

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 08 MAI 45 GUELMA

Faculté des mathématiques et de l'informatique et des sciences de la matière
Département des sciences de la matière

Mémoire de fin d'études

Master II



Spécialité : Chimie Physique

Présenté Par : HAOUES Nahla

SOUALMIA Sabrina

**Optimisation des doses en coagulant et en floculant
injectés au niveau de la station de traitement
de l'eau du barrage Hammam Debagh-Guelma**

Sous la Direction de :

Dr. STITI Maamar

Juin 2022



Remerciements

Toute notre gratitude et remerciement à “**Allah** ”le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

Nous tenons à exprimer notre très sincère reconnaissance à Monsieur le Dr. **STITI Maamar** qui nous a fait l’honneur de diriger ce travail, aussi pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils judicieux et ses orientations précieuses et toute l’attention qu’il nous a accordée le long de la réalisation de ce travail. Qu’il trouve dans l’aboutissement de ce travail le témoignage de notre profonde gratitude et parfaite considération.

Nous adressons nos remerciements à l’équipe du laboratoire de chimie appliquée (**LCA**) à leur tête monsieur le professeur **Rachid Merdes** chef du laboratoire et Madame **Assia Boultif**.

Notre grande reconnaissance s’adresse également à Mme **BOUZIT Habiba**, Docteur en Chimie au sein du même laboratoire, pour l’aide qu’elle nous a apporté au cours de la finalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier toute l’équipe du laboratoire **ADE** (Algérienne des eaux) de Hammam Debagh-Guelma, en particulier Madame **M. Baout** , qu’elle trouve ici l’expression de notre respectueuse considération et de notre sincère gratitude pour l’intérêt qu’elle a accordé à notre travail ainsi que le soutien et l’aide qu’elle nous a apporté durant notre stage.

Nous présentons nos remerciements pour les membres de jury d’avoir accepté de juger ce travail. A nos enseignants qui nous ont beaucoup aidés et encouragés durant notre formation.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.



dédicace

Mes premiers remerciements vont à Allah, par qui
s'accomplissent tous les bons actes.

Aussi, à celui dont mon succès en avait fait une sorte de miroir
par ces étincelles que je vois à chaque fois que je croise ses
yeux: mon père « **Kamel** ».

Mon joyer, mon héroïne ma première enseignante, elle dont les
louanges me sont comme une boussole :ma mère «**Ouarda** ».

A mon âme jumelle: « **Imen** ».

N'oubliant pas celui qui m'a toujours pris par la main :mon
frère « **Alla-Edinne** ».

A celui qui nous a éclairé par son savoir, notre encadreur
Mr : « Mâamar Stiti ».

A tous ceux qui j'aime : je vous dédie ce modeste travail en
guise de reconnaissance pour tous vos efforts. nul autre raison,
vous m'êtes comme une lanterne qui éclaire mon chemin.

2022





dédicace

Je dédie ce travail à tous ceux qui font partie de ma vie :
Toute ma famille, principalement mes chers parents.

A ma mère **Safia**, mon père **Ahmed**, mon frère **Marwane**,
mes sœur **Selma**, **Souha** qui toujours m'ont fait confiance.

IL n'y a pas de mots pour exprimer la reconnaissance, le respect et l'amour
que vous me portez.

A mon époux, **Hamdatni Oussama** pour tout l'appui et l'encouragement ainsi
que son accompagnement pendant les moments les plus difficiles et
Pour l'amour et l'affection consacrés à mon égard.

A toute la famille de mon marie surtout ses parents : **Ali et talja** ,
ses sœur : **Radia, wahiba , sabiha**.

A tous mes amis surtout les plus proches qui ont été toujours présents à mon
côté: En particulier : **Nahla, Manal, Sawsan, Mofida**

A tous je dédie ce modeste travail

2022



Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Résumé

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Partie I : *Etude Bibliographique*

I.I.Introduction.....	3
I.I.1. Définition de l'eau	3
I.I.2. Propriétés chimiques de la molécule d'eau	4
I.I.2.1. Forme	4
I.I.2.2. Polarité.....	4
I.I.2.3. Pouvoir dissolvant.....	5
I.I.3. Importance de l'eau	5
I.I.4. L'eau brute	6
I.I.5. L'eau potable	6
I.I.6. Cycle de l'eau	7
I.I.7. Type des eaux	8
I.I.7.1. Eau souterraine.....	8
I.I.7.1.1. Nappes	9
I.I.7.1.2. Puits.....	10
I.I.7.1.2.1. Puits individuels	10
I.I.7.1.2.2. Puits collectifs	10
I.I.7.1.3. Sources	11
I.I.7.2. Eau minérale	11
I.I.7.3. Eau de source	11
I.I.7.4. Eau de surface	11
I.I.8. Propriétés physico-chimiques de l'eau	12
I. I.8.1. Propriétés physiques	12
I.I.8.2. Propriétés chimiques de l'eau	13
I.I.8.3. Conclusion	14

I. II. Introduction.....	17
I.II.1. Définition de la pollution	17
I.II.2. Définition de la pollution de l'eau	17
I.II .3. Les différents types de pollution des eaux	18
I. II.3.1. La pollution physique	18
.I.II.3.2. La pollution chimique	19
I.II.3.3. La pollution biologique	20
I.II .4. Les sources de pollution	21
I.II.4.1. Les rejets domestiques	21
I.II.4.2. Les rejets agricoles	22
I II.4.3. Les rejets industriels	22
I.II.5. Impact de la pollution des eaux	23
I.II.5.1. Sur le milieu naturel	23
I.II.5.2. Sur l'économie	23
I.II.5.3. Sur la santé humaine	24
I.II.6. Maladies à transmission hydrique	24
I.II .7. Normes internationales	25
I.II.8. Normes Algériennes	26
I.II.9. Conclusion	26
I.III.1. Eaux des barrages	29
I.III.2. Principales formes de barrages	29
I.III.3. Situation géographique du site d'étude	30
I.III.4 Présentation du Barrage Bouhamdane	31
I.III.5. Caractéristiques du barrage Bouhamdane	32
I.III.6. Traitement des eaux de barrages	33
I.III.6.1. Les étapes du traitement	33
I.III.6.1.1 Traitement physique	34
I.III.6.1.2. Traitement physico-chimique	35
I.III.6.3. Traitement chimique	38
I.III.7. Critères de choix de la qualité des eaux	40
I.III.8. Conclusion	40
I.IV. Introduction	42

I.IV.1. Particules en suspension	42
I.IV.2. Particules colloïdales	43
I.IV.3. Types des colloïdes	43
I.IV.3.1. Colloïdes hydrophiles	43
I.IV.3.2. Colloïdes hydrophobes	43
I.IV.4. La Nature et la charge des substances colloïdales	43
I.IV.5. Stabilité des particules colloïdales	44
I.IV.6. Potentiel.....	45
I.IV.7. Le procédé de coagulation-floculation	45
I.IV.7. 1. La coagulation	46
I.IV.7.1.1. Coagulants utilisés.....	49
I.IV.7.1.1. 1. Les coagulants minéraux	49
I.IV.7.1.1.2. Les Coagulants organiques.....	50
I.IV.7.1.2. Choix du coagulant.....	51
I.IV.7.1.3. Facteurs affectant la coagulation	51
I.IV.7. 2. Floculation.....	53
I.IV.7. 2. 1. Principe.....	53
I.IV.7. 2. 2. Types de floculation.....	54
I.IV.7. 2. 2.1. Floculation physique.....	54
I.IV.7. 2. 2.1.2. Floculation chimique.....	54
I.IV.7. 2. 3. Floculants utilisés.....	55
I.IV.8. Temps de coagulation et de floculation	55
I.IV.9. Mise en œuvre du processus de coagulation-floculation	55
I.IV.10. Avantages et inconvénients de la coagulation floculation	56
I.IV.10.1. Avantages	56
I.IV.10.2. Inconvénients	56
I.IV.11. Evaluation des doses du coagulant.....	57
I.IV.12. Le jar test.....	57
I.IV.13. Conclusion.....	59

Partie II : *Protocoles Expérimentaux & Résultats et Discussion*

II.I.1 Échantillonnage	62
II.I.1.1 Mode de prélèvement	62
II.I.1.2 Transport et conservation des échantillons.....	62

II.I.2 Analyse Physicochimiques de l'eau brute et traitée du Barrage	
Hamмам Debagh	63
II.I.2.1. Mesure de la température (C°) et du PH.....	63
II.I.2.2. Mesure de la turbidité	64
II.I.2.3. Mesure de la conductivité (μS/cm)	64
II.I.2.4. Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates	65
II.I.2.5. Dosage du calcium (Ca ²⁺).	66
II.I.2.6. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	66
II.I.2.7. Dosage des chlorures (Cl ⁻)	67
II.I.2.8. Détermination de la matière organique (MO)	67
II.I.2.9. Détermination du résidu sec (RS)	68
II.I.2.10. Détermination des matières en suspension (MES)	69
II.I.2.11. Dosage de l'ammonium (NH ₄ ⁺)	69
II.I.2.12. Dosage du fer (Fe ²⁺).	70
II.I.2.13. Dosage des sulfates (SO ₄ ²⁻).....	71
II.I.2.14. Dosage des phosphates (PO ₄ ³⁻).....	71
II.I.2.15. Dosage des nitrates (NO ₃ ⁻)	71
II.I.2.16. Dosage des nitrites (NO ₂ ⁻).....	72
II.I.2.17. Dosage d'aluminium (Al ³⁺).....	72
II.I.3. Analyses Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamden ...	73
II.I.3.1. Recherche des germes totaux à 37 C° (GT)	73
II.I.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)	74
II.I.3.3. Recherche des streptocoques fécaux	75
II.I.3.4. Recherche des anaérobies sulfite-réducteur (ASR)	76
II.I.4. Essai du test de coagulation/floculation (jar-test)	76
II.I.4.1. Détermination de la dose optimale en coagulant	76
II.I.4.2. Détermination de la dose optimale en floculant.....	78
II.II.1. Analyse Chimiques et Physicochimiques de l'eau au niveau de	
la station de traitement du barrage de bouhamdene.....	80
II.II.1.1. Mesure de la turbidité	80
II.II.1.2. Mesure de la température (C°)	81
II.II.1.3. Mesure du pH	82
II.II.1.4. Mesure de la conductivité (μS/cm)	83
II.II.1.5. Mesure de la totalité des solides dissouts TDS (mg/l)	84

II.II.1.6. Mesure de la salinité	85
II.II.1.7. Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates (HCO_3^-)	86
II.II.1.8. Dosage du calcium (Ca^{2+})	89
II.II.1.9. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	90
II.II.1.10. Détermination du magnésium (Mg^{2+})	91
II.II.1.11. Dosage des chlorures (Cl^-)	92
II.II.1.12. Détermination de la matière organique (MO)	93
II.II.1.13. Détermination du résidu sec (RS)	94
II.II.1.14. Détermination des matières en suspension (MES)	95
II.II.1.15. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)	96
II.II.1.16. Dosage du fer (Fe^{2+})	97
II.II.1.17. Dosage des sulfates (SO_4^{2-})	98
II.II.1.18. Dosage des phosphates (PO_4^{3-})	99
II.II.1.19. Dosage des nitrates (NO_3^-)	100
II.II.1.20. Dosage des nitrites (NO_2^-)	101
II.II.1.21. Dosage d'aluminium (Al^{3+})	102
II.II.2. Analyses Bactériologiques	103
II.II.2.1. Recherche des germes totaux à 37 C ° (GT)	103
II.II.2.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)	104
II.II.2.3. Recherche des streptocoques fécaux	106
II.II.2.4. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR)	107
II.II.3. Essai du test de coagulation/floculation (jar-test)	108
II.II.3.1. Détermination de la dose optimale en coagulant	108
II.II.3.2. Détermination de la dose optimale en floculant	109
II.II.4 Conclusion Générale sur les analyses effectuées	110
Conclusion générale	111

Liste des figures

Figure 1 : les différents états de l'eau

Figure 2 : Schéma d'une molécule d'eau.

Figure 3 : l'eau brute

Figure 4 : Cycle de l'eau dans la nature (Goudjil et bencheikch, 2011).

Figure 5: Les eaux souterraines

Figure 6 : Schéma de fonctionnement d'une nappe libre et une nappe captive (Bravard et al, 2005).

Figure 7 : Pollution de l'eau.

Figure 8 : Pollution diffuse.

Figure 9 : les sources de Pollution.

Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude

Figure 11 : Photo du barrage Bouhamdene

Figure 12 : Photo satellitaire du barrage Bouhamdene

Figure 13 : Chaîne de traitement de l'eau.

Figure 14 : bassin de pré chloration

Figure 15 : bassin de coagulation

Figure 16 : bassin de floculation

Figure 17 : le bassin de décantation

Figure 18 : bassin de Filtration

Figure 19 : réservoir de stockage

Figure 20 : schéma récapitulatif des étapes de traitement des eaux potables

Figure 21 : Théorie de la double couche

Figure 22 : schéma du Phénomène de coagulation-floculation.

Figure 23: Représentation schématique de la compression de la couche diffuse

Figure 24: Emprisonnement des particules dans les floes pendant la décantation

Figure 25 : Adsorption et pontage à l'aide de polymères

Figure 26 : Dispositif expérimental de l'essai jar-test avant l'opération

Figure 27 : Dispositif expérimental de l'essai jar-test après
l'opération Protocoles expérimentaux

Figure 28 : Image d'un PH-mètre

Figure 29 : Image de turbidimètre utilisé dans le laboratoire

Figure 30 : Images d'un appareil multi-paramètre

Liste des figures

Figure 31 : Montage représentant l'analyse de TA.

Figure 32 : Montage représentant l'analyse de TAC

Figure 33 : Montage représentant l'analyse des Cl^-

Figure 34 : Images représentant l'analyse de la MO

Figure 35 : Etuve réglable et Balance analytique pour déterminer le (RS)

Figure 36 : Image représentant l'analyse de NH_4^+

Figure 37 : Schéma d'un Spectrophotomètre

Figure 38 : Schéma représentant dosage de fer

Figure 39 : images représentant l'analyse des sulfates (SO_4^{2-})

Figure 40 : Schéma représentant le protocole de dosage des Nitrates

Figure 41 : Image représentant les analyses des coliformes totaux et fécaux

Figure 42 : Dispositif expérimental de l'essai jar-test

Figure 43 : Evolution de la turbidité dans l'intervalle (Janvier 2022 à avril 2022)

Figure 44 : Evolution de la température (T) au cours des mois (janvier 2022 à avril 2022)

Figure 45 : Evolution du potentiel d'hydrogène (PH) au cours des mois (janvier2022 à mai2022)

Figure 46: Evolution de la conductivité électrique (CE) pour l'intervalle (janvier2022 à mai2022)

Figure 47 : Evolution de la totalité des solides dissouts (TDS) dans l'intervalle (janvier 2022à Mai 2022)

Figure 48 : Evolution de la salinité en fonction des mois (janvier 2022 à Mai 2022)

Figure 49 : Evolution du titre alcalimétrique simple (TA) en fonction des mois (janvier2022 à mai 2022)

Figure 50: Evolution du titre alcalimétrique complet (TAC) au cours des mois (janvier2022à mai 2022)

Figure 51: Evolution des bicarbonates (HCO_3^-) en fonction des mois (janvier 2022 à mai2022)

Figure 52 : Evolution du calcium (Ca^{2+}) en fonction des mois (janvier 2022 à Mai 2022)

Figure 53 : Evolution du titre hydrotimétrique (TH) au cours des mois (janvier 2022 à mai2022)

Figure 54: Evolution de la teneur du magnésium (Mg^{2+}) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 55: Evolution des chlorures (Cl^-) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Liste des figures

Figure 56 : Evolution des matières organiques (MO) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Figure 57: Evolution du résidu sec (RS) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 58: Evolution des matières en suspension (MES) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 59: Evolution de la teneur en (NH_4^+) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 60: Evolution de la teneur du fer (Fe^{2+}) au cours des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 61 : Evolution des teneurs des (SO_4^{2-}) dans l'intervalle (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 62: Evolution des teneurs des phosphates (PO_4^{3-}) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 63 : Evolution des nitrates (NO_3^-) en fonction des mois (janvier 2022 à Mai 2022)

Figure 64 : Evolution des nitrites (NO_2^-) en fonction des mois (janvier 2022 à Mai 2022)

Figure 65 : Evolution de la teneur d'aluminium (Al^{3+}) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Figure 66 : Evolution des germes totaux (GT) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022).

Figure 67 : Evolution des coliformes totaux (CT) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022).

Figure 68 : Evolution des coliformes fécaux (CF) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022).

Figure 69 : Evolution des streptocoques fécaux (SF) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022).

Figure 70 : Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022).

Figure 71 : Courbe de détermination de la dose du coagulant.

Figure 72 : Courbe de détermination de la dose du flocculant

Liste des tableaux

Tableau 1 : Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique

Tableau 2 : Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents responsables

Tableau 3 : Principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh (ADE).

Tableau 4 : Dérivés de sels de fer.

Tableau 5 : Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium

Tableau 6 : Résultats des analyses de la turbidité pour la période (janvier 2022 à avril 2022)

Tableau 7 : Résultats des analyses de la température pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 8 : Résultats des analyses de pH pour la période (Janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 9 : Résultats de la mesure de la conductivité pour la période (janvier 2022 à Mai 2022)

Tableau 10 : Résultats des analyses de la TDS pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 11 : Résultats des analyses de la salinité pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 12 : Résultats des analyses de TA pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 13 : Résultats des analyses de TAC pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 14 : Résultats des analyses de bicarbonate pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 15 : Résultats des analyses de calcium pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 16 : Résultats des analyses de TH pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 17 : Résultats des analyses du magnésium pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 18 : Résultats des analyses des chlorures pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 19 : Résultats des analyses de la matière organique pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 20 : Résultats des analyses de résidu sec pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 21 : Résultats des analyses des matières en suspension pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 22 : Résultats des analyses de l'ammonium NH_4^+ pour les mois allant de janvier 2022 au mai 2022

Tableau 23 : Résultats des analyses du Fer (II) pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 24 : Résultats des analyses de (SO_4^{2-}) pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 25 : Résultats des analyses des phosphates pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Liste des tableaux

Tableau 26 : Résultats des analyses de nitrates (NO_3^-) pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 27 : Résultats des analyses de nitrites (NO_2^-) pour la période (janvier 2022 à mai)

Tableau 28 : Résultats des analyses de l'aluminium (Al^{3+}) pour les mois allant (janvier 2022 au mai 2022)

Tableau 29 : Résultats des analyses de germe totaux pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 30 : Résultats des analyses de coliforme totaux pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 31 : Résultats des analyses de coliforme fécaux pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 32 : Résultats des analyses de streptocoque fécaux pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 33 : Résultats des analyses de sulfite-réducteur pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Tableau 34 : Résultats de l'essai du choix de la dose du coagulant.

Tableau 35 : Résultats de l'essai du choix de la dose du flocculant.

Liste des abréviations

Symboles	Signification
ASR	Coliformes fécaux anaérobies sulfito-réducteur
B.H.A.A	Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies
CF	Coliformes totaux
CT	Gélose tryptone glucose agar.
EDTA	Acide éthylène diamine tétra acétique
GT	Germe totaux
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
KPa	Kilo pascal
MES	Matière en suspension
MO	Matière organique
NTU	Néphélométrie Turbidité Unit
OMS	Organisation Mondiale de la Santé polychlorobiphényles
RS	Résidu sec
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
TDS	Total Dissolved Solids (Solides totaux dissous)
TH	Titre hydrotimétrique
UFC	Unité formant colonie.
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine
VHA	Virus de l'hépatite A

Résumé

Cette étude s'intéresse dans un premier temps à la détermination des meilleures conditions d'élimination de la turbidité et de la couleur de l'eau brute au niveau de la station de traitement de Hammam Debagh. Le procédé appliqué pour le traitement est la coagulation-floculation. Les essais ont été réalisés à PH de l'eau brute légèrement basique (PH =8,3) qui donne les meilleurs résultats. A ce PH, les doses optimales de coagulant (10 mg/l) et de floculant (0,05 mg/l) ont été trouvées au moyen d'un JAR- TEST.

Dans un deuxième temps, une évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage Bouhamden a été réalisée.

Les analyses ont porté sur une vingtaine de paramètres physico-chimiques (PH, température, turbidité, résidu sec, bicarbonate, dureté, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, sulfate, chlorures, fer, aluminium, matière organique.....) ; et 4 paramètres bactériologiques (coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), streptocoques fécaux, anaérobies sulfito-réducteur (ASR).

Les différents paramètres physico-chimiques analysés et les différents micro-organismes recherchés sont conformes aux normes algériennes et ont montré que l'eau du barrage Bouhamden après traitement est de bonne qualité pour la santé de consommateur. Ça explique encore les bons traitements chimiques et physicochimiques au niveau de cette station.

Mots clés :

Barrage, Station de traitement, Pollution de l'eau, Chaine de traitement, Eau potable, Hammam Debagh, Eau brute, Eau traitée, Coagulation, Floculation, Optimisation des traitements .Jar-test, Paramètres physicochimiques, Paramètres bactériologiques.

ملخص

تركز هذه الدراسة في البداية على تحديد أفضل الظروف لإزالة العكارة ولون المياه الخام في محطة معالجة حمام دباغ. العملية المطبقة للعلاج هي التخثر والتلبد. تم إجراء الاختبارات عند درجة حموضة الماء الخام الأساسي (الرقم الهيدروجيني = 8.3). أفضل النتائج: عند هذه الأس الهيدروجيني، تم العثور على الجرعات المثلى من مادة التخثر (10 مجم / لتر) والمادة الملبدة (0.05 مجم / لتر) باستخدام اختبار الجرة.

ثانياً، تم إجراء تقييم للجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية للمياه الخام والمعالجة من سد بوحمدان. ركزت التحليلات على حوالي عشرين معياراً فيزيائياً كيميائياً (درجة الحموضة، درجة الحرارة، التعكر، البقايا الجافة، البيكربونات، الصلابة، النترات، النتريت، الأمونيوم، الفوسفات، الكبريات، الكلوريد، الحديد، الألمنيوم، المواد العضوية، إلخ)؛ و4 معاملات جرثومية (القولونية الكلية (CT) والبراز (CF)، العقديات البرازي، اللاهوائية المقلصة للكبريتات (ASR).

المعايير الفيزيائية والكيميائية المختلفة التي تم تحليلها والكائنات الدقيقة المختلفة التي تم البحث عنها تتوافق مع المعايير الجزائرية وأظهرت أن المياه من سد بوحمدان بعد المعالجة ذات نوعية جيدة لصحة المستهلك. هذا يفسر مرة أخرى العلاجات الكيميائية والفيزيائية الكيميائية الجيدة في هذه المحطة.

الكلمات الدالة

سد، محطة المعالجة، تلوث المياه، سلسلة المعالجة، مياه الشرب، حمام الدباغ، المياه الخام، المياه المعالجة، التخثر، التلبد، تحسين المعالجات، اختبار الجرة، البارامترات الفيزيائية والكيميائية، العوامل البكتريولوجية.

Abstract

This study initially focuses on determining the best conditions for eliminating turbidity and the color of raw water at the Hammam Debagh treatment plant. The process applied for treatment is coagulation-flocculation. The tests were carried out at the PH of slightly basic raw water (pH of 8.3) which gives the best results. At this PH, the optimal doses of coagulant (10 mg/l) and flocculant (0.05 mg/l) were found using a JAR-TEST.

Secondly, an assessment of the physicochemical and bacteriological quality of raw and treated water from the Bouhamden dam was carried out.

The analyzes focused on around twenty physico-chemical parameters (PH, temperature, turbidity, dry residue, bicarbonate, hardness, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, sulphate, chlorides, iron, aluminium, organic matter, etc.); And 4 bacteriological parameters (total (CT) and faecal (CF) coliforms, faecal streptococci, sulphite-reducing anaerobes (ASR)).

The various physico-chemical parameters analyzed and the various micro-organisms sought comply with Algerian standards and have shown that the water from the Bouhamden dam after treatment is of good quality for consumer health. This again explains the good chemical and physicochemical treatments at this station.

Key words:

Dam, Water pollution, Treatment station, Treatment chain, drinking water, Hammam Debagh, Raw water, Treated water, Coagulation, Flocculation, Optimization of treatments. Jar-test, Physicochemical paramètres, Bacteriological paramètres.

Introduction Générale

L'eau constitue un élément noble indispensable pour la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'homme. La gestion qualitative et quantitative de cette matière simple et complexe en même temps reste un sujet essentiel et perpétuel, car la vie de l'Homme sur Terre en est complètement dépendante [1].

Ces dernières années, les ressources en eau douce (souterraine et superficielle) sont menacées par les divers types de pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore).

L'eau est dite potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme de nuire à la santé des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production d'eau potable, la mise en place de traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique [2]

Une eau destinée à la consommation humaine contient nombre de composants à éliminer totalement ou partiellement : matières en suspension, matières organiques, micropolluants organiques et/ou minéraux, micro-organismes (bactéries, virus...). Mais elle contient aussi des éléments bénéfiques pour la santé : calcium, magnésium, sels minéraux. Il est donc nécessaire de connaître et quantifier précisément sa composition afin de chercher les paramètres à corriger, et pouvoir la traiter correctement [3].

La population de la wilaya de Guelma est raccordée au réseau de distribution en eau potable venant de la station de traitement de Hammam Debagh implanté près du barrage Bouhamdene. Au niveau de cette station, le traitement de potabilisation de l'eau s'effectue par différents procédés chimiques, physicochimiques et physique (chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration...etc.).

L'objectif principal de notre travail consiste à étudier les étapes de la clarification de l'eau brute provenant du barrage Bouhamdene par le procédé coagulation-floculation. Dans un premier temps, notre but consiste à trouver les meilleures conditions d'élimination de la turbidité et de la couleur de cette eau par l'optimisation de deux facteurs clés de ce processus de coagulation-floculation à savoir le PH, et les doses du coagulant et du floculant. Dans un deuxième temps, nous essayerons de réaliser des analyses physicochimiques et bactériologiques sur l'eau brute et l'eau traitée au niveau de la station de traitement.

Les analyses physicochimiques porteront sur la comparaison de la qualité des eaux avant et après traitement en mettant en évidence plusieurs paramètres qui entrent en jeu dans la détermination de la qualité de cette eau tels que : la température ; le PH ; la conductivité ; la turbidité ; le titre hydrotimétrique ; le calcium ; le magnésium ; le titre alcalimétrique complet ; les nitrates ; les nitrites ; l'ammonium ; les sulfates ; les chlorure ; les bicarbonate ; les phosphates ; le fer ; les matières en suspensions(MES), la matière organique(MO)...etc.

Ce manuscrit est divisée deux parties distinctes :

La première partie présente une mise au point bibliographie, elle est scindée en quatre chapitres suivants:

- □ Le premier chapitre : Généralités sur l'eau
- □ Le deuxième chapitre : Pollution de l'eau
- □ Le troisième chapitre : Traitement des eaux de surface
- □ Le quatrième chapitre : le procédé : coagulation -floculation

La deuxième partie est axée sur l'expérimentation, et elle est présentée en deux grands Chapitres :

- □ Le premier chapitre est réservé à la description de l'appareillage et matériels utilisés ainsi que les protocoles expérimentaux suivis lors de l'étude.
- □ Le deuxième chapitre est réservé à la présentation des résultats, leurs interprétations et Discussions.

Le mémoire sera clôturé par une conclusion générale que fait ressortir l'essentiel des Aboutissements de cette étude.

Références bibliographiques

- [1] : « **Gerard, G.** :L'eau, milieu naturel et maîtrise. Edition INRA, Volume 1, P204. » (1999).
- [2] :Ghodbane, S.,Rehabi, Y., Analyse en amont et en aval de l'eau de la station de Traitement du barrage Hammam Debagh-Guelma ,mémoire de master sous la Direction Du Dr.STITI Maamar ,Université 08 Mai 45 Guelma, Juillet 2021,
- [3]:« **Bahmed, L., Djebabra, M., Abibsi ,A** :Démarche d'intégration du concept Qualité – sécurité - environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable, Larhyss Journal, n°3, p115-128. » (2004)

Première partie

Etude Bibliographique

Chapitre I
Généralités sur l'eau.



I.I. Introduction :

L'eau est la substance minérale la plus répandue à la surface du globe, elle constitue l'hydrosphère. Son volume est estimé à $1\,385\,106\text{ km}^3$, dont environ 97,4 % dans les océans (couvrant 71 % de la surface terrestre), 2 % sous forme de glace et 0,6 % seulement (de l'ordre de 8106 km^3) constituant les eaux continentales (y compris les nappes souterraines et l'humidité des sols). A la surface du sol, on évalue à environ $350\,000\text{ km}^3$ le volume des eaux continentales disponibles (fleuves, lacs) ; les glaces des calottes polaires représentent un volume de $25 \cdot 106\text{ km}^3$. Il y a $13\,000\text{ km}^3$ d'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur et de nuages [1]

I.I.1. Définition de l'eau :

C'est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire. L'eau 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 leur poids en moyenne).

L'eau se rencontre dans la nature sous trois états : solide, liquide et gazeux

✚ **État gazeux** : Sous l'action de la chaleur, les liaisons hydrogène se brisent.

✚ **État liquide** : La liaison hydrogène, stable à température ambiante est néanmoins fragile comparée à la liaison covalente. Les liaisons hydrogène sont en formation constante et se brisent sans cesse, ce qui permet aux molécules d'eau de se rapprocher un peu plus.

✚ **État solide** : Les liaisons hydrogène sont totalement formées.

-Elle peut dissoudre de nombreuses matières pour donner des solutions.

-Elle repousse presque toutes les substances organiques (huile, pétrole,....) pour former des émulsions .

-En refroidissant, elle augmente de volume.

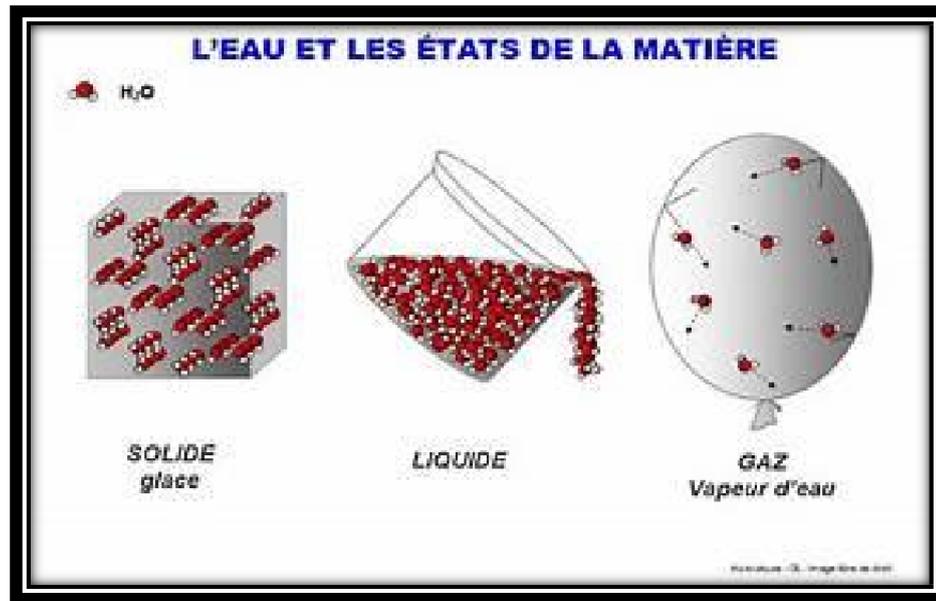


Figure 1 : Les différents états de l'eau

dépendant des conditions particulières de température et de pression. [2]

C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants [3]

I.I.2. Propriétés chimiques de la molécule d'eau :

I.I.2.1. Forme :

La molécule d'eau possède une forme coudée qui est due à ses orbitales non-liantes (doublets non-liants) qui créent des interactions avec les atomes d'hydrogène et les poussent vers le bas. Elle possède donc une structure tétraédrique (type AX₂E₂ en méthode VSEPR), l'angle H-O-H est de 104,5 ° et la distance interatomique d'O-H = 95,7 pm soit 9,57×10⁻¹¹ m.

I.I.2.2. Polarité :

L'électronégativité de l'atome O étant plus haute que celle de H, il y a une polarisation de cette molécule, ce qui en fait un bon solvant. Elle possède un dipôle électrique permanent. La polarité de la molécule rend possible pour la molécule d'eau de réaliser des liaisons hydrogène intermoléculaires (+ 20-25 kJ/mol).

La liaison Hydrogène permet d'expliquer l'existence d'associations moléculaires comme celles que l'on trouve dans l'eau, dans les protéines, et dans la kératine

NB : Pour exemple les cristaux de glace ont cette forme à cause de cela. À quantité égale, la glace flotte sur l'eau (sa densité solide est plus faible que celle liquide) et c'est dû à ces liaisons hydrogène.

