

République Algérienne Démocratique Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Microbiologie Appliquée

THÈME :

Contribution à l'étude physico-chimique et bactériologique des eaux du Barrage Bouhamdane.

Présenté par :

- ✓ AZZOUNE IMÈNE
- ✓ HAMICI SARRA
- ✓ MELLOUKI MARWA

• Devant le jury composée de :

Présidente :	Mme. Chrairia Mouna	MCA	Université de Guelma
Examinatrice :	Mme. Torche Esma	MCA	Université de Guelma
Encadreur :	Mme. Satha Yalles Amina	MCA	Université de Guelma
Co-encadreur :	Mme. Boussadia Meriem Imène	MCB	Université de Guelma

Juin 2022

Remerciements

Nous remercions le bon Dieu le miséricordieux qui nous à éclairer la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce on a réussi à achever ce travail.

Nos sincères remerciements vont à madame Chrairia Mouna, Dr à l'université de Guelma d'avoir bien accepter de présider ce jury.

Nous tenons à remercier madame Torche Esma, Dr à l'université de Guelma pour avoir exprimé son entière disponibilité à participer à ce jury et examiner ce mémoire.

Nos vifs remerciements s'adressent à madame Satha Yalles Amina, Dr au département d'écologie et génie de l'environnement à l'université de Guelma qui nous a fait l'honneur de nous diriger et nous guider avec patience et gentillesse tout au long de la réalisation de ce travail, ses encouragements, sa disponibilité constante et surtout ses conseils nous ont été d'une précieuse aide.

Nos vives gratitude s'adressent aussi à madame Boussadia Meriem Imène, Dr à l'université de Guelma, pour l'aide qu'elle nous a donné malgré son temps est très chargé. Ses conseils et son esprit de plaisir tout ça nous a aidés pour compléter notre travail.

Nous adressons également un grand remerciement à monsieur Khannouf Saad, Directeur de l'Algérienne des eaux de la wilaya de Guelma, monsieur Allagoune Abd Elghani chef de la station, monsieur Amraoui Saleh chef de laboratoire ainsi que l'ensemble de son équipe : Wahiba, Radia, Chahra, Amel, Mbaraka, Samira et Souad pour leur accueil bienveillant et leurs conseils avisés, et cela malgré leurs emploi du temps chargé.

N'oublions pas aussi de remercier monsieur Douakha Mohammed, directeur de l'agence National des Barrages et Transfert de Hammam Debagh, qui nous a facilité l'accès à l'aire d'étude et pour leur accueil bienveillant.

Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de vie et des sciences de la terre et de l'univers de l'université de Guelma qui contribués à notre formation et les responsables de laboratoire du département sans exception : Houria, Hassiba, wafa, Asma, Hayat, Bahia, Louiza et Houda.

*NOUS remercions les travailleurs de la bibliothèque el Amel pour leurs efforts et leur fatigue durant nos années d'étude universitaire
En fin, nous souhaitons le succès à nos collègues de la promotion sortante 2022 du Master Microbiologie Appliquée.*

Dédicace

C'est avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Aux êtres les plus chers de ma vie ; à l'homme précieux (**Mon adorable papa**) et la femme idéale (**Ma merveilleuse maman**)

Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand respect à mes très chers parents pour leurs encouragements et la confiance qu'ils m'ont accordé mais j'implore Dieu le tout puissant de leur accorder la bonne santé et longue vie.

A mes chères sœurs **Chaïma, Rihab** et à mon très cher frère **Mohamed Lamine** pour sa présence à mes côtés : il m'a donné l'amour, la force, l'espoir et de la vivacité. Puisse Dieu vous donnez santé, bonheur, courage et surtout la réussite.

A mes grands-mères **Fatima** et **Yamina**

A mes oncles : **khaled** et sa femme ma tante **Salima** ainsi que sa fille **Hala** ; **Ziad**, sa femme **Noura** et ses enfants ; **Djamel**, sa femme **kalthoum** ainsi que ses enfants et **Hakim**.

A mes tantes ; **Assia**, son mari **Khaled** et ses enfants ; **Nadia**, son mari **Badr Eddine** et ses filles, **Rachida** et son mari **MOHAMED TAHAR**, **Nadia**, **Nassira**, **Dalila**, **Malika**, **Saliha**, **Naïma**, **Rachida** et **Louiza**.

Que dieu leurs donne une longue et heureuse vie.

A la mémoire de mes grands-pères **Mohamed Lamine** et **Youcef**

Que vos âmes reposent en paix.

A toute la famille **AZZOUNE** et **BELLACHIA**.

A tous mes cousins(es) et mes voisins(es).

A Mes sœurs **Amira**, **Kawther**, **Malak** et mon frère **Samy** que ma mère n'a pas mis au monde mais les jours et les situations les ont fait naître.

A l'amie qui a une saveur d'une sœur ma belle **Sarah**, ses enfants et toute sa famille.

A ma petite famille en résidence universitaire **YAFYA Saleh** à Guelma ; **Aya**, **Bouthayna**, **Chaïma**, **Chérifa**, **Djihad**, **Djihane**, **Rania**, **Kouko**, **Manel**, **Nabila**, **Ilhem**, **Sihem**, **Choumaïssa**, **Nassira**, **Razika**, **chakra**, et **Faïza** .

A tous mes amis (ies) que j'ai connus jusqu'à maintenant sans exception.

A tous mes collègues de promotion de 2ème année Master Microbiologie Appliquée.

A tous mes enseignants (es) pour leurs efforts considérables au cours de mon cursus universitaire.

A madame **SATHA YALLES Amina** qui était une mère et une enseignante avant d'être mon encadreur pour sa gentillesse, sa patience, ses efforts, ses conseils et son soutien moral.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à ce travail et particulièrement **Hayat BOUCENNA**, **Radhia BIAD**, **Amira chorfi**, Mes tantes **Wahiba DRIDI**, **Charifa** et son mari mon oncle **Azz Eddine** pour m'avoir aidé dans les moments difficiles.

A tous ceux qui m'aiment, tous ceux que j'aime et occupe une place dans mon cœur. A moi-même sans oublier **Sarra** et **Marwa** qui étaient mes amies avant qu'on soit un trio dans ce travail pour partager tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A tous ceux que j'ai omis de citer et à vous chers lecteurs.

AZZoune IMèNe

Dédicace

*Un grand merci pour mon Dieu
A chaque fois qu'on achève une étape importante
de notre vie. On fait une pause pour regarder en
arrière toutes ces personnes qui ont contribué à
nous faire avancer dans nos moments spéciaux,
qu'ils soient bon ou mauvais*

Je dédie ce travail à :

*Toute la famille Bounar , surtout ma grand-mère
Aycha la lumière de ma vie qui m'a toujours poussé
et motivé dans mes études , mes tantes et oncles
« Hani et Saleh », leurs fils et filles*

*A mon père Septi et ma mère Samia qui partagent
l'espoir dans mon cœur. Qui me donne toujours
l'espoir de vivre, de me supporter tout au long de
nos*

*années d'étude .Tous les mots ne pourraient
témoigner de ma gratitude*

A ma petite sœur Khadija kachi

*Je ne saurai terminer sans citer mes chère amies
Hind Marwa Ahlam Chahra Chourouk. Ayda (mes
fleurs).*

*A vous mon trinôme Iméne Marwa, merci pour la
confiance que vous m'avez accordée et pour votre
accord de réalisation de ce travail ensemble*

*À tous les enseignants surtout madame Satha
Yalles Amina. Et les étudiants de BIOLOGIE,
promotion 2022*

Hamici Sarra

DÉDICACE

Tout d'abord je remercie le bon Dieu.

Avec joie et honneur, je dédie spécialement ce travail :

*A mes chers parents qui m'ont toujours poussée et motivée dans mes études surtout ma raison de vivre maman Boulahlib **Chafika** qui m'a soutenue et encouragée durant ces années d'étude. « À vous, je dis merci d'avoir fait de moi celui que je suis aujourd'hui. Aucun dédicace ne pourra exprimer mes respects, ma considération et ma grande admiration pour vous ».*

*Toutes les personnes de la famille **Boulahlib**, mes tantes et oncles, leurs fils et filles, que Dieu vous bénisse pour tous vos bienfaits.*

*A tous mes amies, et tous ceux que j'aime et qui m'aiment **Adj A, Soulaf Am, Nour Lx, Kh S, Sarra Hm** et à toutes les personnes qui m'ont prodigué des encouragements je vous souhaite une vie pleine de bonheur, de joie et de réussite.*

*A mes chères collègues **Sarra, Imène** qui ont partagé la fatigue et le stress ensemble.*

*Et un grand merci à madame **Satha Yalles Amina** qui a fait beaucoup d'efforts pour nous.*

Pour finir, une dédicace particulière au personnel de l'Algérienne des eaux et de l'université, qui m'ont aidé un jour et qui m'ont fait profiter de leur expérience pour apprendre et qui m'ont leur expériences.

Mellouki Marwa

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique..... 3

2. Répartition de l'eau sur la planète..... 3

3. Répartition de l'eau dans le monde 4

4. La crise de l'eau potable en Algérie..... 5

5. Eau et développement durable en Algérie 6

6. Les sources d'eau potable 7

6.1. Les eaux souterraines 7

6.2. Les eaux minérales 7

6.3. Les eaux de source 8

6.4. Les eaux de surface 8

7. Propriétés de l'eau de consommation 8

7.1. Les propriétés physiques 9

7.2. Les propriétés chimiques 10

7.3. Propriétés bactériologiques 13

8. La pollution des eaux superficielles 14

8.1. La pollution physique..... 14

8.2. La pollution chimique 14

8.3. La pollution microbiologique 14

9. Les principales maladies à transmission hydrique..... 15

Chapitre II : Description de la région d'étude

1. Situation géographique de la Wilaya de Guelma 17

2. Situation géographique du barrage de Bouhamdane 17

3. Situation géographique de la station de traitement de Hammam Debagh (ADE) 18

4. Les objectifs du projet..... 18

5. Les caractéristiques hydrauliques et techniques du barrage 19

6. Le réseau hydrographique..... 19

7. Les activités anthropiques 19

7.1. Les activités Industrielles.....	19
7.2. Les activités agricoles.....	19
7.3. Les rejets domestiques	19
7.4. Les principales menaces des eaux du barrage :.....	21
7.4.1. Le rejet des eaux usées	21
7.4.2. Les margines	21
7.4.3. L'eutrophisation	21
7.4.4. L'envasement.....	22
8. Aperçu climatique	23
8.1. Les températures	23
8.2. Les précipitations	23
8.3. Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен.....	25
8.4. Climagramme d'Emberger	25
9. Choix des stations d'études.....	26
9.1. L'évacuateur de crue	26
9.2. La Toure de prise	26
9.3. La rive droite	26
9.4. La rive gauche.....	26
9.5. L'axe de la digue.....	26
9.6. Le robinet brut provenant du barrage.....	27
9.7. Le robinet d'eau traitée destinée à la distribution	27

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

1. Echantillonnage	28
2. Mode de prélèvement	28
3. Evaluation de la qualité des eaux du barrage Bouhamdane	29
3.1. Approche physico-chimique	29
3.1.1. Détermination du potentiel d'hydrogène	29
3.1.2. Détermination de la turbidité.....	29
3.1.3. Détermination de la conductivité et les solides dissous totaux (TDS).....	30
3.1.4. Détermination de la salinité.....	31
3.1.5. Détermination du calcium (Ca ²⁺)	31
3.1.6. Détermination du magnésium (Mg ²⁺) : ISO 6058 :1984	31

3.1.7. Détermination des Bicarbonates	31
3.1.8. Détermination Matière en suspension	32
3.1.9. Détermination du résidu sec (RS) : ISO 2172:1983	32
3.1.10. Détermination de la matière organique	33
3.1.11. Détermination de l'ammonium (NH ⁴⁺) ISO7150/1-1984	33
3.1.12. Détermination des Nitrites (NO ₂ ⁻) ISO 6777: 1984	34
3.1.13. Détermination des Nitrates NO ₃ ⁻ ISO 7890-3:1988	36
3.1.14. Détermination des phosphates (PO ₄ ³⁻) ISO 6878 : 2004.....	37
3.1.15. Détermination de DBO ₅	37
3.1.16. Détermination des sulfates (SO ₄ ²⁻) ISO 22743:2006	38
3.1.17. Détermination du Fer (Fe ²⁺) : Méthode à l'orthophénanthroline.....	39
3.2. Approche bactériologique.....	39
3.2.1. Recherche et dénombrement des Germes Totaux.....	40
3.2.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contaminations fécales	41
3.2.2.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux	42
3.2.2.1.1. Méthode par filtration sur membrane	42
3.2.2.1.2. Méthode par ensemencement sur milieu liquide par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP).....	44
3.2.2.2. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite- réducteurs (ASR).....	46
3.2.2.3. Recherche et dénombrement des <i>Streptocoques</i> Fécaux.....	50
3.2.2.4. Isolement et identification des bactéries.....	52
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	
1. Les Résultats de l'analyse physiques.....	57
1.1. La conductivité électrique.....	57
1.2. La salinité	57
1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH)	58
2. Les résultats de l'analyse chimiques.....	59
2.1. Les Nitrites (NO ₂ ⁻)	59
2.2. Ammonium (NH ₄ ⁺)	59
2.3. Sulfates (SO ₄ ²⁻).....	60
2.4. Phosphates (PO ₄ ³⁻).....	61
2.5. La turbidité	62
2.6. Le taux de sel dissous (TDS).....	62

2.7. Les bicarbonates HCO_3^-	63
2.8. La matière organique.....	64
2.9. La matière en suspension.....	64
2.10. Résidus secs	65
2.11. Le calcium (Ca^{+2})	66
2.12. Le magnésium (Mg^{+2}).....	66
2.13. Les nitrates NO_3^-	67
2.14. Le fer (Fe^{+2}).....	68
3. Les analyses bactériologiques.....	68
3.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37°C.....	68
3.2. Recherche et dénombrement germes indicateurs de contamination fécale	69
3.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (SF)	72
3.4. Recherche et dénombrement des spores Anaérobies sulfito-réducteurs.....	73
4. Identification de la souche bactérienne à partir d'un isolement fait sur Mac conkey. 74	
4.1. Caractères morphologiques et les tests complémentaires.....	74
4.2. Résultats et identification biochimique	76
Conclusion.....	79
Références Bibliographiques	82
ANNEXES.....	93

Liste des figures

Figure 1 : Le cycle de l'eau dans la Nature	4
Figure 2 : Disponibilité en eau douce par mètre cube par personne et par an au début des années 2000	5
Figure 3: Disponibilité en eau douce, mètre ne cube par personne et par an, en 2007	6
Figure 4 : Les nappes d'eau souterraines	7
Figure 5 : Répartition des maladies à transmission hydrique année 2015 en Algérie	15
Figure 6 : Situation géographique du barrage de Hammam Debagh	17
Figure 7: Situation géographique de la station de traitement de Hammam Debagh	18
Figure 8: Evaluation des températures moyennes à Guelma (1994 -2021).	24
Figure 9: Evaluation des précipitations moyennes à Guelma (1994 -2021)	24
Figure 10: Diagramme de Bagnouls et Gaussien de la ville de Guelma (1994-2021).....	25
Figure 11: Climagramme d'Emberger de la région de Guelma	26
Figure 12 : Localisation des stations d'études au niveau du barrage de Bouhamdane	27
Figure 13: Mesure de la turbidité (Turbidimètre de type HACH 2100)	30
Figure 14: Mesure de la conductivité et le TDS (Multi paramètre WTW type HANNA 1970i)	31
Figure 15: Analyse de l'ammonium.....	34
Figure 16: Analyse des Nitrites	35
Figure 17: Analyse de nitrate NO_3^-	36
Figure 18 : Analyse des phosphates.....	37
Figure 19 : Méthode de recherche des germes totaux.....	40
Figure 20 : Observation et dénombrement des germes totaux sur milieu TGEA.	41
Figure 21 : lecture des coliformes totaux sur milieu TTC.	43
Figure 22: Recherche et dénombrement des coliformes.	45
Figure 23: Lecture du Test présomptif des coliformes taux sur un milieu BCPL	46
Figure 24: La production d'indole par <i>Escherichia Coli</i>	46
Figure 25: Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito- réducteurs(ASR).	48
Figure 26: Lecture des aérobie sulfito-réducteur (ASR)......	49
Figure 27: Méthode d'analyse des ASR par filtration.	49
Figure 28: Les étapes de filtration sur membrane des <i>Streptocoques</i> fécaux.	51

Figure 29: Coloration de Gram	53
Figure 30 : Test oxydase et test catalase.	54
Figure 31: Galerie API20E.....	54
Figure 32: Les variations mensuelles de la conductivité électrique de l'eau du Barrage de Bouhamdane.....	57
Figure 33: Les variations mensuelles de la salinité de l'eau du Barrage de Bouhamdane.	58
Figure 34: Les variations mensuelles du pH de l'eau du Barrage de Bouhamdane.....	58
Figure 35: Les variations mensuelles des Nitrites de l'eau du Barrage de Bouhamdane.	59
Figure 36: Les variations mensuelles d'ammonium de l'eau du Barrage de Bouhamdane. ...	60
Figure 37: Les variations mensuelles des Sulfates de l'eau du Barrage de Bouhamdane.	61
Figure 38: Les variations mensuelles des phosphates de l'eau du Barrage de Bouhamdane..	61
Figure 39 : Les variations mensuelles de la turbidité de l'eau du Barrage de Bouhamdane. .	62
Figure 40: Les variations mensuelles du TDS de l'eau du Barrage de Bouhamdane.	63
Figure 41: Les variations mensuelles de les bicarbonates dans les eaux de barrage étudiées .	63
Figure 42: Les variations mensuelles de la matière organique dans les eaux de barrage étudiées	64
Figure 43: Les variations mensuelles de la matière en suspension dans les eaux de barrage étudiant.....	65
Figure 44 : Les variations mensuelles des résidus secs de l'eau du Barrage de Bouhamdane.	65
Figure 45: Les variations mensuelles du calcium (Ca^{+2}) dans les eaux de barrage étudiées...	66
Figure 46: Les variations mensuelles du magnésium dans les eaux de barrage étudiant.	67
Figure 47: Les variations mensuelles du nitrate NO_3^- dans les eaux de barrage étudiées.....	67
Figure 48: Les variations mensuelles du fer Fe^{+2} dans les eaux de barrage étudiées.	68
Figure 49: Représentation graphique de nombre des Germe totaux.	69
Figure 50: Représentation graphique du nombre du coliforme totaux durant mars.....	70
Figure 51: Représentation graphique du nombre du coliforme totaux durant avril.....	70
Figure 52: Représentation graphique de nombre du coliforme fécaux durant mars.	71
Figure 53: Représentation graphique de nombre du coliforme fécaux durant avril.....	71
Figure 54: Représentation graphique de nombre du <i>streptocoque fécaux</i> durant mars.	72
Figure 55: Représentation graphique de nombre du streptocoque fécaux durant avril.....	73
Figure 56: Résultats de la recherche des bactéries anaérobies sulfito-réductrices.....	74
Figure 57: Représentation graphique de nombre des anaérobies sulfito-réducteurs.....	74

Figure 58: Résultats des coliformes sur macConkey.....	75
Figure 59 : Observation microscopique des bacilles Gram +.	75
Figure 60: résultats catalase (+), oxydase (-).	76
Figure 61: Présente la galerie API20E.	76
Figure 62 : Logiciel pour l'interprétation de la culture sur la galerie miniaturisée API 20E	77
Figure 63: Profil biochimique de genre <i>Salmonella sp.</i>	77
Figure 64: Le calcul de résultat du testé Api 20 ^E	77

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les classes de turbidité	9
Tableau 2 : Les classes de qualité des eaux de boisson en fonction de leurs conductivités	9
Tableau 3: Classification des eaux selon le résidu sec	11
Tableau 4: Grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH Constantine	12
Tableau 5 : Caractéristiques hydrauliques du barrage Bouhamdane	20
Tableau 6: Caractéristiques techniques du barrage Bouhamdane	20
Tableau 7: Températures moyennes de la région de Guelma (1994 -2021)	23
Tableau 8 : Précipitations moyennes de la région de Guelma (1994 -2021)	24
Tableau 9: Répartition des prélèvements par site.	28
Tableau 10: Correspondance des valeurs selon le volume de l'échantillon et le facteur.	38
Tableau 11 : les réactifs d'API20E	55

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.
ANBT : Agence Nationale des Barrage et Transfert.
API : Application Programming interface.
ASR : Anaérobie sulfito-réducteur.
BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol.
BGN : Bacille à Gram négative.
CE : Conductivité électrique.
CF : Coliforme fécaux.
CT : Coliforme totaux.
DBO5 : Demande biologique en oxygène.
D/C : Double concentration.
E. coli : Escherichia coli.
EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.
EPA : Eau peptone alcaline.
Eva litsky : Bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium.
Fig. : Figure.
Fe : Fer.
H₂S : Hydrogène sulfuré.
Hcl : Acide chlorhydrique.
IND : Indole.
MES : Matière en suspension.
Mo : Matière organique .
Rs : Résidu sec.
Mg : Magnésium.
N : Azote.
°F : Degree francais .
NPP : Nombre le plus probable.
OMS : Organisation mondial de santé
JORA : Journal Officielle République Algérienne
pH : Potentiel d'hydrogène.
Rothe : Bouillon à l'azide de sodium.
S/C : Simple concentration.

SF : Streptocoque Fécaux.

S1 : Station une (Evacuateur de crue).

S2 : Station deux (Rive droite)

S3 : Station trois (Tour de prise)

S4 : Station quatre (Axe de la digue)

S5 : Station cinq (Rive gauche)

S6 : Station six (Eau brute)

S7 : Station sept (Eau traitée)

TGEA : Glucose Tryptone Extrait Agar.

T : Température.

Tab : Tableau.

TDS : Taux Solides Dissous.

UFC / ml : Unité Formant Colonie Par Millilitre.

NTU : Néphélométric turbidityunits

UTN : Unités De Turbidité Néphélométrique

VF : Viande de foie.

WHO: World Health Organization

Introduction

Introduction

L'eau est un élément naturel vital pour l'homme : Elle est d'une importance biologique indéniable du fait que l'eau est la composante principale du corps humain (60%) et son bon fonctionnement nécessite une consommation minimale d'un litre et demi par jour (**Kettab, 1992 ; Barah , 2005**). En économie, ses usages sont multiples puisqu'elle prédomine dans les domaines de l'agriculture, l'aquaculture, l'industrie, l'artisanat, les loisirs aquatiques et en particulier la fourniture collective ou individuelle, d'eau potable utilisable à des fins alimentaires (eau de boisson, cuisine, hygiène...etc) (**Festy et al., 2003**).

Actuellement, le monde est confronté à de graves pénuries d'eau, et la sécheresse qui sévit actuellement en Afrique ne fait qu'exacerber ce problème. Un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable (**Amano, 2011**). L'Algérie enregistre un manque énorme en ressources au moment même où les besoins augmentent et d'un autre côté, le volume d'eau mobilisable est en diminution. Ceci est dû aux différents problèmes naturels ou humains qui touchent les sites susceptibles de capter les eaux, Comme : l'envasement des barrages, l'évaporation des lacs de barrages, les fuites à travers la roche et les fondations des barrages, l'eutrophisation des eaux de barrages et l'intrusion des eaux marines dans les aquifères côtiers (**Remini , 2006**).

Face à cette crise de l'eau, notre pays a développé une nouvelle politique pour la réforme du secteur de l'eau qui consiste au dessalement de l'eau de mer, l'épuration des eaux usées, la construction des barrages etc. La réforme institutionnelle de ce secteur a permis de promouvoir une gestion raisonnée de cette ressource par la création des agences de l'eau dont l'ANRH, l'ANBT, l'ADE, ONA...etc. Par ailleurs le développement des infrastructures tels que les barrages et les retenues collinaires a permis de dépasser quelques peu le problème du stress hydrique.

Dans ce cadre la région de Guelma a bénéficié en 1980 de la construction d'un barrage qui est fonctionnel depuis 1987. Son approvisionnement en eau est d'origine pluviale alimentée par les précipitations d'une part, et les eaux véhiculées par l'Oued Bouhamdane et ses affluents (L'oued Zenati, l'oued el Haria, L'oued Sabath). Les eaux superficielles du barrage sont destinées après traitement à la consommation humaine et à l'irrigation.

La consommation de l'eau nécessite au préalable des analyses physico-chimiques et bactériologique pour mesurer sa potabilité et voir s'il elle répond aux normes nationales et internationales. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette recherche qui a été réalisée au niveau de la station de l'ADE de Hammam Debagh . Nos objectifs étaient axés sur deux approches :

- 1- Evaluation physico-chimiques des eaux brutes du barrage
- 2- Détermination de la qualité bactériologique de ces eaux brutes
- 3- Comparaison des résultats obtenus avec les normes nationales et internationales des eaux de consommation et à la qualité des eaux superficielles destinées à la consommation.

Notre travail est subdivisé en quatre chapitres : Après une introduction, le premier chapitre présente des généralités sur l'eau, les types d'eau, les origines de la pollution de l'eau ainsi que les maladies émergentes qui peuvent être véhiculées par l'eau. Le second chapitre présente la région d'étude et la description du site d'étude. Dans le troisième chapitre seront décrites les méthodes ainsi que le matériel usité dans les deux volets de notre étude. Nous exposerons et discuterons les principaux résultats. Enfin, nous achèverons cette étude par une conclusion et des recommandations.

CHAPITRE I
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique

Pour la quasi-totalité de la communauté scientifique, l'univers est né il y a 15 milliards d'années, d'une extraordinaire explosion, celle du Big Bang : Un formidable chaos provoque nuages de gaz et de poussières, à partir desquels se forment les galaxies et les planètes. La Terre se forma il y a environ 4,6 milliards d'années....

C'est alors une grosse boule chaude, bombardée par des météorites de taille kilométrique, libérant l'eau sous forme de vapeur au moment de l'impact. Après 3,9 milliards d'années, le bombardement pris fin et la croûte terrestre se refroidit à une température suffisamment basse pour que l'eau se condense sous forme liquide. La vapeur d'eau apparaît dans le ciel, formant un écran opaque de 15kms d'épaisseur, provoquant des pluies torrentielles. En quelques dizaines de millions d'années, la Terre se couvre d'eau. Un océan recouvre la plus grande partie du globe. Les pluies diluviennes sont à l'origine des cycles d'érosion et de sédimentation. La réserve d'eau douce se constitue. Celle-là même que nous puisons encore aujourd'hui (**Caruba, 2008**).

2. Répartition de l'eau sur la planète

L'eau recouvre 72% de la surface de la terre, soit un total de 1385990800 Km³ d'eau. 97.2% de cette eau est salée et est représentée par les océans et les mers (1350 000 000 Km³) L'eau douce ne représente que 2.8% du total de l'eau dont 2.15% sont immobilisées dans les glaciers. L'eau douce disponible est contenue dans les eaux souterraines (0.63%), les eaux de surface (environ 0.02%) et dans l'atmosphère (0.001%) (**Schrivver & Mazzuoli, 2012**).

Les changements d'états de l'eau (états solides, liquide, gazeux) permettent sa circulation entre tous les réservoirs et son transfert par évaporation entre les océans et les continents. En effet, l'eau opère un circuit fermé connu sous le nom du cycle de l'eau (**Fig.1**) qui se répète indéfiniment depuis des milliards d'années : L'évaporation : des mers et océans, l'évapotranspiration des lacs et des rivières ainsi que les sols et la végétation dans l'atmosphère s'opèrent grâce à l'énergie solaire. Cette vapeur d'eau viendra s'accumuler dans les nuages.

