Glacière propre
(Prise le 09-03-2020).



Figure 12 :

Le matériel de prélèvement dans la
Glacière (Prise le 09-03-2020).

1.2.1. Transport et conservation

L'ensemble de ces prélèvements ont été transportés directement dans une glacière dont la température doit être comprise entre 4 à 6° C. l'analyse bactériologique doit être effectuée le plus rapidement possible, dans un délai ne dépassant pas 8 heures.

2. Méthodes des analyses

2.1. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques sont faites au niveau de laboratoire d'ANRH à Soumaa selon ces méthodes :

2.1.1. Analyses physique**2.1.1.1. Mesure de la température**

La mesure de la température a été effectuée par l'utilisation d'une sonde thermométrique Pocket pro (Hach) qui est trempée soigneusement dans la prise d'essai. La lecture est faite après stabilisation du thermomètre (voir la figure 3C) (ANRH, 2020).

2.1.1.2. Mesure du pH

La détermination de la valeur du pH est basée sur le mesurage de la différence de potentiel d'une cellule électrochimique à l'aide d'un pH mètre, le pH consiste à tremper l'électrode dans le bécher de l'échantillon (Benakane, 2019).

2.1.1.3. Mesure de la turbidité

La détermination de la turbidité mesure une propriété optique de l'échantillon d'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentant dans l'échantillon, la quantité de la turbidité mesurée dépend des variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules (ANRH, 2020).

2.1.1.4. Mesure de la conductivité

Ce protocole opératoire décrit la méthode de mesure directe de la conductivité en utilisant un conductimètre électrique. La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend de :

- ☞ La concentration en ions.
- ☞ La nature des ions.
- ☞ La température de la solution.
- ☞ La viscosité de la solution.

Les résultats expriment en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (Benakane, 2019).

2.1.2. Analyses chimique

2.1.2.1. Minéralisation globale

a. Mesure du bicarbonate

Ce protocole a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure de titre alcalimétrique (TA) et de titre alcalimétrique complet (TAC). Les carbonates n'existent qu'à pH 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,3 et 8,3. Au cours d'un dosage acimétrique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

b. Dosage de Sulfate (SO_4^{2-})

Ce protocole a pour but pour déterminé les sulfates spectrophotomètre d'absorption moléculaire. Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de chlorure de baryum en présence de BaCl_2 (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).



c. 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 (ANRH, 2020).



En milieu acide, l'hydroxyde manganique donne un sel manganique :



Le sel manganique oxyde l'iodure de potassium en iode :



L'iode formé est dosé par du thiosulfate de sodium titré:



d. Dosage de Calcium (Ca^{2+}) et Magnésium (Mg)

Ce protocole a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'eau. Le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH 10, le noir ériochrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur. Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

Ca^{2+} : titrage des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13.1. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors de titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

e. Dosage de chlorure (Cl^-) (méthode de Mohr)

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation. (Mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

**f. La dureté totale ou Titre Hydrométrique (TH)**

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degrés de Ca^{2+} et Mg^{2+} et s'exprime par le TH (Berné et Cordonnier, 1992).

g. Dosage du Sodium et du Potassium par photométrie de flamme

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normal (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

gicteur, 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 (ANRH, 2020).

h. Résidu sec

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 110 ou 180°C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée (ANRH, 2020).

2.1.2.2. Analyses de pollution

b. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La Demande Biochimique en Oxygène est un paramètre qui indique la quantité de substances organiques polluantes d'une eau. Elle est analysée à l'aide d'un flacon surmonté d'un bouchon spécial qui mesure le processus respiratoire des micro-organismes vivants dans l'eau. Ces micro-organismes dégradent la masse organique tout en consommant l'oxygène présent dans l'échantillon et qui est nécessaire à leur existence.

Plus la masse organique est importante et plus les micro-organismes consomment l'oxygène dont la concentration diminue entraînant ainsi une diminution de la pression et donc une augmentation de la DBO (ANRH, 2020).

Le flacon contenant l'échantillon est hermétiquement fermé à l'aide d'un bouchon spécial qui mesure la diminution de pression (ANRH, 2020).

L'afficheur analogique intégré au bouchon indique après calcul, la valeur de la DBO en mgO₂/l (ANRH, 2020).

c. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO indique la quantité de matière polluante d'origine organique ou inorganique contenue dans un échantillon d'eau. 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 mercurique (HgSO₄) au début de la digestion (ANRH, 2020).

L'excédent de dichromate de potassium sera dosé par une solution de sel de Mohr $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ permettant ainsi le calcul de la DCO (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

d. Dosage des Nitrites (NO_2^-)

Réactions des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à $\text{pH}=1.9$, avec le réactif amino-4 benzènesulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2éthane (ajouté avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide) (ANRH, 2020).

Mesurage de l'absorbance à 540 nm (mode opératoire, voir l'annexe).

e. Dosage de Nitrates (NO_3^-)

Ce protocole a pour objet la description du dosage spectrométrique nitrate par la méthode au salicylate de sodium. En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent de paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

f. Détermination de la matière organique (par oxydabilité au permanganate)

Repose sur le chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10 min). Une partie des permanganates sera réduite par les matières oxydables présentes dans l'échantillon (ANRH, 2020).

g. Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

La présence de l'azote ammoniacal dans une eau traduit un processus de dégradation incomplète de la matière organique. La détermination de l'azote ammoniacal est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (mode opératoire, voir l'annexe) (ANRH, 2020).

h. Dosage des phosphates PO_4^{3-}

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 (ANRH, 2020).

2.2. Analyses bactériologiques

Dans le cadre de notre étude, l'énumération bactérienne a été réalisée au niveau du laboratoire d'ADE de cheffa.

2.2.1. Préparation des dilutions

Les dilutions sont réalisées en vue de réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume pour permettre après incubation d'observer leurs développements (cas des tubes) ou d'effectuer le dénombrement des colonies (cas des boites) (ADE, 2020).

2.2.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale

La méthode de recherche des streptocoques se fait selon la méthode de Labres et Mouffok (2008).

2.2.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes fécaux est réalisée selon la méthode liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP) (tableau 6) (ADE, 2020).

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

- ☞ Test de présomption : réserver à la recherche et le dénombrement des coliformes totaux.
- ☞ Test de confirmation (Mac Kenzie) : réserver à la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérants) à partir des tubes positifs du test de présomption (ADE, 2020).

✚ Test de présomption

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

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

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum (ADE, 2020).

➤ **Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 20 à 48 heures (ADE, 2020).

➤ **Lecture**

Sont considérés comme positifs présentant à la fois :

- ① Un dégagement gazeux (supérieur 1/10 de la hauteur de la cloche)
- ② Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ADE, 2020).

Ces deux caractères étant témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP qui figure en Annexe (ADE, 2020).

🚦 **Test de confirmation ou test de Mackenzie**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli (ADE, 2020).

Escherichia coli est un coliforme thermo tolérant qui entre autre :

- 👉 Produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C.
- 👉 Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl.

Les tubes de BCPL trouvée positifs lors du dénombrement de coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham (ADE, 2020).

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum (ADE, 2020).

➤ Incubation

L'incubation se fait cette fois ci dans l'étuve à 44°C pendant 24 heures (ADE, 2020).

➤ Lecture

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

- ① Un dégagement gazeux.
- ② Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli*.
- ③ Après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44°C (ADE, 2020).



Figure 13 : l'incubation à Incubation 37°C
(Prise le 10-03-2020)



Figure 14 : Test d'indole
(Prise le 11-03-2020)



Figure 15 : Incubation à à 44°C
(Prise le 11-03-2020)

2.2.2.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

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

- ☞ Test de présomption
- ☞ Test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption (ADE, 2020).

✚ Test de présomption

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

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

Bien mélanger le milieu et l'inoculum (**ADE, 2020**).

➤ Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**ADE, 2020**).

➤ Lecture

Seront considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien. Seulement ces derniers ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement, mais doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA-LITSKY dans le but d'être confirmés (**ADE, 2020**).

✚ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption (**ADE, 2020**).

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY (**ADE, 2020**).

Bien mélanger le milieu et l'inoculum (**ADE, 2020**).

➤ Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 heures (**ADE, 2020**).

➤ Lecture

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

- ① Un trouble microbien.
- ② Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP qui figure en Annexe (**ADE, 2020**).

Chapitre IV

Dans ce chapitre nous présentons les résultats des analyses physico-chimique et bactériologiques des eaux de barrage Boukerdane durant les trois mois (Janvier, Février, Mars) pour suivre et contrôler la qualité de ces eaux.

1. Paramètres physique

1.1. Température

La température de l'eau représente un facteur abiotique de la plus grande importance dans le développement et la croissance, la majorité des paramètres physico-chimique dépendant de la température

D'après la Figure 15, les valeurs de températures des eaux superficielles du barrage de Boukerdane montrent une stabilité saisonnière et fluctué entre 14 et 17.5°C durant la période d'étude, qui influencer par la température atmosphérique 18 à 20°C.

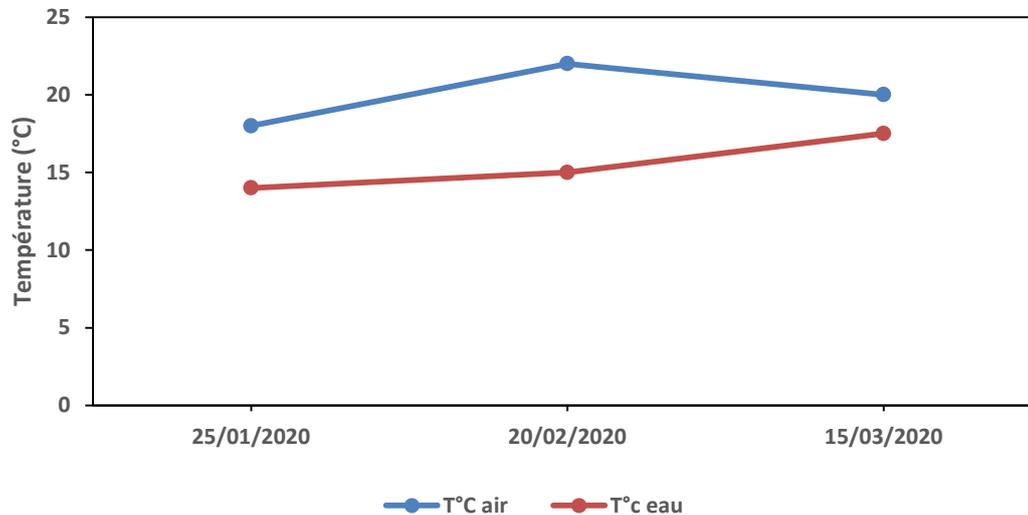


Figure 16 : Variation de la température (°c) de l'eau et de l'air en fonction de temps (mois).