I.I.2.3. Pouvoir dissolvant :

L'eau est un composé amphotère, c'est-à-dire qu'elle peut être une base ou un acide. L'eau peut être protomé, c'est-à-dire capter un ion H^+ (autrement dit un proton) et devenir un ion H_3O^+ . À l'inverse, elle peut être déprotégée, c'est-à-dire qu'une autre molécule d'eau peut capter un ion H^+ et la transformer en ion OH^- . Cependant, ces réactions se produisent très rapidement et sont minimes. $2H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$ [4]

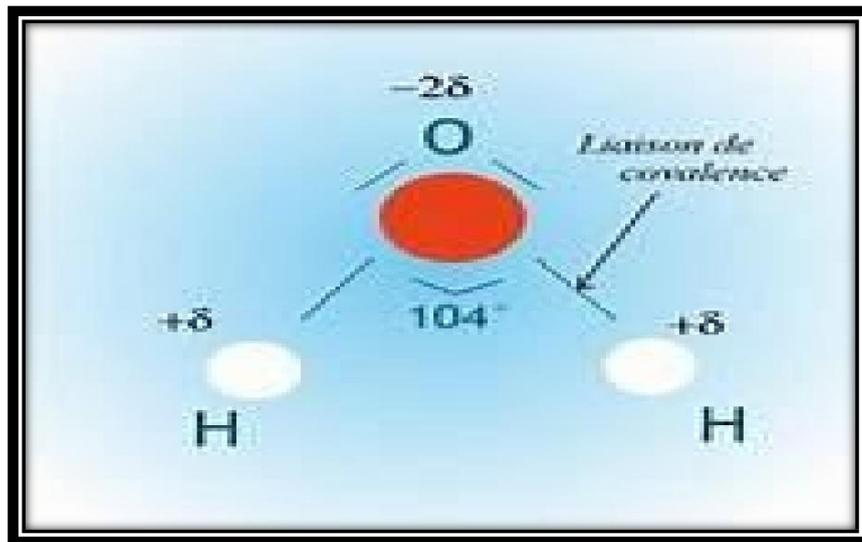


Figure 2 : Schéma d'une molécule d'eau.

I.I.3. Importance de l'eau :

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer [5]

L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. C'est une ressource qui génère et maintient la croissance économique et la prospérité. Elle est également au cœur des écosystèmes naturels et de la régulation climatique. Tout le monde en a besoin, et pas uniquement pour boire. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger [5]

I.I.4. L'eau brute :

L'eau brute désigne l'eau qui n'a subi aucun traitement et qui peut alimenter une station de production d'eau potable. A l'état naturel, les eaux brutes contiennent, d'une part, des matières dissoutes provenant des milieux géographiques traversés (Arsenic, chlorures, nitrate ...etc.), des gaz dissous provenant de l'atmosphère (CO_2 , O_2 , N_2 ...etc.) et des matières en suspension provenant du ruissellement. D'autre part des organismes vivants et des matières organiques provenant de la décomposition des végétaux des pollutions d'origine anthropique (bactérie, virus pathogènes, produits toxiques ou simplement indésirables) peuvent être également présentes dans l'eau brute [6]



Figure 3:L'eau brute

I.I.4. L'eau potable :

L'eau potable est une eau brute ; qui a subi des traitements avant sa distribution. On appelle aussi une eau de consommation qui peut être définie en ce qui concerne l'OMS comme une eau que l'on peut boire, sans risque pour la santé) [7]

Traitement de potabilisation de l'eau : L'eau est puisée dans la rivière et est envoyée dans l'usine de traitement au moyen d'une ou plusieurs pompes. A la sortie du canal il peut y avoir des traitements par chloration et acidification. Ensuite, préparation de l'eau par coagulation et floculation c'est suivi par une étape de décantation. Il y a ensuite une filtration sur un lit de sable avant l'étape suivante qui est une nouvelle étape de chloration avant l'ozonation. L'eau passe sur une unité de charbon actif en grain. Avant la sortie, elle est stockée puis distribuée dans le réseau. Avant le stockage il y a une étape de neutralisation et de chloration. Dans le réseau à différents points ajout de chlore.

I.1.5. Cycle de l'eau :

La terre est l'unique planète du système solaire, dont la surface est recouverte de grande quantité d'eau à l'état liquide environ 70%. Elle constitue une ressource naturelle essentielle à la vie, vital à l'homme et à la ville qu'il habite.

Sous l'effet du soleil, l'eau des océans s'évapore et monte dans l'atmosphère, à raison de 1000 km³ par jour, l'action du froid rencontré à haute altitude condense cette eau ; les nuages ainsi formés se transforment en pluie, neige rosé ou gelés ; une fois arrivées sur terre, 60 % de cette eau s'évaporent à nouveau, 15 % ruissellent et rejoignent les cours d'eau, les mers et les océans alors que 25 % s'infiltrent et alimentent les nappes souterraines (**Fig. 04**).

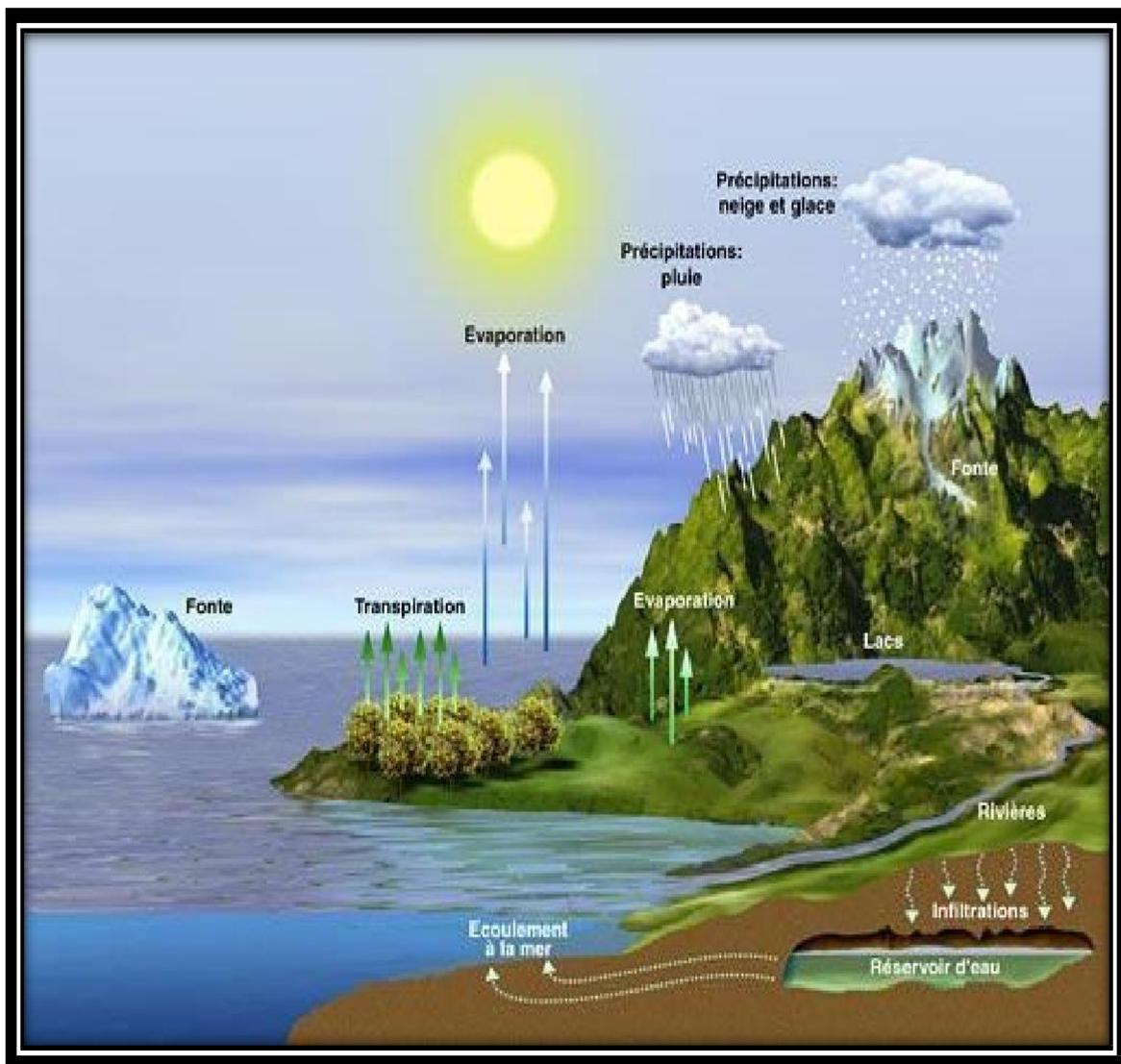


Figure 4: Cycle de l'eau dans la nature

❖ **Evaporation** : sous l'action du soleil, une partie de l'eau de mer s'évapore pour former des nuages. Avec les vents, ces nuages arrivent au-dessus des continents où ils s'ajoutent à ceux déjà formés.

❖ **Précipitations** : lorsqu'il pleut, qu'il neige ou qu'il grêle sur ces mêmes Continents, une partie de l'eau de ces précipitations repart plus ou moins rapidement dans l'atmosphère, soit en s'évaporant directement, soit du fait de la transpiration des végétaux et des animaux.

❖ **Ruissellement** : une deuxième partie, en ruisselant sur le sol, rejoint assez vite les rivières et les fleuves puis la mer.

❖ **Filtration** : Quant au reste, il s'infiltré dans le sol et est stocké en partie dans des nappes. Cette eau finira aussi par retourner à la mer, à beaucoup plus longue, voire très longue, échéance, par le biais des cours d'eau que ces nappes alimentent. C'est ce mouvement perpétuel de l'eau sous tous ses états qu'on appelle le grand cycle de l'eau. Les activités humaines peuvent parfois perturber ce cycle et provoquer ou amplifier des phénomènes de pénuries ou d'inondation.

II.6. Type des eaux : Sur la Terre, il y a :

- **l'eau visible** : l'eau de mer, l'eau contenue dans les calottes polaires, les lacs, les rivières, les nuages et la pluie ; et

- **l'eau invisible**: les eaux souterraines.

Les eaux douces exploitées ont une origine continentale :

II.6.1. Eau souterraine :

Les eaux souterraines constituent 22 % des réserves d'eau douce soit environ 1000 milliards de m³. Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se réunissent en nappes. La qualité des eaux souterraines peut être excellente, détériorée naturellement (turbidité épisodique et microorganismes, fer et manganèse, ammonium, arsenic, sélénium, fluor, dureté...), ou encore détériorée par des activités d'origine anthropique (nitrates, pesticides, solvants chlorés, additifs pétroliers ou autres micropolluants). Dans tous les cas, une désinfection chimique est pratiquée, le plus souvent par l'eau de javel, parfois par le chlore gazeux, voire plus rarement par dioxyde de chlore, soit enfin de filière, soit comme seule étape de traitement pour les eaux d'excellente qualité.



Figure 5: Les eaux souterraines

II.6.1.1. Nappes :

La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine (**figure 6**).

♣ **Une nappe peut être libre.** Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue

♣ **Une nappe peut être captive.** Elle est alors séparée de la surface du sol par une Couche imperméable. Elle est généralement plus profonde.

♣ **Un cas particulier est représenté par les nappes alluviales :** ce sont les nappes situées dans les terrais alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau. La qualité de l'eau est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière. **[10]**

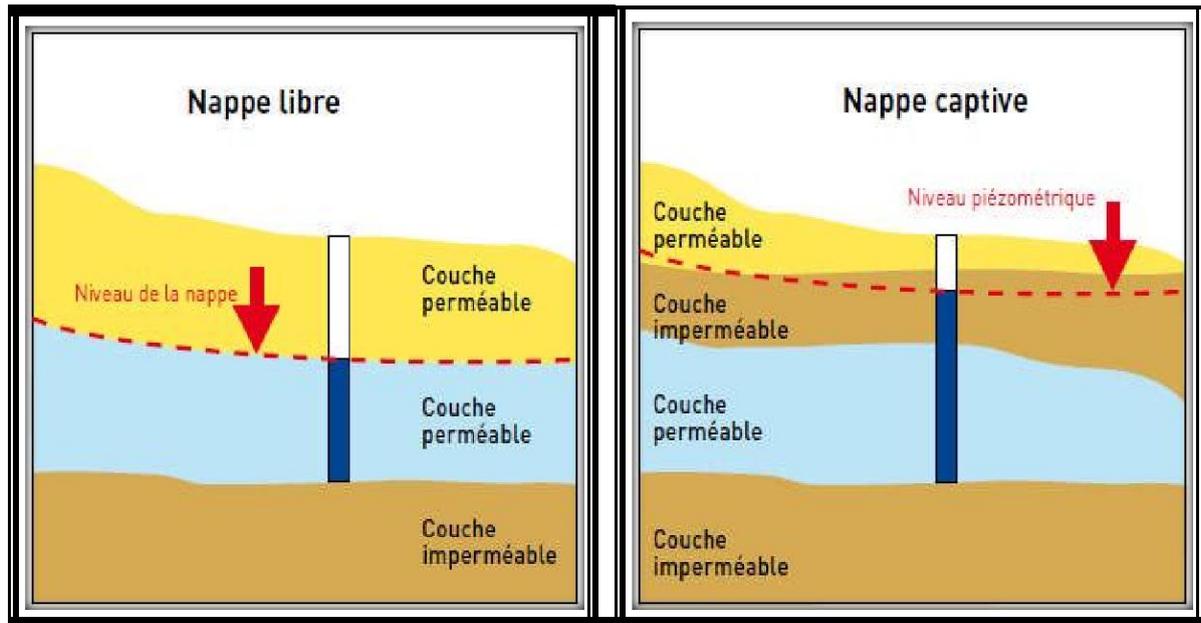


Figure 6 : Schéma de fonctionnement d'une nappe libre et d'une nappe captive

II.6.1.2. Puits :

Un puits est un procédé de captation des eaux d'une nappe phréatique de moyenne profondeur. On distingue deux types de puits :

II.6.1.2.1. Puits individuels :

Ils sont habituellement creusés par piochage en évitant notamment la proximité des fosses septiques. Ils peuvent être maçonnés au fur et à mesure de leur avancement ou encore murillés par enfoncement de buses de ciment. Une variante existe : le puits tubulaire, c'est un tuyau en acier d'un diamètre de 4 à 10 cm, crépine à son extrémité inférieure et que l'on enfonce directement dans le Sola l'aide d'un « mouton ». Ces puits présentent un meilleur isolement vis-à-vis des contaminations superficielles qui sont toujours à redouter. Le principal problème des puits individuels est qu'ils n'atteignent que la nappe phréatique, pratiquement toujours pollués.

II.6.1.2.2. Puits collectifs :

Ce sont des ouvrages industriels qui peuvent être à faible profondeur, situés dans les nappes alluviales et munis des pompes, ils peuvent avoir des débits considérables, de l'ordre de 3000 m³/jour.

À grande profondeur, le puits perd son nom pour s'appeler forage, ces grandes profondeurs permettent d'éviter au maximum les risques de pollution et de trouver des nappes ayant un débit suffisant.

I.I.6.1.3. Sources :

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de sources :

- ✚ Les sources d'affleurement, pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans la vallée (au pied de la pente).
- ✚ Les sources d'émergence, ou artésiennes, elles sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont plus susceptibles de tarissement).
- ✚ Les sources de déversement, elles naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée). Le débit d'une source artésienne est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année, tandis que le rendement des autres types de sources dépend du niveau de la nappe, lequel fluctue selon les saisons.

I.I.6.2. Eau minérale :

Ce sont des eaux profondes, naturelles qui possèdent des propriétés thérapeutiques reconnues). [12]

L'embouteillage de ces eaux est assuré après parfois une étape de traitement pour éliminer ou diminuer la concentration de certains éléments qui sont en concentration supérieure à la concentration autorisée pour une eau potable [10]; [9].

I.I.6.3. Eau de source :

Ce sont des eaux naturelles potables, contrairement aux eaux minérales doivent répondre aux critères de potabilité et les seuls traitements pouvant appliquer sont l'aération, la décantation et la filtration. [10], [12][9]

I.I.6.4. Eau de surface :

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrage).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ciseaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne cause des déchets rejetés et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement. [8], [9]. De plus elles peuvent présenter plusieurs pollutions d'origine :

- urbaine.
- industrielle.
- agricole [11], [9]

I.I.7. propriétés physico-chimiques de l'eau :

Les eaux superficielles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs, glaciers et ont deux types de réserves naturelles (lacs), ou artificielles (barrages-réservoirs).

I.I.7.1. Propriétés physiques :

a) La température :

Est une caractéristique physique importante qui joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination du PH. [13]

La température des eaux de surface varie en fonction du climat, des saisons, des matières en suspension, de la nature et du relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux fluctue en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. [14]

b) La viscosité :

Détermine la vitesse de mouvement du fluide, on peut l'interpréter comme un phénomène de transport de la quantité de mouvement dans un champ de vitesse. L'addition d'une faible quantité de substance en suspension ou en solution peut augmenter grandement la viscosité du liquide.

Les liquides ont une viscosité supérieure à celle des gaz, les molécules sont plus rapprochées, des liaisons s'établissent entre elles ce qui augmente la cohésion de l'ensemble. La viscosité varie en sens inverse de la température

c) La turbidité :

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organiques, micro-organismes.), elle est souvent liée à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines et peu profondes [15].

d) La masse volumique :

La masse volumique varie avec la température et la pression. Pour l'eau pure sous pression normale, elle passe par un maximum à environ 4 C ° (exactement 3,982 C°). Cette propriété de l'eau entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature (phénomènes de stratification des lacs) que dans les stations de traitement (ex. : remontées de boues dans les décanteurs). Aux pressions rencontrées en pratique hydraulique, l'eau est considérée comme un fluide incompressible. Mais en fait, c'est un fluide légèrement élastique : son volume décroît d'environ 0,048 % chaque fois que la pression augmente d'une atmosphère. [1]

e) La tension superficielle :

À la surface d'un milieu dense (liquide ou solide) ou à l'interface entre deux milieux denses, la matière n'est pas, localement, rigoureusement dans le même état. À la surface ou interface est donc associée une certaine énergie par unité de surface exprimée en joules par mètres carrés (J/m^2) dont l'origine est la force de cohésion entre molécules identiques exprimée en joules par mètres carrés (J/m^2).

f) La transparence:

Se définit comme la propriété d'une substance à transmettre la lumière. La transparence de l'eau influence donc la pénétration de la lumière dans un lac et dépend beaucoup de la quantité de matière dans l'eau (sous forme de particules ou dissoutes). Ces matières peuvent être d'origine minérale (limon, argile) ou organique (débris végétaux et animaux, microorganismes, algues, composés chimiques).

I.I.7.2. Propriétés chimiques de l'eau :**a) Solvant :**

L'eau est un solvant polaire particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides il existe en fait diverses relations entre l'eau et les corps mis à son contact.

La solvation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi de nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique. Si la solvation n'est que superficielle, on obtient une suspension colloïdale ou une gelée, suivant que le corps est mouillable ou gonflable (hydrophilie).

b) La polarité :

L'eau est une molécule coudée, sa forme joue un rôle important dans sa polarité. En effet, du fait de sa forme coudée, les barycentres des charges partielles positives et négatives ne sont pas superposés. Cela entraîne une répartition inégale des charges ce qui donne à l'eau ses propriétés de molécules polaires [16]

I.I.8. Conclusion

L'eau est à plus d'un titre, une matière première exceptionnelle puisqu'elle est essentielle à toute forme de vie, qu'elle soit humaine, animale ou végétale. Elle a longtemps été considérée comme une ressource abondante voire illimitée et il semblait normal à chacun qu'elle soit gratuite ou quasiment gratuite à cause de tous les symboles qu'elle véhicule depuis toujours tant au plan de la vie, de la culture ou de la religion, bref elle est biologiquement, industriellement, socialement et économiquement importante. [17]

Références Bibliographiques

- [1] : **Degrémont** , Mémento technique de l'eau. Tome 1, Paris, France 2005.
- [2] : **Aissaoui** , **Azzeddine** , Evaluation du niveau de contamination des eaux De barrage hammam Grouz de la région d'oued Athmania par les activités agricoles-.Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri-Tizi ousou : Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement (2013), 75p
- [3] : **Aberkane. K, Ameziane . N**, comparaison entre la qualité de l'eau potable traitée à la station de production Koudiat Acerdoune – Bouira et l'eau dessalée à la station dessalement cap djinet–boumerdes, Master, eau, santé et environnement, université AkliMohand Oulhadj, Bouira, (2017).
- [5] : **Hubert. P et Marin. M**: Quelle eau boirons-nous demain ? Edition Fabienne Travers, (2001), p64-124.
- [6] : **Ghezali. B**, étude du zooplancton et de la qualité physico-chimique des eaux de la retenue collinaire de Tessala (wilaya sidi bel abbés), Magister, université Djillali liabes, sidi Belabbes, (2015).
- [7] : **Atamenia. M, Kouarta. A**, traitement et étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface de Hammam Debagh (Bouhamdane)-Guelma, Master, Génie chimique, Université 8 Mai 1945 Guelma, (2020)
- [8] : **Salghi . R** Différents filières de traitement des eaux. Thèse d'habilitation. Université ibn zohr (2000). p 22.
- [9] : **Abda . A** Traitement des eaux de surfaces et les risques génotoxiques des sous-produits de chloration, thème de doctorat. Université de Guelma, (2014).
- [10] : **Monod. I**, Mémento technique de l'eau Tome I 9ème édition du cinquantenaire, (1989). p1200.
- [11] : **Kettab. A**, Traitement des eaux (eaux potables). Ed. Office de la publication universitaire (1992).
- [12] : **Cardot . C**, Génie de l'environnement, des traitements de l'eau : procédés physicochimiques et bactériologiques. Edition Ellipses, (1999), P247.
- [13] : **Bolto . B, et al**. Analyse physico-chimique des effluents, Biologie Campbell, (2002) 50.5165-57 p.
- [14] : **Bordet. J**, L'eau dans son environnement rural : Hydraulique et cycle de l'eau, l'alimentation en eau potable, l'assainissement des agglomérations, Éditions Johanet (2007) (ISBN 978-2-900086-71-1),

[15] : **Joel. G**, La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités, Paris, (2003)

[16]: **Reece J. et al.** Caractéristiques et propriétés des eaux pure, eaux naturelles ,
2012Vol 1 N°110, 211- 254 p.

[17]: **Beaudry. J, Henry. M**, «chimie des eaux»,2éme édition, Griffon d'Argile,
Germes totaux Québ

Chapitre II

Pollution de l'eau



I.II. Introduction :

L'Homme est une partie intégrante des écosystèmes terrestres. Pour répondre à ses besoins plus importants en termes alimentaire et sanitaire, il a synthétisé volontairement toutes sortes de molécules de plus en plus complexes, comme les médicaments à usage médical ou vétérinaire, les produits phytosanitaires, les plastifiants, les pesticides, les insecticides, les engrais...etc. Ses activités ont généré ou augmenté la présence naturelle d'autres contaminants, sans réelle maîtrise de leur gestion. Enfin, il a modifié les cycles naturels, comme celui de l'eau, en dégradant sa qualité et en cherchant à canaliser son écoulement. [1]

II.1. Définition de la pollution :

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directes ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes, ces modifications peuvent affecter l'Homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques [2].

II.2. Définition de la pollution de l'eau :

On appelle pollution de l'eau toute modification défavorable chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui consomment cette eau. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses sur leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré [3]. La pollution de l'eau est peut-être observée à différents niveaux dont on cite :

Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses septiques, latrines).

- ✚ Les eaux de surface : Les lacs, les fleuves, les rivières et les oueds.
- ✚ Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau [4].



Figure 7 : Pollution de l'eau.

II .3. Les différents types de pollution des eaux :

II.3.1. La pollution physique :

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eau chaude provenant des systèmes de refroidissement, des centrales électriques classiques ou nucléaires [5].

a) La pollution radioactive de l'eau :

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium) ou artificielle (Energie nucléaire). Les substances radioactives libérées dans l'eau peuvent provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de

l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires [6].

b) Pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES [7].

c) Pollution thermique :

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries...) ; l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution [7].

II.3.2. La pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories :

- ✚ Organique (hydrocarbures, pesticides, détergents...).
- ✚ Minérale (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore...) [8].

a) La pollution organique :

Ce sont les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...), et par les effluents domestiques (déjections humaines, graisses, etc.). La première conséquence de cette pollution est la consommation d'oxygène dissous de ciseaux. Le polluant organique ce sont principalement les détergents, les pesticides étales hydrocarbures [8].

❖ Les détergents :

Ils sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- ✚ L'apparition de goût de savon.
- ✚ La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- ✚ Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau [8].

❖ Les pesticides :

On désigne généralement comme des produits utilisés en agriculture. Les conséquences néfastes dues aux pesticides sont liées aux caractères suivants :

- ✚ Rémanence et stabilité chimique conduisant à une accumulation dans les chaînes alimentaire.
- ✚ Rupture de l'équilibre naturel [8]

❖ Les hydrocarbures :

Provenant des industries pétrolières et des transports, qui sont des substances peu solubles dans l'eau et difficilement biodégradables, leur densité inférieure à l'eau les fait surnager. En surface, ils forment un film qui perturbe les échanges gazeux avec l'atmosphère [8].

b) La pollution minérale :

La pollution minérale des eaux peut provoquer le dérèglement de la croissance végétale ou trouble physiologique chez les animaux. Les polluants minéraux sont principalement les métaux lourds et les éléments minéraux nutritifs [9].

❖ Les métaux lourds :

Ils sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique [10].

❖ Les éléments minéraux nutritifs :

- **Nitrates et phosphates:** provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, ils sont à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques [8].

-

II.3.3. La pollution biologique :

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces microorganismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire [11].

❖ Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte [8].

❖ Pollution bactérienne :

L'eau polluée peut contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affection dites des maladies à transmission hydrique (MTH). La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite oro-fécale. Parmi les germes teste de contamination fécale qui se trouvent d'une façon presque constante dans les matières fécales humaines et animales appartiennent aux espèces suivantes :

- Coliformes : coliformes totaux et coliformes fécaux (E-coli).
- Streptocoques du groupe dite streptocoques fécaux.
- Clostridium-sulfito- réducteurs [11].

Tableau1 : Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique [3].

<i>Type de pollution</i>	<i>Nature</i>	<i>Origines</i>
Physique	Rejets d'eau	Centrales thermiques, nucléaires
M.E.S. (matières en suspension)	Rejets urbains, érosion des sols	
Chimique	Matières organiques	Effluents domestiques, agricoles, Agroalimentaires
Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives	
Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industrie, agriculture, déchets	
Industrie, agriculture		
Organochlorés (PCB, solvants)	Industries	
Composés organiques de synthèse	Industries	
Détergents	Effluents domestiques	
Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports	
Biologique	Bactérie, virus, champignons...	Effluents urbains, agricoles

II .4. Les sources de pollution :

Les trois principales sources de pollution sont :

II.4.1. Les rejets domestiques :

Pollution domestique provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux.
- De fortes teneurs en matières organiques.
- Des sels minéraux (azoté, phosphoré).
- Des détergents [12].

II.4.2. Les rejets agricoles :

Pollution agricole Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azoté, phosphoré, potassium) provenant :
- Des engrais ; des purins et lisiers (élevage)
- La présence de produit chimique de traitement (pesticides, herbicides...) [12].



Figure 8 : Pollution diffuse.

II.4.3. Les rejets industriels :

La pollution industrielle Provenant des usines est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau (procès) ; touses produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant :

✚ Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaire, équarrissages...)

Hydrocarbures (raffineries) ; Métaux (traitement de surface, métallurgie).

Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...)

✚ Eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques)

✚ Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs) [12].

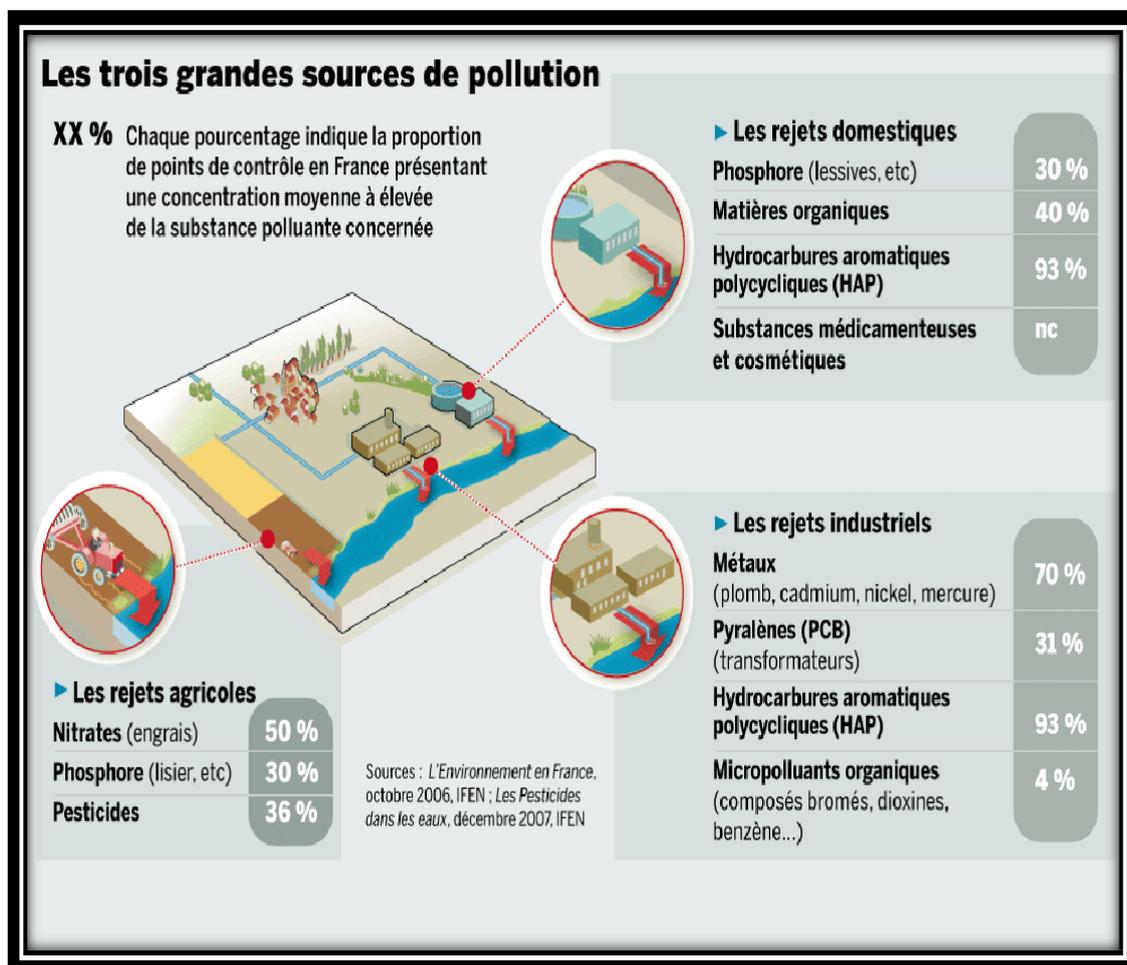


Figure 9: les sources de Pollution.

II.5. Impact de la pollution des eaux :

II.5.1. Sur le milieu naturel :

Les modifications de température et de PH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les microorganismes et en prive d'autant les poissons. Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes [13].

II.5.2. Sur l'économie :

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité de riches. Personne ne peut nier la nécessité de prendre en compte notre environnement. En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions. Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés locaux ou d'ailleurs. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important [13].

II.5.3. Sur la santé humaine :

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau [14]

Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- ✚ Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus).
- ✚ Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau.
- ✚ Maladies causées par un organisme aquatique invertébré.
- ✚ Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), chaque année 4 milliards de cas de diarrhée, en plus des millions d'autres cas de maladies, sont liés à un manque d'accès à l'eau propre pour la consommation humaine. Chaque année, il y a 1,7 million de personnes qui meurent à la suite de diarrhées, la plupart étant des enfants âgés de moins de cinq ans. La santé humaine est gravement touchée par les maladies liées à l'eau, de même que par la pollution due à des rejets de produits chimiques dans l'eau issus des différentes activités humaines. D'après l'UNICEF 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, majoritairement liées à la pollution de l'eau.

II.6. Maladies à transmission hydrique :

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui vivent et s'y développent. Les maladies à transmission hydrique (MTH) sont n'importe quelle maladie causée par la consommation d'une eau contaminée par des matières fécales animales ou humaines qui contiennent ces microorganismes pathogènes (**Tabl.02**).

Ces infections se propagent rapidement dans les pays ne disposant pas de bonnes conditions d'hygiène et de système de traitement des eaux. Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhée ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements. Cette similitude de symptômes ne facilite pas l'établissement d'un diagnostic sûr, c'est pourquoi, pour aider le médecin dans cette tâche, on doit lui fournir le maximum d'indices (pays récemment visités, personnes rencontrées, aliments consommés, précautions prises et risques professionnels). [15].