La condensation : Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en gouttelettes qui vont former les nuages, la brume ou le brouillard.

Les précipitations : Sous l'effet des vents, les nuages se déplacent dans l'atmosphère. Puis par l'effet de gravité, ces derniers s'alourdissent et retombent sur le sol sous forme de pluie, de grêle ou de neige. 79 % des précipitations tombent sur les océans, les 21 % restants tombent sur la terre puis viennent alimenter les nappes phréatiques, soit par infiltration, soit par ruissellement (Schriver & Mazzuoli , 2012 ; CIE, 2022) .

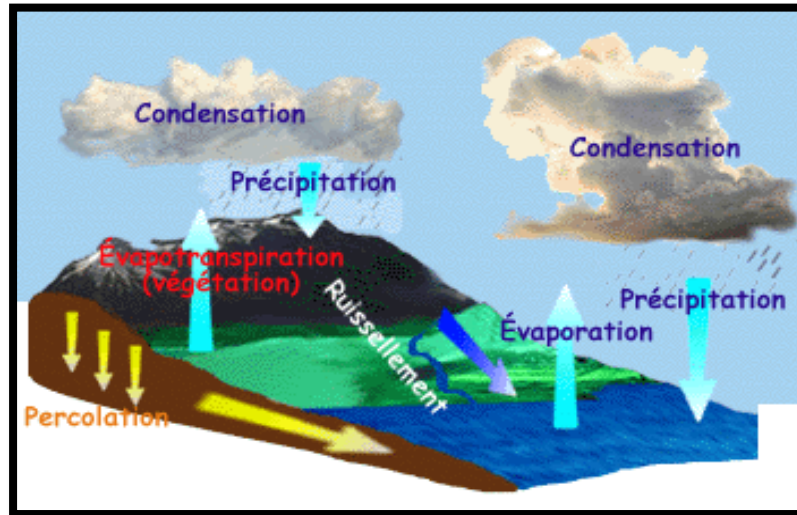


Figure 1 : Le cycle de l'eau dans la Nature (1)

3. Répartition de l'eau dans le monde

Près de 60 % des ressources naturelles renouvelables d'eau douce du monde sont partagés par 9 pays : Le Brésil, La Fédération Russe, L'Indonésie, La Chine, Le Canada, Les Etats-Unis, La Colombie, le Pérou et L'Inde. A l'autre extrémité, un certain nombre de pays disposent de ressources extrêmement faibles, voire quasi nulles : Le Koweït, Le Bahreïn, Les Emirats Arabes Unis, Malte, Libye, Singapour, Jordanie, Palestine, Chypre (CIE, 2022) . En l'an 2000, les cinq pays méditerranéens du nord de l'Afrique (l'Algérie, l'Égypte, la Libye, le Maroc et la Tunisie) avaient des problèmes d'eau (Fig.2), ainsi que les pays sub-sahariens comme la Mauritanie, le Kenya, le Burundi, le Rwanda, le Botswana, le Malawi, le Soudan et la Somalie (kettab , 2008) .

L'eau est essentielle pour l'Homme elle a toujours joué un rôle important dans l'histoire de l'humanité. Source de vie, elle est aussi source de conflits dans de nombreuses régions du monde. Dans ce début du XXIe siècle, l'eau est devenue un enjeu de taille et seules les nations qui auront su préserver leur capital hydrique pourront survivre.

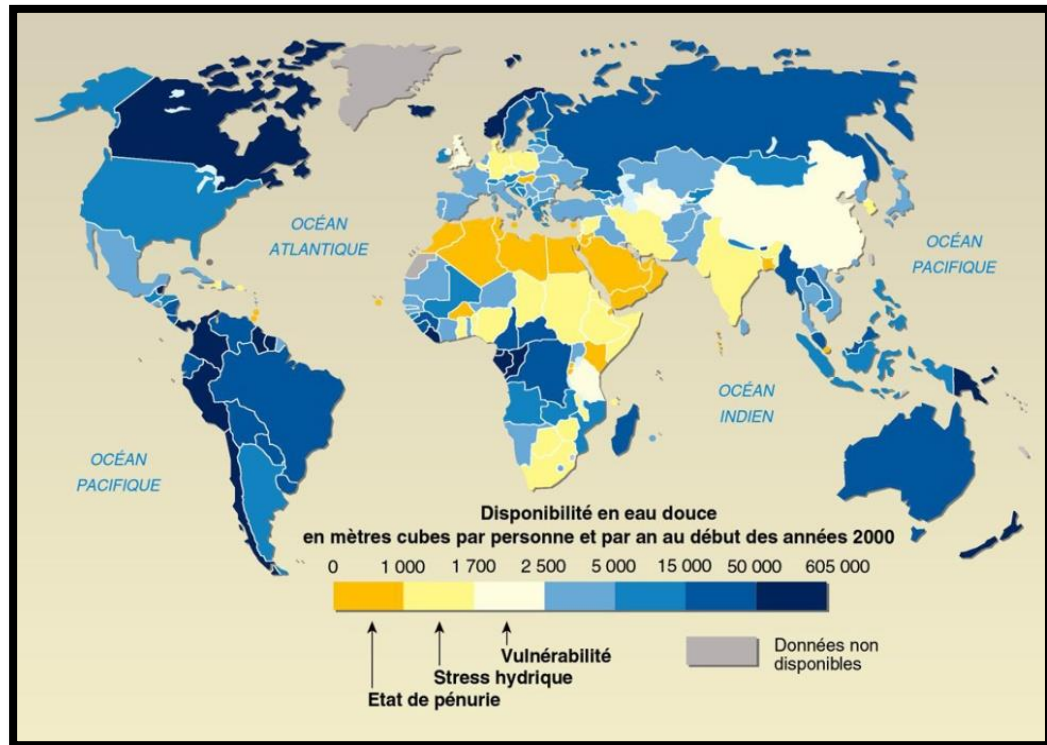


Figure 2 : Disponibilité en eau douce par mètre cube par personne et par an au début des années 2000 (FAO, 2007)

4. La crise de l'eau potable en Algérie

L'Algérie est un pays à fort stress hydrique, sa dotation en eau en 2010 était de 450-500 m³/habitant /an alors que la moyenne mondiale est de 6600m³/habitant /an. Les causes de cette pénurie sont multiples : D'abord, les contraintes physiques liées au relief et à la morphologie du pays ; En effet, 87% de la superficie nationale est occupé par le Sahara avec un climat aride à Saharien, 9% sont des régions steppiques où domine un climat semi-aride et 4% seulement de la surface du territoire jouit d'un climat Méditerranéen. Cette situation s'accompagne d'une baisse de la pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du Nord évaluée entre (95 et 10010⁹m³). De plus, l'évaporation des lacs et barrages avec plus de 80 19⁹ m³. S'ajoute à cela, la fuite des eaux dans les failles de la roche avec un volume de plus de 3 10⁹ m³. Le reste 12,5 10⁹ m³ s'écoule dans les cours d'eau. Enfin, l'intrusion des eaux marines dans les aquifères et le phénomène d'eutrophisation (Remini, 2010 ; SWIM-SM, 2013) .

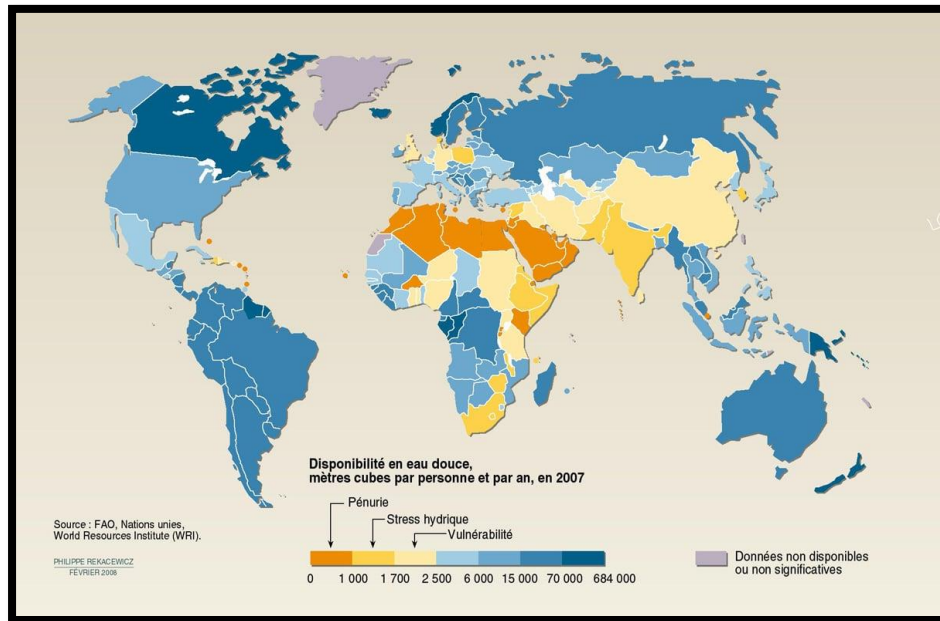


Figure 3: Disponibilité en eau douce, mètre ne cube par personne et par an, en 2007

(FAO, Nations Unies Word ressources Institute,2008)

5.Eau et développement durable en Algérie

L'Algérie a développé la législation pour une gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). La nouvelle loi relative à l'eau (Loi n°05-12 du 5 août 2005) a donné l'assise juridique nécessaire pour la GIRE. Cette loi a défini les principes relatifs à l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau à l'échelle des bassins hydrographiques. Ces principes sont consacrés au droit d'accès à l'eau et à l'assainissement.

L'économie de l'eau à travers la lutte contre les fuites et le gaspillage et l'utilisation des systèmes économes ; l'écologie de l'eau et sa protection contre toute forme de pollution.

Par ailleurs et dans le contexte du développement durable, une nouvelle politique de l'eau a été entreprise pour pallier à cette pénurie et s'est structurée sur deux axes :

A- Le développement de l'infrastructure hydraulique (Barrages, transferts, stations de dessalement de l'eau de mer, stations d'épuration .

B- La réforme institutionnelle du secteur de l'eau qui vise à promouvoir une meilleure gestion de la ressource qui s'articule sur les agences régionales et nationales (ANRH, ANBT, ADE, ONA, ONID, DHW, ABH) (SWIM-SM, 2013)

6. Les sources d'eau potable

6.1. Les eaux souterraines

La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre ou captive : Dans le premier cas, elle est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Son niveau fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue. La nappe captive, quant à elle, est séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle est généralement plus profonde.

Les nappes alluviales représentent un cas particulier : Elles sont situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. La qualité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière. De façon générale, les eaux souterraines répondent naturellement aux normes de potabilité. En effet, elles sont moins sensibles aux pollutions accidentelles mais doivent être traitées avant distribution lorsque la concentration en certains éléments dépasse la valeur autorisée par le règlement en vigueur (Brault & Monod, 1989).



Figure 4 : Les nappes d'eau souterraines (2)

6.2. Les eaux minérales

Une eau minérale est une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou de virus et dotée, par les éléments minéraux ou les gaz qu'elle contient, de propriétés thérapeutiques ou de qualités hygiéniques utilisables. La plupart dépassent donc les exigences de qualité imposées aux eaux destinées à la consommation humaine et leur consommation doit correspondre à des préconisations médicales.

6.3. Les eaux de source

Est également une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou virus, mais peu chargée en minéraux. Elle est apte à la consommation humaine, en général sans traitement ni addition de produits (1).

6.4. Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les ruissellements (Brault, 1989) Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages, réservoirs, glaciers. Bien qu'il semble s'agir de masses d'eau bien individualisées solides ou liquides, immobiles ou en mouvement, on ne doit pas oublier qu'elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté (Vilaginés, 2003). Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement. Elles peuvent présenter plusieurs pollutions d'origine:

- Urbaine : les rejets provenant de la collecte des eaux résiduaires urbaine ERU.
- Industrielle : polluants et micropolluants organique (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniac, produits toxiques).
- Agricole : engrais et produits pesticides ou herbicides entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement. Également rejets organiques dus à la présence d'élevages importants (Brault, 1989).

7. Propriétés de l'eau de consommation

L'être humain puise une grande part de ses besoins en substances minérales dans l'eau de boisson. Cependant, les eaux superficielles et, dans une moindre mesure, souterraines véhiculent une multitude de substances et d'organismes dont certains sont pathogènes et nuisent à la santé de l'homme. En effet, les effets de ces substances se manifestent à moyen ou long terme et peuvent prendre des formes variées telles que cancérogénicité, mutagénicité troubles métaboliques. En sus, de nouveaux produits émergents apparaissent chaque année et dont on ignore encore la toxicité ; De ce fait les études épidémiologiques et /ou toxicologiques doivent être engagés (Savary, 2010).

7.1. Les propriétés physiques

A- Le pH ou le potentiel hydrogène

Le potentiel hydrogène correspond à la concentration des ions de H^+ dans l'eau. Il mesure l'acidité ou la basicité (L'alcalinité) d'une eau. Il dépend de son origine et des terrains traversés. Les valeurs de pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques (Savary, 2010 ; Heriarivony *et al.*, 2015). Selon la valeur guide de l'OMS pour l'eau de consommation (les normes sont comprises dans l'intervalle de 6,5 et 8,5) (Savary, 2010 ; Hane *et al.*, 2020).

B- La turbidité

La turbidité montre si l'eau est claire, transparente ou limpide. Elle indique la présence de particules colloïdales en suspension dans l'eau (argile, limons, particules fibreuses ou organiques, micro-organismes...). Elle est exprimée en unités de turbidité céphalométriques (UTN) ou en anglais NTU (Nephelometric turbidity units) (Vilaginés, 2003) .

Tableau 1 : Les classes de turbidité (In Yalles , 2008) .

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

C- La conductivité

Elle est proportionnelle au degré de minéralisation et varie en fonction des terrains lessivés et également de certaines activités industrielles et agricoles (Savary, 2010). Sa mesure est exprimée en $\mu S/cm$.

Tableau 2 : Les classes de qualité des eaux de boisson en fonction de leurs conductivités (Savary, 2010)

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

D- La salinité

Elle désigne la quantité de sels dissous dans un liquide, notamment l'eau qui est un puissant solvant pour de nombreux minéraux. Elle est mesurée en gramme par litre.

E- Les matières solides dissoutes totales(TDS)

Ils représentent la concentration totale combiné des substances organiques et inorganique contenues dans certains nombre des sources naturelles (**Hane et al., 2020**). Ils proviennent de déchets industriels ou de produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau et des conduites en plomb. Des niveaux élevés peuvent donner un goût amer ou salé(2) .

F- Les matières en suspension (MES)

Elles représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux(particules plus grosses que $0.45 \mu\text{m}$, limon , détritits , fèces des animaux en élevage ou d'aliments désintégrés ...etc.). Elles sont fonction de la nature des sols traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérés comme une forme de pollution (**Makhoukh et al., 2011**).

7.2.Les propriétés chimiques

A. Le Calcium

C'est un métal alcalino-terreux, très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires. Il varie de 1 à 150mg /l. il est directement lié à la nature géologique des terrains traversés (**SEQ-EAU, 2003**) .

B. Le Magnésium

C'est l'élément le plus abondant de la croûte terrestre, Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et de bicarbonates (Mg_2HCO_3) des minéraux, son abondance géologique et son utilisation industrielle (Réfractaires, engrais , chimie) font que ses teneurs dans l'eau sont importantes (Des centaines de mg/l). La majorité des eaux naturelles ont des teneurs comprises entre 5 et 10 mg/l .

C. Les résidus secs

Ils sont un indicateur de minéralisation :

- **Résidu sec à 180°C < à 50 mg/L = eau minérale naturelle très faiblement minéralisée.**

- **Résidu sec** à 180°C < à 500 mg/L = **eau** minérale naturelle faiblement minéralisée ou oligo-minérale.
- **Résidu sec** à 180° C > à 1500 mg/L = **eau** minérale naturelle riche en sels minéraux.(4)

Tableau 3: Classification des eaux selon le résidu sec (**Lounnas,2008**).

RC	< 50mg/l	50 à 500 mg/l	500 à 1500 mg/l	> 1500 mg/l
Type L'eau	très faiblement minéralisée	Faiblement Minéralisée	moyennement minéralisée	fortement minéralisée, dite « de cure »

D. Les sulfates

Ils sont liés aux cations majeurs calcium, magnésium et sodium. Ils sont solubles dans l'eau et leurs concentrations dans les eaux naturelles est très variable mais ne dépasse jamais le gramme par litre (**SEQ-EAU,2003**). Les Sulfates peuvent avoir une origine météorique. Ils peuvent provenir également de l'activité agricole ou biologique naturelle, ou de l'utilisation domestique (détergents), ou de la présence d'évaporites (gypse).(Rodier, 2009) .

E. Les Ortho-phosphates

Il peut se trouver à l'état dissous ou en suspension dans l'eau. On les trouve sous forme $H_2PO_4^-$ et HPO_4^- (**Rodier, 2009**). Dans les eaux superficielles, la teneur en phosphates est de l'ordre de 0,1 à 0,2 mg PO_4/l . La plus grande part provient des eaux résiduaires (Déjections humaines, matières organiques en décomposition, des lessives) et des activités agricoles (Engrais phosphatés utilisés en agriculture) (**SEQ-EAU,2003**) .

F. Les nitrates

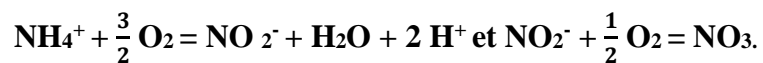
Ils représentent la forme azotée la plus présente dans les eaux naturelles. Ils proviennent du lessivage des engrais, des eaux usées domestiques et parfois des eaux usées industrielles.

G. Les nitrites

Ce sont des sels de l'acide nitreux(HNO_2), ils sont toujours toxiques et peuvent provoquer la méthémoglobinémie.

H. L'ammonium

La présence d'ammonium dans l'eau traduit la présence de matières organiques. C'est un excellent indicateur de la pollution de l'eau par les rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel. Dans des conditions d'oxygénation suffisante, l'ammonium est oxydé dans le fleuve en nitrites, puis en nitrates par l'action de bactéries spécialisées (*Nitrosomas*, *Nitrobacter*) suivant les réactions suivantes : L'azote sous forme nitrate est un sel nutritif utilisable par la majorité des végétaux.



I. Le Fer

Les eaux superficielles n'en contiennent que très peu, rarement plus de 1mg/l . Dans les eaux souterraines, le fer ferreux (solubles) peut atteindre des teneurs élevées (**Rodier, 2009**). Bonne Moyenne Mauvaise Très mauvaise .

J. Les bicarbonates

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées et par les eaux chargées en gaz carbonique. La présence des bicarbonates est liée au lessivage des terrains et la dissolution des formations carbonatées.

La somme des équations de dissolution est donnée comme suit :

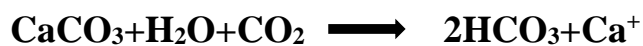


Tableau 4: Grille de qualité des eaux de barrages adoptée par l'ANRH Constantine (**ABH-CSM, 2000**)

Classe de qualité	Unités	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution Excessive
Paramètres						
O2 dissous	mg/l	> 7	5 à 7	3 à 5	< 3	0
Saturation%	%	> 90	70 à 90	50 à 70	< 50	0
DBO5	mg/l	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
DCO	mg/l	< 20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
NH4	mg/l	< 0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	>8
PO4	mg/l	< 0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 1	1 à 2	>2
NO3	mg/l	< 0.2	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>30
NO2	mg/l	< 0.1	0.1 à 0.3	0.3 à 1	1 à 2	>2

7.3. Propriétés bactériologiques

Dans les eaux de surface on trouve une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Cependant, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastro-entérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les Coliformes fécaux (Coliformes thermo tolérants) et les *Escherichia coli* qui sont utilisés pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux (MDDEFP, 2013).

A) Les germes totaux

Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimale de croissance (après 24h à 37C°). Ils peuvent révéler une contamination bactériologique

B) Les Coliformes totaux

L'eau potable est normalement exempte des germes de contamination fécale (germes pathogènes). Ces germes sont des Bacilles Gram négatifs, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs avec une oxydase négative, appartenant à la famille des *Entérobacteriaceae* tels que : *Escherichia*, *Entérobacter*, *Citrobacter* , *Yarsinia* , *Serratia* , et *Klebsiella*, avec *Escherichia coli* (Rodier,2009).

C) Les Coliformes thermotolérants

Les Coliformes fécaux ou Coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des Coliformes totaux qui peuvent cultiver et fermenter le lactose à une température de 44°C. Ce groupe comprend les espèces suivantes : *Citrobacter freundii* *Citrobacter diversus* ...etc. Les coliformes thermo tolérants (fécaux) sont des micro-organismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante (Rodier, 2009).

D) Les *Streptocoques* Fécaux

Ce sont des bactéries de la famille des *Enterococcaceae* : coques ovales Gram+, en diplocoques ou en courtes chainettes, catalase-, et fermentent le glucose. Ils sont constitués principalement des espèces : *Enterococcus faecalis*, *E faecium*, *E Bovis* et *E equinus*. Ce sont des bactéries commensales de l'intestin des animaux et des êtres humains, leur présence

dans l'eau traduit une contamination fécale et suppose la présence possible de bactéries pathogènes (**In Regam, 2010**).

E) Les Aérobie Sulfite-réducteurs

Les Clostridium sulfite-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme sporulant est beaucoup plus résistante que la forme végétative, ce qui permettrait de déceler une contamination ancienne. Ils peuvent avoir une origine tellurique (**Rodier, 2009**).

8.La pollution des eaux superficielles

Le problème de la pollution des eaux représente l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de l'environnement ; De très nombreuses substances solides peuvent se dissoudre dans l'eau ou être mises en suspension et entraînées loin des zones émises et par la suite exercer leurs actions sur tous les organismes situés en aval (**Ramade, 2011**). Les principaux polluants se répartissent en polluants physiques, chimiques et biologiques.

8.1.La pollution physique

Telles que les pollutions thermiques et radioactives qui augmentent la température de l'eau être jettent des éléments radio isotopes dans le milieu. Ces pollutions sont causées par les centrales électriques et les installations nucléaires. Le réchauffement des eaux influence les facteurs abiotiques du milieu telles que la température, la diminution des teneurs en oxygène dissous et en ions calcium indispensable aux crustacés. Les effets sur la faune se traduisent par une perturbation de la croissance et de la reproduction ou par des mutations et la mort (**Ramade,2011**).

8.2.La pollution chimique

Elle est engendrée par le développement industriel (Les Hydrocarbures les éléments toxiques (Arsenic, Cadmium, Aluminium...), l'agriculture (Les engrais, les pesticides, les composés organochlorés) et les effluents domestiques (Agents tensioactifs, matières organiques fermentescibles) (**Ramade,2011**).

8.3.La pollution microbiologique

Causée par les bactéries, les virus et les champignons. Son origine est essentiellement due aux effluents urbains, à l'élevage, abattoirs, au secteur agroalimentaire en général (**Ramade,2011**).

9. Les principales maladies à transmission hydrique

Depuis une décennie, la fièvre typhoïde, la dysenterie, l'hépatite virale de type «A» et les toxi-infections alimentaires collectives représentent les principales maladies à transmission hydrique (MTH) qui existent en Algérie. En effet, en 2001 et aux de MTH est de 33% alors qu'en 2015, il est de 25,1%. Ce groupe de maladie (Fig.5) est dominé par les toxi infections alimentaires collectives qui représentent (TIAC) 79,5% de l'ensemble des cas, suivi de l'hépatite virale «A» (HVA)(17,2%), la dysenterie(2,0%)et enfin la fièvre typhoïde1,2% (**Kherifi et Bekhiri , 2017**)

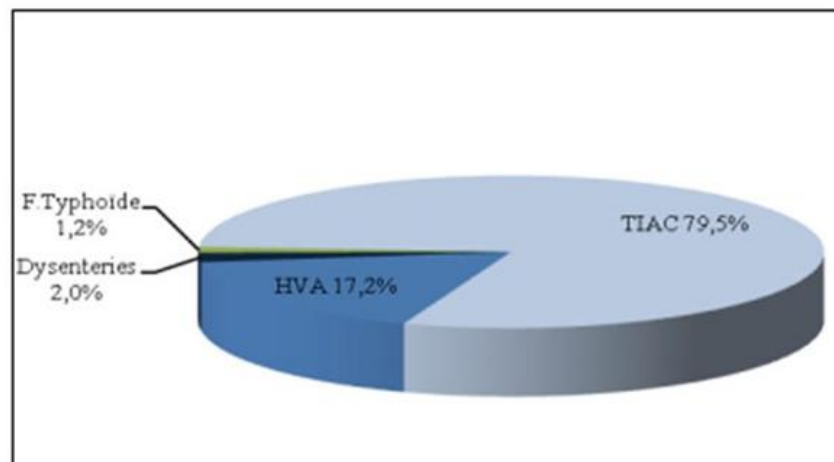


Figure 5 : Répartition des maladies à transmission hydrique année 2015 en Algérie (**Source INSP, 2015**) .

A. Le Choléra

C'est une toxi infection entérique, épidémique et contagieuse due à la bactérie *Vibrio cholerae*. La contamination est orale, d'origine fécale, par l'eau de boisson ou des aliments souillés. Elle se retrouve fréquemment dans les pays où il y a un manque d'eau saine, une désinfection insuffisante, une mauvaise hygiène et un surpeuplement. À l'échelle de la planète, il touche annuellement de trois à cinq millions de personnes et entraîne de 100 000 à 120 000 décès (**6**) .

B. La fièvre typhoïde

La contamination se fait par l'ingestion de viandes peu cuites, et de boissons ou aliments souillés par les selles d'un homme infecté par la bactérie *Salmonella typhi*.

C. La dysenterie

Il s'agit d'une dysenterie amibienne due à *Entamoeba histolytica* ou bien Bacillaire due à *Shigella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* et *Salmonella* dont l'origine sont les eaux de mélange entre les réseaux domestiques et ceux des eaux usées.

D. L'hépatite virale de type « A »

L'hépatite A est une inflammation du foie dont l'évolution peut être bénigne ou grave. Le virus (VHA) se transmet par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés ou par contact direct avec une personne infectée. Une minorité de personnes peuvent en mourir. L'OMS estime qu'en 2016, l'hépatite A aurait provoqué environ 7 134 décès (soit 0,5 % de la mortalité due aux hépatites virales).

Le risque d'infection par le virus de l'hépatite A est lié au manque d'eau potable et à la médiocrité des conditions d'assainissement et d'hygiène (mains infectées et sales, par exemple). Cette infection est répandue parmi les hommes ayant des rapports sexuels avec d'autres hommes et les personnes consommant des drogues injectables. L'approvisionnement en eau potable, la sécurité sanitaire des aliments, l'amélioration des installations d'assainissement, le lavage des mains et le vaccin contre l'hépatite A sont des outils efficaces pour lutter contre cette maladie (OMS, 2020).

E. Les toxi-infections alimentaires

Les TIAC sont très fréquentes, y compris dans les pays à haut niveau de vie économique. Elles sont en rapport avec la consommation d'aliments contaminés par certaines bactéries ou leurs toxines. Elles peuvent survenir en milieu collectif ou familial.