1.2. PH

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). Quand les valeurs de pH deviennent faibles cela augmente le risque de la présence des métaux sous une forme ionique plus toxique (**Chapman, 1996**). Le pH est un facteur dépendant des conditions naturelles du milieu, telles la couverture végétale et la nature des roches et du substrat pédologique et des activités humaines telles la pollution (**Dussart, 1966**) ; (**Brémond & Vuichard, 1973**). Il diminue en présence des teneurs élevées en matières organiques et augmente en période d'étiage.

Dans notre étude, les valeurs se stabilisent entre 8,2 et 8,3 (Figure 16). Selon l'OMS (1991), les valeurs de pH trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité et varie entre 7.5 et 8.5. Ces variations peuvent être expliquées également par l'influence des eaux de ruissellement chargées aux diverses matières.

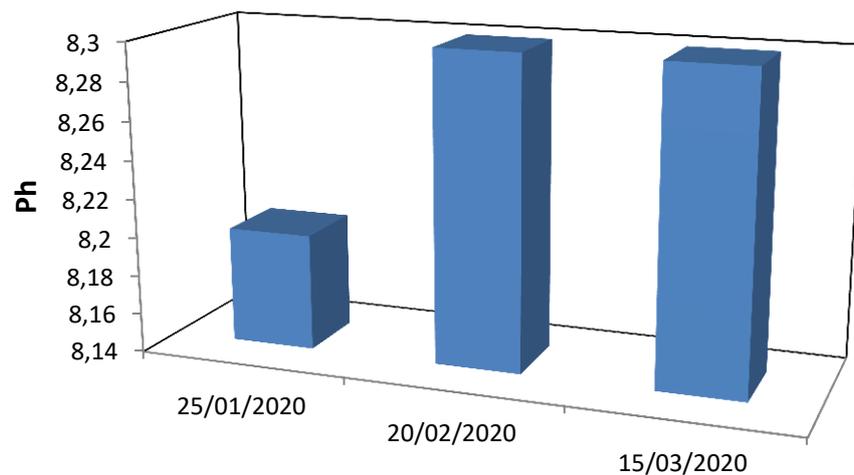


Figure 17 : Variation du pH en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.

1.3. Conductivité :

La conductivité électrique (CE) est un paramètre très important pour la dynamique des peuplements, elle représente la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée (**Derwich et al., 2010**).

L'allure de l'histogramme (Figure 17), montrent que la valeur de la CE fluctue entre 825, 790, 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ respectivement durant les trois mois, ce qui reflète d'après Rodier et al. (2009) une minéralisation importante ($666 < \text{CE} < 1000 \text{ us}/\text{cm}$), mais ne dépassant pas les normes.

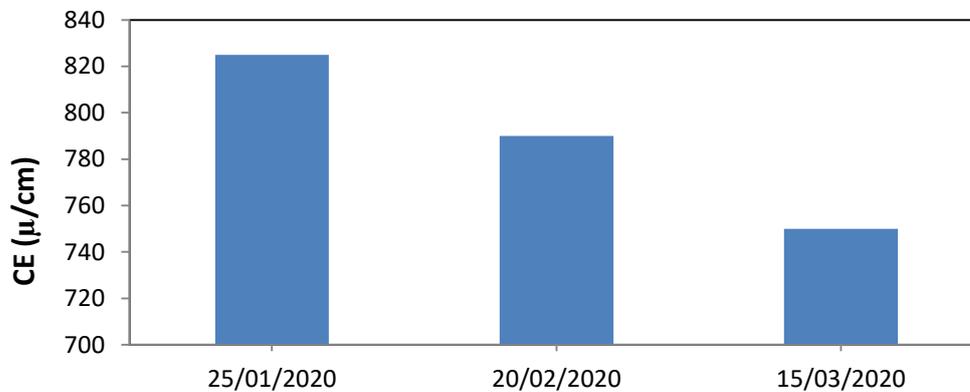


Figure 18 : Variation de conductivité électrique ($\mu\text{s} / \text{cm}$) en fonction de temps (mois).

1.4. Turbidité

La turbidité est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes...) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi aux pollutions qui troublent l'eau (Hazourli et al., 2007). Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse).

D'après la Figure 18, nous avons remarqué différentes valeurs de turbidité au même mois à des points de prélèvement différents.

Les deux faibles valeurs 4.3 et 4.17 NTU pour le point de Tour de Prise et Oued Fedjana, et la valeur maximale 5.15 NTU pour Oued Menacer.

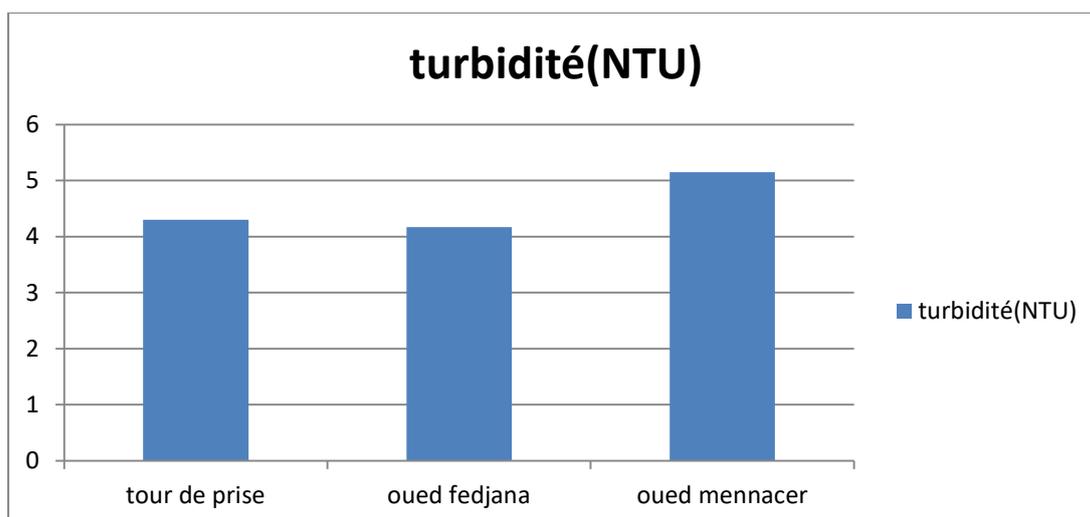


Figure 19 : Présentation graphique de la turbidité (NTU) d'un même mois a des points différents.

Tableau 04 : Normes physique selon (l'OMS, 2006) et (Jora 2006)

	T (°C)	pH	Turbidité (NTU)
Normes	25	6,5 - 9	5
Résultats des trois mois	15,5	8,26	4,54

L'analyse des données physique montre que, la température de l'eau et les valeurs de ph se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité, selon l'OMS (1991). La turbidité est inférieure à 5 donc, ils conforme la norme. Aussi la conductivité électrique ne dépassant pas les normes. D'après la grille de l'ABH (2009, les eaux du barrage Boukerdane sont de bonne qualité (donc, l'eau de qualité moindre pouvant satisfaire tous les usages, alors ils dépendent de traitement classique pour devient eau potable).

2. Paramètres de minéralisation

2.1. Calcium

Le calcium est un métal alcalin terreux, composant majeur de la dureté de l'eau (TH), sa teneur varie essentiellement selon la nature des terrains traversés (Rodier, 1984).

D'après la Figure 19, nous avons noté que la valeur de calcium a été stable 76 mg/l au mois de Janvier et Février. Puis élevée à 90 mg/l au mois de Mars. On remarque qu'il n'y a une petite différence entre les valeurs du calcium des eaux de barrages du mois de Janvier, Février 76mg/l par rapport au mois de Mars 89mg/l.

Selon Dégerment (1978), les eaux chargées de calcium sont dures et celles qui sont faiblement chargées sont denses. Les eaux qui dépassent 200mg/l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

Selon OMS(2006), les valeurs de calcium conformes la norme (200 mg/l).

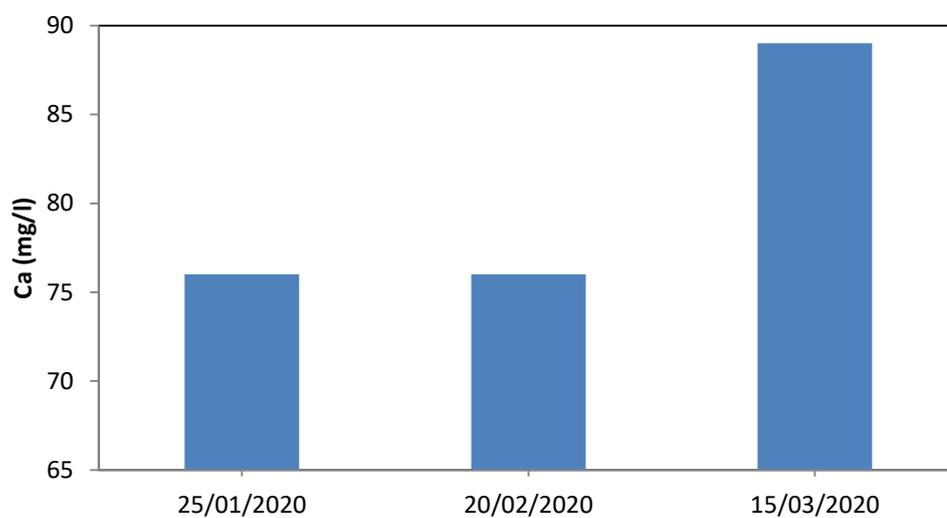


Figure 20 : Variation du calcium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrages

2.2. Magnésium

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

À partir de la Figure 20, La valeur de magnésium a été fluctuée entre 84, 28, 30 mg/l respectivement au mois de Janvier, Février, Mars.

