

N° Réf :

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila
Institut des Sciences et de la Technologie Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Thème

**Efficacité de traitement de la station
d'épuration des eaux usées de
Ferdjioua Ain Beida ahariech –Mila-**

Préparé par:

- BENKOUACHI Maroua
- BOUHALI Romeyssa

Devant le jury composé de :

Président : Dr. BRAHMIA Hafid	(MCB) Centre universitaire de Mila.
Examinatrice : Dr. ELAICHAR Mehdi	(MCB) Centre universitaire de Mila.
Promoteur : Dr. MERZOUG Seyf Eddine	(MCB) Centre universitaire de Mila.

Année Universitaire : 2020/2021



REMERCIEMENTS

Avant tout je dois remercier celui qui a créé toute chose, qui a donné la vie sur cette planète, c'est notre dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté pour en arriver jusqu'au là et d'achever ce travail.

Je remercie également :

Nous exprimons nos profonde gratitude à **Dr. BRAHMIA Hafid** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury.

Nous remercions vivement **Dr. ELAICHAR Mehdi** de bien vouloir accepter d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promoteur **Dr. Merzoug Seyf Eddine** pour nous voir accueilli de nous encadrer, nous le remercions pour son aide, son encouragement à réaliser ce modeste travail et ses orientations fructueuses.

Ce travail a été réalisé au laboratoire de la station d'épuration de Ferdjioua. Nous tiens à remercier **Bouou Sabah** et **Touhami Ayoub** de nous avoir accueilli et pour l'intérêt qu'il manifesté envers notre travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants et les techniciens de département de biologie sans exception pour leur aide et surtout pour leurs gentillesse.

Enfin, il nous serions difficile d'omettre de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail. Qu'ils trouvent dans ces quelques lignes

L'expression de nos sincères remerciements.



Dédicace

A MES TRES CHERS PARENTS

A MA MERE NADIRA

L'être le plus proche de mon cœur ma mère, mon ange gardien, ma confidente, aucune dédicace ne saurait exprimer mon amour éternel, ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A MON PERE RABIE

Pour le lourd sacrifice afin de voir sa famille unie et heureuse, il a donné sa belle vie. Pour tous les moments où n'as jamais épargné le moindre effort pour nous aider et nous encourager.

Merci papa d'être toujours présent pour faire mon bonheur. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

A Ma Chère Sœur **CHOUBAILA** et Mon Cher Frère **FETH-ALLAH** et Mon beau Frère **MOHAMMED**

Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence, par votre amour, pour donner du goût et de sens à notre vie de famille. Que ce travail vous témoigne de ma sincère affection.

A Mon Frère **BILAL** qui me manque beaucoup, qui n'a jamais quitté mon souvenir depuis son décès, j'espère que tu es fier de ta sœur aujourd'hui. Que Dieu te fasse miséricorde.

Au Ange de ma maison Mon plus cher Neveu du monde **BILAL**.

A Mes Tantes **BADIA** et **NAWAL** je vous dédie aujourd'hui ma réussite.

A Mes Meilleurs Amis **BOULARES AMIRA**, **CHAMSA AMIRA**, pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

Et spécialement ma très chère amie, mon meilleur cadeau pendant toutes mes années d'études, mon âme sœur **BOUHALLI ROMEYSSA**, merci pour votre encouragement, conseils, soutien moral mais aussi pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.

Une mignonne Dédicace à Mes plus beaux chats : **Micha**, **Minouche** et **Doudou**.

MAROUA



Dédicace



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

A MA CHERE MAMA RACHIDA

La perle de mon existence, quelle brave dame que tu es, que de sacrifices consentis égard afin que je progresse dans mes études. Je tombe en admiration devant la bonté de ton cœur à nulle pareille. Quels soient mes caprices et mes écarts tu m'as toujours soutenue, trouvant les mots justes pour me ramener sur le bon chemin, que dieu te préserve santé et longue vie.

A MON CHER PAPA ALI QUE DIEU LUI FASSE MISERICORDE

Celui qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, celui qui m'a encouragé qui m'a toujours protégé dans ma vie, mon modèle qui fait ma fierté. Que ce travail soit l'expression des vœux que je souhaite que j'ai souhaité réaliser avec lui.

A mon soutien et mon source de bonheur mes frères **FATTEH** et son femme **NACIRA, ABD ELMADJID** et un spécial dédicace à **HOUSSEM**.

A mes papillons et mon secret de sourire mes sœurs **RIMA, IMEN, NASSIMA** et leurs maries **TAYEB, ATEF, KHALIL** et ma Petite sœur **AMINA**.

A mes chères tantes maternelles **SAIDA** et **DAHIA**, A mon oncle **MOHAMMED**.

A mes cousins et cousines paternelle et maternelles.

Au bonheur de la maison **SID ALI, NOURSINE, WAJEL, IBTIHAL** et **ANFAL**.

A mon chère amie proche **BOULARES AMIRA** Qui toujours à côté de moi.

A ma petite jumelle **BENKOUACHI MAROUA**, mon binôme, et mon chère sœur qui était toujours avec moi durant mes études universitaires, merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.

ROMEYSSA

Table de matière

Remerciement

Dédicace

Listes des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction..... 1

Chapitre 01: Généralités sur les eaux et ces sources de pollution.

1-Généralités sur les eaux et leurs importances 3

2-Les eaux usées 3

3-Origines des eaux usées 3

3-1- Les eaux usées domestiques 3

3-2- Les eaux usées industrielles..... 4

3-3- Les eaux usées pluviales 4

3-4- Les eaux usées agricoles 4

4-Rôle de traitement des eaux sur l'environnement..... 5

5-La pollution des eaux..... 5

5-1- Les différents types de pollution des eaux :..... 5

5-1-1-Pollution physique 5

5-1-2-Pollution chimique..... 6

5-1-3-Pollution minérale..... 6

5-1-4-pollution biologique..... 6

5-2- Les sources de pollutions des eaux 6

5-3- Impacts de la pollution des eaux sur l'homme et l'environnement 7

5-3-1- Conséquences sanitaires 8

5-3-2- Sur l'environnement 8

5-3-3- Sur l'économie..... 9

Chapitre 02: Présentation de la station d'épuration.

1-Situation de la wilaya de Mila 10

2-Localisation du l'Oued de Boussalah 11

3-Localisation du barrage de Beni Haroun 11

4-Définition de la station d'épuration	12
5-Localisation géographique de la station d'épuration de Ferdjoua	12
5-1-Les données techniques de la station d'épuration de Ferdjoua	13
6-Le rôle de la station d'épuration Ain Beida-Ferdjoui	14
7-Les étapes de traitement des eaux usées dans la Station d'épuration de Ferdjoua.....	14
7-1-Poste de relevage	14
7-2-Le Prétraitement.....	15
7-2-1- Le dégrillage	15
7-2-2-Le dessablage-déshuilage	17
7-3-Traitement biologique.....	18
7-3-1-Bassin d'anaérobiose	19
7-3-2-Bassin d'anoxie	19
7-3-3-Bassin d'aération	20
7-4-Traitement physique	21
7-4-1- Dégazage.....	21
7-4-2- Clarification	21
7-5-Traitements des boues.....	22
7-5-1- La station de pompage des boues biologiques en excès	22
7-5-2-Épaississement.....	22
7-5-3-Déshydratation des boues	23
8-Salle de contrôle	24
9-Laboratoire.....	25
10-Etude climatique de la wilaya de Mila	27

Chapitre 03: Matériel et méthodes.

1-Echantillonnage	32
1-1-Le lieu de prélèvement.....	32
1-2-Nature et période du prélèvement.....	33
1-3-Matériel de prélèvement	33
1-4-Mode de prélèvement	33
2-Les analyses physico-chimiques.....	34
2-1-La température (T°) et Potentiel d'hydrogène (pH)	34
2-2-L'oxygène dissous (OD)	35
2-3-La conductivité électrique (CE).....	35
2-4-Matière en suspension (MES).....	36
2-5-La demande chimique en oxygène (DCO)	38

2-6-Demande Biochimique en oxygène (DBO ₅).....	40
2-7-Nitrite NO ₂ ⁻	41
2-8-Nitrates NO ₃ ⁻	42
2-9- L'Azote total.....	43
2-10-Azote Ammoniacal NH ₄ ⁺	44
2-11-Phosphates (PO ₄ ³⁻)	45
3-Les analyses bactériologiques.....	46
3-1-Recherche et dénombrement des coliformes totaux	47
3-2-Recherche et dénombrement des Streptocoques.....	49
3-3-Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR).....	51
3-4-Recherche des germes pathogènes.....	53
3-4-1- Recherche des staphylocoques	54
3-4-2- Recherche de <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i>	55
3-4-3- Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	56
3-4-4- Recherche de <i>Vibrio cholérique</i>	57
4-Identifications	59
4-1-Examen macroscopique des caractères cultureux.....	59
4-2-Examen microscopique.....	59
4-3-Examens liés aux caractères biochimiques.....	60
4-3-1- Mise en évidence d'une catalase.....	60
4-3-2- L'identification biochimique	61

Chapitre 04 : Résultats et discussions.

1-Résultats des analyses physico-chimiques.....	63
1-1-La température (T°)	63
1-2-Le potentiel hydrique de l'eau (pH).....	64
1-3-Oxygène dissous (OD).....	65
1-4-La conductivité électrique (CE).....	66
1-5-La matière en suspension (MES).....	68
1-6-Demande chimique en oxygène (DCO).....	69
1-7-Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	70
1-8-Nitrite (NO ₂ ⁻)	71
1-9-Nitrates (NO ₃ ⁻).....	72
1-10-L'Azote total.....	72
1-11-Azote Ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	73

1-12-Phosphates (PO_4^{3-})	75
2-Résultats des analyses bactériologiques	75
2-1-Recherche et dénombrement des coliformes totaux	76
2-2-Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	77
2-3-Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) (Clostridium)	79
2-4-Résultats des germes pathogènes.....	80
2-4-1-Recherche des staphylocoques	81
2-4-2-Recherche de <i>Salmonella- Shigella</i> (SS)	81
2-4-3-Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	82
2-4-4-Recherche de <i>Vibrio cholérique</i>	83
2-4-5-Caractère morphologique et coloration de Gram.....	83
2-5- L'identification biochimique.....	85
Conclusion.....	88
Références bibliographique	
Annexe	

- : Caractère négatif.

+ : Caractère positif.

° : Degré.

°C : Degré Celsius.

°K : kelvin.

= : égale.

< : Inferieure.

≤ : Inferieure ou /et égale.

%: Pourcent.

± : Plus ou moins.

> : Supérieure.

μm : Micromètre.

μS: Micro siemens.

ADH : Arginine Dihydrolase.

Ag: Argent.

An : année.

API 20 E : Appareil et Procédés d'identification des entérobactéries.

ASR : anaérobie sulfito- réducteur.

BCPL : Bouillon lactose au Pourpre de bromocrésol.

BGN : Bacilles Gram négatifs.

CAP : Certificat d'aptitude professionnelle.

Cd : Cadmium.

CE : Conductivité Electric.

CIT : Citrate.

Cm : Centimètre.

Cr : Chrome.

Cu : cuivre.

Co : Monoxyde de carbone.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO : Demande chimique en oxygène (mg/l).

EH : Équivalent par Habitant.

EPA : Eau Peptonée Alcaline.

Etc : Excitera.

Eva Litsky : Bouillon à l'éthyle violet et azide de sodium.

E. coli : Escherichia coli.

Fe S : Sulfate de fer.

Fe²⁺ : Fer ferreux.

Fig : Figure.

GEL : Gélatinase.

GLU : Glucose.

GNAB : Gélose nutritive alcaline biliée.

Gram + : Gram positive.

Gram - : Gram négative.

h : heure.

Hg: Mercure.

HMT : hauteur totale d'une pompe.

hm³ : hectomètre cube.

H₂O : eau.

H₂S : Hydrogène sulfuré.

H₂SO₄ : acide sulfurique.

IND : Indole.

J : Jour.

Kg : Kilogramme.

Km : Kilomètre.

Km² : Kilomètre carré.

K₂Cr₂O₇ : dichromate de potassium.

L : litre.

LDC : Lysine Décarboxylase.

m : Mètre.

MES : Matière en suspension.

mg/l : Milligramme par litre.

ml : Millilitre.

mm : Millimètre.

m² : Mètre carré.

m³ : Mètre cube.

N : Nord.

NaOH : la soude.

Na₂SO₃ : Sulfite de Sodium.

NH₃ : ammoniac.

NH³⁺ : Azote ammoniacal.

NH⁴⁺ : ammonium.

Ni : Nickel.

nm : nano mètre.

NO₂⁻ : nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NT : Azote total.

N° : Numéro.

ODC : Ornithine Décarboxylase.

ONA: l'Office National d'Assainissement.

O₂ : Oxygène.

P : Précipitation.

Pb: Plomb.

PCS : professions et catégories socioprofessionnelles.

pH : Potentiel d'hydrogène.

PO₄²⁻ : Phosphates

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger.

RGPH : Recensement général sur la population et l'habitat.

Rothe : Bouillon à l'azide de sodium.

s : seconde.

SS : *Salmonella-Shigella*.

STEP: Station d'épuration des eaux polluées.

S/C : Simple concentration.

T : Température.

Tab : Tableau.

TDA : Tryptophane Décarboxylase.

Tr/min : Tour par minute.

URE : Urée.

VF : Viande Foie.

VP: Voges-Proskauer.

WC: water-closets.

Zn: Zinc.

Tableau n°	Titre	Page
01	Les sources de pollution	6
02	Données Techniques de la STEP de Ferdjioua Wilaya de Mila	13
03	Les données caractéristiques de la station de pompage	22
04	Données climatique de la wilaya de Mila (2011-2020)	28
05	Nature et période du prélèvement	33
06	Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH	65
07	Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteur (ASR/20 ml)	79
08	Aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées dans l'eau de la station de Ferdjioua	83
09	Les espèces identifiées par l'API 20 E	85
10	Table de Mac Grady	Annexe 1
11	La lecture des API 20 E.	Annexe 2
12	Normes de rejet de l'OMS appliquée en Algérie	Annexe 4

Figure n°	Titre	Page
01	Situation géographique de la wilaya de Mila	10
02	Localisation du barrage Beni Haroun	11
03	La STEP de Ferdjioua	13
04	Localisation géographique	13
05	Poste de relevage	15
06	Le dégrillage	16
07	Le dégrilleur grossier	16
08	Le dégrilleur fin	17
09	Le déshuilage	18
10	Les trois bassins d'aération	18
11	Bassin d'anaérobiose	19
12	Bassin d'anoxie	20
13	Bassin d'aération	20
14	L'ouvrage de dégazage	21
15	Clarificateur	22
16	Déshydratation mécanique	23
17	Lit de séchage	24
18	Salle de contrôle	25
19	Le microscope	26
20	L'étuve	26
21	Etuve Thermostatée	26
22	Le spectrophoto-mètre visible	26
23	Multi-paramètre HACH	26
24	La conducti-mètre	26
25	Balance de precision	26
26	Le distillateur	26
27	La centrifugeuse	26
28	Réfrigérateur	27
29	Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Mila (2011-2020)	29

30	Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2011-2020)	31
31	Le premier point de prélèvement	32
32	Le deuxième point de prélèvement	32
33	Un flacon d'échantillonnage	34
34	La glacière transportant l'échantillon	34
35	Le Multi Paramètre HACH et la Conductimètre	35
36	Matériel de la mesure de la matière en suspension de l'eau brute	37
37	Matériel de la mesure de la matière en suspension de l'eau épurée	38
38	Mesure de La demande chimique en oxygène (DCO)	39
39	Mesure de La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO5)	41
40	Mesure de Nitrite	42
41	Mesure de Nitrate	43
42	Mesure de l'Azote total	44
43	Mesure de l'Azote Ammoniacal	45
44	Mesure de Phosphate	46
45	Protocol de recherche et dénombrement des coliformes totaux, <i>E. coli</i> dans les eaux par technique de NPP	49
46	Protocole de recherche et dénombrement des entérocoques dans les eaux par technique de NPP	51
47	Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux	53
48	Protocole de recherche de Staphylococcus dans les eaux	55
49	Protocole opératoire de la recherche de Salmonella et Shigella dans l'eau	56
50	Protocole de recherche des Pseudomonas dans les eaux	57
51	Protocole de recherche et identification de Vibrio dans les eaux	58
52	Procédure de la coloration de Gram	60
53	Test de la catalase (Résultat positive, négative)	61
54	Présentation de la galerie API 20E	62
55	Variation de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Ferdjioua	63

56	Variation du potentiel hydrique des eaux brutes et épurées de la STEP de Ferdjioua	64
57	Variation de l'oxygène dissous des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	65
58	Variation de conductivité électrique des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	66
59	Variation de Matière en suspensions des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	68
60	Variation de la demande chimique en oxygène des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	69
61	Variation de la demande biochimique en oxygène des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	70
62	Variation de Nitrite des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	71
63	Variation de Nitrate des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	72
64	Variation de L'Azote total des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	73
65	Variation de L'Azote Ammoniacal des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	74
66	Variation de Phosphates des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	75
67	Dénombrement des coliformes totaux des eaux de la STEP de Ferdjioua	76
68	Estimation des coliformes totaux/ml des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	76
69	Bacille en forme de bâtonnet à Gram négatif (Grossissement $\times 100$)	77
70	Dénombrement des streptocoques fécaux des eaux de la STEP de Ferdjioua	78
71	Estimations des streptocoques fécaux/ml des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua	78
72	Cocci regroupé en diplocoque ou en chaînette à Gram positif (Grossissement $\times 100$)	79

73	Milieu de culture positive des ASR dans un tube de VF	80
74	Aspect microscopique des ASR dans Bacilles à Gram (+) (Grossissement×100)	80
75	Aspect des colonies sur Milieu Chapman	81
76	Cocci à Gram positif en amas (Grossissement × 100)	81
77	Aspect des colonies sur Milieu SS	81
78	Bacilles, Gram négatif (Grossissement × 100)	81
79	Aspect des colonies sur milieu Hectoën	82
80	Coccobacille à Gram négative (Grossissement × 100)	82
81	Aspect des colonies sur milieu Cetrimide	82
82	Bacilles, Gram négatif, isolés	82
83	Aspect des colonies sur milieu GNAB	83
84	Cocci à Gram négative isolé (Grossissement × 100)	83
85	Profil biochimique de la souche <i>Serratia ficaria</i>	85
86	Profil biochimique de la souche <i>Pantoea spp 2</i>	86
87	Profil biochimique de la souche <i>Enterobacter sakazakii</i>	86
88	Profil biochimique de la souche <i>Serratia odorifera 1</i>	86

Dans notre travail, nous sommes intéressées à l'étude physicochimique et bactériologique des eaux à l'entrée, et à la sortie de la STEP de Ferdjioua-Mila.

Les résultats obtenus ont révélé que les eaux usées brutes entrant à la STEP présentent une pollution organique et bactériologique assez élevée. Selon nos résultats, il s'avère que :

Dans la STEP, le processus d'épuration permet diminué les paramètres suivants : MES, DCO, DBO₅, Nitrite, Nitrate, Azote totale, Azote ammoniacal et Phosphate avec ces rendements : 89,88% ; 90,34% ; 96,42% ; 61,11% ; 78,08% ; 80,46% ; 73,87% et 65% respectivement.

Concernant les paramètres bactériologiques il y'a une diminution raisonnable dans le taux des coliformes totaux de 63%, une baisse de 91,39 % pour les streptocoques, et aussi les valeurs des clostridium sulfito-réducteurs reste forte après le traitement.

Grace à ces résultats nous pouvons dire que la STEP de Ferdjioua a une efficacité dans le traitement des eaux usées et joue son rôle de protège le barrage de Beni Haroun contre la pollution.

Mots clés : STEP, eau usée, épuration, paramètres physicochimique et bactériologique.

In our work, we are interested in the physico-chemical and bacteriological study of the waters at the entrance, and at the exit of the STEP of Ferdjioua-Mila.

The results obtained revealed that the raw wastewater entering the STEP exhibits fairly high organic and bacteriological pollution. According to our results, it turns out that:

In the Ferdjioua STEP, the purification process reduces the following parameters:

MES, COD, BOD5, Nitrite, Nitrate, Total nitrogen, Ammoniacal nitrogen and Phosphate with these yields: 89.88%; 90.34%; 96.42%; 61.11%; 78.08%; 80.46%; 73.87% and 65% respectively.

Regarding the bacteriological parameters there is a reasonable decrease in the rate of total coliforms of 63%, a decrease of 91.39% for streptococci, and also the values of sulfite-reducing clostridium remain strong after the treatment.

Thanks to these results we can say that the STEP of Ferdjioua has an efficiency in the treatment of wastewater and plays its role of protecting the dam of Beni Haroun against pollution.

Key words: STEP, wastewater, purification, physicochemical and bacteriological parameters.

في عملنا ، نحن مهتمون بالدراسة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه الداخلة والخارجة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي فرجوبة ميلة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مياه الصرف الصحي الخام التي تدخل محطة معالجة مياه الصرف الصحي تظهر نسبة عالية من التلوث العضوي والبكتريولوجي. وفقًا لنتائجنا ، اتضح أن:

في محطة معالجة مياه الصرف الصحي، تقلل عملية التنقية من المعايير التالية:

المواد الصلبة العالقة (MES)، DCO، DBO₅، نترت ، نترات ، نيتروجين كلي ، نيتروجين أمونيak وفوسفات مع هذه النواتج: 89.88% ؛ 90.34% ؛ 96.42% ؛ 61.11% ؛ 78.08% ؛ 80.46% ؛ 73.87% و 65% على الترتيب.

فيما يتعلق بالمعايير البكتريولوجية ، هناك انخفاض معقول في معدل إجمالي القولونيات بنسبة 63% ، وانخفاض بنسبة 91.39% للمكورات العقدية ، كما أن قيم clostridium sulfito réducteurs تظل قوية بعد العلاج.

بفضل هذه النتائج يمكننا القول أن هذه المحطة لها كفاءة في معالجة مياه الصرف الصحي وتلعب دورها في حماية سد بني هارون من التلوث.

الكلمات الدالة : محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، ومياه الصرف الصحي ، والتنقية ، والبارامترات الفيزيائية و البكتريولوجية والكيميائية

Introduction



L'eau est un bien précieux, ou autrement dit l'or bleu qui constitue un facteur clé pour la croissance et le développement socio-économique. Elle a un double visage, un visage utile pour une utilisation humaine dans ses diverses activités quotidiennes, et l'autre visage qui est après utilisation, ses propriétés changent et deviennent des eaux usées rejetées dans les milieux naturels **(Guendouzz et Mekkin, 2018)**.

Les eaux usées regroupent les eaux résiduelles domestiques (les eaux vannes et les eaux Ménagères), les eaux de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines). Ils constituent donc un effluent pollué, et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout vers le milieu naturel **(Zeghoud, 2014)**.

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans l'environnement, sans aucun traitement préalable est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur la santé humaine, la flore et la faune **(Ourtelli et Brahimi, 2013)**.

Les efforts d'investissement de notre pays, fournis durant les dernières années ont permis l'émergence de très nombreuses stations d'épuration urbaines et industrielles. Cela démontre le noble objectif poursuivi, à savoir la préservation de la santé publique et du milieu naturel ainsi que la protection des ressources en eau potable tant superficielles que souterraines **(Lakhadri et al., 2013)**.

Le traitement de l'eau usée a pour objectif de réduire le niveau de contamination en matière organique, en métaux lourds et en micro-organismes. Différentes techniques de traitement sont utilisées qu'elles soient biologiques (lagunage naturel ou aéré, boues activées ou lits bactériens), physicochimiques (la coagulation-floculation, la précipitation ou l'oxydation) ou membranaires (l'osmose inverse, la nano filtration ou l'électrodialyse) **(Edeline, 1997 ; Degrémont, 2005)**.

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration **(Hartani, 2003)**. En effet seules 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre 85%, **(Medkour, 2003)**. D'après un rapport publié par l'Office National d'Assainissement (ONA) en 2015, l'Algérie compte 171 stations d'épuration (STEP) des eaux usées d'une capacité de 900 millions m³/an **(ONA, 2015)**.

L'objectif de notre travail consiste à déterminer l'efficacité de la STEP de Ferdjioua Ain Beida Aharieche par l'achèvement des analyses physicochimiques et bactériologiques des eaux usées brutes entrent dans la STEP de Ain Beida Aharieche, et les eaux épurée sortent à le oued de Boussalah et après dans le barrage de Beni Haroun (STEP) à Mila, Nous avons suivi la qualité de l'eau à travers des analyses bactériologiques qui ont été réalisées au niveau du laboratoire de département de biologie du Centre Universitaire de Mila, et des analyses physico-chimiques dans le laboratoire de la station de Ferdjioua Ain Beida Aharieche.

Nous avons structuré notre travail en quatre chapitres interdépendants :

- Le premier chapitre montre des généralités sur les eaux et ces sources de pollution.
- Le deuxième chapitre donne une présentation de la station d'épuration.
- Le troisième chapitre présente les matériaux et les méthodes expérimentales utilisées dans cette étude.
- Le quatrième chapitre consacré aux résultats expérimentaux obtenus ainsi que leurs discussions.
- Enfin, notre travail est clôturé par une conclusion finale.

Chapitre 01

Généralités sur les eaux et ces sources de pollution



1-Généralités sur les eaux et leurs importances

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H₂O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne).

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

2-Les eaux usées

Une eau usée est une eau chargée de substances minérales ou biologiques, issues de l'activité humaine provoquant, sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur (**Ghettas, 2009**).

3-Origines des eaux usées

Les eaux usées sont réparties en 4 catégories :

3-1-Les eaux usées domestiques

Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent : des eaux de cuisines qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protéines) et des produits détergents : des eaux de buanderie contenant principalement des détergents, des eaux de salle de bains, chargées en produits pour l'hygiène corporelle. Généralement de matières grasses hydrocarbonées.