Tableau 2: Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents responsables [16]

Maladies	Agents
<p>Origine bactérienne</p> <p>La typhoïde et paratyphoïde</p> <p>La dysenterie bacillaire</p> <p>Le choléra</p> <p>La Gastro-entérite aigüe et la diarrhée</p>	<p>Salmonella typhi</p> <p>Salmonella paratyphi A et B</p> <p>Shigella sp.</p> <p>Vibrio cholerae</p> <p>Esherichia coli</p> <p>Entérotoxique</p> <p>Amylobacter</p> <p>Yersinia enterocolitica</p> <p>Salmonella sp.</p> <p>Shigella sp.</p>
<p>Origine virale</p> <p>L'hépatite A et E</p> <p>La poliomyélite</p> <p>La gastro-entérite aigüe et Chronique</p>	<p>Virus de l'hépatite A et E</p> <p>Virus de la poliomyélite</p> <p>Virus de Norwalk</p> <p>Rota virus</p> <p>Entérovirus</p> <p>Adénovirus</p>

Origine parasitaire	Entamoeba histolytica
Dysenterie amibienne	Giardia labia
Parasite gastro-entérite	Cryptosporidium

II.7. Normes internationales :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné. Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret de loi.

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont représentées dans (le tableau 1.1 voir Annexe)

II.8. Normes Algériennes :

Les eaux de consommation se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante. Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement. Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau II.2 Annexe 1)

II.9. Conclusion

L'eau est indispensable à la vie. Pour les besoins de l'Homme et de l'environnement, l'eau doit être de bonne qualité. Si la qualité de l'eau est altérée, c'est tout un équilibre qui est menacé.

Références bibliographiques

- [1] : **Zgheib. S**, flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire, Thèse, Sciences et techniques de l'environnement, École nationale des pontes chaussées, (2009).
- [2] : **Adnane. F**, étude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation : cas de barrage de Dahmouni , Wilaya de Tiaret, Master, biodiversité et fonctionnement des écosystèmes, Université de Blida 1,(2015).
- [3]: **Attia. A, Ghezali. L**, analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage "AIN ZADA" Bordj Bou Arreridj, Master, Analyses et contrôles qualité des denrées alimentaires , Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A,(2015).
- [4] :**AIT Abdelaziz. F, Ben Hamlat .F**, Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes 'AbiYoucef Yakourene- Bouzeguene' Wilaya de Tizi-Ouzou, Master : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, (2015/2016).
- [5] : **Bouziანი . M**, l'eau de la pénurie l'eau de la pénurie aux maladies , Ibn -khaldoun, Oran, Algérie, (2000).
- [6] :**Pesson. P**, La Pollution des eaux continentales : Incidences sur les biocénoses aquatiques (Géobiologie, écologie, aménagement) , Gauthier-Villars, Paris, (1976).
- [7] : **Galaf. F, Ghannam. S**, Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin , ingénieur d'état : Université Hassan II Rabat, Royaume du MAROC,(2003).
- [8] :**Zeghoud. M**, Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, Master : Université D'EL–OUED, (2013/2014).
- [9] : **Mayet. J**, La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation ,2ème Edition, le Moniteur, Paris, (1994).
- [10] : **Keck. G, Vernus. E**, Déchets et risques pour la santé, Techniques de l'Ingénieur, Paris, (2000).
- [11] : **BENNANA. M**, Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah , Master : Université Kasdi Marbah Ouargla, 2012 /2013. Annaba,(2017).
- [12]: **Benmahrez. A, Louelh. Dj**, contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels au niveau de l'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager ENIEM, Master, protection de l'environnement, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou,(2016).

- [13]: **Bougouizi. M**, contribution à l'étude bactériologique et physico-chimique de l'eau de Oued ElKebir (Wilaya de Skikda), Magister, sciences de la mer, Université 20 Août 1955-Skikda.
- [14] : **Molitta. R**, « le traitement des déchets », Tec & Doc, Lavoisier,(2009).
- [15]:**Bazine, N et Bourenane, A.:** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (Parc National d'El Kala, et d'El-Taref). Mémoire de master, Université 08 Mai 1945, Guelma, (2011) p17-18
- [16]: **Rodier, J.:** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer . Paris, 7^{ème} édition, Dunod (1999)
- [17] : **Keck. G, Vernus. E**, « Déchets et risques pour la santé », Techniques de l'Ingénieur, Paris, (2000).

Chapitre III
Traitement des eaux de
surface



III.1. Eaux de barrages :

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau qui permet de retenir et stocker de l'eau ou de la dériver [1]

Il est destiné à circonscrire l'eau dans le lit de la rivière pour élever leur niveau d'eau afin d'en tirer, par le biais de canaux d'irrigation, une utilisation telle que l'irrigation, la production d'électricité, ou prévenir des inondations en aval du barrage.

Un barrage peut être défini aussi comme toute structure qui obstrue temporairement ou en permanence le passage de l'eau, ou bien l'accumulation d'eau derrière elle. Les barrages peuvent être formés par des processus non humains tels que le mouvement de glace et l'accumulation de débris. Cependant, la majorité des barrages sont construits par des humains pour contrôler le mouvement de l'eau dans les rivières, les ruisseaux et les estuaires ou pour le stocker. Ils ont été construits dans des sociétés de production d'eau potable, agricoles et industrielles, et semblent être les technologies humaines les plus anciennes et les plus durables conçues expressément pour une meilleure gestion des ressources des eaux [2]

Les barrages ont une ou plusieurs fonctions, répondant à une ou plusieurs demandes : Approvisionnement en eau (consommation, agriculture), la Production hydroélectrique, la Navigation, le Contrôle d'inondation et soutien d'étiage, le Contrôle du lit du cours d'eau et le Tourisme aquatique.

III.2. Principales formes de barrages :

a- Le barrage-poids :

En béton ou en pierre, c'est le plus simple et le plus lourd. Il est vertical par rapport à la retenue et incliné par rapport à la vallée. Il s'appuie uniquement sur le sol. Ainsi, il oppose toute sa masse à la pression de l'eau.

b- Le barrage-voûte :

En béton, il s'appuie en partie sur des parois rocheuses. Grâce à sa forme courbe, il reporte la pression de l'eau sur les rives. Il peut aussi être soutenu par des contreforts. Il est incliné par rapport à la retenue et vertical par rapport à la vallée. Il est souvent utilisé dans des vallées étroites.

c- Le barrage à contreforts :

Ses contreforts triangulaires en béton lui permettent de reporter la pression de l'eau vers le sol. Il est très léger car son poids se réduit seulement à celui des contreforts.

III.3. Situation géographique du site d'étude :

La wilaya de Guelma est située au Nord-est de l'Algérie à 60 km environ de la Méditerranée. Elle est limitée au Nord par la wilaya d'Annaba, au Nord-Ouest par la wilaya de Skikda, au Nord-est par la wilaya d'El Tarf, à l'Ouest par la wilaya de Constantine et au Sud-Est par la wilaya de Souk Ahras et Oum-El Bouagui. Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km².

La zone d'étude se situe dans la plaine de Guelma. Ses limites naturelles sont :

- ✚ Au Nord; les monts de Houara (932 m);
- ✚ Au Nord-Ouest Djebel Debar (1408 m);
- ✚ Et à l'Est, la chaîne de Beni-Mezline et Beni Salah.

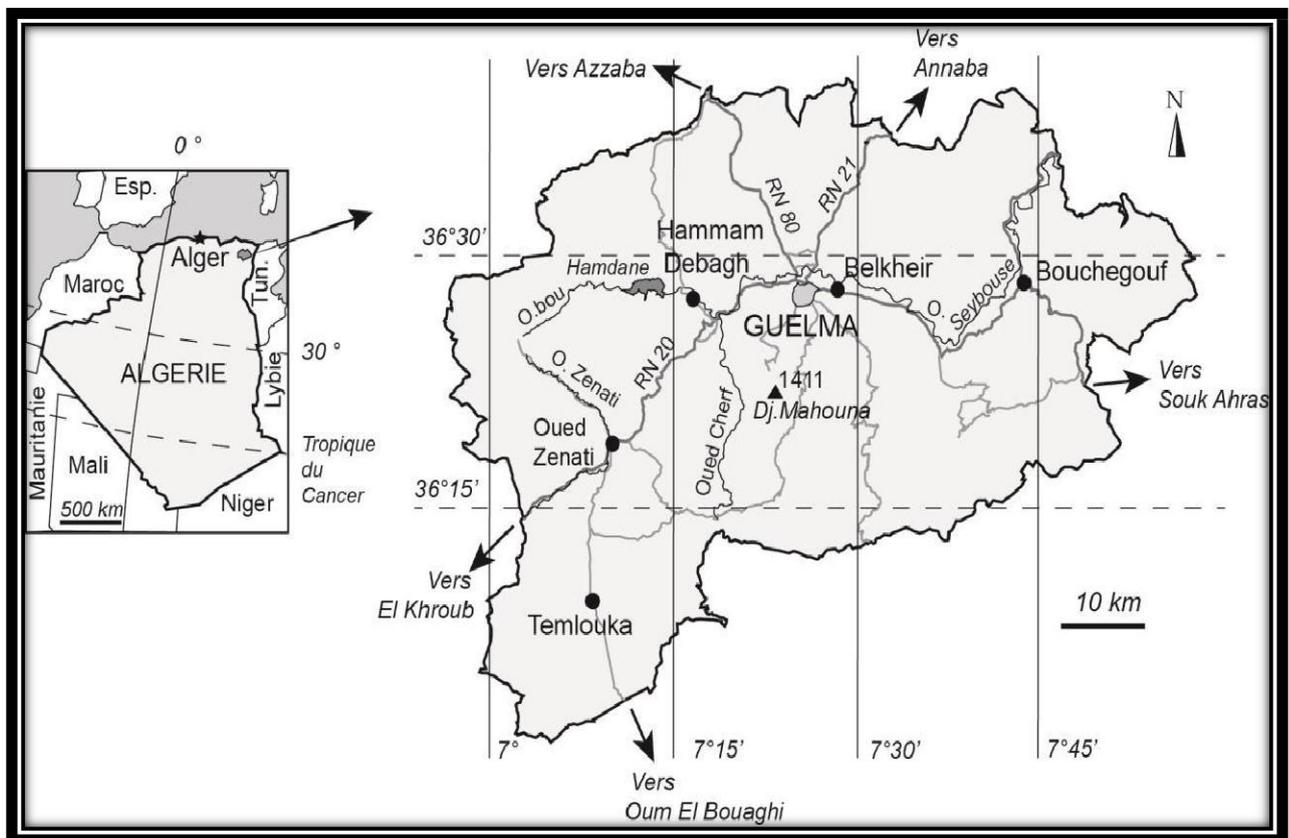


Figure 10 : Situation géographique de la zone d'étude

III.4 Présentation du Barrage Bouhamdene :

Le barrage de Bouhamdene est situé dans la wilaya de Guelma à 20 Km à l'ouest de la ville de Guelma.

Le barrage est destiné principalement à l'irrigation du périmètre de Guelma–Bouhegouf d'une superficie de 13.000 ha et à plus long terme à l'alimentation en eau de la ville de Guelma La retenue créée par le barrage aura une capacité totale de 220 hm³ permettant une régularisation annuelle de 55 hm³ à 60 hm³.

Le bassin versant du barrage s'étend sur 1070 Km² donnant un apport interannuel de 69 hm³, la crue maximale retenue par le projet est de 3500 m³/s.



Figure11 : Photo du barrage Bouhamdene

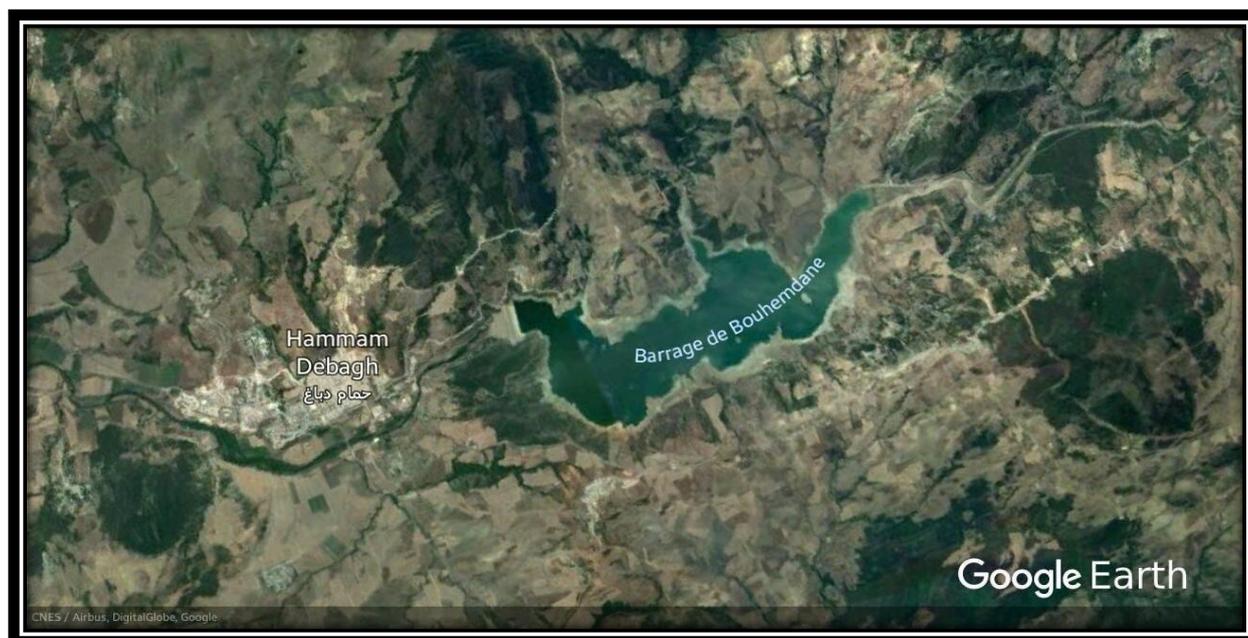


Figure 12 : Photo satellitaire du barrage Bouhamdene

III.5. Caractéristiques du barrage Bouhamdene :

Les principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh sont représentées dans le (Tab.3)

Tableau 03: Principale caractéristiques du barrage de Hammam Debagh (selon ADE).

Début des travaux	Octobre 1980
Achèvement des travaux	Décembre 1987
Effluents	Oued Bouhamdene
Type	En terre avec noyau centrale
Capacité hydrique	200 h m ³ (1988) 184,347 h m ³ (2004)
Superficies du bassin versant	1070 km ²
Apport annuel moyen	69 h m ³
Profondeur maximale	93 m
Hauteur de l'eau	95m
Envasement moyen annuel	0,53 h m ³
Sources d'approvisionnement en eau	Oued Bouhamdene et ses affluents
Longueur en crête	430 m
Largeur en crête	9 m
Volume de la digue	6500000 m ³
Largeur à la base	516 m
Longueur de couronnement	430 m
Excavations	1.700.000 m ³
Coffrages	6.500.000 m ²
Remblais	130.000 m ²
Aciers	6.000 T
Béton	198.000 m ³
Forages et injections	39.0

III.6. Traitement des eaux de barrages :

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau, qui la rend «potable" c'est à dire consommable sans risque [3].

L'eau destinée à la consommation humaine doit répondre à trois principaux objectifs :

✚ **La santé publique** : une eau sans risques pour la santé, exempte de germes pathogènes et des substances toxiques.

✚ **L'agrément du consommateur** : afin de susciter l'agrément du consommateur, le traitement doit également améliorer les qualités organoleptiques de l'eau ; c'est-à-dire distribuer une eau agréable à boire, claire et équilibrée en sels minéraux.

✚ **La protection des infrastructures** : Protection du réseau de distribution d'eau et des installations des usagers (robinets, chauffe-eaux, chaudière, canalisations...) contre l'entartrage et la corrosion [4].

III.6.1. Les étapes du traitement :



Figure 13 : Chaîne de traitement de l'eau.

La station effectue le différent traitement suivant utilisant des procédés bien spécifiques pour chaque étape :

III.6.1.1. Traitement physique :

a. Captage :

Dans un premier temps, l'eau est captée à partir de ressources superficielles ou souterraines puis elle est conduite par une canalisation jusqu'à l'usine de potabilisation [5].

b. Prétraitement :

Les eaux subissent une étape de prétraitement sur le site de captage avant d'être conduites vers l'unité de traitement.

Le prétraitement consiste à faire un dégrillage afin d'éliminer les particules de grosse taille, les branches, le sable...

b.1. Le dégrillage :

Le dégrillage permet d'enlever et arrêter les corps flottants, les gros déchets et les débris de dimensions intermédiaires (passant à travers la grille, afin d'éviter qu'ils interfèrent avec le fonctionnement des équipements aval. Il sert également à empêcher l'accès des poissons aux ouvrages aval (conduite et installation de traitement).

Après un dégrillage (traitement primaire où les particules de diamètres importants sont retenues), les eaux brutes sont orientées gravitairement vers la station du traitement.

b.2. Dessablage :

Permet d'éliminer le gravier, le sable de telle sorte à éviter des dépôts dans les canalisations, les réservoirs et permet également de protéger les équipements de pompage [6]

b.3. Le tamisage :

Permet de retenir des débris d'animaux et végétaux, des algues...etc. [6].

b.4. Aération :

Elle élimine les gaz excédentaires (H_2S , CO_2) provoque l'oxydation du fer et manganèse et enrichie l'eau en oxygène [6].

III.6.1.2. Traitement physico-chimique :

a. Pré-chloration :

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matières organiques, ou encore de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape de pré-chloration (cette étape s'effectue dans un bassin de mélange) préalable est nécessaire comme c'est le cas ici à Hammam Debagh. Elle permet d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape suivante dite de clarification.

La station utilisée pour l'oxydation des matières organiques, le fer, le manganèse et l'ammoniaque un oxydant comme le chlore gazeux ou Hypochlorite de sodium.

Actuellement, la station utilise dans l'eau des doses entre 2,5 à 3 g/m³ d'hypochlorite de sodium.



Figure 14 : Bassin du pré chloration

b. Clarification :

La clarification consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspension organique et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elle se décantent au fond du bassin de décantation ou elles sont régulièrement extraites. Par contre, l'eau surnageant est filtrée sur sable [7].

- **Coagulation-floculation :**

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux. Il réside dans la formation, par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées "Flocs".

- **Coagulation :**

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décanables ou filtrables.



Figure 15 : Bassin de coagulation

- **Floculation :**

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un flocculant.

Elle complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floc et une meilleure vitesse de sédimentation.

L'adjuvant ou le flocculant peut être introduit dans un bassin de floculation C'est un poly- électrolyte Annexe [9].



Figure 16 : Bassin de floculation



Figure 17 : Bassin de décantation

c) Filtration sur sable :

La filtration est la barrière ultime et obligatoire de la filière de traitement des eaux dans la majeure partie des cas. Elle vise à réaliser ou à compléter à travers un lit filtrant la réduction des particules en suspension, les coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité.

Sans la filtration, plusieurs filières de traitement ne pourraient pas obtenir de crédits pour l'enlèvement des virus et des kystes de protozoaires [11].

Au niveau de cette station nous avons six bassins de filtration, la couche de sable est de hauteur de (1 à 1.2 m). L'opération de lavage de filtre est basée sur l'indicateur de colmatage (turbidité et perte de charge) (ADE).



Figure 18 : Bassin de Filtration

III.6.3. Traitement chimique :

a. Post-chloration (désinfection) :

En raison de la présence occasionnelle de germes (Entérocoques, Escherichia Colis) l'injection d'hypochlorite de sodium existante sera conservée pour assurer ainsi une désinfection de l'eau distribuée dans le réseau.

La désinfection vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes, qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptibles de causer des maladies infectieuses chez l'homme. Cette désinfection à l'eau de javel sera asservie au débit entrant.

La stérilisation est obtenue par un traitement chimique. Les réactifs utilisés ont été le chlore et certains composés chlorés, le brome, l'iode, l'ozone et le permanganate de potassium.

b. Stockage de l'eau :

Le stockage de l'eau s'effectue dans des réservoirs situés généralement en hauteur : bassins enterrés au sommet des collines ou châteaux d'eau. Ils fonctionnent selon le principe des vases communicants pour assurer une pression régulière et suffisante au sein du réseau en fonction du rythme de consommation. Ils constituent aussi une réserve de sécurité en cas d'incident sur le réseau ou de hausse anormale de la consommation.



Figure 19: Réservoir de stockage

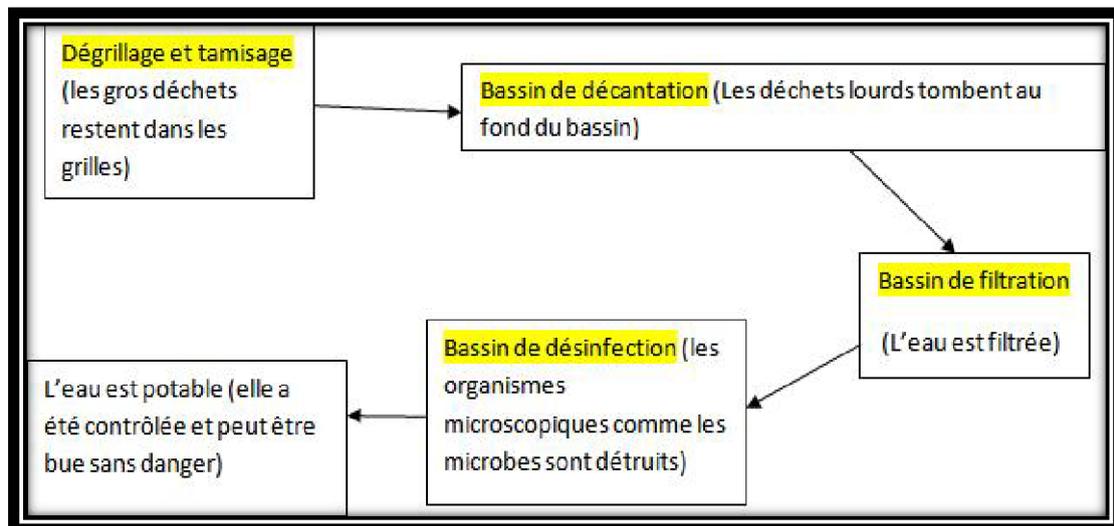


Figure 20 : schéma récapitulatif des étapes de traitement des eaux potables

III.7. Critères de choix de la qualité des eaux :

La qualité de l'eau est définie par sa conformité à des normes qui portent sur une cinquantaine de paramètres. Les normes de qualité de l'eau potable sont très rigoureuses c'est la garantie d'une eau de qualité. Elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA) autrement dit la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

Sur cette base on calcule quelle quantité maximale peut être apportée par l'eau en prenant une confortable marge de sécurité, tout dépassement de la norme ne comporte pas nécessairement un risque pour le consommateur.

En effet une eau qui ne respecterait pas tous les critères de qualité requis, pourrait cependant être potable étant donné la marge de sécurité que les normes intègrent, un dépassement temporaire et modéré est la plupart du temps sans conséquence, il doit déclencher la mise en œuvre d'un programme d'action et de surveillance, en revanche la qualité bactériologique doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance très stricte. [12]

III.8. Conclusion :

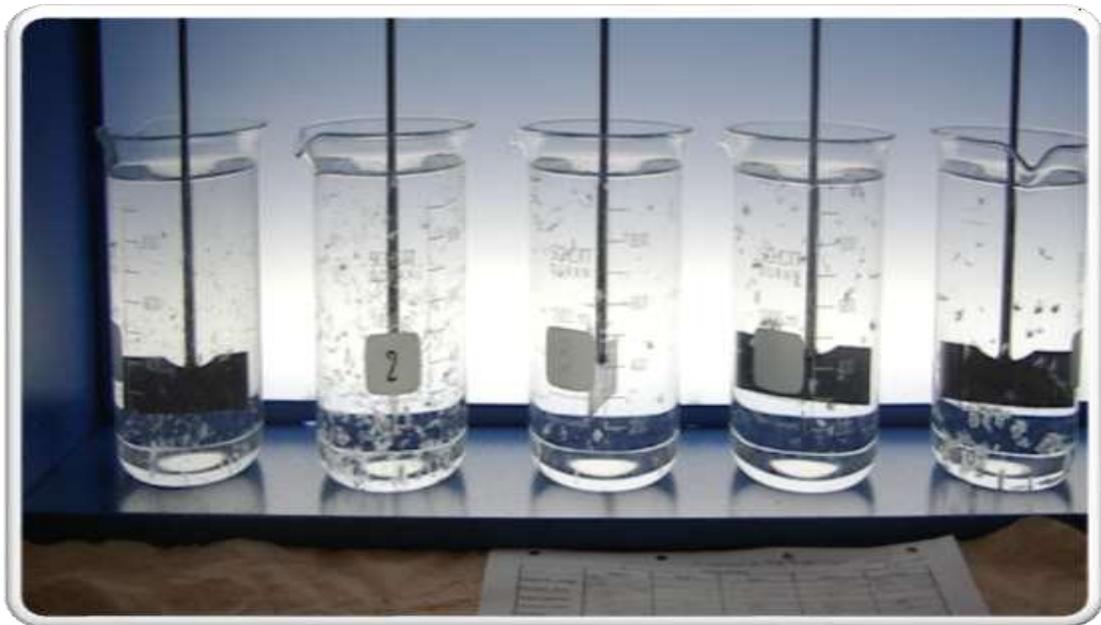
Dans ce chapitre, nous avons décrit les différentes étapes d'une chaîne de traitement d'eau potable en nous basant sur la chaîne la plus complète possible et la plus courante.

Références bibliographiques

- [1] : **Durand D.,.** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Bull.Serv. Carte Géol. Algérie,(1996), N.S, n°39, 9.89-131 p.
- [2] :**Arzate, A.** Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire. Centre ACER: Saint-Norbert d'Athabaska, Québec, (2008), 82 p.
- [3] : **Dr. Bessedik. M,** traitement des eaux II, Cours, Université de Tlemcen - Algérie, (2012)
- [4]: **Moulai Hadj. H,** Etude de l'influence des particules argileuses sur le traitement des eaux, Master, Eau, sol et aménagement, Université Aboubakr Belkaïd–Tlemcen, (2015).
- [5] : **Benredjem.R,** L'eau potable, traitement des eaux, Institut national spécialisé dans la formation professionnelle pour l'administration de Jbabla Kaddour Guelma,(2018).
- [6] : **Bouzidi. S, Chelihi. Z,** Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh-Guelma, Master, Santé, Eau et environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma,(2017).
- [7] : **Mouassa S.** Impact Du Périmètre D'irrigation Sur La Qualité Des Eaux(2006)
Souterraines De La Nappe Alluviale De Guelma Et Sur Les Sols. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 120p.
- [8] : **BOEGLIN Jean-claude.** Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, Traité environnement, G1 110.
- [9] : **BENSACI T.** Détermination De la Qualité Physico-chimique Et Bactériologique Des Eaux De Surface: Cas du Barrage Timgad (W. d'Oum El Bouaghi). Mémoire de Magister, Centre Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi.2006, 98 p.
- [10]: **Hadjali. Y,** impact des stations de dessalement de l'eau de mer sur le littoral cas de la station Plage EL Hilel (Ain Témouchent), Master, Ecologie et Environnement, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen,(2012).
- [11] : **Reggam A** – Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables : cas de la station de traitement de Hammam Debagh – Guelma,mémoire de master, université de Guelma.(2010)
- [12] : **Anonyme** – Traitement des eaux de surface, Edition Algérienne des eaux(2002)

Chapitre IV

Coagulation-floculation



Introduction :

La coagulation-floculation est largement utilisée pour le traitement des eaux, car elle est efficace et simple à utiliser. Procédé d'ablation chimique permettant de convertir une suspension colloïdale ainsi que la matière organique dissoute en molécules plus grosses.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser les particules en suspension. C'est, pour faciliter leur agglomération. En pratique, ce processus se caractérise par l'injection et la dispersion de produits chimiques.

En tant que processus unitaire du traitement de l'eau, la coagulation résulte de l'addition de réactifs chimiques dans des dispersions aqueuses, afin d'assembler en agrégats plus gros, les fines particules dispersées. Ces nouveaux agrégats peuvent être éliminés, après floculation, par des procédés telle la décantation ou la filtration. La floculation est considérée ici comme processus distinct qui a lieu en fin de coagulation. Elle consiste à favoriser la croissance de floes macroscopiques, avec ou sans utilisation d'additifs tels les adjuvants de floculation. L'efficacité de cette étape de traitement est liée au PH, au type et au dosage du coagulant ainsi qu'à la nature des particules et des matrices minérales et organiques.

IV.1. Particules en suspension :

Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois groupes suivants :

- ✚ Les matières en suspension qui regroupe les plus grosses particules, ces matières sont d'origine minérale ou organique. Leur temps requis pour décanter d'un mètre varie de quelques dixièmes de secondes à plusieurs jours selon leur diamètre et leur densité [1].
- ✚ Les matières colloïdales sont des MES de même origine mais de diamètre inférieur à 1micron, leur vitesse de décantation est pratiquement nulle. Les matières colloïdes d'origine organique nécessitent jusqu'à 66600 années pour décanter d'un mètre [1].
- ✚ Les matières dissoutes sont généralement des cations ou anions de quelques nanomètres de diamètre. La difficulté de sédimentation des particules colloïdales est essentiellement due d'une part, à la faible taille de la particule, à leur densité proche de l'eau et d'autre part, aux charges électriques réparties à leur surface qui leur confère une grande stabilité [1].

IV.2. Particules colloïdales :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes de temps, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation [2].

IV.3. Types des colloïdes :

Les particules colloïdes sont classées en deux catégories suivant leur comportement vis-à-vis de l'eau. Il s'agit des particules hydrophobes et hydrophiles [1].

IV.3.1. Colloïdes hydrophiles :

Les hydrophiles sont des micromolécules complexes à nombre élevé d'atomes, et qui englobent la plupart des corps de la chimie organique. Les particules hydrophiles déshydratées se dispersent spontanément dans l'eau et sont entourées de molécules d'eau qui préviennent tout contact ultérieur entre ces particules. Les colloïdes hydrophiles sont plus difficiles à déstabiliser que les particules hydrophobes. En effet, il faut agir d'abord sur les molécules d'eau qui les entourent pour permettre leur agglomération [1].

IV.3.2. Colloïdes hydrophobes :

Les hydrophobes sont des micelles ou agrégats de molécules simples, dissoutes et qui comprennent la plupart des corps de la chimie minérale. Les particules hydrophobes ne sont pas entourées de molécules d'eau, leur dispersion dans l'eau n'étant pas spontanée. On doit la faciliter à l'aide de moyens chimiques ou physique. Ce sont en général des particules minérales telles que la silice et les argiles [1,2].

IV.4. La Nature et la charge des substances colloïdales :

Les études réalisées sur la coagulation-floculation de suspensions colloïdales affirment qu'il existe une relation stœchiométrique entre la charge des substances colloïdales et le taux de sulfate d'aluminium ajouté. Dans le cas de la coagulation par adsorption-déstabilisation, on a observé une relation stœchiométrique entre la surface spécifique et la dose du coagulant [3]. La structure minéralogique et les propriétés surfaciques des particules affectent la dose du coagulant [3]. Dans le cas de la déstabilisation par neutralisation de charge des auteurs [4]

Rapportent que la dose du coagulant est liée à :

- ♣ La solubilité et l'hydrolyse de l'aluminium
- ♣ La densité de charge des particules primaires
- ♣ La surface spécifique des particules primaires

IV.5. Stabilité des particules colloïdales :

Les particules colloïdales dans l'eau possèdent une charge électrique qui est généralement négative. Comme elles ont toutes la même charge, elles se repoussent et n'ont pas tendance à former des agrégats plus gros et donc plus facile à éliminer, elles demeurent donc stables. Les ions positifs présents dans l'eau neutralisent la charge à la surface de la particule et forment une couche autour du colloïde. Diverses théories expliquent ce phénomène [5].

- ❖ **La théorie d'Helmholtz** : une couche d'ions positifs recouvre intégralement la surface du colloïde et assure la neutralité de l'ensemble (couche fixée).
- ❖ **La théorie de Gouy-Chapman** : la couche d'ions positifs est inégalement répartie autour du colloïde, la neutralité est obtenue à une plus grande distance (couche diffuse) [5].
- ❖ **La théorie de Stern** : est un compromis des deux précédentes. Elle considère la formation de la double couche. La première adhère à la particule et le potentiel décroît rapidement. La seconde est plus diffuse et le potentiel décroît plus lentement [6].