Les concentrations des eaux en magnésium répondent aux normes recommandées (inférieure à 150mg/l) (JORA, 2006)

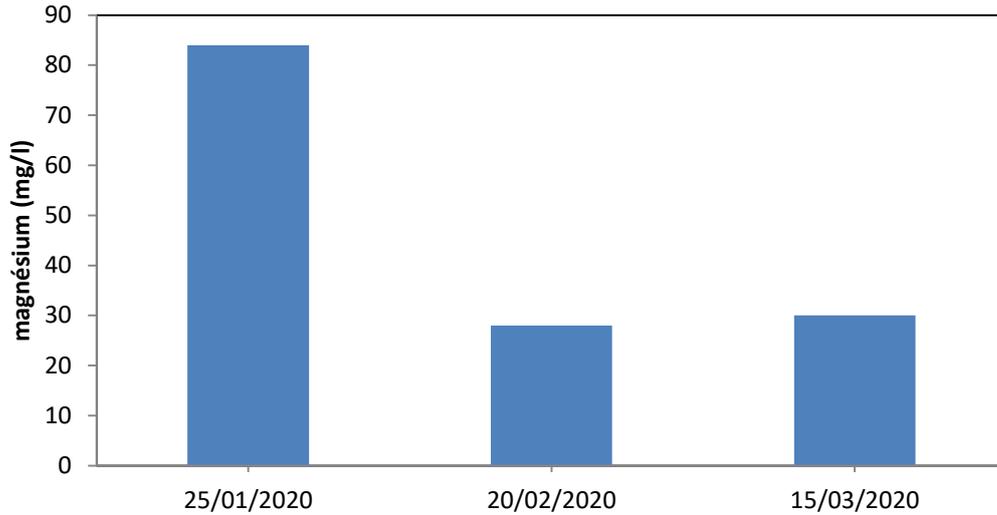


Figure 21 : Variation du magnésium (mg/l) des eaux

2.3. Sodium

Le sodium est l'un des constituants majeurs de l'écorce terrestre (2.83 %). Il existe dans la totalité des eaux car sa solubilité est très élevée (**Bremond et Vuichard, 1973 in Melghit ,2012**)

D'après la Figure 21, les valeurs de sodium a été fluctué entre 28, 48, 37 mg/l respectivement durant les trois mois .

Selon l'OMS (2006), la valeur maximale pour sodium est 200 mg/l.

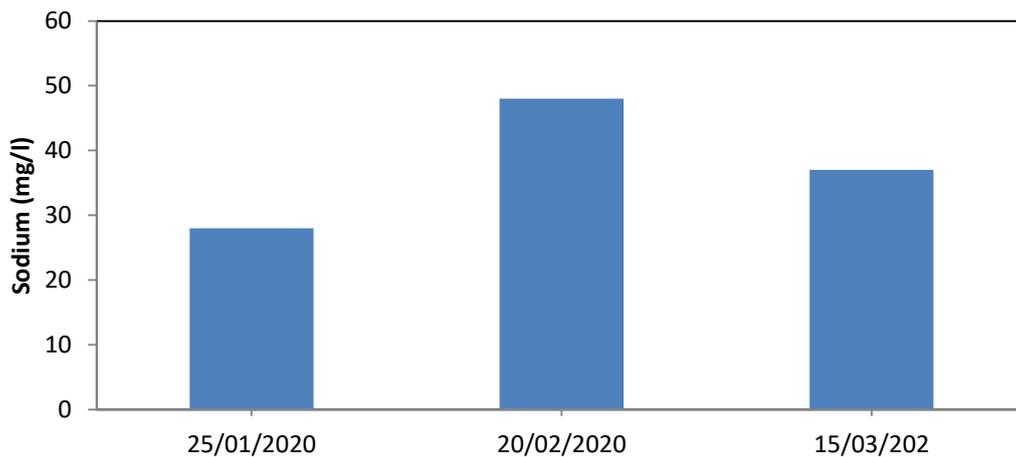


Figure22 : Variation de sodium (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux de barrage.

2.4. Potassium

Le potassium est un élément normal des eaux, où sa concentration est largement inférieure à celle du sodium, bien que leurs abondances relatives terrestres soient comparables (sodium 2.83 % - potassium 2.59 %). ((Brémond & Vuichard, in Melghit, 2012).

A partir de la Figure 22, nous remarquons une absence totale de potassium durant de mois de Janvier 0 mg/l, puis la valeur de sodium augmentent au mois de Février à 3 mg/l et démunie à 2 mg/l au mois de Mars.

L'absence de la teneur en potassium pourrait probablement être due qu'à un phénomène de dilution soit par les pluies soit par les divers effluents des divers rejets urbains de la ville de Sidi Amer. La teneur la plus élevée est enregistrée au mois de Février. Ceci peut être attribué aux eaux de ruissellement chargées en matières dissoutes.

Selon l'OMS (2006), la valeur maximale pour potassium est 12 mg/l.

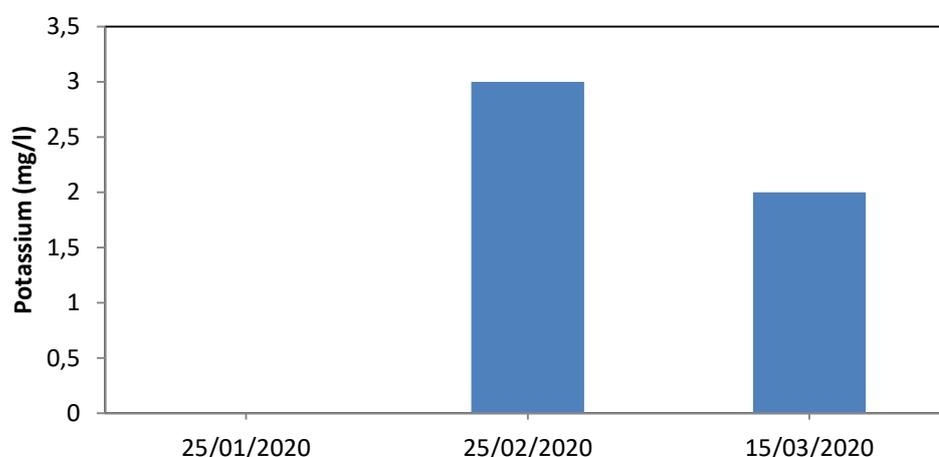


Figure 23 : Variation du potassium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.

2.5. Chlorure

Les chlorures sont des ions importants contenus en concentration variables dans les eaux. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Lakhili et al., 2015 in Barkat, 2016). Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des

terrains traversés, ce qui permet de classer ces eaux superficielles en classe 1 selon la grille de l'ABH (1999), (Barkat, 2016).

L'histogramme (Figure 23 et Tableau 07) montre que les teneurs d'un chlorure fluctuèrent entre 62, 59, 70 mg/l respectivement durant la période de stage

Selon l'OMS (2006), la valeur obtenue ne dépasse pas les normes (500 mg/l).

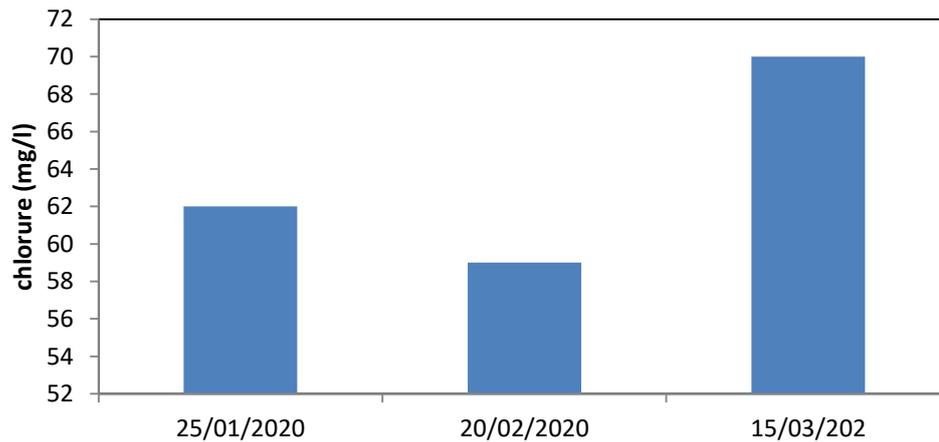


Figure 24 : Variation de chlorure (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux de barrage.

2.6. Sulfate

L'allure de l'histogramme (Figure 24, Tableau 07) montrent que les valeurs en sulfate varient légèrement d'un mois à l'autre, la valeur minimale 105 mg/l au mois de Février et un maximal 125 mg/l pour les deux mois de Janvier et Mars.

Les sulfates présentent des teneurs moins irrégulières par rapport aux teneurs des chlorures, varient surtout durant la période pluvieuse (Melghit, 2012)

Le sulfate conforme la norme (ne dépasse pas 400 mg/l).

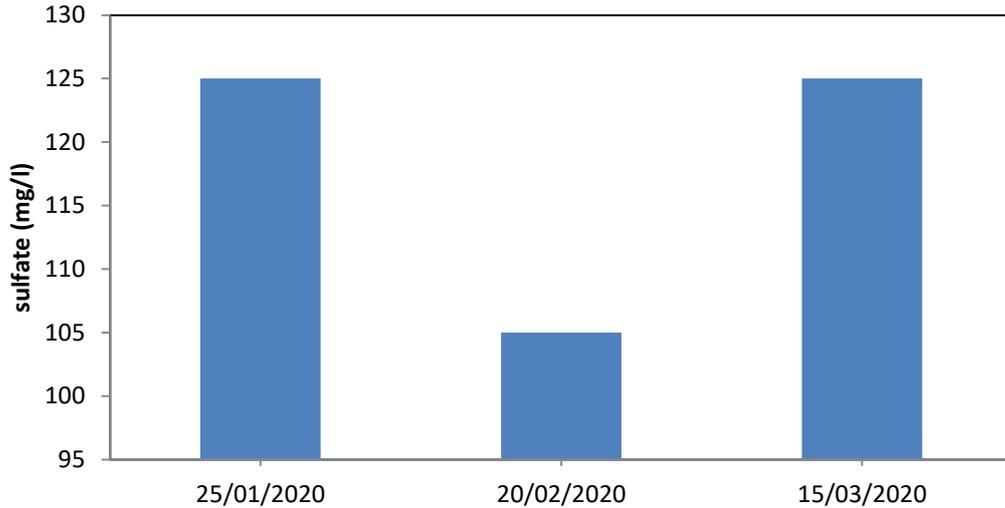


Figure 25: Variation de sulfate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.

2.7. Phosphate

Les eaux de barrage contiennent des teneurs en phosphates allant de 0 mg/l à 0.09 mg/l, traduisant ainsi des eaux de très bonne qualité (teneur <0.1 mg/l) selon les classes d'aptitude des eaux superficielles de l'ABH (2009).