Certains aliments sont associés à une contamination plus fréquente que d'autres, et par conséquent avec un risque accru de survenue de pathologie. Ces aliments dits « à risque » sont ceux à base de produits crus (lait cru, dérivés et fromages au lait cru) ou consommés crus (fruits de mer, œuf cru, mayonnaise, « mousse au chocolat ») ou peu cuits (viande peu cuite). Le risque de maladie est augmentée chez les personnes aux moyens de défense altérés (Vieillards, enfants, femmes enceintes...). Les trois micro-organismes principalement en cause sont successivement: *Salmonella spp. (enteritidis et typhimurium)*, *Staphylococcus aureus* et *Clostridium perfringens*. Par ailleurs, *Escherichia coli* 0157 H 7 a pu être la cause d'épidémies, comme au sein de l'espèce *Salmonella*, les sérotypes *Salmonella para typhi B* et *Salmonella Virchow* (UMV, 2011).

Chapitre II

Description de la région d'étude

1.Situation géographique de la Wilaya de Guelma

La Wilaya de Guelma est située au Nord-est du pays. Elle a une superficie de 3.686,84 Km² et abrite une population estimée 494079 Habitants à la fin 2009.Elle représente un carrefour entre plusieurs wilayat es (Annaba – Skikda) et (Oum-El-Bouaghi et Tébessa) au Sud. La géographie de la Wilaya se caractérise par un relief diversifié dont une couverture forestière importante. Les chaînes montagneuses sont également multiples : La Mahouna (Ben Djerrah)1411m d'altitude, Houara (Ain Ben Beidha) 1292 m, Taya (Bouhamdane) 1208m, D'bagh (Hammam Debagh) 1060 m. l'Oued Seybouse, quant à lui constitue le principal cours d'eau (7) .

2.Situation géographique du barrage de Bouhamdane

Situé à 23 km de la wilaya de Guelma, le barrage est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh. il est encore appelé barrage de Bouhamdane puisqu'il est implanté sur l'Oued de Bouhamdane (Fig.6) .

Les coordonnées géographiques de Bouhamdane :

- **Localité** : Hammam Debagh (Guelma).
- **Latitude** : N 36°27.46.
- **Longitude** : E 7°6 .40.
- **Altitude** : 420 m.

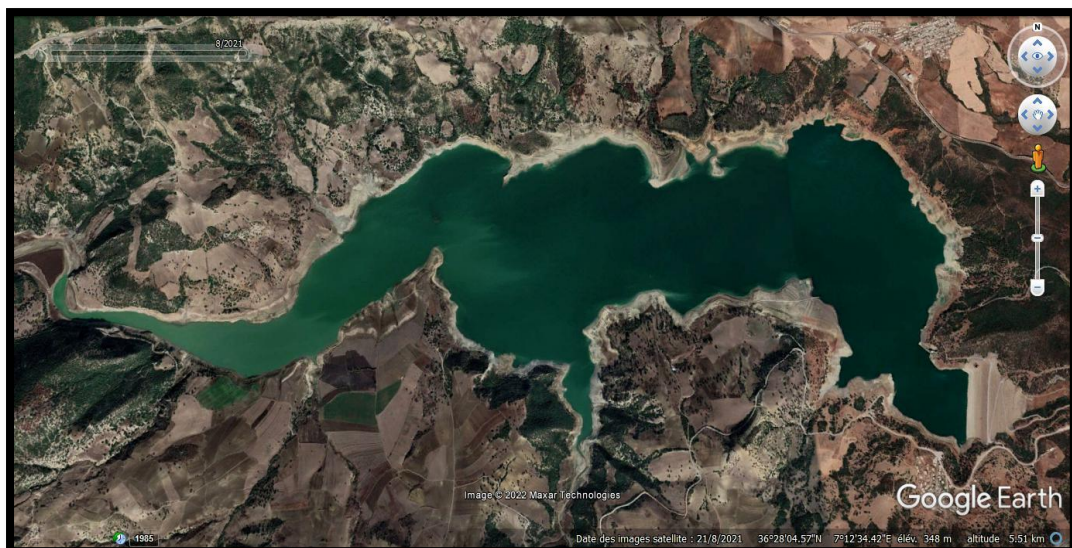


Figure 6 : Situation géographique du barrage de Hammam Debagh

3. Situation géographique de la station de traitement de Hammam Debagh (ADE)

Sous la tutelle du ministère des ressources en eau, l'Algérienne des eaux (ADE) est un établissement public national à caractère industriel et commercial. Il a été créé par le décret exécutif n°01-101 du 27 Moharrem 1422 correspondant au 21 Avril 2001. L'établissement est placé sous la tutelle du ministre chargé des ressources en eau, et son siège social est fixé à Alger. A ce titre, il est chargé de :

- La normalisation et la surveillance de la qualité de l'eau distribuée.
 - Initier toute action visant l'économie de l'eau, notamment par l'amélioration des réseaux transfert et de distribution
 - L'introduction de toute technique de préservation de l'eau
 - La lutte contre le gaspillage en développant des actions d'information, de formation, d'éducation et de sensibilisation en direction des usages



Figure 7: Situation géographique de la station de traitement de Hammam Debagh (ADE) .

4. Les objectifs du projet

Les travaux du barrage ont commencé en 1980 et le barrage n'est fonctionnel qu'en 1987. Le but de l'ouvrage est la régularisation des apports interannuels qui joue un rôle de sauvegarder l'environnement afin de satisfaire les besoins en :

- Alimentation en eau potable de la ville de Guelma et des centres avoisinants (20 Hm³).

- L'irrigation (34 Hm³) des 2 périmètres Guelma-Bouchegouf (dont la superficie s'étend sur 13.000 ha) et celui de Dréan-Besbès dans la wilaya d'El Tarf.

5. Les caractéristiques hydrauliques et techniques du barrage

Les travaux du Barrage Bouhamdane ont débuté en 1980 et ont pris fin en décembre 1987. Le barrage a des caractéristiques techniques et hydrauliques résumées dans le tableau ci-dessous.

6. Le réseau hydrographique

L'approvisionnement en eau du barrage Hammam Debagh est d'origine pluviale alimentée par les précipitations d'une part, et les eaux véhiculées par l'Oued Bouhamdane et ses affluents (L'oued Zenati, l'oued el Haria, L'oued Sabath). Rappelons que l'oued Bouhamdane est le principal affluent qui rejoint l'Oued Cheref à Medjaz Amar pour former la Seybouse (**ABH-CSM**).

7. Les activités anthropiques

Peuvent provoquer plusieurs types de pollution :

7.1. Les activités Industrielles

Qui proviennent des usines, se caractérisent par la présence d'une grande diversité des polluants : hydrocarbures, métaux, produits chimiques divers (**Gouba, 2018**).

7.2. Les activités agricoles

La région d'étude étant principalement à vocation agricole, les fermes avoisinant le barrage et les terres cultivés aux alentours rejettent dans le milieu récepteur de fortes teneurs en sels minéraux (Matières azotées et phosphates) ainsi que des produits chimiques. De plus, l'élevage et l'épandage des engrais d'origines animales augmentent la pollution non seulement des cours d'eau mais également leurs infiltrations dans les nappes phréatiques.

7.3. Les rejets domestiques

Ce type de pollution résulte du non raccordement des habitations aux réseaux d'assainissement. Cet état de fait, se répercute sur les eaux qui se chargent en matières organiques et en détersifs.

Tableau 5 : Caractéristiques hydrauliques du barrage Bouhamdane .**SOURCE : ABH- CSM2016 .**

Caractéristiques hydrauliques	
Type	En terre avec noyau central
Capacité hydrique	200 hm ³ (1988)184.347 hm ³ (2004) Après levée bathymétrique
Volume régularisé	55 Hm ³
Capacité initiale	200 hm ³
Capacité dernier levé	183hm ³
Apport moyen annuel	65hm ³
Envasement annuel	0,35 hm ³ /an
Surface du bassin versant	1 070 km ²

Tableau 6: Caractéristiques techniques du barrage Bouhamdane .**Source: ABH-CSM2016**

Caractéristiques Techniques	
Longueur de couronnement	430m
Excavations	1700000m ³
Type	TERRE
Hauteur	93 m
Longueur	430 m
Largeur en crête	10m
Largeur à la basse	594m
volume de la digue	6.500.000 m ³
Niveau de retenue maximale (RM)	372,50
Niveau de retenue normale (RN)	360 m
Niveau au volume mort	315 m
Capacité totale	220 hm ³
Débit d'évacuation	2 240 m ³ /s
Vidange de Fond	218 m ³ /s

7.4. Les principales menaces des eaux du barrage :

7.4.1. Le rejet des eaux usées

Les polluants rejetés dans les eaux usées domestiques contiennent des polluants organiques. Ces eaux doivent être collectées et traitées avant d'être rejetées dans les eaux superficielles (Amriri et al., 2017). La réalisation d'ouvrages hydrauliques a permis notre pays de disposer d'infrastructures hydrauliques. Cependant, le développement du secteur de l'eau souffre d'insuffisances dans l'assainissement et l'épuration des eaux usées. Par conséquent, les milieux récepteurs se trouvent atteints, ce qui constitue une menace pour les ressources et pour la santé des populations (Boutayeb M et al., 2017).

7.4.2. Les margines

Les margines sont des déchets industriels, produits lors du processus de production de l'huile d'olive en tant que sous-produit. Ces déchets liquides, sont des mélanges complexes de couleur brun noirâtre. Constitués de 83 à 96% d'eau, sucre, de substances azotés, acides organiques, poly phénols, polyalcools, pectines, mucilages, tanins et substances inorganiques. Le rejet des margines non traitées et extrêmement chargées en matières organiques pose un problème écologique majeur pour les pays producteurs de l'huile d'olive. En raison de la charge organique fortement toxique, l'acidité du pH et la forte demande chimique et biologique en oxygène (DBO, DCO), les margines exercent une activité polluante très élevée (Dakhil, 2016 ; Zghari et al., 2018). L'absence de contrôle rigoureux (pollueur-payeur) poussent les propriétaires des huileries à rejeter leurs margines directement dans les cours d'eau sans aucun traitement préalable (Zghari et al., 2018).

7.4.3. L'eutrophisation

Les rejets d'eaux usées et les applications excessives d'engrais ont rendu le phénomène d'eutrophisation plus fréquent, affectant par ailleurs certaines zones océaniques où se produisent régulièrement des développements d'algues toxiques. Les principaux impacts de l'eutrophisation sont la diminution de la biodiversité et l'altération de la qualité de l'eau (Vincent, 2005). L'eutrophisation rompt ainsi l'équilibre écologique de l'eau. Elle se manifeste par la prolifération excessive des végétaux. La respiration nocturne puis la décomposition à leur mort provoquent une diminution notable de la teneur en oxygène. Il s'en suit :

- Un déséquilibre écologique par l'anoxie de la partie inférieure du plan d'eau qui a pour conséquence l'élimination de certaines espèces aquatiques, accompagnée d'une réduction de la diversité spécifique. Une potabilisation difficile à cause de l'utilisation des

eaux eutrophies pour la production d'eau potable qui pose de sérieux problèmes d'exploitation et sur les installations de potabilisation (problème de lavage des filtres, problème de goût résultant des produits de dégradation de la matière organique et problème de traitement supplémentaire à apporter pour réduire les fortes concentrations en métaux (Gartet *et al.*, 2009).

7.4.4.L'envasement

La genèse, les transports et les dépôts des sédiments sont des processus dynamiques complexes : ils englobent l'érosion des sols, le dépôt aux pieds des versants, la substitution des charges, le sapement et l'effondrement des berges, le transport dans le réseau hydrographique par le charriage de fond, la transformation et l'eutrophisation des cuvettes, l'ensablement des estuaires et la formation des deltas (Kessoul, 1999).

En Algérie, le phénomène de l'envasement touche l'ensemble des barrages où plus de 32.106 m³ de sédiments qui se déposent chaque année au fond de ces retenues. Ces sédiments ou vase sont des sols contenant plus de 90% de particules inférieures à 0,2mm, dont la matière organique M.O est comprise entre 2 et 10%. Elles sont composées de sable, limon, argile et de colloïdes organiques et contiennent une faune diversifiée (vers, mollusques, bactéries...etc).

Ce phénomène pose des problèmes graves au niveau des barrages :

La réduction de la capacité : chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue.

} La sécurité de l'ouvrage

L'indépendamment du problème de la diminution de la capacité du réservoir. L'envasement pose un problème sur la stabilité de l'ouvrage, on sait que pour une variation linéaire de la hauteur de la vase, la poussée progresse est au carré de la hauteur. (Oumrani, 2009)

} Obturation des organes de vidange

Un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement des organes de vidange de fond.

} Envasement des canaux d'irrigation

L'irrigation se fait généralement par de l'eau chargée en sédiments, c'est ainsi que ces particules fines vont se déposer dans les canaux réduisant leurs sections mouillées ceci pose le problème de comblement du réseau des canaux d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage.

} Dégradation de la qualité de l'eau

Les sédiments véhiculent des produits chimiques (nitrates, sulfates) nocifs pour les cultures (**Oumrani, 2009**).

8. Aperçu climatique

Le climat est l'ensemble des conditions atmosphériques telles que la température, les précipitations, le vent, l'humidité ...etc. qui caractérisent une région donnée. Le barrage de Hammam Debagh est soumis à un climat méditerranéen et se caractérise par des irrégularités mensuelles et annuelles des précipitations (**In Zegheba et al., 2018**).

8.1. Les températures

La température est un facteur qui influe sur le bilan d'eau du fait qu'elle conditionne l'évapotranspiration et donc le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. Elle dépend de l'altitude, de la distance du littoral et de la topographie (**Arouya, 2011**).

Les données des températures mensuelles moyennes de la période s'étalant entre 1994 et 2021 sont données ci-dessous en (**Tab 8 & Fig 8**). Nous remarquons que les moyennes des températures les plus élevées s'étendent du mois de Mai à Novembre variant entre 20,01°C et 26,24°C. Les températures les plus basses quant à elles, sont enregistrées en hiver au mois de Décembre avec 11,24°C.

8.2. Les précipitations

Les précipitations permettent la constitution d'un stock d'eau qui va être soumis à plusieurs processus et particulièrement les processus d'évaporation, de ruissellement, de surface et des pertes par infiltration (**In Hachouf, 2018**).

Les données des températures mensuelles moyennes de la période s'étalant entre 1994 et 2021 sont données ci-dessous en (**Tab 9 & Fig 9**). On remarque que les précipitations sont abondantes en hiver avec un maximum notée au mois de Janvier (91,33 mm) Quant au minimum des précipitations il a été enregistré au mois de Juillet avec seulement 4,05 mm.

Tableau 7: Températures moyennes de la région de Guelma (1994 -2021)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Températures (°C)	17,8	16,0	18,2	16,0	20,2	22,6	25,5	26,2	26,2	22,6	20,0	11,2



Figure 8: Evaluation des températures moyennes à Guelma (1994 -2021).

Tableau 8 : Précipitations moyennes de la région de Guelma (1994 -2021)

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Précipitations (mm)	91,33	64,87	68,81	57,45	42,68	13,64	4,06	17,03	44,40	45,98	68,53	71,07

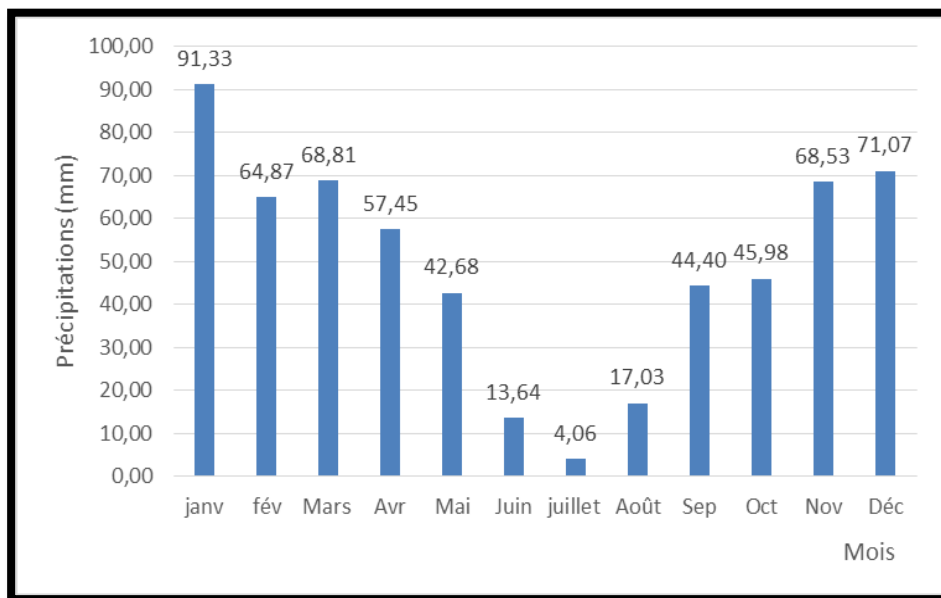


Figure 9: Evaluation des précipitations moyennes à Guelma (1994 -2021) .

3.3. Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme de Bagnouls et Gaussen (1957) désigne une représentation graphique indiquant les variations des températures et des précipitations moyennes en un lieu donné. Il comporte un axe horizontal où sont placés les 12 mois de l'année et deux axes verticaux, un à gauche pour les précipitations et l'autre à droite pour les températures.

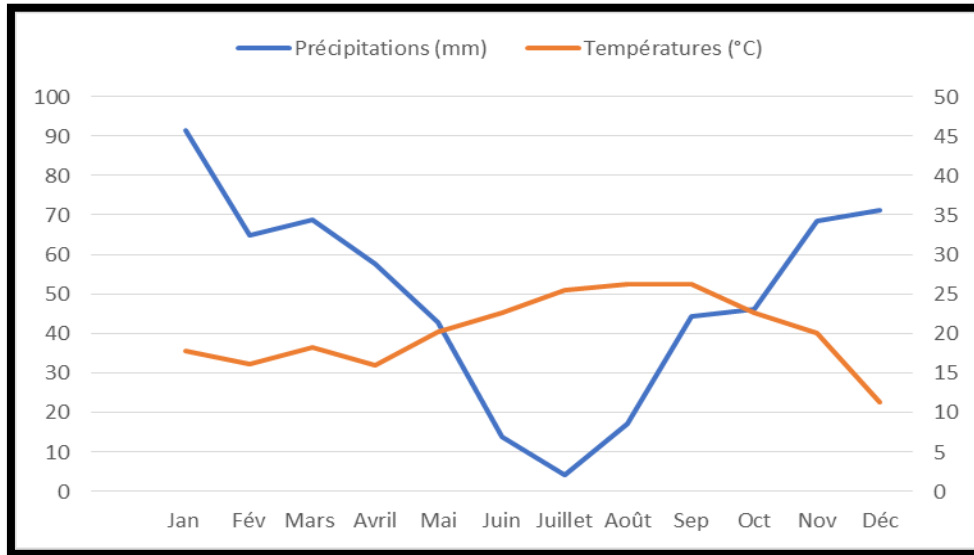


Figure 10: Diagramme de Bagnouls et Gaussen de la ville de Guelma (1994-2021)

D'après ce diagramme établi d'après les données de températures et de précipitations de la station météorologique de Guelma selon Bagnouls et Gaussen, deux périodes peuvent être distinguées due aux croisements des courbes de température et de précipitation :

- La première froide et humide et s'étale du mois de Novembre au mois au mois de Mai.
- La seconde chaude et sèche qui s'établit du mois de Mai au mois d'Octobre.

8.4. Climagramme d'Emberger

Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q) spécifique au climat méditerranéen de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique. Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

$$Q = 3,43 \times \frac{P}{M} - m$$

- **P** = pluviométrie annuelle (mm).
- **M** = température maximale moyenne annuelle du mois le plus chaud en degrés.
- **m** = température minimale moyenne annuelle du mois le plus froid en degrés.

$$Q = 3,43 \times \left(\frac{544,81 \text{ mm}}{36,39 \text{ (}^\circ\text{C)}} \right) - 4,67 \text{ (}^\circ\text{C)} \quad \boxed{Q = 58,91 .}$$

La région de Guelma présente un $Q=58,91$ ce qui la classe dans un étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (**Fig11**) .

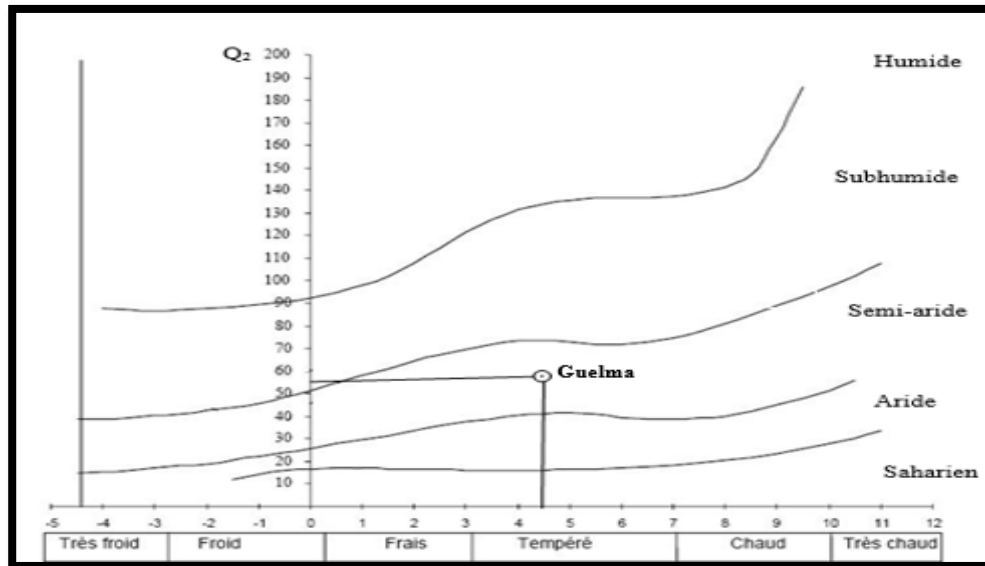


Figure 11: Climagramme d'Emberger de la région de Guelma .

9. Choix des stations d'études

9.1. L'évacuateur de crue

Les deux galeries situées en rive gauche et disposées parallèlement à 40 mètres l'une de l'autre. Constituent les deux évacuateurs de crue qui sont de type en puits de section circulaire,

9.2.La Toure de prise

Comporte une passerelle métallique, trois grilles et trois vannes des prises d'eau haute, moyenne et basse

9.3.La rive droite

9.4. La rive gauche

9.5.L'axe de la digue

La digue est composée d'un noyau argileux vertical.

9.6. Le robinet brut provenant du barrage

Celui-ci achemine l'eau brute du barrage gravitairement grâce à une conduite de 8mm de diamètre

9.7. Le robinet d'eau traitée destinée à la distribution

Avec une capacité de production de 500 l/s (1800 m³ /h) d'eau traitée.



Figure 12 : Localisation des stations d'études au niveau du barrage de Bouhamdane .

CHAPITRE III
MATERIEL ET
METHODES

L'eau est une matière première qui doit être contrôlée, transformée distribuée et finalement consommée par l'homme. Il est donc primordial qu'elle soit de bonne qualité et dépourvue de toute contamination. Dans ce cadre, nous avons procédé à l'analyse des eaux brutes du barrage de Hammam Debagh utilisées à la production d'eau destinée à la consommation humaine.

1.Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés des eaux du barrage de Bouhamdane en coordination avec l'Agence Nationale des Barrages et Transfert (ANBT). Cinq stations ont été choisies en différents points du barrage (S1-S2-S3-S4-S5), les deux prélèvements supplémentaires proviennent respectivement de l'eau brute du barrage qui arrive au niveau des conduites de la station de traitement (l'ADE) (S6) et celui de l'eau traitée (S7) qui sera ultérieurement distribuée aux wilayates limitrophes.

Le présent travail comporte deux volets, le premier physico-chimiques et le second bactériologique. La période d'étude a duré trois mois (Février, Mars, Avril) à raison d'un prélèvement par mois. Durant cette période 22 paramètres physico-chimiques et 5 autres bactériologiques ont été réalisés conjointement au niveau du laboratoire de l'Algérienne des eaux de Hammam Debagh ainsi qu'au laboratoire pédagogique de l'université du 8mai 1945.

Tableau 9: Répartition des prélèvements par site.

Lieu	Numéro de prélèvement	Nombre de Prélèvements
Barrage de Bouhamdane	S1 Avant traitement	Eaux brutes
	S2 Avant traitement	/
	S3 Avant traitement	/
	S4 Avant traitement	/
	S5 Avant traitement	/
	S6 Avant traitement	Eaux traitées
	S7 Après traitement	

2.Mode de prélèvement

Les échantillons d'eau prévus pour les analyses physico-chimiques sont prélevés dans des bouteilles en plastique de 1.5 L. Ceux prévus pour l'étude bactériologique sont prélevés dans des bouteilles en verre de 200 ml préalablement stérilisées (les Flacons dans un four et les bouchons dans l'autoclave). Dans les deux cas, le prélèvement de l'eau se fait à une profondeur moyenne de 15 à 50 cm de la surface afin d'éviter toute contamination (**Rodier**,

2009). Chaque prélèvement est étiqueté sur place et accompagné d'informations concernant (Le point de prélèvement, la date et l'heure ...). Les prélèvements sont par la suite transportés dans une glacière et maintenus au réfrigérateur à l'obscurité le temps qu'ils soient traités la même journée dans les heures qui suivent l'échantillonnage. Rappelons que c'est toujours la même personne qui procède à l'échantillonnage pour qu'il ne soit pas biaisé.

3. Evaluation de la qualité des eaux du barrage Bouhamdane

3.1.Approche physico-chimique

3.1.1.Détermination du potentiel d'hydrogène

Il est toujours lié à la nature des terrains et varie entre 7.2 et 7.6 pour les eaux des terrains riches en calcaires soit de 7 ou un peu inférieur pour les eaux des terrains pauvres en calcaires (Rejsek, 2002).

- **pH <6** : milieu acide.
- **pH ~7** : milieu neutre.
- **pH >8** : milieu basique.

• Mode opératoire :

La mesure du pH se fait à l'aide d'un pH mètre de type (WTW inolab pH7310) selon les étapes suivantes : Tout d'abord la sonde du pH mètre est lavée à l'eau distillée et l'eau des échantillons pour éliminer les restes du KCl. Un volume d'eau de l'échantillon est versé dans un bécher puis la sonde est introduite. La valeur du pH n'est prise qu'après stabilisation.

3.1.2. Détermination de la turbidité

La turbidité a pour cause l'existence de matières telles que l'argile, le limon, les matières organiques et inorganiques fines, etc. Le plancton et d'autres organismes microscopiques en suspension dans l'eau (Mahamat et al., 2015). L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier, 2009). Nous avons eu recours à un turbidimètre de type HACH 2100 N.

• Mode opératoire :

Rincer la cuve par l'eau à analyser. Remplir le flacon jusqu'à un certain niveau. Puis visser le couvercle et l'essuyer pour éviter de laisser des empreintes. Insérer le flacon dans le puits de mesure en plaçant la flèche du flacon face à la flèche du point. Fermer le capot. Appuyer sur « Mesurer » et attendre l'affichage d'une valeur en NTU.



Figure 13: Mesure de la turbidité (Turbidimètre de type HACH 2100) .

3.1.3. Détermination de la conductivité et les solides dissous totaux (TDS)

La conductivité électrique d'une eau permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonate, chlorures, nitrates, phosphates) et d'en suivre l'évolution (**Rejsek, 2002**). La valeur des TDS est basée sur la conductivité électrique, elle est mesurée en mg/l ou en ppm. Lorsque les niveaux de TDS dépassent 1000 mg/l, il est généralement considéré comme impropre à la consommation humaine (**Hane et al., 2020**). Selon les standards de l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (Environmental Protection Agency), l'eau est considérée comme potable lorsque la teneur en solides dissous est inférieure à 500 mg/l .

