

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE 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 : GHODBANE Sarah*

*REHABI Yousra*

---

---

**Analyse en amont et en aval de l'eau de la station de  
traitement du barrage HAMMAM DEBAGH-GUELMA**

---

---

Sous la Direction de :

**Dr. STITI Maamar**

**Juillet 2021**



## *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.

Notre grande reconnaissance à Mme **BOUZIT Habiba**, Docteur en Chimie au sein du Laboratoire de Chimie Appliquée (**LCA**), à l’université 8 Mai 1945 de Guelma, 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, 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*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui a le cœur le plus grand dans le monde ( ma mère), la personne généreuse, patiente et tendre qui a fait beaucoup de sacrifices pour me guider vers le bon chemin, que dieu le garde.*

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.*

*Merci à mes proches pour m'avoir soutenu par leur présence dans les bons comme dans les mauvais moments :*

*Mes sœurs Abla et Amina*

*Mon frère Mohammed.*

*Et tous les enfants de ma famille*

*Et mon binôme Sarah. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée et pour votre accord de réaliser ce mémoire ensemble.*

*Mes amies : Rahma, Nabila, Marwa, Hadia, Loubna, Je voudrais aussi dédier ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé et supporté.*

*Yousra*

*Je dédie ce travail*

*A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne ; son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*Particulièrement à ma mère, quoi que je fasse ou je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*A mes amis, à mon binôme Yousra et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible,*

*je vous dis merci.*

*Sarah*

# 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 et structure de l'eau.....	3
I.I.1.1. L'eau brute.....	3
I.I.1.2. L'eau potable.....	4
I.I.2. Les types de l'eau.....	4
I.I.2.1. Les eaux souterraines.....	4
I.I.2.2. Les eaux de surface.....	5
I.I.2.3. Les eaux de mer.....	5
I.I.3. Propriétés de l'eau.....	6
I.I.3.1. Propriétés physiques.....	6
I.I.3.2. Propriétés chimiques .....	7
I.I.3.3. Propriétés biologiques de l'eau .....	7
I.I.4. Le cycle d'eau .....	7
I.I.4.1. Évaporation.....	7
I.I.4.2. Condensation .....	8
I.I.4.3. Les précipitations.....	8
I.I.4.4. Le ruissellement.....	8
I.I.5. Les trois états de l'eau .....	8
I.I.6. Répartition de l'eau sur la terre.....	9
Conclusion .....	10
I.II. Introduction.....	11
I.II.1. Définition de la pollution de l'eau .....	11
I.II.2. Les différentes formes de pollution .....	11
I.II.2.1. Pollution ponctuelle .....	12
I.II.2.2. Pollution diffuse.....	12

I.II.3. Classification des pollutions de l'eau .....	12
I.II.3.1. La pollution physique.....	12
I.II.3.2. La pollution chimique .....	13
I.II.3.3. La pollution microbiologique.....	13
I.II.4. Les sources de pollution .....	13
I.II.4.1. Les rejets domestiques .....	14
I.II.4.2. Les rejets agricoles.....	14
I.II.4.3. Les rejets industriels.....	14
I.II.5. Impact de la pollution des eaux .....	14
I.II.5.1. Sur le milieu naturel.....	14
I.II.5.2. Sur l'économie .....	15
I.II.5.3. Sur la santé .....	15
I.II.6. Les différents types de maladies hydriques .....	15
I.II.6.1. Maladies d'origine bactérienne .....	16
I.II.6.2. Maladies d'origine virale .....	17
I.II.6.3. Maladies d'origine parasitaire.....	18
I.III.6.4. Maladies attribuées à l'eau d'origine chimique .....	18
Conclusion .....	19
I.III.1. Traitement des eaux.....	19
I.III.2. Les étapes du traitement de l'eau .....	19
I.III.2.1. Captage .....	19
I.III.2.2. Prétraitement.....	20
I.III.2.3. Pré-oxydation.....	20
I.III.2.4. La clarification.....	21
I.III.2.5. La décantation et la flottation .....	23
I.III.2.6. Filtration.....	24
I.III.2.7. Adsorption .....	26
I.III.2.8. Désinfection.....	26
I.III.2.9. Affinage .....	26
I.III.2.10. Stockage et distribution .....	27
I.III.3. Qualité de l'eau et normes de potabilité .....	27
I.III.3.1. Qu'est-ce qu'une norme ? .....	27
I.III.3.2. Critères de potabilité.....	27
I.III.3.3. Les paramètres organoleptiques.....	28
I.III.3.4. Paramètres physicochimiques.....	29

I.III.3.5. Paramètres chimiques .....	31
I.III.3.6. Paramètres microbiologiques.....	34
Conclusion .....	35

## **Partie II : *Protocoles Expérimentaux & Résultats et Discussion***

II.I.1. Échantillonnage .....	36
II.I.1.1. Mode de prélèvement.....	36
II.I.1.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons.....	36
II.I.2. Analyse Chimiques et Physicochimiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamden .....	37
II.I.2.1. Mesure de la couleur .....	37
II.I.2.2. Mesure de la turbidité.....	37
II.I.2.3. Mesure de la température (°C) et du pH.....	38
II.I.2.4. Mesure de la conductivité (µS/cm).....	38
II.I.2.5. Mesure de la totalité des solides dissouts TDS (mg/l) et la salinité .....	39
II.I.2.6. Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates.....	39
II.I.2.7. Dosage du calcium (Ca <sup>2+</sup> ) .....	40
II.I.2.8. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) .....	41
II.I.2.9. Dosage des chlorures (Cl <sup>-</sup> ) .....	41
II.I.2.10. Détermination de la matière organique (MO) .....	42
II.I.2.11. Détermination du résidu sec (RS) .....	42
II.I.2.12. Détermination des matières en suspension (MES).....	43
II.I.2.13. Dosage de l'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	43
II.I.2.14. Dosage du fer (Fe <sup>2+</sup> ).....	44
II.I.2.15. Dosage des sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ).....	45
II.I.2.16. Dosage des phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	45
II.I.2.17. Dosage des nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	45
II.I.2.18. Dosage des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	46
II.I.2.19. Dosage d'aluminium (Al <sup>3+</sup> ).....	46
II.I.3. Analyses Bactériologiques de l'eau brute et traitée du Barrage Bouhamden .....	47
II.I.3.1. Recherche des germes totaux à 37 °C (GT) .....	47
II.I.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF).....	47
II.I.3.3. Recherche des streptocoques fécaux .....	48
II.I.3.4. Recherche des anaérobies sulfite-réducteur (ASR).....	49
II.II.1. Présentation de la région d'étude.....	50
II.II.1.1. Description de la région de Guelma.....	50

II.II.1.2. Description du Barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdene) .....	50
II.II.1.3. Le cadre géologique et lithologique du Barrage .....	51
II.II.1.4. Les activités anthropiques autour du Barrage .....	52
II.II.1.5. Climat .....	53
II.II.1.6. La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh.....	53
II.II.2. Analyse Chimiques et Physicochimiques.....	54
II.II.2.1. Mesure de la couleur.....	54
II.II.2.2. Mesure de la turbidité .....	55
II.II.2.3. Mesure de la température (°C).....	56
II.II.2.4. Mesure du pH.....	57
II.II.2.5. Mesure de la conductivité (µS/cm).....	58
II.II.2.6. Mesure de la totalité des solides dissouts TDS (mg/l) .....	59
II.II.2.7. Mesure de la salinité .....	60
II.II.2.8. Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	60
II.II.2.9. Dosage du calcium (Ca <sup>2+</sup> ) .....	64
II.II.2.10. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH) .....	65
II.II.2.11. Détermination du magnésium (Mg <sup>2+</sup> ) .....	66
II.II.2.12. Dosage des chlorures (Cl <sup>-</sup> ) .....	67
II.II.2.13. Détermination de la matière organique (MO).....	68
II.II.2.14. Détermination du résidu sec (RS) .....	69
II.II.2.15. Détermination des matières en suspension (MES).....	70
II.II.2.16. Dosage de l'ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	71
II.II.2.17. Dosage du fer (Fe <sup>2+</sup> ).....	72
II.II.2.18. Dosage des sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	73
II.II.2.19. Dosage des phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) .....	74
II.II.2.20. Dosage des nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	75
II.II.2.21. Dosage des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	76
II.II.2.22. Dosage d'aluminium (Al <sup>3+</sup> ).....	77
II.II.3. Analyses Bactériologiques .....	78
II.II.3.1. Recherche des germes totaux à 37 °C (GT).....	78
II.II.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF).....	79
II.II.3.3. Recherche des streptocoques fécaux.....	81
II.II.3.4. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR) .....	82
Conclusion Générale sur les analyses effectuées .....	83
Conclusion générale.....	91



---

## Liste des figures

<b>Figure I.I.1</b> : Schéma d'une molécule d'eau.....	3
<b>Figure I.I.2</b> : L'eau brute et potable.....	4
<b>Figure I.I.3</b> : Les eaux souterraines (Bir ben Osman) .....	4
<b>Figure I.I.4</b> : Vue des eaux de surface du barrage Bouhamden.....	5
<b>Figure I.I.5</b> : Les eaux de mer.....	5
<b>Figure I.I.6</b> : Cycle d'eau sur la terre.....	8
<b>Figure I.I.7</b> : les différents états de l'eau.....	8
<b>Figure I.I.8</b> : Répartition de l'eau à la surface de la terre.....	9
<b>Figure I.II.1</b> : pollution de l'eau.....	11
<b>Figure I.II.2</b> : Pollution diffuse.....	12
<b>Figure I.II.3</b> : Origine des maladies hydriques .....	15
<b>Figure I.II.4</b> : Les vibrions cholériques dans une eau polluée .....	16
<b>Figure I.II.5</b> : Salmonelles responsables des fièvres typhoïdes .....	16
<b>Figure I.II.6</b> : Les bactéries Escherichia coli .....	17
<b>Figure I.III.1</b> : Chaîne de traitement de l'eau .....	19
<b>Figure I.III.2</b> : Bassin de pré-chloration .....	21
<b>Figure I.III.3</b> : Bassin de coagulation (agitation rapide).....	21
<b>Figure I.III.4</b> : Bassin de floculation (agitation lente) .....	22
<b>Figure I.III.5</b> : Dispositif expérimental de l'essai jar-test.....	23
<b>Figure I.III.6</b> : Bassin de décantation .....	24
<b>Figure I.III.7</b> : Bassin de filtration.....	25
<b>Figure I.III.8</b> : Réservoir pour stockage d'eau potable.....	27
<b>Figure I.III.9</b> : Organismes en bâtonnets des Coliformes totaux .....	34
<b>Figure II.I.1</b> : Photos réelles d'échantillons prélevés.....	36
<b>Figure II.I.2</b> : Colorimètre utilisé dans le laboratoire de la station .....	37
<b>Figure II.I.3</b> : Image de turbidimètre utilisé.....	37
<b>Figure II.I.4</b> : Image d'un pH-mètre .....	38
<b>Figure II.I.5</b> : Images d'un appareil multi-paramètres.....	38
<b>Figure II.I.6</b> : multi-paramètre (TDS, Salinité).....	39
<b>Figure II.I.7</b> : Montage représentant l'analyse de TA.....	39
<b>Figure II.I.8</b> : Montage représentant l'analyse de TAC .....	40
<b>Figure II.I.9</b> : Dosage du calcium ( $Ca^{2+}$ ) .....	40