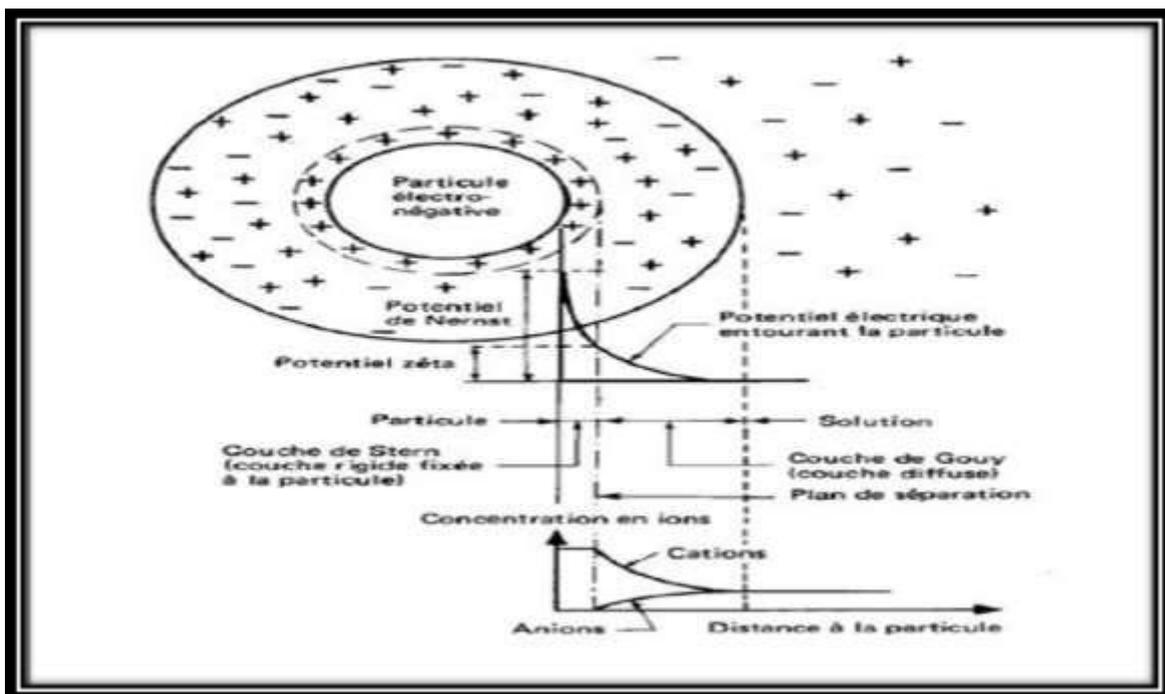


Figure 21 : Théorie de la double couche

IV.6. Potentiel :

Un colloïde se caractérise donc par 2 potentiels :

- ✚ **E : Potentiel thermodynamique**, encore appelé potentiel de Nernst, présent à la surface même du colloïde mais non mesurable par des méthodes simples ;
- ✚ **Z : Potentiel à la surface de la couche fixée**, aussi appelé potentiel électrocinétique ou potentiel Zêta (pz).

-Le potentiel zêta : Le potentiel électrostatique diminue à mesure où l'on s'éloigne de la particule. Le potentiel Zêta se situe à la limite extérieure de la couche liée. C'est ce potentiel qui persiste lorsque la particule se déplace. Lorsqu'un champ électrique est appliqué, les particules ayant un potentiel Zêta négatif se déplacent en direction de l'électrode positive. Le potentiel Zêta est important car il définit le comportement électrocinétique des particules et par voie de conséquence leur stabilité dans la solution, l'annulation du potentiel Zêta est l'objectif de la coagulation. Cela permet de déstabiliser les particules et de favoriser leurs agglomérations [7].

Le potentiel Zeta(Z) est donné par la relation suivante :

$$Z = \frac{k \cdot \mu}{\epsilon} m_e$$

- m_e : Mobilité électrophorétique ($\mu\text{m s}^{-1} \cdot \text{V}^{-1}$)
- ϵ : Constante diélectrique du milieu
- μ : Viscosité dynamique (Pa·s)
- K : fonction du diamètre de la particule et de l'épaisseur de la double couche

On mesure ce potentiel par le Zettamètre [8].

IV.7. Le procédé de coagulation-floculation :

La coagulation et la floculation sont deux processus couramment utilisés dans le traitement de l'eau pour éliminer les matières en suspension indésirables dans l'eau. Cependant, ils peuvent être couramment adoptés pour déstabiliser tout système de suspension. Il s'agit d'une étape essentielle dans la chaîne de traitement des eaux.

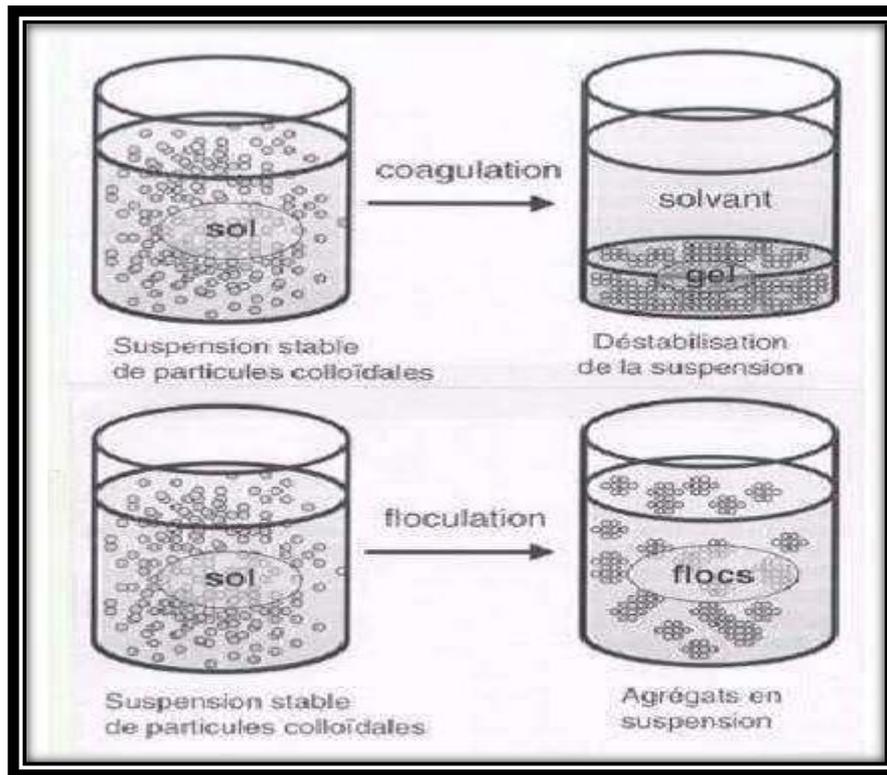


Figure 22 : Schéma du Phénomène de coagulation-floculation.

IV.7. 1. La coagulation :

La coagulation est l'ensemble des phénomènes physico-chimiques amenant un processus comportant, en premier lieu la déstabilisation d'une suspension colloïdale, et en second lieu l'agrégation des particules en petits amas, sous agitation et sous l'action du mouvement brownien [9].

Le coagulant introduit dans un bassin de coagulation est le sulfate d'aluminium. La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tendent à éloigner les particules les une des autres. Le but principal de coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. On peut obtenir cette déstabilisation par :

- a) compression de la double couche
- b) adsorption et neutralisation des charges
- c) emprisonnement des particules dans un précipité
- d) adsorption et pontage [10]

a) Compression de la double couche :

La compression de la double couche diminue la barrière énergétique ; ainsi, les colloïdes peuvent se rapprocher [11]. Ceci est atteint par l'injection d'électrolytes indifférents dans l'eau [12]. La règle de Schultz-Hardy montre que l'impact des électrolytes indifférents augmente avec la valence des ions d'une sixième puissance exponentielle [13].

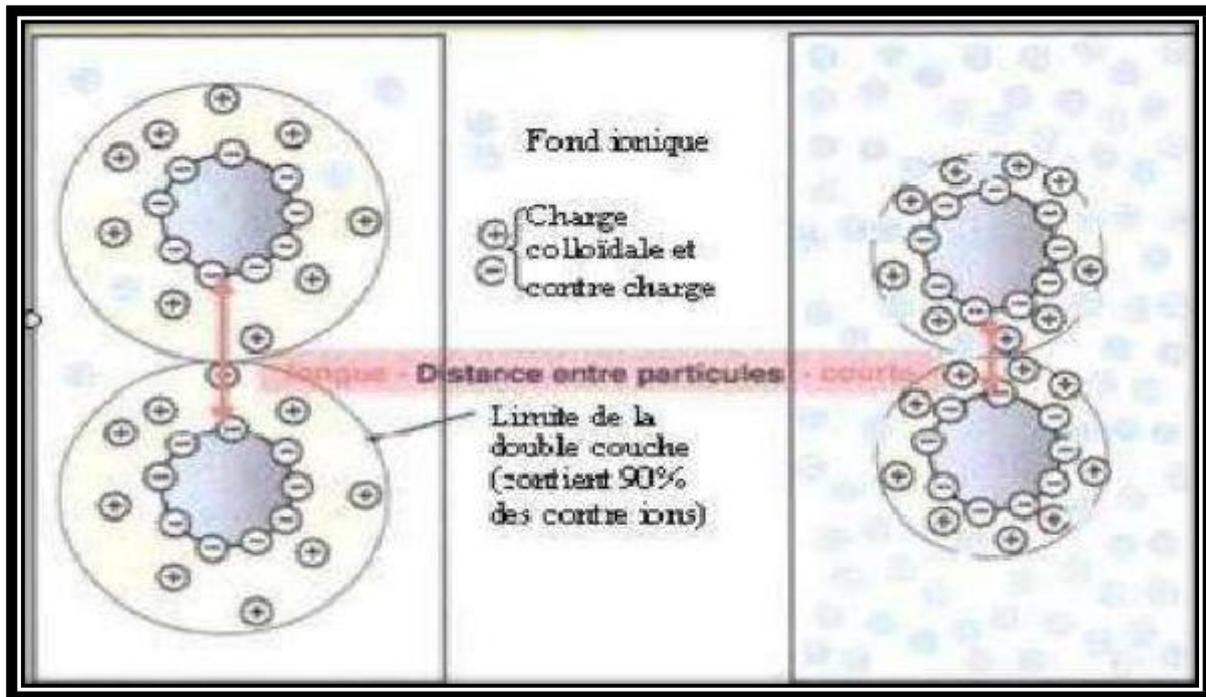


Figure 23 : Représentation schématique de la compression de la couche diffuse

b) Adsorption et neutralisation des charges :

Ce mécanisme repose sur l'ajout suffisant de cations afin de neutraliser la charge négative des particules stables par adsorption des cations sur leur surface. Par contre, la surdose de coagulant, source de cations, peut résulter en une adsorption trop importante de cations et inverser la charge des particules qui devient alors positive. Les particules seraient ainsi rentabilisées [2].

c) Emprisonnement des particules dans un précipité :

Pour déstabiliser les particules colloïdes, On peut en outre les emprisonner dans une particule de floc. Lorsqu'on ajoute une quantité suffisante des coagulant, habituellement des sels de métaux trivalents ($Al_2(SO_4)$ ou $Fe Cl_3$), on obtient un précipité appelé floc. Lorsque le PH de l'eau est situé dans la plage acide ou neutre, le floc constitué de molécules de $Al (OH)_3$ ou de $Fe (OH)_3$, possède habituellement une charge positive et la présence de certains anions

et de particules colloïdes accélère la formation du précipité. Les particules colloïdes jouent le rôle de noyaux lors de la formation du floc, les polymères possèdent des fils et des fibres qui lient les particules en agglomérats grands et compacts [14]. Polymères possédant des poids moléculaires élevés sont souvent plus efficaces, grâce à leurs longues chaînes [14].

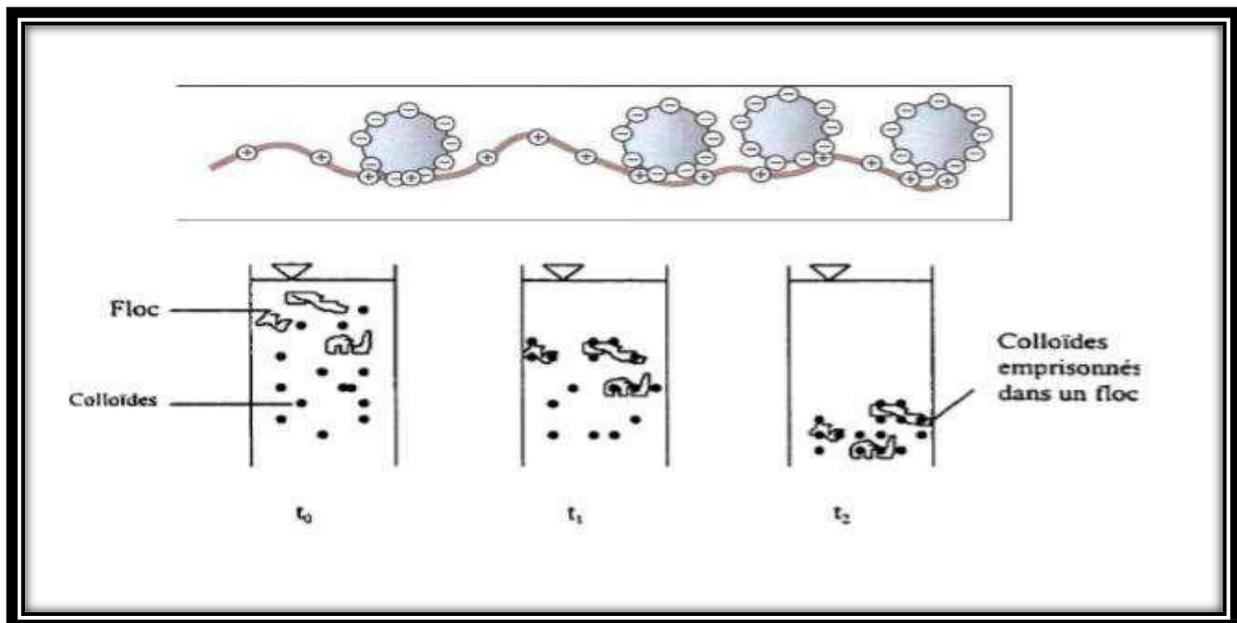


Figure24 : Emprisonnement des particules dans les floccs pendant la décantation

d) Adsorption et pontage entre les particules :

Ce mécanisme implique l'utilisation de polymères cationiques, non anioniques ou anioniques ayant une masse moléculaire élevée et une structure longitudinale. Un polymère en présence d'un colloïde l'adsorbe à une de ses extrémités à l'aide d'un de ces groupes fonctionnels. Les autres extrémités demeurent libres et peuvent adsorber un autre colloïde. Ce mécanisme permet donc l'agglomération des particules par "pontage" des polymères [15]. La figure 25 décrit le processus. Par contre, une concentration de polymères trop élevée peut restabiliser les colloïdes. Les polymères vont alors chacune de leurs extrémités être adsorbées par la même particule, d'où un restabilisation [16].

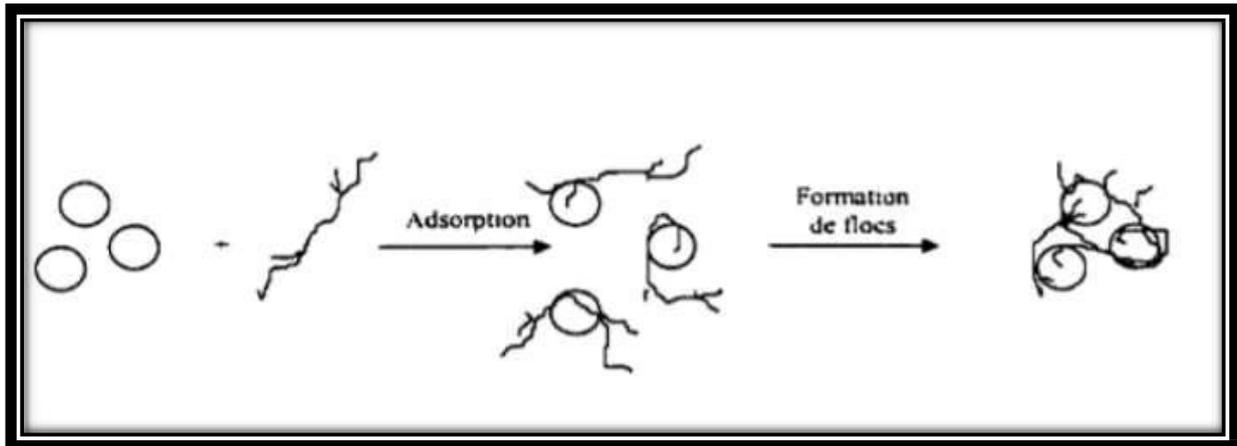


Figure 25 : Adsorption et pontage à l'aide de polymères

IV.7.1.1. Coagulants utilisés :

Plusieurs types de coagulants sont utilisés dans le traitement de l'eau.

L'adjonction du coagulant produit dans un premier temps un ensemble de réactions complexes d'hydrolyse, d'ionisation et également de polymérisation et dans un second temps, une déstabilisation des colloïdes par un ensemble de mécanismes complexes [18]. Le procédé nécessite une agitation importante [17].

IV.7.1.1. 1. Les coagulants minéraux :

Les sels métalliques sont indéniablement les coagulants les plus utilisés dans le monde. Actuellement le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique, le sulfate ferrique et le polychlorure d'aluminium sont les principaux produits chimiques utilisés pour le traitement de l'eau potable. Ces produits agissent en neutralisant la charge négative des composés dissous et des particules en suspension dans l'eau au moyen de la charge positive de l'aluminium ou du fer. Cette action entraîne la formation de particules plus grosses.

a) Sels de fer :

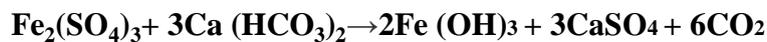
Les sels de fer sont généralement plus coûteux que le sulfate d'aluminium, ce qui explique leur emploi plus restreint. Par ailleurs les composés du fer semblent avoir de légers avantages comparativement aux autres et c'est grâce au fait que le floc formé soit lourd et se dépose facilement sous des conditions favorables (Tableau.4) [10]

Tableau 4 : Dérivés de sels de fer.

Sels de fer	Formule chimique
Chlorure ferrique	Fe Cl_3
Sulfate ferrique	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

1) Le sulfate ferrique :

Suivant la turbidité de l'eau, la dose de sulfate ferrique sera comprise entre 10 et 50 g/m³ [19].

**2) Chlorure ferrique :**

La dose de chlorure ferrique sera comprise entre 5 et 150 g/m³ pour la clarification des eaux de surface, et entre 50 et 300 g/m³ pour la clarification des eaux résiduaires [10].

**b) Sulfate d'aluminium :**

L'efficacité de la clarification dépend d'abord du coagulant utilisé. Les coagulants les plus généralement efficaces et utilisés sont des sels de métaux, à base d'aluminium ou de fer. L'utilisation des sels de métaux à base de fer à dose élevée induit souvent une coloration rouille de l'eau traitée: c'est le principal inconvénient de ces produits :

- La gamme de PH d'utilisation est de 5,7 à 7,2 (Optimum 6).
- Sa formule générale est : $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, n \text{H}_2\text{O}$.
- Produit commercial n = 14, produit pur n = 18.
- Il est disponible sous différentes formes solides (selon les fabricants),
- Concassé, morceaux de 10 cm de large et de 1 cm d'épaisseur environ,
- Noisette, granulométrie comprise entre 2 et 12 mm ou 3 et 35 mm,
- Poudre, granulométrie courante de 0,1 à 3 mm,
- Sous forme de solution aqueuse à 8,2% d' Al_2O_3 (oxyde d'aluminium ou Alumine).
- solution à 600 ou 720 g L⁻¹ environ de sulfate d'alumine cristallisé.

IV.7.1.1.2. Les Coagulants organiques :

Parfois utilisés à la place ou en complément des coagulants minéraux, ces polymères cationiques neutralisent directement par leurs charges positives les colloïdes négatifs. Leur adsorption à la surface de ceux-ci permet en même temps une action de pontage, donc de floculation. Un des avantages importants est que le volume des boues produites est considérablement réduit (absence d'hydroxyde).

IV.7.1.2. Choix du coagulant :

Un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte :

- ✓ Température de l'eau,
- ✓ Caractéristiques des eaux brutes (dont l'équilibre calco-carbonique),
- ✓ Paramètres physico-chimiques à inclure ou éliminer prioritairement (turbidité et/ou matières Organiques, par exemple).
- ✓ Gestion de l'exploitation (stocks, automatisme, etc.).
- ✓ Coût du produit.
- ✓ Choix imposé ou considération esthétique. [20]

IV.7.1.3. Facteurs affectant la coagulation :

De nombreux facteurs influencent le mécanisme et l'efficacité de la coagulation.

Certains sont liés à la qualité de l'eau à traiter : le PH, l'alcalinité, la turbidité, la couleur, les matières organiques et la température. D'autres sont liés au traitement lui-même : la nature, la dose du coagulant et le mode d'injection [1].

a) Influence du PH :

Le PH est la variable la plus importante à prendre en considération au moment de la coagulation. Pour chaque eau, il existe une plage de PH pour laquelle la coagulation est optimale, elle est fonction du coagulant utilisé, de la concentration et de la composition de l'eau à traiter. Les floccs sont des précipités d'hydroxydes de métaux. Leur formation et leur stabilité dépendent donc du PH. Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Les zones de prédominance des hydroxydes de fer et d'aluminium

Forme prédominante	PH
Al (OH) ₃	5,8 à 7,2
Fe (OH) ₃	5,5 à 8,3

Pour que la coagulation puisse se produire hors de cette plage optimale, il faut soit augmenter la quantité de coagulant, soit se contenter d'une eau de moins bonne qualité.

En général, le temps de coagulation est compris entre 15secondes et 3minutes [17].

b) Influence de la minéralisation :

En règle générale, la minéralisation de l'eau exerce des influences sur la coagulation et la floculation :

- ♣ Modification de la plage de PH optimale
- ♣ Modification du temps requis pour la floculation
- ♣ Modification de la quantité de coagulant requis [21]

c) Influence de la température de l'eau :

Une diminution de la température de l'eau entraîne une augmentation de la viscosité, c'est ce qui explique les difficultés de décantation du floc. L'abaissement de la température entraîne selon [22] :

- ❖ Une augmentation de la concentration en sulfate d'aluminium (alun) à l'optimum de floculation.
- ❖ Une décroissance de la taille des floes
- ❖ Un déplacement du PH optimum de floculation vers les PH basiques [17].

d) Influence du coagulant :

Le choix du coagulant influence les caractéristiques de la coagulation, autrement dit, les finalités de traitement, même si l'aluna est le coagulant le plus utilisé, il peut être avantageux de le remplacer par un autre coagulant ou de mettre de l'adjuvant selon les caractéristiques de l'eau à traiter [2]. Ainsi, même si le sulfate d'aluminium est le coagulant le plus fréquemment utilisé, il peut être avantageux de le remplacer par du sulfate ferrique. Cette dernière procure en effet à plusieurs eaux une plage de pH optimal plus large que celle due à l'alumine. De plus pour un même pH élevé, le sulfate ferrique est moins soluble que l'alun.

e) Influence de l'agitation :

Le processus de coagulation floculation se déroule généralement en deux étapes :

- ✚ Une étape de mise en contact entre l'eau à traiter et le coagulant. Cette étape se déroule généralement sous forte agitation (2minutes au maximum) ; son but est également de permettre la neutralisation de la charge des particules et d'amorcer le processus de floculation par la formation de micro floes. La turbidité résiduelle dépend du temps de mélange rapide et pour chaque combinaison de gradient de vitesse et dose du coagulant injecté ; il existe un temps de mélange rapide associé au minimum de turbidité [23].

✚ La deuxième étape c'est l'agitation lente (30 à 60minute) et elle a pour but de provoquer les contacts entre les particules pour former des floes décan tables [22].

f) Influence de la turbidité :

La turbidité est un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation [17]. Elle est principalement due à la présence de particules de diamètre de 0,2 à 5 micromètres.

L'augmentation de la quantité de coagulant ne varie toutefois pas de façon linéaire en fonction de la turbidité. Lorsque la turbidité est très élevée, la quantité de coagulant nécessaire est relativement faible, car la probabilité de collision entre les particules est très élevée. Par contre, lorsque la turbidité est faible, la coagulation est difficile [24].

g) Influence de la couleur :

La plupart des particules responsables de la couleur possèdent des charges négatives à leur surface. Et ont des diamètres supérieurs à 3,5 nm.

Pour un PH optimal, la couleur résiduelle décroît proportionnellement avec l'augmentation de la quantité de coagulant utilisée. Le PH optimal pour l'élimination de la couleur varie entre 4 et 6 [21].

IV.7. 2. Flocculation :

IV.7. 2. 1. Principe :

La flocculation est l'agrégation des particules déjà déstabilisées, par collision les unes contre les autres ce qui conduit à la croissance en taille du floe et à la diminution en nombre des particules en solution [25].

Les processus préalables à la flocculation sont :

- La coagulation
- Les oxydations chimiques ou biologiques qui détruisent les colloïdes protégés
- Le changement des conditions générales tel que le PH et la température
- Et enfin, l'utilisation de réactifs auxiliaires (par exemple : les adjuvants de flocculation).

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les floes engendrés par la coagulation. En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les floes risquent de se briser. Il faut également un temps

de séjour minimal pour que la floculation ait lieu. La durée du mélange se situe entre 10 et 60 minutes [17].

IV.7. 2. 2. Types de floculation :

Pour arriver à la décantation des particules colloïdales coagulées, il est nécessaire de les passer par une opération de floculation. Cette floculation peut être faite à l'aide d'une de ces deux méthodes suivantes :

IV.7. 2. 2.1. Floculation physique :

Elle consiste à augmenter par la création d'une différence de vitesse entre les particules colloïdales déstabilisées, la probabilité des contacts entre ces particules afin de les agglomérer en floes denses ensuite de les décanter [2].

Deux mécanismes assurent la mobilité des particules : le mouvement brownien (floculation péri cinétique) ; et le brassage mécanique (floculation orthocinétique) :

a) Floculation péri cinétique :

Par le mouvement brownien ; le mouvement aléatoire des particules cause occasionnellement des collisions. Ce mécanisme est plus efficace que la sédimentation différentielle, mais il demeure lent et produit de petits agglomérats [26].

Au cours du processus de floculation lui-même, le mouvement Brownien a de moins en moins d'effet sur le mouvement des particules dont la taille augmente progressivement. Cette augmentation accroît aussi l'influence de la barrière énergétique et ceci réduit encore le contact péri cinétique dès que le diamètre de particules dépasse 1 μm [27].

b) Floculation orthocinétique :

Ce type de floculation est fonction de l'énergie dissipée dans le fluide. Elle est donc causée par le brassage de l'eau qui permet d'augmenter les chances de contacts entre les particules. La vitesse du fluide varie dans l'espace et dans le temps et est caractérisée par les particules. Par l'agitation mécanique, c'est la méthode la plus efficace, mais trop d'agitation peut briser les agrégats au lieu de les créer. [28]

IV.7. 2. 2.1.2. Floculation chimique :

C'est la floculation qui est provoquée par l'agitation de l'eau. Cette agitation facilite l'agrégation des particules par augmentation de la probabilité de collisions entre ces particules. Elle consiste en une agglomération par pontage des particules colloïdales déchargées à l'aide de certains produits chimiques appelés flocculants [8].

IV.7. 2. 3. Flocculant utilisés :

Les polymères emprisonnent les matières colloïdales agglomérées et forme ainsi des flocons volumineux qui se déposent par gravité. Ils sont ajoutés après la coagulation pour augmenter d'avantage la taille et la cohésion des floccs [2].

Les flocculants peuvent être de trois natures différentes

♣ Flocculants organiques :

Ils sont hydrosolubles et qui peuvent voir une charge anionique ou, cationique ou neutre. On peut citer par exemple l'amidon, les alginates ou les polysaccharides.

♣ Flocculants minérales :

Ce sont des produits chimiques qui agissent par adsorption ou par neutralisation sur une eau brute qui ne contient pas assez de matières en suspension. Les flocculations connus sont à base de la silice activée, certaines argiles colloïdales comme la bentonite ou le charbon actif en poudre, certains hydroxydes à structure polymère comme l'alumine ou l'hydroxyde ferrique et le sable fin [2].

♣ Flocculants de synthèses :

Ce sont des produits fabriqués à partir de monomères à très haute masse moléculaire. Ces polymères ont un rendement supérieur aux polymères naturels. Ils sont classés suivant leur ionicité:

- ❖ **Anionique** : conçu à partir polymère d'acrylamide et l'acide acrylique
- ❖ **Neutre** : conçu à partir de polyacrylamides
- ❖ **Cationique** : conçu à partir d'acrylamide et de méthacrylate [2].

IV.8. Temps de coagulation et de floculation :

L'unité de temps de la coagulation est la seconde, tandis que celle de la floculation est la minute (exemple. Typique : 3 secondes - 20 minutes).[21].

IV.9. Mise en œuvre du processus de coagulation-floculation :

Il faut associer dans un temps assez court, deux phases distinctes et incompatibles. En effet, les conditions de mise en œuvre de la coagulation sont différentes de celles de la floculation. On distingue les deux phases suivantes :

- ✚ 1^{ère} phases : mélange rapide et vigoureux
- ✚ 2^{ème} phase : mélange lent

Dans un premier temps, un mélange rapide est nécessaire pour disperser les additifs dans la totalité du volume d'eau à traiter. L'injection se fait dans une zone de turbulence créée par des chicanes ou par mélange mécanique avec des hélices. La deuxième phase favorise les contacts entre les particules de floes sans les léser [29].

IV.10. Avantages et inconvénients de la coagulation floculation :

IV.10.1. Avantages :

- ✓ L'utilisation de ce procédé chimique est très répandue, il y a donc beaucoup d'équipement déjà existant et une multitude d'agents chimiques disponibles.
- ✓ Les systèmes de coagulation-floculation chimique sont généralement automatisés et demandent donc peu de surveillance et d'entretien. Une main-d'œuvre hautement qualifiée n'est souvent pas nécessaire.
- ✓ Contrairement aux systèmes biologiques, ce système requiert moins d'espace et les coûts d'installation sont moins importants.
- ✓ Une réduction significative est obtenue en termes de micropolluants, de métaux lourds, de bactéries et de virus.
- ✓ Les systèmes chimiques de coagulation-floculation peuvent être conçus afin d'obtenir un produit à valeur ajoutée [30].

IV.10.2. Inconvénients :

- ✓ Puisqu'il y a plusieurs réactions en compétition dans ce type de système chimique et plusieurs degrés d'alcalinité en plus des autres facteurs influençant le procédé, il est particulièrement difficile d'établir les bons dosages. Beaucoup d'essais à l'échelle de laboratoire sont donc nécessaires pour trouver une dose optimale. Une surdose de coagulant chimique peut diminuer l'efficacité du système.
- ✓ Les coagulants utilisés sont souvent corrosifs, des normes de sécurité doivent être respectées afin que les travailleurs manipulent ces substances avec précaution.
- ✓ La présence d'aluminium résiduel peut entraîner des problèmes importants pour la santé comme l'Alzheimer et autres pathologies de ce genre. Il est donc toxique pour les écosystèmes. Le fer aussi est toxique pour la faune, cette toxicité génère plusieurs inquiétudes au niveau du grand public.
- ✓ En eau froide le processus est peu efficace.
- ✓ Pour les pays en voie de développement, les coagulants chimiques peuvent être trop coûteux [30].

IV.11. Evaluation des doses du coagulant :

Pour définir la dose minimale d'adjuvant, on effectue le Jar test (test de coagulation-floculation). Son Principe est le suivant : à partir d'une série de quelques flacons contenant l'eau à traiter, on simule le procédé coagulation/floculation grâce à un système d'hélice puis de repos. Les flocons vont décanter et l'eau qui reste à la surface va être analysé à l'aide d'un turbidimètre pour avoir l'eau la plus claire possible [31].

IV.12. Le jar test :

C'est la méthode la plus ancienne, la moins onéreuse et la plus simple. De ce fait, c'est la méthode la plus utilisée Depuis 50 ans. Les essais de jar-test sont très utiles pour obtenir une coagulation-floculation efficace, car ils permettent de déterminer le coagulant à utiliser ainsi que sa dose optimale qui donne la meilleure clarification de l'eau à traiter [31]. Cette méthode d'essai est limitée au traitement des eaux brutes pour la production d'eau potable [32].



Figure 26 : Dispositif expérimental de l'essai **Jar-test** avant l'opération



Figure 27 : Dispositif expérimental de l'essai jar-test après l'opération

IV.13. Conclusion :

La coagulation-floculation est l'un des procédés les plus utilisés pour le traitement des eaux, car il est efficace et simple à utiliser.

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques. La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on pourra facilement éliminer par décantation.

L'efficacité de la coagulation-floculation dépend des caractéristiques de l'eau à traiter, du PH qui a un rôle clé et des doses de coagulant et de floculant injectés ; plusieurs phénomènes et mécanismes peuvent intervenir dans le processus de traitement.