- **Mode opératoire**

La mesure se fait à l'aide d'un multi paramètre de type (WTW Multi 1970i) comme pour les paramètres cités précédemment.



Figure 14: Mesure de la conductivité et le TDS (Multi paramètre WTW type HANNA 1970i)

3.1.4.Détermination de la salinité

La même technique de la conductivité est utilisée pour mesurer la valeur de la salinité, dans ce cas on appuie sur le bouton (M) pour changer le paramètre puis sur (RUN / ENTER), la valeur est notée dès sa stabilisation.

3.1.5.Détermination du calcium (Ca²⁺)

Il ne mesure que les ions calcium qui existent à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme de sulfates, chlorure... etc. Cette détermination se fait par le titrage molaire par solution de sel sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) (Arouya, 2011). L'indicateur coloré NET donne une couleur violette cela indique la présence des ions de calcium.

- **Mode opératoire : ISO 6058 :1984**

Verser 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde NaOH . y verser quelques gouttes d'indicateur colore NET. Introduire la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur au violet. Prendre le volume de solution d'EDTA Versé.

Expression des résultats :

$$\text{Ca} = V1 \times F \times 8 \text{ avec } F = 12,5 / V(\text{EDTA})$$

3.1.6.Détermination du magnésium (Mg²⁺) : ISO 6058 :1984

Le magnésium constitue de 2,5 % de la croute terrestre . La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (Rodier, 2009).

Expression des résultats : On détermine la mesure du TH magnésien d'après le titrage de la dureté et le TH calcique selon l'expression suivante :

$$\text{Mg}^{2+} (\text{mg/L}) = (V2 - V1) \times F \times 4,8$$

3.1.7. Détermination des Bicarbonates

La détermination du bicarbonate se fait par méthode titrimétrique, tout d'abord sur 100 ml d'eau à examiner ajouter 3 gouttes de l'indicateur coloré méthyle d'orange puis agir une

solution de concentration connue d'acide sulfurique H_2SO_4 , la réaction qui se produit est due à la neutralisation des ions de bicarbonate par les ions H^+ de l'acide sulfurique (**Rodier, 2009**) .

3.1.8.Détermination Matière en suspension

Elles se composent d'argiles de limons, de sables, de boues diverses, de particules colloïdales organiques, de plancton et de microorganismes. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux, des rejets. Leur danger c'est que les micropolluants peuvent s'adsorber à leur surface. Des teneurs élevées limitent la pénétration de la lumière, diminuent les teneurs en oxygène et nuisent au développement de la vie aquatique (**Savary, 2011**).

Cette détermination se fait par filtration sur fibre de verre de maille $1,2 \mu m$ à l'aide d'une pompe à vide.

• Mode opératoire : (Rodier, 2009)

- Peser la membrane de filtration V_1 .
- À l'aide d'une pince, la membrane est placée dans l'appareil de filtration (la pompe)
- Verser 200 ml d'échantillon et laisser l'eau traverser la membrane.
- Mettre la membrane dans l'étuve et la laisser sécher à $105^\circ C$ pendant 20 - 30 min.
- Mesurer la membrane encore une fois et prendre le nouveau poids V_2 .

Expression des résultats :
$$\text{Matière en suspension} = \frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000$$
 (Rodier, 2009).

Avec :

- M_0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).
- M_1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg).
- V = volume d'eau utilisé (ml).

3.1.9.Détermination du résidu sec (RS) : ISO 2172:1983

C'est la mesure de la quantité de matières minérales dissoutes non volatiles selon l'origine de l'eau, cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 3000 mg/l. (**Mekaoussi, 2014**). Le résidu sec est obtenu après évaporation de l'eau à $180^\circ C$.

Selon la quantité des résidus secs on peut distinguer plusieurs types d'eau :

• Mode opératoire

- Prendre un bécher préalablement lavé, rincé avec de l'eau distillée et séché.

- Peser le poids du bécher vide et garder la valeur (M_1).
- Prélever 200 ml d'eau à examiner dans le bécher et la porter à l'étuve pendant 24 heures à une température de 100 - 105 °C .
- Laisser refroidir pendant 15 min aux dessiccateurs puis peser le bécher pour la deuxième fois (M_2) rapidement et immédiatement.

Expression des résultats : Les résidus secs sont exprimé en mg / l .

$$RS (Mg / L) = \frac{(M_2 - M_1) \times 5 \times 1000}{V}$$

- M_1 : le poids du bécher vide.
- M_2 : le poids du bécher après étuvage à 100 – 105 ° C
- V : le volume en millilitres de la prise d'essai.

NB : Cette détermination utilisé seulement pour les eaux chargées en matières en suspension.

3.1.10. Détermination de la matière organique

La matière organique est produite en général par des êtres vivants , végétaux , animaux ,ou micro-organismes . La matière organique est souvent biodégradable. (8)

• Mode opératoire

Dans une erlenmayer de 500 ml ,introduire 100 ml d'eau à analyser , ajouter 10 ml d'acide sulfurique à 50% puis verser 10 ml de solution de permanganate de potassium N/80 . Porter l'échantillon à l'ébullition ménagée pendant 10 min à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent crever la surface du liquide. Ensuite verser 10 ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer . Revenir immédiatement à la teinte rose faible mais persistante à l'aide d'une burette graduée, la solution de permanganate de potassium.

Expression des résultats :

$$MO (O_2 / l) = V_{ech} - V_{blanc} .$$

V_{ech} : Volume de l'échantillon , V_{blanc} : volume de permanganate de potassium

3.1.11. Détermination de l'ammonium (NH_4^+) ISO7150/1-1984

L'ammonium est une forme d'azote dont l'origine naturelle est la décomposition des déchets animaux ou végétaux. Il est peu toxique. Cependant, il peut diminuer l'efficacité de la désinfection de l'eau lorsqu'il se lie avec le chlore disponible (Savary, 2010)

• Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'eau à examiner dans une fiole jaugé de 50 ml ,.
- Puis ajouter 4ml du réactif 1.
- Ensuite on ajoute 4 ml du réactif 2.
- Compléter jusqu'à 50 ml de la fiole par l'eau distillé. Fermer et bien mélanger.
- Attendre 45 min à 1 h 30 min à l'obscurité .
- L'apparition de la couleur verte indique la présence d'ammonium dont la valeur est donnée par un spectrophotomètre sous 655 nm .



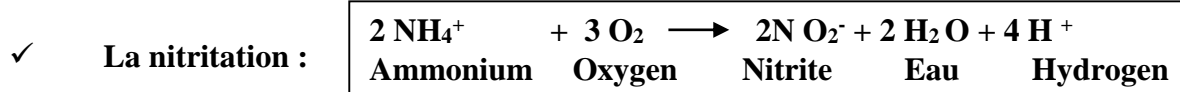
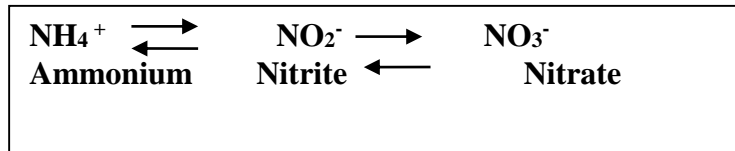
Figure 15: Analyse de l'ammonium.

Expression des résultats : Les résultats sont donnés en mg / L

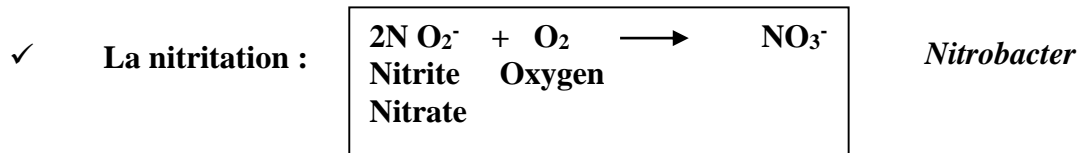
3.1.12.Détermination des Nitrites (NO₂⁻) ISO 6777: 1984

Les ions de nitrites réagissent en milieu acide de pH = 1,9 avec la sulfamilade en formant le sel de di-azonium qui forme avec le N-(1- naphtyl) – éthylènediamine – dichlorohydraté uncolorant azoïque rouge .

Les nitrites proviennent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammonium (nitritation), soit de la réduction des nitrates (nitratation), ces deux opérations forment la nitrification.(**in Satha , 2014)**



Nitrosomonas



• **Mode opératoire : ISO 6777: 1984**

- Verser 50 ml d'eau à examiner dans une fiole jaugée.
- Mettre 1ml du réactif mixte.
- Attendre 10 min
- Exécuter la lecture à 543 nm.

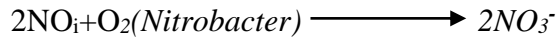
Expression des résultats : L'apparition de la couleur rose indique la présence des ions de nitrites. Les résultats sont donnés directement en mg / l.



Figure 16: Analyse des Nitrites .

3.1.13. Détermination des Nitrates NO_3^- ISO 7890-3:1988

Le nitrate est la forme la plus stable de l'azote, peut être réduit en nitrite grâce à la bactérie *Nitrobacter* (Rodier, 2009 ; Bouhaous & Bengharez, 2012).



La pollution par nitrate dans les eaux superficielle ne pose pas de grand problème. Cependant ces ions NO_3^- peuvent s'infiltrer jusque dans les nappes souterraines et les contaminer.

Principe : En présence de salicylate de sodium, les ions de nitrate donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune.

- **Mode opératoire : ISO 7890-3:1988**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Verser 2 à 3 gouttes de Na OH à 30%.
- Rajouter 1 ml de salicylate de sodium 0,5 % .
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 – 88 °C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) .
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml H_2SO_4 concentré et laisser reposer 10 min.
- Additionner 15 ml d'eau distillée.
- Mettre 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

Expression des résultats : Les résultats sont donnés directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.



Figure 17: Analyse de nitrate NO_3^- .

3.1.14. Détermination des phosphates (PO_4^{3-}) ISO 6878 : 2004

Le phosphore peut exister dans les eaux à l'état dissous ou en suspension. Le phosphore total dissous comprend le phosphore organique et le phosphore inorganique qui lui-même inclut les ortho-phosphates et les poly-phosphates (Rodier, 2009).

Principe : L'acide ascorbique réduit le complexe coloré en bleu formé de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

- **Mode opératoire : ISO 6878 : 2004**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique ; puis ajouter 2 ml du réactif-mélange.
- Attendre 10 min.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO_4^{3-} .
- Passer au spectrophotomètre (Longueur d'onde λ à 700 ou 880 nm).

Expression des résultats : Les résultats sont donnés directement en mg/l.



Figure 18 : Analyse des phosphates.

3.1.15. Détermination de DBO_5

La DBO_5 est la concentration, en masse d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai.

- **Mode opératoire :**

- Rincer les flacons avec l'échantillon.
- Mesurer la quantité souhaitée puis mettre le barreau magnétique à l'intérieur du flacon.

- Ajouter deux pastilles de soude dans le godet en caoutchouc à l'aide d'une pince (les pastilles ne doivent jamais se trouver à l'intérieur des flacons) .
- Fermer l'oxi-Top .
- Appuyer sur les boutons S et M simultanément pendant 2s jusqu'à l'affichage du 00.
- Maintenir les flacons de mesure avec l'oxi-Top à 20°C pendant 5 jours.

Expression des résultats : Appuyer su M et la mesure s'affiche en (Digit) , convertir la valeur mesurée en valeur DBO selon la formule suivante:

$$(\text{Digit} \times \text{facteur} = \text{DBO}_5 \text{ en mg / l})$$

Tableau 10: Correspondance des valeurs selon le volume de l'échantillon et le facteur.

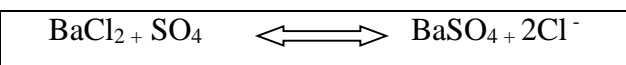
(Mode d'opérateur : Instruction manuel WTW)

Valeur de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/l)	Facteur
432	0 – 40	1
365	0 – 80	2
250	0 – 200	50
164	0 – 400	10
97	0 – 800	20
43.5	0 – 2000	50
22.7	0 – 4000	100

3.1.16. Détermination des sulfates (SO₄²⁻) ISO 22743:2006

Les ions sulfate sont liés aux cations majeure calcium-magnésium et sodium, la plupart des sulfate sont soluble dans l'eau. Ils peuvent néanmoins être réduits en sulfure, volatilisés dans l'air ou hydrogène sulfuré (H₂S). Ils sont peu toxiques et ont un effet purgatif entre 1 et 2 grammes. Des teneurs supérieures à 300mg/l accélèrent les phénomènes de corrosion des systèmes de distribution (**Savary, 2010**).

Les ions de sulfates précipitent en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction. L'ion sulfate est une molécule à base de soufre associé à quatre ions hydrogène (le résidu de l'acide sulfurique H₂SO₄ lorsqu'il réagit avec un autre produit chimique)



- **Mode opératoire : ISO 22743:2006**

- Prendre 73 ml d'eau distillé + 20 ml d'échantillon ;
- Verser 5 ml de la solution stabilisante et agiter pendant 1 min .
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ($BaCl_2$) puis le passer au spectrophotomètre à l'onde de 650 nm .
- La valeur lue sur le spectrophotomètre est donné en mg / l .(ADE,2022)

Expression des résultats : Les ions de sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum. Les résultats de sulfate sont exprimer en mg/l . La valeur lue sur le spectrophotomètre \times la dilution.

3.1.17. Détermination du Fer (Fe^{2+}) : Méthode à l'orthophénanthroline

Le fer est un élément chimique courant présent dans tous les sédiments et les sols , sous forme solide (Atteia,2005).

- **Mode opératoire : ISO 6332:1988**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml ,
- Ajouter à la solution transvasée, 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement , ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5 .
- Ajouter 2 ml de réactif de phenanthroline - 1,10 .
- Puis compléter à 50 ml .
- Conserver les fioles à l'obscurité pendant 15 min ,
- Enfin passer au spectrophotomètre pour effectuer la mesure à la longueur d'onde de 510 nm.

Expression des résultats : Directement donnés sur spectrophotomètre en mg/l.

3.2.Approche bactériologique

Objectif : L'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'inventorier toutes les espèces existantes mais de rechercher celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et dont la présence est indicatrice d'une contamination fécale (Rodier, 2009).

Les échantillons prélevés sont transportés dans une glacière à 4°C au laboratoire de l'Algérienne des eaux (ADE) dans un délai qui ne dépasse pas les 6h, afin de procéder au deuxième volet de notre étude à savoir les analyses bactériologiques de l'eau du barrage. Nous avons procédé à l'identification et le dénombrement des Germes totaux, des

Coliformes totaux, des *Streptocoques*, des germes anaérobies sulfite-réducteurs et la recherche de bactéries pathogènes

3.2.1. Recherche et dénombrement des Germes Totaux

Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes capable de se multiplier en aérobie à des températures optimale de croissance après 24 h à 37 °C

- **Mode opératoire : ISO 6222:1999**

Il s'agit d'un dénombrement des microorganismes revivifiables - Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture nutritif gélosé.

- Porter 1 ml de l'eau à analyser d'une manière aseptique dans une boîte de pétri stérile vide .
- Compléter ensuite avec 20 ml de gélose Tryptone-Glucose-Extrait de levure-Agar (TGEA) fondue puis refroidie quelques minutes.
- Faire des mouvements circulaires et des va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser les boîtes bien solidifier sur la paillasse
- Ajouter une deuxième couche de la gélose environ 5 ml. Pour protéger notre ensemencement d'une éventuelle contamination
- Faire l'incubation à 37 °C pendant 48 Heures (**Fig 20**).

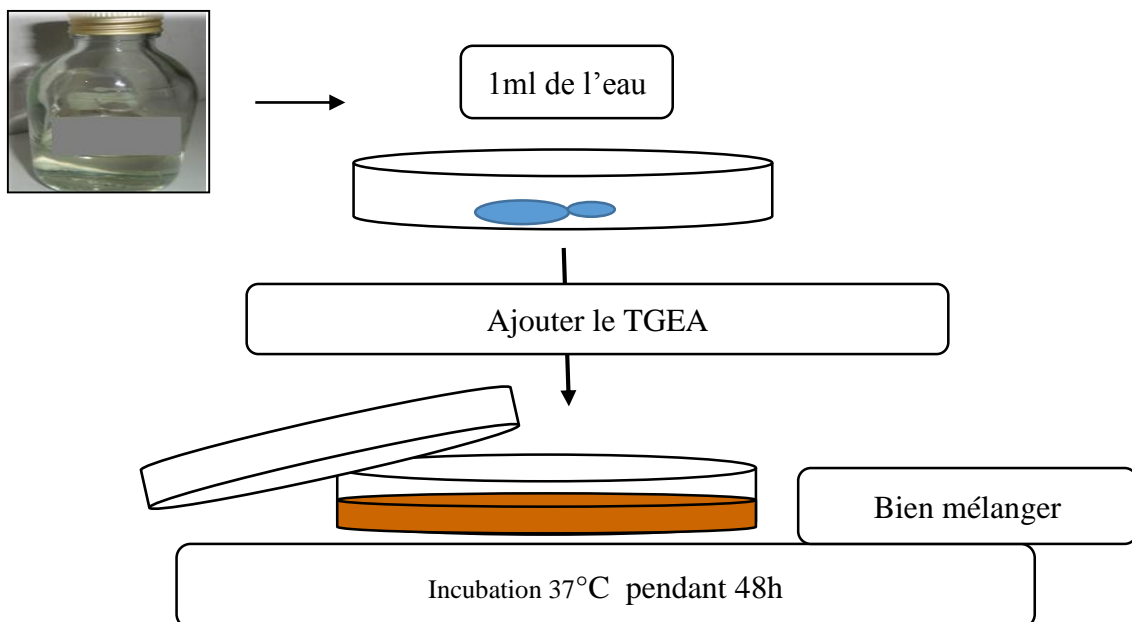


Figure 19 : Méthode de recherche des germes totaux

Lecture : Après incubation on observe des colonies de taille moyenne circulaire légèrement élevée en beige, de bord régulier, élevées, lisses, opaques, crémeuses qui se présentent sous forme des colonies lenticulaires poussant en masse. Les colonies sont dénombrées, le nombre totale est par la suite comptabilisé



Figure 20 : Observation et dénombrement des germes totaux sur milieu TGEA.

3.2.2. Recherche et dénombrement des bactéries indicatrices de contaminations fécales

- **Origine de la contamination fécale**

La contamination d'une eau de surface par les matières fécales est due à plusieurs causes elle peut provenir de l'homme, des animaux domestiques ou des animaux sauvages. Elle peut être causée également par les effluents des stations de traitement des eaux usées domestiques et industrielles ou des sites d'enfouissement des déchets (Imbeau, 2011).

La pollution fécale est origine reliée au rapport quantitatif « des coliformes fécaux sur les streptocoques fécaux (CF/SF) ». Si le rapport CF/SF est supérieur à 4, la pollution est essentiellement humaine (rejet des eaux usées). Si ce rapport est inférieur à 0,7 la pollution est d'origine animale, notamment le bétail et en particulier les moutons qui semblent jouer un rôle prédominant dans ce type de contamination de l'eau (Larif et al., 2013).

- **Les Coliformes totaux (CT)**

Ce sont des Bacilles Gram négatifs, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs avec une oxydase négative, appartenant à la famille des *Entérobacteriaceae*, bâtonnets non sporogènes. Les Coliformes comprennent entre autres genres : *Escherichia*, *Entérobacter*,

Citrobacter, *Yarsinia*, *Serratia*, et *Klebsiella*, avec *Escherichia coli* étant le plus abondant dans l'intestin des humains et d'autres animaux à sang chaud (**Rodier, 2009**).

Elles sont identifiables par leur capacité à fermenter le lactose avec la production d'acides et de gaz, **en 24 à 48 heures à 37°C. (Rodier, 2009)**. Cette capacité est due à la présence de l'enzyme β -galactosidase (Imbau, 2011).

- **Les Coliformes fécaux (CF) (thermo tolérants)**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux qui peuvent cultiver et fermenter le lactose à une température de 44°C. Le groupe des Coliformes fécaux comprend entre autres les espèces suivantes : *Citrobacter Fredii*, *Citrobacter diversus* ...etc.(**Rodier, 2009**).

3.2.2.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux

3.2.2.1.1. Méthode par filtration sur membrane

Des membranes en nitrate de cellulose de type Sartorius, de porosité 0,45 μm et de 50 mm de diamètre et conformes à **ISO 7704:1985** sont utilisés pour cet objectif . Elles ont été incubées sur milieu **gélose lactosée Triphenyl Tetrazolium Chloride (TTC)** Tergitol 7, à 36 ± 2 °C pendant 48 h pour les Coliformes totaux et à 44 °C pendant 24 h pour les Coliformes thermo tolérants. les Coliformes présumés apparaissant à 37 °C, ont été confirmés par le test oxydase et le test de la catalase après avoir été repiqués sur Mac Conkey

- **Mode opératoire : ISO 9308-1:2014**

La recherche des bactéries Coliformes par filtration sur membrane se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser la rampe de filtration , la pince et la frite à l'aide d'un bec bunsen.
- La refroidir tout de suite à l'air mais dans la zone de la flamme du bec bunsen .
- A l'aide d'une pince mettre une membrane de porosité 0,45 μm .
- Ouvrir le robinet pour bien fixer la membrane de filtration puis le fermer.
- Déposer ensuite 100 ml d'eau à analyser devant un bec bunsen (le travail dans la zone stérile).
- Actionner ensuite la rampe pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Transférer immédiatement la membrane à l'aide d'une Pince sur la surface d'une plaque de gélose (TTC Tergitol).

- Mettre ces boîtes à incuber durant 24 heures à 37 °C, couvercle en bas pour empêcher l'eau condensée de s'accumuler sous le couvercle et de retomber sur le mélange nutritif.

(Rodier, 2009)

L'enceinte à 44 °C doit avoir une température homogène et son atmosphère doit être chargée de vapeur d'eau. Placer au fond de l'étuve une cuve large, remplie d'eau en permanence.

Lecture : On observe des petites colonies sous forme lisses légèrement bombées, crémeuses à contours réguliers opaque et pigmentés en jaune orangé ou en jaune. résultant de l'absence de réduction du TTC par les Coliformes **(Delarras, 2003)**. Le Halo jaune profond sous la membrane, dans le milieu lui-même, autour des colonies précédentes, correspond à une fermentation du lactose par ces colonies.

❖ Test de confirmation

A- Test d'indole : A l'aide d'une anse de platine stérile on prend des colonies jeunes (1 – 10 colonies) du milieu TTC Tergitol, et les place dans des tubes contenant le milieu de Schubert.

- incubé 24 heures à 37°C . Après l'incubation ajouter quelques gouttes du réactif de Kovacs .

Lecture : Les tubes qui présentent un trouble microbien, un dégagement gazeux, et apparition d'un anneau rouge en surface après l'ajout du Kovacs sont considérés comme positifs , si indole négative la couleur reste la même **(Mac & Maria ,2009)** .

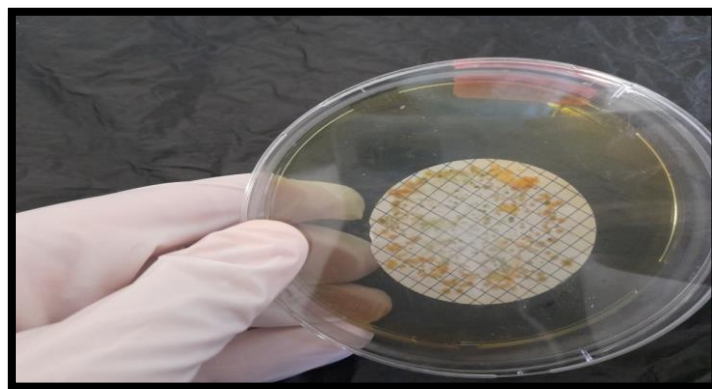


Figure 21 : lecture des coliformes totaux sur milieu TTC.

B- Isolement et identification des bactéries sur milieu sélectif : A l'aide d'une pipette pasteur stérile on prend des colonies pure de couleur jaune orangé du milieu Tergitol et on les repique sur un milieu sélectif « le gélose de Mac Conkey » , puis et par la même pipette fait un ensemencement semi-quantitative sur le gélose , incubé à 37 °C pendant 24 heures .

Lecture : Des colonies en rose de forme circulaires régulières , convexes , entourées d'un halo opaque et crémeuses.

3.2.2.1.2. Méthode par ensemencement sur milieu liquide par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP)

Le dénombrement des Coliformes se fait d'après le table de Mac Grady (Nombre le plus probable) « NPP » (**Rodier, 2009**). Cette méthode est basée sur deux étapes qui sont les suivantes :

○ **Le test présomptif :** Réservé à la recherche et le dénombrement de tous les Coliformes dans le milieu Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL).

● **Mode opératoire :** Pour chaque prélèvement On a travaillé avec 3 séries de 3 tubes :

- 3 tubes de BCPL D/C + Cloche de Durham, avec 10ml d'échantillon.
- 3 tubes de BCPL S/C + Cloche de Durham, avec 1 ml d'échantillon.
- 3 tubes de BCPL S/C + Cloche de Durham, avec 0.1 ml d'échantillon.

Il faut veiller à changer la pipette à chaque fois pour éviter les contaminations entre les échantillons des différentes stations. Les tubes inoculés sont homogénéisés par agitation douce pour ne pas faire pénétrer d'air dans la cloche.

La lecture : Après 48 heures d'incubation dans une étuve à 37 °C, les tubes présentant une couleur jaune et production du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs mais s'ils sont négatifs, ils restent de couleur violet. Le nombre de tube positifs est compté dans chaque série le chiffre global est lu puis interprété par référence à la table du NPP (Table de Mac Grady) (**Rejsek , 2002**).

○ **Test confirmatif :** On ajoute quelques gouttes du milieu BCPL positif au milieu Schubert (repiquage) pour la recherche des Coliformes thermo tolérants ou Coliformes fécaux et d'*Escherichia coli*, puis incuber à 44°C pendant 24 heures avec la cloche de Durham (**Rejsek, 2002**).