<b>Figure II.I.10:</b> Images représentant l'analyse de TH .....	41
<b>Figure II.I.11:</b> Montage représentant l'analyse des Cl.....	41
<b>Figure II.I.12:</b> Images représentant l'analyse de la MO .....	42
<b>Figure II.I.13:</b> Images des accessoires pour la détermination du résidu sec (RS) .....	43
<b>Figure II.I.14:</b> Image représentant l'analyse de MES .....	43
<b>Figure II.I.15:</b> Image représentant l'analyse de $\text{NH}_4^+$ .....	44
<b>Figure II.I.16:</b> Image d'un Spectrophotomètre .....	44
<b>Figure II.I.17:</b> images représentant l'analyse des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	45
<b>Figure II.I.18:</b> Images représentant l'analyse des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	46
<b>Figure II.I.19:</b> image représentant l'analyse d'aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) .....	46
<b>Figure II.I.20:</b> Image représentant l'analyse bactériologique de l'eau (coliformes totaux et fécaux).....	47
<b>Figure II.I.21:</b> Image représentant les analyses des coliformes totaux et fécaux.....	48
<b>Figure II.II.1 :</b> Carte de la position géographique de la wilaya de Guelma.....	50
<b>Figure II.II.2 :</b> image satellite du barrage Bouhamden.....	51
<b>Figure II.II.3 :</b> Evolution de la couleur dans l'intervalle (Aout 2020 à mai 2021).....	54
<b>Figure II.II.4 :</b> Evolution de turbidité (Turb) dans l'intervalle (Aout 2020 à Mai 2021) .....	55
<b>Figure II.II.5 :</b> Evolution de la température (T) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021) 56	
<b>Figure II.II.6 :</b> Evolution du potentiel d'hydrogène (pH) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021) .....	57
<b>Figure II.II.7 :</b> Evolution de la conductivité électrique (CE) pour l'intervalle (Aout 2020 à mai 2021) .....	58
<b>Figure II.II.8 :</b> Evolution de la totalité des solides dissouts (TDS) dans l'intervalle (Aout 2020 à Mai 2021).....	59
<b>Figure II.II.9 :</b> Evolution de la salinité en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	60
<b>Figure II.II.10 :</b> Evolution du titre alcalimétrique simple (TA) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	61
<b>Figure II.II.11 :</b> Evolution du titre alcalimétrique complet (TAC) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	62
<b>Figure II.II.12 :</b> Evolution des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021) .....	63
<b>Figure II.II.13 :</b> Evolution du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	64
<b>Figure II.II.14 :</b> Evolution du titre hydrotimétrique (TH) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021) .....	65

---

<b>Figure II.II.15</b> : Evolution de la teneur du magnésium ( $Mg^{2+}$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	66
<b>Figure II.II.16</b> : Evolution des chlorures ( $Cl^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021).....	67
<b>Figure II.II.17</b> : Evolution des matières organiques (MO) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021) .....	68
<b>Figure II.II.18</b> : Evolution du résidu sec (RS) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	69
<b>Figure II.II.19</b> : Evolution des matières en suspension (MES) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	70
<b>Figure II.II.20</b> : Evolution de la teneur en ( $NH_4^+$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021) .....	71
<b>Figure II.II.21</b> : Evolution de la teneur du fer ( $Fe^{2+}$ ) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	72
<b>Figure II.II.22</b> : Evolution des teneurs des ( $SO_4^{2-}$ ) dans l'intervalle (Aout 2020 à Mai 2021) .....	73
<b>Figure II.II.23</b> : Evolution des teneurs des phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	74
<b>Figure II.II.24</b> : Evolution des nitrates ( $NO_3^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	75
<b>Figure II.II.25</b> : Evolution des nitrites ( $NO_2^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).....	76
<b>Figure II.II.26</b> : Evolution de la teneur d'aluminium ( $Al^{3+}$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021 ) .....	77
<b>Figure II.II.27</b> : Evolution des germes totaux (GT) en fonction des mois ( Aout 2020 à Mai2021).....	78
<b>Figure II.II.28</b> : Evolution des coliformes totaux (CT) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021). .....	79
<b>Figure II.II.29</b> : Evolution des coliformes fécaux (CT) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021). .....	80
<b>Figure II.II.30</b> : Evolution des streptocoques fécaux (SF) en fonction des mois (Aout 2021 à Mai 2021). .....	81
<b>Figure II.II.31</b> : Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021) .....	82

---

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.II.1:</b> Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique .....	13
<b>Tableau I.III.1:</b> Classification des eaux d'après leur pH.....	29
<b>Tableau I.III.2:</b> Classification des eaux en fonction de leurs duretés.....	30
<b>Tableau I.III.3:</b> Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles .....	31
<b>Tableau II.II.1:</b> Caractéristiques du barrage de Hammam Debagh.....	52
<b>Tableau II.II.2:</b> Résultats des analyses de la couleur pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	54
<b>Tableau II.II.4:</b> Résultats des analyses de la température pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	56
<b>Tableau II.II.5:</b> Résultats des analyses de pH pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	57
<b>Tableau II.II.6:</b> Résultats de la mesure de la conductivité pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	58
<b>Tableau II.II.7:</b> Résultats des analyses de la TDS pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	59
<b>Tableau II.II.8:</b> Résultats des analyses de la salinité pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	60
<b>Tableau II.II.9:</b> Résultats des analyses de TA pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	61
<b>Tableau II.II.10:</b> Résultats des analyses de TAC pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	62
<b>Tableau II.II.11:</b> Résultats des analyses de bicarbonate pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	63
<b>Tableau II.II.12:</b> Résultats des analyses de calcium pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	64
<b>Tableau II.II.13:</b> Résultats des analyses de TH pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	65

<b>Tableau II.II.14:</b> Résultats des analyses du magnésium pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	66
<b>Tableau II.II.15:</b> Résultats des analyses des chlorures pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	67
<b>Tableau II.II.16:</b> Résultats des analyses de la matière organique pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	68
<b>Tableau II.II.17:</b> Résultats des analyses de résidu sec pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	69
<b>Tableau II.II.18:</b> Résultats des analyses des matières en suspension pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	70
<b>Tableau II.II.19:</b> Résultats des analyses de l'ammonium $\text{NH}_4^+$ pour les mois (Aout 2020 au mai 2021) .....	71
<b>Tableau II.II.20:</b> Résultats des analyses du Fer (II) pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	72
<b>Tableau II.II.21:</b> Résultats des analyses de $(\text{SO}_4^{2-})$ pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	73
<b>Tableau II.II.22:</b> Résultats des analyses des phosphates pour les mois (aout 2020 au mai 2021) .....	74
<b>Tableau II.II.23:</b> Résultats des analyses de nitrates pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	75
<b>Tableau II.II.24:</b> Résultats des analyses de nitrites $(\text{NO}_2^-)$ pour la période (aout 2020 à mai 2021) .....	76
<b>Tableau II.II.25:</b> Résultats des analyses de l'aluminium pour les mois allant d'aout 2020 au mai 2021) .....	77
<b>Tableau II.II.26:</b> Résultats des analyses de germe totaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	78
<b>Tableau II.II.27:</b> Résultats des analyses de coliforme totaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	79
<b>Tableau II.II.28:</b> Résultats des analyses de coliforme fécaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	80
<b>Tableau II.II.29:</b> Résultats des analyses de streptocoque fécaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	81
<b>Tableau II.II.30:</b> Résultats des analyses de sulfito-réducteur pour les mois (aout 2020 à mai 2021) .....	82

**Liste des abréviations**

<b>Symbole</b>	<b>Signification</b>
ASR	Anaérobies sulfito-réducteur
B.H.A.A	Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies
CF	Coliformes fécaux
CT	Coliformes totaux
EDTA	Acide éthylène diamine tétraacétique.
°f	Degré français
GT	Germes totaux
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
KPa	Kilopascal
MES	Matière en suspension
MO	Matière organique
NTU	Nephelometric Turbidity Unit : Unité de turbidité néphélométrique
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PCB	Polychlorobiphényles
Pt /Co	Platinum-Cobalt
RS	Résidu sec
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
TDS	Total Dissolved Solids : Solides totaux dissous
TGEA	Gélose tryptone glucose agar.
TH	Titre hydrotimétrique
UFC	Unité formant colonie.
VHA	Virus de l'hépatite A
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine

## ملخص

تهتم هذه الدراسة بتقييم الجودة الفيزيائية و البكتريولوجية للمياه الخام و المعالجة لسد بوحمدان الموجودة في الحوض المائي لمنطقة قالمة . لإنجاز هذا العمل قمنا على مدى عشرة أشهر في محطة حمام دباغ بمتابعة طرق المعالجة و التحليل و ركزت التحليلات على حوالي عشرين عاملا فيزيوكيميائي ( درجة الحموضة ،درجة الحرارة ، العكارة ، البقايا الجافة ، البيكربونات ، القساوة ، النتريت ، النترات ، الامونيوم ، الفوسفات ، الكبريتات ، الكلوريدات ، الحديد ، الألمنيوم و المواد العضوية ... الخ و 4 عوامل بكتريولوجية (إجمالي القولونيات و البراز ، المكورات العقدية البرازية و الحد من الكبريتيت اللاهوائية العوامل الفيزيائية و الكيميائية المختلفة التي تم تحليلها و الكائنات الدقيقة المختلفة المطلوبة تتوافق مع المعايير الجزائرية وأظهرت أن مياه سد بوحمدان بعد العلاج ذات نوعية جيدة لصحة المستهلك

**الكلمات المفتاحية :** سد بوحمدان ، محطة المعالجة حمام دباغ ، تلوث المياه، معالجة المياه ، مياه الشرب ، العوامل الفيزيوكيميائية ، العوامل البكتريولوجية

## Résumé

Cette étude s'intéresse à l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhamden située dans le bassin versant dans la région de Guelma. Pour réaliser notre travail, nous avons fait un suivi au sein de la station de traitement de Hammam Debagh s'étalant sur dix mois. 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 sulfite-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.

**Mots clé :** barrage Bouhamden, station de traitement Hammam Debagh, pollution de l'eau, traitement des eaux, l'eau potable, paramètres physicochimiques, paramètres bactériologiques

## **Abstract**

This study is concerned with the evaluation of the physicochemical and bacteriological quality of the raw and treated water of the Bouhamden dam located in the watershed in the Guelma region. To carry out our work, we did a follow-up at the Hammam Debagh treatment plant over ten months. The analyses focused on about twenty physico-chemical parameters (pH, temperature, turbidity, dry residue, bicarbonate, hardness, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, sulphate, chlorides, iron, aluminum, organic matter, etc.); And 4 bacteriological parameters (total coliforms (CT) and fecal (CF), faecal streptococci, sulphite-reducing anaerobes (ASR)).

The different physico-chemical parameters analyzed and the different microorganisms sought comply with Algerian standards and have shown that the water of the Bouhamden dam after treatment is of good quality for consumer health.

**Keywords:** Bouhamden dam, Hammam Debagh treatment station, water pollution, water treatment, drinking water, physicochemical parameters, bacteriological parameters.



## **Introduction Générale**

L'eau fait partie de notre environnement naturel tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit ; elle constitue un des éléments familiers de notre vie quotidienne. [1].

L'eau de surface qui paraissait inépuisable, ne l'est pas en réalité ; bien pire, sa qualité se dégrade dans les régions les plus avancées du monde en technologie ; enfin l'avenir est menaçant pour une partie importante du globe, menaçant à deux titres :

Pour l'alimentation humaine, mais aussi pour la paix car des observateurs avertis n'hésitent plus à parler de risques de conflits entraînés par le manque d'eau. [2].

Aujourd'hui, les ressources en eau douce sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore). Cette menace a déclenché une prise de conscience dans le monde entier, et a poussé les chercheurs à s'intéresser à l'étude de l'état de contamination des milieux aquatiques. [3].

En Algérie, pays à climat semi-aride, l'approvisionnement en eau potable et industrielle est assuré essentiellement par les eaux de barrages. Les eaux des barrages sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Ces eaux sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micropolluants organiques et minéraux) et de nature biologique (bactéries, virus, parasites, ...). Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité de ces eaux mais aussi créer des problèmes plus au moins désastreux face à la santé publique et à l'écosystème entière. [4].

Afin de garantir, en toute saison, l'approvisionnement en eau indispensable à notre pays, il convenait de contrôler et de sauvegarder la qualité des eaux retenues par ces barrages.

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 et physicochimiques (chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration...).

Durant notre stage effectué au sein de la station de traitement, nous avons réalisé une étude qui a porté sur la mesure de plusieurs paramètres (organoleptiques, physicochimiques, et

bactériologiques) et cela dans le but de faire un contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation.

Pour mener à bien ce travail, nous avons choisi de prélever des échantillons d'eau en amont et en aval de la station de traitement, cela nous permet de confronter les eaux brutes et les eaux traitées consommées par les usagers.

Ce mémoire est divisé en deux parties :

**La première partie** présente une mise au point bibliographique, elle est scindée en trois chapitres : le premier chapitre rappellera quelques généralités sur les eaux naturelles.

Le deuxième chapitre sera consacré à la pollution des eaux ; et le troisième chapitre s'intéressera au traitement de l'eau et les paramètres de qualité d'une eau potable.

**La deuxième partie** est axée sur l'expérimentation et elle est présentée en deux 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 expose la région d'étude et les résultats d'analyses obtenus suivis par leurs discussions.

Le mémoire sera clôturé par une conclusion générale.

.