D'après la figure 25 et tableau 07, nous avons noté les valeurs du PO_4 des eaux de barrage Boukerdane varient de 0.1 à 0.46 mg/l durant la période de stage.

Selon la grille de la qualité superficielle (ABH ,2009) l'eau de barrage Boukerdane classe en eaux passable. Donc, l'eau est de qualité médiocre, suffisante pour les usages peu exigeants (Tableau 05).

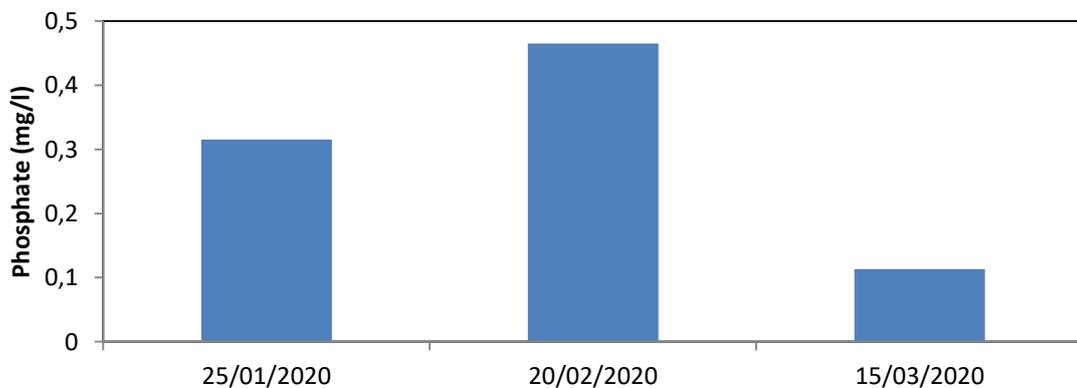


Figure 26 : Représentation graphique de phosphate (mg/l) en fonction de temps (mois).

2.8. Bicarbonate

L'histogramme (Figure 26 et Tableau 07) montrent que les teneurs en chlorure fluctués entre 204, 218, 188 mg/l respectivement durant la période de stage

Donc, les valeurs de bicarbonate conformes les normes algériennes de potabilité (500 mg/l).

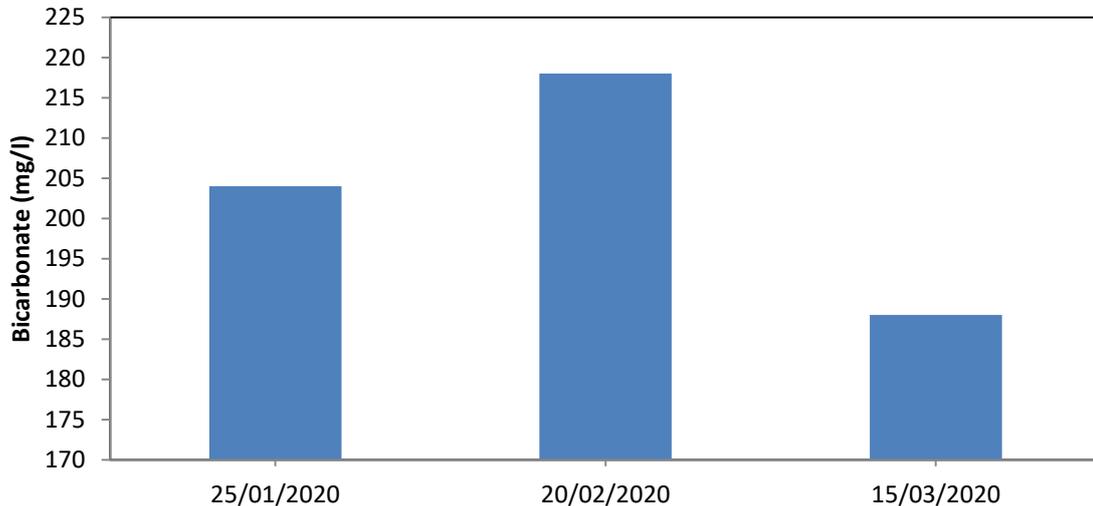


Figure 27 : Variation du bicarbonate (mg/l) en fonction de temps (mois) des eaux de barrage.

2.9. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent l'un des plus importants paramètres de qualité d'écosystème aquatique, elles proviennent essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. (Schlumberger, 2002)

D'après la Figure 27, les résultats du dosage d'oxygène dissous dans l'eau sont variés entre 7.3 et 11 % saturation. La valeur moyenne est de 9,43 % saturation

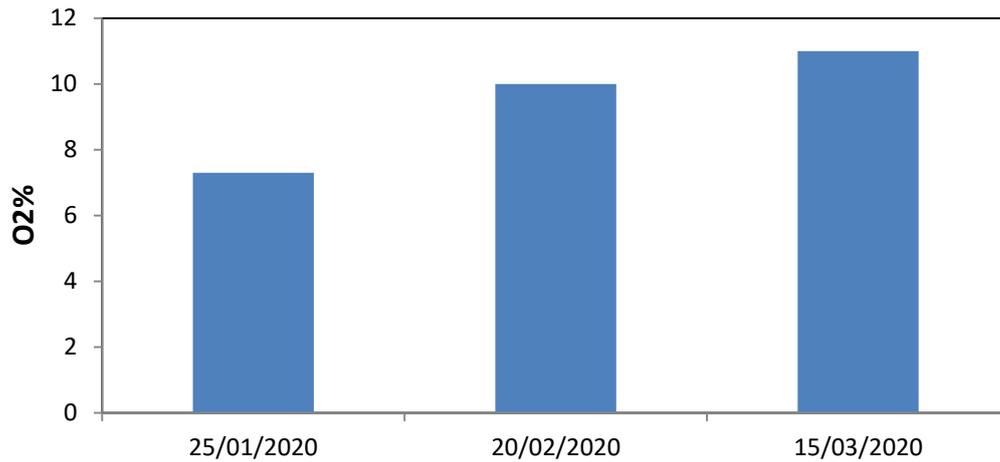


Figure 28 : Variation d'oxygène dissous (% saturation) en fonction de temps (mois).

2.10. Résidu sec

Les résidus secs sont la matière solide dans l'eau, c'est à dire la somme des matières en suspensions. 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. (**Barkat, 2016**)

D'après la Figure 28, les valeurs des résidus sec fluctuées entre 498, 574, 525 mg/l respectivement durant les trois mois (Janvier, Février, Mars).

Solon la grille de la qualité des eaux superficielles pour les compositions minérales le résidu sec a été on classe I (ANRH, 1999)

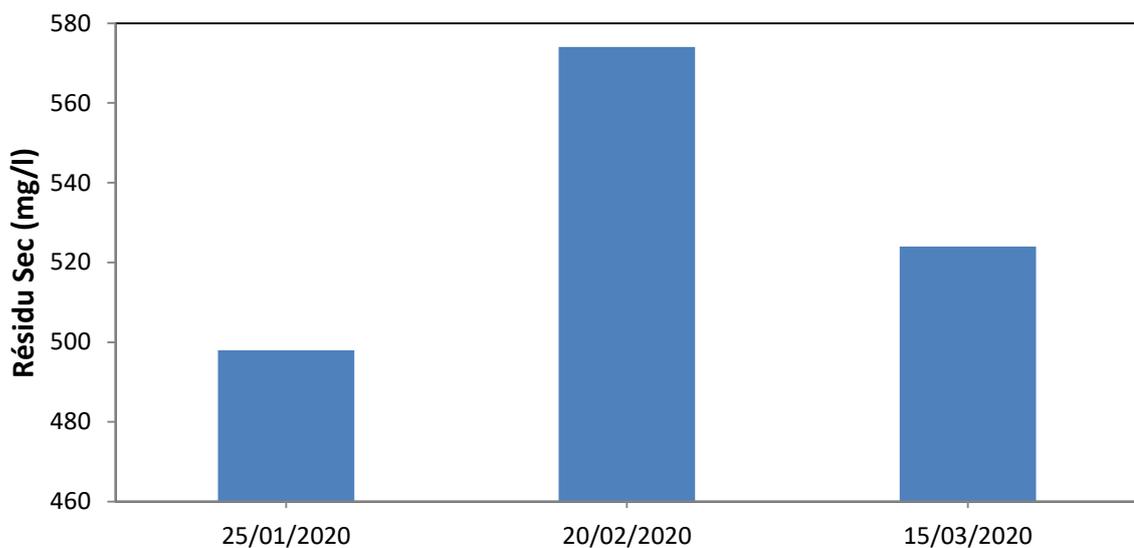


Figure 29 : Variation de résidu sec en fonction de temps (mois).

2.11. Titre hydrométrique (TH)

Le barrage de la zone d'étude est caractérisé par la présence des différents minéraux calciums et en magnésium et quelque fois l'ion de fer, aluminium. Qui présentent une dureté. (Rodier, 2009)

D'après la Figure 29, les taux de TH sont fluctués entre 40, 35, 30 mg/l respectivement durant les trois mois.

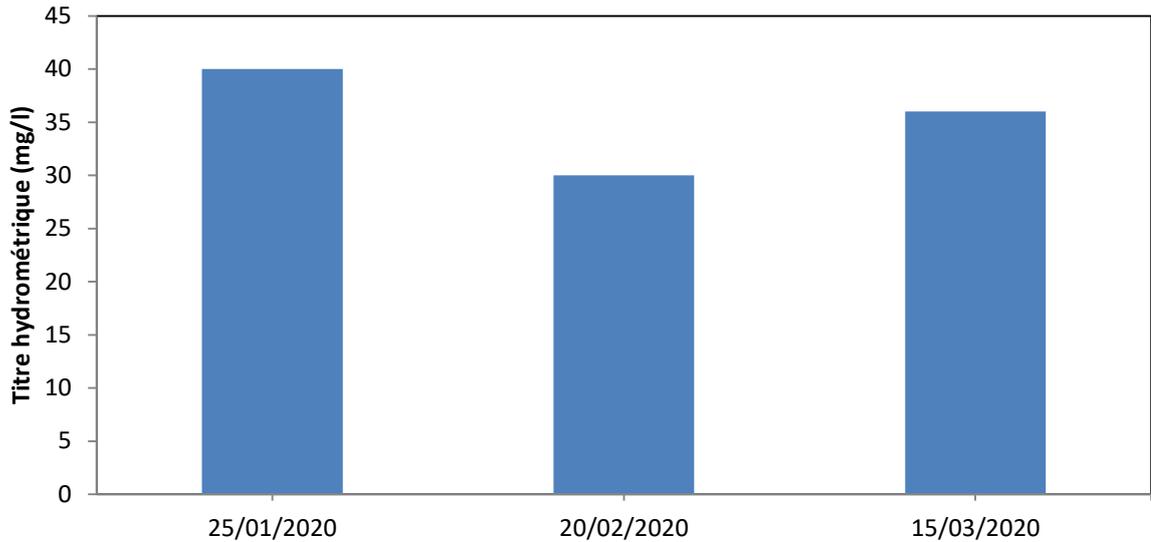


Figure 30 : Variation du Titre hydrométrique (mg/l) des eaux de barrage Boukerdane en fonction de temps (mois).