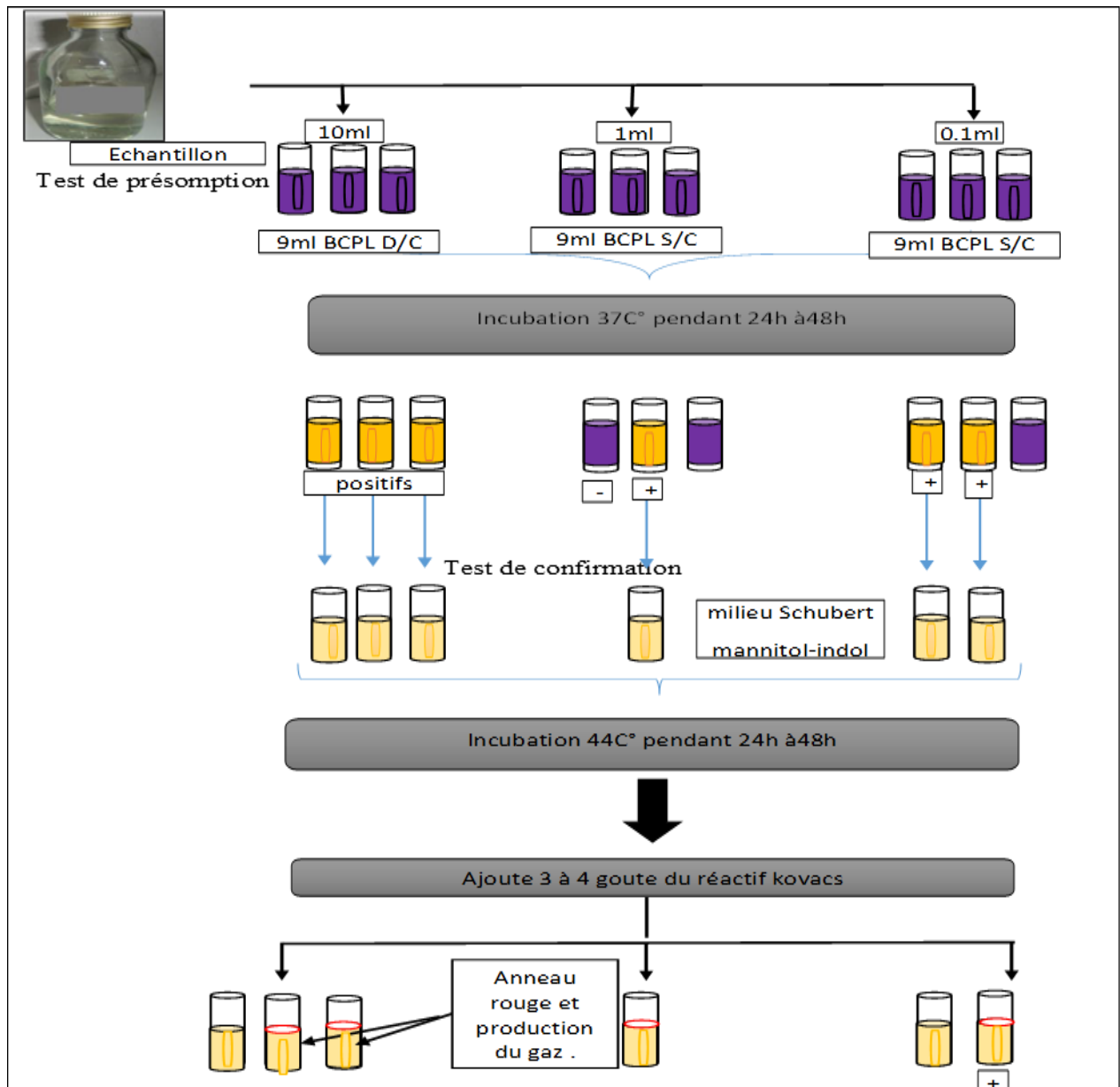


Figure 22: Recherche et dénombrement des coliformes.

Lecture : Après 24 heures d'incubation les tubes considérés comme positifs qui sont présentés un trouble microbien avec virage de la couleur du milieu au jaune et aussi un dégagement gazeux. Ils présentent en surface après l'addition de quelques gouttes de réactif Kovacs une pousse bactérienne avec l'apparition d'un anneau rouge en surface (Témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli*) (Rejsek, 2002). La lecture finale s'effectue également selon la table du nombre le plus probable NPP (Rodier, 2009)



Figure 23: Lecture du Test présomptif des coliformes taux sur un milieu BCPL .



Figure 24: La production d'indole par *Escherichia coli*.

3.2.2.2. Dénombrement des spores des anaérobies sulfito- réducteurs (ASR)

- **Généralités :** Bactérie anaérobie stricte, présentes dans le sol sous forme de spores. ,catalase (-), oxydase (-), Gram (+) toujours mobiles. Se développant en 18 à 24 h sur gélose viande foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) en sulfure qui en présence de Fe^{+2} donne du sulfure de fer de couleur noire (Rejsek, 2002).

A) Méthode par incorporation sur gélose : (Norme NF T90-415)

Cette méthode est utilisée pour la recherche des microorganismes bacilles à Gram positif anaérobies stricts caractérisés par la résistance de leurs spores qui peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois donc ils attestent d'une pollution fécale ancienne (Rodier, 2009).

Mode opératoire : Prendre 20 ml d'eau analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage au bain marie de l'ordre de 80°C pendant 10 min afin d'éliminer les formes végétatives, le refroidir rapidement.

Dans un deuxième temps répartir ces 20ml dans 4 tubes différents, (5ml par tube), leur ajouter 20ml de gélose VF fondue à 44°C additionnée de sulfite de sodium et d'Alun de fer . Mélanger doucement pour éviter d'introduire de l'oxygène, laisser refroidir et solidifier, puis incuber à 37°C pendant 24 à 48h.

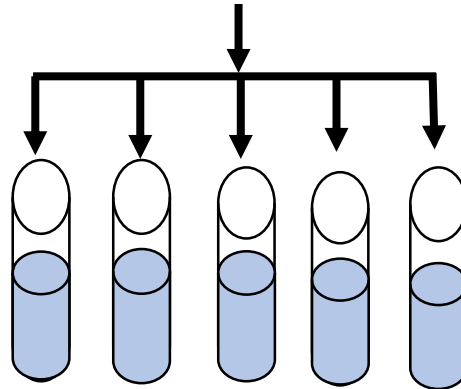
Lecture : Après 24 ou 48h, les spores apparaissent sous forme de gains de café dans la masse de la gélose (**Fig.27**) Il est préférable de faire une lecture précoce parce que si l'eau s'avère chargée le tube sera complètement envahi par les spores et la lecture sera impossible. Nous comptons le nombre de spores par 100ml d'eau.

B.Méthode par filtration sur membrane

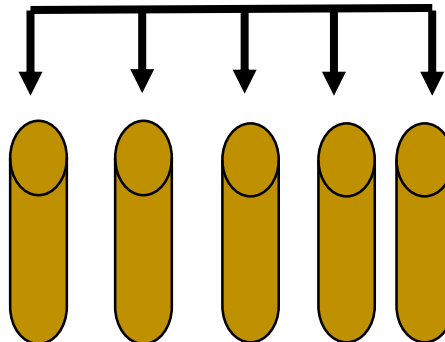
- Stériliser la rampe de filtration et la pince et la frite à l'aide d'un bec bunsen. La refroidir tout de suite après, à l'air mais dans les zones de la flamme du bec bunsen.
- A l'aide d'une pince , mettre une membrane de porosité de 0,22 µm ensuite on dépose 100 ml d'eau à analyser devant un bec bunsen (le travail dans la zone stérile)
- Actionner ensuite la rampe pour absorber l'eau à travers la membrane
- Transférer immédiatement la membrane à l'aide d'une pince sur la surface de la boîte de pétri.
- Déposer la membrane dans une boîte de pétri vide et y ajouter 19ml de gélose viande foie
- Laisser solidifier sur la pallace et incuber à 22°C ± 2°C, 44 ±4 heures (**Fig 28**)



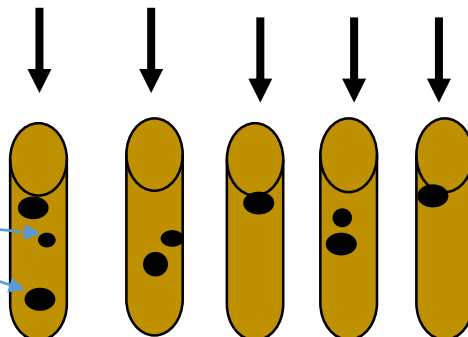
20 ml d'enchantions mère stérile Chauffage à 80 °C, 10 minutes.
Refroidissement brutal sous l'eau de robinet



Ajouter le gélose VF fondue puis refroidie à 45±1°C



incuber à 37°C pendant 24h.

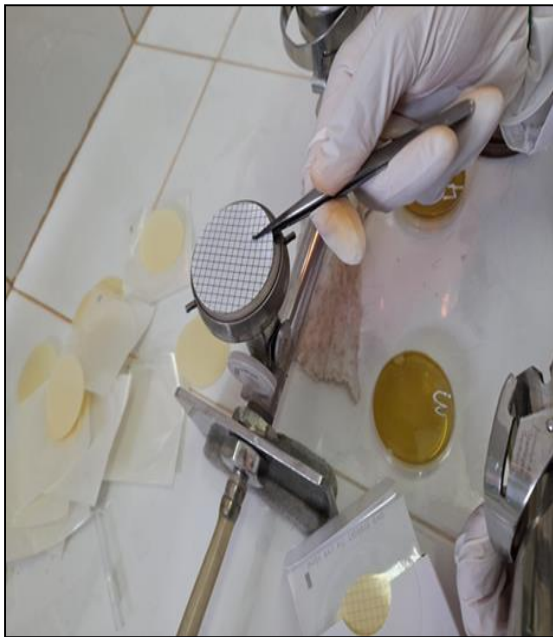


colonies noires

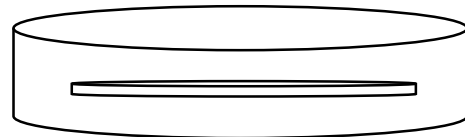
Figure 25: Recherche et dénombrement des spores des anaérobies sulfito- réducteurs(ASR).



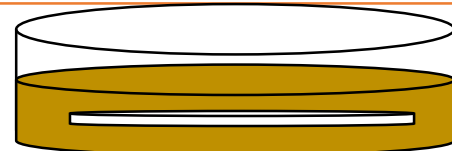
Figure 26: Lecture des aérobie sulfito-réducteur (ASR).



2- Transfert de la membrane sur une boite de pétri vide .



3- Ajout de 19 ml de gélose viande foie



1-Filtration

4- Incubation $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, 44 ± 4 heures

Figure 27: Méthode d'analyse des ASR par filtration.

3.2.2.3. Recherche et dénombrement des *Streptocoques* Fécaux

Les *streptocoques* fécaux (du groupe D de la classification de Lance Field), ce sont des bactéries commensales de l'intestin des animaux et des humains appartiennent de la famille des *Streptococcaceae* qui comprend les genres *Streptococcus* et *Entérocoques*. Leurs caractères communs sont : Coques ovales, en diplocoques ou courtes chaînettes, immobiles à gram(+) avec la présence parfois d'une capsule, sporulés, catalase (-), anaérobies facultatifs et fermentatifs du glucose. Leur présence dans l'eau traduit une contamination fécale et laisse supposer la présence possible des bactéries pathogènes. (Delarras,2007).

La recherche et Dénombrement des *Entérocoques* intestinaux ou *Streptocoques* du groupe D de la classification de LanceField ou encore Streptocoques fécaux dans l'eau de barrage se fait par deux méthodes différentes l'une par filtration sur membrane et l'autre par ensemencement en milieu liquide (NPP).

A. Méthode par filtration sur membrane: NF T 90-416 1985

C'est une méthode de référence pour recherche et le dénombrement des *Streptocoques* fécaux dans l'eau de barrage destinée à la consommation humaine par filtration sur membrane.(Delarras, 2003)

- **Mode opératoire**

Cette technique se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser la rampe de filtration à l'aide de bec bunsen .
- La refroidir tout de suite après, avec l'eau distillée qu'on dispose en quantité suffisante.
- Déposer la membrane de porosité de 0,45 µm sur le fritté à l'aide d'une pince stérilisée, le quadrillage de la membrane vers le haut.
- Déposer ensuite devant le bec bunsen l'eau de barrage à analyser (100 ml ajusté en éprouvette graduée stérile) est verser dans le godet.
- Actionner ensuite la rampe pour absorber l'eau à travers la membrane -puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile à la surface d'une plaque de gélose Slanetz et Bartley préalablement préparée dans une boîte de pétrie.
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 37°C pendant 48 heures.



Figure 28: Les étapes de filtration sur membrane des *Streptocoques* fécaux.

Lecture : Après la période d'incubation, les *Streptocoques* fécaux apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en rose. Compter le nombre de colonies et le rapporter à 100 ml d'eau à analyser.

❖ **Test de confirmation :** Pour cela la gélose Bile Esculine azoture (BEA) est utilisée la membrane du milieu de Slanetz et Bartley est transférée sur une plaque de gélose (BEA) préchauffée à 44°C. Cette dernière sera incubée à son tour à 44°C pendant 2 heures (Delarras, 2003)

Lecture : Les colonies vont prendre une coloration noire qui confirme l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu (Delarras,2003)

B. Méthode générale par ensemencement en milieu liquide (NPP) : Cette méthode se fait en deux étapes consécutives :

❖ **Le test de présomption :** Réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.

À partir de l'eau de barrage à analyser, porter aseptiquement :

- 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D / C.
- 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S / C.
- 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S / C.
- Mélanger les tubes.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Délarras, 2003)

Lecture : Après l'incubation, Les tubes présomptifs présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs. On détermine le nombre des *Streptocoques* à partir de la table de NPP de Mac Grady

❖ **Test de confirmation :** À l'aide d'une anse de platine stérile repiquer 0,1 ml (Rothe) sur le milieu de confirmation EVA Litsky et incubé à 37°C pendant 24 heures.

Lecture : Les tubes considérés comme positifs présentent un trouble microbien et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des *streptocoques fécaux* (Rejesk, 2002).

3.2.2.4. Isolement et identification des bactéries

❖ Examen microscopique

○ **Observation microscopique (coloration de Gram)**

C'est une double coloration qui nous permet de connaître la forme, l'arrangement ainsi que la nature biochimique de la paroi des cellules purifiées. Cette coloration permet de classer les bactéries selon leur capacité de fixer le cristal violet soit (Gram+) soit (Gram-). (Boussena, 2020)

▪ **Préparation du frottis**

- Dans une lame verser une à 2 gouttes d'eau distillée.
- A l'aide d'une anse de platine on prend des colonies jaune orangé ou jaune, puis on les met sur la gouttelette d'eau.
- Faire un frottis sur la lame en étalant une goutte de cette suspension
- Laisser sécher complètement, par passage rapide sur la flamme du bec bunsen.
- Recouvrir la lame avec la solution de violet de Gentiane pendant 1 minute.
- Rincer bien la lame par l'eau distillée.
- Immerger la lame avec Lugol environ 1 minute.

- Bien rincer encore une fois par l'eau distillée.
- Faire une décoloration par l'alcool exactement pendant 10 à 15 secondes.
- Laver la lame immédiatement à l'eau distillée pour arrêter la décoloration.
- Recouvrir le frottis pour le recolorer avec la Fushine pendant 60 à 75 secondes .
- Laver à l'eau et laisser la lame bien sécher à l'air.
- Ajouter une goutte d'huile à immersion, et on observe à l'objectif $\times 100$ (Boussena,2020)

Lecture : On effectuée la lecture sous le microscope à l'objectif $\times 100$. (Boussena,2020)

On observe des bouts ronds isolés et diplobacille de couleur :

- Rose cela signifie que les bactérie sont de Gram (-) .
- violette, signifie que les bactérie sont de Gram (+) (Delarras, 2003)

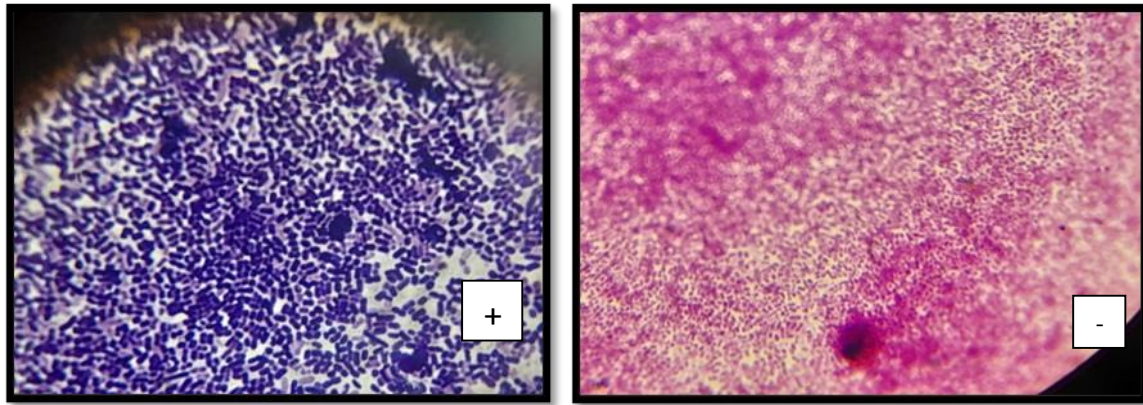


Figure 29: Coloration de Gram

➤ **Test d'oxydase :** Sur une lame stérile déposer un disque d'oxydase, ajouter une goutte d'eau distillée stérile , puis par une pipette pasteur on prend une colonie et on la déposer sur le disque , attendre 30 secondes .une réaction positive se traduit par un virage rapide du réactif de l'incolore au violet .(Cabonnelle et al., 1988)

➤ **Test de catalase :** Sur une lame stérile déposer une goutte d'eau oxygénée puis à l'aide d'une anse de platine stérile on prend une colonie de milieu Mac Conkey, on observe un dégagement des bulles de gaz cela indique la présence de catalase . (Cabonnelle et al., 1988)

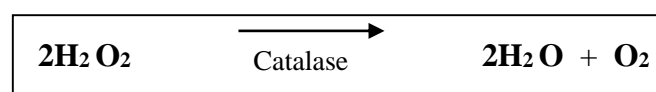




Figure 30 : Test oxydase et test catalase.

❖ **La galerie API 20 E :** L'API 20E est un système d'identification des bactéries de la famille des *Enterobacteriaceae* (Leyral et Joffin,1998)

Dans l'API 20E, La galerie API 20 E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les micro-tubes sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les tests. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de Lecture et l'identification est obtenue à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification (9) .



Figure 31: Galerie API20E.

- **Mode opératoire**

Au préalable, il faut préparer une suspension bactérienne à partir d'une souche pure isolée (dans notre cas dans le milieu Mac Conkey. On prélève quelques colonies d'une culture jeune qu'on met dans un tube contenant 5 ml d'eau distillée stérile (0,5 Mc Farland). puis Introduire la suspension bactérienne dans chaque tube à l'aide d'une pipette Pasteur stérile,

pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles Pour certains caractères .

- Remplir de suspension le tube et la cupule CIT, VP, GEL Remplir le tube de suspension et recouvrir d'huile de paraffine ADH, LDC, ODC, H 2 S, URE pour crée l'anaérobiose
- Refermer la boîte et mettre à l'étuve puis incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- Après incubation ,si le lecteur indirecte il faut nécessairement faire des tests par réactifs spécifiques . (10)

Tableau 11 : les réactifs d'API20E .

Puits	Réactif
TDA	Une goutte de réactif TDA
IND	Une goutte de réactif de James ou kovacs
VP	Une goutte de réactif de VP1 puis VP2

CHAPITRE IV
RESULTATS ET
DISCUSSION

Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau de sept stations : « L'évacuateur de crue (S1), Rive droite (S2), Tour de prise (S3), Axe de la digue (S4), Rive gauche (S5), Eau Brute (S6) et Eau Traitée (S7) » du Barrage de Bouhamdane de Hammam Debagh pendant une période d'étude de trois mois (Février, Mars et Avril).

1. Les Résultat de l'analyse physiques

1.1. La conductivité électrique

Durant toute la période d'étude, les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre 746 μ S/cm et 863 μ S/cm (Fig34). Les résultats obtenus ne dépassent pas les normes (1100 μ S/cm) du (JORF, 2007) et (2800 μ S/cm) du (JORA, 2011), cela indique que l'eau du barrage est bien minéralisée. Après traitement les eaux de la station (S7) sont également conformes aux normes de potabilité de l'eau selon (l'OMS, 2011) la norme admise est de (1400 μ S/cm).

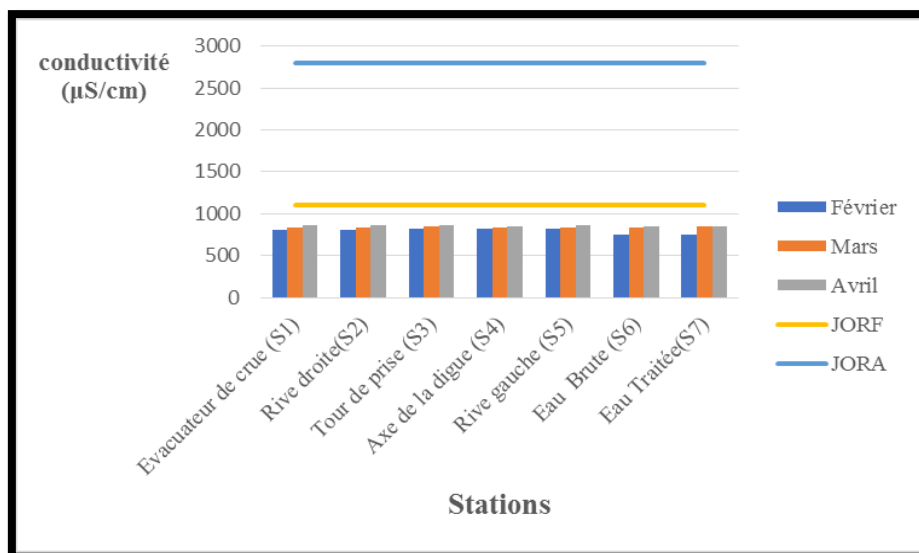


Figure 32: Les variations mensuelles de la conductivité électrique de l'eau du Barrage de Bouhamdane.

1.2. La salinité

Les résultats de salinité obtenus varient entre (0,1 et 0,2 mg/l) dans toutes les stations (fig35), de sorte que la plus faible valeur a été enregistrée au mois de février par contre la valeur maximale a été enregistrée pendant mars et avril à l'exception de (S6) dont la valeur est égale 0,1mg/l. Ces valeurs montrent une faible quantité de sels dissous dans l'eau du Barrage de Bouhamdane.

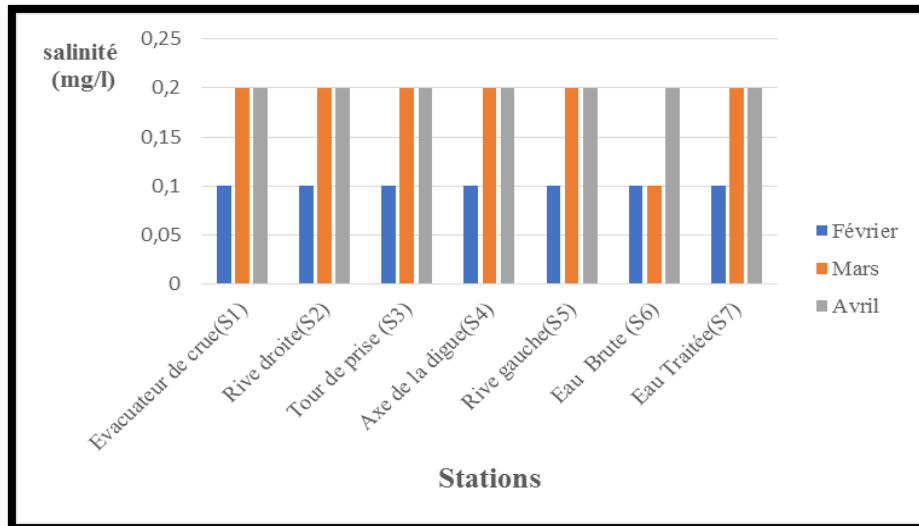


Figure 33: Les variations mensuelles de la salinité de l’eau du Barrage de Bouhamdane.

1.3. Le potentiel d’hydrogène (pH)

Durant toute la période d’étude, les valeurs du pH varient légèrement. En effet, la valeur minimale est notée au niveau des stations (S1), (S3) avec 7,38 la valeur maximale quant à elle est de 8,63 au niveau de la station (S5). Globalement, les résultats de toutes les stations avant traitement sont dans les normes (JORA, 2011) ainsi que les normes (JORF, 2007). D’après les normes de (l’OMS, 2011), les valeurs de (S7) sont conformes aux valeurs admises pour les eaux de consommation 8,5. Les eaux du barrage Bouhamdane sont globalement légèrement alcalines à cause des terrains calcaire traversés.

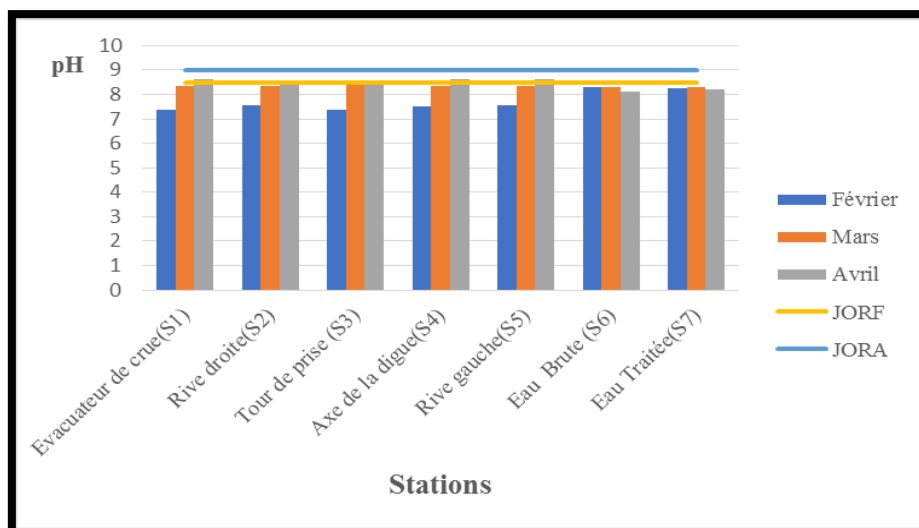


Figure 34: Les variations mensuelles du pH de l’eau du Barrage de Bouhamdane.

2. Les résultats de l'analyse chimiques

2.1. Les Nitrites (NO_2^-)

Pendant les trois mois d'étude, les valeurs des nitrites des eaux brutes (**fig37**) sont comprises entre 0,007 - 0,026mg/l et notées respectivement au niveau des stations (S4) et (S3) ; Ces valeurs sont négligeables pour des eaux superficielles sans traitement. Il en est de même pour les eaux de la station traitée (S7) qui sont à l'état de trace et sont conformes aux valeurs guide de l'organisation mondiale de la santé (**OMS, 2011**) pour les eaux de consommation de potabilité de l'eau, les concentrations de l'eau consommable au niveau de (S7) ne dépassent pas 0,1 mg/l, elles sont donc dans les normes.

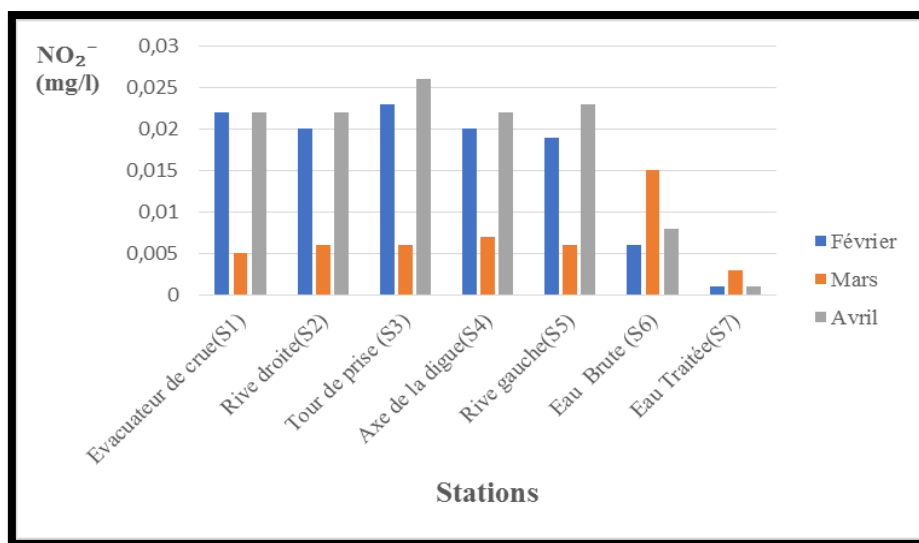


Figure 35: Les variations mensuelles des Nitrites de l'eau du Barrage de Bouhamdane.