***Première partie***

***Etude Bibliographique***

## Généralités sur l'eau

### I.I. Introduction

L'eau qui est un élément essentiel à la vie, recouvre plus de 70% du globe. Elle est nécessaire à l'homme d'abord pour ses besoins alimentaires, ensuite pour ses éléments agricoles et industriels.

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain.

#### I.I.1. Définition et structure de l'eau

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants [5].

Sa formule chimique est  $H_2O$ , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) relié à deux atomes d'hydrogène (H) par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de  $104,5^\circ$ .

La représentation de la molécule d'eau sous sa forme compacte donne une image de la forme réelle de la molécule et de l'encombrement des atomes qui la constituent [6].

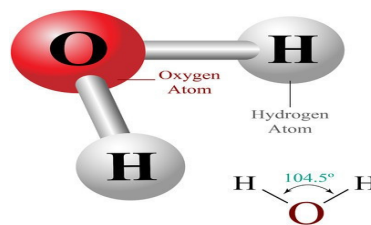


Figure I.I.1 : Schéma d'une molécule d'eau.

#### I.I.1.1. 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 [7].

### I.I.1.2. 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 [8].



Figure I.I.2 : L'eau brute et potable.

## I.I.2. Les types de l'eau

### I.I.2.1. Les eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes [9].



Figure I.I.3 : Les eaux souterraines (Bir Ben Osman).

### I.I.2.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface : Les eaux de surface (douce) sont l'eau qui coule ou qui stagne à la surface du sol (rivières, lacs, étangs, barrages, etc.). Elles ont pour origine, soit des

nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Leur composition chimique dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Les ressources en eau douce sont essentielles pour l'homme qui les sollicite fortement, notamment dans le cadre de ses activités agricoles. En général, les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement [10].



**Figure I.I.4 :** Vue des eaux de surface du barrage Bouhamden.

### **I.I.2.3. Les eaux de mer**

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/L [11].



**Figure I.I.5 :** Les eaux de mer.

### I.I.3. Propriétés de l'eau

#### I.I.3.1. Propriétés physiques

**a) Masse volumique**

La masse volumique varie avec la température et la pression, elle passe par un maximum à environ 4 °C. Cette propriété entraîne diverses conséquences, aussi bien dans la nature que dans les stations de traitement. L'eau est considérée comme un fluide incompressible [12].

**b) Température d'ébullition**

La température d'ébullition dépend de la pression, l'eau peut être conservée à l'état liquide à des températures supérieures à 100 °C à condition d'opérer sous vide partiel [13].

**c) Tension superficielle**

Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. La tension superficielle diminue avec l'augmentation de la température [8].

**d) Viscosité**

La viscosité est une grandeur physique qui caractérise la résistance à l'écoulement laminaire d'un fluide incompressible.

La viscosité décroît rapidement en fonction de la température et de la salinité [14].

**e) La conductivité électrique**

La conductivité électrique d'eau représente sa capacité à conduire le courant électrique. Cette conductivité très faible car elle ne contient que très peu de particules chargées électriquement (ions), susceptibles de se déplacer dans un champ électrique. L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm) [15].

#### I.I.3.2. Propriétés chimiques

L'eau est un excellent solvant qui dissout un très grand nombre de sels, de gaz, de molécules organiques. Les réactions chimiques de la vie se passent en milieu aqueux ; les organismes sont très riches en eau (jusqu'à plus de 90%). Elle a longtemps été considérée comme un solvant neutre intervenant peu ou pas dans les réactions chimiques. La dilution dans l'eau permettait en particulier de ralentir l'activité des réactifs. En fait, l'eau est un agent chimique très agressif qui risque d'attaquer les parois du récipient qui la contient : dans un flacon en verre, des ions silicium passent dans l'eau. L'eau pure peut exister du point de vue réglementaire, c'est à dire eau sans contaminants bactériens et chimiques, mais elle n'existe pratiquement pas du point de vue chimique : même l'eau distillée

Contient des traces d'ions ou de molécules organiques prélevées aux conduites et aux récipients [16].

### **I.I.3.3. Propriétés biologiques de l'eau**

L'eau est surtout synonyme de vie biologique. C'est le constituant majeur de la matière vivante. Il entre en moyenne pour 80 % dans sa composition. Chez les animaux supérieurs, le pourcentage d'eau est compris entre 60 % et 70 %. Des valeurs extrêmes de 98 % se rencontrent chez des organismes marins tels que la méduse ou certaines algues ; en revanche, les bactéries sporulées, formes de résistance et de vie ralentie, voient leur teneur en eau réduite à 50 % [17].

### **I.I.4. Le cycle d'eau**

Le cycle de l'eau est un phénomène très important pour la vie sur terre, il entraîne dans un mouvement permanent les eaux de surface. Plusieurs phénomènes se produisent dans ce processus à savoir :

#### **I.I.4.1. Évaporation**

L'évaporation est causée par le réchauffement de la couche de surface des océans par le rayonnement solaire, ce qui entraîne ainsi de la vapeur d'eau vers l'atmosphère, cette vapeur se déplace ensuite au gré des mouvements des masses d'air par des phénomènes de convection et d'advection soumise à des conditions favorables [18].

#### **I.I.4.2. Condensation**

La vapeur d'eau se condense pour former les nuages et engendrer des précipitations sous forme de neige ou de pluie [18].

#### **I.I.4.3. Les précipitations**

Les nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle [19].

#### **I.I.4.4. Le ruissellement**

La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltré dans le sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources) ou ruisselle pour aller grossir les rivières qui à leur tour, vont alimenter les océans [19].



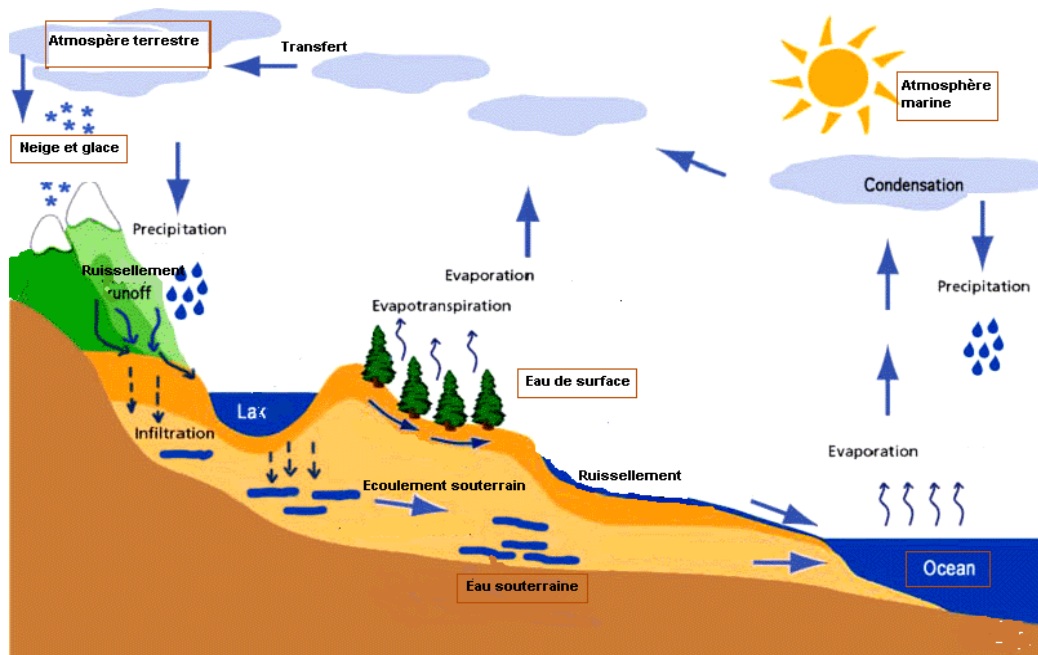


Figure I.I.6 : Cycle d'eau sur la terre.

### I.I.5. Les trois états de l'eau

L'eau se présente naturellement sous trois formes différentes :

- Liquide, comme celle qui tombe du ciel, coule dans les rivières ou sort du robinet ;
- Solide, lorsque la température descend au-dessous de zéro degré. L'eau se transforme en glace, neige ou grêle ;
- Gazeuse, impalpable dans l'air, lorsqu'elle s'évapore sous l'effet de la chaleur, devenant vapeur d'eau [20].

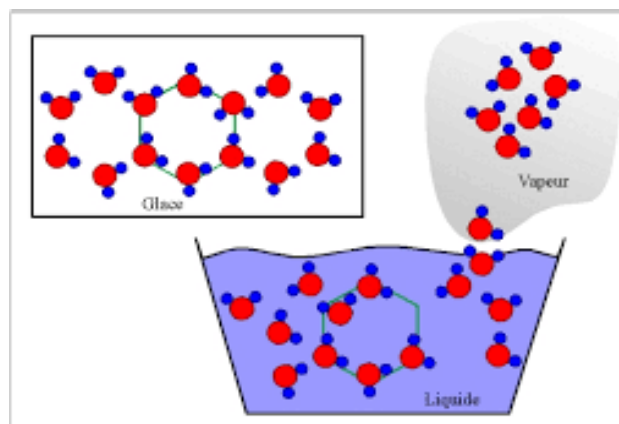


Figure I.I.7 : les différents états de l'eau.

### I.1.6. Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est très présente sur notre planète. Ainsi, vue de l'espace, la Terre apparaît bleue, les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). Au total, elle représente un volume d'environ 1,4 milliard de km<sup>3</sup>, disponible sous forme liquide, solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie (97 %) est contenue dans les océans, mais est salée, ce qui la rend inutilisable par l'Homme.

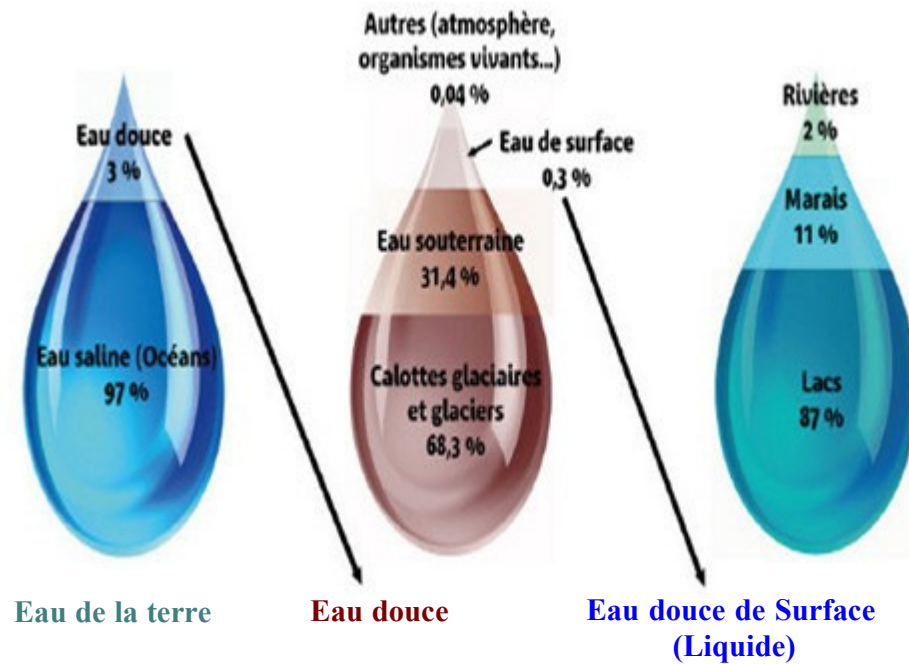


Figure I.1.8 : Répartition de l'eau à la surface de la terre.

L'eau douce restante (3% de l'eau sur terre) concerne :

Pour la majeure partie, les glaciers de montagne, et les inlandsis du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %) les eaux souterraines (moins de 1 %, toutes les eaux souterraines ne sont pas douces, la majorité est salée).

- Les eaux de surface (cours d'eau, sols gelés, marécages et lacs d'eau douce : 0,03 %).
- L'atmosphère (0,001%)
- Les êtres vivants (0,0001%).

Ainsi, seul est disponible pour l'usage humain 0,3% du volume d'eau de la planète soit 4 millions de km<sup>3</sup>. Cette eau est accessible dans différentes ressources naturelles comme les cours d'eau, les nappes peu profondes, ou encore les lacs.

Sa répartition à la surface du globe est inégale, entraînant des disparités entre pays, et sa pénurie est immédiatement ressentie par tous [21].

**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 [13].

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, elle peut contenir des substances polluantes, c'est pourquoi, elle a besoin d'être protégée, traitée et économisée.