Tableau 05 : Grille de la qualité des eaux superficielles pour les compositions minérales (ANRH, 1999)

classe/paramètre	Unité	CI	CII	CIII	C IV
Cl-	mg/l	10-150	150-300	300-500	>500
SO ₄ ⁻²	mg/l	50-200	200-300	300-400	>400
Résidus sec	mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

Tableau 06 : Normes électrochimiques selon (l'OMS, 2006) et (Jora, 2006)

éléments	unités	normes	Résultats
Bicarbonates (HCO₃⁻)	Mg/l	/	203
Sulfates (SO₄²⁻)	Mg/l	400	118
Chlorure (Cl⁻)	Mg/l	500	63.6
Calcium (Ca²⁺)	Mg/l	200	80.3
Magnésium (Mg²⁺)	Mg/l	150	47.3
Sodium (Na²⁺)	Mg/l	200	37.6
Potassium (K⁺)	Mg/l	12	1,6
Titre hydrométrique (TH)	Mg/Ca CO ₃	500	35,3

D'après les résultats des analyses on conclut : le barrage caractérisée par la conformité aux normes algériennes de potabilité (Tab.7) des paramètres minéraux (calcium, magnésium, sodium, potassium et chlorure). Aussi la présence de sulfate et phosphate permet de classer les eaux superficielles du barrage en classe I « eau de bonne qualité ». (ABH ,2009)

D'après la variation du résidu sec des eaux superficielles du barrage on classe I « eau de bonne qualité » .L'eau en bonne qualité doit être bien plus oxygénée. (La grille de l'ABH, 2009)

L'évolution des différents paramètres durant la période d'étude, montre que le bicarbonate et le titre hydrique présentent des teneurs aussi conformes les normes.

3. Paramètres de pollution

3.1. Matière organique

D'après la Figure 30, nous avons noté que les valeurs fluctués entre 3, 2, 3 mg/l respectivement dans les trois mois.

Selon (Aouabed (2003) in Amimer, 2015), les matières organique sont responsables de la coloration des eaux des surfaces et elles sont issus de processus des végétaux et des détruis animaux.

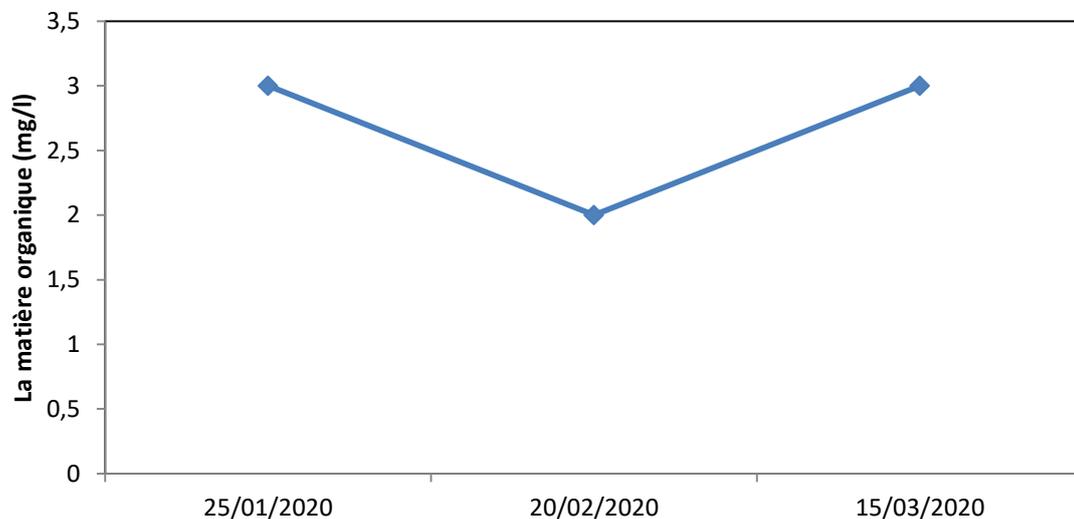


Figure 31 : Variation de la matière organique (mg/l) en fonction de temps (mois).

3.2. Nitrate

D'après la Figure 31 et Tableau 08, en remarquent que la valeur minimale a été enregistré durant le mois de Janvier (2,5 mg/l) puis elle augmente graillement jusqu'à elle attenté ça valeur maximale de 3,5 mg/l durant le mois de Mars.

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 à plus de 10 mg/l.

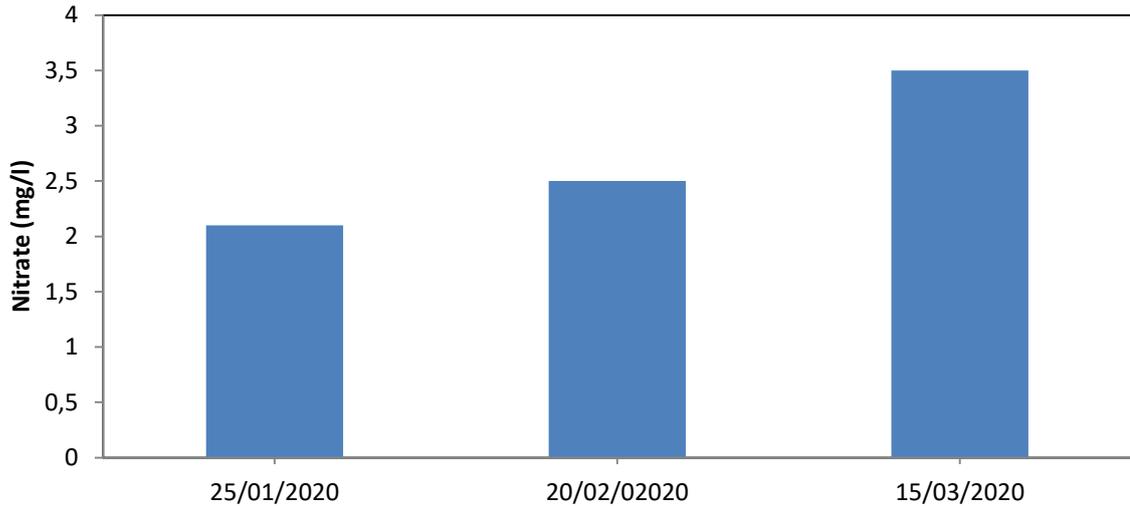


Figure 32 : Variation du nitrate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux de barrage.

3.3. Nitrite

Au cours de notre étude (Figure 32, Tableau 08), les teneurs en nitrite (NO_2^-) sont relativement faibles et stable (0.69 mg/l) pour les deux mois (Janvier, Mars) ; et une absence de nitrate (0 mg/l) au mois de Février.

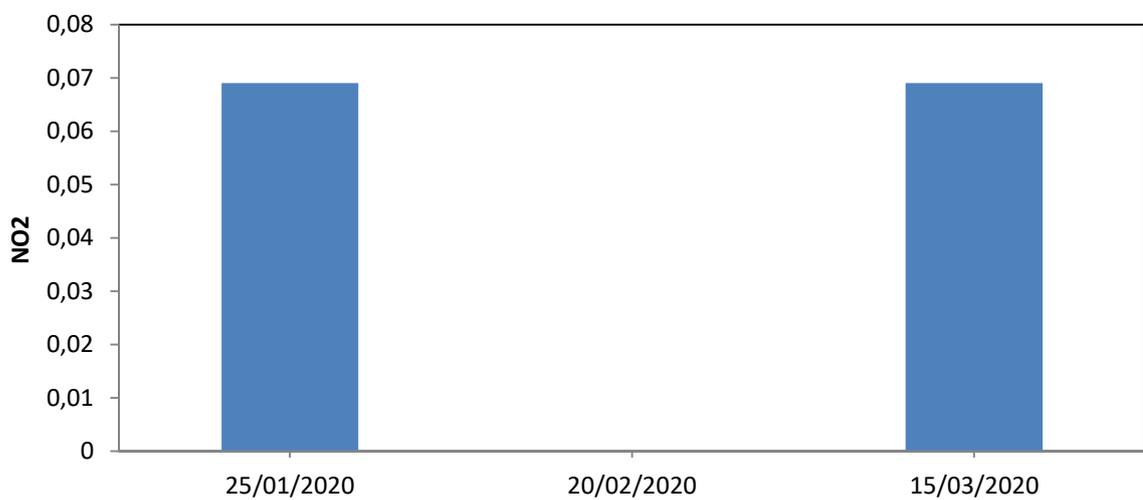


Figure 33 : Représentation graphique du NO_2 .

3.4. Azote ammoniacal

A partir de Figure 33, en remarquant une présence de valeur d'azote ammoniacal très faible aux deux premiers mois (0.1 mg/l) durant le mois de Janvier et (0.2 mg/l) au mois de Février. Une absence totale d'azote ammoniacal (0 mg/l) durant le mois de Mars.

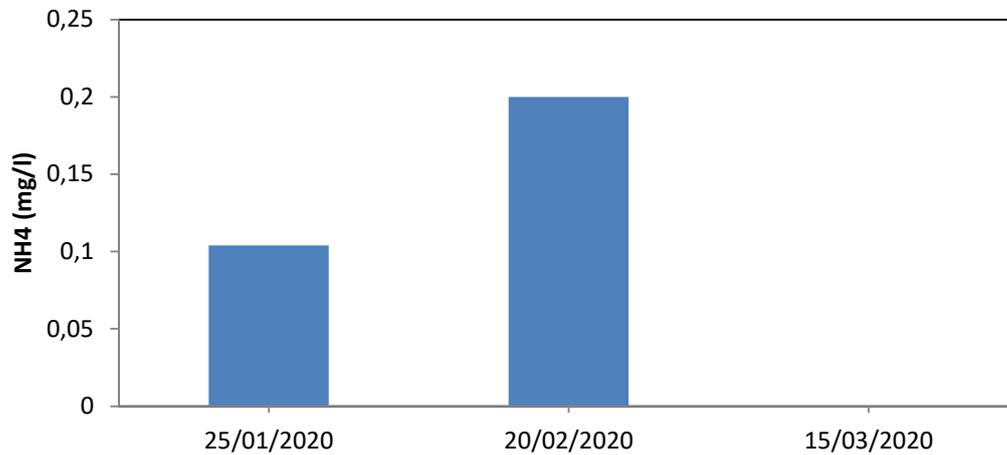


Figure 34 : Variation d'azote ammoniacal (mg/l) en fonction de temps (mois).