Des eaux de vannes, qui proviennent des sanitaires (WC), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composée azotés, phosphorés et en microorganismes. (**Benelmouaz, 2015**).

3-2- Les eaux usées industrielles

Les eaux industrielles ou résiduaire véhiculent souvent des produits chimiques toxiques (Arsenic, acide sulfurique, du cyanure et divers métaux lourds). Elles posent à l'heure actuelle de multiples problèmes par leurs risques toxiques chez tous les êtres vivants (**Azouzzi et Ait youns, 2012**).

3-3- Les eaux usées pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées sur tout en début de pluie par deux mécanismes : Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées :

- Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent
- Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts (**Azouzzi et Ait youns, 2012**).

3-4- Les eaux usées agricoles

Ce sont des « eaux usées provenant d'établissements ou sont gardés ou élevés des animaux entraînant une charge polluante globale inférieure à un chiffre maximal fixe par le gouvernement et qui ne sont ni des jardins zoologiques ni des ménageries permanentes ». Parmi ces eaux, il faut distinguer :

- Les eaux brunes : eaux issues des aires non couvertes de parcours ou d'attente des animaux, souillées régulièrement par ces animaux.
- Les eaux de cours : eaux issues des aires en dur, souillées occasionnellement par les animaux lors de leur passage et par les engins agricoles lors de leurs manœuvres, à l'exclusion de toute aire de stockage proprement dite.
- Les eaux vertes : eaux de lavage des sols de salles de traite.
- Les eaux blanches : eaux usées issues du lavage des installations de traite.

Ces eaux font l'objet d'un traitement particulier, et ne peuvent en aucun cas se retrouver à l'égout. Une exception existe toutefois pour les eaux blanches qui peuvent,

exceptionnellement être envoyées à l'égout moyennant l'accord de l'organisme d'assainissement agréé (Khemici, 2014).

4-Rôle de traitement des eaux sur l'environnement

Le rôle de traitement des eaux sur l'environnement a de nombreux tels que avantages:

- La réutilisation des eaux et le dessalement d'eau de mer peuvent coûter moins cher que les eaux de nappes et les eaux importées, en fonction des coûts de pompage.
- Réduite la quantité et le coût des rejets d'eaux dans l'environnement, et en particulier la canalisation rejetant, les eaux usées en mer.
- Éviter les lourds investissements dans de longues et grosses canalisations pour importer de l'eau d'une région ou d'un pays voisin, de même que déminer la dépendance envers d'autres régions ou pays.
- Amélioration des activités socio-économiques (Touati, 2008).

5-La pollution des eaux

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimiques et biologique, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie, la pollution peut atteindre tous les milieux tels que les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les lacs, la mer, ainsi que les eaux souterraines (Schmitzberger, 2008).

Selon la loi n°3 du 19 juillet 2003, «la pollution des eaux, est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques, et/ou biologique de l'eau. De créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune, à la flore terrestre et aquatique »

5-1- Les différents types de pollution des eaux :

La pollution peut être classée en Pollution physique, chimique, minérale, biologique.

5-1-1- Pollution physique

Sont des matières macroscopiques séparées par dégrillage, des matières en suspension supérieures à 1 mm séparées par décantation, tamis. 80% des MES sont < 80µm, matières colloïdales inférieures à 1mm, ne décantant pas, chargées électriquement du même signe, elles

créent des champs magnétiques, matières en solution, matières dissoutes et des matière biologique vivante (bactérie, virus) (**Dagot et Laurent, 2014**).

5-1-2- Pollution chimique

Représenté par les matières organiques banales sous forme biodégradable en suspension ou solution et les matières organiques synthétiques difficilement biodégradables telles que les huiles et les produits pétroliers, les détergents Lessive non biodégradables à 5% et favorisant la pénétration des toxiques, les substances organiques toxiques (cyanure, phénols, aldéhydes), et les Pesticides (**Dagot et Laurent, 2014**).

5-1-3- Pollution minérale

Sous forme de sable, gravier inerte, produits minéraux toxiques (métaux), micropolluants et des engrais minéraux (**Dagot et Laurent, 2014**).

5-1-4- Pollution biologique

Représenté par les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux, et les clostridium sulfito- réductrices (**Dagot et Laurent, 2014**).

5-2- Les sources de pollutions des eaux

L'eau est menacée par une pollution qui prend des dimensions de plus en plus importantes, liée notamment aux activités humaines, à l'industrialisation et l'urbanisation des milieux dans de nombreux pays. La pollution provoque une dégradation de l'eau (**Chatel, 2010**).

Le tableau suivant représente les différentes sources polluantes de l'eau (**Tab. 1**)

Tableau 1: Les sources de pollution
(**Chatel, 2010**).

Substances	Origines	Effets
Hydrocarbures Essences, huiles, fioul	Transports routiers, industries, accidents pétroliers, fuites lors des déchargements des pétroliers, lessivage par	Altération des mécanismes physiologiques de tous les organismes vivants

	la pluie des zones urbaines (parking, route)	
Métaux lourds	Transports routiers, industries métallurgiques et pétrochimiques, peinture et carénage des bateaux	Affectent surtout les animaux Ralentissement de la croissance Altération des organes Classement par ordre de nocivité croissante : Hg>Ag>Cu>Cd>Zn>Pb>Cr>Ni>Co
Pesticides et Insecticides	Utilisation domestique, agriculture	Trouble du métabolisme et du système neurologique Altération des processus enzymatiques
Composés azotés et phosphatés	Agriculture, aquaculture, Industries agroalimentaires, eaux usées domestiques	Phénomène d'anoxie et d'eutrophisation
Détergents	Eaux usées domestiques et industries	Affectent les plantes et les algues Effet amplifié si combinaison avec des hydrocarbures
Matières en suspension MES	Eaux usées domestiques, lessivages des sols, industries	Diminution de l'apport de lumière

5-3- Impacts de la pollution des eaux sur l'homme et l'environnement

La pollution peut exercer des effets qui, différés dans le temps et dans l'espace induisent des nuisances sur la santé humaine, l'environnement.

5-3-1- Conséquences sanitaires

Les effets de la pollution des eaux sur la santé humaine diffèrent selon le mode de contamination qui peut être par ingestion ou par simple contact sans négliger les modes de contamination intermédiaires, en particulier la consommation de produits alimentaires eux même contaminés par des eaux polluées (**Oubacha, 2011**). L'absorption d'un polluant par voie digestive peut générer.

- Des effets à courts termes dits aigus causés par une seule absorption.
- Des effets à moyen terme engendrés par une absorption permanente pendant plusieurs moi
- Des effets à long terme dits effets chroniques ou retardés causés par absorption tous au long d'une vie. Une moyenne de 70 ans étant habituellement retenue (**Rodier, 1984**).

5-3-2- Sur l'environnement

L'incidence des rejets sur notre environnement peut s'apprécier au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes, on distingue.

5-3-2-1- Diminution de la teneur en oxygène dissout

La diminution du taux d'oxygène dissout accélère les mouvements respiratoires chez les poissons et favorise ainsi la pénétration des toxiques éventuellement présents dans l'eau.

En outre, certains polluants perturbent gravement la respiration des poissons et peuvent provoquer aussi leurs morts (**Pesson et al., 1976**).

5-3-2-2- Prolifération d'algues

Ce phénomène est dû aux rejets excessifs de phosphate, d'azote, de carbone et d'autres éléments minéraux, liés aux activités humaines, dont les algues se nourrissent. On observe ce phénomène dans les milieux aquatiques dont les eaux sont peu renouvelées. Cette prolifération d'algues due à l'enrichissement des eaux en substances nutritives est responsable d'une diminution de la quantité d'oxygène indispensable à la survie des autres espèces, et menace par la même occasion leur existence (**Menour et Taibi, 2014**).

5-3-2-3- Modification physique du milieu récepteur

La modification physique se traduit par une augmentation de la température, coloration de l'eau...Etc. L'ensemble de ses éléments perturbateurs prévient au milieu naturel de deux façons déferentes à savoir : les rejets dans les réseaux d'égouts et les rejets diffus (lessivage des sols) **(Ouikene, 2011)**.

5-3-3- Sur l'économie

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité couteuse. Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement. En France comme dans les pays développés, la plupart des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets. En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et Phosphorés directs ou indirects. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences **(Moletta, 2014)**.

Chapitre 02

Présentation de la station d'épuration



1- Situation de la wilaya de Mila

La wilaya de Mila se situe au Nord-Est de l'Algérie à 464 m d'altitude, et à 70 km de la mer Méditerranée. Elle occupe une superficie totale de 3481 Km² soit 0,14% de la superficie total du pays pour une population qui s'élevait en décembre 2011 à 810370 habitants, soit une densité de 90,75 habitants par km². C'est en découpage administratif de 1984, que Mila a été décomposé en 32 communes (**Chaalal, 2012**).

La Wilaya de Mila est limitée par 6 wilaya (**Fig.01**) :

- Au Nord-Ouest par la Wilaya de Jijel.
- Au Nord-Est par la wilaya de Constantine et Skikda.
- A l'Ouest par la wilaya de Sétif.
- Au Sud-Est par la wilaya D'Oum-El Bouaghi et Batna.



Figure 01: Situation géographique de la wilaya de Mila (**Cetic, 2009**).

2- Localisation du l'Oued de Boussalah

Ce second affluent du Kébir prend sa source au pied des collines de Djemila. Son bassin versant s'étend, approximativement, sur 936 km². L'Oued Boussalah a un module d'écoulement spécifique de 3.92 l/s/km² et son écoulement moyen est de 24,4 Mm³/an (**Cherrad, 1987**).

3- Localisation du barrage de Beni Haroun

Le barrage de Beni Haroun (**Fig.02**) est situé au nord de la région de Grarem Gouga, wilaya de Mila à une quarantaine de kilomètres au nord de Constantine et une distance équivalente par rapport à l'embouchure d'Oued Kebir.

Le barrage de Beni Haroun sa mise en eau a commencé en Août 2003, couvre une superficie de 5328 km². Il permet d'emmagasiner 960 millions m³ d'eau, avec un volume utile de 732 hm³, Le Barrage Beni Haroun permet de régulariser un apport annuel d'eau de 435 millions de m³ (**ANB, 2007**).

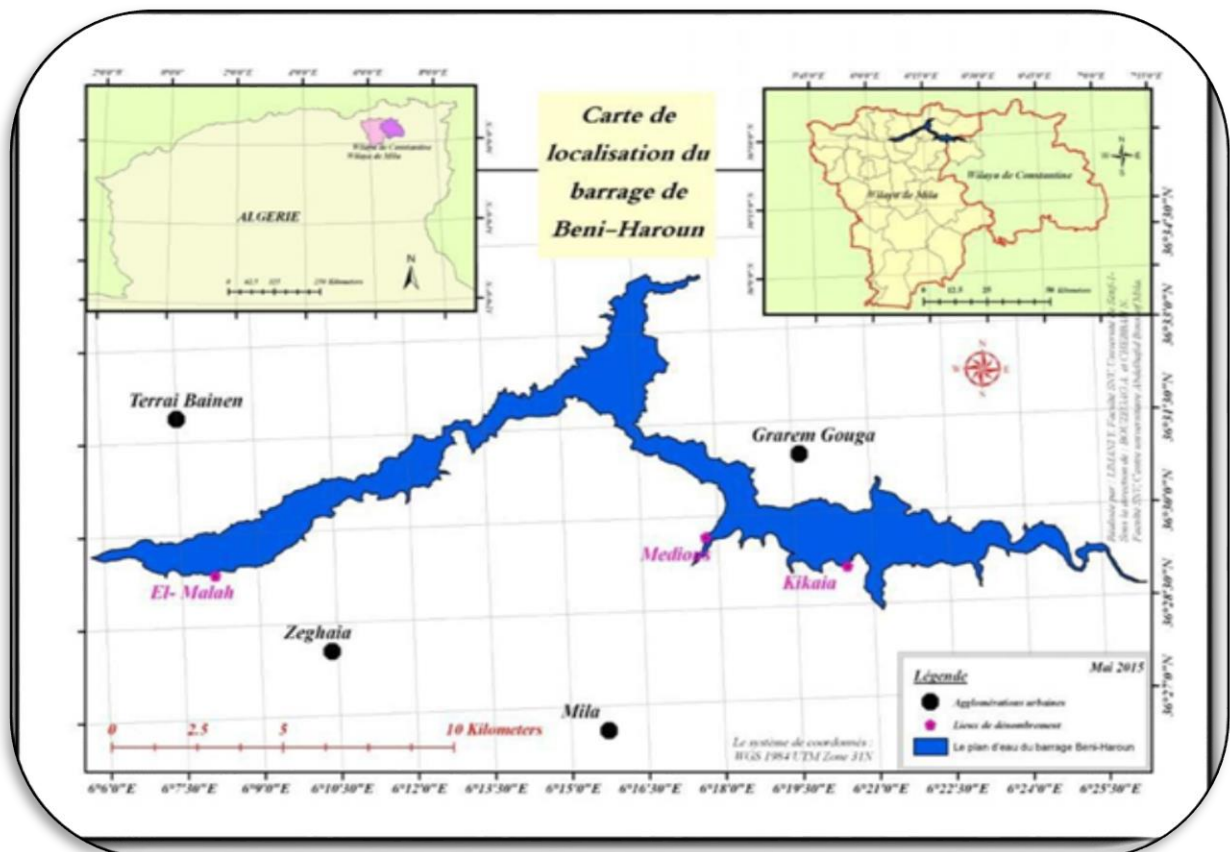


Figure 02: Localisation du barrage Beni Haroun (**Mebarki, 2009**).

(N : 36°30'59.28" ; E : 6°17'36.14") (**ANB, 2007**).

4- Définition de la station d'épuration

Une station d'épuration (STEP) est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux (**Rejsek, 2002**).

La station d'épuration de Ferdjioua est installée à l'extrémité d'un réseau de collecte principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel, comme tous les STEP. Elle rassemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux usées (**Rejsek, 2002**). Le but principal de la STEP est de traiter les eaux usées provenant de la commune de Ain Beida Ahariech et de celle de Ferdjioua puis rejeter dans l'oued de Boussalah et après dans le barrage de Beni Haroun (**STEP, 2018**).

5- Localisation géographique de la station d'épuration de Ferdjioua

La STEP de Ferdjioua (**Fig. 03**) est une nouvelle STEP située au nord-est de la commune d'Ain Beida (**Fig. 04**) dans la wilaya de Mila, elle a été mise en service le 17 juin 2017. Le système de traitement retenu pour l'épuration des eaux usées de la région est la boue activée avec l'aération prolongée, dimensionnée pour une très faible charge avec traitement de boues par déshydratation mécanique et de lits de séchage de secours (**STEP, 2018**).

La station est conçue pour traiter les déchets de 80 000 habitants dans chacune des municipalités d'Ain Beida et Ferdjioua, ce qui renforcera le secteur des ressources en eau et garantira une protection efficace du barrage de Beni Haroun contre les risques de pollution et la possibilité d'investissements agricoles.

La région d'étude (Ain Beida-Ferdjioua) est généralement dominée par les activités agricoles ce qui donne des perspectives sur la nature de l'eau à traiter évacuée vers la station (**Bahloul et Menacer, 2019**).



Figure 03: La STEP de Ferdjioua
(STEP, 2018).



Figure 04: Localisation géographique
de La STEP de Ferdjioua (Google maps, 2021).

5-1- Les données techniques de la station d'épuration de Ferdjioua

La station d'épuration de Ferdjioua a été dimensionnée sur les bases de données suivantes (Tab. 2).

Tableau 2: Données Techniques de la STEP de Ferdjioua Wilaya de Mila
(Bahloul et Menacer, 2019).

Désignation	1ere STEP ou lagune
Wilaya	Mila
Zone	Constantine
Unité	Mila
Nome (STEP et Lagune)	STEP Ferdjioua-Ain Beida
Localisation de la STEP (commune)	Ain Beida
Date de mise en service	17-juin-17
Procédé d'épuration	Boue Activé
Capacité actuelle et à l'horizon en E/H	80000 E/H actuelle et 120000 a l'horizon 2030

Volume nominal actuelle et à l'horizon en m ³ /j	9600 m ³ /j actuelle et 14400 a l'horizon 2030
Volume réel entrant à la STEP ou lagune en m ³ /j	4000 m ³ /j (la moyenne)
Taux de collecte(raccordé à la STEP ou lagune) %	50%
Volume annuel traité en m ³	1540000 m ³
Rendement de la STEP	45%
Communes raccordées à la STEP ou Lagune	Ferdjioua - Ain Bieda
Milieu recepateur des eaux sortant de la STEP (oued, mer, chaaba, milieu naturel,,,,)	Oued Boussalah
Etat de la STEP (en marche, à l'arrêt,,,,)	en marche

6- Le rôle de de la station d'épuration Ain Beida-Ferdjioua

Traiter les eaux usées de façon à :

- ❖ Protéger le barrage de Beni Haroun contre la pollution.
- ❖ Protéger la santé publique.
- ❖ Valoriser les boues de la station d'épuration.
- ❖ Protégé l'environnement (ONA, 2015).

7- Les étapes de traitement des eaux usées dans la Station d'épuration de Ferdjioua

La station d'épuration de Ferdjioua comprend plusieurs unités de traitement placées en série :

7-1- Poste de relevage

Ce poste (**Fig. 05**) permet le pompage des eaux urbaines dégrillées à 40mm. Ces eaux sont chargées en matières en suspension huiles, grasses et sables. Pompes fonctionnement sur variateur de fréquence (ONA, 2015).



Figure 05: Poste de relevage (Cliché personnel, Mai 2021).

7-2- Le Prétraitement

Les prétraitements sont indispensables au bon fonctionnement de la station (**Pronost et al., 2002**), ils sont destinés à préparer l'effluent au traitement biologique ultérieur comporte une succession d'opérations physiques ou mécaniques destinées à séparer les eaux usées des matières volumineuses, en suspension ou flottantes qu'elles véhiculent (**Altmeyer, 1990**).

7-2-1- Le dégrillage

C'est le premier poste de traitement (**Fig. 06**), situé à l'arrivée des eaux usées dans la station. Il a pour but de retenir les déchets solides et volumineux (papier, feuilles, objet divers.), charriés par l'eau brute, insensibles au traitement biologique et nuisibles pour les installations situées en aval (pompes, conduites). L'effluent passe pour cela entre les barreaux métalliques d'une grille dont le nettoyage se fait soit automatiquement soit manuellement (**Altmeyer, 1990**).



Figure 06: Le dégrillage (Cliché personnel, Mai 2021).

7-2-1-1- Dégrilleur grossier

Un dégrilleur grossier est placé avant relevage pour protéger la station de pompage (**Fig . 07**). Le débit de l'eau à travers la grille doit être compris entre 0.6 et 1.2 m/s. L'épaisseur nécessaire entre les barreaux est de 15 mm et l'espacement est de 40 mm (**STEP, 2018**).



(a) Automatique



(b) Manuel

Figure 07: Le dégrilleur grossier (Cliché personnel, Mai 2021).

7-2-1-2- Station de relevage

Les eaux usées brutes arrivent à la station gravitairement dans une conduite de diamètre de 1 mètre. Un poste de relèvement est aménagé en tête de la station pour le relèvement des eaux brutes de la ville pour les injecter dans le circuit de traitement. La station est équipée par quatre pompes submersibles de débit unitaire $335\text{m}^3/\text{h}$ et une $\text{HMT}=11.5\text{mCE}$, elle est munie d'un système complet pour la manutention des groupe électropompes (STEP, 2018).

7-2-1-3- Dégrillage fin mécanisé

Le canal de dégrillage fin se compose de trois grilles en inox : deux mécanisées et une manuelle en By-pass (Fig. 08). L'épaisseur entre les barreaux est de 10 mm et l'espacement de 10mm (STEP, 2018).



(a) Automatique



(b) Manuel

Figure 08: Le dégrilleur fin (Cliché personnel, Mai 2021).

7-2-2- Le dessablage-déshuilage

Le dessablage déshuilage est une opération de séparation solide-liquide. Les huiles et les graisses étant moins denses que l'eau a une tendance naturelle à remonter en surface. Les sables décantés sont extraits par un système d'air lift et sont acheminés vers les classificateurs à sable (Fig. 09). Le dimensionnement de cet ouvrage est représenté par la surface égale à 52 m^3 , le volume est de $98,8$ (volume de dessableur est $76,8\text{m}^3$ et de déshuileurs égaux à 22 m^3) (STEP, 2018).



Figure 09: Le déshuilage (Cliché personnel, Mai 2021).

7-3- Traitement biologique

La STEP est équipée de trois bassins (**Fig. 10**) pour la réalisation du traitement biologique : (bassin d'anaérobie, bassin d'anoxie et bassin d'aérobie) positionnés successivement.



Figure 10: Les trois bassins d'aération (Cliché personnel, Mai 2021).

7-3-1- Bassin d'anaérobiose

Le traitement anaérobie d'une eau résiduaire s'envisage comme première étape biologique pour éliminer 70 à 80 % de la pollution organique carbonée (**koller, 2002**), elle vise à une déphosphatation biologique dont la masse de phosphore éliminée est de 76,6 kg/j.

La longueur de ce compartiment est de 22m avec une largeur de 8,85m et une hauteur d'eau de 5,38 m (**Fig. 11**) (**STEP, 2018**).



Figure 11: Bassin d'anaérobiose (Cliché personnel, Mai 2021).

7-3-2- Bassin d'anoxie

Il permet la dénitrification des nitrates formés dans le bassin d'aération et les renvoyer par une recirculation interne. L'objectif est de maintenir en moyenne, un temps de passage compris entre une et deux heures pour obtenir des conditions anoxiques sans risque de carence trop longue en oxygène. La longueur de cet ouvrage (**Fig. 12**) est de 22,3m avec une largeur de 12,23m où le volume atteint 1400m³ (**STEP, 2018**).



Figure 12: Bassin d'anoxie (Cliché personnel, Mai 2021).

7-3-3- Bassin d'aération

Le bassin d'aération est le réacteur biologique dans quel s'effectue la transformation de la matière organique par les microorganismes aérobies. Il constitue un élément fondamental de la filière définie sous le terme de boues activées, la charge en DBO5 à l'entrée du bassin est de 38450 kg/j. Ce bassin (**Fig. 13**) est caractérisé par, sa longueur de 43m avec une largeur de 22,3m et un volume atteignent 4880m³, Une bonne gestion de l'aération permet également d'assurer les réactions de nitrification et de dénitrification (**STEP, 2018**).



Figure 13: Bassin d'aération (Cliché personnel, Mai 2021).

7-4- Traitement physique

7-4-1- Dégazage

Cet ouvrage est placé entre le bassin d'aération et le clarificateur, il permet de désaérer l'effluent après le réacteur biologique afin d'éviter toutes remontées indésirables de boue dans le clarificateur (**Fig. 14**). Les caractéristiques dimensionnelles de l'ouvrage sont : le débit en sortie des bassins à boue activé est de 1701m^3 , la longueur est de 4,40m et la largeur est de 2,6m (**STEP, 2018**).



Figure 14: L'ouvrage de dégazage (Cliché personnel, Mai 2021).

7-4-2- Clarification

La séparation des boues formées a lieu dans un décanteur secondaire (ou clarificateur) (**Fig. 15**). La masse biologique ainsi récupérée constitue les boues secondaires dont une partie est évacuée vers le traitement des boues, tandis que l'autre est recyclée pour maintenir une masse biologique suffisante pour l'épuration, le temps d'assainissement dans cet ouvrage est estimé à deux heures (**STEP, 2018**).



Figure 15: Clarificateur (Cliché personnel, Mai 2021).

7-5- Traitements des boues

7-5-1- La station de pompage des boues biologiques en excès

La capacité de la station de pompage des boues en excès est déterminée sur la base de la production des boues en excès (biologique et physicochimique) et la concentration en MES (Tab. 3)

Tableau 3: Les données caractéristiques de la station de pompage
(STEP, 2018).

Horizon	2015
Nombre de pompe (pc)	1+1
Débit minimal requis de pompe (m^3/h)	50

Les boues biologiques sont pompées vers l'épaississeur gravitaire :

7-5-2- Épaississement

C'est le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluent urbain (koller, 2002), elle a pour

objet la séparation de l'eau interstitielle des particules de boue (**Ouali, 2001**). L'épaississeur est de 16m de diamètre (surface de 201 m³) avec un volume de 857,5m³.

7-5-3- Déshydratation des boues

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues au cours de laquelle on réalise sur les boues épaissies, stabilisées ou non, une élimination plus ou moins poussée de leur humidité résiduelle de façon à les amener à l'état solide ou tout au moins (**koller, 2002**).

On distingue deux types de déshydratation :

7-5-3-1- Déshydratation mécanique

Dans les stations d'épuration, l'étape de traitement finale des boues est leur déshydratation afin d'éliminer un maximum d'eau (**Fig. 16**). Une teneur en matière sèche située entre 15 et 35% est obtenue. Les boues contiennent encore jusqu'à 85% d'eau. Il est donc impératif d'optimiser cette étape afin d'assurer la plus grande élimination possible d'eau (**Amorce, 2012**).



Figure 16: Déshydratation mécanique (**Cliché personnel, Mai 2021**).

7-5-3-2- Lit de séchage

C'est un procédé de traitement des boues qui permet l'épaississement, la minéralisation et le stockage. Les boues produites par la station d'épuration sont directement extraites du

bassin d'aération et alimentent le lit planté de roseaux, dont l'espèce la plus utilisée est: *Phragmites communis* (**Pronost et al, 2002**). Dans la STEP les lits de séchage (**Fig. 17**) sont au nombre de 5,7pcs caractérisé par une longueur de 28 m, une largeur de 14 m et une surface de 392 m². L'eau contenue dans les boues s'infiltré naturellement par gravité puis le séchage de la boue se fait à l'air libre au niveau de la STEP. La quantité de boue récupérée après 6 jours est de 897m³ (**STEP, 2018**).



Figure 17: Lit de séchage (Cliché personnel, Mai 2021).