Références bibliographiques

- [1] : **Ezziane S** Traitement des eaux de rejets de l'unité CERAMIT 'TENES. Mémoire de Magister en génie de procédé. Université Hassiba Ben Bouali. Chleff (2007).
- [2] : **Boursali I** Etude expérimentale de la coagulation-floculation par le sulfate Ferrique et le chlorure ferrique des matières en suspension. Mémoire d'ingénieur d'états en géologie. Université Abou Bakr Balkaid. Tlemcen. (2011).
- [3]: **Chabni L.** Etude de la propagation des polluants dans les eaux souterraines. Mémoires de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique. Ecole National Supérieur d'hydraulique ENSH. Blida. (2005).
- [4] : **Bordet J** L'eau dans son environnement rural. Edition Johanet. Paris France. (2007). 2318p
- [5] : **Lakhdari B** Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz. Mémoire de magister en Chimie Inorganiques et Environnement. Université Abou Bakr Balkaid. Tlemcen. (2011).
- [6] : **Delta lab.** Bultin technique du coagulation-floculation et décantation. (2012).
- [7] : **Siangsnum V.** Procédé hybride: hydrocyclone, coagulation-floculation et flotation pour le traitement de l'eau, Hybrid process: hydrocyclone, coagulation, floculation and flotation for water treatment process. Thèse Doctorat en génie des procédés et de l'environnement. Université de Chulalongkon. Toulouse (2010).
- [8] : **Desgrement** Mémento technique de l'eau, Tome I et II. 10^{ème} édition. Lavoisier. Paris. France. (2005). .1718p
- [9] : **Beaudry J. P** « Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada. P27-41, (1984).
- [10] : **Kherifi W.** Étude de la cinétique de sédimentation des matières en suspension dans le calcul des décanteurs, mémoire de magistère, Université badji-Mokhtar-Annaba. (2009).
- [11]: **Ghernaout D** Water Treatment Chlorination: An Updated Mechanistic Insight Review. Chemistry Research Journal. (2), (2017). Pp .125-138.
- [12]: **Ghernaout D. Aichouni M. Alghamdi A;** Applying Big Data (BD) in Water Treatment Industry: A New Era of Advance. International Journal of Advances in Applied Sciences. (5) . (2018). pp. 89-97.
- [13]: **Al Arni S. Amous J. Ghernaout D.** On the Perspective of Applying of a New

- Method for Wastewater Treatment Technology: Modification of the Third Traditional Stage with Two Units, One by Cultivating Microalgae and Another by Solar Vaporization. *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources* (2019).
- [14]: **Gheraout D. Aichouni M. Touahmia M.** Mechanistic Insight into Disinfection by Electrocoagulation. A Review. *Desalination and Water Treatment*. (141). (2019). pp.68-81. G
- [15]: **Lagaly G. Ziesmer S.** Colloid chemistry of clay minerals: the coagulation of montmorillonite dispersion. *Advances in Colloid and Interface Science*. (100-102). (2003). pp.105-128.
- [16]: **Tombacz E. Nyilas T. Libor Z. Csanaki C.** Surface charge heterogeneity and aggregation of clay lamellae in aqueous suspensions. *Progress in Colloid and Polymer Science*. (125). (2004). pp. 206-215p.
- [17] : **Hernandez de León H R.** Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable. Mémoire pour l'obtention de diplôme de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées. Toulouse. (2006).
- [18] : **Brahimi Z. Benaissa N.** Influence de la coagulation-floculation et décantation sur la qualité des eaux épurées de la station de Ain El Houtz . Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique. Université Abou Bakr Balkaid. Tlemcen (2010).
- [19] : **Dégriment. Mémento** technique de l'eau, 8ème édition. Edition Technique. (1978).
- [20] : **Kane M.B.** (Analyse et traitement des eaux d'Oued Fès par le procédé de coagulation-floculation) mémoire de fin d'études Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques Université de Fès . (2017).
- [21] : **Desjardins R. Traitement** des eaux. Edition de l'école polytechnique de Montréal. 2ème édition revue et améliorée. Montréal. Québec(1997). 304p.
- [22] : **Bachi M. Abdelli R.** Influence des paramètres physiques et chimiques sur la coagulation-floculation et décantation. Mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en hydraulique. Université Abou Bakr Balkaid. Tlemcen. (2005).
- [23] : **Rodier J. Legube B. Merlet N.** L'analyse de l'eau ; eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. 8ème édition. Dunod, Paris. (2005).1824p.
- [24] : **Ahmed Ammar Y. Ben Haddoud M.** Etude expérimentale de la coagulation- floculation par le sulfate d'alumine des matières en suspension. Mémoire d'ingénieur d'état en hydrogéologie. Université Abou Bakr Balkaid. Tlemcen.
- [25]: **Chen S. Sun D. Chung JS.** Treatment of pesticide wastewater by moving-bed

biofilm reactor combined with Fenton-coagulation pre-treatment. *Journal of Hazardous Materials* (144). (2007) . pp.577-784.

[26]: **Svarowsky L** Solid-liquid separation. 4^{eme} édition. Angle Terre: Butterworth-Heinemann. (2000). 554p.

[27] : **Masscheleinwj.** "Processus unitaire du traitement de l'eau potable". Edition Cebedoc. Paris. France. (1996). pp.222-647.

[28]: **Sincero AP. Sincero AG.**Physical-chemical treatment of water and wastewater.1^{ed}. New York: RC Press. (2003).832p.

[29] : **Cardot G.** Génie de l'environnement ; Les traitements de l'eau procédés Physicochimiques et biologiques cours et problèmes résolus, Edition Ellipse, (2005).

Deuxième partie
Protocoles Expérimentaux
&
Résultats et Discussions

Chapitre I
Protocoles Expérimentaux

II.I.1. Échantillonnage :

L'échantillonnage a pour objectif de connaître la qualité de l'eau et de s'assurer de la certitude des résultats obtenus.

II.I.1.1 Mode de prélèvement :

Les prélèvements sont étalés sur une période de deux mois entre mars et avril. Au niveau de la station, un rythme d'échantillonnage d'eau par mois a été effectué.

Les échantillons sont prélevés à l'aide de flacons en verre pyrex munis de bouchon métallique à vis, stérile.

Dans le cas du robinet, il est indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn. Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Les prélèvements sont effectués dans les meilleures conditions de stérilisation. Pour procéder aux prélèvements, il y a lieu de suivre les étapes suivantes:

-  Se laver très soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool et les laisser sécher.
-  Flamber le robinet pendant au moins 1 minute en utilisant par exemple une lampe à souder portative au gaz butane ou une tige en fer enrobée de coton imbibé d'alcool.
-  Ouvrir le robinet et laisser couler 10 minutes avant de faire le prélèvement, tout en gardant la flamme allumée à côté du robinet.

II.I.1.2 Transport et conservation des échantillons :

Les flacons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire, il importe de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants.

II.1.2 Analyse Physicochimiques de l'eau brute et traitée du Barrage

Hamam Debagh :

II.1.2.1. Mesure de la température (C°) et du PH :

- **Principe :**

Les mesures de la température et le pH de l'eau sur le lieu du prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante de l'analyse des eaux, car à cette température que dépendent la solubilité de gaz et la vitesse de la réaction dans l'eau.

- **Appareillage :**

La température est mesurée au même temps avec le pH par le pH mètre

Mode opératoire :

Remplir le bécher (250 ml) avec l'eau à analyser, Rincer bien l'électrode avec de l'eau distillée, Plonger l'électrode dans le bécher. Cliquer sur le bouton (ENTRER) de l'appareil (pour chaque paramètre à analyser) et attendre quelques secondes pour que le résultat apparaisse, noter le résultat du pH et la température.



Figure28 : Image d'un PH-mètre

II.I.2.2. Mesure de la turbidité :



Figure29 : Image de turbidimètre utilisé dans le laboratoire

- **Principe :**

Un liquide trouble s'éclaire vivement lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, C'est le phénomène dit de Tyndall due aux particules insolubles en suspension diffusant latéralement une partie des rayons lumineux.

- **Mode opératoire (NTU):**

Rincer la cuvette avec l'eau distillée et remplir avec de l'eau à analyser jusqu'au jauge Vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure, mettre la cuvette dans l'appareil de mesure ; cliquer sur (ENTRER) ; L'appareil affiche directement le résultat en unités NTU Noter le résultat de la turbidité.

II.I.2.3. Mesure de la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :



Figure 30 : Images d'un appareil multi-paramètre

• Appareillage :

- Conductimètre à électrode (WTW.LF197).
- Récipient contenant l'eau à analyser

• Mode opératoire :

Avant de commencer la mesure, il faut d'abord rincer l'électrode de l'appareil par l'eau distillée ; Plonger l'électrode dans le récipient contenant l'eau à analyser en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée.

Noter le résultat de la conductivité.

II.I.2.4. Détermination des alcalinités TA et TA Cet les bicarbonates**1) Titre alcalimétrique simple (TA)****Mode opératoire :**

A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine. Si une coloration rose apparait titrée avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur. Si la couleur n'apparaît le TA = 0 (PH < 8,3 donc TA = 0) ;

On note V_{TA} le volume versé



Figure 31 : Montage représentant l'analyse de TA.

2) Titre alcalimétrique complet (TAC)

A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange 0.5% ; Titrer par l'acide sulfurique jusqu'au virage rouge orangé et noter V_{TAC} le volume versé.

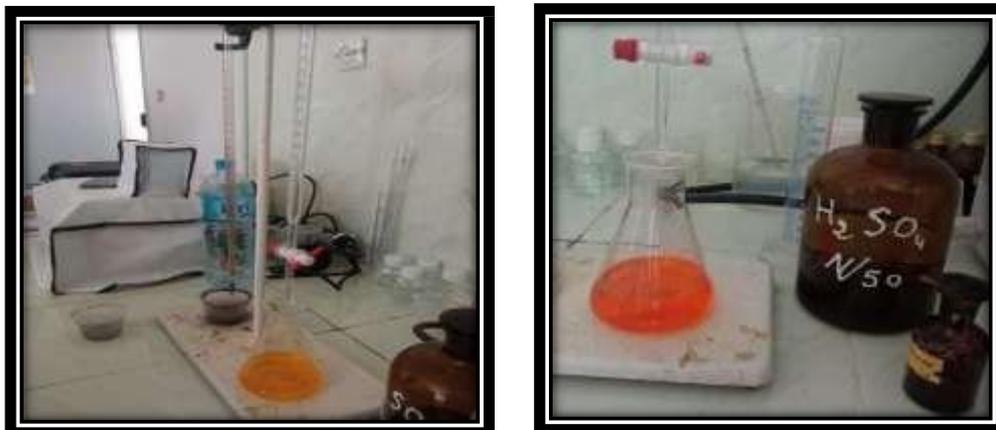


Figure 32 : Montage représentant l'analyse de TAC.

3)-Détermination de la concentration des (HCO_3^-)

(Voire partie II chapitre 2)

II.I.2.5. Dosage du calcium (Ca^{2+})

a) Mode opératoire :

Prélever une prise d'essai de 50 ml d'eau à analyser ; ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et une pincée d'indicateur (murexide). Bien mélanger le tout ; Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement ; Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette ; La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA ; Noter le volume V_1 d'EDTA.

II.I.2.6. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) :

Mode opératoire :

Prélever une prise d'essai de 50 ml d'eau à analyser ; Ajouter 2 ml de la solution tampon NH_4OH et une pincée d'indicateur : le noir urochrome T. Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose ; Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu ; la couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA ; Noter V_{EDTA} le volume d'EDTA utilisé.

II.I.2.7. Dosage des chlorures (Cl^-) :

Mode opératoire :

Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter 2 à 3 gouttes de solution dichromate de potassium à 10% ; Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min. Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent utilisé.

II.I.2.8. Détermination de la matière organique (MO)

Mode opératoire :

Introduire dans un erlenmeyer de 250 ml, 100 ml d'eau à analyser; Ajouter 10 ml d'acide sulfurique à 50%; Ajouter 10 ml de solution de permanganate de potassium N/80; Porter l'échantillon à une ébullition ménagée pendant 10 minutes et à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent à la surface du liquide; Ajouter ensuite 10 ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer, prévenir immédiatement à la teinte rose faible; Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur; Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium N/80 jusqu'à une coloration rose pâle persistante environ 30 secondes; Noter le volume V1 de la solution de permanganate consommé; Faire un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée; Noter le volume V0 de la solution de permanganate consommé.



Figure33 : Montage représentant l'analyse de Cl^-



Figure34 : Images représentant l'analyse de la MO

II.I.2.9. Détermination du résidu sec (RS)

Mode opératoire

Tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée et dessécher ; prélever 200 ml d'eau à analyser ; porter à l'étuve à 105 c° pendant 24 heures ; Laisser refroidir pendant ¼ heure aux dessiccateurs ; Peser immédiatement et rapidement.

Matériel :

Balance analytique.

Etuve réglable.

Capsule en porcelaine



Figure 35 : Etuve réglable et Balance analytique pour déterminer le (RS)

II.I.2.10. Détermination des matières en suspension (MES)

Mode opératoire :

Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105 C° pendant 20 minutes ; Laisser refroidir dans le dessiccateur; Ensuite les peser : soit M_0 = masse des membranes avant filtration; Placer les membranes dans le dispositif de filtration sous vide et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers; Rendre les membranes à l'étuve (105C°) afin de sécher les membranes pendant 20 minutes; Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit M_1 = masse des membranes après filtration.

II.I.2.11. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)

Mode opératoire

Prélever 40 ml d'échantillon d'eau à analyser, dans une fiole de 50 ml ; Ajouter 4 ml du réactif coloré homogénéisé (réactif I), puis ajouter 4 ml du réactif de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéisé (réactif II); Compléter la fiole jusqu'à la jauge Après au moins 45min, attendre le développement de la couleur, l'apparition de la couleur verte indique la présence de l'ion ammonium; Effectuer les mesures spectrophotométriques UV-visible à 655nm.



Figure 36 : Image représentant l'analyse de NH_4^+

0 : le blanc (eau distillée) ; 1 : eau à analyse (eau brute) ; 2 : eau à analyser (eau brute)



Figure 37 : Schéma d'un Spectrophotomètre

II.I.2.12. Dosage du fer (Fe^{2+})

Mode opératoire :

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml et ajouter 1 ml d'une solution de chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement ; Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5; Ajouter 2 ml de la solution phénantroline-1,10, compléter à 50 ml puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15 min. Enfin, passer au spectrophotomètre pour des mesures à la longueur d'onde de 510 nm.



Figure 38 : dosage de fer

II.I.2.13. Dosage des sulfates (SO_4^{2-})

Mode opératoire :

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml avec de l'eau distillée ; Ajouter 5ml de la solution stabilisante ; Ajouter 2 ml de chlorure de baryum ; Agiter énergiquement pendant 1 min ; Passer au spectrophotomètre UV-visible et faites des mesures à la longueur d'onde de 420 nm.



Figure 39 : image représentant l'analyse des sulfates (SO_4^{2-})

II.I.2.14. Dosage des phosphates (PO_4^{3-}) :

Mode opératoire :

Prendre 40 ml d'eau à analyser et 1 ml d'acide ascorbique ; Ajouter 2 ml du réactif mélanger et attendre 10 min ; L'apparition de la coloration bleue indique la présence des phosphates ; Faire la lecture à l'aide du spectrophotomètre UV-visible à 700 ou 880 nm ;

II.I.2.15. Dosage des nitrates (NO_3^-)

Mode opératoire :

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser ; Ajouter 2 à 3 gouttes de Na OH à 30 % ; Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ; Evaporer à sec au bain Marie ou à l'étuve ($75 - 88^\circ \text{C}$) (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps); Laisser refroidir; Reprendre le résidu avec 2 ml d' H_2SO_4 ; Laisser reposer 10 min; Ajouter 15 ml d'eau distillée; Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium; Faire la lecture au spectromètre UV Visible à une longueur d'onde de 415 nm;

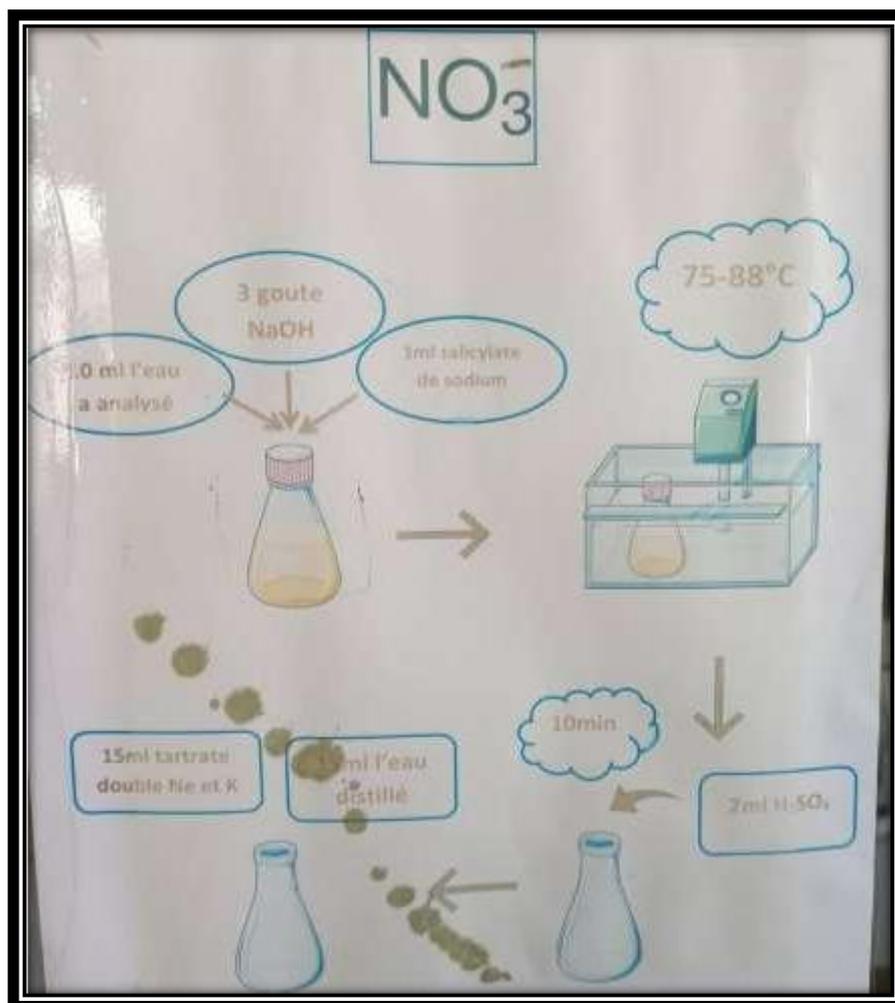


Figure 40 : Schéma représentant le protocole de dosage des Nitrates

II.I.2.16. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Mode opératoire

Prendre 50 ml d'eau à analyser ; Ajouter 1 ml du réactif mixte ; Attendre 10 min ; L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- ; Faire la lecture au spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde de 543 nm.

II.I.2.17. Dosage d'aluminium (Al^{3+})

Mode opératoire

Dans une fiole de 50 ml introduire 25 ml d'eau à analyser ; Ajouter : 2,5 ml de chlorure de calcium ; 1 ml d'acide Thio-glycolique ; 5 ml de tampon acétate et 1 ml de rouge d'alizarine ; et 15,5 ml d'eau distillée, après 90 min, faire la lecture par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm ;

II.I.3. Analyses Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage

Bouhamdene

II.I.3.1. Recherche et dénombrement des germes totaux (GT) à 37C°

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 C° et ceux mésophiles soit 37 C°.

Mode opératoire :

- A partir d'une solution mère (l'eau à analyser), porter aseptiquement deux fois une quantité de 1 ml au fond de deux boites de Pétri vides, préparées et numérotées à l'avance pour cet usage.
- Compléter ces deux boites avec une quantité d'environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue, refroidir à 45C°.
- Maintenir une agitation délicate en utilisant un mouvement circulaire et de va et vient en forme de (8) pour permettre à l'eau de se mélanger à la gélose.
- Laisser le milieu 10 minutes sur la palliasse pour se solidifier.
- Rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose.
- L'incubation se fait à 37 C° pendant 48h pour la première boite et à 22 C° pendant 72h (voir Annexe) tout en assurant :
 - ✓ Une première lecture à 24 heures ;
 - ✓ Une deuxième lecture à 48 heures ;
 - ✓ Et une troisième lecture à 72 heures.

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Pour le dénombrement de ces derniers, on prend en considération les remarques suivantes :

- ✓ Dénombrer seulement les boites contenant entre 15 et 300 colonies ;
- ✓ Les résultats sont exprimés en unités formatrices de colonies (UFC) par ml d'eau à analyser à 22 C° et 37 C°.

II.I.3.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes totaux sont des bacilles à Gram (-), non sporulé, oxydase (-), aérobie et anaérobie facultatifs. Ils se multiplient à 37°C pendant 48h.

Ce type de germes peut être recherché et dénombré dans le milieu de culture BCPL

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés que les coliformes totaux après incubation à la température de 44 C°. Ce type de germes peut être recherché et dénombré dans l'eau peptone exempte d'indole. Afin d'examiner ces 2 types de germes on réalise les 2 tests suivants :

A. Test présomptif

A partir de l'eau testée, on porte aseptiquement :

- 03 fois 10 ml, dans 03 tubes contenant 9ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 03 fois 01 ml, dans 03 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 03 fois 0.1 ml, dans 03 tubes contenant 9 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

• Lecture

Après 48 Heures d'incubation à 37°C et en absence d'air, seront considérés comme positifs les tubes qui présentent à la fois un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune et un dégagement gazeux se considèrent comme positifs.

Le dénombrement des coliformes se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

B. Test confirmatif

Les tubes de BCPL qui montrent un résultat positif après le test de présomption font l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans des tubes contenant le milieu eau peptone exempte d'indole l'incubation se fait à 44 C° pendant 24 heures.

• Lecture

Les tubes qui présentent à la fois 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 et un dégagement gazeux se considèrent comme positifs .Le dénombrement s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP.



Figure.41 : Image représentant les analyses des coliformes totaux et fécaux

II.I.3.3. Recherche des streptocoques fécaux

Mode opératoire :

Stériliser l'entonnoir à l'aide d'un bec bunsen; Refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien de l'eau distillée stérile; Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 μm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile; Fixer ce dernier avec la pince correspondante ; Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 50ml d'eau à analyser; Actionner la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane; Retirer l'entonnoir et transférer la membrane à l'aide de la même pince stérile et placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose slanetz et Barkley.

Incubation : L'incubation se fait à 37 C ° pendant 48 heures.

II.I.3.4. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR)

Mode opératoire :

Prendre environ 25 ml à partir de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 C° pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes; Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question sous l'eau de robinet; Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube; Ajouter environ 20 ml de gélose viande foie , fondue, puis refroidie à 45 ± 1 C°; L'incorporation se fait dans un tube non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air; Mélanger doucement le milieu en évitant la formation des bulles d'air et l'introduction d'oxygène ; laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ.

Incubation : L'incubation se fait à 37° Cependant 24 à 48 heures.

II.I.4. Essai du test de coagulation/floculation (jar-test)

Principe

A des volumes identiques d'eau à traiter, on injecte des quantités croissantes de coagulant (sulfate d'alumine) de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau de meilleure qualité possible.

Une fois la dose optimale de coagulant obtenue, à des volumes identiques d'eau à traiter, on injecte des quantités croissantes de floculant (poly électrolyte) de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau clarifiée de meilleure qualité possible.

II.I.4.1. Détermination de la dose optimale en coagulant

Il y a des interférences possibles qui peuvent rendre difficile de la détermination de la dose optimale jar test de coagulant :

- Changement de température lors du test
- Dégazage lors du test
- L'intervalle de temps entre l'échantillonnage et l'essai

Mode Opératoire

- Mettre le flocculateur dans un endroit protégé du soleil, de la chaleur, des courants d'air et des vibrations.
- Agiter l'échantillon prélevé et remplir chaque béccher du flocculateur d'un litre d'eau à tester, mettre les pales d'agitation en place.
- Noter la température de l'eau brute et les autres paramètres physiques : pH optimal, turbidité, conductivité, taux de la matière organique
- Ajouter la quantité de coagulant (sulfate d'alumine) le plus rapidement possible et de manière reproductible dans chaque béccher ;
- Les doses appliquées dans chaque béccher sont croissantes de façon à encadrer la dose optimale présumée ;
- Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tours/min ; les pales et leur vitesse de rotation doivent être identiques dans tous les bécchers ;
- Déclencher le chronomètre ($t=0$) ;
- Après 2 min ($t=2$ min) d'agitation rapide (dispersion du réactif, coagulation), réduire la vitesse de rotation des pales à 40 tours/min (agitation lente). Dans tous les cas, la durée d'agitation (rapide puis lente) ne doit pas excéder 20 min ;
- Au temps $t = 20$ min, relever les pales des agitateurs (douceement en prenant soin de ne pas casser les floccs formés) en respectant un décalage de 15 à 30 s entre chaque béccher ;
- Attendre 45 min de décantation. Ce temps doit être suffisant pour obtenir une bonne décantation des floccs mais pas trop long pour conserver des variations significatives de la qualité des eaux traitées (en particulier la turbidité) ;
- Prélever, à l'aide d'un siphon, 0,5 l de chaque béccher, homogénéiser et procéder aux analyses de la turbidité, pH, matières organiques, température; afin de vérifier les quels ont présenté le meilleur résultat en se référant à la plus grande réduction de couleur et de turbidité ;
- Tracer les courbes de turbidité en fonction de la dose de coagulant ;
- La courbe passe par un minimum qui correspond au taux de traitement optimal. Parfois ce minimum n'est pas net on observe plutôt un pallier dans ce cas la dose optimale correspond au début du pallier.



Figure42 : Dispositif expérimental de l'essai jar-test

II.I.4.2. Détermination de la dose optimale en flocculant

Mode opératoire

- Vider les béciers, les rincer et remplir chacun avec un litre d'eau à analyser ;
- Injecter la quantité de coagulant obtenue dans chaque bécier ;
- Déclencher le chronomètre ($t = 0$) ;
- Démarrer l'agitation à la vitesse de 180 tours/min, pendant 90 secondes. Les pales et leur vitesse de rotation doivent être identiques dans tous les béciers ;
- Arrêter l'agitation et injecter la quantité de flocculant le plus rapidement possible et de manière reproductible dans chaque bécier ; Les doses appliquées dans chaque bécier sont croissantes de façon à encadrer la dose optimale présumée. L'écart entre deux doses successives de flocculant doit être suffisant pour obtenir des variations significatives de la qualité de l'eau décantée.
- Redémarrer l'agitation à 180 tours/min pendant 30 secondes, puis à la vitesse de 40 tours/min (agitation lente), dans tous les cas, la durée d'agitation (rapide puis lente) ne doit pas excéder 20 min ;
- Noter le temps d'apparition du floc après introduction du flocculant ;
- Au temps $t = 10$ min et $t = 20$ min, noter l'aspect de la flocculation exprimée par la figure donnée ci dessus :
- Au temps $t = 20$ min, relever les pales des agitateurs (doucement en prenant soins de ne pas casser les floccs formés) en respectant un décalage de 15 à 30 s entre chaque bécier, homogénéiser et procéder aux analyses de turbidité, PH, matières organiques, température

Déterminer la concentration optimale en floculant (en mg/l) de la même manière que pour la concentration optimale en coagulant.

Chapitre II :
Résultats et Discussions

II.II.1. Analyses Chimiques et Physicochimiques de l'eau au niveau de la station de traitement du barrage de Bouhamdene

II.II.1.1. Mesure de la turbidité :

Tableau 6 : Résultats des analyses de la turbidité pour la période (janvier 2022 à avril 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril
Turbidité (NTU) Eau Brute (EB)	13.1	7.11	10.2	4.14
Turbidité (NTU) Eau Traitée(ET)	1.28	1.42	1.34	0.45

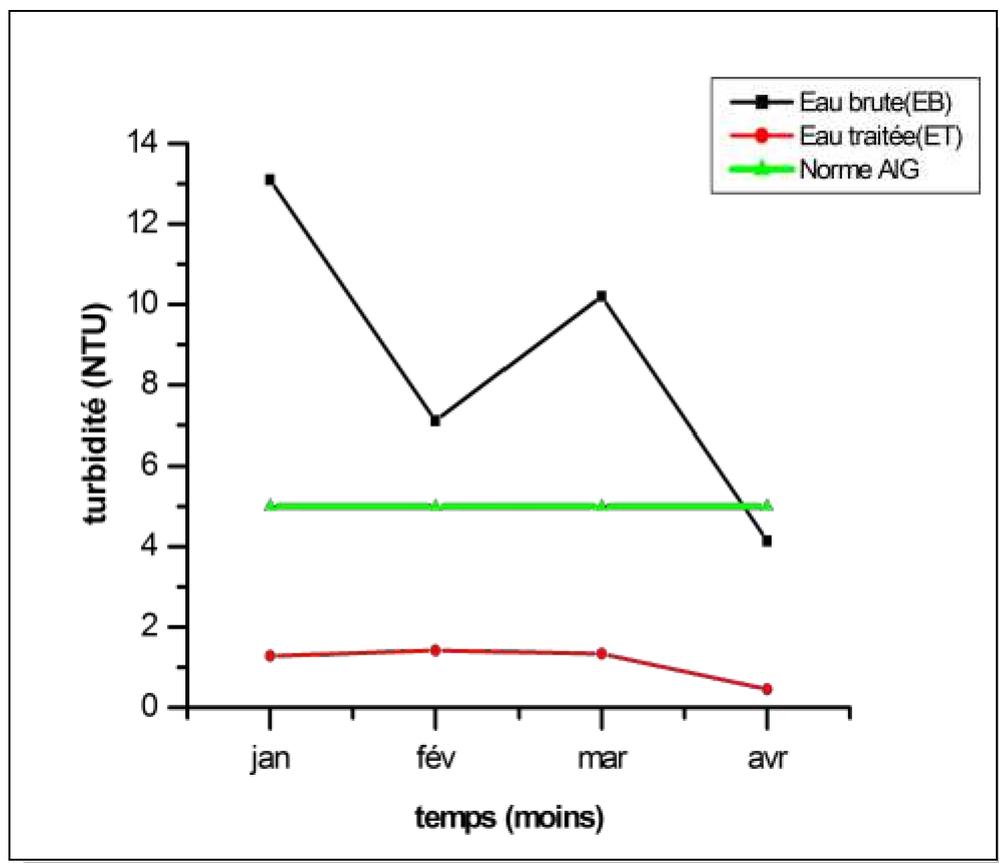


Figure 43 : Evolution de la turbidité dans l'intervalle (Janvier 2022 à avril 2022)

❖ **Discussion du résultat obtenu :**

L'analyse de ces résultats (Figure43) montre que les valeurs de la turbidité des eaux brutes augmentent et diminuent au cours du temps.

Cette turbidité élevée à partir du mois de janvier jusqu'au mois de mars est due principalement aux pluies. En effet, à cette période, l'eau au cours de son parcours, se charge de quantités énormes de particules, qui la rendent trouble. Les matières, mêlées à l'eau, sont de natures très diverses : matières d'origine minérale (argile, limon, sable...), microparticules, microorganismes.

Mais, suite aux traitements des eaux effectuées dans la station, nous pouvons constater que la turbidité a considérablement diminué, et que toutes ses valeurs pour l'eau traitée sont inférieures à la valeur indicative (5 NTU) par la norme algérienne relative à la qualité de l'eau potable.

II.II.1.2. Mesure de la température (C°) :

Tableau 7 : Résultats des analyses de la température pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril
T(°C) Brute (EB)	8.7	9.2	9.6	12.6
T(°C) Traitée(ET)	9	9.1	9.9	12.7

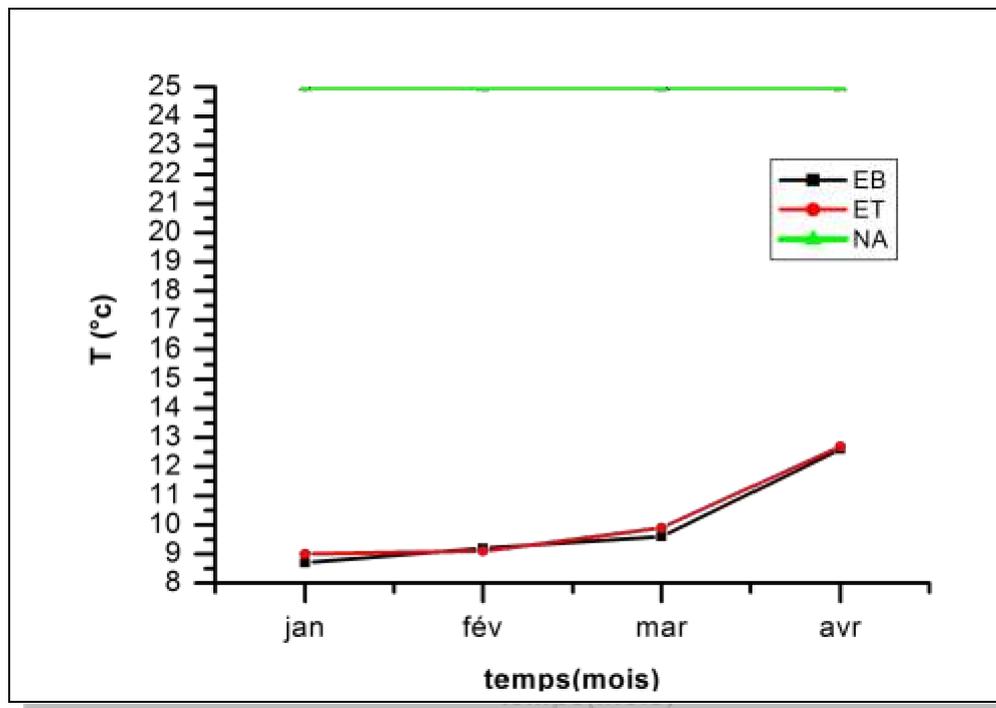


Figure 44 : Evolution de la température (T) au cours des mois (janvier 2022 à avril 2022)

❖ **Interprétation des résultats obtenus :**

La (Figure 44) montre que les valeurs de la température de l’eau brute et celle traitée sont très proches et elles balancent entre 8 C° et 12 C°. Evidemment, on peut constater que la température augmente en passant de l’hiver au printemps. Toutes les valeurs sont conformes à la norme Algérienne.