## Pollution des eaux

### I.II. Introduction

L'Homme est une partie intégrante des écosystèmes terrestres. Pour répondre à ses besoins sans cesse 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, 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 [22].

#### I.II.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution d'une eau superficielle est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les effets indésirables de ce phénomène sur les organismes vivants ont fait l'objet de nombreux travaux. Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique, les principales sont : Urbaines (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...) Agricoles (engrais, pesticides), Industrielles (agroalimentaire, chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...) [3].



Figure I.II.1 : pollution de l'eau.

#### I.II.2. Les différentes formes de pollution

Selon la répartition géographique :

##### I.II.2.1. Pollution ponctuelle

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, agricoles ou industriels peu ou non traité [23].

### I.II.2.2. Pollution diffuse

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols, où différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières tels que les hydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces, elle est difficile à identifier et donc difficile à maîtriser [23].



Figure I.II.2 : Pollution diffuse.

### I.II.3. Classification des pollutions de l'eau

#### I.II.3.1. La pollution physique

Les polluants physiques sont trois principes agent de pollution qui sont : la température, transport de matière solide en suspension, et la radioactivité

- **La température** : Plus la température de l'eau est élevée plus le besoin en oxygène est grand, plus la teneur en oxygène de l'eau est basse
- **Transport de matière solide en suspension** : Elle agit en augmentant la turbidité de l'eau qui réduit la pénétration de la lumière.
- **La radioactivité** : Libérée dans l'eau, elle peut provenir d'une radioactivité naturelle, ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires), des champs rayonnements d'origine industrielle ou en fin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations centrales nucléaire [24].

#### I.II.3.2. La pollution chimique

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd, ....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels...etc [3].

### I.II.3.3. La pollution microbiologique

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine [3].

**Tableau.I.II.1:** Origines et natures de différentes sources de pollution du milieu aquatique [3].

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

### I.II.4. Les sources de pollution

Les trois principales sources de pollution sont :

#### I.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 [25].

#### **I.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...) [25].

#### **I.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) [25].

### **I.II.5. Impact de la pollution des eaux**

#### **I.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 [26].

#### **I.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 [26].

### I.II.5.3. Sur la santé

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90 % en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites) :

- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides) ;
- Le choléra, dû aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées ;
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées) ;
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant [26].

### I.II.6. Les différents types de maladies hydriques

Les maladies d'origine hydrique résultent d'une exposition à des microorganismes pathogènes ou à des produits chimiques présents dans l'eau potable ou les eaux utilisées pour les activités récréatives.

L'eau contaminée pénètre le plus souvent dans l'organisme par ingestion ; toutefois, les contaminants de l'eau peuvent aussi être inhalés ou adsorbés, ou peuvent pénétrer dans le corps par les plaies ouvertes.

La majorité des symptômes induits par les agents pathogènes d'origine hydrique sont d'ordre entérique (nausées, vomissements et diarrhées et, plus rarement, colites). D'autres symptômes peuvent cependant être d'ordre neurologique, cardiovasculaire, respiratoire (*Legionella*), oculaire (toxoplasmose), hématologique (septicémie causée par *E. coli* O157:H7) ou dermatologique [27].

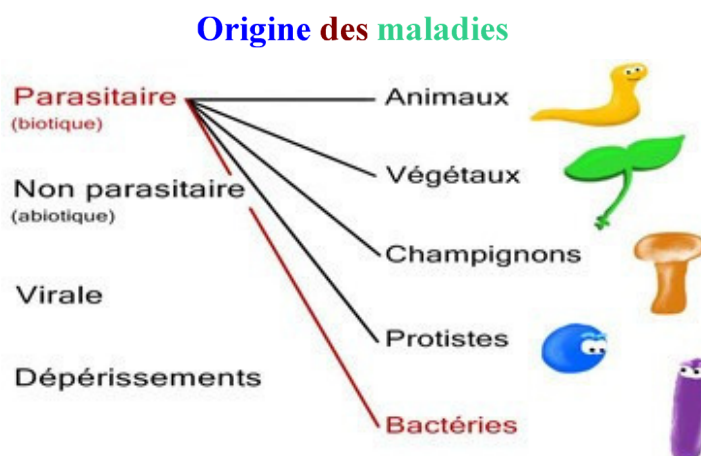


Figure I.II.3 : Origine des maladies hydriques.



### I.II.6.1. Maladies d'origine bactérienne

- **Le choléra**

Le choléra est une maladie toxi-infection due à des vibrions pathogènes apparentant aux vibrions cholériques, le cholera provoque une diarrhée dont l'importance dépend de l'intensité des désordres causes par imprégnation d'épithélium intestinal par la toxine cholérique [28].



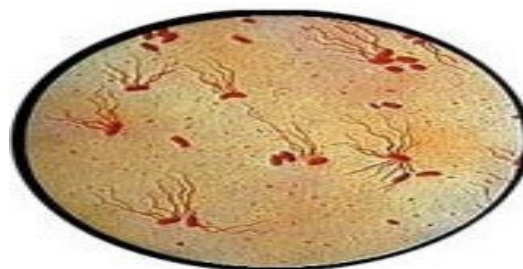
**Figure I.II.4 :** Les vibrions cholériques dans une eau polluée.

- **Les fièvres typhoïdes, paratyphoïdes**

Les fièvres typhoïde et paratyphoïde sont des maladies infectieuses potentiellement mortelles en l'absence de traitement. Ces fièvres surviennent le plus souvent dans des zones où l'hygiène est précaire et frappent principalement les pays en voie de développement. Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *S. paratyphi* A, B et C. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteints hépatiques, respirations, neurologiques [29].

Les gastro-entérites (*salmonella typhi*, *salmonella paratyphi* A et B et *E. coli*). Une gastro-entérite est une infection inflammatoire caractérisée par l'émission brutale et fréquente de selles liquides et abondantes (diarrhée).

*E. coli* est souvent responsable de gastro-entérites graves pouvant être mortelles dans certains cas à l'absence de traitement [29].



**Figure I.II.5 :** Salmonelles responsables des fièvres typhoïdes.

- **Escherichia coli**

Les bactéries *Escherichia coli* (*E. coli*) sont des microorganismes courants que l'on trouve dans l'intestin des humains et des animaux, ou elles aident à la décomposition et à la fermentation des aliments. On compte des centaines de souches d'*E. Coli*, dont la plupart sont inoffensives pour la santé humaine. Parmi les organismes coliformes, les bactéries *E. coli* sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale, et on a élaboré des épreuves qui permettent d'en faire la détection rapidement et facilement dans l'eau [29].



Figure I.II.6 : Les bactéries *Escherichia coli*

### I.II.6.2. Maladies d'origine virale

Sont déclenchées par des virus, organismes vivants qui utilisent le système immunitaire de l'hôte pour se développer. Les virus sont nombreux et responsables d'une multitude de maladies allant de la simple rhinopharyngite et de la grippe, au VIH, en passant par certaines otites, les bronchiolites et infections cutanées [30]. On peut citer :

- **La poliomyélite (poliovirus)**

La poliomyélite est une infection virale provoquant des paralysies. Le virus responsable de cette maladie est le poliovirus, dont il existe trois types (poliovirus de types 1, 2 et 3). Les poliovirus appartiennent au genre Entérovirus. Il s'agit de petits virus "nus", c'est-à-dire dépourvus d'enveloppe, ce qui leur confère une résistance et une capacité de survie prolongée dans l'environnement [31].

- **Les hépatites A (virus de l'hépatite A)**

C'est une infection provoquée par le virus de l'hépatite A (VHA) qui est un virus ARN appartenant à la famille des picorna virus, hautement endémique dans les pays en voie de développement, La période d'incubation est en moyenne de 28 jours (15-45 jours) [32].

- **Les hépatites E (virus de l'hépatite E)**

L'hépatite E est une maladie habituellement bénigne, cependant elle peut parfois engendrer de graves complications pouvant aller jusqu'à la mort (notamment chez les personnes sensibles telles que les femmes enceintes ou les personnes ayant une maladie du foie). L'ANSES a été saisie dès 2009 afin d'évaluer le rôle de certains produits alimentaires dans la transmission de cette maladie. Elle a rendu plusieurs avis et produits d'expertise en lien avec l'évaluation du risque lié au virus de l'hépatite E [33].

### **I.II.6.3. Maladies d'origine parasitaire**

- **La dracunculose**

Connue également sous le nom de maladie du ver de Guinée, est une maladie parasitaire causée par le ver parasite *Dracunculus medinensis*. L'infection survient lorsqu'une personne boit de l'eau contaminée par de petits crustacés parasités avec l'hôte intermédiaire, voire la *D. medinensis* [34].

### **I.III.6.4. Maladies attribuées à l'eau d'origine chimique**

Certaines substances comme les métaux lourds ne sont pas éliminées par l'organisme. Elles s'y accumulent, et leur ingestion prolongée peut être de maladies graves, même si leur teneur dans l'eau est très faible. Ingérée en grande quantité, lors d'une pollution accidentelle, ces mêmes substances sont rapidement toxiques (Chrome, Nickel, Mercure, Zinc, Plomb, Fluor, Cyanures, Phosphates, Nitrate, Hydrazine, Phénols, Agents tensio-actifs, Fongicides, Herbicides, Insecticides, Hydrocarbures [35].

### **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.

## Traitement des eaux de surface

### I.III.1. Traitement des eaux

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 [36].

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 [37].

### I.III.2. Les étapes du traitement de l'eau



**Figure I.III.1** : Chaîne de traitement de l'eau. (1- Captage, 2- Dégrillage, 3- Tamisage, 4- Floculation, décantation, 5- filtration, 6- désinfection, 7- traitement spécifique, 8- chloration, 9- stockage)

#### I.III.2.1. 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 [38].

### I.III.2.2. Prétraitement

L'étape de prétraitements physiques est systématique en traitement des eaux superficielles, à la prise d'eau et/ou sur l'usine (dégrillage au minimum, dessablage, débouage, déshuilage, micro-tamissage) [39].

#### a) Le dégrillage

A l'entrée de la station de traitement, les effluents doivent subir un dégrillage. Ainsi, les matières volumineuses (flottants, etc.) sont retenues au travers de grilles, afin de protéger les pompes. Ce prétraitement se décline en trois sous-catégories : le pré dégrillage (de 30 à 100 mm), le dégrillage moyen (de 10 à 30 mm) et enfin le dégrillage fin (les barreaux sont espacés de moins de 10 mm) donc il consiste à éliminer les déchets plus ou moins volumineux tels que les chiffons, les textiles, les papiers, les plastiques, ou encore les branches et les feuilles [40].

#### b) Le tamisage

Permet de retenir des débris d'animaux et végétaux, des algues...etc. [41].

#### c) 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 [41].

### I.III.2.3. Pré-oxydation

#### a) Aération

Elle élimine les gaz excédentaires ( $H_2S$ ,  $CO_2$ ) provoque l'oxydation du fer et manganèse et enrichie l'eau en oxygène [41].

#### b) Pré-chloration

Elle consiste à ajouter du chlore à l'entrée des eaux brutes dans la station de traitement des eaux de surface, avant tout autre traitement. Elle a pour but d'enlever les odeurs, le goût et permet de contrôler la croissance biologique au cours du traitement. Cette pratique tend à disparaître, compte tenu des fortes doses de chlore nécessaires dans cette phase et la production importante de sous-produits indésirables, comme nous le verrons par la suite. La pré-chloration d'eau brute a pour but :

- D'oxyder le fer et le manganèse contenus dans l'eau brute, de détruire les matières organiques afin d'améliorer l'odeur et le goût.
- De détruire les micro-organismes, d'inhiber la croissance algale.

- Le produit généralement utilisé est le chlore qui est le plus réactif et le plus économique. Le chlore présente en outre l'intérêt d'éliminer l'ion ammonium lorsque le taux de traitement atteint ce qu'on appelle le point critique ou break point [42].



Figure I.III.2 : Bassin de pré-chloration.

#### I.III.2.4. La clarification

C'est l'ensemble des opérations permettant d'éliminer les matières en suspension (MES) d'une eau brute ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation, floculation, de décantation et de filtration [43].

##### a) La coagulation

Est définie théoriquement comme l'opération conduisant à la déstabilisation des particules colloïdales « stables » pour permettre enfin leur agrégation quand le contact a lieu et pour rendre ainsi la décantation ou la flottation plus performante. Techniquement, on la définit plus simplement par « agitation rapide » ou « flash mixing ». Donc la coagulation permet également d'éliminer les matières organiques sous l'effet d'un coagulant [39].