8- Salle de contrôle

Ces différentes étapes sont simplifiées dans un schéma synoptique (**Fig. 18**) qui permet à l'opérateur de vérifier le déroulement de l'épuration.

L'ensemble de l'appareillage de commande, signalisation et contrôle sera centralisé dans un pupitre de commande installé en salle de contrôle. Contrôler et programmer tous les cycles de fonctionnement (**STEP, 2018**).



Figure 18: Salle de contrôle (Cliché personnel, Mai 2021).

9- Laboratoire

En parallèle de ce traitement en situe un laboratoire d'analyse. Son rôle est de contrôler la qualité des effluents entrant dans la station et rejetés par celle-ci ainsi que les paramètres de fonctionnement.

Les paramètres analysés sont : Température, pH, Conductivité, MES, DCO, DBO5, Nitrate, Nitrite, Azote total, Azote Ammoniacal, Phosphate (**STEP, 2021**).

Quelque matériel disponible au niveau de laboratoire : Le microscope (**Fig. 19**), L'étuve (**Fig. 20**), Etuve thermostatée (**Fig. 21**), Le spectrophotomètre visible (**Fig. 22**), Multi- paramètre HACH (**Fig. 23**), La conductimètre (**Fig. 24**), Balance de précision (**Fig. 25**), Le distillateur (**Fig. 26**), La centrifugeuse (**Figure. 27**), réfrigérateur (**Fig. 28**).



Figure 19: Le microscope.



Figure 20: L'étuve.



Figure 21: Etuve Thermostatée.



Figure 22: Le spectrophotomètre visible.



Figure 23: Multi-paramètre HACH.



Figure 24: La conductimètre.



Figure 25: Balance de précision.



Figure 26: Le distillateur.



Figure 27: La centrifugeuse.



Figure 28: réfrigérateur.

(Cliché personnel, Mai 2021).

10- Etude climatique de la wilaya de Mila

Le climat est la "synthèse des conditions météorologiques dans une région donnée, caractérisée par les statistiques à long terme des variables de l'état de l'atmosphère en un point de la surface terrestre "**(Ramade, 1984).**

Notre zone d'étude est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : la précipitation météorologique et la température **(Boulbair et Soufane, 2011).** Elle est globalement caractérisée par :

- ❖ Une saison (hiver) humide et pluvieuse s'étendant de novembre à avril.
- ❖ Et une période estivale longue chaude et sèche allant de mai à octobre **(Zouaidia, 2006).**

Tableau 4: Données climatique de la wilaya de Mila (2011-2020)**(Station Météorologique Aine Tine, Avril 2021).**

	Précipitation moyenne (mm)	Température moyenne (°C)	Humidité relative (%)
Janvier	84,69	8,31	72,85
Février	90,46	9,23	73,64
Mars	69,41	11,9	74,5
Avril	44,6	14,48	68,96
Mai	37,38	17,89	55,45
Juin	46,6	22,71	54,29
Juillet	12,16	26,66	50,25
Août	47,8	27,01	50,99
Septembre	28,71	22,06	60,75
Octobre	45,54	18,8	66,58
Novembre	80,09	12,53	69,88
Décembre	71,07	10,55	76,19

- La température

La température est le degré de chaleur ou le froid qui règne dans un lieu ou dans l'atmosphère. On mesure la température (en degré Celsius) à l'aide d'un thermomètre enregistreur placé à 1,5m du sol à l'ombre et à l'abri du vent (**Dreux, 1980**).

D'après les données climatiques (**Tab. 04**), La température maximal est enregistrée durant le mois d'Août où elle atteint 27,01°C et tandis que Janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 8,31°C.

- Précipitation

Les précipitations constituent évidemment, un paramètre climatique essentiel. Leur intensité, leur continuité et leur périodicité sont l'origine même de l'écoulement, de sa localisation et de sa violence dans certaines régions, où le régime des écoulements est fortement lié aux précipitations (**Kerdoud, 2006**).

D'après ces données, les précipitations annuelles dans la région de Mila sont de 658,51mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de Février avec 90,46 mm et le mois le plus sec c'est le mois de Juillet avec des précipitations qui ne dépassent pas 12,1 mm.

- Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (**Fig. 29**), nous permettent de mettre en évidence la période sèche ($P \text{ mm} \leq 2T \text{ }^{\circ}\text{C}$), et la période humide ($P \text{ mm} \geq 2T \text{ }^{\circ}\text{C}$) d'une région. Il est tracé avec deux axes d'ordonnées où les valeurs de la pluviométrie sont portées à une échelle double de celle des températures (**Bagnouls et Gaussen, 1957**).

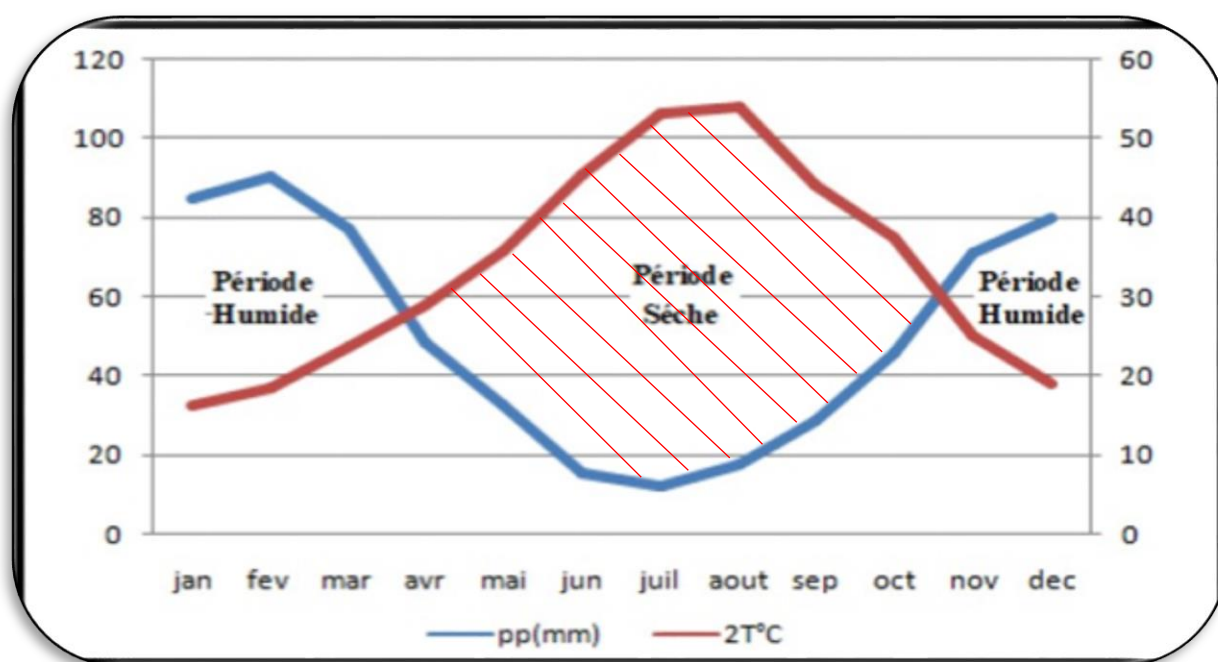


Figure 29: Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Mila (2011-2020).

Le diagramme ombrothermique de la wilaya de Mila (**Fig. 29**) montre que notre région d'étude est connue par une alternance de deux période, l'une humide s'étendant du début de Novembre jusqu'Avril, et l'autre sèche s'étendant d'Avril jusqu'au début de Novembre.

- L'humidité

L'humidité de l'air joue un rôle important dans l'évaporation. Plus l'air est humide moins il est apte à absorber de l'humidité supplémentaire. L'humidité élevée atténue la sécheresse et conditionne favorablement le développement des plantes (**Beltrando, 1995**).

D'après les données climatiques le mois qui représente la plus forte humidité est celui de Décembre avec 76,19 % et le mois qui représente la plus faible valeur est celui de Juillet avec 50,25%.

- Quotient pluviothermique d'Emberger

Cet indice nous aide à définir les 5 types de climat méditerranéen du plus aride jusqu'à celui de haute montagne (**Emberger, 1955**). Il se base sur le régime des précipitations et des températures et il s'exprime selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1\,000 \cdot P}{\left[\frac{M + m}{2} \right] (M - m)}$$

Q^2 = quotient pluviométrique d'Emberger.

P = précipitation annuelle moyenne (mm).

M = Température des maxima du mois le plus chaud (°K).

m = Température des minima du mois le plus froid (°K).

Les températures sont exprimées en degrés absolus [$T^{\circ}K = T^{\circ}C + 273,2$].

Les données météorologiques de la région de Mila pendant la période 2009 /2017, montrent que :

$P = 658.51\text{mm}$.

$M = 27.01\text{ }^{\circ}C = 300.21\text{K}^{\circ}$.

Donc : $Q^2 = 121.07$.

$m = 8.31\text{ }^{\circ}C = 281.51\text{K}^{\circ}$.

Selon le climato gramme pluviométrique d'Emberger (**Fig. 30**), on remarque que la région de Mila se situe dans l'étage bioclimatique Sub-humide à Hiver chaud.

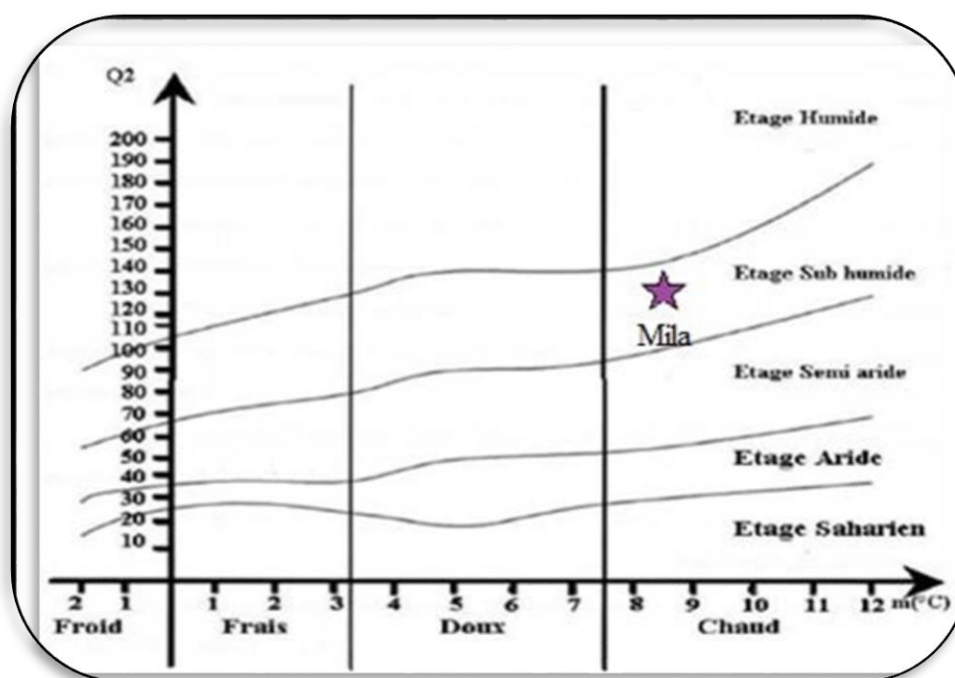


Figure 30: Situation de la région de Mila dans le climagramme d'Emberger (2011-2020).

Chapitre 03

Matériel et Méthodes



1- Echantillonnage

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

1-1- Le lieu de prélèvement

Les lieux de prélèvement d'échantillon sont généralement choisis aux endroits où bien déterminer la qualité des eaux (**Lightfoot, 2002**).

Pour contribuer ou apprécier la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de cette station, nous avons choisi deux points de prélèvement :

Le premier point : est l'entrée de l'eau usée à la station, au niveau de prétraitements après le poste de relevage, avant le dégrilleur fin (**Fig. 31**).

Le deuxième point : est après le clarificateur à la sortie de l'eau épuré (**Fig. 32**).



Figure 31: Le premier point de prélèvement.



Figure 32: Le deuxième point de Prélèvement.

(Cliché personnel, Avril 2021)

1-2- Nature et période du prélèvement

La période de prélèvement était de avril 2021 jusqu'à juin 2021. Le tableau (5) représente la nature et les dates du prélèvement au niveau de station d'épuration de Ferdjioua Ain Beida Ahareiche.

Tableau 5: Nature et période du prélèvement.

Nature du prélèvement	Périodes des prélèvements	Type d'analyse effectuée
Eau brute et épurée	25 Avril 2021 16 Mai 2021 13 Juin 2021	Physico-chimique et Bactériologique

1-3- Matériel de prélèvement

Les échantillons sont prélevés à l'aide des flacons en verre pyrex munis d'un bouchon métallique, d'une contenance de 250 ml, stériles soit à l'autoclave à 120° C pendant 15 minutes (stérilisation à la chaleur humide), soit au four Pasteur à 170 °C durant une heure (stérilisation à la chaleur sèche), s'ils font objet d'une analyse microbiologique et pour l'analyse physico-chimique on utilise des bouteilles en plastique préalablement bien nettoyés par l'eau à examiner, chaque bouteille doit porter une étiquette (**Rodier et al., 2009**).

1-4- Mode de prélèvement

Les eaux doivent être prélevées dans des flacons stériles. Au moment du prélèvement, on ouvre le flacon et immergé en position verticale en parallèle avec le fond, en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon, ensuite on retire le flacon rempli d'eau (**Larpent, 1997**). Le flacon ne doit pas être rempli entièrement. En effet, il convient de laisser un petit vide d'air, permettant un mélange correct en secouant le flacon (**Lightfoot, 2002 ; Chaouch, 2007**).

Etiquetage, Transport et conservation des échantillons avant l'analyse

Les échantillons sont clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables (**Fig. 33**). Après le prélèvement, les échantillons

d'eau doivent être protégés de l'exposition à la lumière ; en particulier celle du soleil, à tous les stades du transport ; ils sont transportés dans une glacière où la température est maintenue constante entre 4-6 °C (**Fig. 34**), et les analyses sont effectuées le plus rapidement possible, dans un délai maximal de huit heures après le prélèvement (**Rodier, 2005**).



Figure 33: Un flacon d'échantillonnage
Munis des étiquettes.

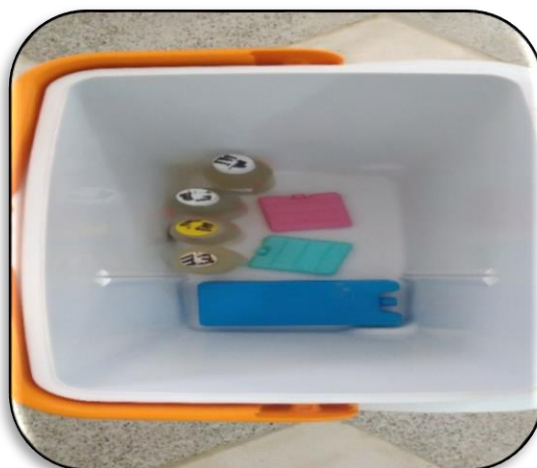


Figure 34: Une glacière transportant
L'échantillon.

(Cliché personnel, Avril 2021)

Dans le cadre de notre étude, nous avons effectué des analyses physico chimiques sur les eaux usées de la station d'épuration de Ferdjioua Ain Beida Aharieche dans le laboratoire de cette dernière, et des analyses bactériologiques qui ont été réalisées au niveau des laboratoires pédagogiques de département de biologie du Centre Universitaire de Mila.

2- Les analyses physico-chimiques

2-1- La température (T°) et Potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

La température et Potentiel d'hydrogène sont mesurée par un pH mètre qui indique la valeur de pH et de température. On lit directement les résultats de ce dernier exprimés en degré Celsius (C°).

Le principe consiste à mesurer la différence de potentiel existant entre une électrode en verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution (**Atrouz et Leflief, 2013**).

➤ Mode opératoire

- Allumer le pH mètre (**Fig. 35**) et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.

- Etalonner l'appareil au moyen de deux solutions tampon de pH connu et de préférence situées de part et d'autre du pH à mesurer. L'étalonnage doit se faire sur place juste avant la mesure.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter le pH et la T.

➤ **Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur de la température exprimée en degré celsius (°C) ainsi que la valeur du pH correspondant (**Atrouz et Leflief, 2013**).

2-2- L'oxygène dissous (OD)

➤ **Principe**

L'oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un Multi paramètre HACH, La concentration en oxygène dissous varie avec la température, la salinité du milieu et la pression atmosphérique.

➤ **Mode opératoire**

- Allumer l'appareil et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Puis rendre environ ≈ 500 ml d'eau à analyser.
- On trempe l'électrode dans le bécher en ont.
- Laisser stabiliser un moment puis on lit la concentration en mg/l.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en oxygène dissous s'exprime en mg /l (**Amira et Chebbah, 2013**).

2-3- La conductivité électrique (CE)

➤ **Principe**

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration des ions, de leur nature, de la température et viscosité de la solution. Détermination directe à l'aide d'un instrument approprié de la conductivité électrique de solution aqueuse (**STEP, 2021 ; Osmani, 2013**).

➤ **Mode opératoire**

- Allumer le conductimètre (**Fig. 35**) et rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bécher, la solution d'eaux à analyser.
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage de la constante de cellule.

- Tremper l'électrode avec les précautions habituelles dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment, puis noter la valeur de la conductivité affichée.

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S} / \text{cm}$.



Figure 35: Le pH mètre, le Multi Paramètre HACH et la Conductimètre.

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-4- Matière en suspension (MES)

- **Les eaux brutes**

➤ **Principe**

La séparation des MES de l'eau se fait par centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à grande vitesse, l'application de la force centrifuge sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube forme un culot. Ce culot sera lavé puis récupéré et mis à sécher à 105°C . Le résidu sec est ensuite pesé ce correspond aux MES contenues dans l'échantillon (Amira et Chebbah, 2013).

➤ **Mode opératoire**

Méthode par centrifugation (**Fig. 36**):

- Attendre jusqu'à ce que les échantillons soient à une température ambiante.
- Homogénéiser le contenu du flacon, en l'agitant.

- Si cela est possible, introduire la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse et centrifuger à 4000 tr/mn durant environ 20 min. Eliminer alors la phase claire et recueillir le dépôt (pour récupérer le reste du dépôt, utiliser un minimum d'eau distillée). Le volume de cet échantillon doit être tel qu'il conduise à la peser d'au moins 30 mg de matière en suspension.
- Si le volume d'échantillon nécessaire à la mesure excède la capacité du pot, opérer en plusieurs fois en récupérant à chaque fois le dépôt constitué, jusqu'à avoir centrifugé le volume requis.
- Sécher le creuset vide à 105°C, le passer au dessiccateur puis le peser.
- Mettre le dépôt dans le creuset, sécher le tout à 105 °C pendant 2 heures. Passer au dessiccateur et peser à 0.5 mg près. Recommencer les opérations de dessiccation et de pesée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives n'excède pas 0.5 mg (STEP, 2021).



(a) L'échantillon d'eau brute.



(b) La centrifugeuse.

Figure 36: Matériel de la mesure de la matière en suspension de l'eau brute

(Cliché personnel, Mai 2021).

- **Les eaux épurées**

- **Principe**

Les méthodes gravimétriques reposent sur le calcul de la masse de matière sèche (en mg. l) obtenue après séparation des MES de l'eau puis déshydratation à 105 °C (STEP, 2021).

- **Mode opératoire**

- Placer le filtre sur le support de filtration ensuite connecter l'appareille d'aspiration sous vide (**Fig. 37**).
- Verser progressivement l'échantillon sur le filtre jusqu'à ce que le dispositif soit vidé.
- Retirer avec précaution le filtre, placer le filtre sur le support de séchage.
- Ensuite sécher le filtre dans l'étuve à 105°C pendant 1 à 2 h.
- Retirer le filtre de l'étuve, le laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser le filtre sur une balance de précision (**Amira et Chebbah, 2013**).

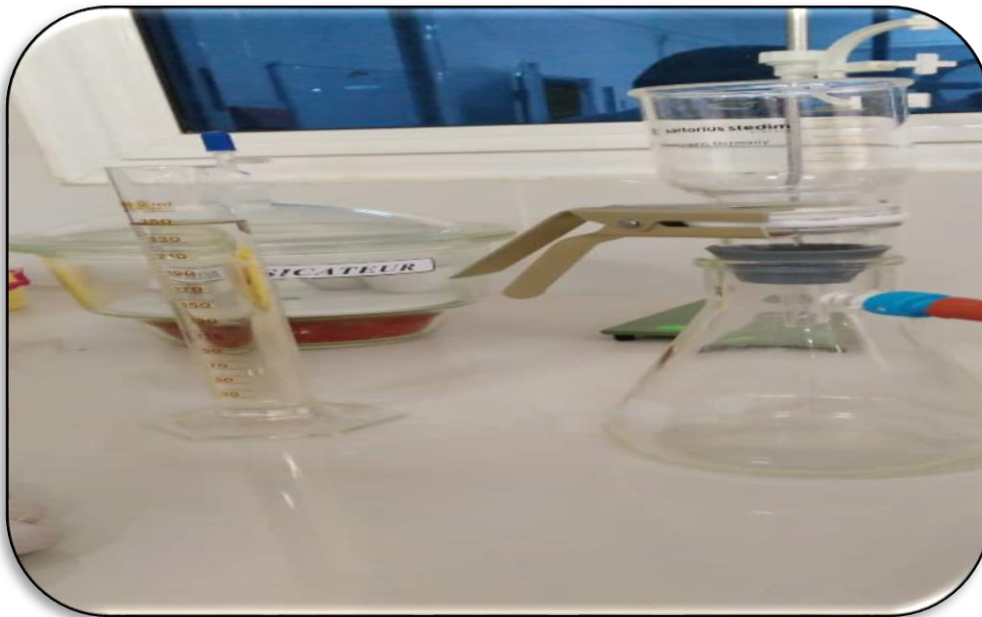


Figure 37: Matériel de la mesure de la matière en suspension de l'eau épurée.

(Cliché personnel, Mai 2021).

➤ Expression des résultats

La teneur en MES est calculée selon l'expression suivante :

Où :

P : teneur en matières en suspension, en milligrammes par litre.

V : volume, en millimètre, de la prise d'essai.

M₀ : masse en milligramme de la capsule vide.

M₁ : masse en milligramme du creuset et son contenu après séchage à 105°C et dessiccation (**Osmani, 2013**).

2-5- La demande chimique en oxygène (DCO)

➤ **Principe**

Cette détermination comprend deux étapes :

- 1^{ère} étape : oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau, par un excès de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$)
- 2^{ème} étape : dosage de l'excès de dichromate de potassium par sel de Mohr après refroidissement (STEP, 2021).

➤ **Mode opératoire**

Dans un tube à fond plat de DCO, introduire :

-10 ml d'eau à analyser.

-5 ml de $K_2Cr_2O_7$.

-Ajouter quelque granule régulateur d'ébullition et homogénéiser.

-Ajouter lentement et avec précaution 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent en agitant soigneusement le tube et en le refroidissant sous un courant d'eau froide ou dans un bain de glace de façon à éviter toute perte de substances organiques volatiles.

-Mettre le réfrigérant et porter à ébullition 2 heures dans un bloc chauffant.

-Laisser refroidir et laver la paroi interne du réfrigérant à l'eau distillée en recueillant les eaux de lavage dans le tube.

-Sortir le réfrigérant, compléter à environ 75 ml avec de l'eau distillée et laisser refroidir à température ambiante.

-Titre l'excès de $K_2Cr_2O_7$ par la solution de sel Mohr en présence de 1 à 2 gouttes de ferroïne (virage bleu-vert au brun-rouge) (Fig.38).

➤ **Expressions et résultats**

La demande chimique en oxygène DCO, exprimée en mg d' O_2 /L (STEP, 2021 ; Osmani, 2013).



Figure 38: Mesure de La demande chimique en oxygène (DCO)

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-6- Demande Biochimique en oxygène (DBO₅)

➤ Principe

La demande Biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou la dégradation des matière organique d'une eau par les micro-organisme du milieu (Rejsek, 2002).

➤ Mode opératoire

On générale, on utilise le volume 164 ml pour les eaux usées.

- Dans deux bouteilles de 500 ml. On met 164 ml d'eaux épurées et 365 ml d'eaux brutes (Fig. 39), ensuite on les met dans l'incubateur à 20°C.
- On met un barreau magnétique pour assurer une agitation continue.
- Les deux bouteilles restent ouvertes pendant une heure du temps.
- On met l'inhibiteur de dénitrification et 3 pastilles de soude (NaOH) dans deux cupules en caoutchouc et on ferme par les calculateurs Oxitop.
- L'incubateur reste fermé pendant 5 jours (Fig. 39) (Boulhella et Metlas, 2016).

➤ Expression des résultats

On calcule la concentration en DBO₅ par la formule suivante : $[DBO_5] \left(\frac{mg}{l} \right) = V \times f$

Où :

V : la valeur indiquée après 5 jours sur l'afficheur du flacon DBO.

F : le facteur qui correspond aux volumes de l'échantillon choisie.

La DBO₅ est donnée en mg/l (Osmani, 2013).



(a) Flacon à DBO5.



(b) DBO mètre.

Figure 39: Mesure de Les demandes biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅)

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-7- Nitrite NO₂⁻

➤ Principe

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N1 Naphtyléthylèdiamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm au spectrophotomètre (Bendjamaa et Bendridi et Chermat, 2018).

➤ Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte (Fig. 40).
- Attendre 10 min.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂.

➤ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l (ADE, 2021).



Figure 40: Mesure de Nitrite.

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-8- Nitrates NO_3^-

➤ Principe

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (STEP, 2021).

➤ Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- 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 laissé reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre (Fig. 41).

➤ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 420 nm.

Multiplier par 4,43 pour obtenir le résultat en NO_3^- (Bendjamaa *et al.*, 2018).