II.II.1.3. Mesure du pH :

Tableau 8 : Résultats des analyses de pH pour la période (Janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de Prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
pH Brute (EB)	8.10	8.36	8.23	8.25	8.29
pH Traitée (ET)	7.91	8.30	8.26	8.26	8.31

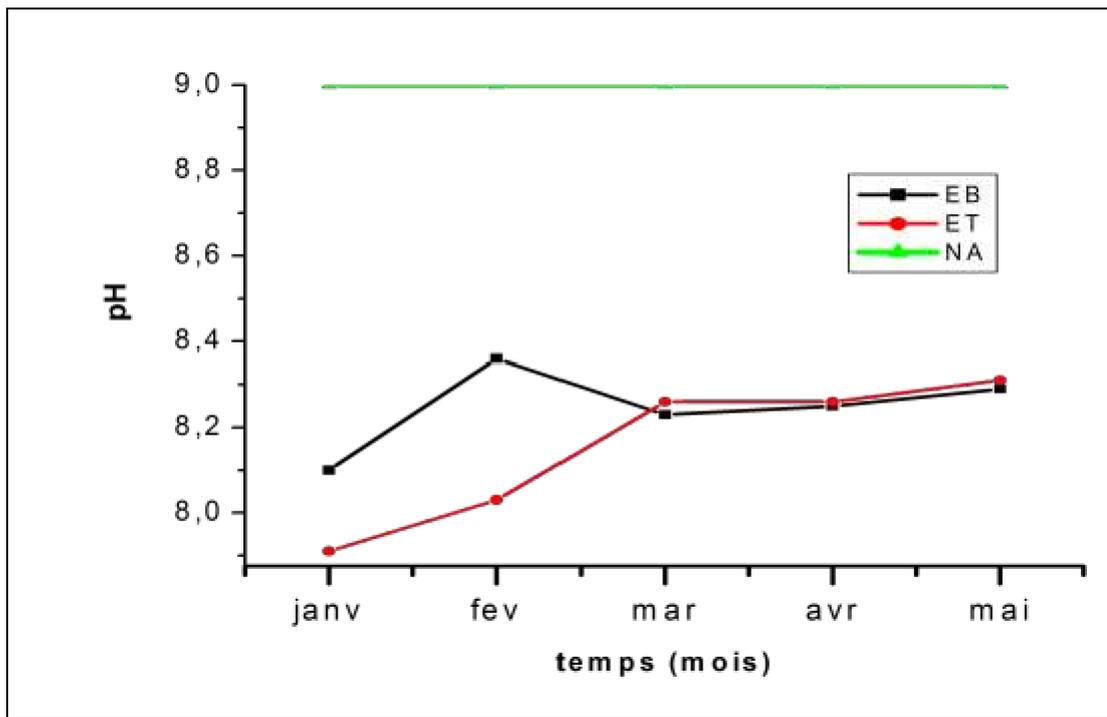


Figure 45 : Evolution du potentiel d’hydrogène (PH) au cours des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Les résultats obtenus montrent une variation très légère entre le PH de l’eau brute et l’eau traitée durant les mois d’hiver (de janvier jusqu’à mars avec une légère augmentation à cette période. Ensuite du mois de mars jusqu’au mois de mai, les valeurs s’approchent nettement l’une de l’autre et balancent entre 8.29 et 8.31 Elles restent toujours inférieures à la valeur de la norme algérienne.

II.II.1.4. Mesure de la conductivité (µS/cm) :

Tableau 9 : Résultats de la mesure de la conductivité pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
CE(µs/cm) Brute (EB)	759	746	837	830	825
CE(µs/cm) Traîée(ET)	756	748	850	847	842

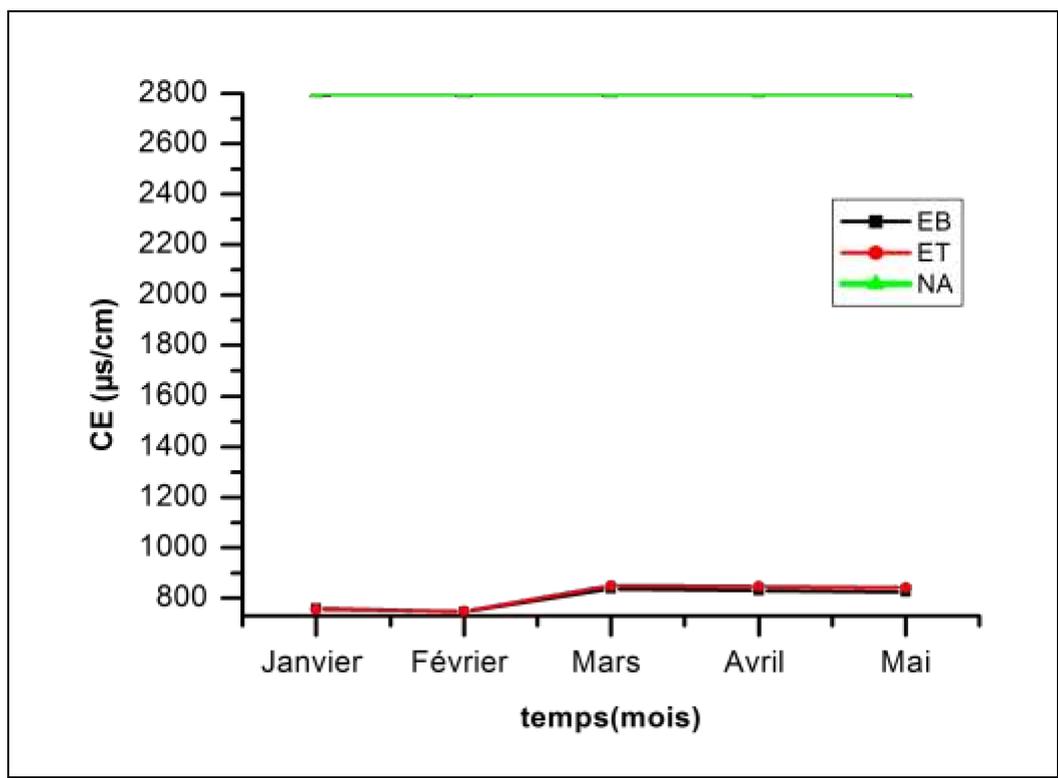


Figure 46 : Evolution de la conductivité électrique (CE) pour l’intervalle (Janvier2022 à mai 2022)

❖ **Interprétation des résultats obtenus :**

De manière générale, la conductivité de l'eau dépend de beaucoup de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans l'eau, telles que les sulfates, les chlorures et les bicarbonates. Si le niveau de quantité de matières dissoutes dans l'eau augmente, la conductivité électrique augmente également [67].

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de la conductivité électrique sont très proches et n'atteignent pas le max de la norme Algérienne qui est 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs de la conductivité de l'eau traitée (850-746 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sont très inférieures à cette norme, donc on peut dire que ce plan d'eau est de bonne qualité.

II.II.1.5. Mesure de la totalité des solides dissouts TDS (mg/l) :

Tableau 10 : Résultats des analyses de la TDS pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
TDS(mg/l) Brute (EB)	331	346	342	344	344
TDS(mg/l) Traitée(ET)	337	340	342	347	347

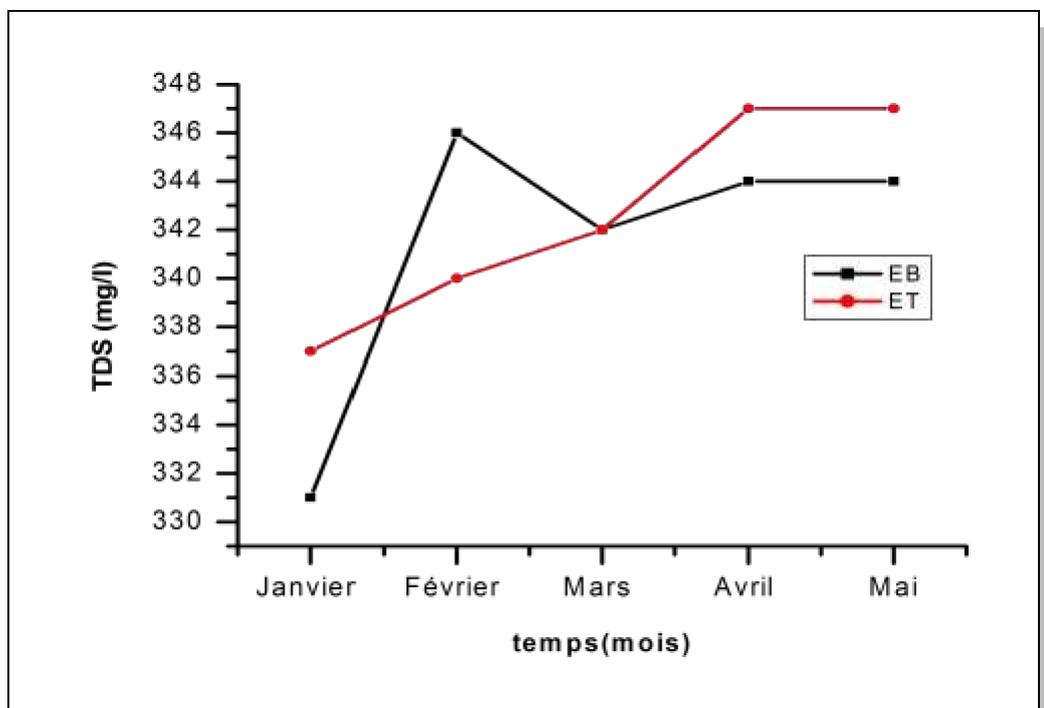


Figure 47 : Evolution de la totalité des solides dissouts (TDS) dans l'intervalle (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

La (Figure 47) présente l'évolution de la totalité des solides dissous en fonction des mois. D'après les résultats, nous pouvons noter que les valeurs sont oscillantes et varient entre 331- 346 mg/l) pour l'eau brute et entre (337-347 mg/l) pour l'eau traitée.

Ces changements des teneurs de l'eau en matières solides dissoutes sont liés d'une part au phénomène de dilution et d'autre part à un certain nombre d'effets naturelles et surtout suite aux activités humaines. Et selon la norme Algérienne, cette eau traitée est d'une bonne qualité.

II.II.1.6. Mesure de la salinité :

Tableau 11 : Résultats des analyses de la salinité pour les mois (janvier 2022à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
Salinité (mg/l) Brute (EB)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Salinité (mg/l) Traitée (ET)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

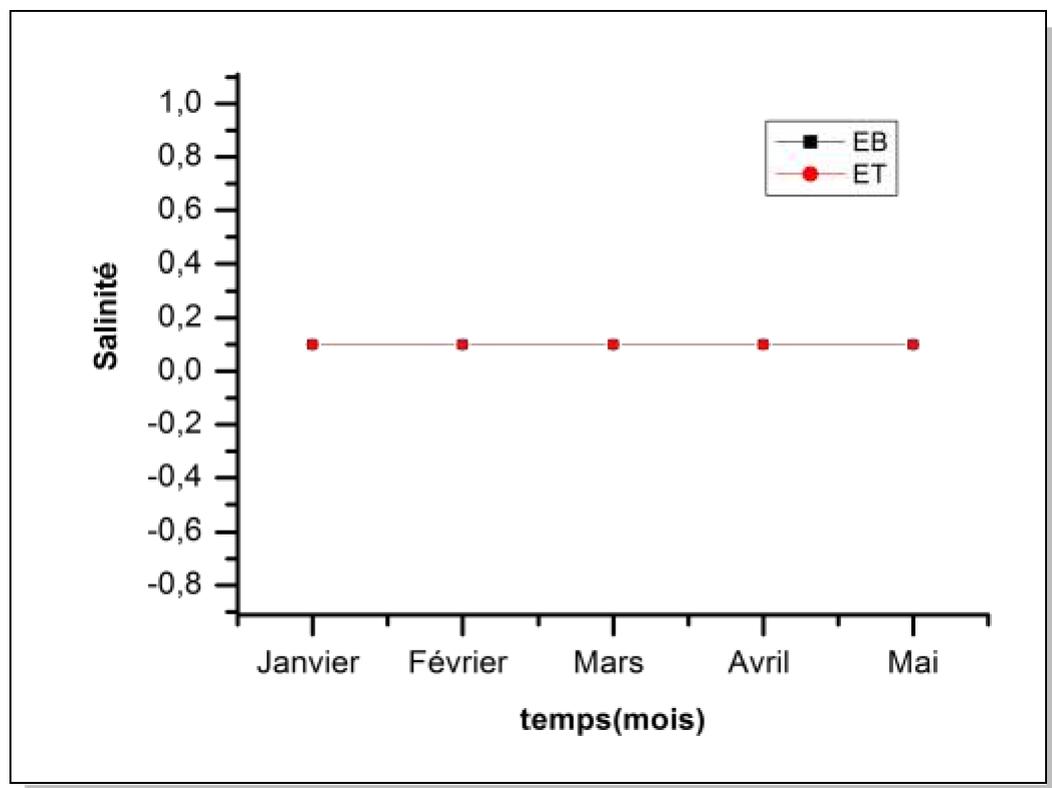


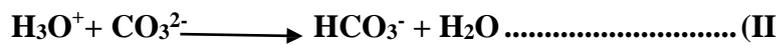
Figure 48 : Evolution de la salinité en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la salinité sont constantes, (0,1 mg/l) dans l'eau brute et traitée. Selon les normes de potabilité, notre eau est une eau douce.

II.II.1.7. Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates (HCO₃⁻) :

1) -Détermination du titre alcalimétrique simple (TA) :



Expression des résultants : TA = [OH⁻] + [CO₃⁻²]..... (1)

$$\text{TA (}^\circ\text{f)} = V_{\text{titré}} \text{ (ml)} \quad (2)$$

Tableau 12 : Résultats des analyses de TA pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
TA(°f) Brute (EB)	0	0	0	0	0
TA(°f) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

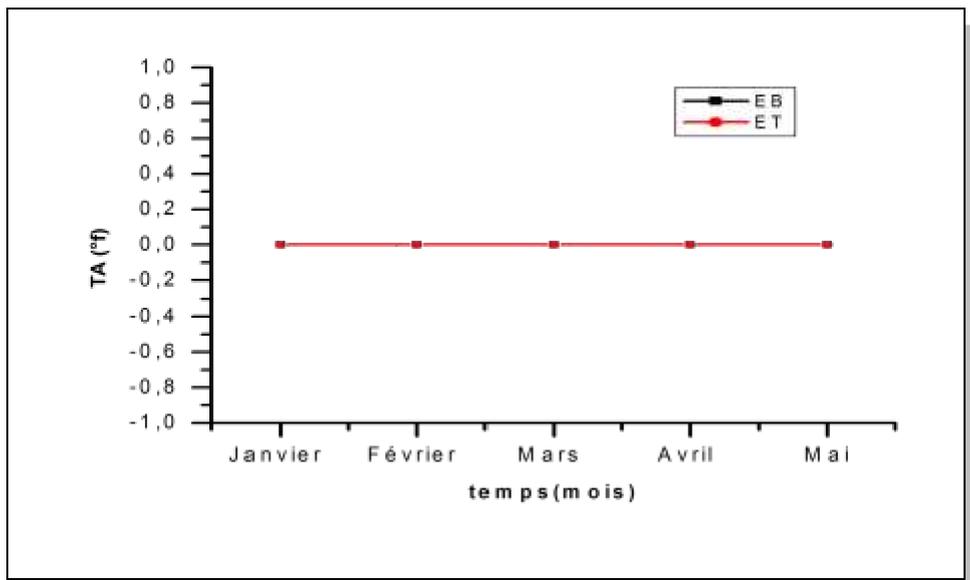


Figure 49 : Evolution du titre alcalimétrique simple (TA) en fonction des mois (Janvier2022 à mai 2022)

❖ **Interprétation des résultats :**

Les résultats obtenus montrent que les valeurs du titre alcalimétrique obtenu sont nulles pour l'eau brute et traitée et restent toujours conformes aux normes de potabilité (12 f°).

2) Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) Expression des résultats :

$$\text{TAC (mg/l)} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{TAC (°f)} = V_{\text{titré}}(\text{ml}) - 0,5 (\text{ml}) \dots\dots\dots (4)$$

0.5 (ml) : le volume nécessaire pour le virage de la couleur de l'indicateur.

Tableau 13 : Résultats des analyses de TAC pour la période (Janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
TAC(°f) Brute (EB)	16	16.1	16.3	17.4	18
TAC(°f) Traitée(ET)	15.8	15.5	15.8	17.2	17.4

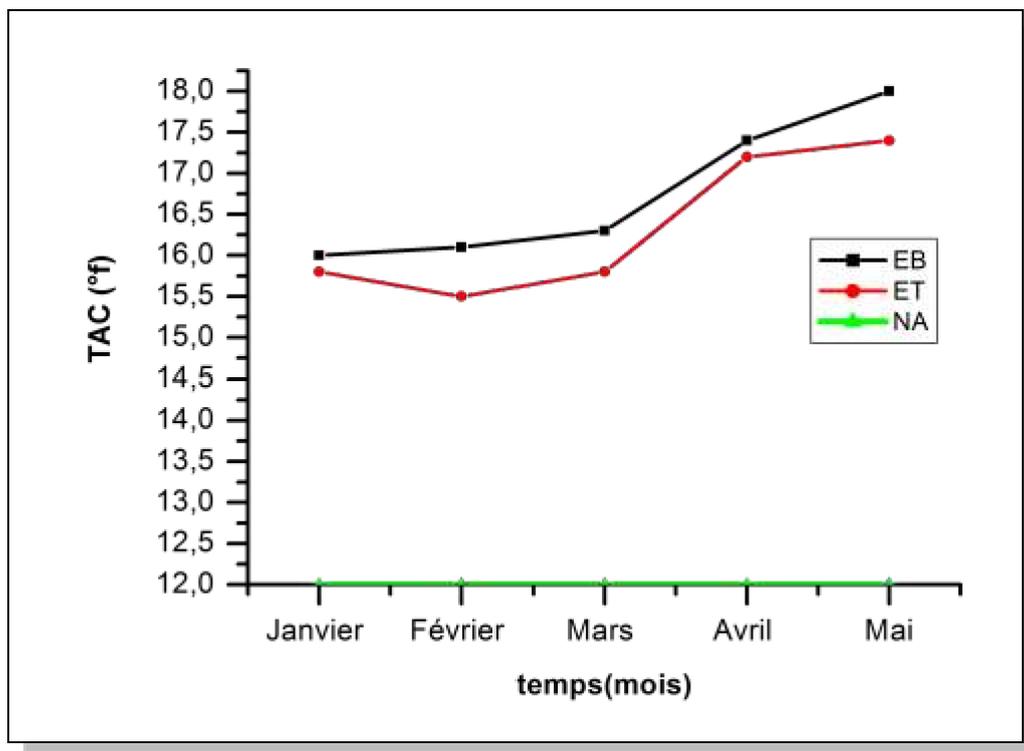


Figure 50 : Evolution du titre alcalimétrique complet (TAC) au cours des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalins libres (carbonates, hydrogénocarbonates) dans l’eau. D’après les résultats obtenus, toutes les valeurs de TAC de l’eau brute et l’eau traitée sont proches, avec une légère diminution au cours du traitement, elles augmentent du mois de janvier jusqu’au mois de mai en dépassant la norme Algérienne qui est de 12°f.

3)- Détermination de la concentration des (HCO₃⁻) :

Expression des résultats :

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = (\text{V} \times \text{C} \times \text{M}(\text{HCO}_3^-) / \text{PE}) \times 1000 \dots\dots\dots (5)$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = (\text{V} \times 0.02 \times 61 / 100) \times 1000 \dots\dots\dots (6)$$

V : volume d’acide versé dans le titrage de TAC

C : concentration de l’acide versé (0,02 mol/l)

M(HCO₃⁻) : masse molaire de bicarbonate (HCO₃⁻) = 61 g/mol

PE : prise d’essai

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = \text{TAC } ^\circ\text{f} \times \text{C} \times \text{M} (\text{HCO}_3^-) / \text{PE} \dots\dots\dots (7)$$

Et après les calculs : $[\text{HCO}_3^-] \text{ mg/l} = \text{TAC } (^\circ\text{f}) \times 12,2 \dots\dots\dots (8)$

Tableau 14 : Résultats des analyses de bicarbonates pour les mois (janvier 2022à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
HCO₃⁻(mg/l) Brute (EB)	170.8	172.02	174.6	187.88	195.2
HCO₃⁻(mg/l) Traitée(ET)	168.3	164.7	168.36	185.44	187.88

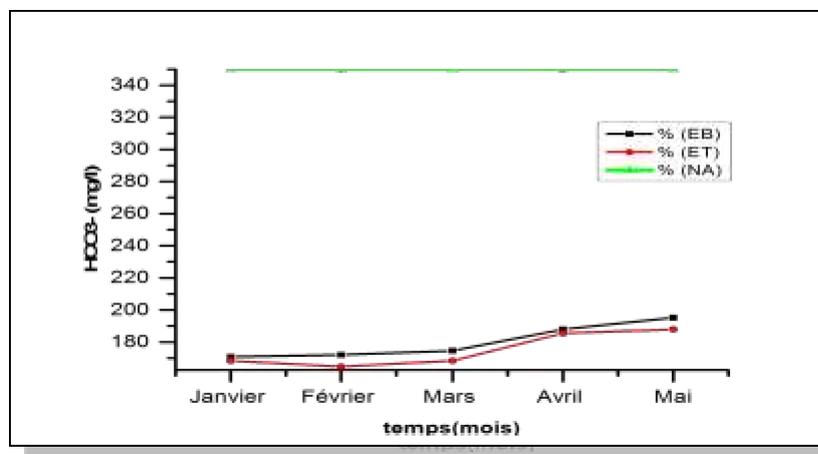
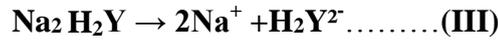


Figure 51 : Evolution des bicarbonates (HCO₃⁻) en fonction des mois (Janvier 2022à mai 2022)

Discussion des résultats :

D’après la figure donnée ci-dessus, on observe que les concentrations en bicarbonates dans l’eau brute et l’eau traitée sont presque les mêmes, elles varient entre (172.02 – 164.7mg/l). Tous les résultats sont dans la norme Algérienne (350 mg/l).

II.II.2.9. Dosage du calcium (Ca²⁺) :



Avec : Y= EDTA

Expressions des résultats :

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = C1 \times V1 \times M(Ca^{2+}) / PE \times 1000 \dots\dots\dots(9)$$

C1 : concentration exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01 mol/l;

V1 : est le volume, en millilitres, de la solution d’EDTA, utilisé pour le dosage

Ca²⁺ : est la masse molaire du calcium (40,08 g/mol);

PE : prise d’essai (volume de l’eau à analyse nécessaire pour ce dosage, soit 50 ml).

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = (V1 \times 0,01 \times 40,08 / 50) \times 1000 \dots\dots\dots(10)$$

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = V1 \times 8,01 \dots\dots\dots(11)$$

Tableau 15: Résultats des analyses de calcium pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
Ca²⁺(mg/l) Brute (EB)	76.09	70.48	72.09	67.28	66.42
Ca²⁺(mg/l) Traitée(ET)	76.09	70.48	72.09	67.28	66.42

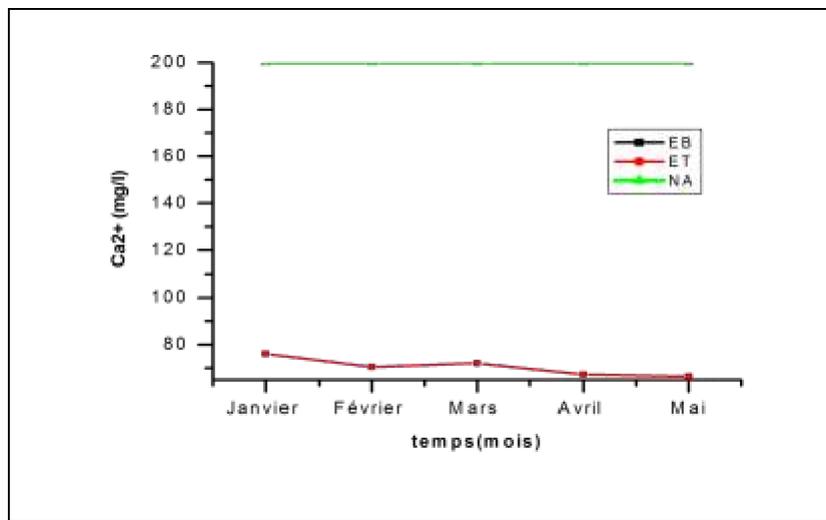


Figure 52 : Evolution du calcium (Ca²⁺) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Les résultats d’analyses montrent que la teneur en calcium est la même pour l’eau brute et l’eau traitée. Elle diminue légèrement en passant de l’hiver au printemps.

Comparée avec la norme algérienne (200 mg/l), on peut conclure qu’elle est qualifiée d’acceptable pour toutes les eaux analysées.

II.II.1.10. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) :

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] \text{ en mg/L} \dots\dots\dots (12)$$

$$TH (^{\circ}f) = V_{EDTA} \times 10 \dots\dots\dots (13)$$

Avec : 1 °f = 10 mg/l p

Avec : Y= EDTA

Tableau 16 : Résultats des analyses de TH pour les mois (janvier2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
TH(°f) Brute (EB)	29.2	28.6	29.6	29	29.4
TH(°f) Traitée (ET)	29.2	28.6	29.6	29	29.4

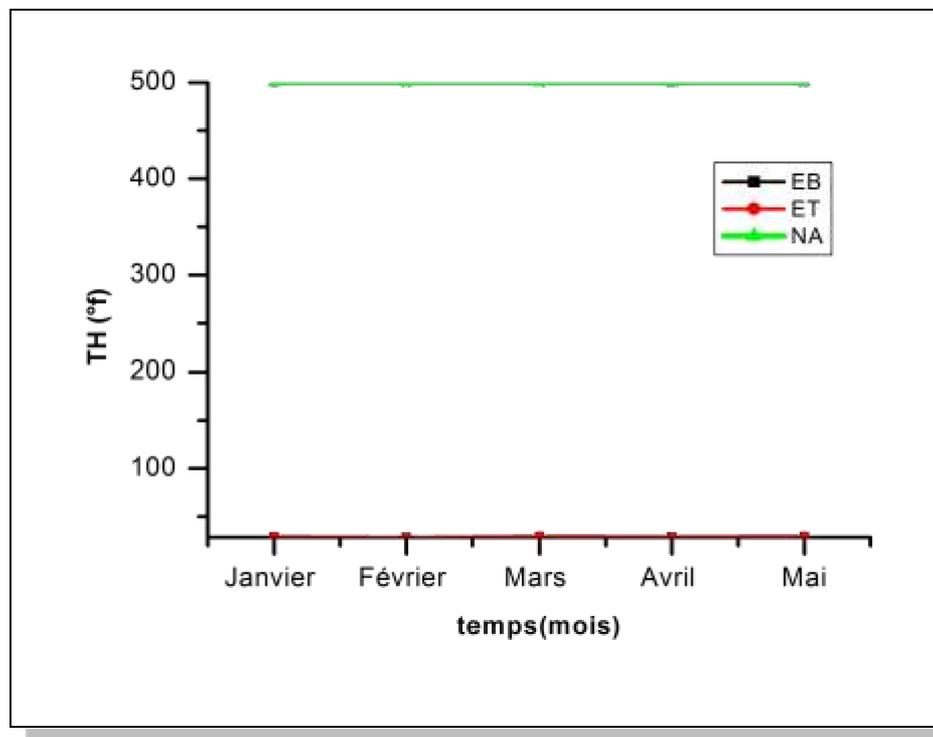


Figure 53 : Evolution du titre hydrotimétrique (TH) au cours des mois (janvier 2020 à mai 2022)

Discussion :

La Figure 53 présente l'évolution de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (°f) en fonction des mois. Les résultats enregistrés montrent que les valeurs de la dureté des eaux brutes et traitées sont très proches et ne dépassent pas la norme Algérienne qui est de 500 °f.

II.II.1.11. Détermination du magnésium (Mg²⁺) :

La concentration globale en magnésium est la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

$$TH_{total} = TH_{Ca^{2+}} + TH_{Mg^{2+}} \dots \dots \dots (14)$$

$$TH_{Mg^{2+}} = TH_{total} - TH_{Ca^{2+}} \dots \dots \dots (15)$$

Où : **TH_{total}** : dureté totale en (°f)

TH_{Ca²⁺} : dureté calcique en (°f)

TH_{Mg²⁺} : dureté magnésienne en (°f).

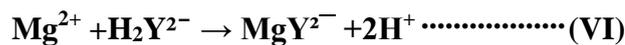
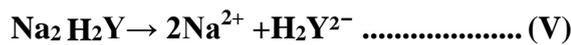


Tableau 17 : Résultats des analyses du magnésium pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Mg²⁺(mg/l) Brute (EB)	24.79	26.73	28.19	22.36	28.36
Mg²⁺(mg/l) Traitée (ET)	24.79	26.73	28.19	22.36	28.36

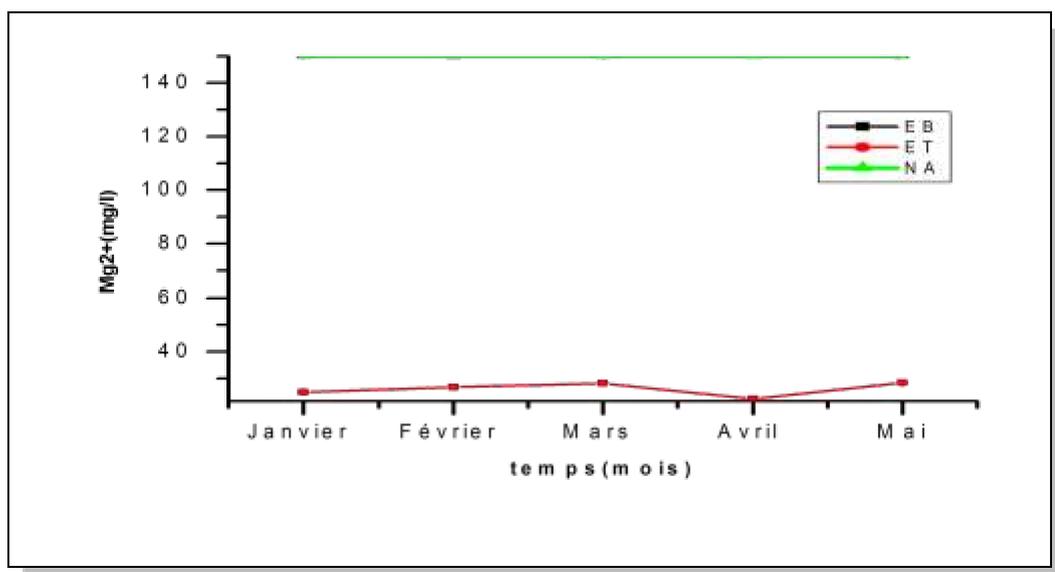


Figure 54 : Evolution de la teneur du magnésium (Mg²⁺) en fonction des mois

Discussion :

Comme pour le calcium, les valeurs des concentrations du Magnésium sont assez proches les unes des autres pour les eaux brutes et traitées. La teneur du magnésium (Mg²⁺) reste presque constante durant les mois d'étude et ne dépasse pas la norme Algérienne qui est de 150 mg/l.