2.2. Ammonium (NH_4^+)

Les teneurs en ammonium (**fig38**) durant les trois mois pour les eaux brutes (S1 à S6) évoluent dans l'intervalle 0,006mg/l (S3) à 0,217mg/l (S5), ces valeurs sont en dessous des normes du (**JORF, 2007**) et les normes du (**JROA, 2011**). Pour les eaux traitées (S7) Les concentrations des eaux sont nulles alors que les normes (**OMS, 2011**) dont la concentration maximale admise est de 0,5 mg/l. la présence de cet indicateur de pollution dans l'eau du barrage même en faible quantité traduit la présence de la matière organique provenant des rejets agricoles, domestiques ou industriels.

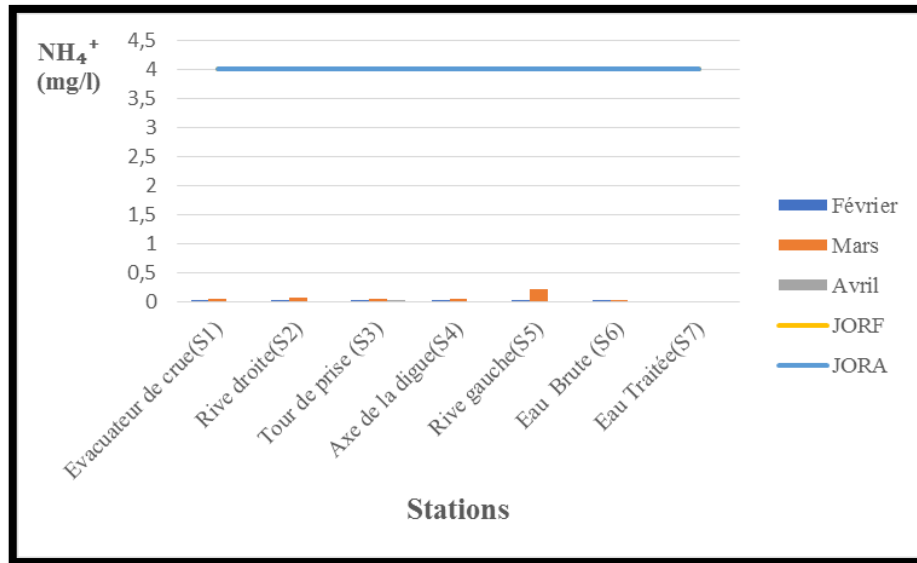


Figure 36: Les variations mensuelles d'ammonium de l'eau du Barrage de Bouhamdane.

2.3. Sulfates (SO_4^{2-})

Les concentrations des sulfates obtenues (**fig39**) présentent une fluctuation irrégulière en fonction des mois ; En effet la valeur maximale est atteinte au mois d'Avril au niveau de la rive droite (S2) avec une valeur de 835mg/l probablement à cause de l'érosion des sols par les fortes pluies qui se sont abattues sur la région jusqu'au mois de mai selon les normes. Cependant les moyennes mensuelles calculées montrent que les concentrations des eaux du barrage sont dans les normes (**JORF, 2007**) et (**JORA, 2011**).

Les valeurs des sulfates de l'eau de Barrage au niveau de la station d'ADE traitée sont dans les normes de la potabilité de l'eau et sont conformes aux normes de (**l'OMS, 2011**) fixées à 250mg/l. Rappelons par ailleurs que de grandes concentrations en sulfates ont un effet purgatif et induisent des diarrhées. Cette variabilité si elle n'est pas naturelle donc due à la mise en solution des roches gypseuses composés de sulfate de calcium, peut provenir des rejets industriels.

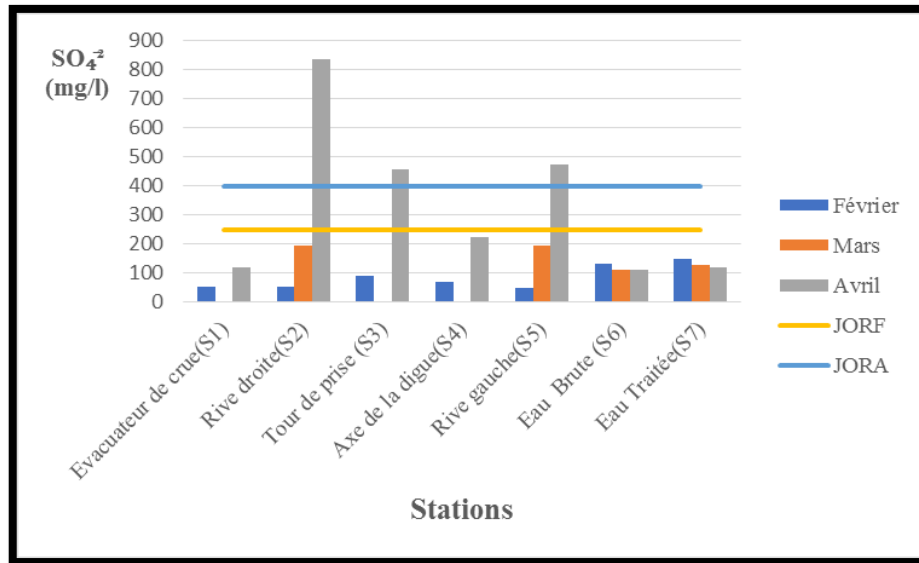


Figure 37: Les variations mensuelles des Sulfates de l’eau du Barrage de Bouhamdane.

2.4. Phosphates (PO₄³⁻)

Les mesures des phosphates obtenues (fig40) varient de 0 (S6) à 0,49 mg/l (S3) ; Toutes les valeurs mesurées durant la période d’étude restent en dessous des normes admises du (JORF, 2007) et (JORA, 2011). C’est le cas également de la station (7), les concentrations des phosphates de l’eau sont inférieures à la norme (0,5mg/l) selon (l’OMS, 2011). Ces faibles valeurs sont d’origine agricole et proviennent des engrais phosphatés utilisés sachant que la région est à vocation agricole.

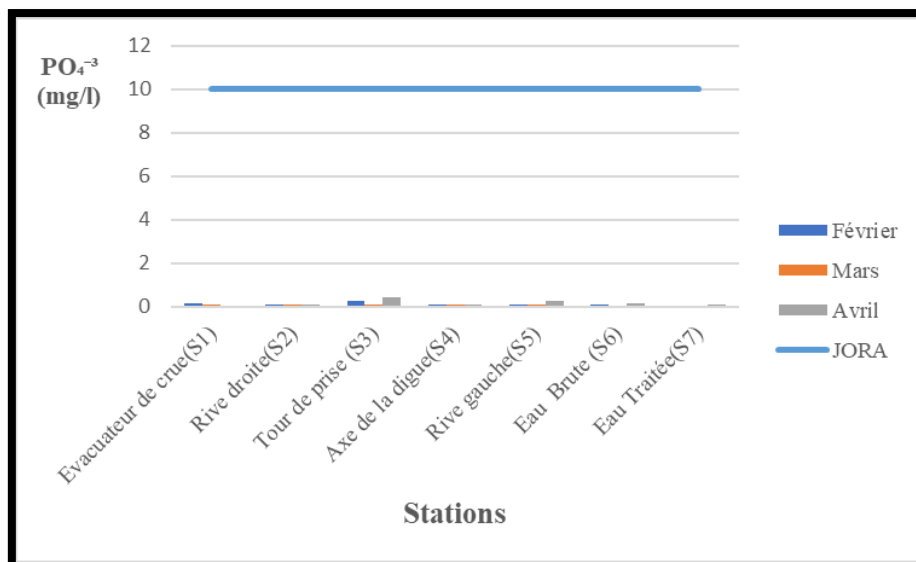


Figure 38: Les variations mensuelles des phosphates de l’eau du Barrage de Bouhamdane.

2.5. La turbidité

Les variations des concentrations de turbidité (**fig41**) montrent des variations variant de 0,64 NTU à la station (S4) à une valeur maximale de 45,7 NTU à la station (S1) ; Ces valeurs sont conformes et varient avec les conditions climatiques (Agitation du vent , précipitations...) étant des eaux superficielles. Les valeurs de la turbidité de l'eau de la station (S7) varient entre 1,34 NTU et 1,75 NTU et restent conformes aux normes de (**l’OMS, 2011**) qui préconise 5 NTU comme valeur maximale admissible pour des eaux de consommation.

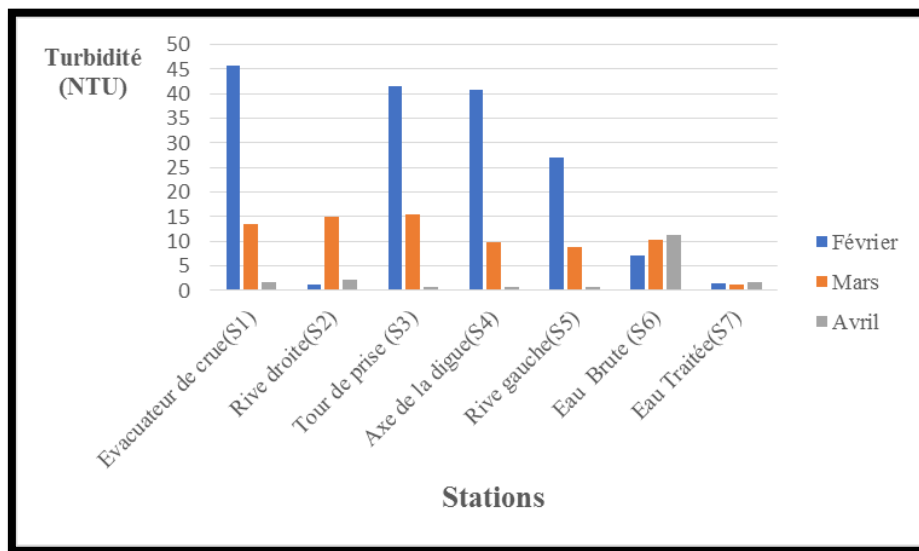


Figure 39 : Les variations mensuelles de la turbidité de l'eau du Barrage de Bouhamdane.

2.6. Le taux de sel dissous (TDS)

A partir des résultats présentés dans la (**fig42**) , nous remarquons que les valeurs des TDS sont comprises pour les eaux brutes ente 385 mg/l (S1) et (S3) à une valeur maximale de 407 mg/l . Au niveau de (S7), toutes les valeurs du TDS pendant les mois d'étude sont bien inférieures à la norme (**OMS, 2011**) qui est 1000 mg/l. Si leurs origines n'est pas naturelle (Sources naturelles), les TDS proviennent de déchets industriels ou de produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau et des conduites en plomb.

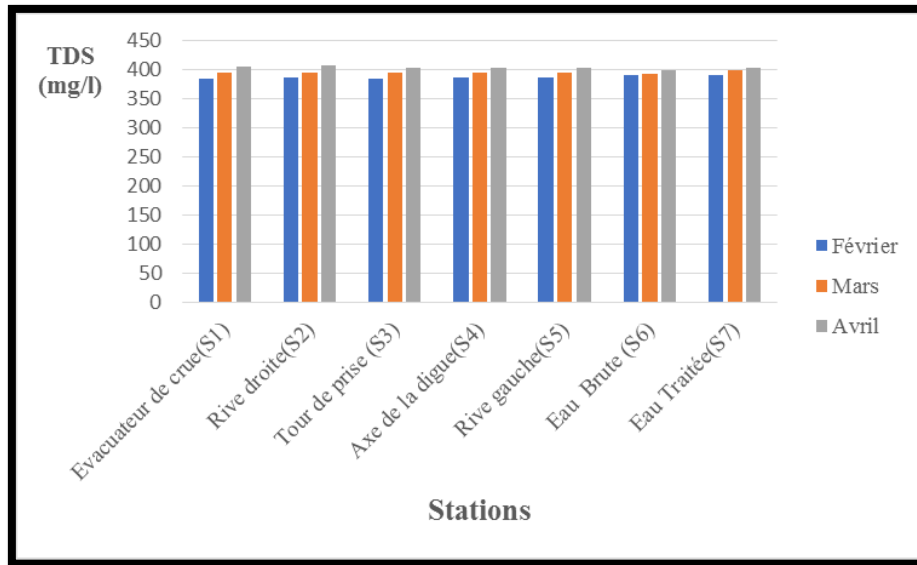


Figure 40: Les variations mensuelles du TDS de l’eau du Barrage de Bouhamdane.

2.7. Les bicarbonates HCO₃⁻

Les bicarbonates jouent un rôle majeur dans la régulation du pH, la température, la concentration en CO₂ dissous et la nature lithologique du sol. D’après les résultats obtenues les valeurs sont presque stables durant les 3 mois pour les stations étudiées, les valeurs varient entre 150 à 190 mg/L. Les normes Algériennes et Européennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre. Les mêmes résultats sont obtenus pour la station (S 7) (Fig44), et ne dépassent pas les normes de l’OMS pour les eaux de consommation ; la valeur limite autorisée est de (500 mg/l) .

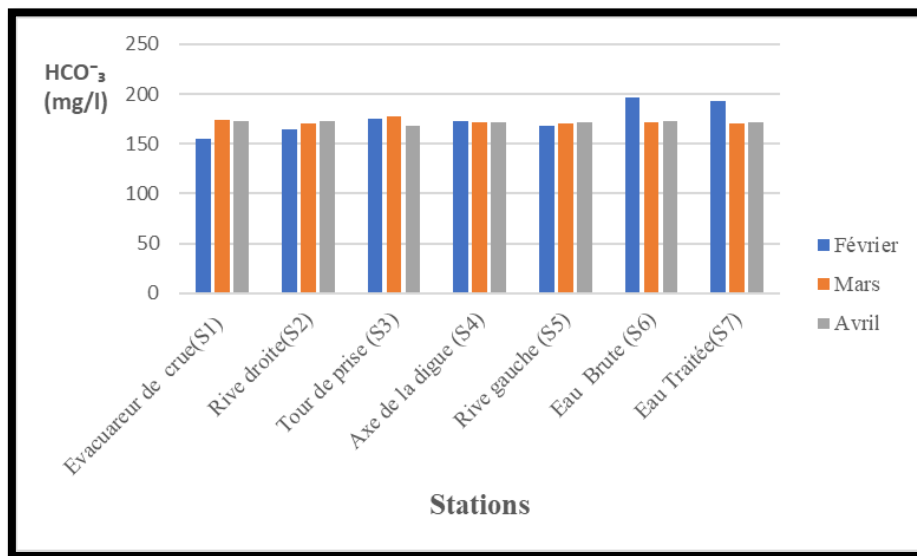


Figure 41: Les variations mensuelles de les bicarbonates dans les eaux de barrage étudiées .

2.8. La matière organique

Les valeurs de la matière organique des eaux brutes de nos stations varie dans de 2 à 2,8mg/l alors que les valeurs de la station (6) de l'ADE atteignent 5,5mg/l. Ceci témoigne sans aucun doute des rejets d'origine animale ou humaine. Concernant les eaux traitées les valeurs sont comprises entre 2 et 3,2mg/l. L'OMS préconise 5mg/l comme norme de la DBO5. Ces matières ne doivent pas se retrouver au niveau des eaux traitées.

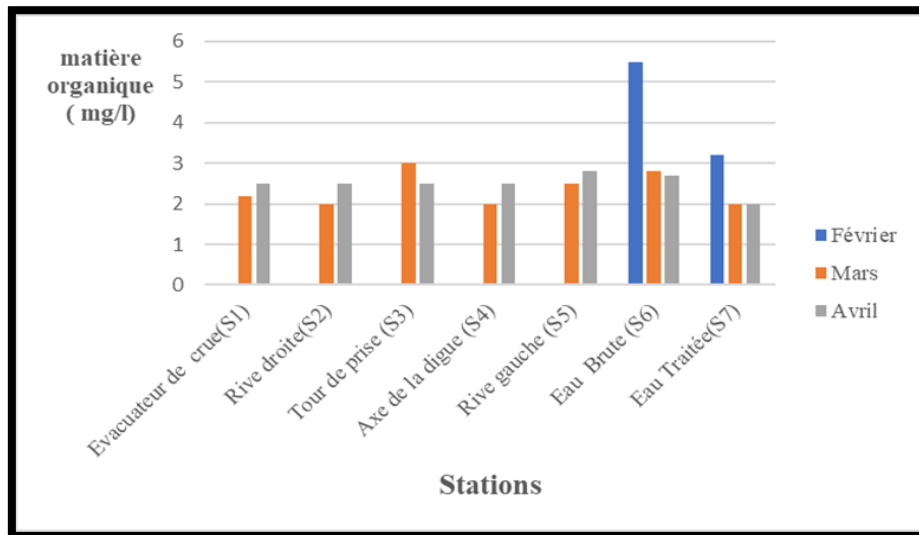


Figure 42: Les variations mensuelles de la matière organique dans les eaux de barrage étudiées

2.9. La matière en suspension

Les matières en suspension sont des particules très fine indésirables dans les eaux destinées à la consommation humaine. Les valeurs de l'eau brute de nos stations ne dépassent pas les normes (JORA, 2011) et les normes (JORF, 2007) fixées à (25 mg/l). Notons un dépassement de la norme au mois d'avril dans la station (3) de la toure de prise. c'est une indication de la présence de fortes teneurs des particules minérales et organiques dont la taille est supérieure à 5 μm (limon , détruis , fèces des animaux en élevage ou d'aliments désintégrés ...etc.) dans l'eau. Au contraire, L'eau traitée de la station (7) peuvent être consommée sans risque 0 mg/l.

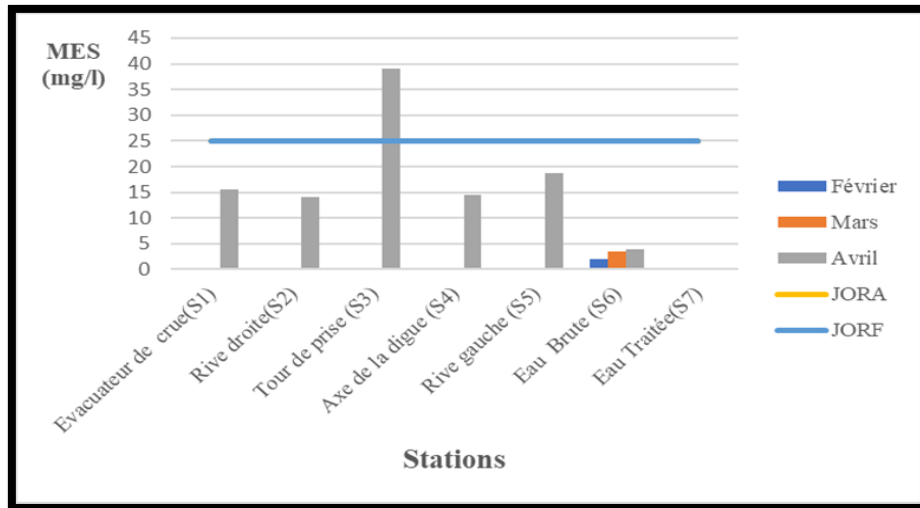


Figure 43: Les variations mensuelles de la matière en suspension dans les eaux de barrage étudiant.

2.10. Résidus secs

Ces matières sont un indicateur de minéralisation permettant de déterminer le taux de minéraux recueillis après évaporation d'eau soumis à 180°C. Au cours du mois de février l'évacuateur de crue montre (S1) enregistre une valeur maximale de (1216,5 mg/l), ainsi que la station 2 avec une valeur assez élevée (997,5mg/l). Ces valeurs restent exceptionnelles par rapport aux autres stations dont les valeurs en résidus sec varient entre 537,5 et 720mg /l. durant toute la période d'étude. Pour les eaux de la station traitée, les valeurs sont comprises entre 517 et 618,5mg/l. Les valeurs obtenus restent au dessous des normes préconisées par l'OMS qui sont de **1500mg/l**.

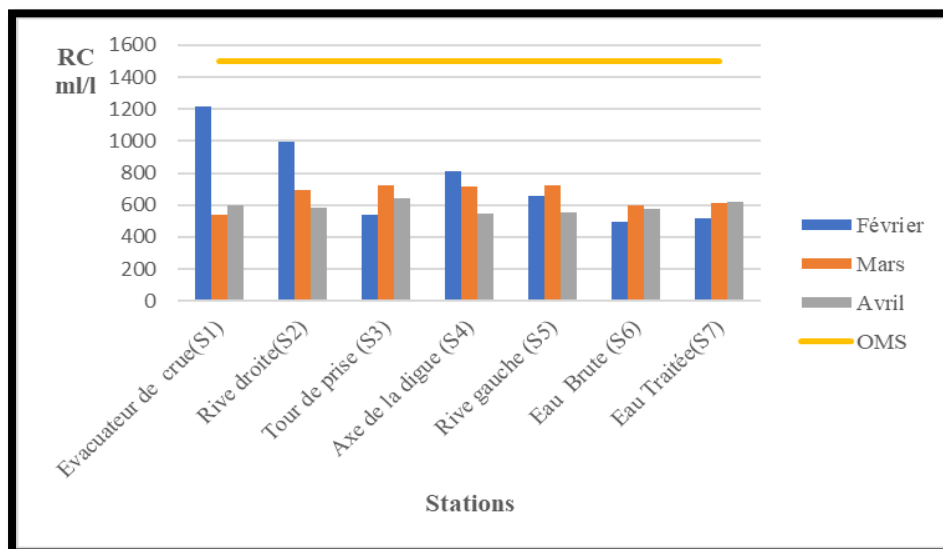


Figure 44 : Les variations mensuelles des résidus secs de l'eau du Barrage de Bouhamdane.

2.11. Le calcium (Ca^{+2})

Le calcium est naturellement liée à deux origines : la dissolution des formations carbonatées (CaCO_3), ou la dissolution des formations gypseuses (CaSO_4). Durant les trois mois, les sept stations ont des valeurs qui varient entre 70,45 mg/l et 90,52 mg/l . Les résultats obtenus ne dépassant pas les normes (200 mg/l) du (JORF, 2007) . Le même cas de la station destinée à l'alimentation en eau potable dont les valeurs restent en dessous des normes de (l'OMS, 2011) soit (75 mg/l) .

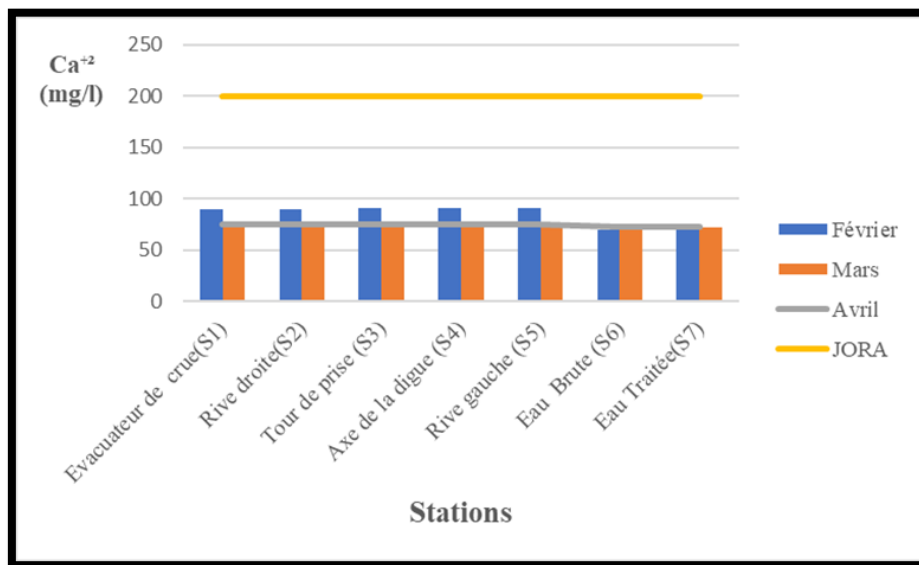


Figure 45: Les variations mensuelles du calcium (Ca^{+2}) dans les eaux de barrage étudiées.

2.12. Le magnésium (Mg^{+2})

Le teneur du magnésium de l'eau dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées, D'après les résultats obtenues au cours du mois de février et avril les valeurs varient entre 25.27 à 26.73 mg/l , mais pendant le mois de mars les valeurs augmentent et atteignent la valeur de 31.1 mg/l pour les cinq premières stations. Les résultats de l'eau traité ne dépassent pas les normes (OMS, 2011) sont de 50 mg/l donc la qualité de l'eau est moyennement riche en magnésium. Il est à noter que l'apport journalier doit être de 360 mg par jour.

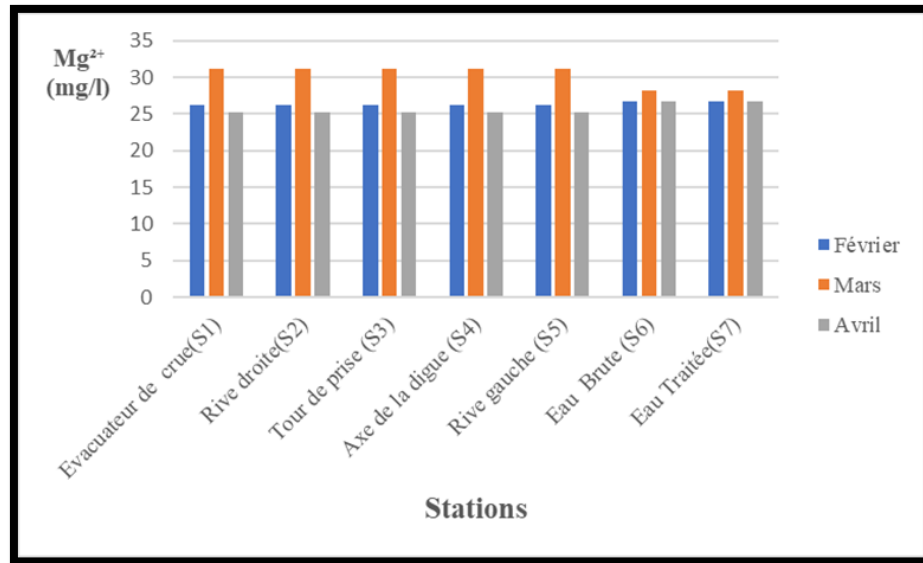


Figure 46: Les variations mensuelles du magnésium dans les eaux de barrage étudiant.

2.13. Les nitrates NO₃⁻

Les nitrates ont un effet toxique à des doses élevées, le fait qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduit à une toxicité. La teneur en nitrate NO₃⁻ des points d'eau étudiés varie de 0,867 mg/l à 2,547 mg/l, durant les mois d'étude. L'eau traitée aussi au cours des 3 mois les nitrates prenant des valeurs (1.5 mg/l à 1.6 mg/l), ces résultats ne dépassant pas le taux admis par l'OMS à savoir 50 mg/l .