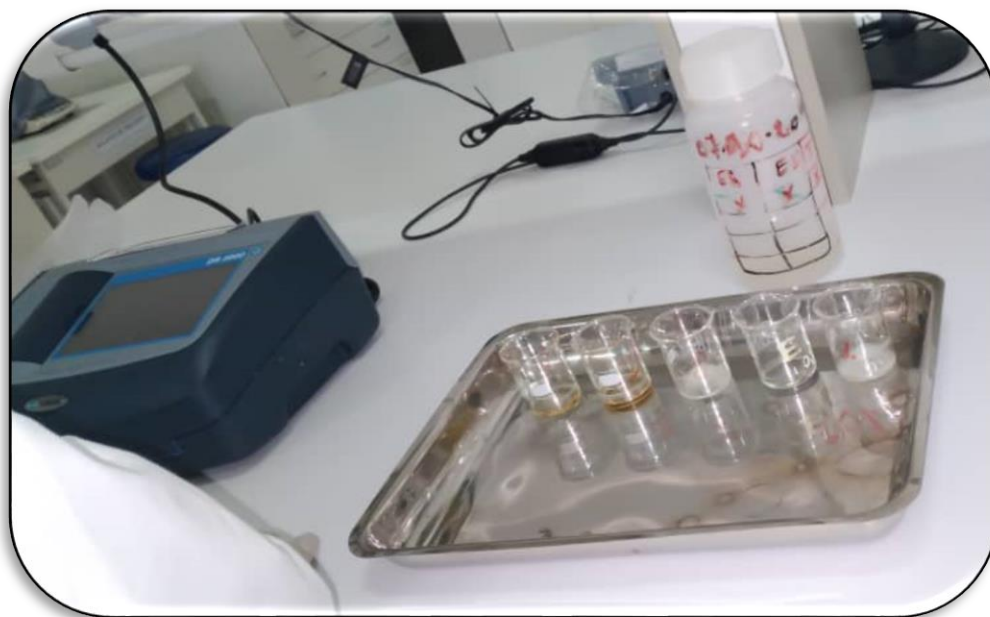


Figure 41: Mesure de Nitrate.

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-9- L'Azote total

➤ Principe

L'azote de composition organique et inorganique s'oxyde en présence de peroxydisulfate et se transforme donc en nitrate. Les ions nitrates réagissent dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique avec du diméthyl-phénol-2.6 en formant du nitrophénol (**Osmani, 2013**).

➤ Mode opératoire

1. Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réactif sèche.
2. Préparer 0,2ml d'échantillon, 2,3 ml de solution A, une tablette B. Fermer immédiatement ne pas mélanger.
3. Chauffer directement : pendant 60 minute à 100°C dans un thermostat, ensuite refroidir et ajouter 1 micro Cap C (**Fig. 42**).
4. Fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat soit complètement dissous du micro Cap C et qu'il n'y ait aucune particule restante.
5. Pipeter lentement dans une cuve 0,5 ml d'échantillon désagréé, et 0,2 ml de solution D. fermer immédiatement la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'aucun dépôt ou agrégat ne soit observable.
6. Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

7. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde 345 nm (Fig.42).

➤ **Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l (Osmani, 2013 ; STEP, 2021).



(a) Préparation de l'éprouvette de réaction. (b) Mesure par le spectrophotométrie.

Figure 42 : Mesure de l'Azote total.

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-10- Azote Ammoniacal NH_4^+

➤ **Principe**

Le principe peut se décomposer en plusieurs étapes :

- 1^{ère} étape : libération du gaz ammoniac (NH_3) à partir des ions ammonium en milieu basique.
- 2^{ème} étape : entrainement à la vapeur de l'ammoniac par distillation.
- 3^{ème} étape : dosage des ions ammonium par acidimétrie avec l'acide sulfurique (STEP, 2021).

➤ **Mode opératoire**

- Prélever 50 ml d'échantillon à analyser qui doit contenir entre 0,2 et 20 mg de NH_4^+ .
- Pour une quantité inférieure à 0,2 mg, utiliser une méthode spectrophotométrique.
- Pour une quantité supérieure à 20 mg, réaliser une dilution.
- Introduire la prise d'essai dans le ballon à distillation et ajouter 20 ml d'une solution de carbonate de sodium pour alcaliniser le milieu. Ajouter éventuellement un agent antimousse.

-Admettre la vapeur durant au moins 20 minutes en recueillent le distillat dans 5 ml d'acide borique avec de l'eau distillée, en quantité suffisante pour que l'allonge du réfrigérant barbote dans le liquide, et 3 à 4 gouttes d'indicateurs de tashiro.

-Titrer avec l'acide sulfurique au fur et à mesure que l'ammoniac se dissout et que l'indicateur vire au vert. Ramener la teinte au gris sale (**Fig. 43**).

➤ **Expression des résultats**

La teneur en azote ammoniacal exprimé en mg/l (**ADE, 2021**).



(a) Matériel de la mesure d'Azote Ammoniacal.

(b) La distillation.

Figure 43: Mesure de l'Azote Ammoniacal.

(Cliché personnel, Mai 2021).

2-11- Phosphates (PO_4^{3-})

➤ **Principe**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm) (**Bendjamaa et al., 2018**).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange (**Fig. 44**).
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO_4^{3-} (**Fig. 44**).

➤ Expression des résultats

Le résultat est donné directement en mg/l (STEP, 2021 ; Bendjamaa *et al.*, 2018).



(a) les réactifs de phosphate utilisés. (b) L'apparition de la coloration bleue.

Figure 44: Mesure de Phosphate.

(Cliché personnel, Mai 2021).

3- Les analyses bactériologiques

La population microbienne qui se trouve dans l'eau peut avoir plusieurs origines ; soit elle est purement aquatique, terrestre (vient du sol, des végétaux au voisinage du cours d'eau), ou bien d'origine humaine ou animale (contamination fécale) (Rodier *et al.*, 2009).

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Leyral *et al.*, 2002).

Une analyse de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- Recherche et dénombrement des coliformes totaux.
- Recherche et dénombrement des Streptocoques.
- Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices.
- Recherche et dénombrement des germes pathogène (Rodier *et al.*, 2009).

3-1- Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes totaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C (**Carbannelle, 1988 ; Camille, 2003**).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'E coli ont été effectués par la technique de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

Le principe de cette méthode se divise en deux étapes:

a. Test présomptif

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} , 10^{-9}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques (**Rejsek, 2002**).

La recherche se fait en bouillon BCPL S/C (Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol simple concentration).

- Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette stérile et la porter dans le premier tube de la série contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1} .

-Homogénéiser et Prélever 1ml de la dilution 10^{-1} précédente et l'ajouter à un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} .

-Transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} et continuer jusqu'à 10^{-9} .

-Refaire la technique pour les 6 autres tubes de BCPL afin d'obtenir 9 tubes de BCPL, et refaire pour deux autres séries (**Fig. 45**) (**Délaras, 2008**).

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

-L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Mouffok, 2001 ; Labres, 2002 Délaras, 2007**).

❖ Lecture

Après incubation seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) (**Labres et al., 2008**).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP (**Lebres, 2002**), pour obtenir le nombre le plus probable de coliformes totaux présents dans 1 ml d'eau à analyser.

b. Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche des coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli* (**Merzoug, 2009**).

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu(x) de confirmation (**Rodier et al., 2009**). Comme milieu de confirmation, on a utilisé: le milieu eau peptone exempté d'indole. L'incubation se fait cette fois-ci à 44°C pendant 24 heures (**Fig. 45**) (**Labres et al., 2008**).

❖ Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant :

- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (**Fig. 45**) (**Rejsek, 2002**).

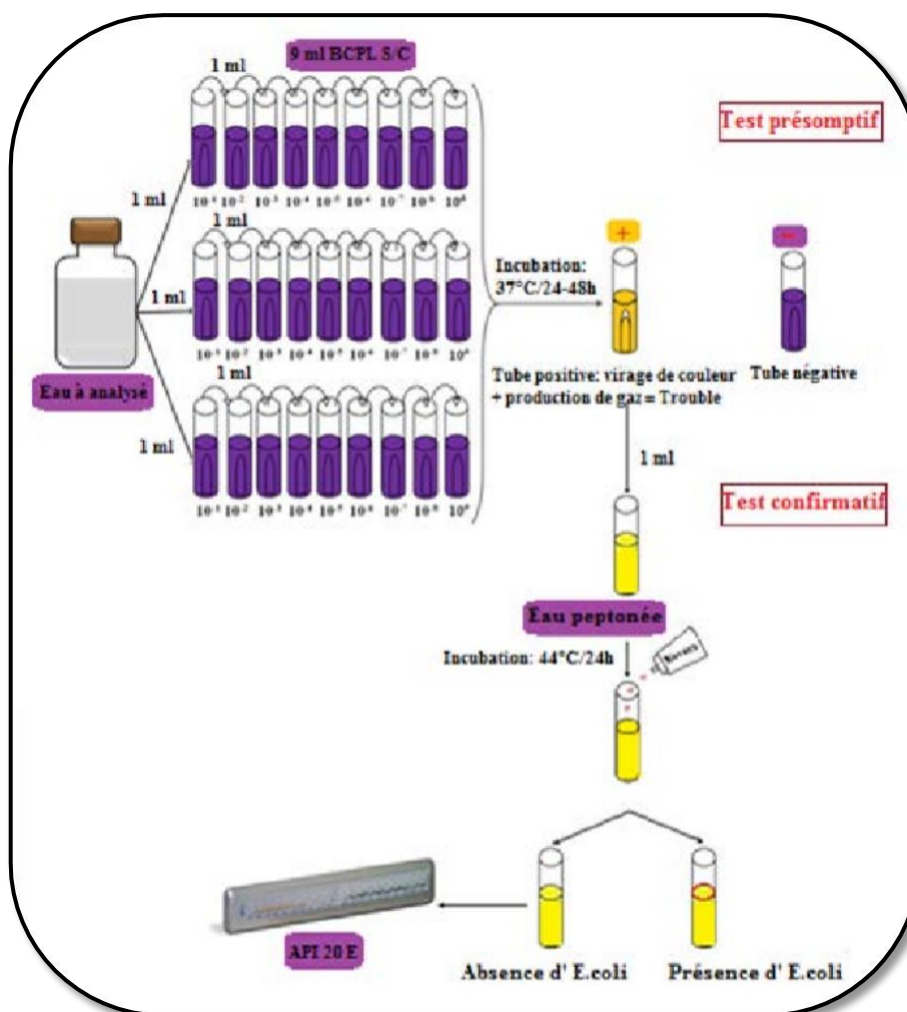


Figure 45: Protocol de recherche et dénombrement des coliformes totaux et *E. coli* dans les eaux par technique de NPP (Bouzeraa et Boulmerka, 2017).

3-2- Recherche et dénombrement des Streptocoques

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes (Lebres, 2002 ; Hidouci, 2009), ne possédant pas de catalase, immobile, anaérobie facultative, non sporulant (Gillespie et Hawkey, 2006 ; Harvey *et al.*, 2007 ; Engelkirk, 2008). Mais possédant l'antigène du groupe D (Lebres, 2002 ; Hidouci, 2009). Ils produisent de l'acide lactique par fermentation du glucose et sont anaérobies aérotolestants (Denis *et al.*, 2007).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe D dans les eaux se fait aussi par la technique du NPP qui se fait en deux étapes consécutives :

- ✓ Le test présomptif : Réservé à la recherche présomptive des streptocoques.
- ✓ Le test confirmatif : Réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption (**Chaouch, 2007**).

a. Test présomptif

-A partir de l'eau à analyser, après homogénéisation, porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Roth S/C pour obtenir la dilution 10^{-1} .

-Homogénéiser et Prélever 1ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le seconde tube Roth pour avoir la dilution 10^{-2} .

-Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9ml de milieu Roth S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} .

-Refaire la technique avec les tubes de Rothe restant pour avoir 9 tubes de Roth, et 2 autres séries.

-L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (**Fig. 46**) (**Rejsek, 2002 ; Délarras, 2008**).

❖ Lecture

Après incubation, considérer comme positifs les tubes pour lesquels on observe un trouble dû à une croissance microbienne, Ces tubes doivent absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but de confirmation des streptocoques du groupe D (**Lebres et al., 2008**).

b. Test confirmatif

Après agitation des tubes positifs, prélever sur chacun d'eux successivement quelques gouttes de pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium (**Rodier et al., 2009**). Bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures (**Fig. 46**) (**Lebres, 2002**).

❖ Lecture

La présence de streptocoque du groupe D se caractérise par :

-l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet (**Fig. 46**).

-La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP de Mac Grady (**Rejsek, 2002**).

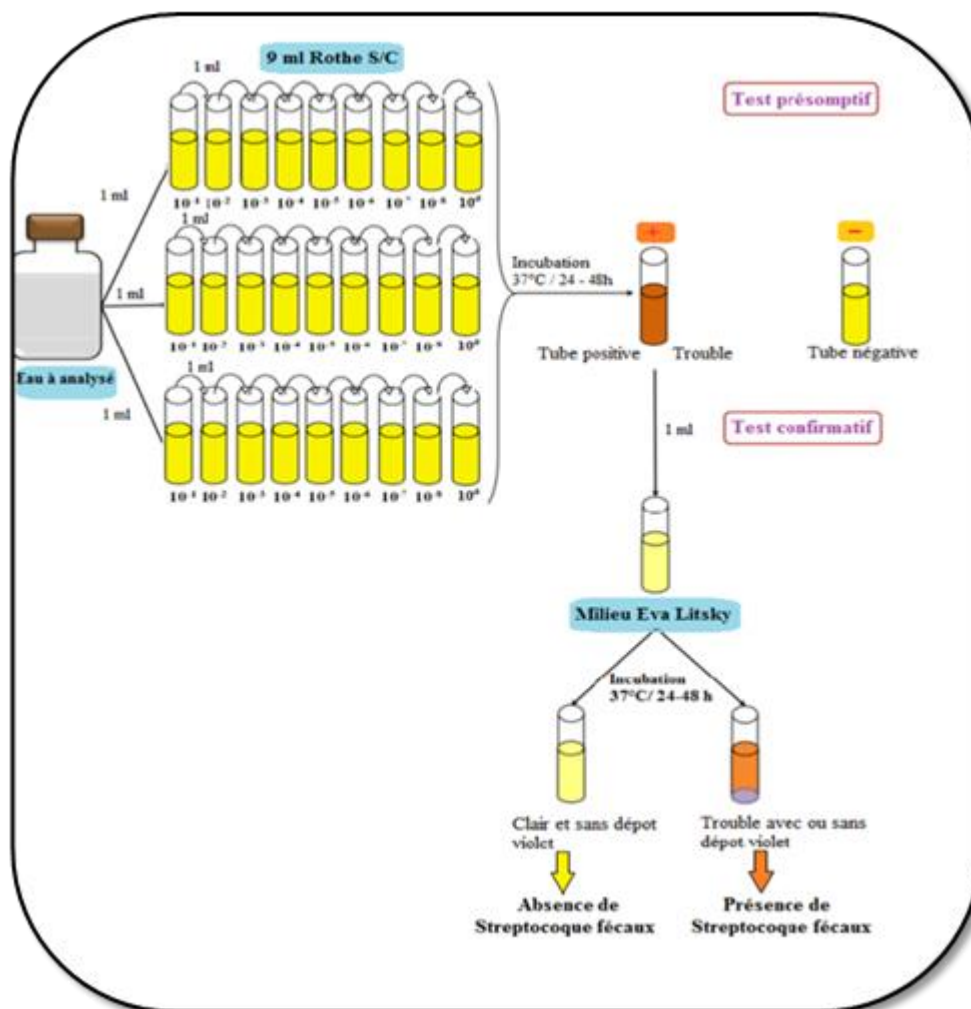


Figure 46: Protocole de recherche et dénombrement des entérocoques dans les eaux par technique de NPP (Bouzeraa et Boulmerka, 2017).

3-3- Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bacilles Gram positif (Lebres, 2002), ils sont capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement (Ferron, 1984), se développent à une température de 36 ± 2 °C en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe_2^+ donne Fe S (sulfure de fer) de couleur noire (Pechère *et al.*, 1982 ; Lebres, 2002).

Les *Clostridium* produisent des endospores ovales ou sphériques qui peuvent déformer la bactérie. Ce sont des bactéries anaérobies strictes, dont la tolérance vis-à-vis de l'oxygène varie selon les espèces, quelques espèces peuvent (sans sporuler) pousser en présence d'oxygène. Les

Clostridium sont usuellement dépourvus de catalase. Ils produisent habituellement des acides organiques et des alcools à partir des hydrates de carbone et des peptones (Avril *et al.*, 1992).

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettraient ainsi de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente (Rodier *et al.*, 2009).

➤ Mode opératoire

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds (Fig. 47) :

-Après l'avoir homogénéisé soigneusement, transférer environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage à 80 °C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.

-Après chauffage, refroidir immédiatement le tube, sous l'eau de robinet.

-Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

-Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose viande foie (VF), fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$, (Lebres *et al.*, 2008).

-Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air.

-Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incubé à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 24 à 48 heures (Lebres *et al.*, 2008).

❖ Lecture

- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.
- Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (Lebres *et al.*, 2008). Cette coloration est due à la germination des spores des bactéries

dans le milieu de culture car elles se trouvent dans un milieu favorable à leur développement (**Rejsek, 2002**).

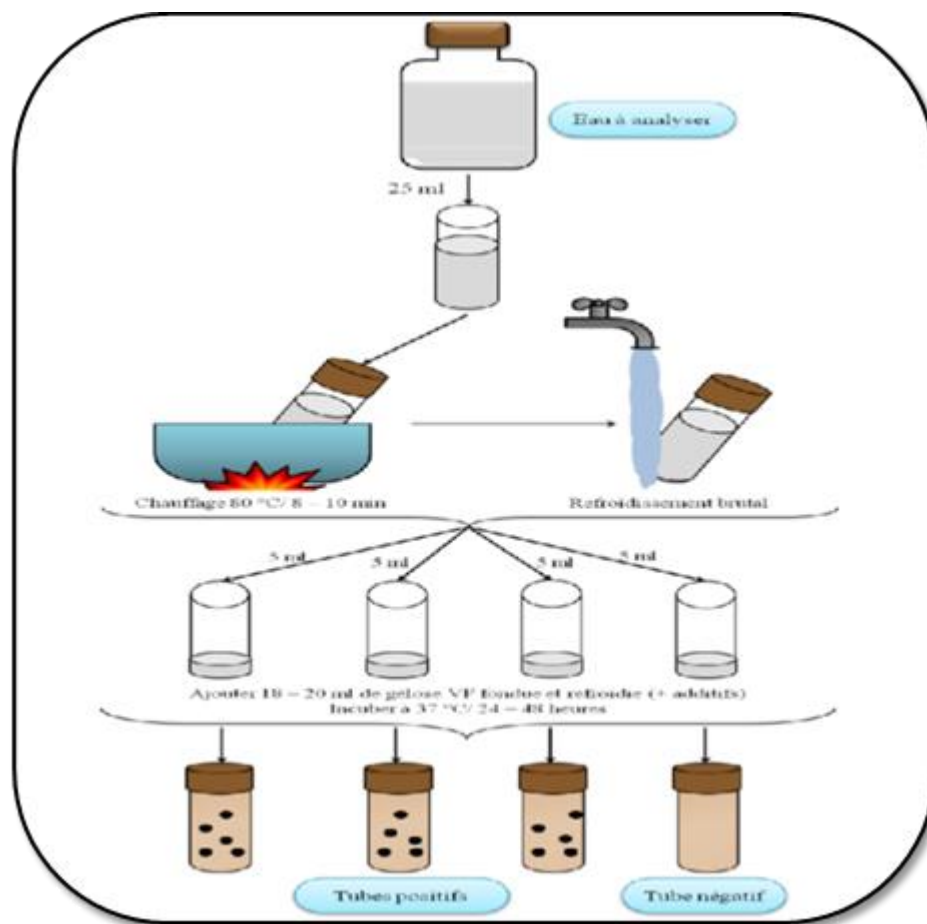


Figure 47: Protocole de recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs dans les eaux (**Abdellioui et al., 2012**).

3-4- Recherche des germes pathogènes

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (**Carbannelle, 1988**).

Le travail d'ensemencement des microorganismes se pratique sur une paillasse conforme à la réglementation autour de la flamme d'un bec Bunsen (**Delarras, 2007**). L'ensemencement par stries sur boîtes de Pétrie est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. L'inoculum est prélevé directement à partir de l'eau à analyser et est déposé sur un point périphérique de la gélose puis disséminé par stries sur toute la surface (méthode des quadrants) (**Aouissi, 2008**).

Un isolement est effectué à l'aide d'une anse de platine, une pipette Pasteur ou d'un ensemencer à usage unique stérile (**Denis et al., 2007**).

3-4-1- Recherche des staphylocoques

Ce sont des bactéries qui se présentent sous forme de Cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes de raisin, ils sont aérobies ou anaérobies facultatifs, possédant l'enzyme catalase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 36 ± 2 °C sur un milieu sélectif Chapman au mannitol qui contient un inhibiteur fortes concentrations en chlorure de sodium (**Pechère et al., 1982 ; Carbonnelle, 1988 ; Lebres et al., 2008**).

✓ Culture

On prépare les boîtes Pétrie avec le milieu Chapman (**Rodier, 1996**). A partir de l'eau à analyser, on porte aseptiquement 0.1 ml (2 gouttes) dans les boîtes de Pétrie qu'on étale à l'aide d'une pipette Pasteur stérile. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (**Fig. 48**) (**Ait Kaci et al., 2008**).

✓ Identification

Après la période d'incubation les staphylocoques apparaissent sous forme des petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc (**Ait Kaci et al., 2008 ; Rodier, 2009**).

L'identification des staphylocoques nécessite la mise en œuvre des réactions spéciales au genre :

- Coloration de Gram.
- Test à la catalase.

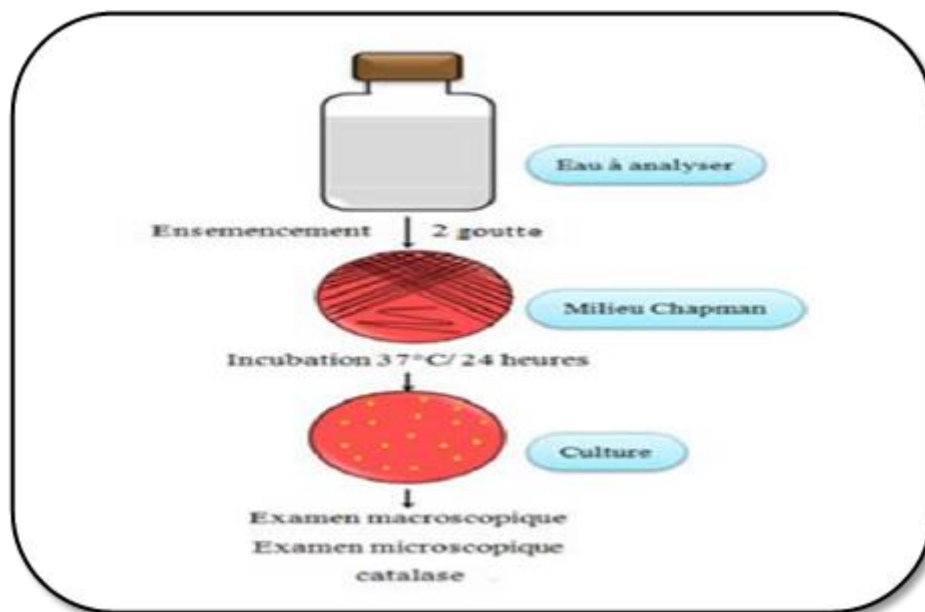


Figure 48: Protocole de recherche de *Staphylococcus* dans les eaux (Abdellioui *et al.*, 2012).

3-4-2 - Recherche de *Salmonella* et *Shigella*

✚ *Salmonella*

Les salmonelles sont des bacilles Gram négatifs (BGN) (Lebres, 2002), et qui en se développant à température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ en 24 à 48 heures, sur milieu Hectoen, forment de petites colonies, lisses à contours réguliers, pigmentées en vert ou en bleu vert à centre noir (Pechère *et al.*, 1982 ; Carboneille *et al.*, 1988 ; Labres *et al.*, 2008).

✚ *Shigella*

Les Shigelles sont des *Enterobacteriaceae*, rencontrées exclusivement chez l'homme, elles ne font partie d'aucune flore commensale chez l'homme, elles sont toutes pathogènes et spécifiques du tube digestif (Beriche *et al.*, 1988), éliminées par les selles et dispersées dans les sols et les eaux où elles ne survivent que peu de temps. Morphologiquement ce sont des bacilles Gram négatifs, immobiles, dépourvus de spores et de capsules très proches d'*E. coli* (Pechère *et al.*, 1982 ; Carboneille, 1988).

✓ Culture

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 2 gouttes et l'on étale à la surface de Gélose Mac Conkey, Gélose *Salmonella Shigella* (Gélose SS), et Gélose Hectoen, et se fait des stries par une pipette pasteur fermé stérile, puis les incubent à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 à 48 h (Fig. 49).

✓ **Identification**

L'identification des salmonelles et Shigelles se fait par :

- Un examen macroscopique
- Un examen microscopique des colonies suspectes.
- Identification par une galerie biochimique API 20E (Lebres, 2002).