Figure I.III.3: Bassin de coagulation (agitation rapide).

Les particules colloïdales sont des matières inertes ou vivantes (argiles, hydroxydes métalliques, micro-organisme, fibres, pulpes, protéines, et...) qui ont une taille très petite comprise entre 1nm et 1µm [44].

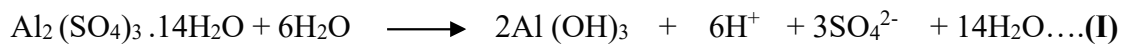
**Les coagulants** sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le type de coagulant et la dose ont une influence sure :

- La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée
- Le bon ou mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration.
- Le cout d'exploitation [45].

**Coagulants utilisés** : les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et produire des floes sont :

- Le sulfate d'Aluminium  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ .
- L'aluminate de sodium  $NaAlO_2$ .
- Le chlorure ferrique  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  ; Le sulfate ferrique  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .
- Le sulfate ferreux  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  [45].

Le coagulant qui est utilisé dans la station du Hammam Debagh est le **sulfate d'alumine**  $[Al_2(SO_4)_3]$



#### b) La floculation

La floculation est l'opération conduisant à l'agglomération des particules déstabilisées par coagulation. C'est aussi le terme utilisé pour définir l'étude de la cinétique de cette agglomération. Techniquement, on la définit plus simplement par « agitation lente ». Cette opération se situe donc toujours après une coagulation. [39].



**Figure I.III.4** : Bassin de floculation (agitation lente).

**Types de Flocculant** : pour choisir un flocculant, il faut considérer la taille, la cohésion et la vitesse de décantation du floe. Comme pour les coagulants, le taux de traitement à mettre en œuvre est donné par essai de floculation [45].

**Polymères minéraux** : tels que la silice activée ( $SiO_2$ ), généralement associé au sulfate d'aluminium en eau froide.

**Polymères naturels** : extraits de substances animales ou végétales : amidons, alginates (obtenus à partir d'algues marines).

**Polymères de synthèse** : plus récents en apparition, ils ont fait évoluer considérablement les performances de la floculation. Ils conduisent souvent à un volume de boue très réduit [45].

Le floculant qui est utilisé dans la station du Hammam Debagh est de type **poly- Electrolyte**.

### c) 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 [8]. Cette méthode d'essai est limitée au traitement des eaux brutes pour la production d'eau potable [46].

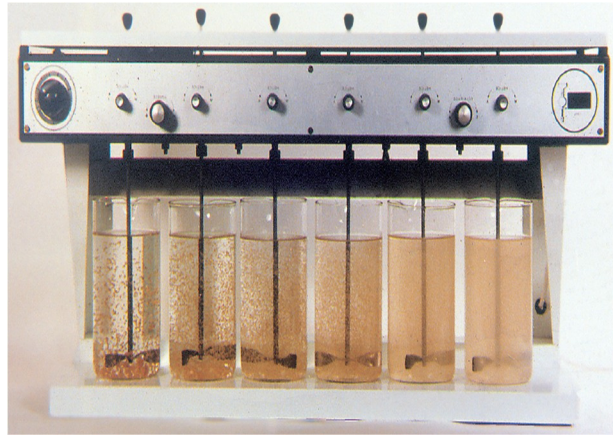


Figure I.III.5 : Dispositif expérimental de l'essai jar-test.

### I.III.2.5. La décantation et la flottation

Ce sont des procédés physiques intervenant après la coagulation-floculation. L'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les floccs se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface. À l'inverse, la flottation consiste à favoriser la clarification par entraînement des particules en surface, grâce à la génération de bulles d'air, qui s'accrochent aux matières en suspension et aux floccs. Les flottants sont récupérés en surface par bras racleur [47].





Figure I.III.6 : Bassin de décantation.

### I.III.2.6.Filtration

La filtration est un procédé physique disposé généralement après la décantation ou la flottation (notamment dans le cas des eaux de surface). Ce procédé peut être toutefois situé directement après une coagulation (cas des eaux souterraines karstiques) ou après une pré-oxydation (cas des eaux souterraines contenant du fer, du manganèse ou de l'arsenic). Il permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors de la pré-oxydation. Elle est réalisée sur matériaux classiques (sable) ou sur membranes (cas des eaux souterraines karstiques). La plus répandue est la filtration sur lit de sable (lit filtrant) [47].

#### a) Filtres à sables rapides

Ces filtres sont généralement les plus utilisées en traitement des eaux, ils sont appliqués après coagulation floculation et décantation. Ils sont caractérisés par leur débit spécifique important, par contre le colmatage des filtres se fait très rapidement. Lors d'une filtration rapide l'eau traverse la couche filtrante à des vitesses de 5 à 25 m/heure. Vu cette grande vitesse, il faut fréquemment laver les filtres sous peine de voir exagérément augmenter la perte de charge. C'est pourquoi ces filtres comportent toujours un système de lavage rapide et énergétique [48].

b) **Filtres à sables lents** La filtration rapide a pour inconvénient qu'elle est une opération relativement complexe, nécessitant du personnel qualifié. D'autre part, la surface nécessaire à l'installation d'un filtre rapide est très réduite et les débits d'eau filtrée très élevés. La filtration lente assure l'épuration des eaux de surface, sans coagulation ni décantation préalable quand l'eau n'est pas trop chargée en matière en suspension. Elle consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un lit de matériau filtrant à une vitesse de 0,1 à 0,2 m/h. Le matériau filtrant le plus approprié est le sable. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par l'élimination de matières en suspension et colloïdales et par des changements dans sa composition chimique. Un filtre de ce type est

un filtre ouvert, constitué le plus généralement d'un bassin rectangulaire en béton armé divisé en deux compartiments horizontaux par un faux-plancher situé à quelques décimètres au-dessus du radier. Ce procédé a un avantage de produire une bonne qualité d'eau, par contre elle a plusieurs inconvénients :

- Elle occupe une grande superficie.
- Elle produit un débit de traitement faible.
- Elle est sensible au colmatage.
- Elle n'arrête pas la turbidité très élevée [48].

**c) Filtres sous pression**

Les filtres sous pression fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres à sable rapide, sauf que leurs couches de sable et de gravier, ainsi que leur réseau de drainage, sont situées dans des cylindres horizontaux ou verticaux, lesquels sont conçus pour supporter des pressions de l'ordre de 1000 KPa. On peut ainsi filtrer de l'eau sous pression et la distribuer sans recourir au double pompage. Cet avantage ne compense toutefois pas les difficultés auxquelles on se heurte lorsque les filtres sont précédés d'unités de coagulation, de floculation et de décantation. En effet, pour éviter le double pompage, il faut alors que toutes ces unités de traitement fonctionnent sous pression [48].

La station de traitement contient 6 filtres de sable de bassins rectangulaires dont la dimension de chacun est de 18 m de longueur, 2.8 m de largeur et 3.3m de profondeur qui sont installés par rangée de 3. L'eau est envoyée dans les bassins de filtres à sables. La filtration sur lit de sable élimine les derniers flocons. Elle consiste à faire passer l'eau à travers une épaisse couche de sable fin, les particules encore présentes dans l'eau sont alors retenues au fil de leur cheminement (ADE).



**Figure I.III.7 : Bassin de filtration.**

### I.III.2.7. Adsorption

L'adsorption c'est un phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide. Ce phénomène est utilisé pour "récupérer" des molécules indésirables de fluide (liquides ou gazeuses) dispersées dans un solvant et qui sont responsables de la couleur, les goûts et les odeurs. La fixation provient de l'établissement, entre le solide et les molécules, de liaisons de Van Der Waals (liaisons de type électrostatique de faible intensité avec des énergies d'interaction entre 5 et 40 kJ mol). L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif d'origine végétale ou minérale que nous retrouverons lors de l'étude de traitement des eaux destinées à la consommation humaine [48].

### I.III.2.8. Désinfection

La désinfection est l'étape ultime du traitement de l'eau de consommation avant distribution. Elle permet d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau. Il peut cependant subsister dans l'eau quelques germes banals, car la désinfection n'est pas une stérilisation.

Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée. Les quatre principaux désinfectants utilisés en production d'eau potable sont les suivants :

- Le chlore
- Le dioxyde de chlore
- L'ozone
- Le rayonnement UV [47].

### I.III.2.9. Affinage

La présence de micropolluants, existant à la prise d'eau ou qu'ils se sont formés en cours du traitement, nécessite, en fin de chaîne, un affinage qui, dans l'état actuel de la technique, fait appel soit au charbon actif seul, en poudre ou sur lit, ou en granulés, soit et c'est ce qui est préférable, aux actions associées du charbon actif et de l'ozone [49].

- a) **L'ozone** outre son grand pouvoir désinfectant (élimination des virus et des spores bactériennes), permet l'oxydation de certains micropolluants organiques (pesticides, composés aromatiques ...) et transforme les matières organiques naturelles (qui sont ensuite éliminées par le charbon actif biologique) en augmentant leur biodégradabilité [47].
- b) **Le charbon actif** est un matériau poreux qui possède une très grande surface spécifique qui permet l'adsorption et la dégradation par voie microbiologique des matières organiques

Naturelles et des micropolluants organiques (notamment pesticides) [47].

### **I.III.2.10. Stockage et distribution**

Une fois rendue potable, l'eau est envoyée dans des réservoirs ou elle est stockée avant d'être acheminée par un réseau de canalisations souterraines dans les habitations. Pour arriver au robinet du consommateur, l'eau potable emprunte un circuit fait de multiples ramifications. En sortie d'usine de production d'eau potable, des pompes de refoulement acheminent l'eau potable dans la partie haute du château d'eau où elle est stockée. Son élévation assure une pression suffisante dans tout le réseau et permet d'avoir « l'eau courante » [10].



**Figure I.III.8 :** Réservoir pour stockage d'eau potable

## **I.III.3. Qualité de l'eau et normes de potabilité**

### **I.III.3.1. Qu'est-ce qu'une norme ?**

Une **norme** se définit comme une règle qui n'est pas forcément écrite et à laquelle il est d'usage de se référer. Facilitant la vie quotidienne du consommateur, lui permettant d'être mieux informé et protégé, la norme est également perçue comme un document de référence sur un sujet ou un domaine donné en accord avec la réglementation [50].

### **I.III.3.2. Critères de potabilité**

L'eau potable de bonne qualité est essentielle à la santé, A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine, car l'eau contaminée par des produits chimiques ou des micro-organismes peut nuire à la santé. Cette eau doit répondre à des normes préétablies qui

Fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses qui pouvant y être présentes, [51].

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définies sur le plan de ses caractéristiques physicochimique et bactériologiques qui ne doivent pas porter atteinte à la santé du consommateur pour la qualité des eaux distribuées, on se réfère essentiellement à deux aspects :

- La satisfaction de l'utilisateur, subjective car fondée essentiellement sur la quantité organoleptique et visuelle : « L'eau doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. » ;
- La composition et sa compatibilité avec l'hygiène et la protection de la santé publique (qualité sanitaire).

L'eau de distribution publique est définie par des normes nationales découlant des travaux de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de directives européennes.

On a regroupé les paramètres concernant la qualité de l'eau en cinq catégories :

La qualité microbiologique ; Les composés inorganiques ayant une conséquence sur la santé ; Les composés organiques ayant une conséquence sur la santé ; La qualité esthétique (transparence, absence d'odeur et de coloration); Les constituants radioactifs.

Il importe ensuite à chaque pays d'établir sa propre législation, en fonction des critères locaux, en y incluant en particulier les données économiques [52].

### **I.III.3.3. Les paramètres organoleptiques**

#### **a) La Couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration [53]. Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 de platine cobalt [54].

#### **b) Odeur et saveur**

- **Odeur** : toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler [53].

- **Gout** : Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche [55].

#### c) Turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau, elle est exprimée par NTU. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale [56]

### I.III.3.4. Paramètres physicochimiques

#### a) Température (°C)

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques [57].

#### b) pH

Le pH est un paramètre important qui conditionne un grand nombre d'équilibres physicochimiques. Il mesure la concentration en ions  $H^+$  de l'eau. Ses valeurs se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles [58].

**Tableau.I.III.1:** Classification des eaux d'après leur pH

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
pH = 7	pH neutre.
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface.
5.5 < pH < 8	Eaux souterraines.
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense.

#### c) Salinité

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau [12].