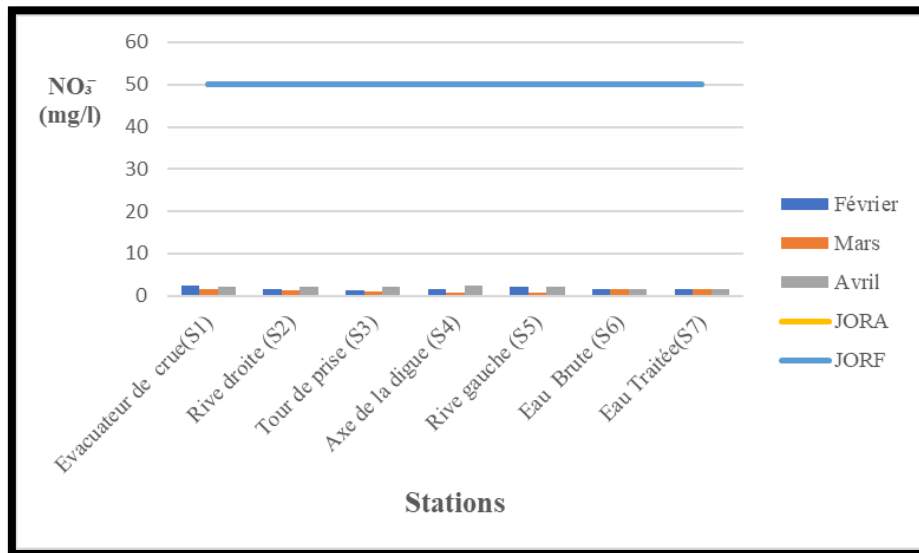


Figure 47: Les variations mensuelles du nitrate NO₃⁻ dans les eaux de barrage étudiées.

2.14. Le fer (Fe^{+2})

Le fer peut provenir du lessivage des sols, par dissolution des roches et minerais, les rejets industriels.

Les valeurs de nos stations varient entre 0,07 et 0,40mg/l donc restent inférieures aux normes du (JORA, 2011). Les eaux traitées sont dépourvues de fer, la valeur est nulle 0 mg/l, cette valeur ne dépasse pas les normes (OMS, 2011) fixée à (200 mg/l).

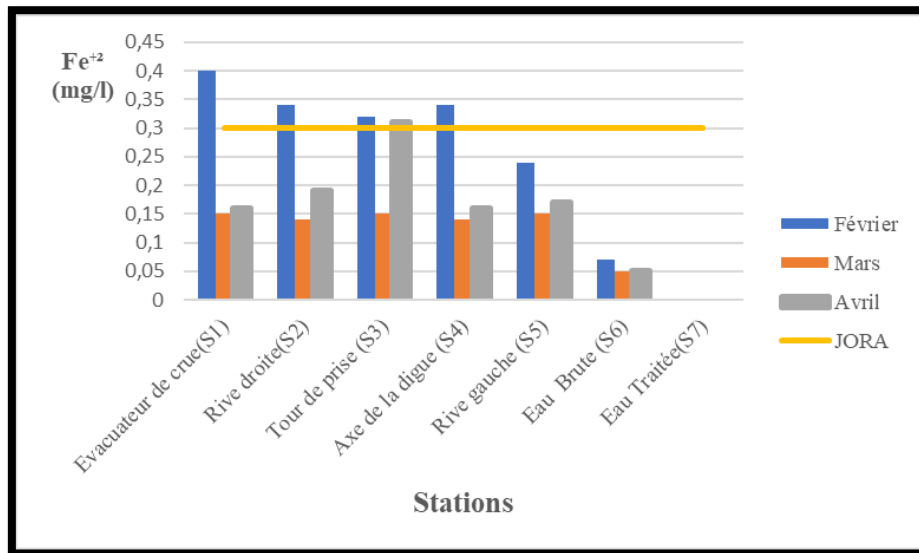


Figure 48: Les variations mensuelles du fer Fe^{+2} dans les eaux de barrage étudiées.

3. Les analyses bactériologiques

Les analyses réalisées au niveau du laboratoire ADE (Hammam-Debagh à Guelma) durant trois mois de mars au mois d'avril 2022, ont permis de rechercher les Germes totaux, les Coliformes fécaux, les streptocoques fécaux, et les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (Clostridium).

3.1. Recherche et dénombrement des germes revivifiables à 37°C

Une concentration en germes totaux trop importante induit des problèmes d'ordre organoleptiques et de faibles concentrations démontrent l'efficacité du traitement et le bon état de stockage de l'eau. Les résultats du dénombrement de la flore mésophile totale est utilisée comme indicatrice de pollution (Rodier, 2009) représentés ci-dessous (Fig52).

Durant les deux mois de mars et avril, Globalement les concentrations des germes totaux sont constantes et ne dépassent pas 50 UFC/100ml. En effet, la plus petite concentration est notée au mois de mars au niveau de la station de (S4) 5UFC/100ml. La valeur maximale est atteinte au mois d'avril au sein de la station (S1) de l'évacuateur de crue. Ces concentrations

indiquent l'existence d'une légère pollution qui n'est pas très grave en soi, vu que ce sont des eaux superficielles.

Les eaux des stations traitées affichent des concentrations assez fortes en germes totaux juste à la limite des normes de (l'OMS, 2011) à savoir **100UFC/100ml**. Il en est de même pour les eaux brutes ramenées vers l'ADE. Donc nous pouvons supposer que c'est au cours de son entrée dans les conduites que la contamination s'est produite.

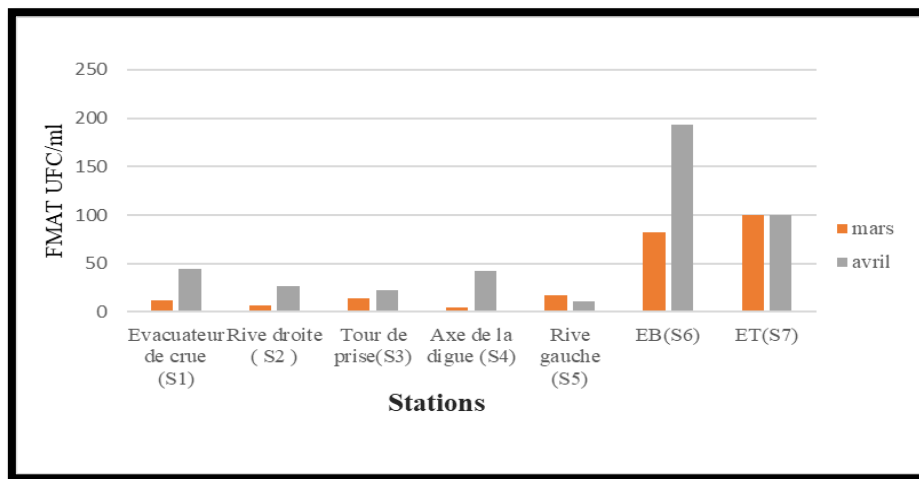


Figure 49: Représentation graphique de nombre des Germe totaux.

3.2. Recherche et dénombrement germes indicateurs de contamination fécale

A. Coliformes totaux

Les Coliformes totaux peuvent avoir une origine naturelle (Sol, végétation, eaux naturelles) comme c'est le cas ; ou bien dans les matières fécales (Savary, 2011 ; Archibald, 2000).

• **Méthode du dénombrement selon le nombre le plus probable (NPP) :** Les résultats obtenus indiquent de fortes concentrations dans les eaux brutes de toutes les stations du barrage de (S1) à (S5). Les valeurs varient de 230 CT/100ml à 430CT/100ml , Une légère baisse est notée dans les eaux brutes de la station (6) de l'ADE. Les eaux traitées quant à elles ne contiennent aucun Coliforme est sont par conséquent conformes aux normes de (l'OMS, 2011) fixées **10UFC/100ml** .

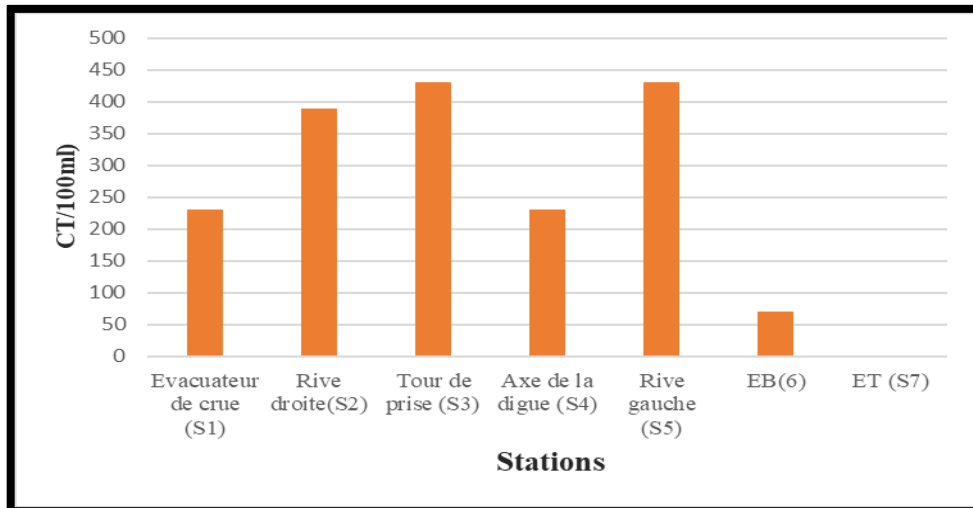


Figure 50: Représentation graphique du nombre du coliforme totaux durant mars.

• **Méthode de dénombrement sur milieu solide :** Durant le mois d’avril, toutes les stations des eaux brutes du barrages affichent de faibles concentrations en Coliformes totaux ; elles varient de la valeur la plus basse de 8UFC/100ml à la valeur la plus élevée relevée dans la station (S1) avec (26UFC/100ml). Les stations de l’ADE ne comptent aucun Coliforme donc ne dépassent pas les normes de (l’OMS,2011) (10UFC/100ml). Les eaux brutes du barrage peuvent être utilisées à des fins d’irrigation puisque le seuil admis par l’OMS est de 5000germes/100ml.

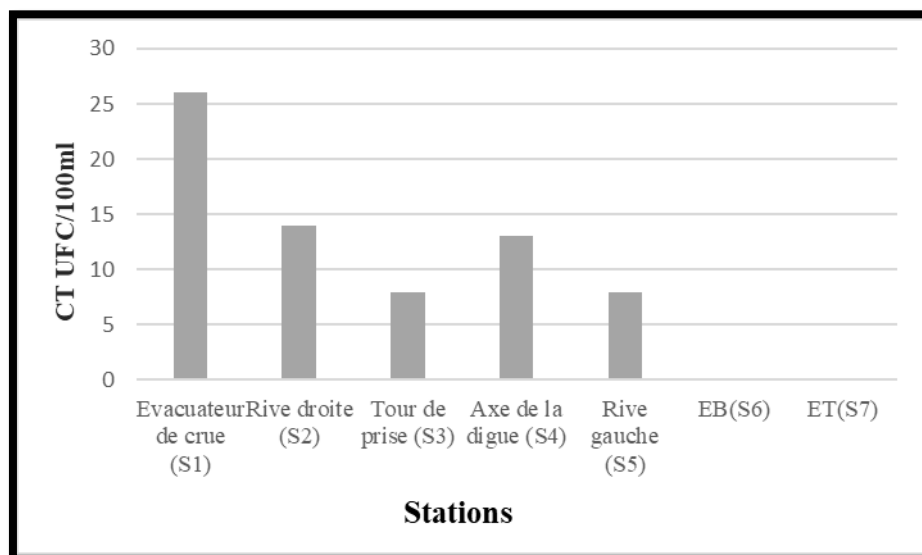


Figure 51: Représentation graphique du nombre du coliforme totaux durant avril.

B. Coliformes fécaux

• **Méthode du dénombrement selon nombre le plus probable (NPP) :** Au cours de mois de Mars, le nombre de Coliformes fécaux varie de à CF/100ml (S5) à une valeur très élevée de 70CF /100ml (S4) . Les eaux brutes par contre ainsi que les eaux traitées sont totalement dépourvues de Coliformes fécaux ce qui est conforme avec les normes (OMS,2011) 0 CF/100ml

• **Méthode de dénombrement sur milieu solide :** Au cours de mois d’avril, le nombre de Coliformes fécaux varie de à 4 UFC/100ml (S2) à 22 UFC/100ml (S4). Les eaux brutes par contre ainsi que les eaux traitées sont totalement dépourvues de Coliformes fécaux ce qui est conforme avec les normes (OMS,2011) qui préconisent que les eaux traitées et destinées à la consommation doivent être exempte de Coliformes fécaux.

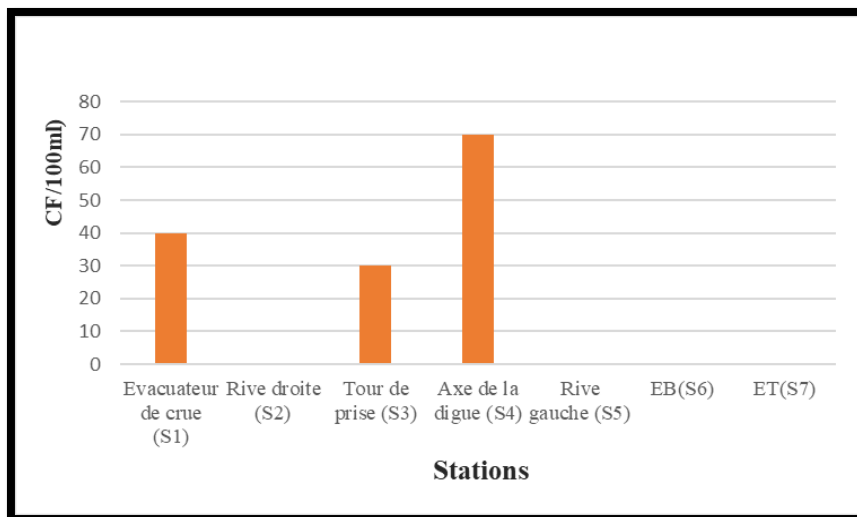


Figure 52: Représentation graphique de nombre du coliforme fécaux durant mars.

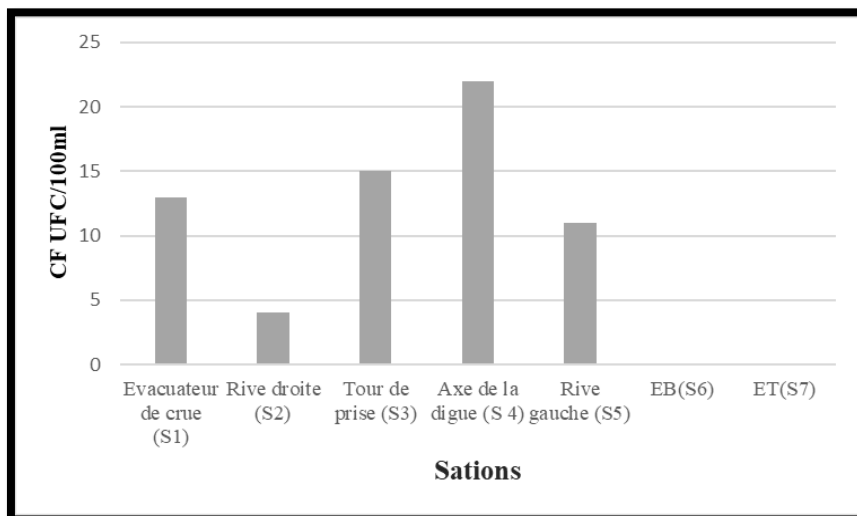


Figure 53: Représentation graphique de nombre du coliforme fécaux durant avril.

3.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (SF)

Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur recherche associée à celle des Coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne contrairement aux Coliformes fécaux (Rodier 2009).

Méthode du dénombrement selon nombre le plus probable (NPP) : Durant le mois de mars les concentrations en Streptocoques fécaux varie de 0SF/100ml (S1) et (S2) et 30 SF/100ml (S3). Les eaux brutes et traitées de l'ADE affichent des valeurs nulles et sont en accord avec les normes de l'OMS limitées à (0 SF/100ml. Cependant ces eaux restent bonnes pour l'irrigation sachant que la valeur limite pour les eaux de d'irrigation est de 1000SF/100ml.

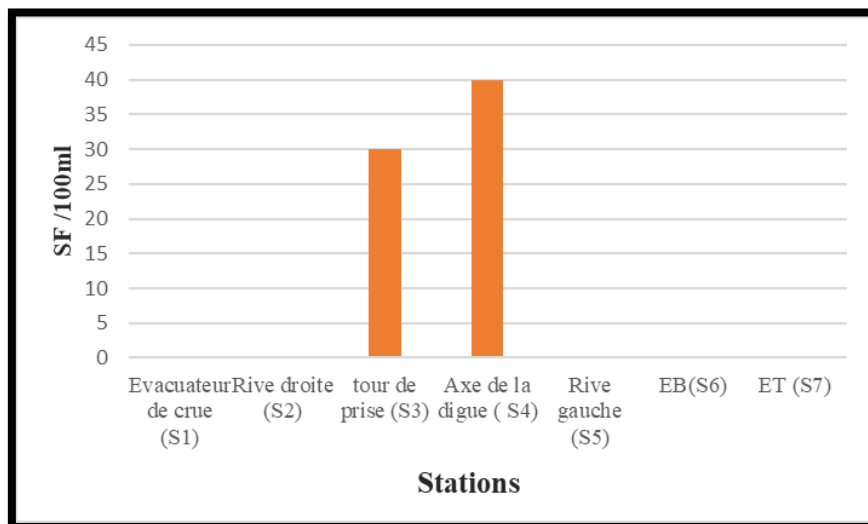


Figure 54: Représentation graphique de nombre du *streptocoque fécaux* durant mars.

• **Méthode de dénombrement sur milieu solide :** Pour le mois d'avril les concentrations en Streptocoques fécaux varie de 0 UFC/100ml (S1) et (S4) et une concentration maximale de 5 UFC/100ml (S5). Les eaux brutes et traitées de l'ADE affichent des valeurs nulles et sont en accord avec les normes de l'OMS limitées à (0 UFC/100ml. Cependant ces eaux restent bonnes pour l'irrigation sachant que la valeur limite pour les eaux de d'irrigation est de 1000SF/100ml.

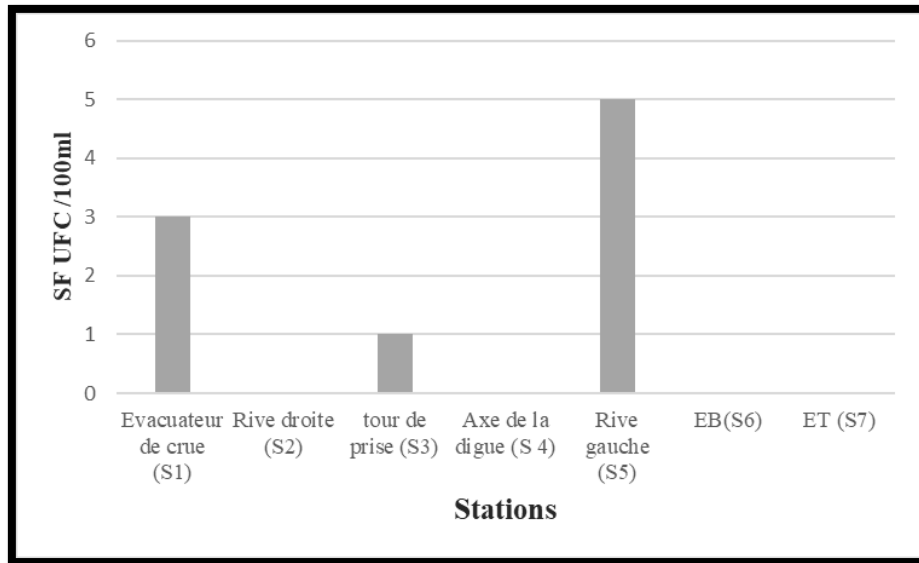


Figure 55: Représentation graphique de nombre du streptocoque fécaux durant avril.

3.4. Recherche et dénombrement des spores Anaérobies sulfito-réducteurs

Ces germes sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. Les formes sporulantes, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettent ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente (**Rodier, 2009**).

Les concentrations en bactéries sulfito-réductrices sont comprises entre 0 et 22UFC/20ml pendant les deux mois de l'étude dans les cinq stations du barrage. Donc ce sont des germes habituels qu'on rencontre dans les milieux naturels, elles sont aptes à produire des spores pour résister aux changements hostiles du milieu.

Les eaux brutes des station (S6) et les eaux traitées de la station (S7) sont exemptes de germes sulfito- réducteurs ; elles sont donc de bonnes qualité et sans risque pour le consommateur (puisqu'elles sont dans les normes de (**l'OMS ,2011**) 0UFC/20ml.



Figure 56: Résultats de la recherche des bactéries anaérobies sulfito-réductrices

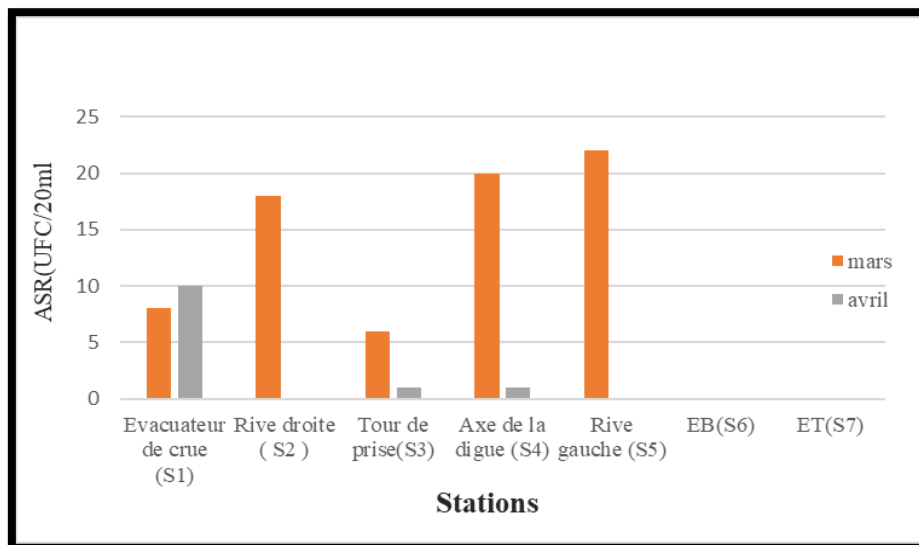


Figure 57: Représentation graphique de nombre des anaérobies sulfito-réducteurs.

4. Identification de la souche bactérienne à partir d'un isolement fait sur Mac conkey

4.1. Caractères morphologiques et les tests complémentaires

Nous avons procédé à un repiquage sur mac Conkey afin d'avoir des souches purifiées. La recherche des bactéries de la famille des *entérobactéries* pathogènes s'effectue par ensemencement sur le système API20E. Dans ce travail on utilise des colonies fraîches isolées sur milieu Mac Conkey. Ce travail montre la présence de *salmonella sp.*

Observation macroscopique

Des colonies : en rose de forme circulaires régulières, convexes, entourées d'un halo opaque et crémeuses.

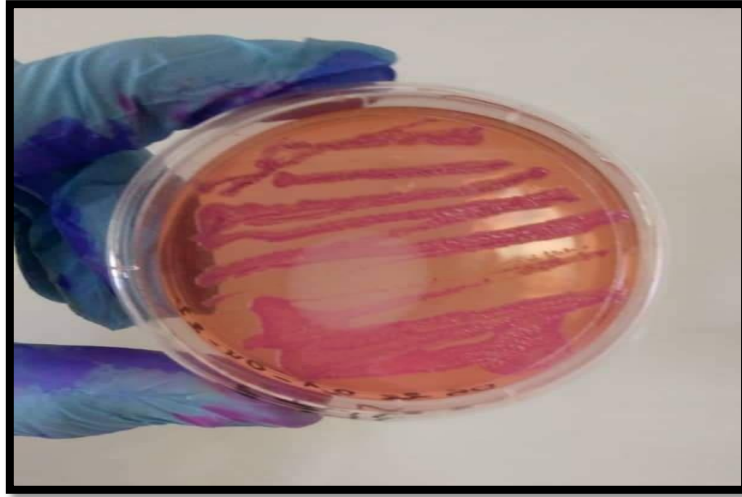


Figure 58: Résultats des coliformes sur Mac Conkey

Examen microscopique

A partir des colonies sur Mac Conkey un frottis a été réalisé et les résultats sont reportées ci-dessous .

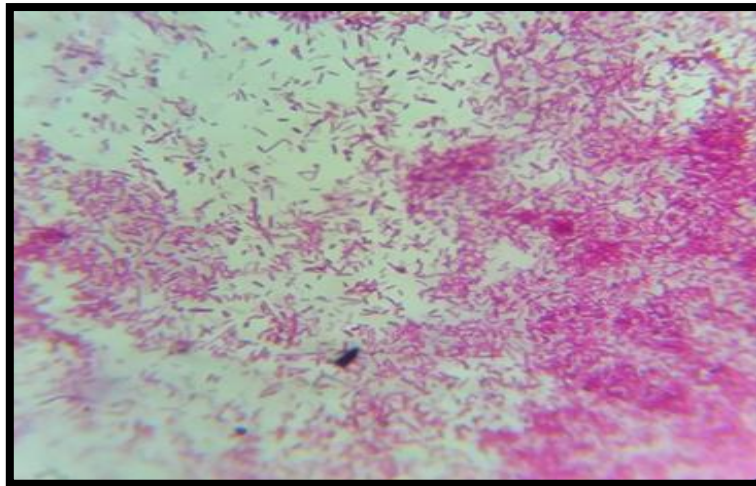


Figure 59 : Observation microscopique des bacilles Gram +.

Les tests complémentaires

D'après les colonies du milieu Mac Conkey :

- L'oxydase négative (-)
- Catalase est positive (+)



Figure 60: résultats catalase (+), oxydase (-).

4.2. Résultats et identification biochimique

Nous avons pu identifier la souche *Salmonella sp* dans l'eau de barrage au niveaux de station S5 a été confirmée par API20E. la confirmation des différents caractères biochimiques nous a été donné par le logiciel Le logiciel d'identification API WebTM.



Figure 61: Présente la galerie API20E.

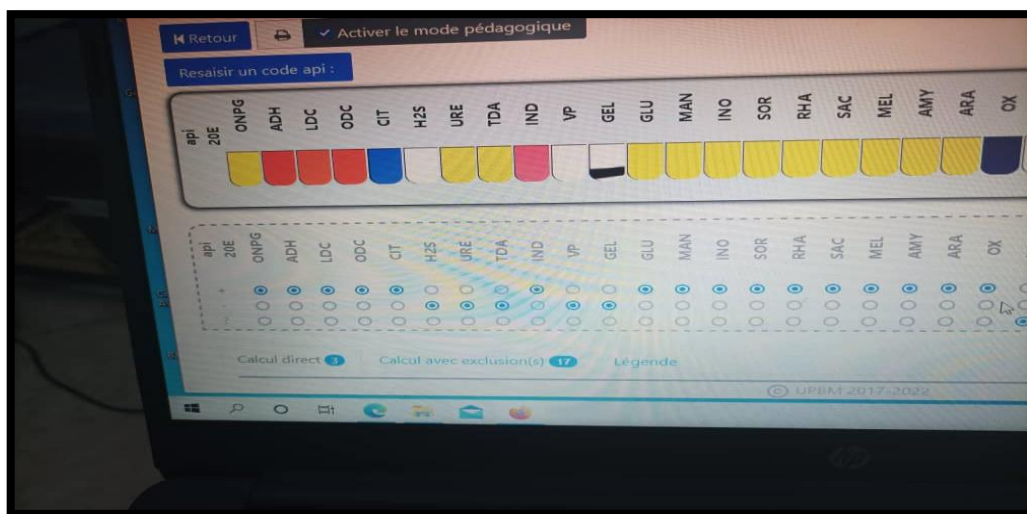


Figure 62 : Logiciel pour l'interprétation de la culture sur la galerie miniaturisée API 20E



Figure 63: Profil biochimique de genre *Salmonella* sp.