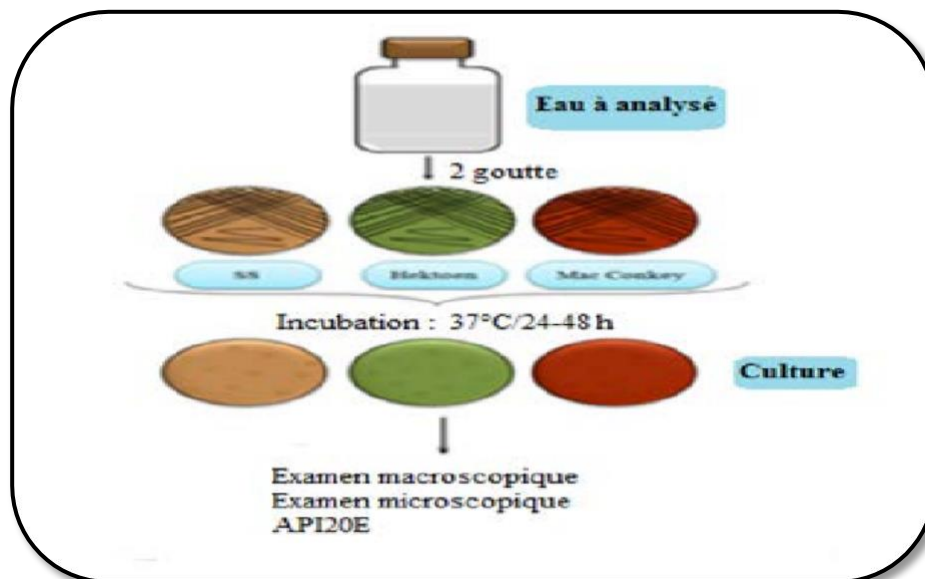


Figure 49: Protocole opératoire de la recherche de *Salmonella* et *Shigella* dans l'eau (Bouzeraa et Boulmerka, 2017).

3-4-3- Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

On entend par *Pseudomonas aeruginosa*, une bactérie qui se présente sous forme de bacille à Gram négatif possédant l'enzyme oxydase, et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide et ne dégrade pas le lactose (Pechère *et al.*, 1982 ; Pilet, 1987 ; Labres *et al.*, 2008).

✓ **Culture**

A partir de l'eau à analyser porter aseptiquement deux gouttes et l'on étale à la surface de gélose type Cétrimide, alors que les colonies de bactéries lactose positives sont bleu ou bleu vert, et se fait des stries par une pipette Pasteur fermé et stérile, puis les incubent à 37 °C pendant 24 à 48 h (Fig. 50) (Lebres *et al.*, 2008).

✓ Identification

Considérer comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence. Du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide, on peut suspecter les colonies présentes d'être *Pseudomonas*. Dans tous les cas, il faudra réaliser une identification de l'espèce:

- Coloration de Gram.
- Examen direct entre lame et lamelle (état frais), il permet d'observer la mobilité des germes.
- Oxydase.

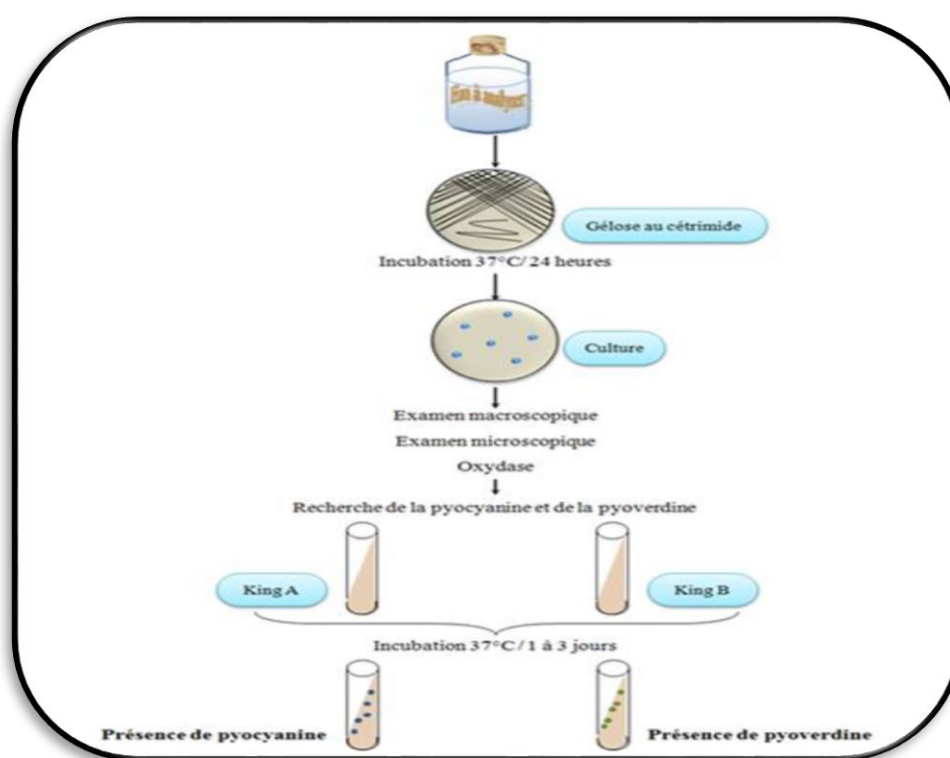


Figure 50: Protocole de recherche des *Pseudomonas* dans les eaux
(Amiri et Boualleg, 2014).

3-4-4- Recherche de *Vibrio cholérique*

Les *Vibrio* sont des bacilles à Gram négatif, droits ou incurvés, assez court, d'un diamètre compris entre 0,5 et 0,8 μm et une longueur comprise entre 1,4 et 2,6 μm (Cohen et Karib, 2007). Ils sont aéro-anaérobies facultatifs (Le Minor et Veron, 1989), et possédant une oxydase et fermentant le glucose sans production de gaz ni d' H_2S (Pechère *et al.*, 1982).

✓ Mode opératoire

- Enrichissement

- S'effectue dans des tubes portes 10 ml de milieu eau peptonée alcaline (EPA), Ce dernier sera par la suite incubé à 37 °C pendant 18 à 24 heures (**Fig. 51**) (**Lebres, 2002**).

- **Isolement**

- Un isolement sur gélose GNAB.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures (**Lebres, 2008**).

- ✓ **Lecture des boîtes et identification**

D'autre part, les boîtes de gélose nutritive alcaline biliée (GNAB) subiront une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques (**Lebres, 2008**).

- ✓ **Identification morphologique et biochimique**

- Sur GNAB, les colonies sont rondes, plates, bord réguliers, surface lisse brillantes, translucides sous forme de goutte de rosée (**Patrick et al., 2009**).
- Une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :
 - Etat frais et coloration de Gram.
 - Ensemencement d'une galerie biochimique classique ou bien galerie API 20E.

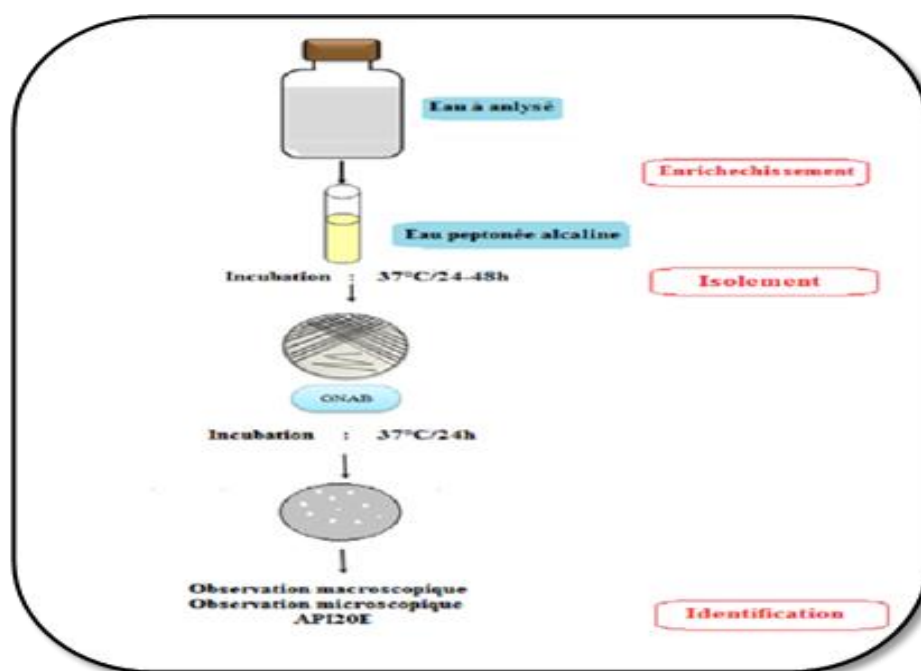


Figure 51: Protocole de recherche et identification de *Vibrio* dans les eaux
(Bouzeraa et Boulmerka, 2017).

4- Identifications

4-1- Examen macroscopique des caractères cultureux

Pour l'examen macroscopique des bactéries, les souches doivent être cultivées sur un milieu gélosé solide en boîte de Pétrie. L'aspect des colonies dépend du milieu, de la durée et la température d'incubation (**Dellaras, 2007**). Il ne pourra être décrit convenablement qu'à partir des colonies bien isolées. La description des colonies doit mentionner plusieurs éléments :

- La taille : ponctiforme, petite colonie, moyenne et grosse colonie.
- La forme : bombée, plate, ombiliquée, à centre surélevé.
- L'aspect de la surface : lisse, rugueux.
- L'opacité : opaque, translucide, transparent.
- Pigmentation.
- La Consistance : crémeuse, muqueuse, sèche, grasse.
- La couleur (**Rouaiguia, 2010**).

4-2- Examen microscopique

Coloration de Gram

L'examen microscopique après une coloration de Gram nécessite au départ une préparation d'un frottis, une colonie bien isolée d'une culture en milieu solide sera prélevée et mise en suspension dans une goutte d'eau distillée stérile et fixé par la chaleur sur une lame.

L'observation se fait à l'objectif $\times 100$. Cette coloration permet de différencier les bactéries selon deux critères : leur forme (bacille, cocci, ...etc.) et leur affinité pour les colorants, en Gram positif et Gram négatif. Elle se déroule en plusieurs étapes qui se succèdent et consiste à :

- Fixer le frottis par la chaleur.
- Recouvrir le frottis de la solution de violet Gentiane. Laisser agir 1 minute.
- Recouvrir la préparation de Lugol. Laisser agir 1.30 minute.
- Rejeter le Lugol. Rincer à l'eau courante.
- Décolorer à l'alcool 95° pendant 10 secondes.
- Rincer à l'eau courante.
- Recouvrir la lame de la solution de Fuchsine diluée. Laisser agir pendant 30 secondes à 1 minute.

- Rincer abondamment à l'eau, égouttée, sécher entre deux feuilles de papier buvard très propres.
- Utilisation l'huile à immersion pour l'observation microscopique (Grossissement $\times 100$) (**Degrémont, 2005**).

✓ **Lecture**

Après ce traitement, les bactéries à Gram positif sont bien colorées en violet, et les bactéries à Gram négatif sont colorées en rose (**Fig. 52**) (**Carbonnelle, 1988 ; Prescott et al., 2003 ; Mamadou, 2005 ; Boukrouma, 2008**).

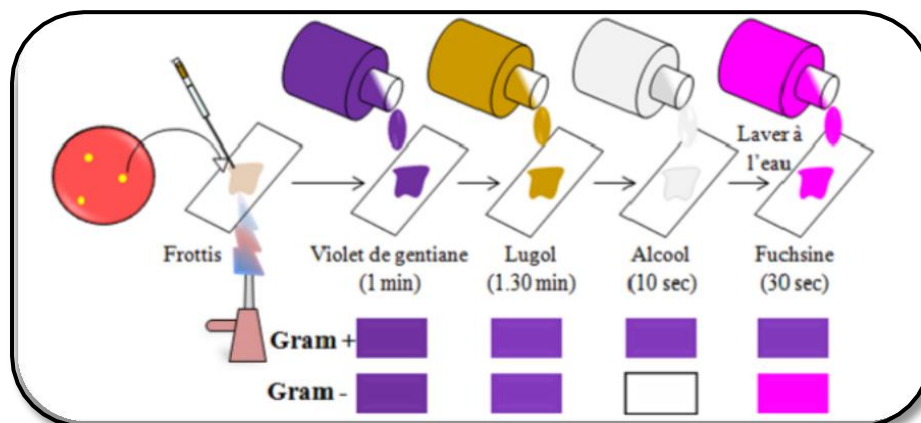


Figure 52: Procédure de la coloration de Gram
(**Merzoug, 2009**).

4-3- Examens liés aux caractères biochimiques

4-3-1- Mise en évidence d'une catalase

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et anaérobies facultatives. Elle décompose l'eau oxygénée formée en eau et en oxygène qui se dégage (**Dellaras, 2007**).

La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on plonge ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée à 10 volumes. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme (**Fig.53**) (**Carbonnelle et al., 1988**).

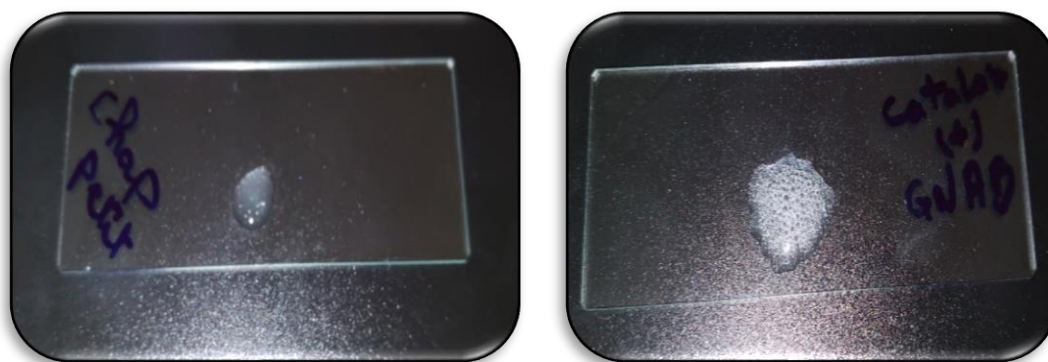


Figure 53: Test de la catalase (Résultat positive, négative)

(Cliché personnel, Avril 2021).

4-3-2- L'identification biochimique

✚ La galerie API 20 E

API 20 E est un système standardisé pour l'identification des *Enterobacteriaceae* et autres bacilles à Gram négatif, comprenant 20 tests biochimiques miniaturisés, ainsi qu'une base de données (Fig. 54).

➤ Principe

La galerie API 20 E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats sous forme déshydratée. Les tests sont inoculés avec une suspension bactérienne. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs (Merzoug, 2009).

✓ Mode opératoire

L'opération s'effectue selon les étapes suivantes :

- Réunir fond et couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide.
- Remplir tubes et cupules des tests : CIT, VP, GEL, avec la suspension bactérienne.
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
Créer une anaérobiose dans les tests : ADH, LDC, ODC, URE, H₂S en remplissant leurs cupules avec l'huile de paraffine.
- Refermer la boîte d'incubation, coder et placer à 37 °C pendant 18-24 heures.
- Il est important de veiller à ne pas créer de bulles lors de l'inoculation qui pourraient fausser le résultat.

✓ **Lecture**

- Après incubation, la lecture de la galerie doit se faire en se référant au Tableau de Lecture.
- Si 3 tests ou plus (test GLU + ou -) sont positifs, noter sur la fiche de résultats toutes les réactions spontanées puis révéler les tests nécessitant l'addition de réactifs :
 - ❖ Test TDA : ajouter 1 goutte de réactif TDA.
 - ❖ Test IND : ajouter 1 goutte de réactif Kovacs.
 - ❖ Test VP : ajouter 1 goutte des réactifs VP 1 et VP 2.

✓ **Interprétation**

L'identification est obtenue à partir du profil numérique.

- Détermination du profil numérique : sur la fiche de résultats, les tests sont séparés par groupes de trois et une valeur 1, 2 ou 4 est indiquée pour chacun. La galerie API 20 E comportant 20 tests, en additionnant à l'intérieur de chaque groupe les valeurs correspondant à des réactions positives, on obtient 7 chiffres ; la réaction de l'oxydase qui constitue le 21^{ème} test est affectée de la valeur 4 lorsqu'elle est positive. Identification : est réalisée avec le catalogue analytique ou à l'aide d'un logiciel d'identification.

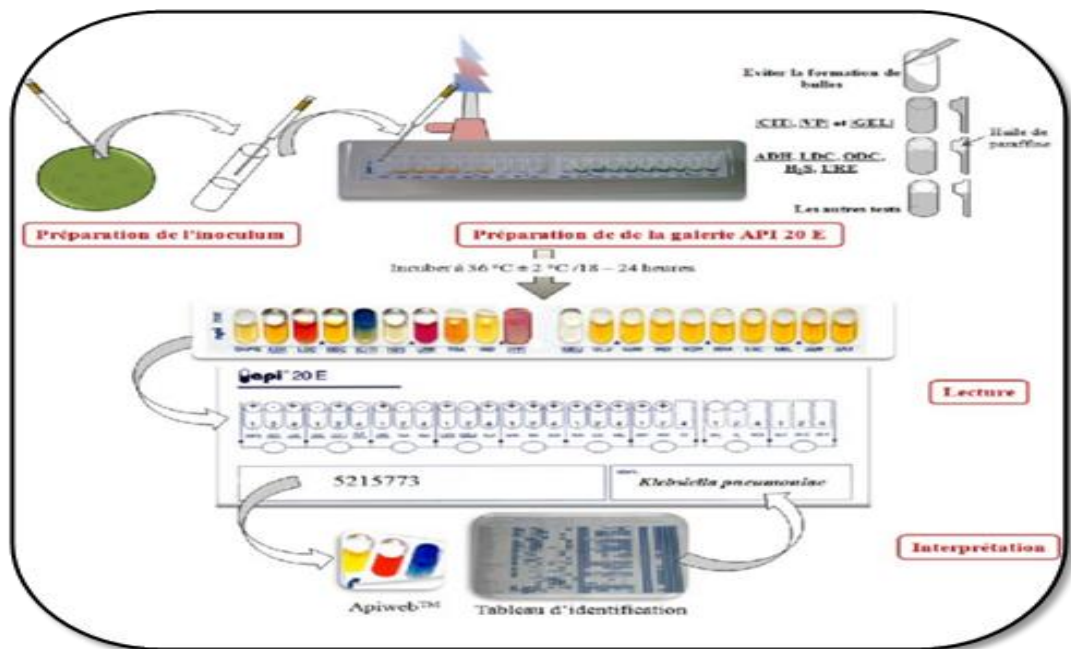


Figure 54: Protocole de réalisation de la galerie API 20E (Abdellioui *et al.*, 2012).

Chapitre 04

Résultats et Discussions



1- Résultats des analyses physico-chimiques

1-1- La température (T°)

Les températures des échantillons prélevés durant notre expérimentation sont représentées par la figure n° 55.

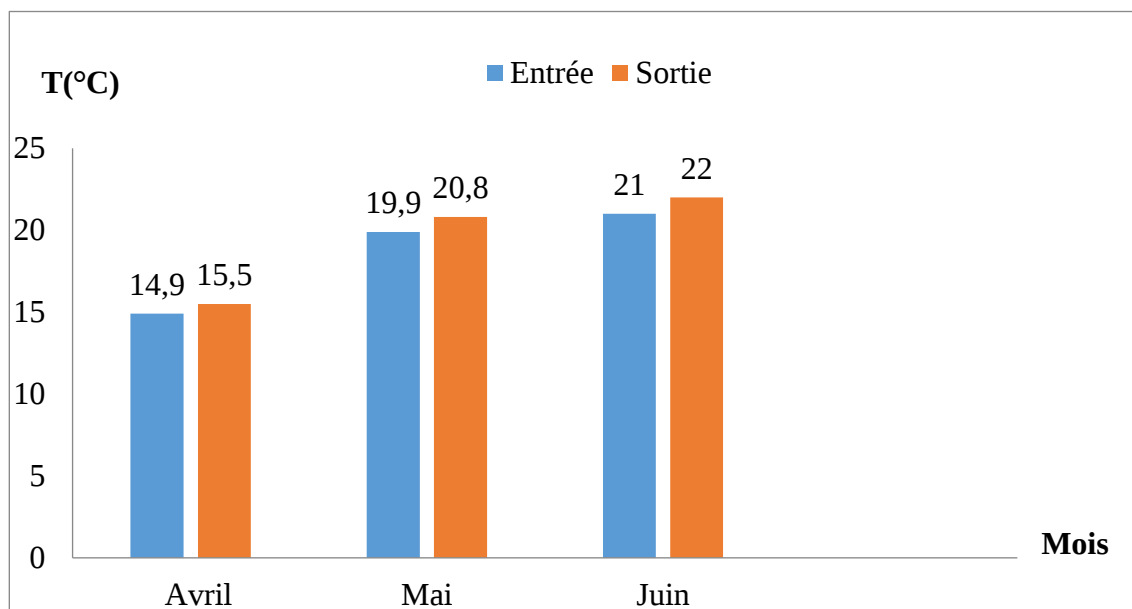


Figure 55: Variation de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique (**Rodier et al., 2005**).

D'après les résultats obtenus (**Fig. 55**), les valeurs de la température des différents échantillons sont proches. La température optimale pour l'eau brute est 21°C (Juin). A la sortie de la STEP la température maximale enregistrée est 22 °C pendant le Troisième prélèvement.

Les températures de l'effluent traité sont supérieures à celles enregistrées au niveau des eaux brutes, Ces valeurs sont en fonction de l'heure de prélèvement et des conditions météorologiques. L'élévation de la température au cours du temps est influencée par la température atmosphérique. L'augmentation de la température favorise l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui présente un intérêt dans les stations d'épuration (**Osmani, 2013**).

Par ailleurs, les réactions chimiques et biochimiques s'accroissent. Toutes ces réactions consomment de l'oxygène ; si leur fréquence augmente la teneur en oxygène dissous diminue, et il peut alors apparaître de l'hydrogène sulfuré, du méthane des chaînes partiellement oxydées, avec comme conséquence des odeurs désagréables ainsi que l'accroissement du développement des algues (**Rodier, 1996**).

La réglementation est très diversifiée à travers le monde, en Algérie, les normes de rejets des eaux usées en matière de température exigent une température de l'ordre de 30°C. Les valeurs de la température pour les différents échantillons sont inférieures aux normes (**Jora, 1993**).

1-2- Le potentiel hydrique de l'eau (pH)

Les valeurs du pH des différents échantillons analysés sont regroupées dans le graphe suivant :

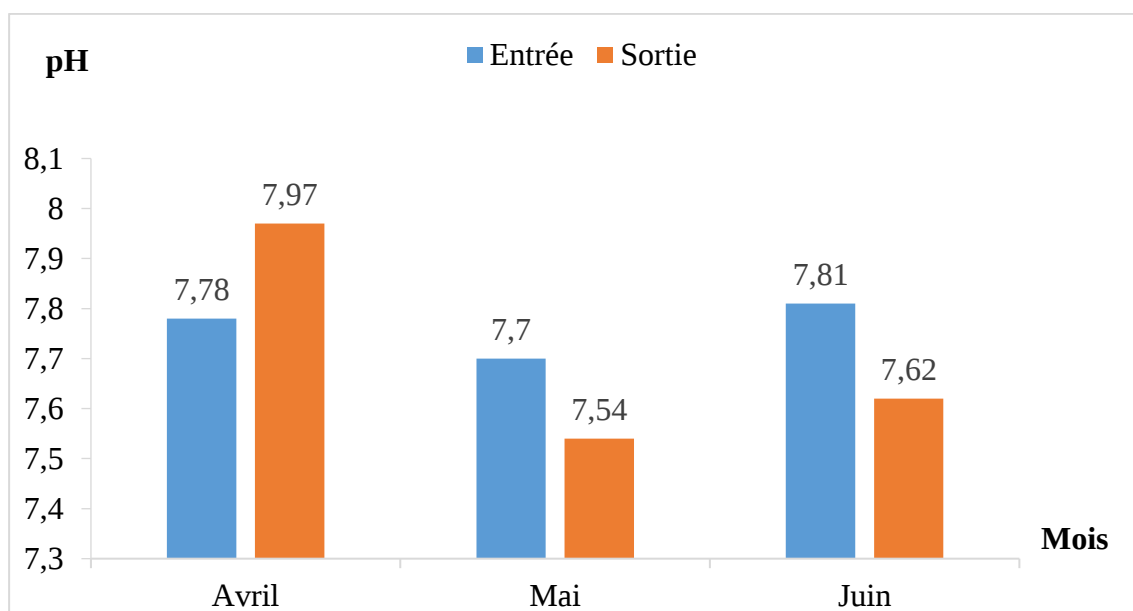


Figure 56: Variation du potentiel hydrique des eaux brutes et épurées de la STEP de Ferdjiaoua (Avril- juin 2021).

La mesure du pH des eaux usées donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité de ces eaux. Il est important pour la croissance des micro-organismes qui ont généralement un pH optimal variant de 7,5 à 8. Des valeurs de pH inférieures à 5 ou supérieures à 8,5 affectent directement la viabilité et la croissance des micro-organismes (**Mara, 1980**).

Selon le résultat obtenu les valeurs de pH oscillent entre 7.54 (Mai) et 7.97 (Avril), dans le même site de sortie (**Fig.56**), donc la qualité de l'eau est neutralité rapprochée dans tous les

prélèvements (**Tab. 6**), alors que ce paramètre est fortement influencé sur le changement des composants de l'eau et les activités biologiques.

Tableau 6: Grille d'estimation de la qualité de l'eau selon le pH (**Benslimen, 2002**).

pH	Qualité de l'eau
pH<5	Acidité forte
pH=7	Neutralité (eau pure)
7<pH<8	Neutralité rapproché (eau de surface)
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité, évaporation intense

1-3- Oxygène dissous (OD)

Les résultats des mesures de l'oxygène dissous d'eaux brutes et épurées sont présentés dans la figure n° 57.