3.5. La DBO₅ et la DCO

D'après la Figure 34, nous avons noté que la valeur de la DBO₅ est fluctuée entre 3, 2, 3 mg/l respectivement durant les trois mois. Au même temps la valeur de la DCO se stabilise à 10 mg/l durant le mois Janvier, Février puis diminue jusqu'à 5 mg/l au mois de Mars.

Selon la Grille de la qualité des eaux superficielles, les valeurs de la DBO₅ et la DCO en classe 1.

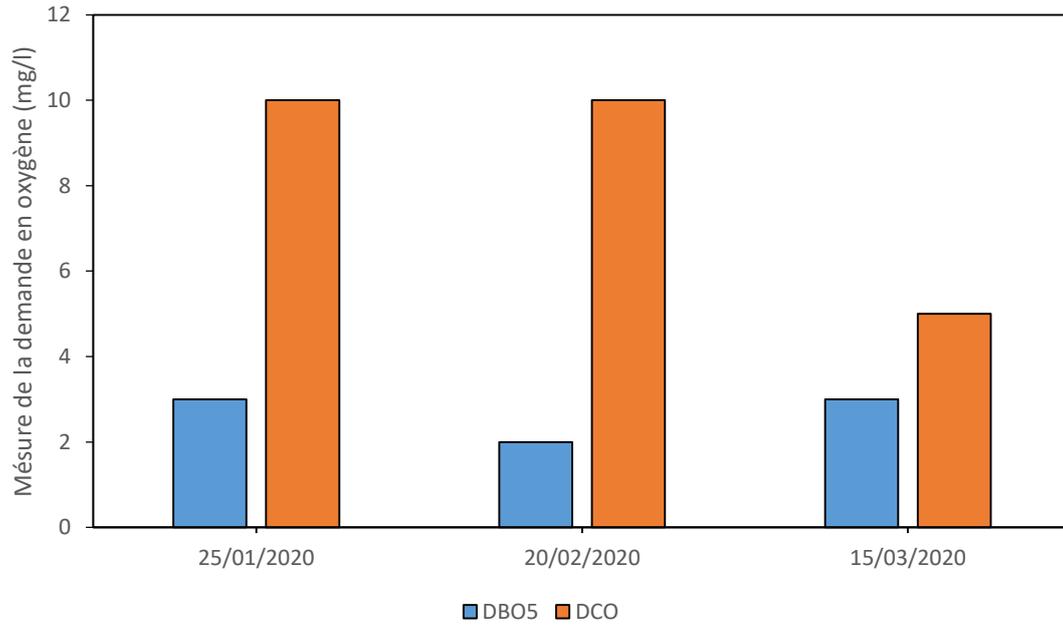


Figure 35 : Variation de la mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO) et la demande chimique en Oxygène (DCO) (mg/l) en fonction de temps (mois)

A partir de ces résultats, on remarque que tous les valeurs de la DBO5 sont inférieures à 10 mg/l. Les plus fortes valeurs de la DBO5 observées en Janvier, Mars sont probablement liées à la décomposition des macrophytes dans le barrage. Les différences des résultats obtenus par DCO constituent une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables (**Rodier et al., 2012**)

Tableau 07 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH, 2009).

Classes	Unités	résultats	Très bon	bon	passable	mauvaise	Très mauvaise
Paramètres							
DCO	Mg/l d'O ₂	5	20	30	40	80	>80
DBO₅	Mg/l d'O ₂	2.7	3	6	10	25	>25
Ammonium NH₄⁺	Mg/l	0.1	0.5	1.5	2.8		>4
Nitrates NO₃⁻	Mg/l	2.7	2	10	25	50	>50
Phosphates PO₄³⁻	Mg/l	0.3	0.1	0.5	1	2	>2
Nitrites NO₂⁻	Mg/l	0.46	0.03	0.3	0.5	1	>1
Conductivité	µs/cm	788,3	180-2500	120-3000	60-3500	0-4000	4000 A
O₂	% saturation de	9,4	>7	5 à 7	3 à 5	< 3	0

3.6. Paramètres bactériologiques

Les analyses bactériologique effectuées consistent une recherche des coliformes totaux et fécaux et streptocoque au mois de mars à trois points déferrant (Tour de Prise, Oued Fedjana, Oued Menacer).

D'après la Figure 35, le nombre des coliformes totaux varie entre (18-2200 germes/100 ml), la valeur minimal (18 germes/100 ml) au niveau de oued menacer, (186 germes/100ml) au niveau de Tour de Prise et la valeur maximal (2200 germes/100 ml) au niveau de oued Fedjana.

Pour les coliformes fécaux, les valeurs sont approximatives et compris entre 8-14 germes/100ml pour les trois point S1, S2, S3.

Le nombre des streptocoques fécaux est compris entre 46-56 germes/100ml. Leur détection dans une eau témoin généralement une pollution fécale.

Selon le JORA (2011), les eaux destinées à la production d'eau pour la consommation humaine doit être contenir :

- Moins de 50000 de coliformes totaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 20000 de coliformes fécaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 10000 de streptocoque fécaux dans 100 ml d'eau.

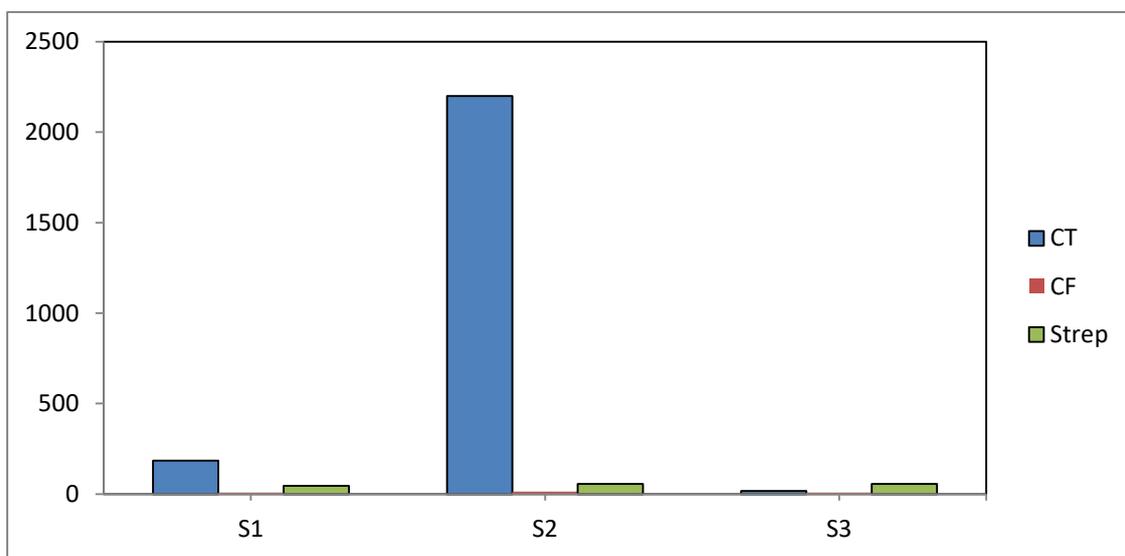


Figure 36 : Présentation graphique des teneurs des germes (CT, CF, Strep) à des points différent (S1, S2, S3).

La pollution représente un sérieux problème pour l'écosystème aquatique et aussi pour l'environnement, qui dépende de suivi les éléments polluants (matière organique, le nitrate, nitrite, ammonium....) et fait la comparaisant avec les normes (ABH, 2009 et OMS).

D'après les résultats des analyses on conclut : la matière organique, le nitrate, et le nitrite conforme la norme (ABH ,2009), les teneurs de l'ammonium restent toujours inférieures à 2 mg/l dans le barrage.

Selon la grille de la qualité des eaux superficielles, la DBO₅ et la DCO ; les concentrations en azote ammoniacal au niveau du barrage révèlent une eau appartenant à une qualité des eaux très bonne (l'eau est acceptable pour classer

comme eau potable).Cependant les valeurs faibles et parfois nul déduit un manque de pollution durant notre période de prélèvements. (ABH, 2009)

Au total, l'analyse des données physico-chimiques et bactériologiques montre que les valeurs étaient conformes aux normes algériennes pour les eaux brutes, notre étude a révélé donc que l'eau du barrage Boukerdane était de qualités physico-chimiques et bactériologiques bonne et acceptable avec un niveau de pollution très réduit corrélativement aux résultats des travaux précédents.

A l'issue de notre étude, nous avons pu mettre en évidence quelques caractéristiques physico- chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage de Boukerdane (Tipaza) :

Caractéristiques physique :

- Une température inférieure à 25°C qui est saisonnière, influencée par la température de l'air.
- L'eau du barrage Boukerdane est faiblement basique 8.26
- Une moyenne de 788,3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la conductivité électrique qui est dans la classe de bonne qualité selon Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH ,2009)
- Une faible teneur de la turbidité (NTU), qui est toujours inférieure à 5.

Caractéristiques minérales :

- Les teneurs en calcium, magnésium, sodium, potassium, sulfates, bicarbonate traduisent une eau de qualité très bonne.
- Des teneurs en Cl^- , SO_4^- - traduisant une salinité importante.

Caractéristiques de pollutions :

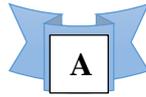
- Les résultats concernant les paramètres de pollution nous permettant de dire que l'eau du barrage est généralement de bonne qualité concernant, les concentrations en nitrates et en nitrites avec des teneurs naturelles en phosphates et ammoniacales Ainsi que La matière organique, la DBO5, et la DCO.

Caractéristiques biologiques :

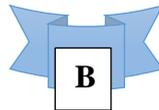
- Concernant les coliformes et les streptocoques fécaux provenant d'une ancienne contamination. L'analyse bactériologique révèle l'absence d'une contamination récente par *Escherichia coli*

Enfin, notre étude a révélé que l'eau du barrage de Boukerdane était de qualité physico-chimique et bactériologique bonne et acceptable avec un niveau de pollution très réduit corrélativement aux résultats des travaux précédents. Toutefois, cette qualité reste influencée par les facteurs climatiques et anthropiques.