**d) Les résidus secs à 180°C**

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles [59].

**e) Dureté ou titre hydrométrique (TH)**

La dureté d'une eau, c'est à dire sa teneur en ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  s'exprime par son titre hydrotimétrique ou (TH). Un degré français correspond à  $10 \text{ mg.L}^{-1}$  de carbonate de calcium dissous ou  $4 \text{ mg.L}^{-1}$  d'ions  $\text{Ca}^{2+}$ . La détermination du TH se fait par titrage complexométrique par l'EDTA (acide éthylène diamine tétracétique) [60].

**Tableau.I.III.2:** Classification des eaux en fonction de leurs duretés [61]

°f	Qualité
0 à 5	Eau très douce
5 à 12	Eau douce
12 à 25	Eau moyennement dure
25 à 32	Eau dure
> 32	Eau très dure

**f) Alcalinité**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et les hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC) [62].

**g) Titre alcalimétrique (TA)**

Le titre alcalimétrique (TA) correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde et carbonate exprimé en degré français (°f) [63].

$$\text{TA} = [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] \dots\dots\dots(1)$$

**h) Le titre alcalimétrique complet (TAC)**

Correspond à la somme des teneurs en ions hydroxyde, bicarbonate et carbonate exprimé en degré français (°F) [63].

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

**i) Conductivité électrique**

La conductivité est la capacité des ions à conduire ou à transmettre l'électricité résultant du mouvement des particules électriquement chargés. Elle dépend de la concentration totale en ions, de leur mobilité, de la température et leur valence. La mesure s'effectue par conductimètre et s'exprime en siemens par mètre (s/m) [64].

**Tableau.I.III.3:** Relation entre la conductivité et la minéralisation des eaux naturelles [51].

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{Cm}$	Minéralisation de l'eau
< 100	Très faible
Entre 100 et 200	Faible
Entre 200 et 333	Moyenne
Entre 333 et 666	Moyenne accentuée
Entre 666 et 1000	Importante
>1000	Elevée

**j) TDS**

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau est appelée le **TDS**. Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne. La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un multi-paramètre ou un TDS-mètre en mettant une quantité de l'eau à analyser dans une cuve stérile et introduire cette eau dans l'une des appareils [65].

**k) Oxygène dissous**

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau [58].

**l) Les matières en suspension**

Comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, ainsi que le plancton et autres micro-organismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les matières en suspensions, elle est exprimée en mg/l [66].

**I.III.3.5. Paramètres chimiques****a) Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )**

Contenu en concentrations variables dans les eaux naturelles en particulier sous formes de chlorures et carbonates. C'est un élément important de la structure du squelette (99%) et un



élément essentiel d'un régime alimentaire sain. Le manque de cet élément chez l'être humain peut conduire à des problèmes dans la formation des os et des dents [12].

**b) Magnésium ( $Mg^{2+}$ )**

Le magnésium est un constituant de nombreux minéraux et roches, en particulier l'adolomie (carbonate double de calcium et de magnésium). Il provient également de la dissolution d'autres roches (basalte, magnésites, argiles, etc.) [67].

**c) Sodium ( $Na^+$ ) et Potassium ( $K^+$ )**

Le cation sodium ( $Na^+$ ) est très abondant sur la terre. On le retrouve dans les roches cristallines et les roches sédimentaires (sables, argiles, évaporites) et la roche Halite (évaporite NaCl). Le potassium ( $K^+$ ) est assez abondant sur terre, mais peut être fréquent dans les eaux. Le potassium est dans les roches cristallines (mais dans des minéraux moins altérables que ceux qui contiennent du sodium), les évaporites (sylvinite KCl) et les argiles [26].

**d) Nitrites ( $NO_2^-$ )**

Les nitrites sont des composés azotés solubles dans l'eau qui se forment lors de la dégradation microbologique des nutriments (résidus de nourriture) est incomplète [26].

**e) Nitrates ( $NO_3^-$ )**

Ils jouent un rôle important comme engrais, car ils constituent le principal aliment azoté des plantes, dont ils favorisent la croissance. Toutes les eaux naturelles contiennent normalement des nitrates à des doses variant selon les saisons. Les ions nitrates se forment naturellement dans le cycle de l'azote. Les concentrations de nitrates d'origine naturelle dans les eaux de surface sont généralement de quelques milligrammes par litre [26].

**f) Sulfate ( $SO_4^{2-}$ )**

Les concentrations maximales admissibles des sulfates dans l'eau sont limitées à 250 mg/l. Des concentrations supérieures à 250 mg/l ne sont pas dangereuses mais comportent un risque de trouble diarrhéique, notamment chez les enfants. La présence de sulfates est liée à la nature des terrains traversés. Elle peut également témoigner de rejets industriels [68].

**g) Chlorures**

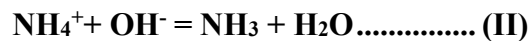
Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution [69].

**h) Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

Ils s'acquièrent communément par la dissolution, d'une part du  $\text{CO}_2$  du sol produit par la minéralisation de la matière organique, d'autre part des carbonates du sol et des roches (calcaire, dolomie,...). Dans ces conditions, les Hydrogénocarbonates ne peuvent guère dépasser des concentrations de 10 milli moles d'ions. [70].

**i) Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )**

L'ammonium est un produit de décomposition microbologique des protéines animales et végétales. Il peut être réutilisé directement par les plantes et est utilisé communément dans les engrais commerciaux. La présence de  $\text{NH}_4^+$ , dans les eaux de surface indique une pollution domestique, par contre, en profondeur, elle est normale à cause du processus naturel de réduction. Dans l'eau, l'équilibre suivant s'établit :



Celui-ci dépend fortement du pH: une augmentation du pH entraîne un déplacement de l'équilibre vers la droite, avec formation d'ammoniac gazeux. L'ammoniac est toxique pour beaucoup d'organismes (dose létale 1 mg/l pour certaines espèces de poissons) [71].

**j) Les Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**

Leur présence dans les eaux naturelles dépend de la nature des terrains traversés et de la décomposition de la matière organique. Les eaux de surface ou souterraines peuvent être contaminées par des rejets industriels et domestiques ou par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés. Pour l'eau potable, les normes de l'O.M.S recommandent comme niveau guide du phosphate 0.4 mg/l et une concentration maximale admissible de 5 mg/l [72].

**k) Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )**

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine les terrains traversés ou les pollutions industrielles. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) [73].

**l) Aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ )**

Le test de l'aluminium est indiqué pour les stations de traitement où le sulfate d'aluminium est utilisé comme coagulant. Un dosage incorrect de ce coagulant se note à la quantité significative d'aluminium qui persiste dans l'eau traitée [8].

**m) Les matières organiques**

L'origine des matières organiques est fortement liée aux activités humaines. Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale élaborés sous l'influence des micro-organismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais gout dans l'eau. En plus, une teneur élevée en matières organiques pourrait faire suspecter une contamination microbienne [72].

**I.III.3.6. Paramètres microbiologiques****a) Germes totaux**

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des eaux [74].

**b) Coliformes totaux**

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae. Le terme « coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogone, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : Escherichia, Nitrobacter, Entérobactérie, Klebsiella, Yersinia, Sérratia [74].



Figure I.III.9 : Organismes en bâtonnets des Coliformes totaux.

**c) Les Streptocoques fécaux**

S'apparentent aux coliformes fécaux, ils sont donc des bactéries pathogènes, c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Presque toujours reliés à la contamination fécale, les entérocoques résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains entérocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites et d'autres maladies toutes aussi sérieuses [4].

**d) Les Clostridie Sulfito-Réducteurs**

Sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol, elles sont souvent considérées comme des témoins de contamination fécale ancienne ou intermittente. Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolées ou en chaînettes, mobiles, catalase positive, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des Clostridie Sulfito-Réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives [75].

**e) Spores anaérobies sulfito-réducteurs**

Les B.H.A.A. (Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies) représentent le décompte total des germes présents dans l'eau. Un dénombrement plus grand que 500 UFC par millilitre rend l'eau impropre à la consommation. Heureusement, la grande majorité des B.H.A.A. retrouvées dans l'eau potable sont non pathogènes. Cependant, quelques-unes le sont, et elles peuvent causer des infections aux personnes dont le système immunitaire est affaibli. Les B.H.A.A. peuvent aussi servir d'indicateur de pollution, notamment pour déceler la présence de matière organique résiduelle dans les conduites d'alimentation. La matière organique favorise la croissance des bactéries. Le rôle d'indicateur des B.H.A.A. est donc précieux pour un meilleur contrôle de qualité de l'eau potable [36].

**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. Nous avons aussi décrit les différents paramètres organoleptiques, physicochimiques, chimiques et microbiologiques influençant la qualité de l'eau.

# *Deuxième partie*

*Protocoles Expérimentaux  
&  
Résultats et Discussion*

## Protocoles Expérimentaux

### II.I.1. Échantillonnage

L'objectif est de faire des prélèvements des échantillons à analyser.

L'échantillonnage a pour objectif de connaître la qualité de l'eau et de s'assurer de la certitude des résultats obtenus [64].

#### II.I.1.1. Mode de prélèvement

Avant de faire les prélèvements il faut laisser l'eau couler au moins 5 minutes. Le prélèvement exige certaines précautions. L'eau doit être collectée dans les flacons stériles remplis à 2/3 pour avoir un espace d'air. Pour les analyses physicochimiques, les flacons en polyéthylène ou en verre sont remplis entièrement pour chasser les bulles d'air susceptibles de modifier les analyses. L'eau prélevée destinée pour les analyses ne doit pas dépasser les 24 heures après chaque prélèvement a moins doit être conservée entre 2 et 5 °C [64].

#### II.I.1.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquètes soient lisibles et indétectables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision ; la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales [68].



Figure. II.I.1 : Photos réelles d'échantillons prélevés

## II.I.2. Analyse Chimiques et Physicochimiques de l'eau brute et traitée du Barrage Hammam Debagh

### II.I.2.1. Mesure de la couleur

#### Mode opératoire

Rincer bien la cuvette avec l'eau distillée. Remplir la cuvette avec de l'eau à analyser jusqu'au trait de jauge. Vérifiez l'absence de bulles d'air avant la mesure. Mettre la cuvette dans l'appareil de mesure (colorimètre). Noter les résultats en Pt/CO



Figure.II.I.2:Colorimètre utilisé dans le laboratoire de la station

### II.I.2.2. Mesure de la turbidité



Figure.II.I.3: Image de turbidimètre utilisé

#### Mode opératoire

Rincer la cuvette avec l'eau distillée et remplir avec de l'eau à analyser jusqu'au trait jaugé; 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 NTU; Noter le résultat de la turbidité.

### II.I.2.3. Mesure de la température (°C) et du pH

#### 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.



Figure.II.I.4 : Image d'un pH-mètre

### II.I.2.4. Mesure de la conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

#### 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.



Figure.II.I.5 : Images d'un appareil multi-paramètres



### II.I.2.5. Mesure de la totalité des solides dissouts TDS (mg/l) et la salinité

#### Mode opératoire

Remplir le bécher avec l'eau à analyser ; Rincer bien l'électrode avec l'eau distillée ; Plonger l'électrode dans le bécher et cliquer sur le bouton (On); L'appareil affiche directement les résultats; Noter la TDS et cliquer sur le bouton (x) pour changer le paramètre;  
Laisser un moment jusqu'à l'affichage de la valeur de la salinité; Noter les résultats de TDS et de la salinité.



Figure.II.I.6: multi-paramètre (TDS, Salinité).

### II.I.2.6. Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates

#### 1) -Titre alcalimétrique simple (TA)

#### Mode opératoire

A 100 ml d'eau à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphaléine. Si une coloration rose apparaît, titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur. Si la couleur n'apparaît pas le TA = 0 (pH < 8,3 donc TA = 0) ; On note  $V_{TA}$  le volume versé



Figure.II.I.7: 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 à 0.5% ; titrer par l'acide sulfurique jusqu'au virage rouge orange et noter  $V_{TAC}$  le volume versé.