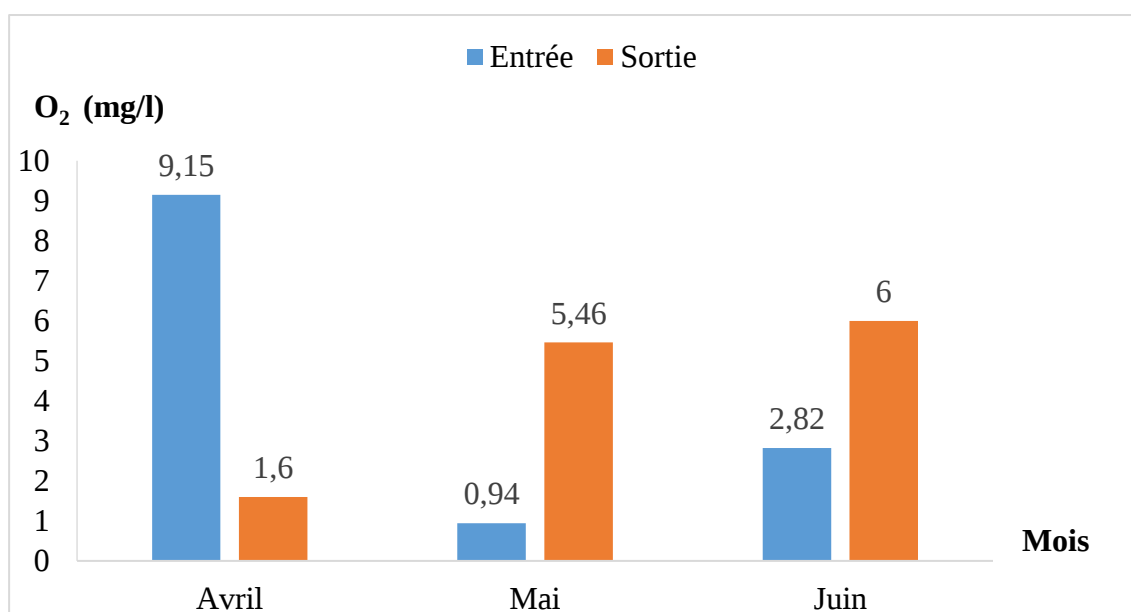


Figure 57: Variation de l'oxygène dissous des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (**Avril- juin 2021**).

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend essentiellement de la température. Les teneurs en oxygène dissous sont variables d'une manière régulière dans l'espace et dans le temps. Les variations sont essentiellement observées durant la période pluvieuse (**Amira et Chebbah, 2013**).

L'apport d'oxygène constitue une part importante des frais d'exploitation d'une station d'épuration biologique (**Rodier et al., 2009**)

La saturation en oxygène de l'eau est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface air-eau. Plus la température de l'eau est faible, plus la solubilité de l'oxygène est importante (**Leynaud, 1980**).

D'après les valeurs que nous avons enregistrées un minimum à mai de 0,94 mg/l. La valeur maximale est notée pendant le premier prélèvement (Avril) est de 9,15 mg/ l, avec moyenne de 4,30 mg/l pour les eaux brutes. Au niveau des eaux traitées, la valeur enregistrée varie entre 1,6 et 6 mg/l., et moyenne de 4,35mg/l. les résultats obtenus ne dépassent pas les normes 5mg/l.

D'après la figure 57, les teneurs en O₂ dissous enregistré à la sortie sont nettement supérieure à celle de l'entrée pendant la deuxième et le troisième prélèvement, ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin d'aération, nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies. Sauf le premier prélèvement où les valeurs de la sortie sont supérieure à celle de l'entrée à cause de la forte précipitation du le mois d'Avril.

1-4- La conductivité électrique (CE)

Les résultats des mesures de la conductivité d'eaux brutes et épurées sont présentés dans la figure n° 58.

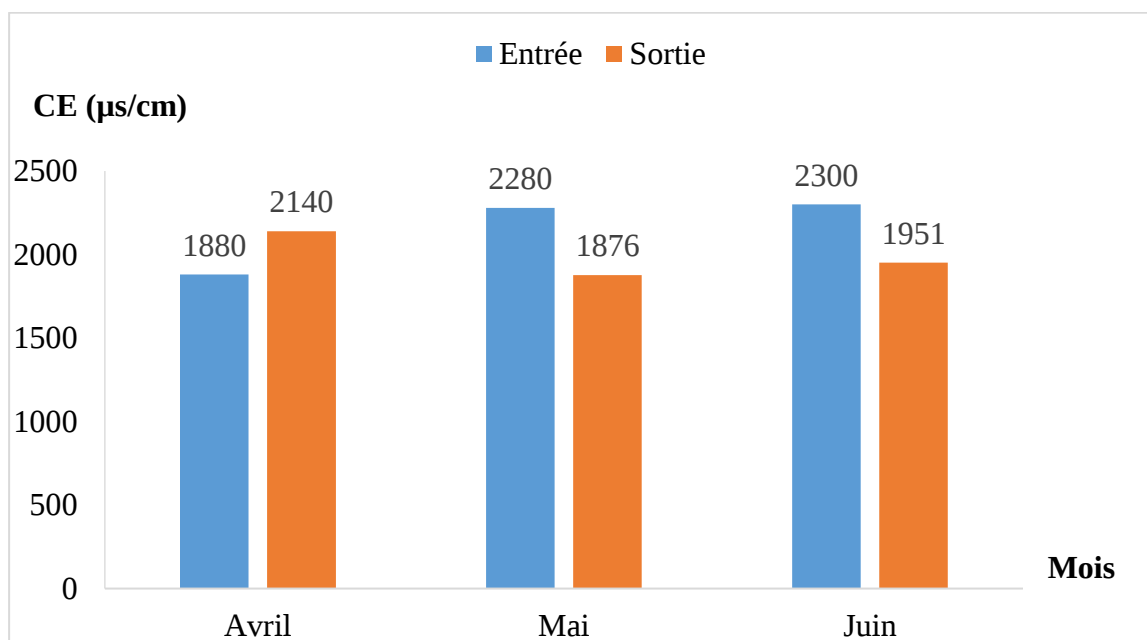


Figure 58: Variation de conductivité électrique des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais approximativement, la minéralisation globale de l'eau, elle s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eaux. Dans les eaux de surface et les rejets d'eaux usées, des modifications importantes de la conductivité peuvent intervenir rapidement au cours de la journée (**Rejseke, 2002**).

A l'entrée de la station la valeur la plus élevée pour la conductivité électrique est enregistré à Juin par (2300 $\mu\text{s/cm}$).

Tandis qu'à la sortie de la station de traitement, la grande valeur est enregistrée durant le mois d'avril (2140 $\mu\text{s/cm}$).

Par contre on observe la valeur minimal pour l'eau épurée est 1876 $\mu\text{s/cm}$.

En générale, cette variation peut être expliquée par la sédimentation des sels minéraux dans le clarificateur qui sont concentrés dans les boues (**Amira et Chebbah, 2013**).

La mesure de ce paramètre constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation (**Tab. 7**) d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique.

Tableau 7 : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité mesurée (**Rejseke, 2002**).

Conductivité en $\mu\text{s. cm}^{-1}$	Minéralisation de l'eau
<100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Important
>1000	Elevé

Nos résultats dépassent 1000 $\mu\text{s/cm}$, ce qui signifie que la minéralisation des eaux est significative.

D'une manière générale, la diminution de la conductivité électrique dans les périodes pluviales peut être attribuée à un phénomène de dilution (**Mehennaoui, 1998**). Cependant, ce

paramètre croît progressivement avec l'évaporation de l'eau est donc l'augmentation de la salinité de l'eau (période estivale).

Ces résultats ne sont qu'un indice car la conductivité peut varier plusieurs fois au cours de la même journée, et pour qu'elle soit significative il serait souhaitable de la mesurer toutes les deux heures (Amira et Chebbah, 2013).

1-5- La matière en suspension (MES)

La teneur en matière en suspension des différents échantillons est représentée par la Figure n° 59

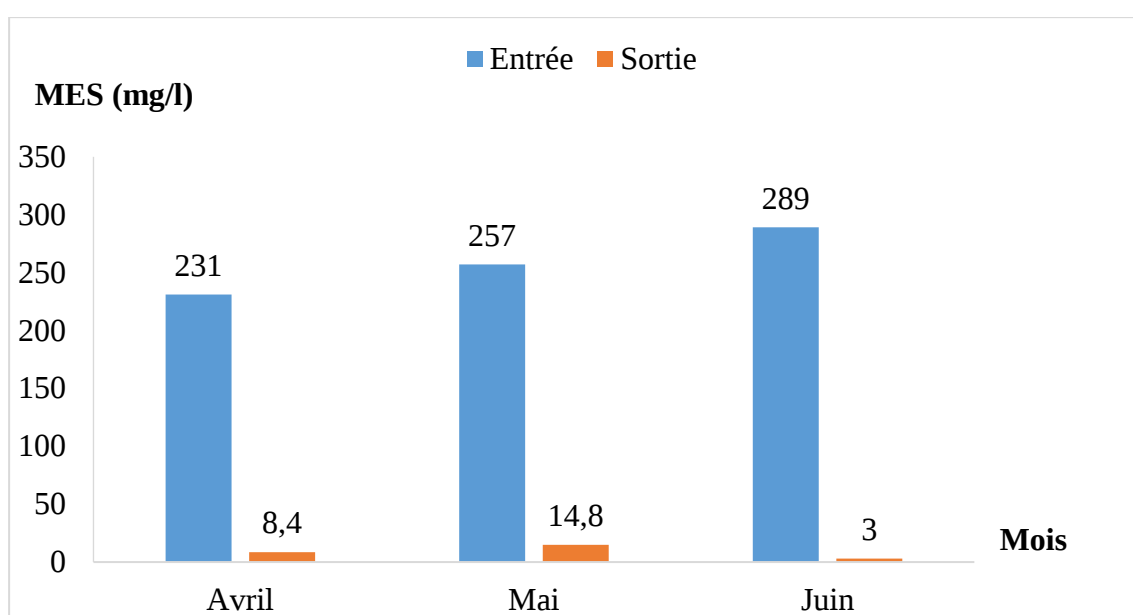


Figure 59: Variation de Matière en suspensions des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

Toutes les eaux superficielles contiennent des matières en suspension et des teneurs de quelques mg/l ne posent pas de problèmes majeurs (Mebarki, 1982). Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux et la nature des rejets (Rodier, 1996).

Les matières en suspensions (MES) provoquent un déséquilibre dans le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet direct qui causera une diminution de la clarté de l'eau, limitant ainsi la biosynthèse végétale (Rejsek, 2002).

La concentration de la matière en suspension est très élevée à l'entrée de la station qui est très chargée en matière minérale à savoir le sable, limon et argile etc.... au fait que cette STEP est dimensionnée pour recevoir une grande quantité d'eaux usées qui permette à une grande pollution.

Les résultats obtenus pendant les campagnes de prélèvement nous permettent de constater que la valeur la plus élevée a été signalé dans les eaux brute, varient entre 231 et 289 mg/l, alors que celle la plus basse est comprise entre 14,8 mg/l et 3 mg/l enregistrée dans l'eau épurée. La station d'épuration traitée en moyenne 259 mg/l à l'entrée et 26,2 mg/l a la sortie.

Les valeurs observées ne dépassent pas les normes des OMS appliqué en Algérie (30 mg /l) (OMS, 2018).

1-6- Demande chimique en oxygène (DCO)

La figure ci-joint représente les résultats de la demande chimique en oxygène pour les différents échantillons analysés.

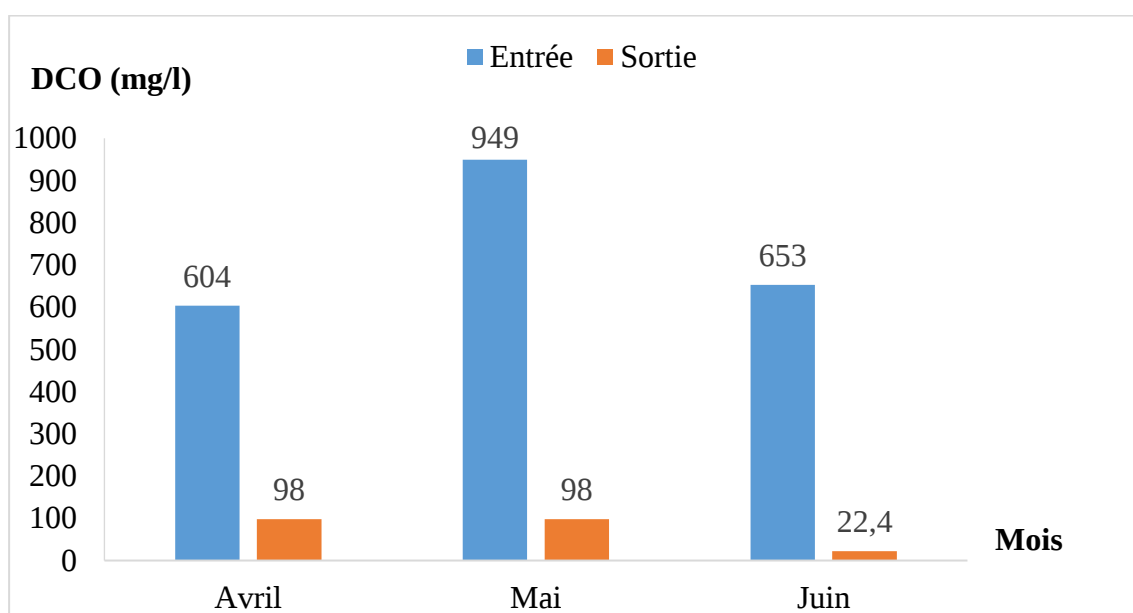


Figure 60: Variation de la demande chimique en oxygène des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjoua (Avril- juin 2021).

La demande chimique en oxygène représente l'enveloppe de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène, en particulier les sels minéraux oxydables et la majeure partie des composés organiques biodégradable ou non.

Le rejet de ces composés avec excès, dans le milieu récepteur, entraîne une chute oxygène dissous qui peut provoquer le phénomène d'eutrophisation (**Amira et Chebbah, 2013**).

On remarque que la concentration la plus élevés est enregistrée à l'entrée de la station (949 mg/l) alors que la concentration la plus basse constatée à la sortie (22,4mg/l) ce qui signifie que l'élimination de la pollution carbone est fortement efficace. Donc les valeurs moyennes enregistrées entre 754,3 mg/l et 72,8 mg/l montrent que bonne élimination. On remarque que les valeurs d'oxygène dissous pour l'eau épurée ne dépassent pas les normes de l'OMS (90 mg/l).

1-7- Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs de DBO₅ pour l'ensemble des échantillons analysés sont représentées par la figure n° 60.

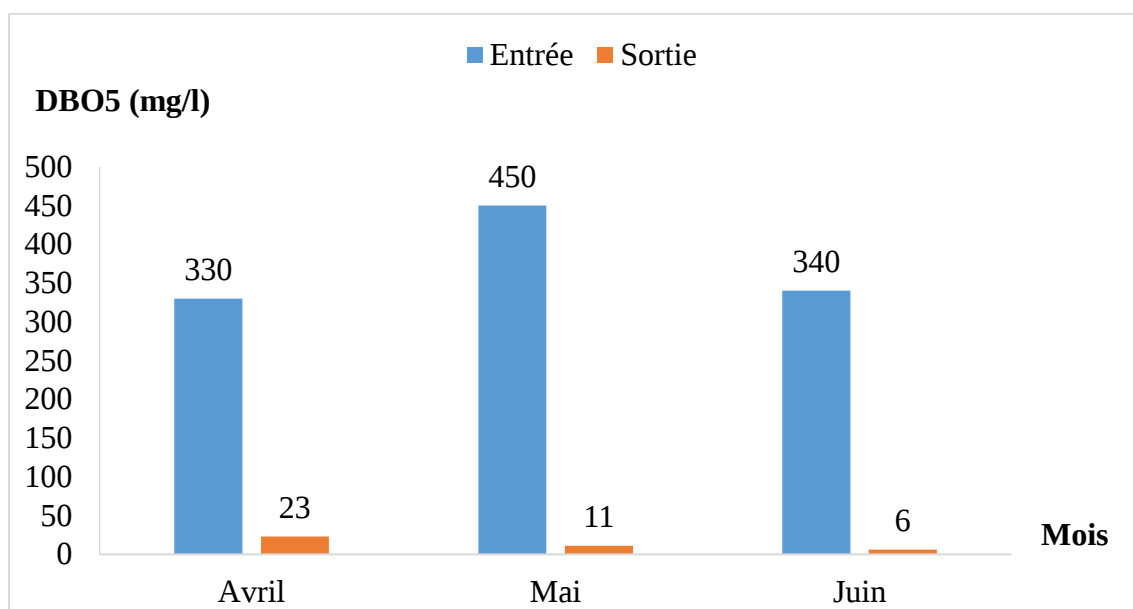


Figure 61: Variation de la demande biochimique en oxygène des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

La demande biochimique en oxygène exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau par les microorganismes du milieu.

Les valeurs de la DBO₅ enregistrées au sein de la station d'épuration varient de 450 mg/l (entrée) à 6 mg/l (sortie). La moyenne enregistrée entre 373,33 mg/l pour l'eau brute et 13,33 mg/l pour l'eau épurée.

La diminution de la DBO_5 s'explique probablement par le bon développement des micro-organismes favorisé par un temps de séjour suffisant dans le bassin d'aération d'une part et d'autre part à l'âge de boues et le type d'aération (prolonge ou discontinu) (Amira et Chebbah, 2013).

La valeur minimale enregistrée au niveau de la sortie de la station d'épuration, indique que le traitement biologique effectué sur l'eau usée est très acceptable, surtout si on considère que la norme exige une $DBO_5 < 25\text{mg/l}$ (Djedi, 2007).

1-8- Nitrite (NO_2^-)

Les résultats des teneurs en nitrites sont représentés par la figure suivant :

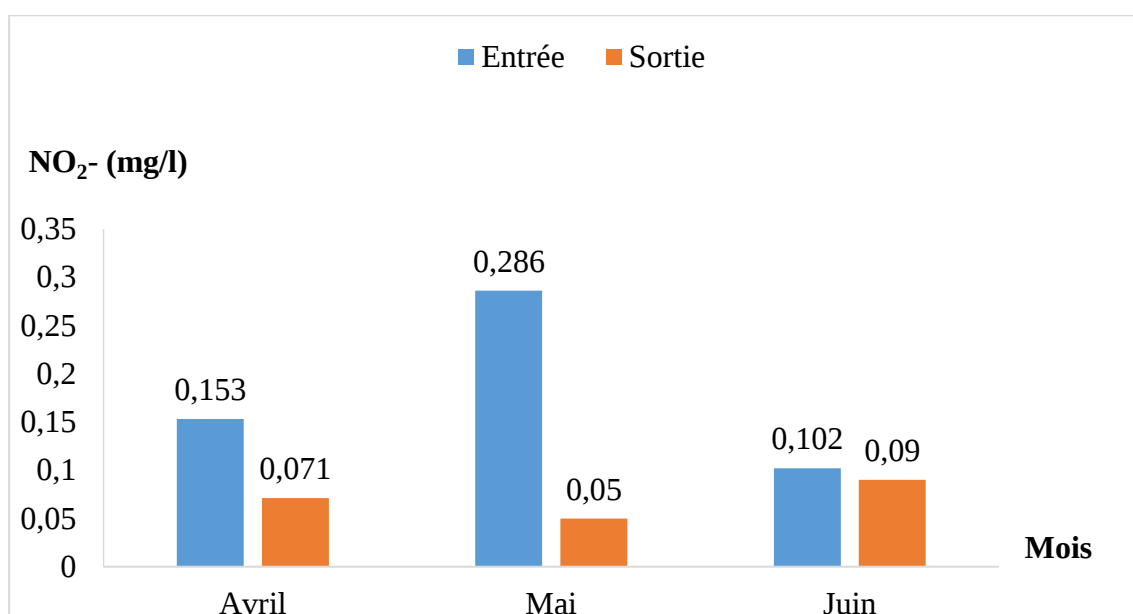


Figure 62: Variation de Nitrite des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

On remarque que la teneur en nitrites des eaux (brutes et traitées) est très faible. Ainsi, la différence de ces valeurs entre l'entrée et la sortie nous renseigne sur une légère variation, dont les valeurs se situent entre 0,102 mg/l et 0,286 mg/l au niveau des eaux brutes (Fig. 62). Les valeurs après traitement varient de 0,05 mg/l à 0,09 mg/l.

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque où la nitrification n'était pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant à des températures élevées, cette dernière joue un rôle important pour le fonctionnement du système de traitement (Choubert, 2002).

1-9- Nitrates (NO_3^-)

Les valeurs de nitrates pour l'ensemble des échantillons analysés sont représentées par la figure n° 63.

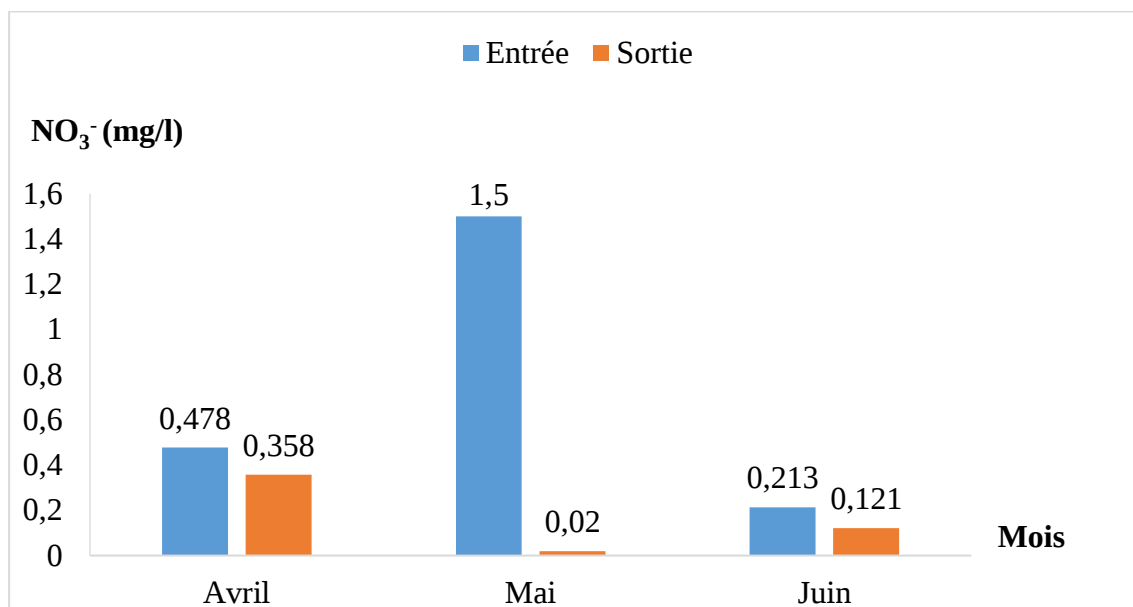


Figure 63: Variation de Nitrate des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

L'étude de ces résultats (**Fig. 63**) nous permis de constater qu'au niveau des effluents, les valeurs des nitrates à l'entrée varient entre 0,213 et 1,5 mg/l et à la sortie présentent des valeurs varient entre 0,02 et 0,358 mg/l. La STEP enregistrée les valeurs moyenne successivement entre 0,73 mg/l et 0,16 mg/l. Qui ne dépassant pas les normes algériennes (25 mg/l).

Les faibles teneurs en nitrate au niveau des eaux brutes sont probablement dues au fait que l'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques est essentiellement d'origine humaine (**Chocat, 1997**).

Durant notre étude nous avons observés une bonne élimination en nitrite, le taux d'éliminations en ammonium obtenus avec le processus aérobie lors de la période d'étude est probablement dus à une concentration suffisante en bactéries nitrifiantes dans la partie aérobie de chenal (**STEP, 2021**).

1-10- L'Azote total

Les teneurs en azote total des différents échantillons sont représentés par la figure n° 64.

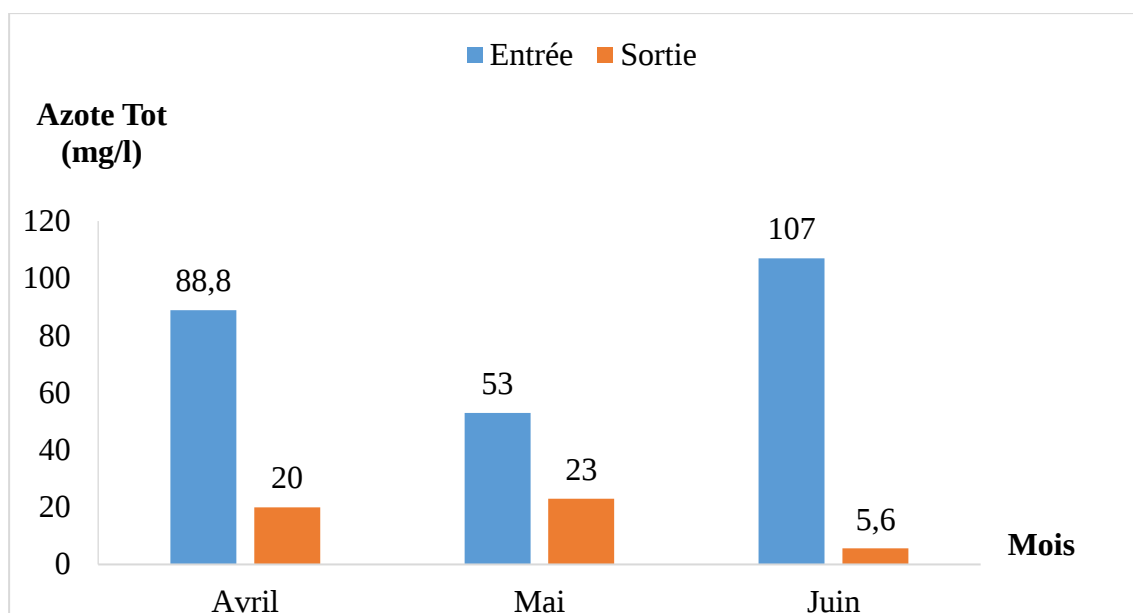


Figure 64: Variation de l’Azote total des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

D’après la figure 64, les valeurs de l’azote total à l’entrée sont comprises entre 53 mg/l et 107 mg/l, alors qu’à la sortie, les valeurs sont comprises entre 5,6 et 23 mg/l.