Références bibliographiques

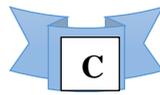


- **ADE, 2020.** Algérie Des Eaux.
- **Alsat-2A, 2013.** Vue satellitaire de la zone d'étude (localisation de barrage Boukerdane).
- **ANBT, 2017.** Agence Nationale des Barrages et Transferts/ Rapport trimestrielle de 4^{ème} trimestre. Barrage de Boukerdane.
- **ANRH, 2020.** L'Agence National des Ressources Hydrauliques.
- **Azzaoui, (1999).** les métaux lourds dans le bassin versant du Sebou, Géochimie, source de pollution et impact sur la qualité des eaux de surface. Thèse de Doctorat Nationale. Université Ibn Tokai, Kenitra, Maroc : 138 p.

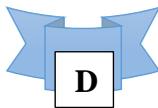


- **Bennefoy C, Guilet F, Leyral G et Verne-Bourdais E, 2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : collection : biosciences et techniques, Série : Science des aliments. P 248.
- **Berné F et Cordonnier J, 1991.** Traitement des eaux. Editions technip, Paris et Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison.
- **Berné et Cordonnier, 1992.** Traitement des eaux. Edition technip. Paris p 5-14.
- **Berné et Jean, 1991.** traitement des eaux. Edition technip. Paris p 306.
- **Bliefret C et Perraud R, 2001.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Bruxelles : De Boeck, pp 285-286-287-326-477.
- **Brémond. R & Vuichard. R, 1973.** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, secrétariat permanent pour l'étude des problèmes de l'eau.
- **Bontoux, 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées et eaux de boisson. Edition Technique et documentation Lavoisier. 169p

- **Bouroubi, M.Y. (2009).** Etude hydrogéologique du synclinal de la taoura : Fonctionnement et évaluation des ressources en eaux souterraines. Thèse de magister université Mentouri Constantine. 182 p.

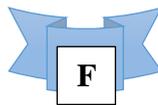


- **Chaoui. W, 2007.** Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'oued Seybouse et de l'oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba Algérie.
- **Chaoui. W, Bousnoubra. H, Benhamza. M & Bouchami.T, 2013.** Etude de la pollution des eaux des oueds Seybouse et Mellah (Région de l'Est Algérien). Rev.Sci.Technol, 25, 50-56
- **Chapman. D, 1996.** Water Quality Assessments-A Guide to Use Of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring-Second Edition (D.Chapman (ed), CRC Press). Taylor and Francis. <https://www.earthprint.com>.
- **CPEPESC, 2017.** Les différentes paramètres physico-chimiques et des eaux et commentaires. Article en ligne sur commission de protection des eaux, du patrimoine, de l'environnement, du sous-sol et des chiroptères.

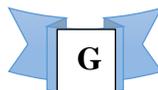


- **Degremont, (2005).** Mémento technique de l'eau, 10 e édition Tome 1. 2503 p.
- **Degremont, (2005).** Mémento technique de l'eau, dixième édition. Lavoisier SAS lexique technique de l'eau. Paris. 785 p
- **Derwich, E. Benabidate, L. Zian, A. Sadki, O & Belghity, D, 2010.** caractérisation physico-chimiques des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. Larhyss Journal ; 8, 101-102.

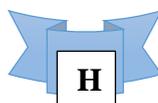
- **Desjardins R, 1990.** Le traitement des eaux. 2^{ème} édition de l'école polytechnique de Montréal , pp 3-4-8-27-28-29-31-34-47-68-72-111.
- **Djermakoy M, M ; 2005.**les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques, et impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines. Thèse de Doctorat. Université de Bamako. Mali. P119.
- **Direction générale des forêts, 2013.** Conservation des forêts.
- **Dovonou. F, Aina. M, Boukhari. M & Alassane. A, 2011.** Pollution physico-chimiques et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoué au Sud Benin. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5(4).
- **Dussart, B. 1996.** Limnologie : l'étude des eaux continentales. Gauthier-Villars, (Vol.566).



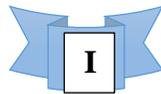
- **Faby et Brissaud, 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office international de l'eau, pp76.
- **Figarella, J. A et Brissaud. F, 1997.** Microbiologie appliqué (tom 2). Edition : Laureus. P285.



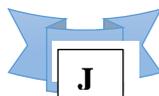
- **Guiraud, C. Raober, H. (1980).** Microbiologie des milieux aquatiques. Ed. nouvelle édition.
- **Google earth, 2020.** Vue satellitaire de la zone d'étude (localisation géographique des stations de prélèvement)



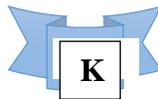
- **Haddad, (2006).** Analyse de contrôle de la qualité des eaux de consommation distribuer au niveau Bejaïa. Mémoire de diplôme d'étude universitaire appliquée en écologie .F.S.N.O. Université de Bejaïa.
- **Hade A, 2003.** Nos lacs : les connaitre pour mieux les protéger. Canada : FIDES. P 359.
- **Hakmi A, 2006.** Traitement des eaux *traitement de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de licence en ligne, Université des sciences et de la technologie Oran.
- **Hamed M. Guettache A et Bouamer L, 2012.** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de barrage DJORF-TORBA Béchar. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université de Béchar, pp. 7.9.
- **H**
- **Henry M et Beaudry J, 1992.** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile, Canada. PP 103-106-130-136-153-157-258-264.
- **Henry M et Beaudry J, 1992.** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile, Canada. PP 71-105.
- **Hamoudi. (1999)** analyse bactériologique de l'eau de consommation et étude des principales maladies la transmission hydrique dans la wilaya de Bejaïa. Mémoire de diplôme d'étude universitaire appliquée en écologie F.S.N.O. Université de Bejaïa
- Hazourli, S, Boudiba, L & Ziati, M, 2007. Caractérisation de al pollution des eaux résiduares de la zone industrielle d'El-Hadjar, Annaba. LARHYSS Journal P-ISSIN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (6).



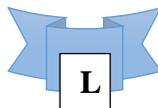
- **IBGE, 2005.** Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. observations des données de l'environnement.
- **Imekhlef, 2019.** Barrage Boukerdane. <https://www.vitamedz.com>.



- **(JORA) Journal Officiel de la République Algérienne, 2011.** Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine, n° 18, PP 7 et 8.

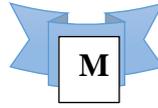


- **Kemmer F, 1984.** Manuelle de l'eau .Edition Lavoisier technique et documentation
- **Kravicik, M. (2007).** Water for the recovery of the climat-A new water Poradign.

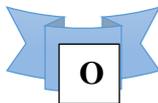


- **Labres, E. Mouffok, F. 2008.** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut pasteur d'Algérie. 53p.
- **Ladjel F, 2001.** Exploitation d'une station d'épuration à boues activées. Ed. ONA. P 74.
- **Ladjel, 2005.** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, centre de formation aux matières de l'eau de Tizi-Ouzou, p47.
- **Lebres E, Azizi D, Hamza A, Taleb F et Taouchtb, 2002.** Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Alger. P 20.

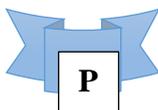
- **Lorenzen. C, 1967.** Détermination of chlorophylle and phéopigments spectrophotométrie équations. Limnol. Océanographe.



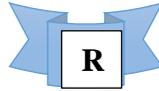
- **Makhloufi et Ouanoughi, 2017.** Etude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux du barrage de Boukerdane (Tipaza). Mémoire de magister Science de l'eau. Université Saad Dahlab de Blida p30.
- **Mayer.N, 2018.** Planète*Silice*.article scientifique en Futura planète. www.futura-sciences.com.
- **MDDEP, 2012.** Ministère de développement durable, environnement et parc. 2012. Critère de qualité de l'eau de surfaces. Québec. Canada. 230 p.
- **Merabet. S. (2010).** Evaluation de la qualité physico-chimiques des eaux brutes et distribuer du barrage réservoir de Beni Haroun. Mémoire de magister chimie analytique. Université Mentouri de Constantine p 4, 5, 9
- **Meudal. N, 2016.** Le cycle de l'azote en épuration : nitrification et dénitrification. Article en ligne en 1H₂O3. www.1h2o3.com.
- **Mihoubi, N. (2008).** Fonctionnement et gestion hydrogéologique des ressources en eau du bassin de Hammam Grouz. Thèse de magister, Université Metouri, Constantine .244 p+
- **Mokeddem et Ouddane, 2005.** Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source Sidi Yaakoub (Mostaganem). Mémoire d'ingénieur institut de biologie-Mascara, pp 18-22.



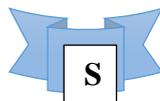
- **OMS, 1991.** Détecter pour l'eau potable et assainissement suburbain.
- **O M S. (2011).** Normes internationales applicables à l'eau de boisson, Genève
- **OMS, 2017.** Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4^{ème} édition. intégrant le premier additif (Guidelines for drinking-water quality : 4th edition. Incorporating first addendum).



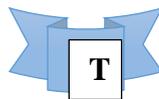
- **Potelon J, 1998.** Guide d'Analyse d'eau potable, Lavoisier. Paris. P145-237.



- **Reggam. A, Bouchlagem. E. H & Houhamdi. M, 2015.** Qualité physico-chimiques des eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et analyse en composantes principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algéria): Characterization and principal compone. Journal of Materials and Environmental Science, 6(5), 1417-1425.
- **Rejsek. F, 2002.** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série sciences et techniques de l'environnement. ISBN2_86617_42_8. Bordeaux Serveur web : crdp.ac_bord eaux.fr.
- **Remini. B. (2010).** La problématique de l'eau en Algérie de nord, Larhyse journal n° 08 pp.31_35.
- **Rodier J, Bazim C, Chambon P, Broutin G-P, Champsaur H et Rodi L, 2005.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} édition. Paris : DUNOD technique. PP 383-782-784-803.
- **Rodier, J. Legube, B, Mertel, N et Brunet, R, 2009.** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Paris : DUNOD. 419 ; 1066.



- **Salghi R, 2007.** Différents filières de traitement des eaux. Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir.



- **Tidanint et Amdoun, 2003.** Etude hydro biologique de lac du barrage de boukerdane (Wilaya de Tipaza : variation spatio-temporelle du peuplement

zoo planctonique, physico-chimique, composition spécifique du plancton.
Mémoire d'Ingénieur d'Etat en aquaculture, U.S.T.B, 110p.

v



- **VETOFISH SELARL, 2018.** Dureté totale, VeToFish.www.vetofish.com.