II.II.1.12. Dosage des chlorures (Cl⁻) :

$$Cl^-(mg/l) = V_{(AgNO3)} \times C_{(AgNO3)} \times M_{(Cl^-)} / PE \times 1000 = V_{(AgNO3)} \times 0,1 \times 35,5 / 25 \times 1000... (16)$$

Où :

V_{AgNO3}: volume de nitrate d'argent en millilitres;

C_(AgNO3): concentration d'argent 0,1 (mol/l);

M_(Cl⁻) : masse molaire du chlore = 35,5 g/mol

PE : prise d'essai = 25 ml.

$$Cl^-(mg/l) = Ag NO_3 \times 142..... (17)$$

Tableau 18 : Résultats des analyses des chlorures pour la période (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Cl⁻(mg/l) Brute (EB)	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2
Cl⁻(mg/l) Traitée(ET)	85.2	85.2	85.2	85.2	85.2

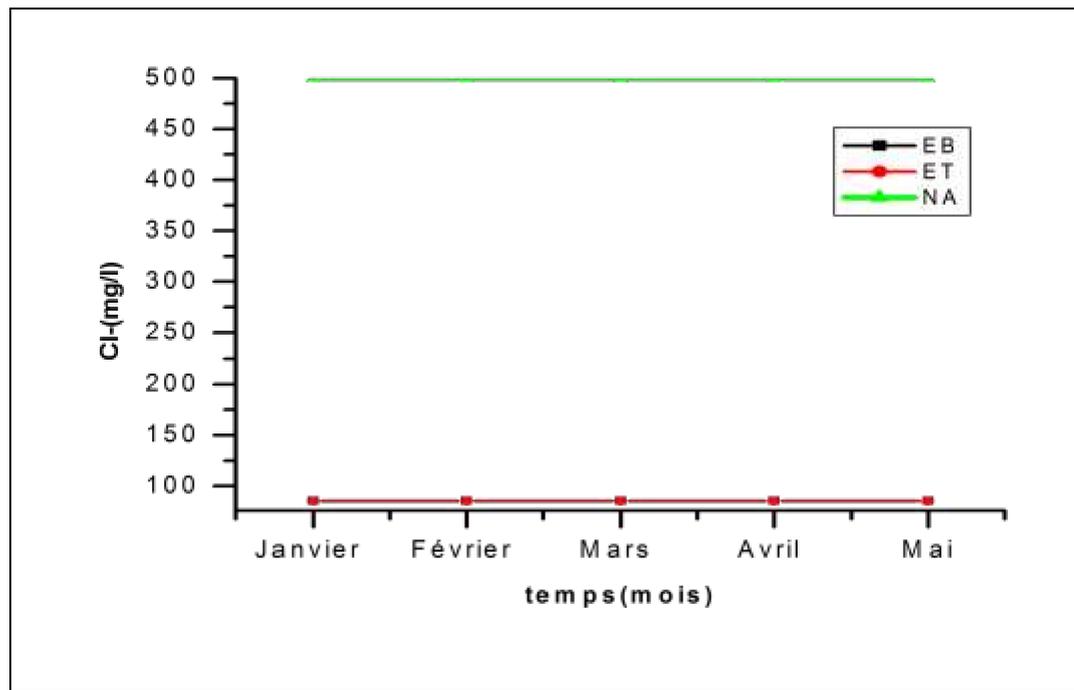


Figure 55 : Evolution des chlorures (Cl⁻) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

La concentration des chlorures dans l'eau dépend du terrain traversé. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives. Selon les normes algériennes relatives à la potabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux de consommation. D'après les résultats obtenus, les valeurs en chlorures contenus dans l'eau brute et l'eau traitée sont approximativement égales ; elles sont dans l'intervalle (80.2 - 99.4) mg/l et ne dépassent pas la norme (500 mg /l). Donc la qualité de l'eau de barrage Bouhamdene est loin d'être corrosive.

II.II.1.13. Détermination de la matière organique (MO) :

$$MO \text{ (mg/l)} = V_{\text{éch}} - V_{\text{blanc}} \dots\dots\dots (18)$$

Tableau 19 : Résultats des analyses de la matière organique pour les mois (janvier2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
MO(mg/l) Brute (EB)	7.7	6.8	6.5	6.6	6.4
MO(mg/l) Traitée(ET)	4.5	4	4.1	4	3.4

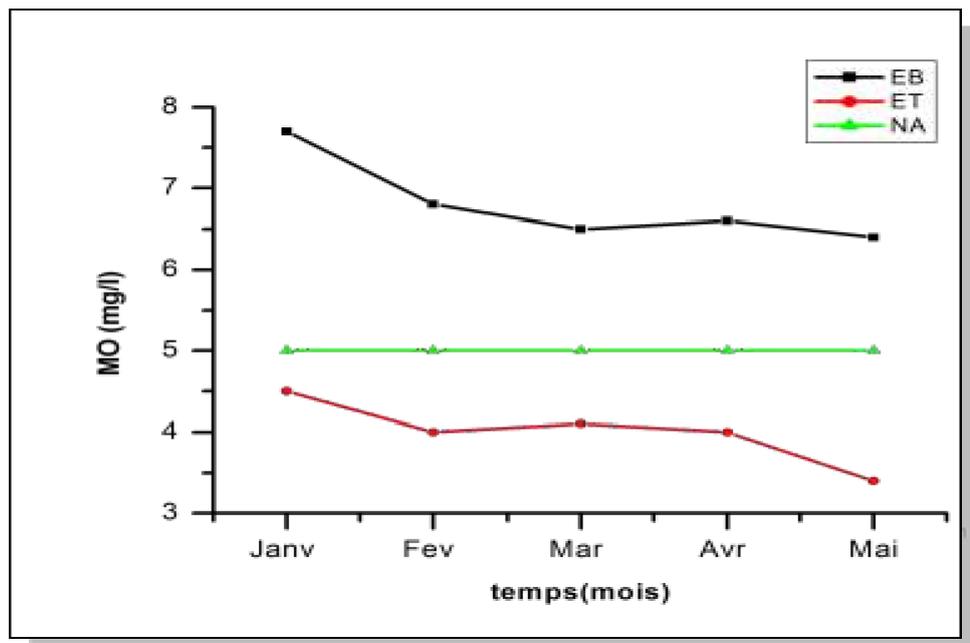


Figure 56 : Evolution des matières organiques (MO) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion

La matière organique ou encore l'oxydabilité aux permanganates, permet d'apprécier les teneurs en substances oxydables. Les eaux de surface renferment naturellement des matières organiques constituées de produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborées sous l'influence des micro-organismes. Les résultats montrent que la teneur des matières organiques de l'eau brute varie entre 6.6et 7.6 mg/pourl'eau traitée, les valeurs ont considérablement diminuées au cours du traitement et deviennent inférieures à la norme Algérienne (5 mg/l).

II.II.1.14. Détermination du résidu sec (RS)

$$RS \text{ (mg/l)} = ((Pp - PV) / PE) \times 1000 \dots\dots\dots (19)$$

Où : **PP** : poids du bécher plein en mg

PV : poids du bécher après évaporation en mg ; **PE** : prise d'essai en ml.

Tableau 20 : Résultats des analyses de résidu sec pour les mois janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
RS (mg/l) Brute (EB)	646.5	499	596	557.5	503.7
RS (mg/l) Traitée(ET)	607	517.5	612.5	535.5	510

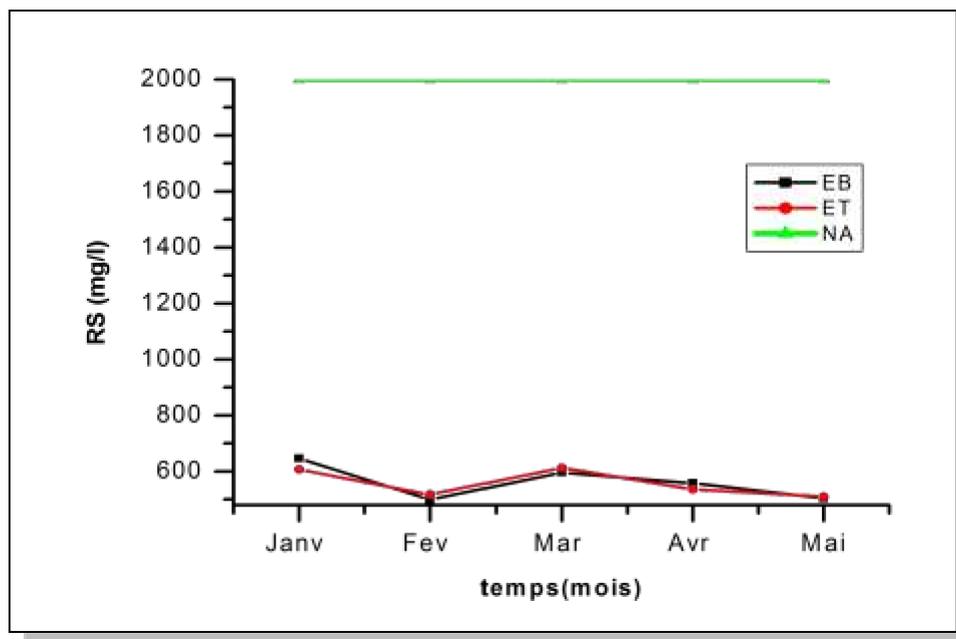


Figure 57 : Evolution du résidu sec (RS) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l’eau, autrement dit, la somme des matières en solution et en suspension. Ces dernières donnent à l’eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu influençant ainsi la faune et la flore aquatique. Les résultats des résidus secs de l’eau brute et l’eau traitée sont très proches et ne dépassent pas la norme Algérienne qui est de 2000 mg/l.

II.II.1.15. Détermination des matières en suspension (MES) :

$$MES (mg/l) = (M1 - M0 / PE) \times 1000 \dots\dots\dots(20)$$

Où **M0** : masse de la membrane filtrante avant l’utilisation en mg

M1 : masse de la membrane filtrante après l’utilisation en mg

PE : prise d’essai en ml.

Tableau 21 : Résultats des analyses des matières en suspension pour les mois (janvier 2022 à Mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
MES(mg/l) Brute (EB)	4	2	3.5	2	2
MES(mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

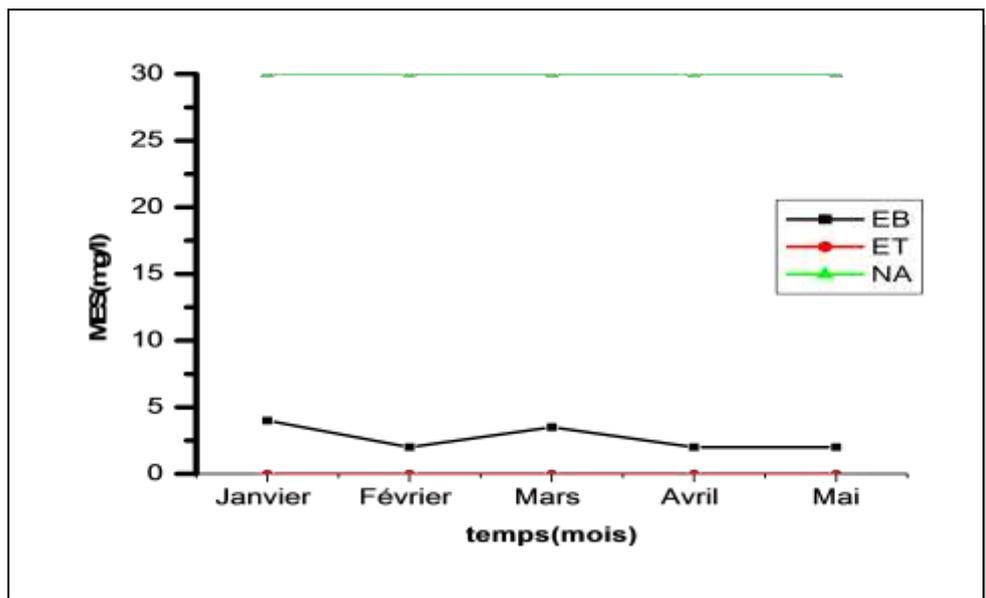


Figure 58 : Evolution des matières en suspension (MES) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Les mesures des matières en suspension (MES) pour l’eau brute varie entre 2 à 4 mg/l, elles sont inférieures à la valeur limite fixée par ces normes (30 mg/l). Mais après traitement cette teneur devient nulle.

II.II.1. 16. Dosage de l’ammonium (NH₄⁺) :

Tableau 22 : Résultats des analyses de l’ammonium NH₄⁺ pour les mois allant de (janvier 2022 au mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
NH ₄ ⁺ (mg/l) Brute (EB)	0	0.008	0.019	0.002	0
NH ₄ ⁺ (mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

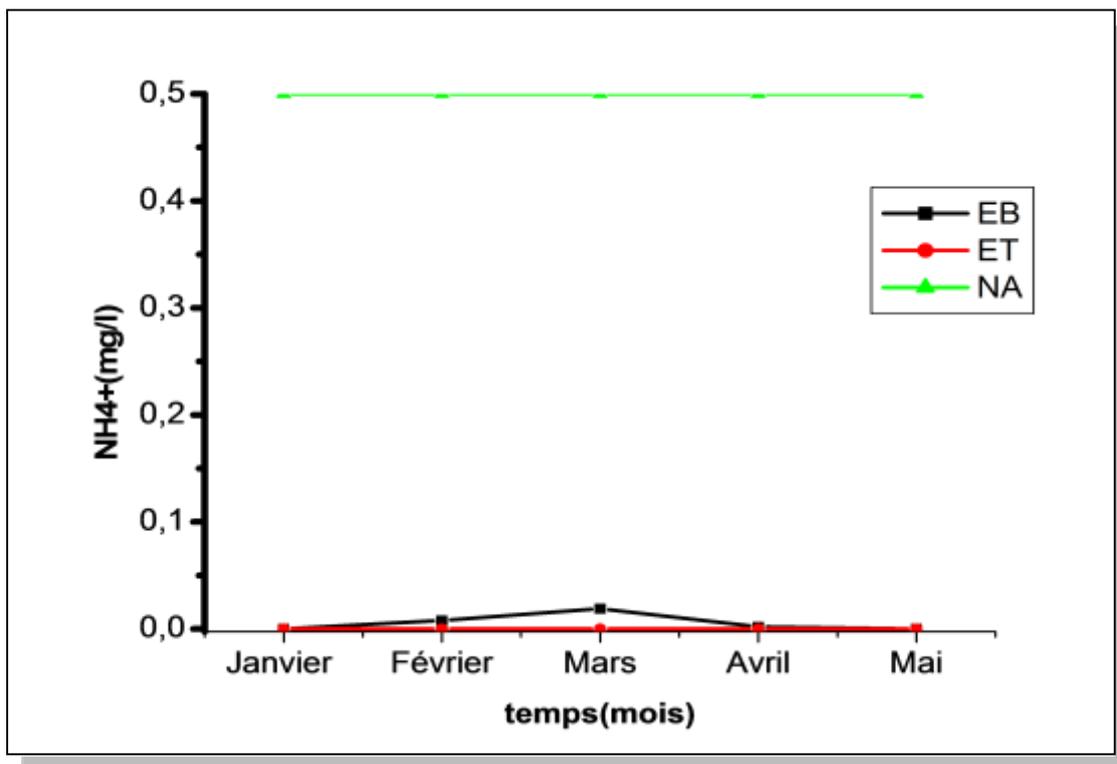


Figure 59 : Evolution de la teneur en (NH₄⁺) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

La Figure 59 présente l’évolution de l’ammonium (mg/l) durant plusieurs mois. Les concentrations de l’ammonium obtenues varient de 0.00mg/l à 0.08 mg/l pour l’eau

brute mais elles deviennent nulles pour l'eau traitée. Donc, ces valeurs restent inférieures à la valeur indicative par la norme algérienne (0.5 mg/l). Et cela explique l'efficacité de la filière de traitement.

II.II.1. 17.. Dosage du fer (Fe^{2+}) :

Tableau 23 : Résultats des analyses du Fer (II) pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
Fe²⁺(mg/l) Brute (EB)	0.06	0.07	0.05	0.18	0.06
Fe²⁺(mg/l) Traitée(ET)	00	00	00	00	00

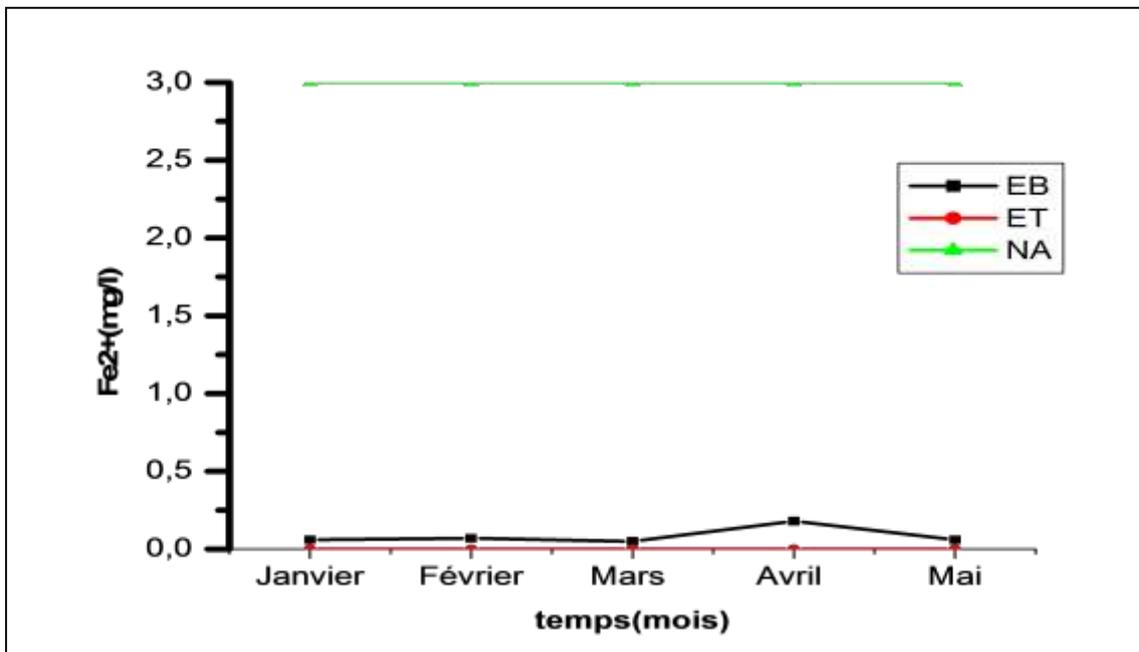


Figure 60 : Evolution de la teneur du fer (Fe^{2+}) au cours des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

❖ Interprétation des résultats :

La figure ci-dessus montre que les concentrations des ions ferreux (Fe^{2+}) dans l'eau brute varient entre 0.06 et 0.18 mg/l. Après traitement, ces valeurs s'annulent, ce qui signifie que le résultat de l'eau traitée est de loin inférieure à la norme exigée (3 mg/l).

II.II.1.18. Dosage des sulfates (SO₄²⁻) :



Tableau 24 : Résultats des analyses de (SO₄²⁻) pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
SO ₄ ²⁻ (mg/l) Brute (EB)	109	130	112.5	37	72
SO ₄ ²⁻ (mg/l) Traitée(ET)	119	148	128	104	80

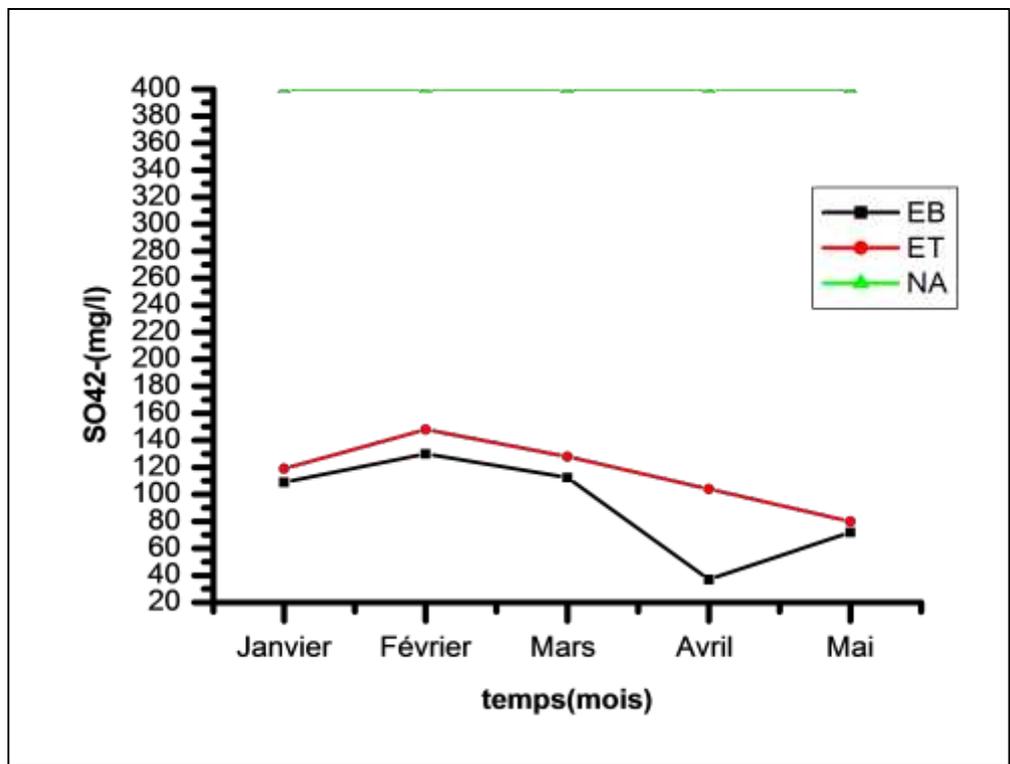


Figure 61 : Evolution des teneurs des (SO₄²⁻) dans l’intervalle (Janvier 2022 à mai2022)

Discussion :

En plus des inconvénients portés par les chlorures, les sulfates participent au métabolisme des bactéries contenues dans l’eau. En effet, les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux créant des désagréments pour l’environnement. D’après les résultats, les valeurs de concentration en sulfate enregistrées varient entre 37 et 130 mg/l pour l’eau brute et entre 80 et 148 mg/l pour l’eau traitée. Elles restent toujours dans les normes (400 mg/l) et n’affecte pas la potabilité de l’eau malgré leur augmentation dans les eaux traitées.

II.II.1.19. Dosage des phosphates (PO_4^{3-}) :

Tableau 25 : Résultats des analyses des phosphates pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Date de prélèvement	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
PO_4^{3-} (mg/l) Brute (EB)	0.063	0.07	0	0.019	0.026
PO_4^{3-} (mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

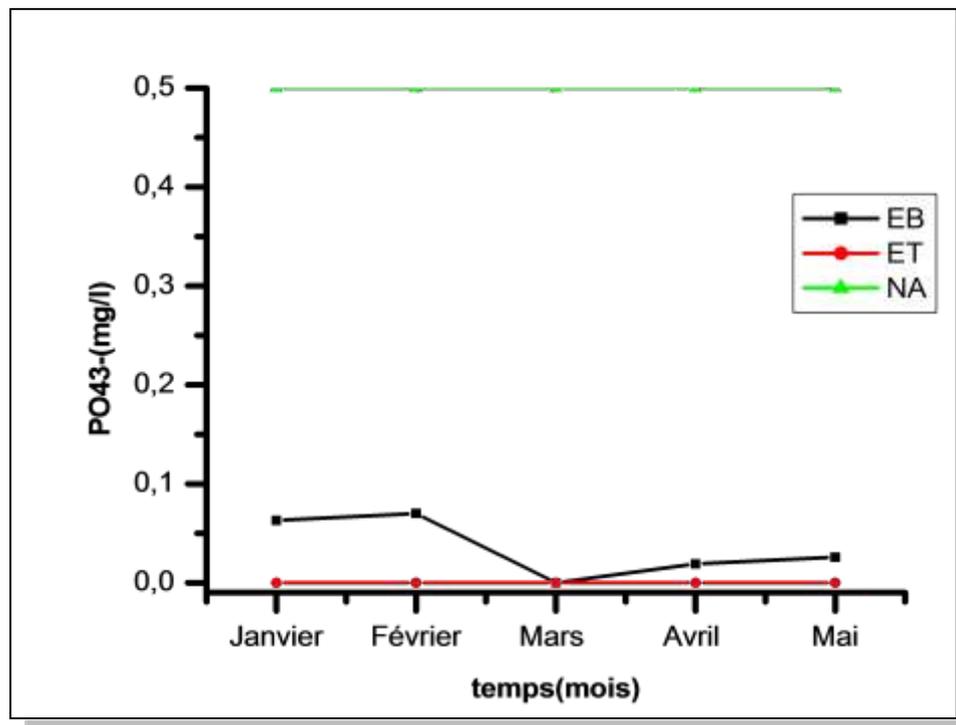


Figure 62 : Evolution des teneurs des phosphates (PO_4^{3-}) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Les résultats obtenus montrent que l'eau brute est plus chargée en phosphates que l'eau traitée. Les valeurs varient entre 0.00 et 0.07 mg/l dans l'eau brute. Après traitement, nous pouvons constater une diminution significative des phosphates pour atteindre des valeurs de 0.00 mg/l qui sont dans la norme Algérienne (0,5 mg/l).

II.II.1.20. Dosage des nitrates (NO_3^-) :

Tableau 26 : Résultats des analyses de nitrates pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

Date de prélèvement	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
NO_3^- (mg/l) Brute (EB)	1.855	1.573	1.539	1.967	1.757
NO_3^- (mg/l) Traitée(ET)	1.509	1.678	1.75	1.009	1.207

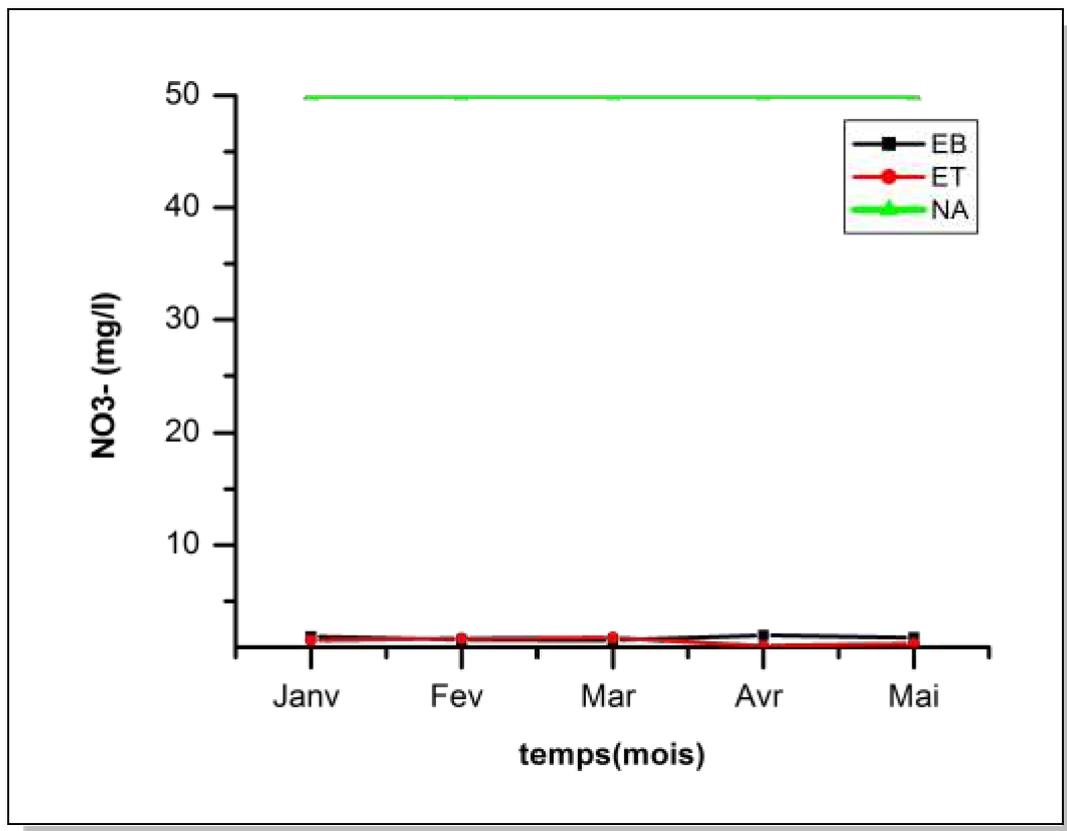


Figure 63 : Evolution des nitrates (NO_3^-) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

Nous constatons que les valeurs des nitrates pour l'eau brute et l'eau traitée sont très proches et sont très faibles vis-à-vis de la norme algérienne (50mg /l), donc on peut conclure que les eaux traitées du barrage Bouhamden, peuvent être utilisées sans risque aux usagers vis-à-vis des nitrates.

II.II.1.21. Dosage des nitrites (NO_2^-) :

Tableau 27 : Résultats des analyses de nitrites (NO_2^-) pour la période (janvier 2022 à mai)

Date de prélèvement	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
NO_2^- (mg/l) Brute (EB)	0.010	0.003	0.006	0.006	0.007
NO_2^- (mg/l) Traitée(ET)	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003

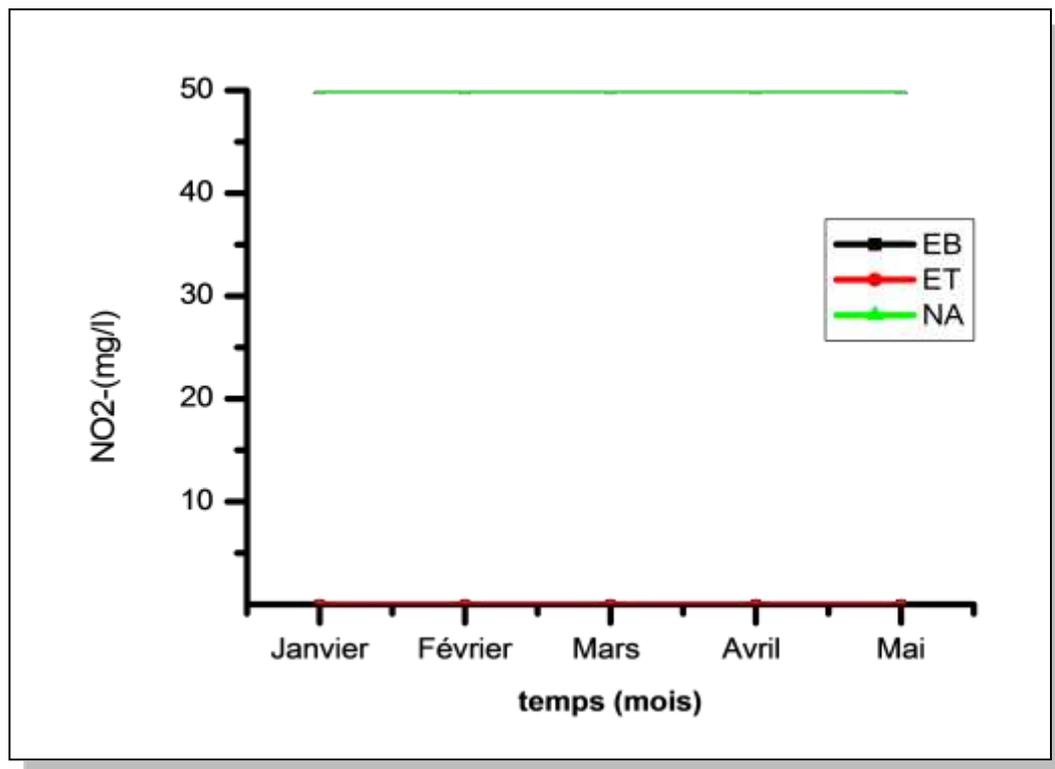


Figure 64 : Evolution des nitrites (NO_2^-) en fonction des mois (Janvier2022 à mai 2022)

Discussion :

Les teneurs en nitrites (NO_2^-) montrent des variations légères entre les valeurs de l'eau brute et l'eau traitée et ne dépassent pas la norme algérienne (50 mg/l). Nous pouvons remarquer aussi, que les valeurs diminuent considérablement après le traitement, on enregistre même des teneurs nulles.