Les valeurs de l’eau traitée sont inférieures à 50 mg/l et par conséquent ils répondent aux normes.

1-11- Azote Ammoniacal (NH_4^+)

La figure 65 montre l’évolution des concentrations de NH_4^+ dans les eaux usées et les eaux épurées dans la STEP de Ferdjioua.

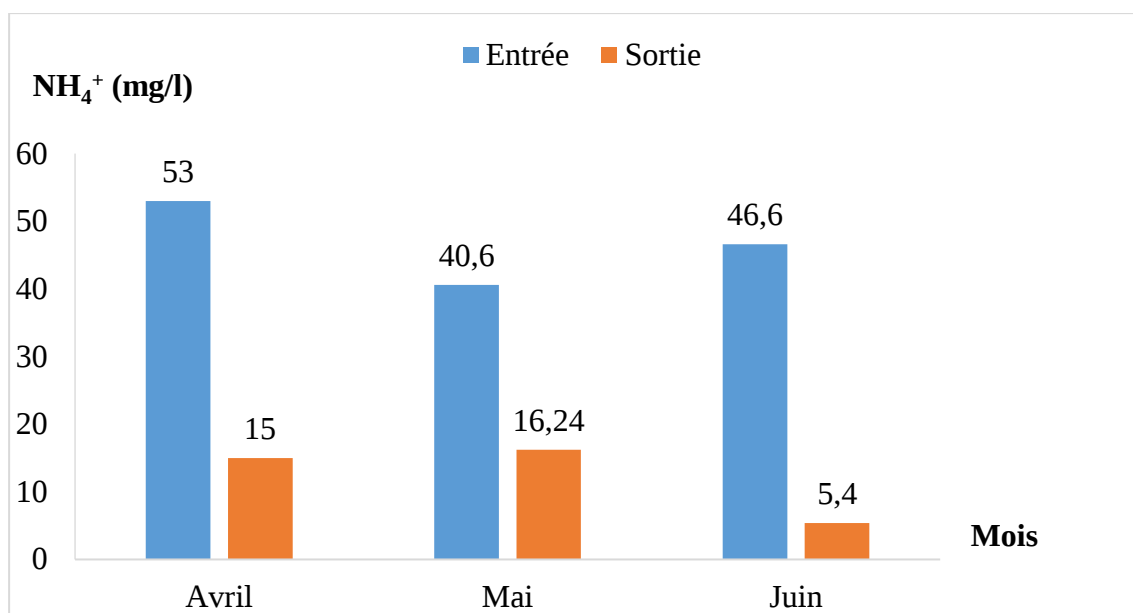


Figure 65: Variation de L'Azote Ammoniacal des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril- juin 2021).

L'azote ammoniacal est la forme inorganique la plus réduite de l'azote dans l'eau. Il constitue une forme très soluble qui résulte de la décomposition de la matière organique azotée (d'origine végétale ou animale) ou à la réduction microbienne des nitrates ou des nitrites dans des conditions d'anaérobiose (Amira et Chebbah, 2013).

Au niveau de cette STEP, les résultats obtenus permettent de constater que les teneurs en azotes ammoniacal diminuent de l'entrée (54 mg/l) vers la sortie (5,4 mg/l) durant les 3 mois de notre étude avec une moyenne de 46,73 mg/l et 12,21 mg/l successivement.

La baisse des teneurs en ammonium au niveau de la station d'épuration de l'entrée vers la sortie est le fait du processus d'épuration biologique par boues activées qui permet de diminuer la charge polluante en NH_3 . Cette baisse est mise en œuvre par une réaction chimique dite nitrification autotrophique qui fait appel à des bactéries nitrifiantes (ex : *Nitrobacter*) (Osmani, 2013).

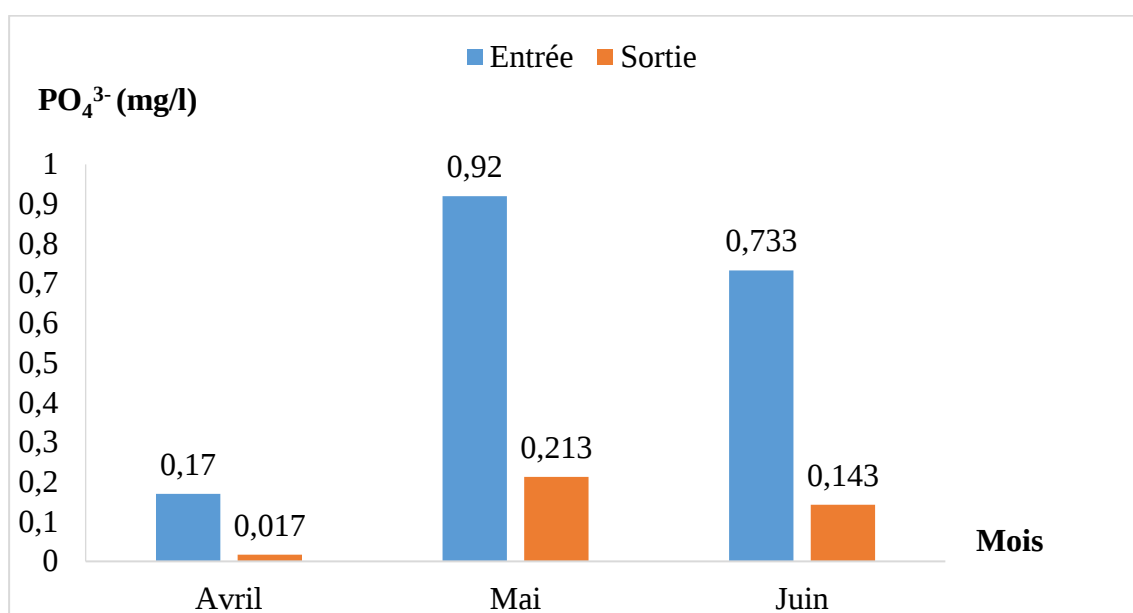
1-12- Phosphates (PO_4^{3-})

Figure 66: Variation de Phosphates des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjoua (Avril- juin 2021).

La figure 66 montre que la valeur maximale de phosphate relevée à l'entrée est de (0,92 mg/l), quant à la valeur minimale est de 0,017 mg/l à la sortie de la station avec une faible moyenne de (0,60 mg/l) à l'entrée et (0,12 mg/l) à la sortie. Nos résultats enregistrés montre une forte élimination en phosphate.

Le faible taux d'élimination en PO_4^{3-} , obtenu à l'issue du traitement de l'eau usée avec le bassin biologique peut s'expliquer, par des conditions défavorables dans la zone anaérobie pour effectuer le processus de relargage, pour un abattement plus poussé, il faut utiliser avec un agent de coagulation (Amira et Chebbah, 2013).

D'une manière générale les teneurs en phosphates ne dépassent pas les normes Algériennes et internationales des rejets (<2 mg/l).

2- Résultats des analyses bactériologiques

La nature de la population microbienne est très variée dans les eaux usées (Rodier, 2005). Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale (Gaujous, 1995).

2-1- Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. (Archihald, 2000; Ceaq, 2000; Edberg *et al.*, 2000).

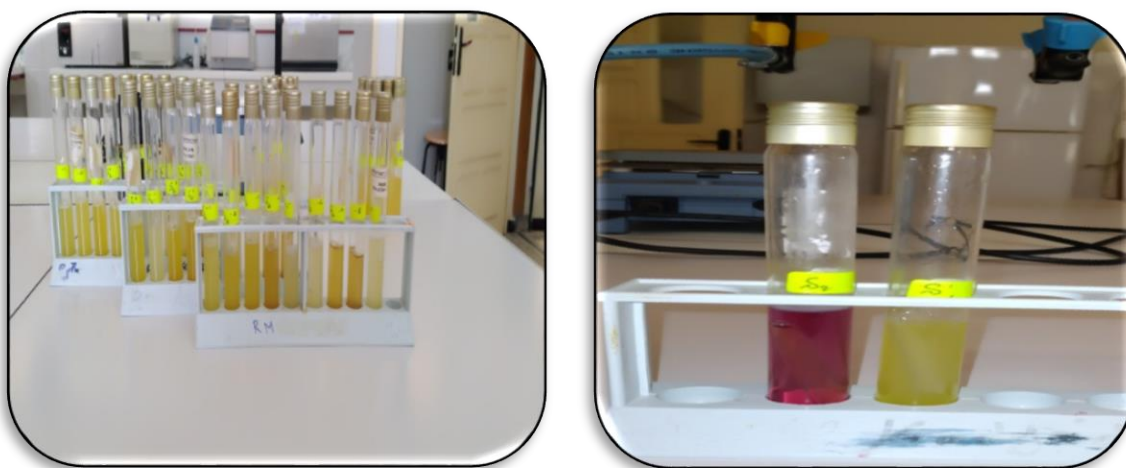


Figure 67: Dénombrement des coliformes totaux des eaux de la STEP de Ferdjioua.
(Cliché personnel, Mai 2021).

Les résultats des coliformes dans les trois prélèvements pendant les trois mois sont illustrés dans la figure °68.

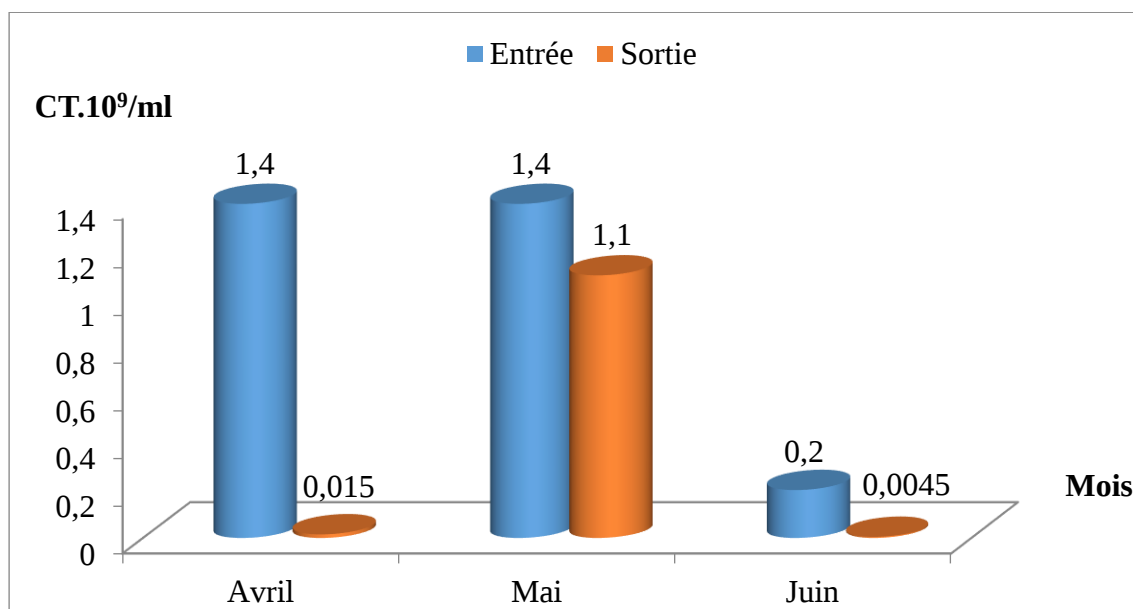


Figure 68: Estimation des coliformes totaux/ml des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril - Juin 2021).

D'après la Figure n°68, Les eaux de l'entrée sont marquées par une très forte contamination bactérienne, cette forte concentration des coliformes totaux des eaux brutes principalement dans le premier ($1,4 \times 10^9$ CT/ml) et le dernier prélèvement ($0,2 \times 10^9$ CT/ml) résulte de l'effet de la température et peut être expliquée par l'abondance des matières fécales humaines et des animaux à sang chaud qui constituent des indicateurs de première importance.

Cette contamination diminue après le traitement durant toute la période d'étude surtout dans le premier prélèvement par une proportion de 90%, Sauf le deuxième prélèvement où la diminution n'a pas très forte qui s'explique un problème au niveau du processus de décanteur dans la STEP.

Nous avons effectué un simple examen microscopique après coloration de Gram qui a fait apparaître des un bacille en forme de bâtonnet à Gram négatif.

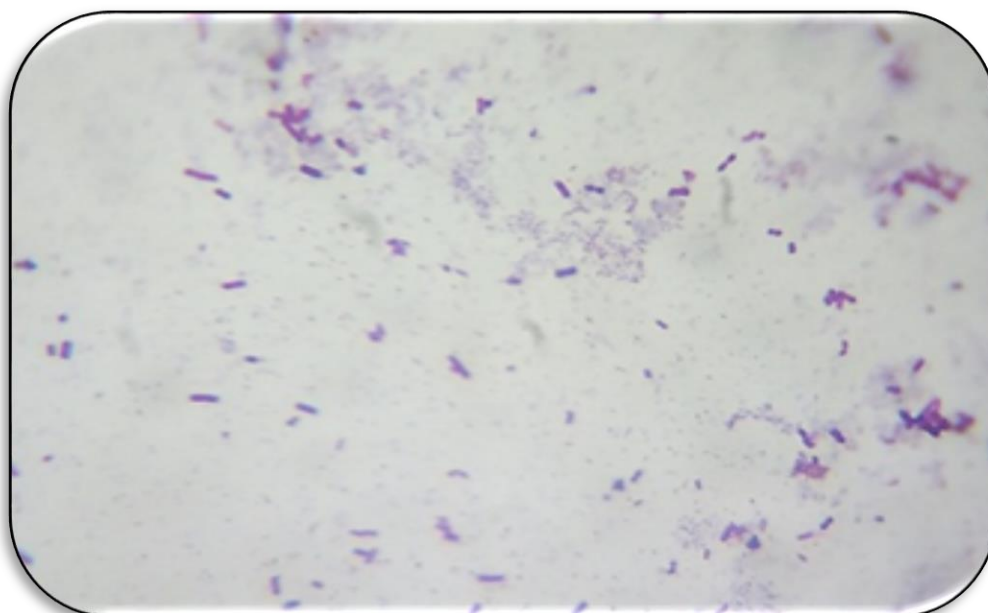


Figure 69: Bacille en forme de bâtonnet à Gram négatif. (Grossissement $\times 100$).

2-2- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Ces germes sont considérés comme un bon indicateur de pollution, car ils sont nettement plus sensibles que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes. Ce sont des aéro-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale (**Rodier et al., 2009**).



Figure 70: Dénombrement des streptocoques fécaux des eaux de la STEP de Ferdjioua
(Cliché personnel, Mai 2021).

Les résultats de dénombrement de ces derniers sont présentés dans la figure ci-dessous (Figure 71).

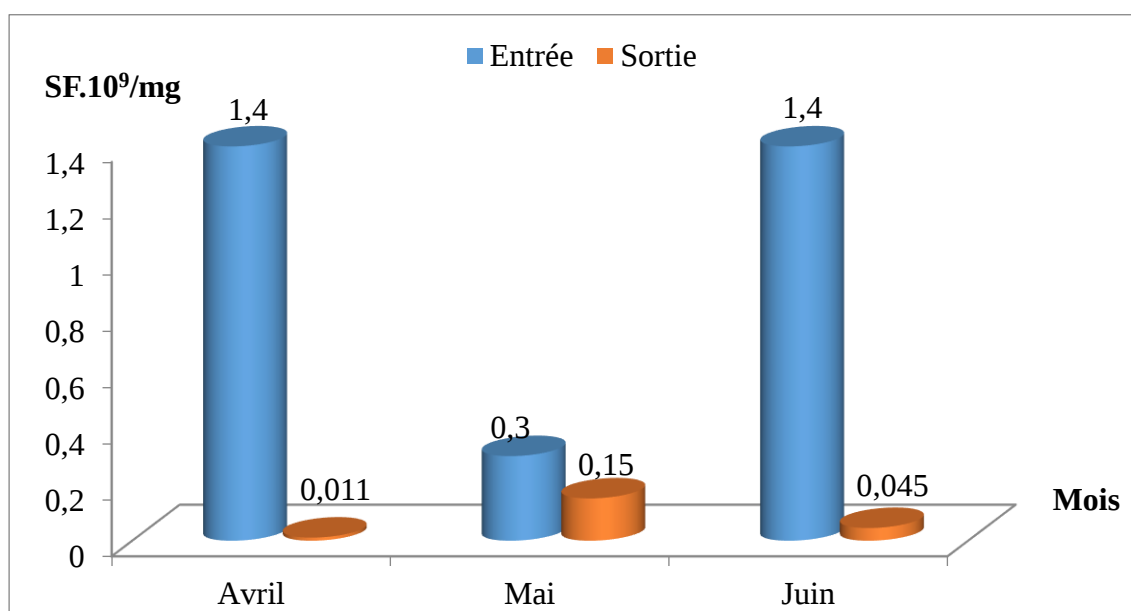


Figure 71: Estimations des streptocoques fécaux/ml des eaux brutes et eaux épurées de la STEP de Ferdjioua (Avril - Juin 2021).

D'après le graphique (**Fig. 71**), la concentration des streptocoques fécaux des eaux épurées est plus faible en comparaison avec celle enregistré dans les brutes par une proportion

de 90% à 95% repartivement pour le premier et troisième prélèvement et 50% pour le deuxième prélèvement.

Le nombre des Streptocoques dans l'eau est étroitement lié à la concentration de la matière fécale (**Guiraud, 1998**). Ces bactéries sont très sensibles aux variations physico-chimiques du milieu (**Boukrouma, 2008**). L'origine de cette contamination fécale est surtout la présence des déjections animales et des rejets domestiques.

Nous avons effectué un simple examen microscopique après coloration de Gram qui a fait apparaître des cocci regroupé en diplocoque ou en chaînette à Gram positif.

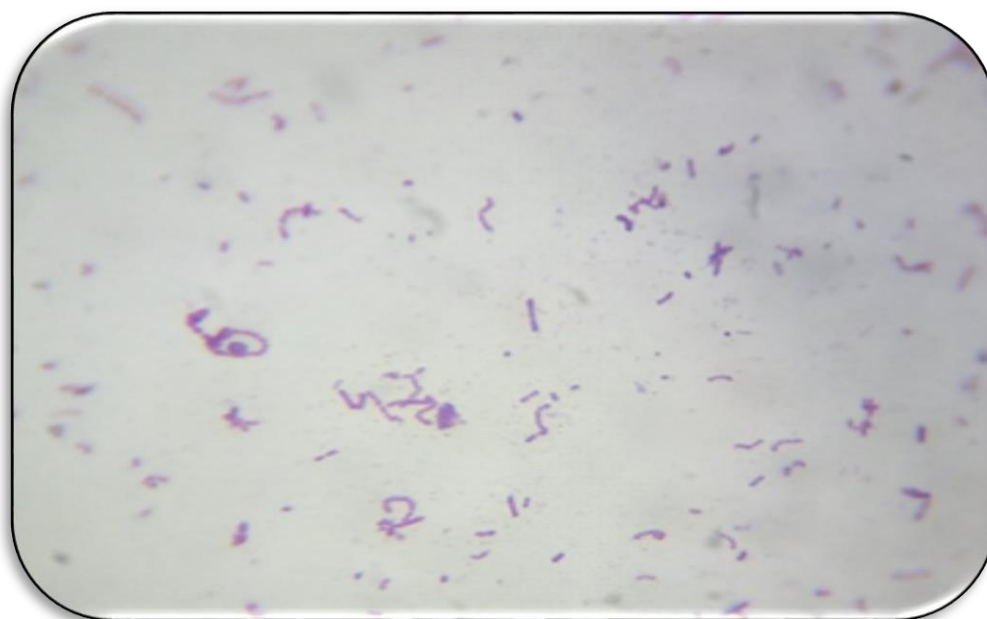


Figure 72: Cocci regroupé en diplocoque ou en chaînette à Gram positif (**Grossissement $\times 100$**).

2-3- Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) (*Clostridium*)

Tableau 7: Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteur (ASR/20 ml).

	Avril	Mai	Juin
Site 01	Indénombrable	Indénombrable	Indénombrable
Site 02	Indénombrable	Indénombrable	10

La présence des spores anaérobies sulfito-réductrices dans une eau fait penser à une contamination fécale ancienne (OMS, 1994). La présence de ces germes indique la présence de sulfite de fer, qui provoque l'apparition des mauvaises odeurs et peut être à l'origine de la corrosion des conduites (Lebres, 2002).

Pour l'identification de ces germes on effectué un prélèvement d'une colonie à partir d'un tube positif (Fig.74), suivi par une coloration de Gram, l'observation microscopique des colonies montrer la présence des bacilles Gram (+) sous deux formes : végétative et sporulant.

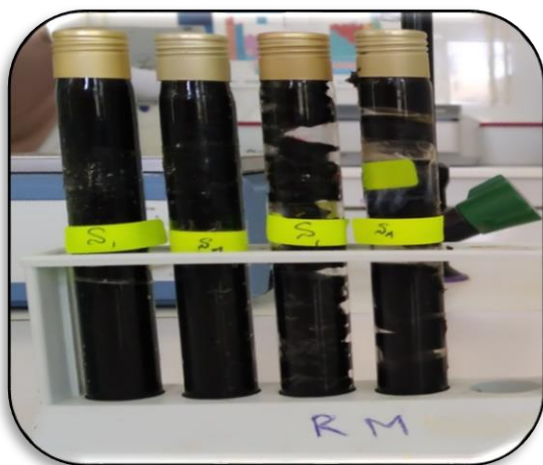


Figure 73: Résultat positive des ASR dans un tube de VF.

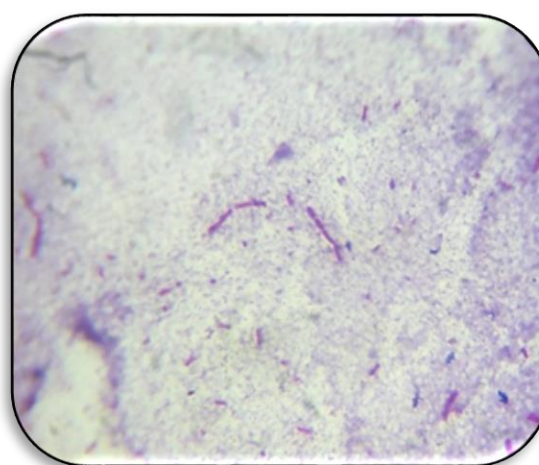


Figure 74: Aspect microscopique des ASR (Bacilles à Gram₍₊₎) (Grossissement×100).

(Cliché personnel).

2-4- Résultats des germes pathogènes

Ces germes sont souvent présentent dans l'eau et peuvent se développer en culture, l'identification des colonies isolées est basée essentiellement sur l'observation macroscopique et microscopique des colonies, l'identification biochimique par la galerie des API 20 E et autre tests biochimiques tels que catalase et oxydase.

Les résultats sont résumés dans les tableaux et les figures ci-dessous.

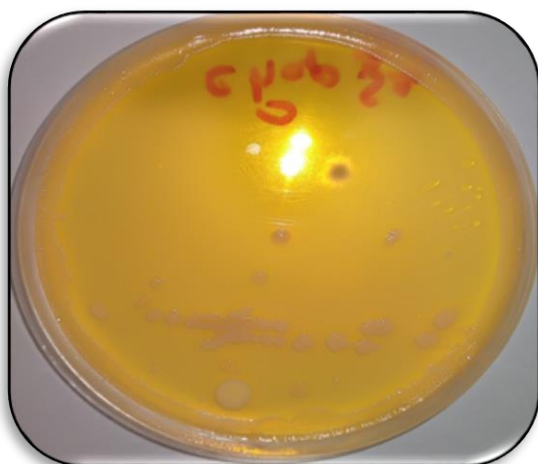
2-4-1- Recherche des staphylocoques

Figure 75: Aspect des colonies sur
Milieu Chapman.

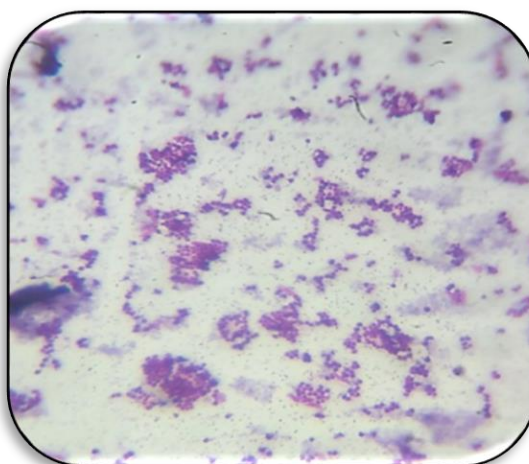


Figure 76: Cocci à Gram positif en amas
(Grossissement $\times 100$).

(Cliché personnel).

2-4-2- Recherche de *Salmonella*- *Shigella* (SS)

Figure 77: Aspect des colonies sur
Milieu SS.

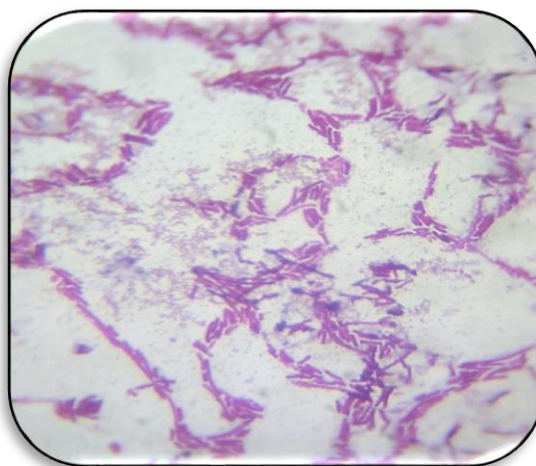


Figure 78: Bacilles, Gram négatif
(Grossissement $\times 100$).

(Cliché personnel).