- Identification de la souche Résultats de la galerie: 73447731

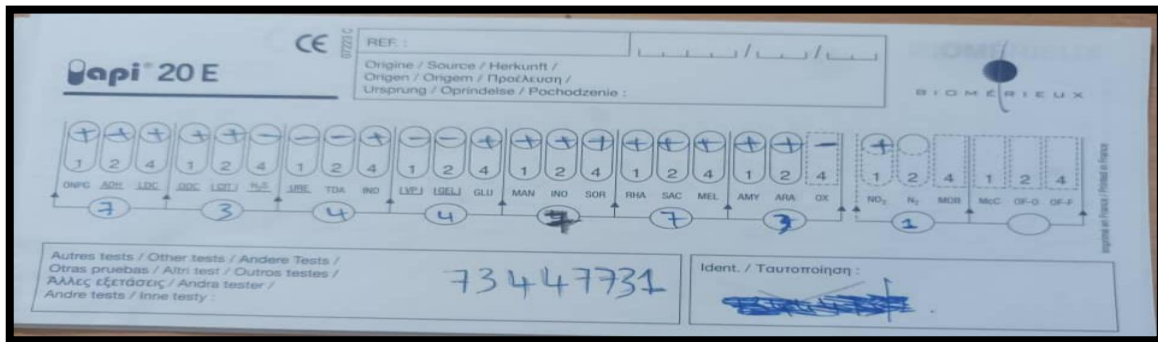


Figure 64: Le calcul du résultat du teste Api 20^E .

Conclusion

Conclusion

Notre étude menée pendant trois mois au sein du laboratoire de l'ADE, nous a permis d'avoir un premier aperçu sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes du barrage de Bouhamdane situé dans la région de Guelma. L'ensemble des résultats obtenus d'analyse des eaux brutes (de S1 jusqu'à S6) et des eaux traitées au niveau de (S7) que ont été comparés avec des normes nationales et internationale respectivement (JORF, 2007), (JORA,2011) (OMS,2011) et (OMS,2006) ont montré que :

- La conductivité, la salinité, les résidus secs, les TDS ainsi que les nitrates ont des valeurs en dessous des normes requises.
- Le pH est légèrement alcalin à cause des terrains calcaires de la région.
- Les éléments indésirables tels que les matières en suspension restent minimales par rapport aux normes de l'OMS.
- Le fer se trouve en des quantités infimes.
- Les eaux brutes du barrage contiennent des teneurs faibles en matière organique cependant les stations (S6) et (S7) montrent la présence de ces substances indésirables au mois de février à des teneurs ne dépassant pas les normes admises 5mg/l.
- Les eaux brutes contiennent plus de calcium que de magnésium.
- Les taux sulfates dépassent les normes admises (S3) et (S5) au niveau de (S2) les taux sont exceptionnels au mois de d'avril, les taux de nitrites sont acceptables.

Par rapport aux résultats du volet bactériologie :

- Le nombre des germes totaux est constant
- Les Coliformes totaux dépassent de loin les normes OMS avec 26UFC/100ml à la station (S1)
- Les Coliformes fécaux 22UFC/100ml (S4) alors qu'en (S6) et (S7) il n'y en a aucun
- Les Streptocoques fécaux se trouvent à la station (S5) avec 5 UFC /100ml alors que les stations (S6) et (S7) en sont exemptes .
- Les bactéries anaérobies sulfite-réductrices ne sont présentes ni dans (S6) ni en (S7)

Les eaux brutes du barrage peuvent être utilisées à des fins d'irrigation, mais ne doivent pas être consommées avant traitement par les services de l'ADE.

L'eau est une ressource rare. Dans le cadre d'une gestion durable, elle doit être protégée il faut notamment :

- Minimiser les pertes dans les réseaux d'eau potable.
- Eviter la pollution des eaux superficielles.
- Lutter contre l'érosion et l'envasement des barrages, l'association des entreprises publiques pour former des grandes entreprises performantes.
- Lancer des campagnes de sensibilisation pour expliquer l'enjeu de la lutte contre le gaspillage.
- Formation et soutien aux agriculteurs à l'installation de systèmes d'irrigation plus économes comme le goutte à goutte.
- Réutilisation des eaux usées épurées.
- Installation des stations d'épuration dans les communes dont les oueds alimentent les eaux du barrage de Bouhamdane (Oued Zenati, oued El Haria, Oued Sabath).

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- A -

- ✓ ABH-CSM : Agence De Bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue . 2016 . Le cahier de l'agence . le bassin de la seybousse . N°1 . 8p.
- ✓ ADE de Guelma , 2022 . Algérienne des eaux , unité Guelma .
- ✓ Amano Y . 2011 . De l'importance de l'eau. IAEA Bulletin . 53. 1 p.
- ✓ Amiri K, Bekkari N, Débbakh A , Benmalek A, Bouchahm N.2017. Caractérisation des eaux usées des rejets domestiques de la ville de Touggourt (Algérie). Journal Algérien des Régions Arides (JARA) . N°14 . 104-108 p .
- ✓ Arouya Kh . 2011 .Pollution des eaux : Impacts des eaux usées sur la qualité des eaux de surfaces . Edition Universitaires européennes. Berlin. Edition Universitaire Européennes . 124 p.
- ✓ Atteia O . 2005 .chimie et pollutions des eaux souterraines. Environnement, géo-ingénierie et développement. *Lavoisier*. Paris . 421 p.

- B -

- Barah M .2005.L'eau, un enjeu environnemental aux répercussions géopolitiques . Revue internationale et stratégique. N°60. 139-148p.
DOI :<https://doi.org/10.39917/ris.060.0139>
- ✓ Belghiti M.L, Chahlaouia , Bengoumi D, El Moustaine R . 2013 . étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de souterraines de la nappe polio-quaternaire dans la région de Meknès (MAROC). *Larhyss Journal* . N°14 . 21-36 p .
- ✓ Bordet J. 2007 . L'eau dans son environnement rural : Hydraulique et cycle de l'eau, L'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations, *Ed Johanet*. Paris . 317 p.
- ✓ Bouhaous M. Bengharez Z. 2012. Contamination des eaux souterraines par les nitrates. analyse microbiologique, source de contamination et évaluation sanitaire. Allemagne. *Edition universitaire Européenne* . 88 p.
- ✓ Boussena S . 2020 . Manuel des travaux pratiques de bactériologie. Institut des Sciences Vétérinaires . Département de Productions Animales .université des frères mentouri 1. Constantine . 61 p.
- ✓ Boutayeb M , Bouzidi A , Fekhaoui M . 2017. Etude de la qualité physico-chimique des eaux usées brutes de cinq villes de la région de la Chaouia – Ouardigha (Maroc).

Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie. N° 34 (2). 145-150 p.

- ✓ Brault J. L & Monod J. 1989 . Memento technique de l'eau .Tome 2 , vol 1 . 9^{ème} ED *Lavoisier* . Degrémont . France. Paris . 1459 p.

- C -

- ✓ Carbonnelle D , Kouyoumdjian S. 1988 .Bactériologie médicale technique usuelles. 251 p .
- ✓ Cardot C. 2013 .analyse des eaux , réglementation, analyse volumétriques et spectrophotométrique , statistiques. *Ellipses* . Paris. 296 p.
- ✓ Caruba R. 2008. L'eau. Une histoire peu ordinaire du Big Bang aux hommes. Ed *Johanet*. Paris. 284 p.
- ✓ CIE,2022 : Centre d'information sur l'eau (En ligne) disponible sur <https://www.cieau.com/le-cieau/> Consulté le 10 Juin 2022 .

- D -

- ✓ Dakhli R . 2016 . valorisation agronomique des margines : Effet sur les propriétés chimiques du sol et sur le rendement d'une culture d'orge . *Presses Académiques Francophones* . French Edition . 120 p .
- ✓ Delarras C . 2007 . Micobiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire . *Tec & doc/Lavoisier* . 476 p .
- ✓ Délarras C , Treboal B . 2003 . Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : règlementation-prélèvement-analyses .*Tec & Doc* . 269 p .

- F -

- ✓ Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallouis P, Payment P, Tiscard D. 2003. Qualité de l'eau : Environnement et santé publique-Fondement et pratique. 333-368 p.

- G -

- ✓ Gartet, A , El Fengour, M , Gartet, J , García C. C. 2009. Dégradation de la qualité des eaux du Barrage Sahla : traitement et gestion des risques de pollution (Province de Taouate, Rif-Maroc septentrional). *Papeles de Geografía*. N° 49-50 . 41-41 p.
- ✓ Gouba B. 2018. Evaluation de l'impact potentiel des activités anthropiques sur la qualité microbiologique et physico-chimique du lac de barrage de Ziga. Mémoire d'ingénieur. Université Nazi Boni . Burkina Faso. 67p .

- H -

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✓ Hachouf Kh . 2018 . Evaluation de la qualité de l'eau Hemmam Debagh : Guelma. Université des Frères Mentouri . Constantine 1 . Mémoire de Master . 68p.
- ✓ Hane M , Diagne I , Ndiaye M , Ndiaye B , Dione C. T , Cisse D , Diop A . 2020 . comparative study of the physicochemical quality of water of wells and drilling consumed in the commune of Sinthiou Maléme in the area of Tambacouda (Senegal). Vol 14 . N° 9 . 3400-3412 p . DOI: [10.4314/ijbcs.v14i9.34](https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.34)
- ✓ Heriarivony S . C , Razanamparany B , Rakotomalala J.E . 2015 . Caractères physico-chimique et bactériologiques de l'eau de consommation (puits) de la commune rurale d'antanifotsy , région vakinankaratra , Madagascar . *Larhyss Journal*. N° 24 . 7-17 p . P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782 <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v95i1.7>

- I -

- ✓ Imbeau M . 2011 . Identification des sources de contamination fécale dans les eaux de surface par détection d'ADN mitochondrial come marqueur spécifique d'espèce. Mémoire présente pour l'obtention du grade de maitresse science (M. SC). Université du Québec institut national de la recherche scientifique institue Armande-Frappier . 220 p .
- ✓ Institute . 2008 . Institut National de la Santé Publique . Alger .

- J -

- ✓ JORA. 2011. Journal Officiel de la République Algérienne .

- K -

- ✓ Kessoul M. 1999. Prédétermination de la durée de vie des barrages en Algérie . La Houille Blanche. N° 314 (En ligne) . Disponible sur <http://www.shf-lhb.orgor> <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/1999041>
- ✓ Kettab A , Mitiche R , Bennaçar N . 2008 . De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies Water for a sustainable development : challenges and strategies . *Un article de la revue [Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science](#)* . Vol 21, N° 2. 247–256 p . DOI : <https://doi.org/10.7202/018469ar> .
- ✓ Kettab A.1992.Traitement des Eaux : Les eaux potables .Editions OPU.151p.

- L -

- ✓ Larif M , Soulaymani A , Hnach M , EL Midaout A. 2013 Contamination spatio-temporelle d'origine hydrique de l'oued Boufekrane dans la région de Meknès-Tafilalt

(Maroc). *International Formule Group*. Vol 7. N° 1. 180 p. DOI:
10.4314/ijbcs.v7i1.14

- ✓ Leyral G, Joffin J.N. 1998 . Microbiologie technique. Centre de régional de documentation pédagogique d'aquitaine (CRPD). 2^{ème} édition. Vol 1. 249-297 p.

- M -

- ✓ Mac W, Maria P. 2009. Indole test protocol. American Society For Microbiology. 9 p .
Disponible sur : www.asmscience.org .
- ✓ Mahamat S.A. M ,Maoudombaye T, Tidjani A, Ndoumtamia G , Bichara L. 2015 .
Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique de la
Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad . 8977 p. ISSN 1997–5902
- ✓ Makhoukh M, Sbaa A, Berrahou M , Clooster V. M .2011. contribution à l'étude
physico_chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental) .
Larhyss Journal .N° 9 . 149-169 p .
- ✓ MDDEFP : Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et
des Parcs. 2013 . Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac.
Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. (PDF) . 31 p .
- ✓ Mekaoussi N . 2014 . comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface
de Hammam Debagh . Mémoire de Magister . Université Hadj Lakhdar . Batna .126p .

- O -

- ✓ OMS. 2020. Programme Salubrité des aliments. *Organisation mondiale de la Santé*
(En ligne) <http://www.who.int/fsf>. Disponible sur <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/hepatitis-a> Consulté le 17 Mai 2022 .
- ✓ ONU-Eau . 2017 . les eaux usées une ressource inexploitée . Publié par l'Organisation
des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture7, place de Fontenoy,
75352 Paris .184 p .
- ✓ Oumrani N. 2009. Influence des sédiments sur la stabilité d'un barrage en exploitation
cas du barrage Cheurfas II . Mémoire de magister. Université de Tlemcen. 129 p .

- R -

- ✓ Ramade F. 2011. Introduction à l'éco-chimie . Ed *TEC & DOC Lavoisier*. Paris. 789p.
- ✓ Regam A.2010. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux
potables : Cas de la station de traitement de Hammam Debagh ; Guelma. Mémoire de
Master. Université de Guelma. 91p .

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✓ Rejesk F . 2002 . Analyse des eaux : aspects réglementation et technique. Centre régional de documentaires technique pédagogique d'aquitaine . CRDP de Bordeaux.360 p.
- ✓ Remini B. 2006. La problématique de l'eau en Algérie . Département de Génie Rural . Université de Blida . 1 p.
- ✓ Remini R. 2010. La problématique de l'eau en Algérie du Nord. *Layrhyss journal*, N° 8: 27-46 p.
- ✓ Rodier J , Bernard L , Nicole M , Coll . 2009 . L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. *DUNOD* (éditeur) .Paris . France.1579 p.

- S -

- ✓ Satha H . 2014 . Evaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse . Mémoire de Master . Université 8 mai 1945. Guelma . 151 p.
- ✓ Savary P. 2010. Guide des analyses de la qualité de l'eau . Ed territorial. Voiron. 264p.
- ✓ Schriver-Mazzuoli L. 2012. La gestion durable de l'eau: Ressources-Qualité-Organisation. *Technique et ingénierie. Série Environnement Dunod*. Vol 1 . 249 p .
- ✓ SEQ-EAU. 2003. Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau. *Les études des agences de l'eau*. N° 64. pp21 (En ligne). Disponible sur <https://bretagne-environnement.fr/systeme-evaluation-qualite-eau-cours-eau-seq-eau> . Consulté le 12 Juin 2022.
- ✓ SWIM-SM.2013. Atelier de concertation : Coût de la dégradation des ressources en eaux du bassin versant de la Seybouse (En ligne) disponible sur www.swim-sm.eu/index.php?...755%3Acowdalgeriafr2. Consulté le 22 Juin 2022 .

- U -

- ✓ UMV.2011.Les toxi-infections alimentaires collectives : aspects cliniques et épidémiologiques. Université Médicale Virtuelle. en Ligne [En ligne]. Disponible sur <http://campus.cerimes.fr> Consulté le 3 Juin 2022.

- V -

- ✓ Vilaginés R. 2003. Eau, Environnement et santé publique : introduction à l'hydrologie .2^{ème} ED. *Lavoisier*. Paris. 189 p.
- ✓ Vincent B . 2005 .L'eutrophisation et l'enrichissement en nutriments . Chapitre 10 : l'eau et l'environnement aquatique . 379 p . <http://environnement.wallonie.be>

- Y -

- ✓ Yalles A. 2008 . caractérisation du peuplement Odonatologique des Bassins Versants de Bouhamdane et Seybouse . Mémoire de Magister . Université 8 mai 1945. Guelma . 115p.

- Z -

- ✓ Zegheba N . Laraba A . Mahia M .2018 . Contribution à l'évaluation des transports solides de l'Oued Bouhamdane à la Station de Medjez Ammar II et le Barrage Hammam Debagh, international network environnemental management conflits . Santa Catarina . Brasil. Sci. Technol . N°34 .113-121 p .
- ✓ Zghari B , Benyoucef F, Boukir A . 2018. Impact environnementale des margines sur les eaux d'oued Oussefrou : Caractérisation physico-chimique et évaluation a chromatographie gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (CPG-SM). American Journal of Innovative Research and Applied Sciences. 7(4) : 276-291 p. ISSN 2429-5396 I www.american-jiras.com

• Web paragraphes :

- 1) <file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/Fiche+++Les+diff%C3%A9rents+types+d'eau.pdf> Consulté le 16 Avril 2022 .
- 2) <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-dissolved-solids-matieres-dissoutes-eau/alt/water-dissolved-solids-matieres-dissoutes-eau-fra.pdf> Consulté le 02 Mai 2022 .
- 3) <https://fac.umc.edu.dz/fst/pdf/cours/ame/HYDROCHIMIE%20Qualit%C3%A9%20de%20Eaux.pdf> Consulté le 16 Mai 2022 .
- 4) <https://www.google.com/search?client=firefox-b-e&q=les+r%C3%A9sidus+secs+dans+l%27eau> Consulté le 16 mai 2022 .
- 5) <https://www.canada.ca/content/dam/canada/health-canada/migration/healthy-canadians/publications/healthy-living-vie-saine/water-chloride-chlorure-eau/alt/water-chloride-chlorure-eau-fra.pdf> Consulté le 20 Mai 2022 .
- 6) <https://www.health.gov.on.ca/fr/public/publications/disease/cholera.aspx> Consulté le 27 mai 2022 .
- 7) <https://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal> Consulté le 4 juin 2022
- 8) https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Matiere-organique-page-2.html#ref_5 Consulté le 6 juin 2022 .
- 9) <https://microbiologiemedicale.fr/wp-content/uploads/2019/02/Fiche-technique-API-20E.pdf> Consulté le 20 mai 2022 .
- 10) <https://microbiologie-clinique.com/API.html> Consulté le 26 mai 2022.

• Web photos :

- 1) https://meteocentre.com/intermet/eau/cycle_eau.htm Consulté le 27 Mai 2022.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 2) <https://www.geo.fr/environnement/les-nappes-phreatiques-reserves-d-eau-potable-de-notre-planete-166943> Consulté le 27 Mai 2022.

Résumé

Résumé

Actuellement, les eaux superficielles (cours d'eau, retenues collinaires, mares ...etc) sont soumises à une anthropisation accrue. Les eaux des barrages sont considérées comme des eaux superficielles dont les principaux apports sont issus des affluents (oueds) et des eaux de ruissellement. En effet, ces infrastructures doivent répondre à plusieurs objectifs dont les plus importants sont l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

La wilaya de Guelma dispose de plusieurs barrages dont celui de Hammam Debagh qui est destinée à alimenter les citoyens des différentes communes en eau potable et également utilisée en agriculture pour l'irrigation des terres sachant que la région est à vocation agricole. Notre travail de recherche comporte deux volets : Le premier est l'analyse des eaux brutes avant leur traitement et également après traitement (Chloration). Le second objectif réside dans une étude bactériologique axée principalement sur l'identification des Coliformes fécaux qui engendrent plusieurs maladies voir même de graves épidémies.

Notre travail a été réalisé au sein de la station Algérienne des eaux (ADE) sur cinq (5) échantillons prélevés du barrage et sur les eaux brutes qui arrivent à la station par des conduites, ainsi que l'eau après son traitement. La durée de cette étude s'est étalée du mois de février au mois d'avril à raison d'un prélèvement par mois.

Les résultats des analyses de chaque paramètre ont été comparés avec des normes nationales et internationales (JORA, JORF et OMS). Les résultats physico-chimiques des eaux brutes (S1-S6) sont en général conformes aux normes à l'exception de quelques paramètres. D'autre part, une pollution microbiologique a été détectée issue des eaux usées domestiques et des unités d'élevage. L'analyse de l'eau traitée au niveau de la station (S7) montre que leur qualité est conforme aux normes de potabilité de l'eau.

Mots clés : Eau de surface, paramètres physico-chimiques, paramètres bactériologiques, Barrage Bouhamdane.

Abstract

Actually, surface waters such as rivers, hill reservoirs, ponds are subject to increased anthropization. Dam waters are considered as surface water. The latter are supplied with the main inputs from tributaries (wadis) and runoff water. The purpose of dams is to supply drinking water and irrigation.

Wilaya of Guelma has several dams including that of Hammam Debagh which is intended to supply the citizens of the various municipalities with drinking water and also used in agriculture for the irrigation of the land, knowing that the region is predominantly agricultural.

This research was focused on two axes: The first is the analysis of raw water before treatment and also after treatment (chlorination). The second objective is a bacteriological study focused mainly on the identification of faecal coliforms which cause several diseases or/and serious epidemics.

Our work was carried out at the Algerian water laboratory (ADE). the samples were taken from the dam and from the raw water that arrives at the station by pipes as well as the water after its treatment. The study began from February to April at the rate of one sample per month.

The results of the analyses of each parameter were compared with national and international standards (JORA, 2011), (JORF, 2007 and WHO, 2011). The physico-chemical results for raw water (S1-S6) are generally in accordance with the national and international standards. On the other hand, microbiological pollution was detected from domestic sewage and livestock units. The analysis of the treated water at the station (S7) shows that their quality complies with water potability standards.

Keywords: Surface water, physico-chemical parameters, bacterial parameters, Bouhamdane Dam.

في الوقت الحاضر، تخضع المياه السطحية (الأنهار وحجز التلال والبرك وما إلى ذلك) لمزيد من النشاط البشري. تعتبر مياه السدود مياه سطحية تكون مدخلاتها الرئيسية من الروافد (الأودية) والجريان السطحي. والواقع أن هذه الهياكل الأساسية يجب أن تحقق عدة أهداف أهمها توفير مياه الشرب والري.

يوجد في ولاية قلمة العديد من السدود بما في ذلك سد حمام دباغ الذي يهدف إلى تزويد مواطني مختلف البلديات بمياه الشرب ويستخدم أيضًا في الزراعة لري الأرض مع العلم أن المنطقة مخصصة للأغراض الزراعية. يتكون عملنا البحثي من مكونين: الأول هو تحليل المياه الخام قبل المعالجة وأيضًا بعد المعالجة (الكلورة). ينتشر الهدف الثاني إلى دراسة بكتريولوجية تركز بشكل أساسي على تحديد القولونيات البرازية التي تسبب العديد من الأمراض أو حتى الأوبئة الخطيرة.

تم تنفيذ عملنا داخل محطة المياه الجزائرية (ADE) على خمس (5) عينات مأخوذة من السد وعلى المياه الخام التي تصل إلى المحطة عبر الأنابيب، وكذلك المياه بعد معالجتها. كانت مدة هذه الدراسة من فبراير إلى أبريل بمعدل عينة واحدة في الشهر.

تمت مقارنة نتائج تحليلات كل بارامتر بالمعايير الوطنية والدولية (JORA و JORF و WHO) تتوافق النتائج الفيزيائية - الكيميائية للمياه الخام في المحطتين (S1-S6) بشكل عام مع المعايير باستثناء عدد قليل من البارامترات. من ناحية أخرى، تم اكتشاف التلوث الميكروبيولوجي من وحدات الصرف الصحي والماشية المحلية. يوضح تحليل المياه المعالجة في المحطة (S7) أن جودتها تتوافق مع معايير صلاحية المياه للشرب.

الكلمات الرئيسية: المياه السطحية، والمعايير الفيزيائية الكيميائية، المعايير البكتيرية

ANNEXES

ANNEXE

1. milieu liquides :

Annexe 1 : composition de milieu Rothe

Composition	S/C g/1	D/C g/1
Peptone	20	40
Glucose	5	10
Chlorure de sodium	5	10
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Dihydrogenophosphate de potassium	2.7	5.4
Acide de sodium	0.2	0.4
Eau distillée stérile	1L	1L

Annexe 2: composition de milieu bouillon lactose au pourpre de Bromocrésol(BCPL)

Composition	S/C g/1	D/C g/1
Poptone	5	10
Extrait de viande	3	6
Lactose	5	10
Bromocrésol pourpre	0.025	0.05
Eau distillée	1L	1L

pH final : 6.9, autoclaver à 120C° pendant 20 minutes

Annexe 3: composition d'Eva Litsky

Composition	g/l
Peptone	20
Glucose	5
NaCl	5
Monohydrogenophosphate de potassium	2.7
Dihydrogenophosphate de potassium	2.7
Azide de sodium	0.3
Ethyl violet	0.005
Eau distillée stérile	1L
pH	7

Annexe 4: composition Eau peptonée exempte d'indole

Composition	g/l
Peptone exempte d'indole	10
Chlorure de sodium	5
pH	7

2- les milieux solides (gélifiés) :**Annexe 5:** composition de Gélose TGEA

Composition	g/l
Poptone de caséine	5
Extrait de viande	3
Extrait de levure	1
Glucose	1
Agar	18
Eau distillée stérile	1L
pH	7

Annexe 6: Composition de Viande foie(VF).

Composition	g/l
Base viande foie	30,0
Glucose	2,0
Amidon	2,0
Agar	1,0
Eau distillée	1L

Annexe 7 : Composition de Gélose de Mac Conkey

Composition	g/l
Peptone bactériologique	20,0
Sels biliaires	1,50
Chlorure de sodium	5,0
Lactose	10,0
Rouge neutre	03,0
Cristal violet	0,001
Agar	0,15
Eau distillés stérile	L1
pH	7.1

Annexe 8: le nombre le plus probable (NPP) et intervalle de confiance

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limites de confiance à 95 %	
3 Tubes de 10 ml	3 Tubes de 1 ml	3 Tubes de 0,1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	3	< 0,5	9
0	1	0	3	< 0,5	13
1	0	0	4	< 0,5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1 300
3	3	1	460	71	2 400
3	3	2	1 100	150	4 800

Annexe9 : Milieux de Slanetz et Bartley :

Composition	g/l
Tryptone	20,0
Extrait de levure	5
Glucose	2
Mono hydrophosphate de potassium (K₂ HPO₄)	4
Azide de sodium	0.4
Chlorure de triphényltétrazolium (TTC)	50
Agar	10
Eau distillés stérile	L1
pH	7.2

Annexe10 : Norme OMS (2011) bactériologique de l'eau de consommation

Paramètres	Unité	Normes
Totaux (Flore mésophile).	UFC	100/ml
Coliforme Totaux.	UFC	10/100ml
Coliforme Fécaux.	UFC	0UFC/100
Streptocoque Fécaux .	UFC	0
Anaérobie sulfito-réducteur.	UFC	0

Annexe 11: Norme OMS physico-chimique de l'eau de consommation.

Paramètres	Unité	Normes
Le potentiel d'hydrogène pH	/	≥ 6.5 et ≤ 8.5 (OMS 2011)
La température (C°)	C°	25 (OMS 2011)
Dureté totale (TH)	mg/l	1500 (OMS 2011)
La conductivité électrique CE	$\mu\text{S/cm}$	1400 (OMS 2011)
Les chlorures (Cl ⁻)	mg/l	250 (OMS 2011)
Les phosphates (PO ₄ ⁻³)	mg/l	0.5 (OMS 2011)
L'ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.50 (OMS 2011)
Fe	mg/l	200 (OMS 2011)
La turbidité	mg/l	05 (OMS 2011)
Minéralisation globale d'une eau TDS	mg/l	1000 (OMS 2011)
Nitrite	mg/l	0.1 (OMS 2011)
Nitrate	mg/l	50 (OMS 2011)
Résidus secs	mg/l	1500 (OMS 2011)
Sulfate	mg/l	250 (OMS 2011)
Chlorure	mg/l	250 (OMS 2011)
Calcium (Ca ⁺²)	mg/l	75 (OMS 2011)
Magnésium (Mg ⁺²)	mg/l	50 (OMS 2011)
Sulfates	mg/l	250 (OMS 2011)
TA	Mg/l	≥ 2.5 (OMS 2006)
MES	Mg/l	/
DBO5	Mg/l	/