Annexes

Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})	Dosage des nitrites (NO_2^-)
<p>Réactifs</p> <p>① Solution d'EDTA N/50 ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)₂ : (0,2N OU 0,01M)</p> <ul style="list-style-type: none"> • EDTA : 3,725 g. après déshydrations à 80°C pendant 2 h. • H₂O distillée q.s.p 1000 ml. <p>② Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2 N</p> <ul style="list-style-type: none"> • NaOH (pastilles) 80g. • H₂O distillée q.s.p 1000 ml. <p>③ Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) pH= 10,1</p> <ul style="list-style-type: none"> • NH₄OH (25%) 570 ml. • Chlorure d'ammonium 67,5 g. • HCL concentré pH= 10,1. • H₂O distillée q.s.p 1000 ml. 	<p>Réactifs</p> <p>① Réactif mixte :</p> <p>Sulfanilamide 40 g. Acide phosphorique 100 ml. N-1-Naphtylo éthylène diamine 2 g. H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.</p> <p>Détermination de l'azote ammoniacale (NH₄⁺)</p> <p>Réactifs I :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acide dichloroisocynurique : 2 g. • Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g. • H₂O distillée .q.s.p 1000 ml. <p>Réactifs II (coloré) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trictrate de sodium. 130 g. • Salicylate de sodium 130 g. • Nitropruciate de sodium 0,97 g. • H₂O distillée .q.s.p 1000 ml.
Détermination de l'azote ammoniacale (NH₄⁺)	
<p>☞ Réactifs I :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acide dichloroisocynurique2 g. • Hydroxyde de sodium (NaOH).....32 g. • H₂O distilléeq.s.p 1000 ml. <p>☞ Réactifs II (coloré) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trictrate de sodium.130 g. • Salicylate de sodium 130 g. • Nitropruciate de sodium 0,97 g. • H₂O distilléeq.s.p 1000 ml. 	

Dosage des Nitrates NO³⁻ (Méthode au salicylate de sodium)	Détermination des Sulfates (SO₄²⁻)
<p>Réactifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solution de salicylate de sodium à 0,5% (renouveler toutes les 24 heures). <ul style="list-style-type: none"> • 0,5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée. • Solution d'hydroxyde de sodium 30%. <ul style="list-style-type: none"> • 30 grammes de NaOH dans 100 ml d'eau distillée. • H₂SO₄ concentré. • Tartrate double de sodium et de potassium. • Hydroxyde de sodium NaOH 400 g. • Tartrate de sodium et de potassium 60 g. • Eau distillée..q.s.p 1000 ml. • Laisser refroidir avant le compléter à 1000 cc. • Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène. • Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l. • Nitrate de potassium anhydre 0.722 g. • Eau distillée 1000 ml. • Chloroforme 1 ml. • Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l. 	<p>Réactifs</p> <p>Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na₂SO₄</p> <p>Peser 1,479 g de Na₂SO₄1000 ml d'eau distillée.</p> <p>① Solution stabilisante :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acide chlorhydrique (e).....60ml. • Ethanol200 ml. • Chlorure de sodium150 g. • Glycérol 100 ml. • H₂O distillée .q.s.p 1000 ml. <p>② Solution de chlorure de baryum :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chlorure de baryum 150 g. • Acide chlorhydrique5 ml. • H₂O distilléeq.s.p 1000 ml.
	<p>Détermination des chlorures (Cl⁻)</p> <p>Réactifs</p> <p>Solution de nitrate d'argent à 0.01 N : 1,6987 d'AgNO₃  1000 ml d'eau distillée.</p> <p>Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10% : 10 g de K₂CrO₄  q.s.p 100 ml d'eau distillée.</p> <p>Solution de chlorures à 71 mg/l : 0,107 g de NH₄CL..... 1000 ml d'eau distillée</p>

Détermination de DCO

Réactifs

① **Solution A : Acide sulfurique H_2SO_4 à 4 mol/l.**

• Verser lentement 220 ml H_2SO_4 concentré dans une fiole de 1L contenant 500 ml d'eau distillée, laisser refroidir et jauger avec H_2O .

② **Solution B : Le catalyseur Ag_2SO_4 en milieu sulfurique.**

• Introduire 10 grammes Ag_2SO_4 ainsi que 35 ml d'eau distillée ayant servie au rinçage du creuset dans une fiole de 1 L.

• Jauger avec H_2SO conc. et agiter toute une nuit si nécessaire à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'à dissolution.

③ **Solution C : Le sel de Mohr $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2, 6H_2O$ à 0,12 mol/l.**

• Dissoudre 47 grammes de sel de Mohr dans une fiole de 1 L contenant 500 ml d'eau distillée et verser ensuite 20 ml H_2SO_4 concentré.

• Laisser refroidir et jauger avec de l'eau distillée.

④ **Solution D : Le dichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$ à 0,040 mol/l.**

• Dissoudre à l'aide d'un agitateur magnétique, 80 grammes de sulfate mercurieux ($HgSO_4$) dans un bécher de 1L contenant 700 ml d'eau distillée ; ajouter lentement 100 ml H_2SO_4 concentré.

• Laisser refroidir et y dissoudre 11,768 grammes de $K_2Cr_2O_7$ préalablement séché à 105 °C pendant 2 heures.

• Transvaser le tout dans une fiole de 1L et jauger ensuite avec de l'eau distillée.

• Cette solution stockée dans un endroit frais, est stable pendant 1 mois.

⑤ **Solution E : La solution « TEST » d'hydrogénophthalate de potassium $C_8H_5KO_4$**

⑥ **Solution F : L'indicateur coloré au féroïen.**

• Introduire à l'aide d'eau distillée 0,7 gr de sulfate ferreux ($FeSO_4, 7H_2O$) dans une fiole de 100 ml, ajouter 1,5 gr de phénantroline-1,10, H_2O , mélanger et jauger avec de l'eau distillée.

Remarque :

Il est nécessaire de diluer l'échantillon si sa DCO est supérieure à 700 mg d' O_2 /l.

Détermination des bicarbonates	
<p>☞ Réactifs</p> <ul style="list-style-type: none"> 💧 solution tampon pH/10 et pH/4. 💧 Solution H₂SO₄ à 0,01N. <p>Mode opératoire</p> <p>① 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 V₁ml versé.</p> <p>② 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.</p>	<p>④ Si V₂ < 5 ml ④ Prendre 40 ml de PE.</p> <p>④ Si V₂ > 10ml Prendre 10 ml de PE.</p> <p>④ Calcul</p> <p>④ Si pH > 8,3 ④ <u>V₂ > 2V₁</u> il y a des bicarbonates dans l'échantillon ce qui implique une teneur négligeable en OH⁻.</p> <p>④ <u>V₂ < 2V₁</u> il y a des OH⁻ dans l'échantillon donc une teneur en bicarbonates négligeable.</p> <p>④ Si pH est compris entre 4,4 et 8,3 Il n'y a ni carbonates ni OH⁻ dans l'échantillon</p>

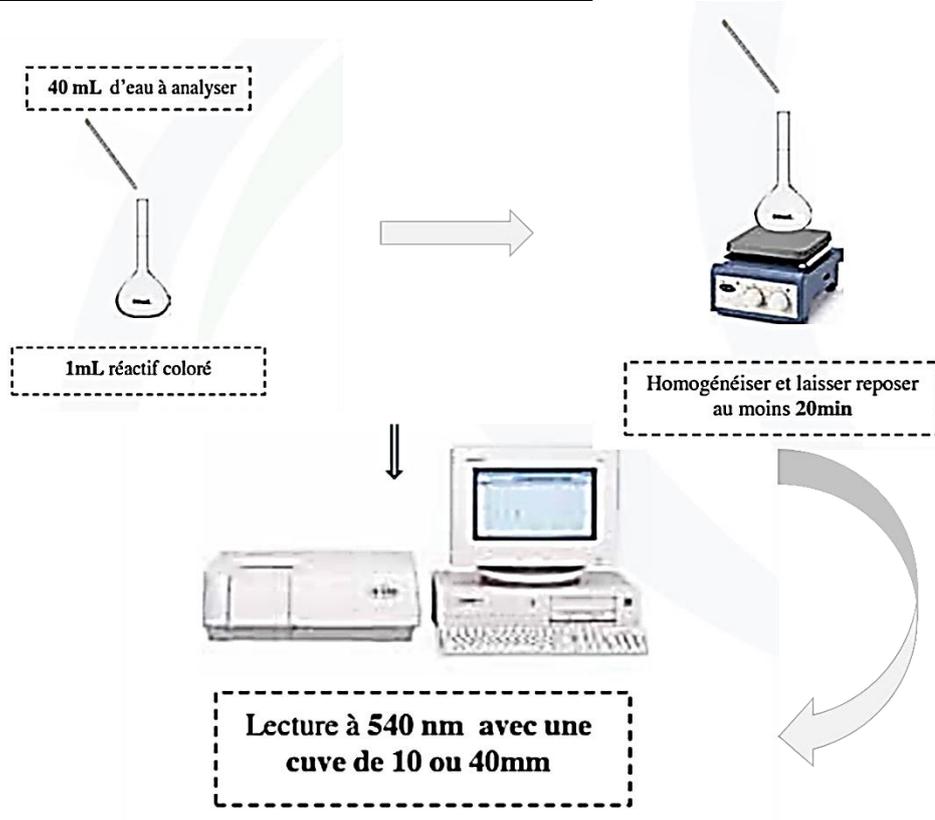


Fig. A.1. Préparation du dosage de nitrite

Annexes



Centrifugeuse

La séparation entre le culot et la surnageant



Etuve

Pour le séchage des échantillons



Distillateur

Produire de l'eau distillée



pH mètre (315i)

Permet de mesurer le pH



Turbidimètre (TN-100)

Permet de mesurer la turbidité.



Photomètre de flamme

Permet une mesure simultanée des éléments : Na, K, Li, Ba et Ca.



DCO mètre « RAT 2 »

Indique la quantité de matière polluante d'origine organique ou inorganique contenue dans un échantillon d'eau.

Fig. A.2. Appareils utilisés dans les analyses physico chimiques

Tableau A.1. Table de Mac Grady (Rodier et *al.*, 2009)

Nombre 3 de 10 ml	Des tubes positifs		NPP dans 100 ml
	3 de 1 ml	3 de 0.1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400