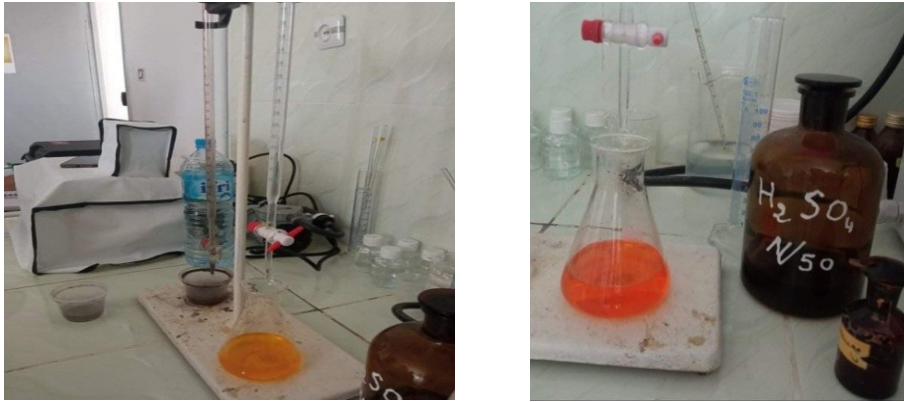


Figure.II.1.8: Montage représentant l'analyse de TAC.

## 3)- Détermination de la concentration des ( $HCO_3^-$ ) (Voire partie II chapitre 2)

### II.I.2.7. 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.



Figure.II.1.9: Dosage du calcium ( $Ca^{2+}$ )

### II.I.2.8. 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  $\text{NH}_4\text{OH}$  et une pincée d'indicateur : le noir ériochrome 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  $V_{\text{EDTA}}$  le volume d'EDTA utilisé.



Figure.II.I.10: Images représentant l'analyse de TH

### II.I.2.9. Dosage des chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

#### Mode opératoire

Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer ; Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate 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.



Figure.II.I.11: Montage représentant l'analyse des  $\text{Cl}^-$

### II.I.2.10. 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  $V_1$  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  $V_0$  de la solution de permanganate consommé.



Figure.II.I.12: Images représentant l'analyse de la MO

### II.I.2.11. 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.



**Figure.II.I.13:** Images des accessoires pour la détermination du résidu sec (RS)

### II.I.2.12. 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 M0 = masse des membranes avant; 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 (105°C) afin de sécher les membranes pendant 20 minutes; Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit M1 = masse des membranes après filtration.



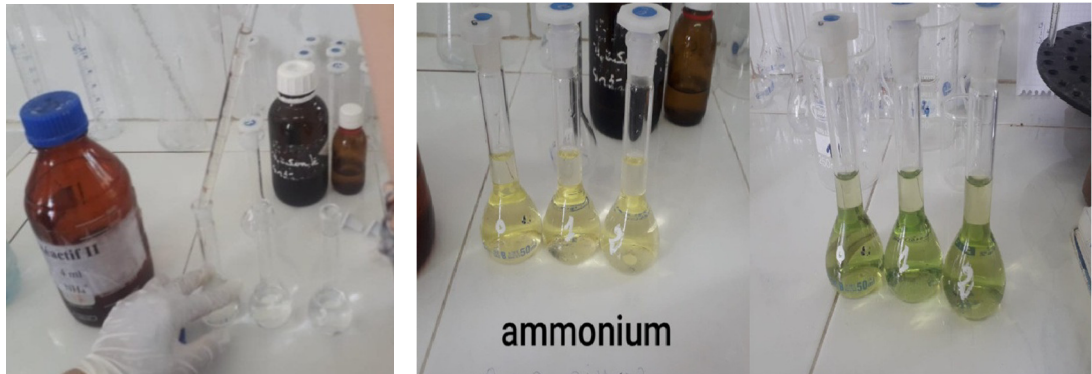
**Figure .II.I.14:** Image représentant l'analyse de MES

### II.I.2.13. Dosage de l'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

#### Mode opératoire

Prélever 40 ml d'échantillon d'eau à analyser, dans une fiole de 50 ml ; Ajouter 4 ml duréactif 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 (**figure III.18**); Après au moins 45 min, 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 655 nm.



**Figure.II.I.15:** Image représentant l'analyse de  $\text{NH}_4^+$   
0 : le blanc (eau distillée) ; 1 : eau à analyse (eau brute) ; 2 : eau à analyser (eau brute)



**Figure .II.I.16:** Schéma d'un Spectrophotomètre

#### II.I.2.14. Dosage du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

##### 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.

### II.I.2.15. Dosage des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

#### Mode opératoire

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml avec de l'eau distillée ; Ajouter 5 ml 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.

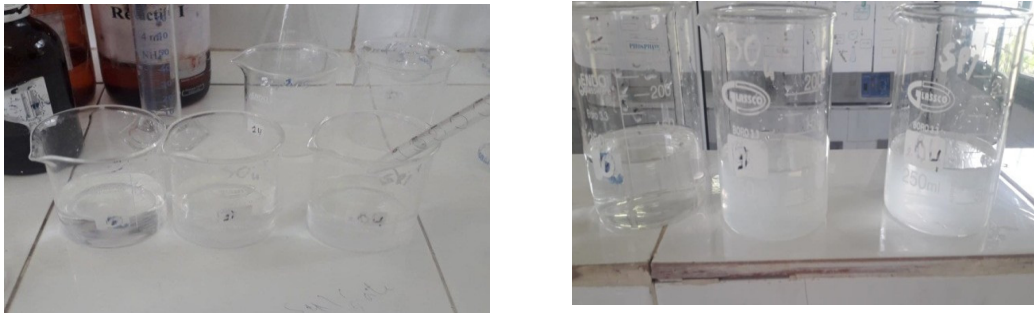


Figure .II.I.17: images représentant l'analyse des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

### II.I.2.16. Dosage des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

#### Mode opératoire

Prendre 40 ml d'eau à analyser et 1 ml d'acide ascorbique ; Ajouter 2 ml du réactif mélange 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.2.17. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

#### Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser ; Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % ; Ajouter 1 ml de salicylate de sodium; Evaporer à sec au bain Marie ou à l'étuve (75 - 88° C) (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps); Laisser refroidir; Reprendre le résidu avec 2 ml d'  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; 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 .II.I.18:** Images représentant l'analyse des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

### II.I.2.18. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### Mode opératoire

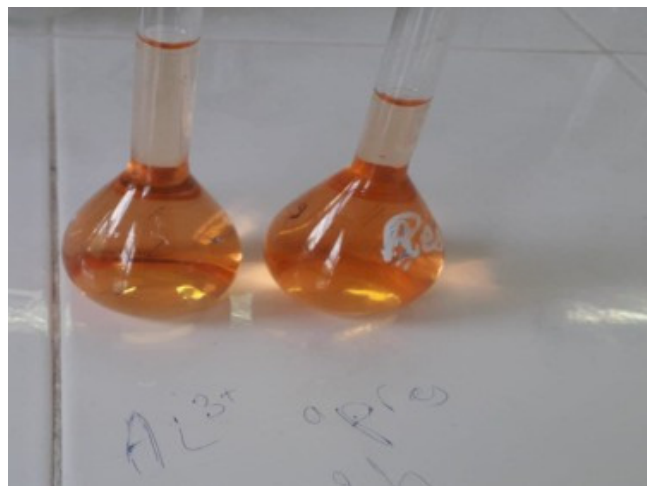
Prendre 50 ml d'eau à analyser ; Ajouter 1 ml du réactif mixte; Attendre 10 min; L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$ ; Faire la lecture au spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde de 543 nm;

**Expression du résultat :** le résultat est donné directement en mg/l.

### II.I.2.19. Dosage d'aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ )

#### 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;



**Figure .II.I.19:** Image représentant l'analyse d'aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ )



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

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

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.

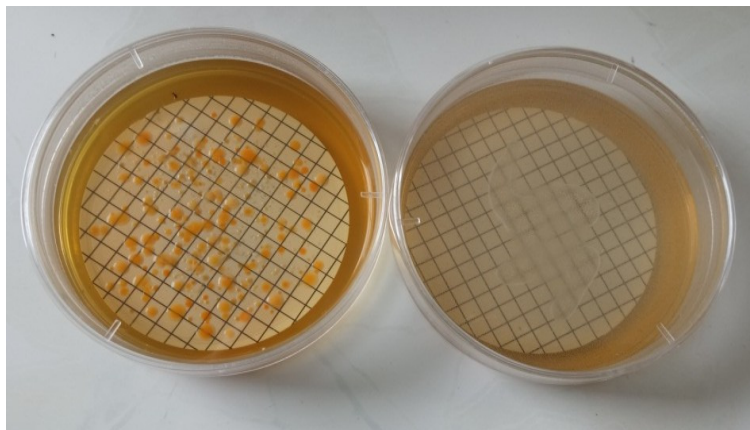
##### a) Mode opératoire

Verser 1 ml d'eau à analyser au fond de deux boîtes de pétri vides ; Compléter ces deux boîtes avec une quantité d'environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue (**voir Annexe**), refroidir à 45°C; Maintenir une agitation délicate en utilisant un mouvement circulaire 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 paillasse pour se solidifier; Rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose.

##### b) Incubation

L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 h pour la première boîte et à 22 °C pendant 72 h pour la deuxième boîte.

#### II.II.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)



**Figure .II.I.20:** Image représentant l'analyse bactériologique de l'eau (coliformes totaux et fécaux).

##### a) Mode opératoire

- Pour les coliformes totaux

Remplir l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser ; Actionner la rampe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane; Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile; Ensemencer la membrane qui renferme les germes, dans une boîte de pétri contenant de la gélose TTC Tergitol.

#### - Pour les coliformes fécaux

Placer dans le milieu Schubert s'il y a des colonies.

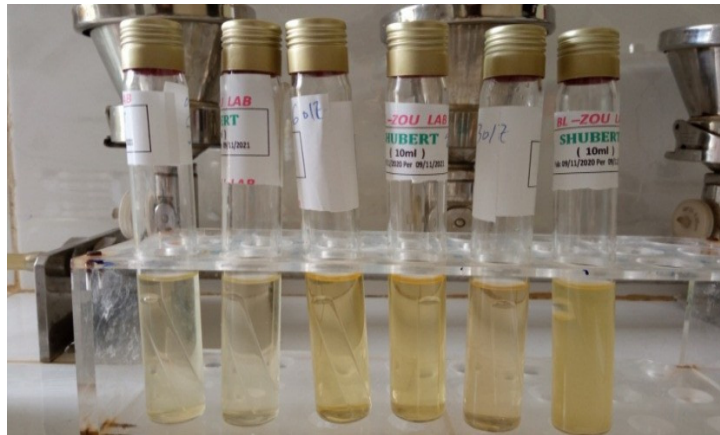


Figure .II.I.21: Image représentant les analyses des coliformes totaux et fécaux.

#### b) Incubation

##### -Pour les coliformes totaux

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures.

##### -Pour les coliformes fécaux (*Escherichia coli*)

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

#### II.I.3.3. Recherche des streptocoques fécaux

##### a) 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 50 ml 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 Bartley.

**Incubation**

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

**II.I.3.4. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR)****a) 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  $45 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; L'incorporation se fait dans un tube et 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 pailleasse pendant 30 minutes environ.

**b) Incubation**

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

**Remarque :** Pour mener à bien ce travail, et permettre de faire des comparaisons et de tirer des conclusions, nous avons choisi de réaliser une étude s'étalant sur dix mois successifs y compris notre mois de stage ( couvrant presque les 4 saisons de l'année).

## Résultats et Discussion

### II.II.1. Présentation de la région d'étude

#### II.II.1.1. Description de la région de Guelma

La ville de Guelma est située à environ 520 kilomètres au nord de la région des Aurès, à une altitude moyenne de 290 mètres. Le climat est froid en hiver, sec en été. Guelma se situe au cœur d'une grande région agricole, elle est entourée de montagnes (Maouna ou Mahouna, Debagh ) ce qui lui donne le nom de ville assiette, sa région bénéficie d'une grande fertilité grâce notamment à la vallée Seybouse et d'un grand barrage (**Barrage de Bouhamdene**) qui assure un vaste périmètre d'irrigation. Ses ressources agricoles et thermales étaient depuis la nuit des temps la fierté de cette localité. Elle occupe aussi une position géographique stratégique, en sa qualité de carrefour dans la région nord-est de l'Algérie, reliant le littoral des Wilaya de Annaba, El Taref et Skikda, aux régions intérieures telles que les Wilaya de Constantine, Oum El Bouagui et Souk Ahras [76].



Figure II.II.1 : Carte de la position géographique de la wilaya de Guelma.