II.II.1.22. Dosage d'aluminium (Al^{3+}) :

Tableau 28 : Résultats des analyses de l'aluminium pour les mois allant de janvier 2022 au mai 2022

Date de prélèvement	Janvier	Février	Mars	Avr	Mai
Al^{3+} (mg/l) Brute (EB)	-	-	-	-	-
Al^{3+} (mg/l) Traitée(ET)	0.226	0.198	0.18	0.15	0.11

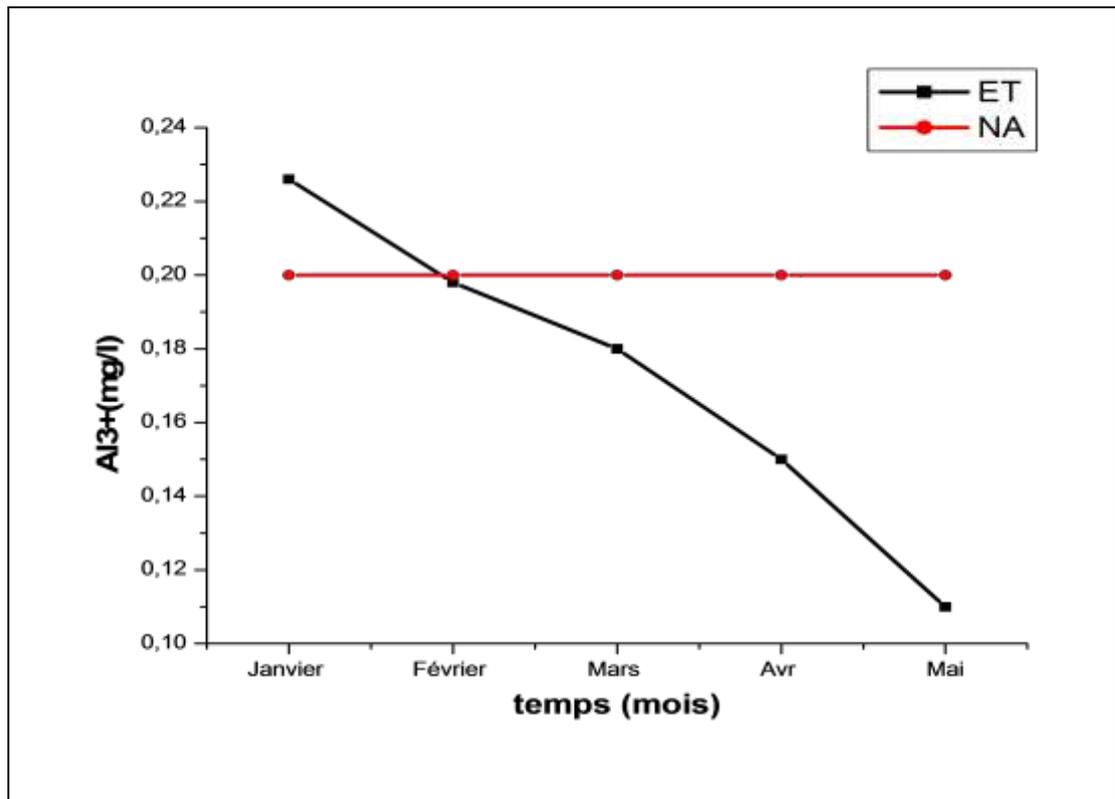


Figure 65 : Evolution de la teneur d'aluminium (Al^{3+}) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022)

Discussion :

La présence d'aluminium dans l'eau traitée est due à l'injection de quantités massives de sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de traitement de l'eau. La concentration maximale admise d'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 0.2 mg/l par le journal algérien. D'après les résultats obtenus, les valeurs d'aluminium de l'eau traitées varient entre 0.11 et 0.226 mg/l. On constate que dans une période allant de janvier 2022 au mois de février, ces valeurs dépassent la norme exigée, ce qui est inadmissible. La concentration d'aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée.

II.II.2. Analyses Bactériologiques

II.II.2.1. Recherche des germes totaux à 37 C° (GT) :

Tableau 29 : Résultats des analyses de germe totaux pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
GT (UFC/ml) à 37°c Brute (EB)	144	136	163	44	75
GT (UFC/ml) à 37°c Traitée(ET)	0	0	0	0	0

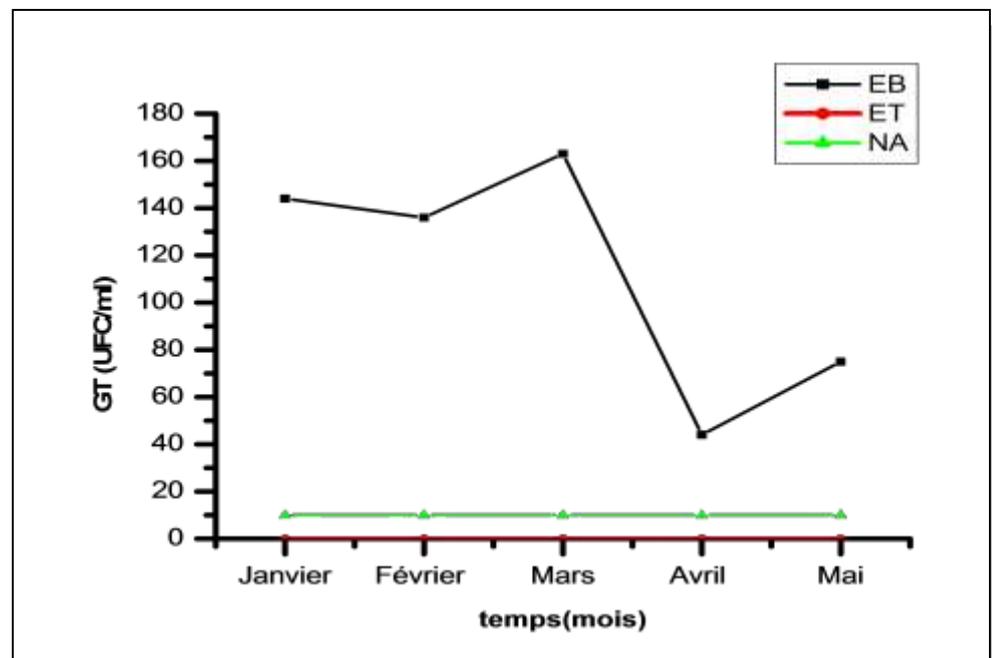


Figure 66 : Evolution des germes totaux (GT) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022).

Discussion :

Les résultats montrent que les valeurs enregistrées des germes totaux sont variables et oscillantes. Pour l'eau brute, la charge bactérienne la plus élevée est enregistrée pendant le mois de Mars (163 UFC/ml) et la plus basse est notée au cours du mois d'avril (44 UFC/ml) ; Cependant, la charge bactérienne pour l'eau traitée est rendue nulle, ce qui explique l'efficacité du traitement réalisé et la bonne acceptabilité pour la consommation.

II.II.2.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF) :

A) Pour les coliformes totaux (CT) :

Tableau 30 : Résultats des analyses de coliforme totaux pour les mois (janvier 2022 à mai2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
CT (UFC/100ml) Brute (EB)	26	24	18	7	0
CT (UFC/100ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

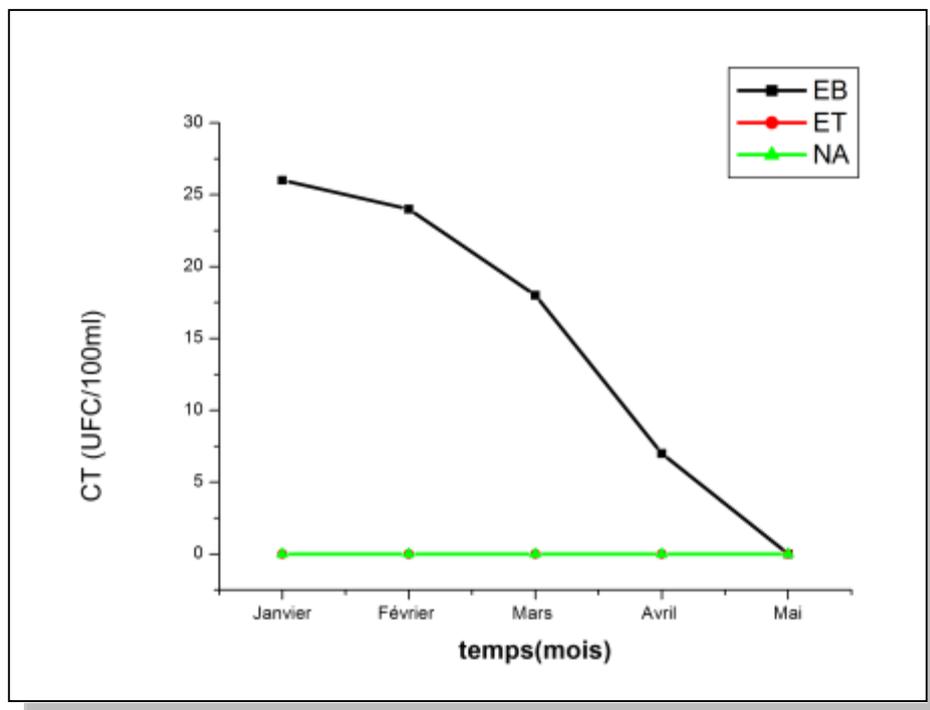


Figure 67 : Evolution des coliformes totaux (CT) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022).

Discussion :

D’après les résultats, nous pouvons remarquer que les valeurs des coliformes totaux (CT) pour l’eau brute varient au cours des mois. On note aussi que la charge bactérienne la plus élevée est enregistrée pendant le mois d’octobre (35 UFC/100 ml) et une valeur nulle au cours du mois de mai. Par contre, le dénombrement de ces bactéries pour l’eau traitée est nul, respectant la norme Algérienne fixée à (0 UFC/100 ml), ce qui

signifie une bonne qualité bactériologique des eaux analysée.

- B) Pour les coliformes fécaux (CF) :

Tableau 31 : Résultats des analyses de coliformes fécaux pour les mois (janvier 2022 à mai2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
CF (UFC/100ml) Brute (EB)	26	24	0	0	0
CF (UFC/100ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

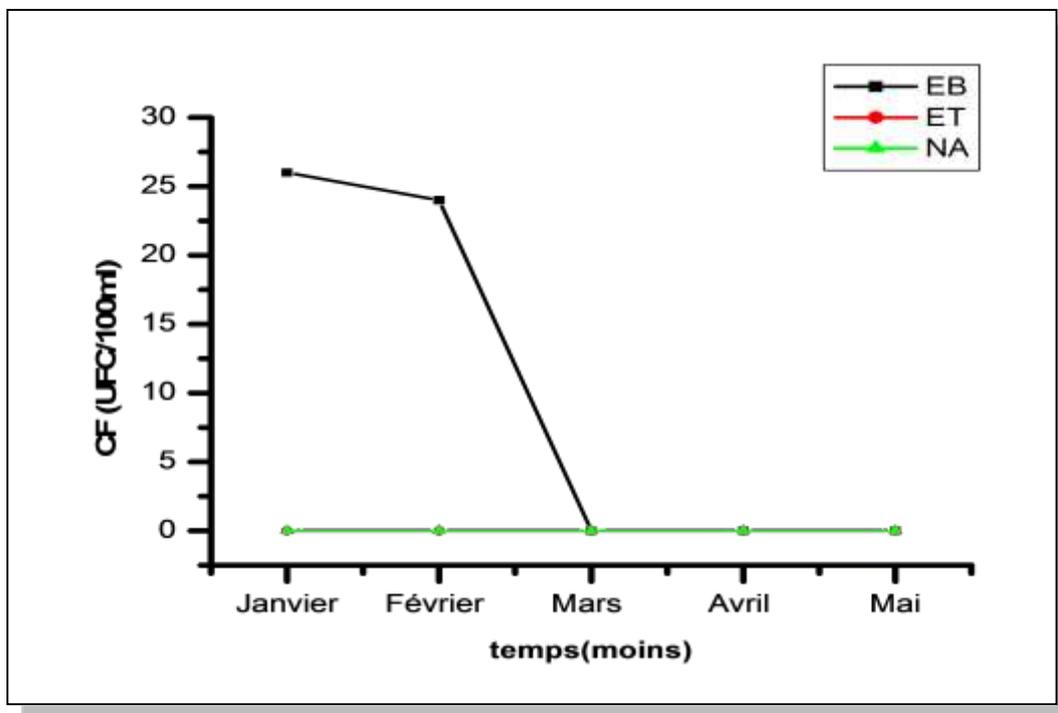


Figure 68 : Evolution des coliformes fécaux (CF) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022).

Discussion :

Les résultats montrent des différences très significatives entre l’eau brute et l’eau traitée. La valeur des (CF) la plus grande est enregistrée pendant le mois janvier (26 UFC/ 100 ml) et une valeur nulle pendant le mois d’avril. La charge bactérienne pour l’eau traitée reste toujours nulle respectant la norme Algérienne.

II.II.2.4. Recherche des streptocoques fécaux :

Tableau 32 : Résultats des analyses de streptocoques fécaux pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
SF (UFC/100ml) Brute (EB)	7	3	0	0	0
SF (UFC/100ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

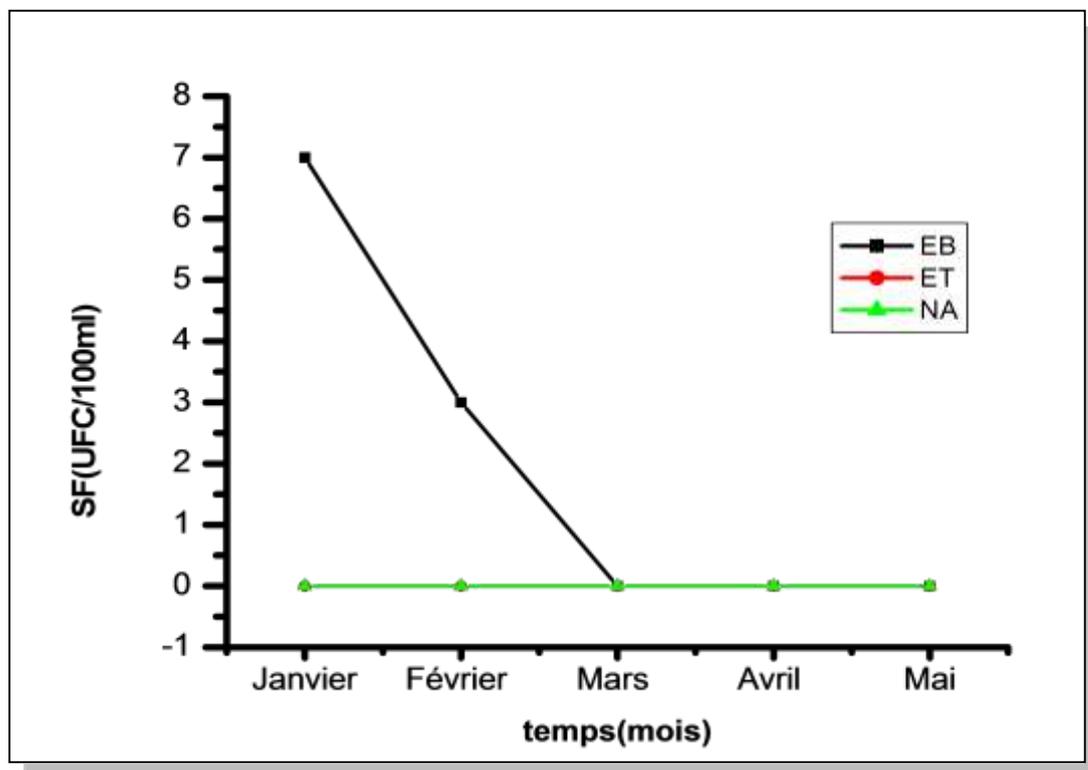


Figure 69 : Evolution des streptocoques fécaux (SF) en fonction des mois (Janvier 2022 à mai 2022).

Discussion :

Dans l'eau brute, la teneur en streptocoques fécaux est élevée en mois de février et atteint un maximum au mois de janvier (7 UFC/ 100 ml)), mais on note une absence totale de ces bactéries dans certains autres mois. En revanche, le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée reste toujours nul, ce qu'explique l'efficacité du traitement réalisé.

II.II.2.5. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR) :

Tableau 33 : Résultats des analyses de sulfito-réducteur pour les mois (janvier 2022 à mai 2022)

<i>Date de prélèvement</i>	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
ASR (UFC/20ml) Brute (EB)	0	0	0	0	0
ASR (UFC/20ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

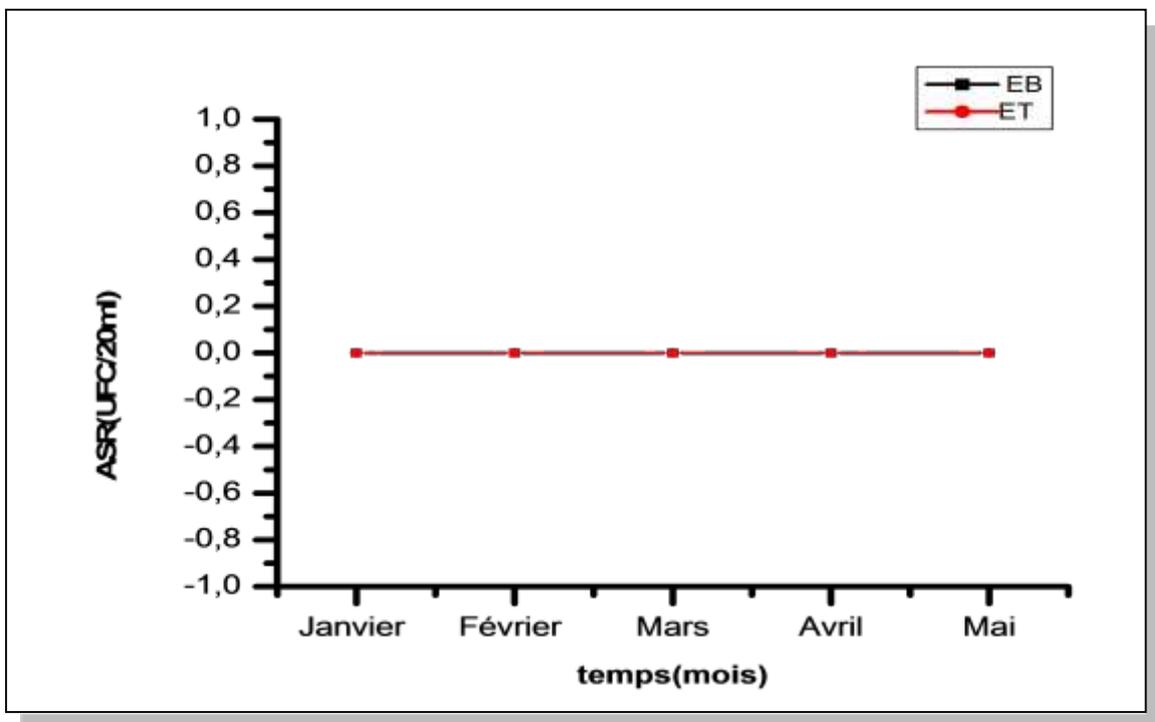


Figure 70 : Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en fonction des mois (janvier 2022 à mai 2022).

Discussion :

D'après les résultats obtenus (Figure 70), on remarque l'absence totale des anaérobies sulfito-réducteurs dans l'eau brute et l'eau traitée.

II.II.2.3. Détermination de la dose optimale en coagulant et en flocculant (Le Jar-Test)

Les essais Jar-test ont été réalisés à pH de l'eau brute (pH = 8,3). A ce pH optimum, on essaye de rechercher les doses optimales de coagulant, et de flocculant pour éliminer la couleur et de la turbidité de l'eau à traiter.

II.II.2.3.1. Détermination de la dose optimale en coagulant :

Tableau 34 : Résultats de l'essai du choix de la dose du coagulant.

Béchers	1	2	3	4	5	6
Doses du coagulant (sulfate d'aluminium) (mg/l)	05	10	15	20	25	30
Turbidité (NTU)	9.23	3.25	03	2.87	2.93	2.83

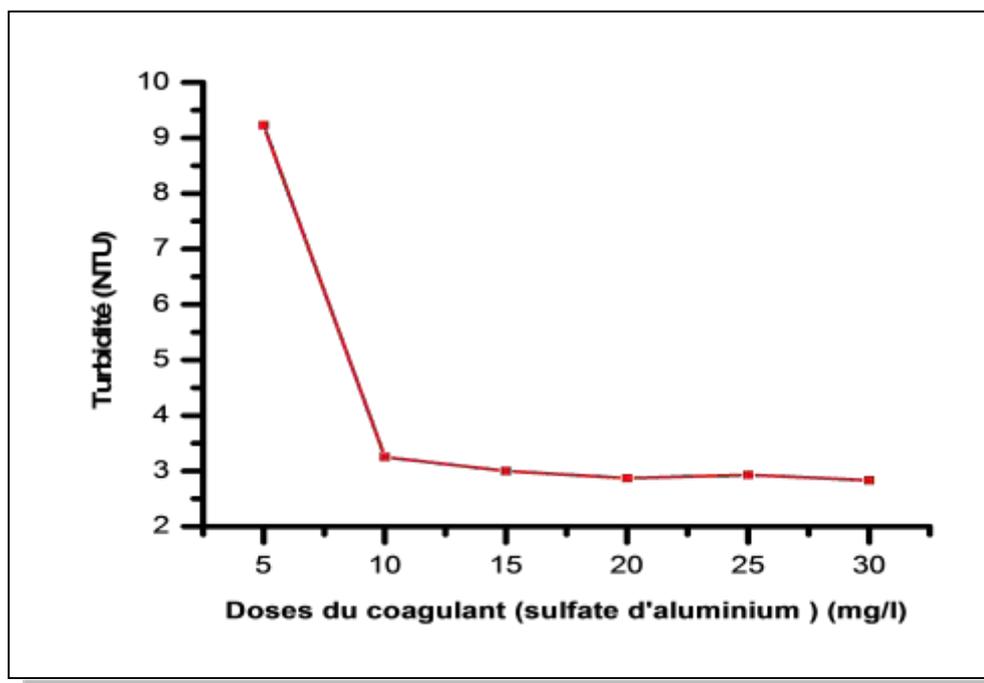


Figure 71 : Courbe : Turb = f (doses coagulant)

Discussion :

On constate que les doses, 10 ; 15 ; 20 ; 25 et 30 mg/l du sulfate d'alumine donnent des valeurs de turbidités acceptables, nous opterons une valeur de la dose du coagulant de 10 mg/l comme dose optimale respectant la norme Algérienne fixées pour l'eau potable (< 5NTU).

II.II.2.3.2. Détermination de la dose optimale en floculant :

Tableau 35: Résultats de l'essai du choix de la dose du floculant.

Béchers	1	2	3	4	5	6
Dose optimale du coagulant (sulfate d'aluminium) (mg/l)	10					
Doses de floculant(mg/l)	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.30
Turbidité (NTU)	4.36	2.70	2.69	1.99	2.17	2.35

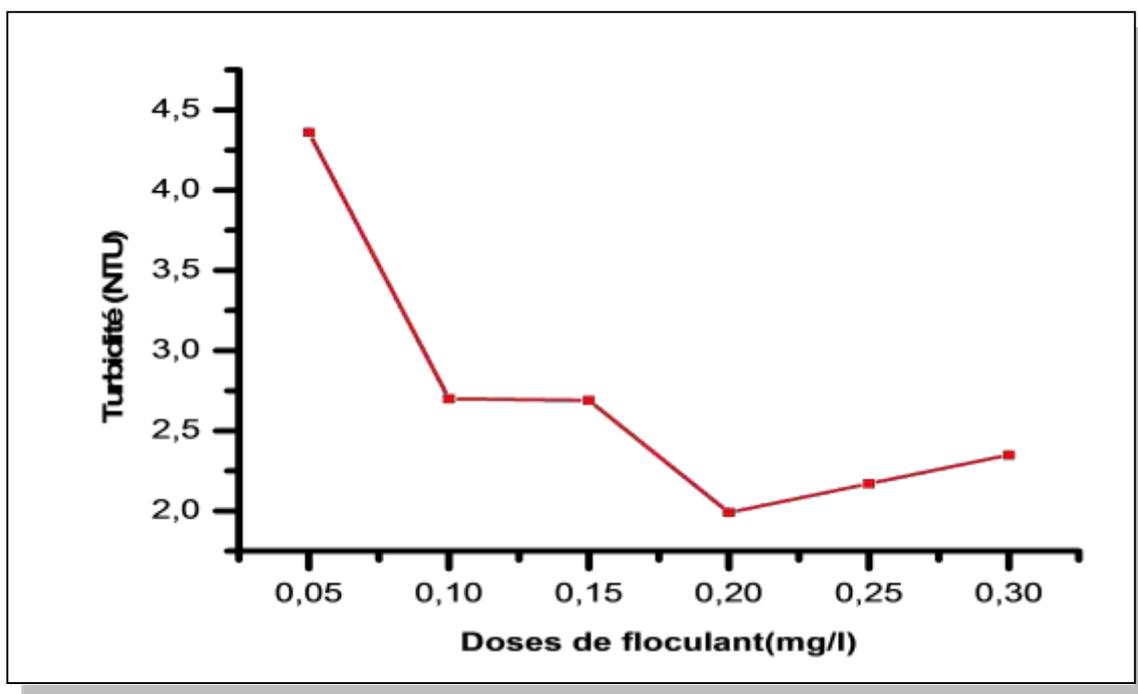


Figure 72 : Courbe : Turb = f (doses floculant)

Discussion :

On prend la dose de 0.05 mg/l de flocculant qui correspond à une turbidité de 4.2 (NTU) qui est conforme à la norme Algérienne < 5 (NTU), pour les autres béchers malgré qu'on a augmenté la dose du coagulant, la décantation reste médiocre, donc les particules colloïdales n'ont pas encore été déstabilisés.

II.II.2.4. Conclusion Générale sur les analyses effectuées :

D'après les résultats d'analyses des paramètres organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques présentés ci-dessus, nous pouvons conclure que :

Sur le plan organoleptique, les eaux traitées répondent aux normes de potabilité exigées par la norme algérienne. Et concernant les paramètres physicochimiques, nous constatons que tous ces paramètres sont dans les normes Algériennes (Voir Annexe) sauf l'aluminium qui parfois dépassent la norme.

Les résultats d'analyses bactériologie révèlent l'absence de tous les germes pathogènes (coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), streptocoques fécaux, anaérobies sulfite-réducteur (ASR)), au niveau des eaux traitées grâce au bon traitement au niveau de la station.

Conclusion Générale

Les eaux de barrages sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie.

Ces eaux sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières organiques naturelles telles que les substances humiques mais aussi des composés organiques et inorganiques issus de divers rejets polluants ou de pratiques agricoles intensives, c'est pourquoi, elles ont besoin d'être traitées.

En effet, pour les eaux de consommation, les particules en suspension doivent être retirées car, elles peuvent conférer une couleur, un goût et/ou une odeur à l'eau, diminuant ainsi sa potabilité. Plus important encore, les particules peuvent également être pathogènes ou toxiques et doivent être éliminées pour protéger la santé publique. De plus, les particules peuvent protéger les microbes des désinfectants et réduire l'efficacité du processus de désinfection.

Durant notre stage à la station de traitement de Hammam Debagh, nous avons suivi de près les procédés de traitement approprié aux eaux brutes du barrage de Bouhamden (coagulation floculation, décantation, filtration, désinfection.....etc.).

Notre étude a mis l'accent sur le procédé de coagulation- floculation qui est l'un des procédés fondamentaux de dépollution et de clarification des eaux.

Il est essentiel que le procédé de coagulation- floculation, soit correctement conçu et exploité pour une meilleure élimination des particules avec un pH et des doses en coagulant et floculant bien choisis.

Au moyen d'un **JAR-TEST**, les meilleures performances du procédé s'obtiennent lorsque les essais ont été réalisés à pH de l'eau brute (PH = 8 ,3). A ce pH optimum, et pour des doses optimales de 10 mg/de coagulant, et 0,05 mg/l, on arrive presque à l'élimination de la totalité de la couleur et de la turbidité qui reste conforme aux normes Algériennes fixées pour l'eau potable (< 5NTU).

Et d'après les résultats d'analyse sur une vingtaine de paramètres organoleptiques, physico-chimiques et chimiques (couleur, turbidité, pH, température, conductivité, résidu sec, bicarbonate, dureté, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, sulfate, Chlorures, fer, aluminium, matière organique.....etc.); Et 4 paramètres bactériologiques (coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), streptocoques fécaux, anaérobies sulfito-réducteur(ASR), nous pouvons tirer

comme conclusion que l'eau du barrage de Bouhamden est bonne conformément aux recommandations de l'OMS et elle respecte les normes de potabilité en vigueur dans notre pays, et peut donc être utilisée sans risque pour la santé du consommateur. Ça explique encore les bons traitements chimiques et physicochimiques au niveau de cette station.

Toutefois, cette qualité reste légèrement affectée par les teneurs relativement élevées en élément aluminiums, et sulfates après traitement ce qui nous a incités à proposer l'utilisation des méthodes modernes (échanges d'ions, procédés d'adsorption, procédés membranaires (ultrafiltration, nano- filtration.....etc.) pour rendre le traitement plus efficace.

Enfin, tout au long de ce stage, nous avons développé une capacité à travailler au sein du laboratoire et appliquer les différentes connaissances acquises durant nos études à la faculté. Nous nous sommes familiarisées avec le matériel et les méthodes d'analyses physico-chimiques ainsi que bactériologiques utilisées dans le processus de surveillance de la qualité de l'eau en amont et en aval de la station.

Annexes

Annexe 1: Modes de préparation de certaines solutions chimiques

- **Solution d'EDTA titrée 10 mmol/l**

Peser 3,725 g d'EDTA ($C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 ; 2H_2O$) après l'avoir sécher à 80°C pendant 2 heures, dissoudre dans de l'eau et compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée. Conserver la solution d'EDTA dans une bouteille polyéthylène et en vérifier la concentration de temps à autre.

- **Solution ammoniacale (NH_4OH) à PH=10**

Dissoudre 33.75 g de chlorure d'ammonium NH_4Cl dans 285 ml de solution ammoniacal à 25%, ajouter ensuite 25 g du sel di sodique de magnésium de l'EDTA ($C_{10}H_{12}N_2O_8Na_2Mg$) et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique dihydrate dans l'eau contenue

- **Solution de dichloroisocyanurate de sodium (Réactif II)**

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500 ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2g de dichloroisocyanurate di-hydraté et compléter à 1000ml avec l'eau distillée.

- **Solution tampon acétate**

Dissoudre 40 g d'acétate d'ammonium (CH_3COONH_4) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable (CH_3COOH) et compléter à 100 ml avec l'eau distillée.

- **Solution de phénantroline -1,10**

Dissoudre 0,5 g de chlorure de phénantroline 1,10 monohydrate ($C_{12}H_9Cl N_2.H_2O$) dans l'eau distillée et compléter à 100 ml. Cette solution est stable pendant une semaine si elle est conservée à l'obscurité.

- **Solution de chlorure de baryum(BaCl_2) à 0,01N**

Peser 150 g de chlorure de baryum (BaCl_2), ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique dans une fiole de 1000 ml et compléter jusqu'au trait de jauge. Cette solution se conserve deux semaines en flacon brun à 40C.

- **Réactif mélange**

A-13g d'hepta molybdate d'ammonium est contenu avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml. B-0,35 g de tartrate d'antimoine est contenu avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml. C150 ml d'acide sulfurique concentré est contenu avec l'eau distillée jusqu'à 300ml.

- **Tartrate double de sodium et de potassium**

Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et potassium, laissé refroidir et compléter avec de l'eau distillée. Conserver dans un flacon en polyéthylène.

Annexe 2: Modes de préparation de certaines solutions biologiques

- **TGEA (gélose numération: gélostryptone-glucose-Extrait de levure)**

Tryptone.....5g. Glucose 1g.
Extrait de levure.....2.5g.
Gélose 15g.
Eau distillée 1000ml.

pH= 7, autoclavage 20minutesà120°C.

- **Géloses lanetzet bartley**

L'eau distillée 1l.
Peptone 20g.
Extrait de levure..... 5g.
Glucose 2g.
Phosphate disodique4g.
Azide de sodium0,4g.
Agar.....; ...10g.

PH=7,2.

- **Solution de TTC**

Chlorure de triphenyl-2,3,5tetrazolium 1g.
Eau distillée 100ml.

- **Milieu Viande foie (VF)**

Base viande foie..... 30g.
Glucose 2g.
Amidon2g.
Agar 1g.
Eau distillée..... 1000ml.

- **Milieu Schubert**

Peptone 20 g .Glucose 5g.
Azide.....0,2g.
Ethyl-violet 0,5g.
NaCl.....;5g.
Hydrogénophosphate de potassium 2,7g.
Dihydrogénophosphate de potassium2,7g.

PH=6,8

Annexe 3

Tableau I: Les paramètres physicochimiques d'une eau potable selon 'OMS et le journal officiel Algérien.

Paramètres	Normes	
	ALG	OMS
Couleur (Pt/CO)	60	-
Turb (NTU)	05	-
PH	6.5-9	6.5-9.2
CE (µS/cm)	2800	-
TDS (mg/l)	-	-
Salinité	-	-
T (C°)	25	25
TH (°f)	500	200
TA (°f)	12	-
TAC (°f)	12	-
HCO₃⁻ (mg/l)	350	-
Ca²⁺ (mg/l)	200	-
Mg²⁺ (mg/l)	150	150
Cl⁻ (mg/l)	500	250
MO (mg/l)	05	-
MES (mg/l)	<30	-
RS (mg/l)	2000	-
NO₂⁻ (mg/l)	0.2	0.2
NH₄⁺ (mg/l)	0.5	-
NO₃⁻ (mg/l)	50	50
SO₄²⁻ (mg/l)	400	500
PO₄³⁻ (mg/l)	0.5	-
Fe²⁺ (mg/l)	0.3	-
Al³⁺ (mg/l)	0.2	0.2

Tableau II : Normes des paramètres bactériologiques d'une eau potable.

Paramètres	Normes ALG
GT (UFC/ml)	10
CT (UFC/100 ml)	00
CF (UFC/100ml)	00
SF (UFC/100ml)	00
ASR (UFC/20ml)	00