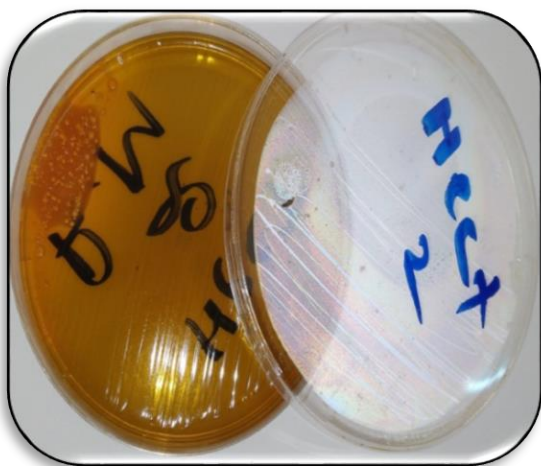


Figure 79: Aspect des colonies sur milieu
Hectoën.

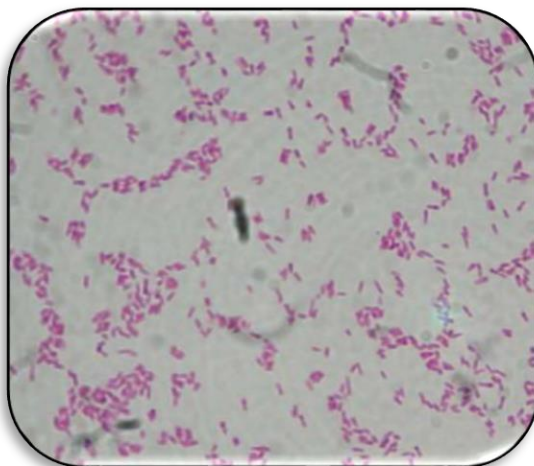


Figure 80: Coccobacille à Gram négative
(Grossissement $\times 100$).

(Cliché personnel).

2-4-3- Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*



Figure 81: Aspect des colonies sur milieu
Cetrimide

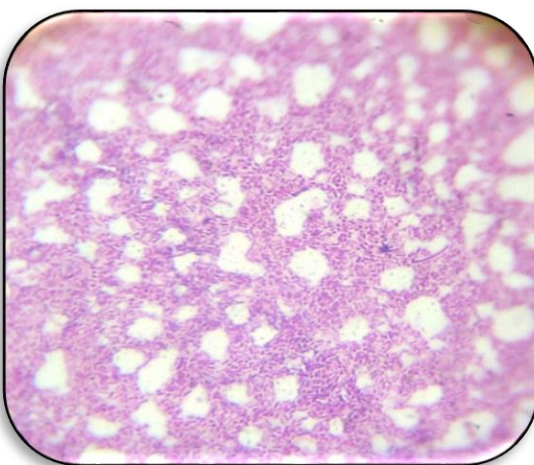


Figure 82: Bacilles, Gram négatif, isolés

(Cliché personnel).

2-4-4- Recherche de *Vibrio cholérique*

Figure 83: Aspect des colonies sur milieu
GNAB.

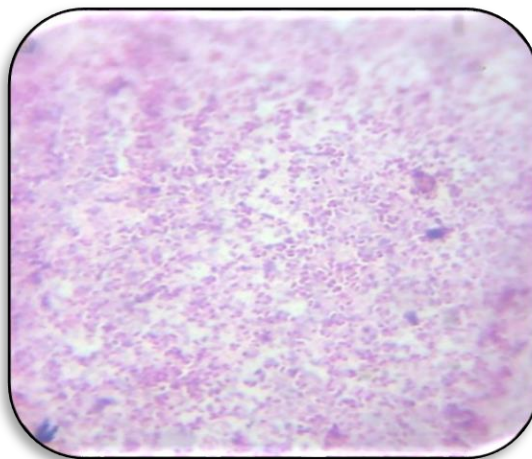


Figure 84: Cocci à Gram négative
isolé (Grossissement × 100)

(Cliché personnel).

2-4-5- Caractère morphologique et coloration de Gram

Tableau 8: Aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées dans l'eau de la station de Ferdjioua.

Milieux de culture	Observation macroscopique	Observation microscopique
Chapman	-Colonies jaunes, lisses, rondes, bombées, petites. -Colonies petites, blanches, ronde, bombées, réguliers, opaques	-Cocci, Gram positif, en amas non réguliers. -Bacilles Gram positif, isolés
Gélose <i>Salmonella-Shigella</i> (SS)	-Colonies petites, incolores, plates, transparentes, régulières, lisses. -Colonies moyennes, marrons, bombées, rondes, irrégulières, lisses opaques.	-Bacilles, Gram négatifs, isolés. -Bacilles, Gram négatifs, regroupés en amas.

	-Colonies petites, noirs, bombées, rondes lisses, opaques.	
Hectoen	-Colonies très petites (moins de 1mm de diamètres), vertes, circulaires, bombées, lisses, translucides. -Colonies petite de 1 mm de diamètre, vertes, lisses, bombées, opaques. -Colonies très petites, jaune saumon, de contours irréguliers, plate, opaque, lisse.	-Bacilles et coccobacilles, Gram négatif, isolés, ou regroupés.
Gélose Cétrimide	- Colonies petites, incolores, circulaires, bombées, lisses, transparentes. -Colonies moyennes, plates, lisses à contours réguliers, opaques, blanchâtres, crémeuses, avec dégagement d'odeur. -Colonies très petites, bleu-vertes, rondes, convexes, lisses et translucides. -Colonies grandes, plates, lisses à contours réguliers, opaques, blanchâtres, crémeuses avec dégagement d'odeur.	- Bacilles droits Gram négatif, isolés ou en amas, mobiles, asporulés.

Gélose Nutritif Alcaline Bilée. (GNAB)	-Colonies très petites (moins de 1 mm de diamètres), incolores, bombées, lisses, translucides. -Colonies moyennes, blanchâtres, rondes, lisses, transparentes.	- Bacilles droits, Gram négatif, isolés. -Coccobacilles, Gram négatif, isolés.
---	---	---

2-5- L'identification biochimique

✚ L'API 20 E

Les espèces bactériennes identifiées par les API systèmes sont résumées dans le tableau 09 et les figures :

Tableau 9: Les espèces identifiées par l'API 20 E.

API système	Espèces bactériennes identifiées	Le code	Milieux de culture
API 20 E	<i>Serratia ficaria</i> (Fig. 85).	0203533	BCPL
	<i>Pantoen spp 2</i> (Fig. 86).	1204773	Cétrimide
	<i>Enterobacter sakazakii</i> (Fig. 87).	3347773	Hectoén
	<i>Serratia odorifera 1</i> (Fig. 88).	5746773	GNAB



Figure 85: Profil biochimique de la souche *Serratia ficaria*.
(Cliché personnel).



Figure 86: Profil biochimique de la souche *Pantoen spp 2*.
(Cliché personnel).



Figure 87: Profil biochimique de la souche *Enterobacter sakazakii*.
(Cliché personnel).



Figure 88: Profil biochimique de la souche *Serratia odorifera 1*.
(Cliché personnel).

Conclusion



Les dernières années ont été marquées en Algérie par un effort important et croissant consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation des stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leurs performances.

L'épuration des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter appelé bassin d'aération. L'aération est un élément clé d'une station d'épuration pour fournir l'oxygène aux microorganismes pour dégrader la pollution carbonée.

Les problèmes biologiques et les problèmes de décantation, encore fréquents, limitent la fiabilité des stations d'épuration à boues activées. Complexes dans leur compréhension, leur maîtrise est parfois délicate pour les opérateurs chargés d'assurer le bon fonctionnement des installations.

Les difficultés de décantation ont pour origine des problèmes liés aux :

- Flocculation des boues.
- Densité des boues.
- Compaction des boues.

Notre étude au sein de la STEP nous a permis de nous familiariser avec les différents traitements que les eaux usées subissent au niveau de la STEP de **FERDJIUA- Mila** et d'évaluer les performances de ces traitements par des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et épurées de cette station pendant trois mois en raison d'un prélèvement chaque mois. Concernant les paramètres bactériologiques il y'a une diminution raisonnable dans le taux des coliformes totaux de 63%, une baisse de 91,39 % pour les streptocoques, et aussi les valeurs des clostridium sulfito-réducteurs reste forte après le traitement.

- L'étude microbiologique a montré une forte contamination d'origine fécale au niveau des eaux brutes. Les résultats que nous avons obtenus à travers le dénombrement réalisé le long de la période d'étude, on constate un moyen rendement épuratoire pour les coliformes et Streptocoques avec une présence des germes pathogènes tels que les Salmonelles et les *Vibrions cholériques*, pour les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices la quantité reste toujours très forte surtout pour les deux premiers prélèvements qui révèle un problème majeur concernant l'impuissance de la STEP Plus précisément les problèmes de décantation.

Dans la STEP, le processus d'épuration permet diminué les paramètres physico-chimiques suivants : MES avec un rendement 89,88%, pour le DCO 90,34% , DBO₅ 96,42% , Nitrite 61,11% , Nitrate 78,08% , Azote totale 80,46% , Azote ammoniacal 73,87% et le Phosphate avec un rendements de 65%.

- Sur les 12 paramètres physico-chimiques : un seul paramètre (Conductivité) n'est pas conforme aux normes données par l'OMS (1250 us/cm). Nous à montrer concernant les eaux épurées, les analyses effectuées ont montré une bonne qualité de ces eaux, qui vont directement être rejeter dans Oued de Boussalah après à le barrage Beni Haroune, où on a enregistré une diminution drastiquement de cette contamination après le traitement pour l'ensemble des prélèvements.

Dans ce contexte, il est important de noter que les procédures de traitement des eaux usées dans la STEP de Ferdjioua permettent d'améliorer la qualité bactériologique des eaux par des proportions important de 63% à 91,39%, et la qualité physico-chimique par un pourcentage de 61,11% à 96,42%, donc cette station d'épuration est efficace pour le traitement des eaux usées et rejet des eaux traitées dans Oued de Boussalah après à le barrage de Beni Haroune dans le but de protéger de ces dernier contre la pollution.

Références Bibliographiques



- **Abdellioui S, Boukhdim A, Hamzaoui H., 2012.** Qualité microbiologique d'un écosystème lotique cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord – Est algérien).Diplôme de Master. Université de Guelma.88p.
- **Ait Kaci S, Hamdi M.S., 2008.** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni- Messous".DEUA en science de la mer. (I.N.S.M.A.L).45p.
- **Altmeyer N, Abadia G, Schmitt S et LeprinceA., 1990.** Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées. Fiche medico-Technique N°34, INRS, p 374- 376.
- **Amira L, chebbah R., 2013.** Evaluation des paramètres physico-chimiques des eaux usées dans la station d'épuration de Sidi Merouane (W-MILA) . Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Biologie. Centre Universitaire de Mila.
- **Amiri F, boualleg W., 2014.** Etude bactériologique de l' eau de la retenue collinaire "Hadjar Gafta" de la commune Nechmaya (Wilaya de Guelma). Mémoire de Master. UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA.
- **Amorce., 2012.** Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination. Série technique, p 8-9.
- **ANB., 2007.** Agence Nationale des Barrages.
- **Aouissi A., 2008.** Microbiologie et physicochimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord - Est de l'Algérie). Mémoire de Magister. Université 8 Mai 1945 Guelma. 164 p.
- **Archibald F., 2000.** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? Water Qual Res J. Canada, 35p.
- **Atrouz F, Lefilef A., 2013.** Evaluation de la qualité des eaux de l'oued Rhume (paramètres physico-chimiques et biologiques). Mémoire Préparé En vue de l'Obtention du Diplôme de Master en Biologie. Centre Universitaire de Mila.
- **Avril L., Dabernat H., Denis F., Monteil H., 1992.** Bactériologie clinique. 2ème édition. Ellipses. Paris. 522 p.
- **Azouzzi M, Ait Youns O., 2012.** mémoire fin d'étude Licence-es sciences et technique « Valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Marrakech » Université Cadi Ayyad, Marrakech. Maroc, Unité de recherche Associée CNRST (URAC 42). 75p.

- **Bahloul A, Menacer K., 2019.** Etude de la microfaune de la boue activée : Station d'épuration des eaux usées d'Ain Beida Ferdjioua. Wilaya de Mila, Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master. Centre Univ. Abd-Elhafid Boussouf Mila, (Algérie). P :24.25.
- **Bagnouls F, Gaussen H., 1957.** Les climats biologiques et leurs classifications. Annales de Géographie. France. Vol. 66. N° 355. pp 193-220.
- **Beltrando G, Chemery L., 1995.** Dictionnaire du climat, Larousse, Paris, 344 p.
- **Bendjamaa R, Bendridi I, Chermat S., 2018.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de source de la wilaya de Mila (Ain Gamra, Ain Sedra, Ain Keskas et Ain Village. Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master En Science de la nature et de la vie. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila.
- **Benelmouaz A., 2015.** mémoire de master « Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia » université Boubaker belkaid Tlemcen, Algérie. 104p.
- **Beriche P, Gaillard J-L, Simouet M., 1988.** Bactériologie, les bactéries des infections humaines. Flammarion Médecine Sciences. France. 660 p.
- **Boukrouma N., 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (Wilaya d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister. Univ. 8 Mai 1945, Guelma (Algérie). 64 p.
- **Boulbair N, Soufane A., 2011.** Evaluation du risque de contamination par les métaux lourds dans l'eau, les sédiments et les poissons du barrage de béni Haroun de la wilaya de Mila. Mémoire de fin d'études. Université de Jijel. 115 p.
- **Boulhella D, Metlas M., 2016.** Evaluation de la qualité des eaux épurées au niveau de la station d'épuration de Sidi Merouane « Mila ». P 21.
- **Bourgeois C, Leveau Y., 1980.** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Tome 03. Lavoisier : Tec et Doc. 331 p.
- **Bouzeraa S, Boulmerka A., 2017.** Efficacité de traitement de la station d'épuration des eaux usées de Sidi Merouane –Mila–. Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master. Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila.
- **Chaalal O.M., 2012.** Mila la wilaya. Edition, Albayazin. Alger. 209p. compartiments Eau/Sédiments de l'oued Rhumel, et barrages Hammam Grouz et Beni Haroun.

- **Camille D., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.
- **Chaouch R., 2007.** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba : aspect physicochimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 105 p.
- **Carbonelle D, Kouyoumdjian S, Audurier A., 1988.** Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France. 251 p.
- **Chatel T., 2010.** Evaluation de la qualité de l'eau – paramètre pesticides –selon la Directive Cadre Européenne.
- **Ceae., 2006.** Centre D'Expertise en Analyse Environnementale de Québec. Recherche et dénombrement des entérocoques : méthode par filtration sur membrane, ministère de développement durable de l'environnement et des parcs du Québec. 23p.
- **Cetic., 2009.** Centre des Techniques de l'Information et de la Communication.
- **Cherrad S- E., 1987.** « Problématique de l'aménagement de l'espace rural en Algérie : analyse du discours, pratiques spatiales et perspectives », thèse de Doctorat d'État es lettres et es sciences humaines. Paul-Valéry, Montpellier, pp.275.
- **Chocat B., 1997.** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations, Paris. 1124p.
- **Choubert J-M., 2002.** Analyse et optimisation du traitement de l'azote par les boues activées a basse température. Thèse Doctorat de l'Université Louis Pasteur Strasbourg I. 29-32p.
- **Cohen N, Karib H., 2007.** Vibrio spp. Dans les produits de la pêche : Risques et prévention. Les technologies de laboratoire. N° 3. 07 p.
- **Dagot C, Laurent J., 2014.** Module d'enseignement ASTEP, Version 1.0.
- **Degrémont M., 1972.** « Technique de l'eau ». Paris : Dégriment.
- **Degremont G., 2005.** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10ème édition, Edit. Tec et Doc. 3- 38p.
- **Djeddi H., 2007.** Utilisation des eaux usées d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Thèse de magistère en écologie et environnement. Université de Constantine. 144p.
- **Dellarras C., 2007.** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. 463 p.

- **Délaras C., 2008.** surveillance sanitaire Et Microbiologique des eaux : Règlementation Prélèvements-Analyses. TEC & DOC. 269p.
- **Denis F, Ploy M. C, Martin C, Bingen E, Quentin R., 2007.** Bactériologie médicale : Techniques usuelles. Elsevier Masson. 594 p.
- **Dreux P., 1980.** Précis d'écologie. *Edition. Presse Université.* France. Paris. P 231-229. *Edition, Paris.* P 1260.
- **Edberg S.C., Rice EW. Karlin J., Allen M.J., 2000.** *Escherichia coli*: The best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology 88, p 106-116.
- **Edeline F., 1993.** L'épuration biologique des eaux. Théorie et technologie des réacteurs. 4ème Ed. Lavoisier, Paris. P 297.
- **Engelkirk P. G., 2008 .** Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1st edition. Lippincott Williams & Wilkins. 754 p.
- **Emberger, L., 1955.** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trac. Bot. Géol. Zool. Fase. Sci. Montpellier. France. 343 p.
- **Ferron A., 1984.** Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine. 12ème édition, éditions C. et R. 376 p.
- **Gaujous., 1995.** La pollution de milieu aquatique, 2ème Edition, Tec & Doc – Lavoisier. P16.
- **Ghettas N., 2009.** Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt Mémoire d'ingénieur D'état En Biologie Université Kasdi Merbah – Ouargla, p 1-10-5-16.
- **Gillespie S. H, Hawkey P. M., 2006.** Principles and Practice of Clinical Bacteriology . 2nd edition. John Wiley & Sons. England. 620p.
- **Guendouzz, Mekki N., 2018.** Dimensionnement d'une station d'épuration pour la ville de Sidi – Aich (Béjaia) ; Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme Master académique en Hydraulique; Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 120p.
- **Guiraud., 1998.** La médiathèque de la citer de la mer. Institut français de recherche pour l'exploitation, 85p.
- **Harvey R.A, Champe P.C, Fisher B.D., 2007.** Microbiology. 2 nd edition. Lippincott Williams & Wilkins. 432 p.
- **Hidouci S., 2009.** Qualité bactériologique des eaux du golf d'Annaba. Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 132 p.

- **Janda J.M, Abbott S.L., 2006.** The Enterobacteria. American Society for Microbiology. 2nd edition. Washington. États Unis. 440 p.
- **Jora., 1993.** Des valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversement industrielles, n°46, pp 7. Édition DUNOD technique, JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE. Paris. 968- 1046p.
- **Kerdoud S., 2006.** Les bassines versent de Beni Haroune eau et pollution. Présenté pour l'obtention du Diplôme de magister ; Université Mentouri- Constantine. 7-31 p.
- **Khemici Y., 2014.** mémoire de master « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau usée épurée par un lit de plantes » université kasdi merbah Ouargla, Algérie.
- **Koller E., 2002.** Traitement des pollutions industrielles : Eau, Air, Déchets, Sols, boues. 2^{ème} édition. L'usine nouvelle série, l'environnement et sécurité. P 139-170.
- **Lakhadri B, Faleh Ch A, Boulefred S., 2013.** Évaluation d'un procédé de coagulation floculation au sulfate d'aluminium pour l'enlèvement des colloïdes et les MES dans les eaux usées domestiques de la STEP de Tlemcen, proceeding du séminaire international sur l'hydrogéologie et l'environnement SIHE ;Ouargla
- **Larpent P., 1997.** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- **Lebres E., 2002.** Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments« Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ». Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.
- **Lebres, Mouffok F., 2008.** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. *Institut Pasteur d'Algérie*. 53p.
- **Le minor L, Veron M., 1989.** Bactériologie Médicale. Flammarion Médecine Sciences. 845 p.
- **Lightfoot N. F., 2002.** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. 387 p.
- **Mamadou L-N., 2005.** Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols : étude de cas à Pikine (Dakar- Sénégal). Diplôme d'étude supérieure en sciences naturelles de l'environnement. Université de Badji Mokhtar, Annaba, 120p.
- **Mara., 1980.** Sewage treatment in hot climates, Ed. John Wiley and Sons.168p.

- **Mebarki A., 2009.** Ressources en eau et aménagement en Algérie : Les bassins hydrographiques de l'est. OPU Alger.
- **Menouer S, Taibi S., 2014.** Étude de la qualité des rejets liquides industriels en aval du complexe GL1/Z. Mémoire de Projet de Fin d'Études. Gestion des Déchets et Pollution des Ecosystèmes. Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran. 63 p.
- **Merzoug S., 2009.** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Univ. 08 Mai 1945 de Guelma, (Algérie). p : 119.
- **Michard G., 2002.** Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Édition Publisud. 565p.
- **Mitchell R., Gu J. D., (2010).** Environmental Microbiology. 2nd edition. John Wiley & Sons. Philadelphia. Etat Unis. 389 p.
- **Moletta Rene., 2014.** le traitement des déchets, tirage broché. Tec et Doc-Lavoisier, Paris.
- **Mouffok F., 2001.** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger. 40 p.
- **ONA., 2020.** Agence Nationale d'Assainissement / Zone de Constantine / unité de Mila.
- **OMS., 1994.** Directives de qualité de l'eau de boisson, 2ème édition, Vol. Recommandations OMS, Genève. 8-30p.
- **Osmani W., 2013.** Evaluation des performances de la station d'épuration des eaux usées de la commune de BARAKI. Mémoire fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en biologie. Université SAAD Dahlab Blida. 27-30p.
- **Ouali M.S., 2001.** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des Publications Universitaires, Alger, p 110.
- **Oubacha N., 2011.** Décontamination des eaux contenant des colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétiques. Thèse, Master, Uni - Mouloud Mammeri Tizi ouzou. P122.
- **Ouikene N., 201.** étude d'un traitement biologique des eaux usées d'origine ménagères (pont de bougie) et du traitement des eaux usées issues d'une station de lavage graissage de véhicules (tizi-rached). Mémoire d'ingénieur en écologie végétal et environnement.

- **Ourtelli S, Brahimi S., 2013.** Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO.G. B) Labelle après ensemencement ; Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en Environnement et Sécurité Alimentaire ; Université Abderrahmane MIRA ; Bejaia,72p.
- **Patrick R., Murray K., Rosenthal S., Michael A., 2009.** Medical Microbiology. 6th edition. Mosby Elsevier. Canada. 960 p.
- **PDAU., 2016.** Le Plan Directeur d'Architecture et d'Urbanisation de la ville de Mila.
- **Pechère C, Acar J, Grenier B, Nihoul E., 1982.** Reconnaître, comprendre et traiter les infections. 4^{ème} édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. Canada. 509 p.
- **Pesson p ., 1976.**pollution des eaux continentales, Édition bordas,paris.p 285.
- **Pilet C, Bourdon J, Toma B, Marchal N, Balbastre C, Person J. M., 1987.** Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. Doin. France. 371 p.
- **Prescott H., 2003.** Microbiologie .De Book & Larciens. a.842p.
- **Pronost J, Pronost R, Deplat L, Malrieu J et Berland J.M., 2002.** Stations d'épuration dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation, FNDAE n° 22bis Document technique, p 15.
- **Ramade F., 1984.** Eléments d'écologie fondamentale. ed. mc. grawhill, paris, 397 p.
- **Rej sek F., 2002.** Analyses des eaux, les aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux.165-239 p.
- **Rodier J, Bazin, Broutin J.P, Chambon P, Champsaur H, Rodi L., 1984.** L'analyse de l'eau. 7eme édition. Paris, France.
- **Rodier J, Bazin, Chanbon P, Broutin J.P, Champsaur H., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Ed. Dunod, Paris : 1383p.
- **Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux residuaires et eau de mer, 8ème Edition, DUNOD, Paris, 1383 p.
- **Rodier J, Legube B, Merlet N., 2009.** L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579p.
- **Rouaiguia M., 2010.** Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida. Mémoire de master 2. Université 8 mai 1945 Guelma. 78p.
- **Roux .,2003.** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Univ. Paris, 12 p.

- **Schmitzberger K., 2008.**La prévention des pollutions, la pollution de l'eau, édition agence de l'eau, rhin-Meuse, p127-130.
- **Station Météorologique Aine Tine wilaya de Mila.**
- **STEP., 2018.**Station D'Épuration Des eaux usées ferdjioua,Ain-Beida Ahariche.
- **STEP., 2021.** Station D'Épuration Des eaux usées ferdjioua,Ain-Beida Ahariche.
- **Touati H, Hantut N, Bougheddo A., 2008.**Rôle des micro-organismes dans l'épuration des eaux usées domestique par les procède de la boue active et des lits filtrants, université de Jijel. 34P.
- **Zeghoud M., 2014.** Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra mémoire master d'hydraulique Université D'el –Oued, p 16-17-21.
- **Zouaidia H., 2006.** Bilan des incendies de forêts dans l'est algérien cas de Mila.

Sites Internet :

- Google maps, 2021.

Annexe



Tableau 10: Table de Mac Grady

3 Tubes par dilution					
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Tableau11: La lecture des API 20 E.

Test	Négative	Positive
ONPG	Incolore	Jaune
ADH	Jaune	Rouge / orange
LDC	Jaune	Rouge / orange
ODC	Jaune	Rouge / orange
CIT	Verbale / Jaune	Bleu / bleu vert
H₂S	incolore / gris	Dépôt noir
URE	Jaune	Rouge / orange
TDA	Jaune	Marron / rouge aitre
IND	Incolore / Verbale	Rose
VP	Incolore	Rose /rouge
GEL	Non diffusé	Diffusion des pigments noirs
GLU	Bleu / bleu vert	Jaune
MAN	Bleu / bleu vert	Jaune
SOR	Bleu / bleu vert	Jaune
RHA	Bleu / bleu vert	Jaune
SAC	Bleu / bleu vert	Jaune
MEL	Bleu / bleu vert	Jaune
AMY	Bleu / bleu vert	Jaune
ARA	Bleu / bleu vert	Jaune
OX	Bleu / bleu vert	Jaune

**Tableau 12 : Normes de rejet de l'OMS appliquée en Algérie
(Osmani, 2013)**

Les paramètres	Les normes
T° (°C)	30
pH	6,5- 8,5
O ₂ (mg/l)	5
O	30
DCO (mg/l)	90
MES (mg/l)	30
Azote ammoniacal (mg/l)	1
Nitrites (mg/l)	1
Nitrates (mg/l)	1
Phosphate mg/l	2