#### II.II.1.2. Description du Barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdene)

Il est situé à 23 km de la wilaya de Guelma et se trouve implanter à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, sur l'Oued Bouhamdane, il tire son nom de la zone des sources thermales et il a été mis en service en 1987. Le Barrage est destiné principalement

à l'irrigation du périmètre de Guelma, et de Bouchegouf soit une superficie de 13000 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 200 hm<sup>3</sup> permettant une régularisation annuelle de 55 à 60hm<sup>3</sup>. Le bassin versant du barrage s'étend sur 1070 km donnant un apport interannuel de 69 hm<sup>3</sup>. La crue maximale retenue par le projet est de 35000 m<sup>3</sup> /s [77].



Figure II.II.2 : Image satellite du barrage Bouhamden.

### II.II.1.3. Le cadre géologique et lithologique du Barrage

La géologie et la lithologie sont des parties très importantes dans toute étude hydrologique et hydro chimique. Elles jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux se trouvant dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré. Ces paramètres sont conditionnés par la perméabilité du terrain. La géologie d'Oued Bouhamdene est formée de nappe substratum de calcaire, lequel ont été charriées les nappes dites telliennes, constituées de marnes noirs ou gris. Son bassin versant permet

de voir trois formations géologiques : des formations tendres et pentes, des formations superficielles et des formations raides (perméables). La lithologie du bassin versant de l'oued Bouhamdene est complexe. Elle présente des variations de résistance et de faciès allant des roches les plus dures représentées par les roches calcaires et gréseuses, aux roches les plus tendres marneuses [78].

#### II.II.1.4. Les activités anthropiques autour du Barrage

**Tableau II.II.1:** Caractéristiques du barrage de Bouhamden[77].

<b>Début des travaux</b>	<b>Octobre 1980</b>
<b>Achèvement des travaux</b>	<b>Décembre 1987</b>
<b>Localité</b>	<b>Bouhamdene (guelma)</b>
<b>Une latitude</b>	<b>36° 27' N</b>
<b>Une longitude</b>	<b>7° 14' E</b>
<b>Une altitude de</b>	<b>418.31m</b>
<b>Effluents</b>	<b>Oued Bouhamdene</b>
<b>Type</b>	<b>En terre avec noyau central</b>
<b>Capacité hydrique</b>	<b>20hm<sup>3</sup>(1988) 184.347hm<sup>3</sup>(2004) Après levée bathymétrique</b>
<b>Superficies du bassin versant</b>	<b>1070Km<sup>2</sup></b>
<b>Apport annuel moyen</b>	<b>63hm<sup>3</sup></b>
<b>Profondeur maximale</b>	<b>93m</b>
<b>Hauteur de l'eau</b>	<b>Minimal : 5m, Maximal : 60m</b>
<b>Envasement moyen annuel</b>	<b>0.53hm<sup>3</sup></b>
<b>Sources d'approvisionnement en eau</b>	<b>Oued Bouhamdene et ses affluents</b>
<b>Longueur en crête</b>	<b>340m</b>
<b>Larguer en crête</b>	<b>9m</b>
<b>Volume de la digue</b>	<b>6500000m<sup>3</sup></b>
<b>Largeur à la base</b>	<b>516m</b>
<b>Longueur de couronnement</b>	<b>430m</b>
<b>Excavations</b>	<b>1700000m<sup>3</sup></b>

La zone d'étude est classée comme un secteur agricole ; elle est caractérisée par la culture à vaste échelle des différents produits agricoles : légumes (323 ha), cultures industrielles (1711 ha), fourrages (03 ha), arbres fruitiers (353 ha) et céréales (11 ha). Les pesticides et ainsi que leurs dérivés utilisés lors de la culture de ces fruits et légumes aux alentours d'Oued Bouhamdene finissent par atteindre les eaux du barrage par les phénomènes de ruissellement et d'infiltration. Pour l'industrie, notre région d'étude est caractérisée par les stations de lavage et de carburants au nombre de quinze concentrées sur l'axe Hammam Debagh-Bouhamdene et les unités industrielles (briqueterie), qui déversent leurs rejets dans les affluents de l'Oued Bouhamdene. Les différents types de pollution dans la région d'étude sont la pollution urbaine représentée par les rejets des eaux usées domestiques de la zone d'étude, qui sont jetés, sans traitement préalable dans les Oueds et la pollution de type agricole [80].

#### **II.II.1.5. Climat**

La région est soumise à un climat de type méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes, l'une humide marquée par une forte pluviométrie allant d'octobre à mai et par de faibles températures, l'autre sèche et chaude avec de fortes températures ; atteignant leur maximum au mois d'août [77].

#### **II.II.1.6. La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh**

Elle est située à 1 km à l'amont de la localité du barrage de Bouhamden, à environ 2 km au Nord-ouest de l'agglomération du chef-lieu de la commune et se trouve sur la rive droite d'Oued Bouhamdene à 40 km, elle est mise en service en 2003, sa surface est de 3 hectares, et de 296 m d'élévation : La station est alimentée par le barrage Bouhamdene qui possède une capacité théorique de 220 millions de m<sup>3</sup> [81].

Les concentrations des différents paramètres analysés sont représentées dans les tableaux ci-après, ces résultats déterminent la qualité de l'eau de distribution à la ville de Guelma et ses environs.

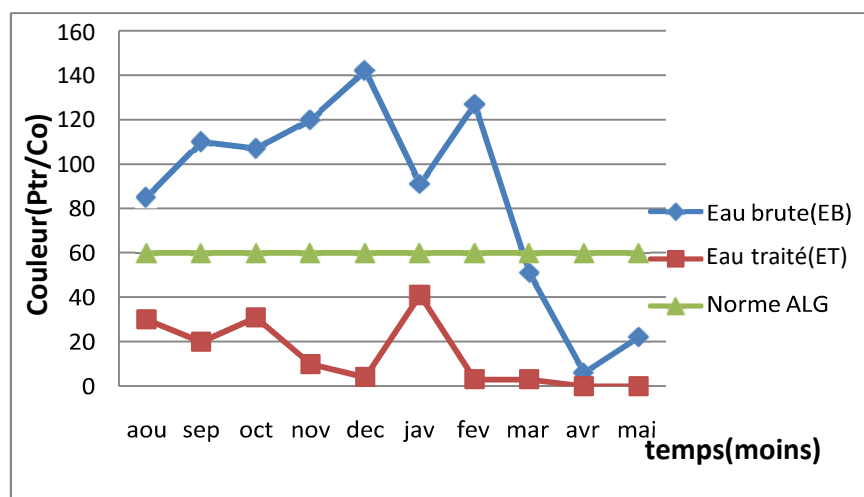
L'interprétation de ces résultats est effectuée selon les normes du journal officiel de la république algérienne correspondant au 4 mars 2014, portant dissolution de l'agence de gestion du système hydraulique de Beni Haroun, et le guide de la qualité de l'eau commercialisé déterminé dans le contrat d'achat de l'eau. (voir Annexe).

### II.II.2. Analyse Chimiques et Physicochimiques

#### II.II.2.1. Mesure de la couleur

**Tableau II.II.2:** Résultats des analyses de la couleur pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Couleur (Pt/Co) <b>Brute (EB)</b>	85	110	107	120	142
Couleur (Pt/Co) <b>Traitée(ET)</b>	30	20	31	10	4
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
Couleur (Pt/Co) <b>Brute (EB)</b>	91	127	51	6	22
Couleur (Pt/Co) <b>Traitée(ET)</b>	41	3	3	0	0



**Figure II.II .3 :** Evolution de la couleur dans l'intervalle (Aout 2020 à mai 2021)



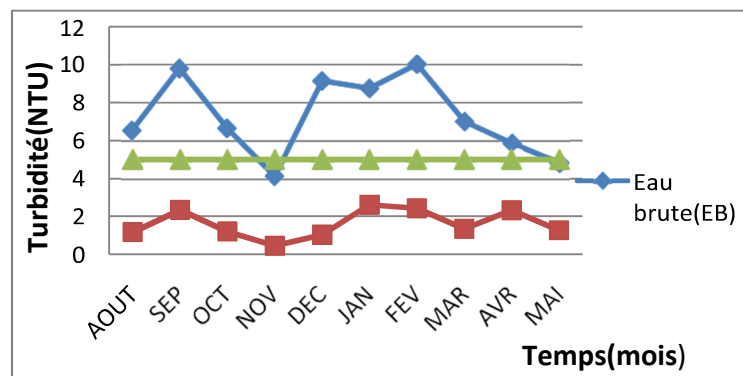
### Interprétation des résultats obtenus

Les résultats des analyses obtenus (Figure.II.II.3) montrent une variation très grande entre la valeur de la couleur de l'eau brute et celle traitée. Les valeurs de la couleur de l'eau traitée restent toujours inférieures à la valeur indicative par la norme algérienne (60 Pt /Co). Ceci indique l'absence des ions métallique fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) et fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ), qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau.

#### II.II.2.2. Mesure de la turbidité

**Tableau II.II.3:** Résultats des analyses de la turbidité pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Turbidité(NTU) Brute (EB)</b>	<b>6.52</b>	<b>9.76</b>	<b>6.64</b>	<b>4.14</b>	<b>9.11</b>
<b>Turbidité(NTU) Traitée(ET)</b>	<b>1.17</b>	<b>2.35</b>	<b>1.20</b>	<b>0.45</b>	<b>1.03</b>
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>Turbidité(NTU) Brute (EB)</b>	<b>8.72</b>	<b>9.99</b>	<b>6.99</b>	<b>5.85</b>	<b>4.81</b>
<b>Turbidité(NTU) Traitée(ET)</b>	<b>2.62</b>	<b>2.44</b>	<b>1.35</b>	<b>2.33</b>	<b>1.27</b>



**Figure II.II.4 :** Evolution de turbidité (Turb) dans l'intervalle (Aout 2020 à Mai 2021)

#### Discussion du résultat obtenu

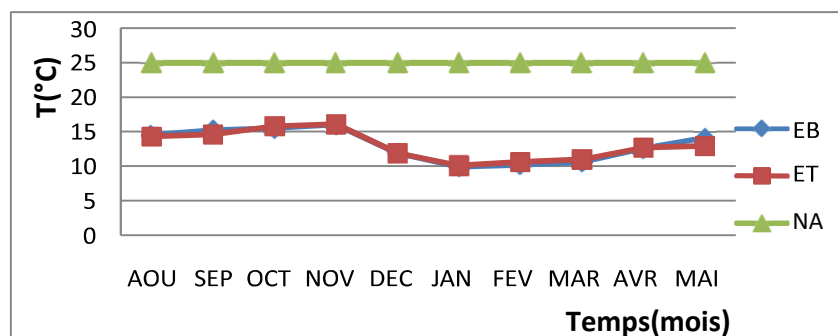
L'analyse de ces résultats (Figure II.II.4) montre que les valeurs de la turbidité des eaux brutes augmentent et diminuent au cours du temps. Cette turbidité est due principalement aux pluies. En effet, au cours de son parcours, l'eau se charge de quantités énormes de particules, qui la rendent trouble. 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.2.3. Mesure de la température (°C)

**Tableau II.II.4:** Résultats des analyses de la température pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	<b>Aout</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>T(°C) Brute (EB)</b>	<b>14.5</b>	<b>15.2</b>	<b>15.5</b>	<b>16</b>	<b>11.9</b>
<b>T(°C) Traitée(ET)</b>	<b>14.3</b>	<b>14.6</b>	<b>15.8</b>	<b>16.1</b>	<b>11.9</b>
<i>Date de Prélèvement</i>	<b>Janv</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>
<b>T(°C) Brute (EB)</b>	<b>9.9</b>	<b>10.2</b>	<b>10.6</b>	<b>12.6</b>	<b>14.1</b>
<b>T(°C) Traitée(ET)</b>	<b>10.1</b>	<b>10.6</b>	<b>11</b>	<b>12.7</b>	<b>12.9</b>



**Figure II.II.5 :** Evolution de la température (T) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

### Interprétation des résultats obtenus

La Figure.II.II.5 montre que les valeurs de la température de l'eau brute et celle traitée sont très proches et elles balancent entre 10 °C et 16 °C. Evidemment, on peut constater que la température diminue pendant l'hiver et augmente pendant les autres mois. Toutes les valeurs sont conformes à la norme Algérienne à 25°C.

## II.II.2.4. Mesure du pH

Tableau II.II.5: Résultats des analyses de pH pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
pH Brute (EB)	8.58	7.66	7.74	8.07	7.85
pH Traitée(ET)	8.40	7.80	7.82	8.06	8.03
<i>Date de Prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
pH Brute (EB)	8.10	8.36	8.23	8.25	8.29
pH Traitée (ET)	7.91	8.03	8.26	8.26	8.31

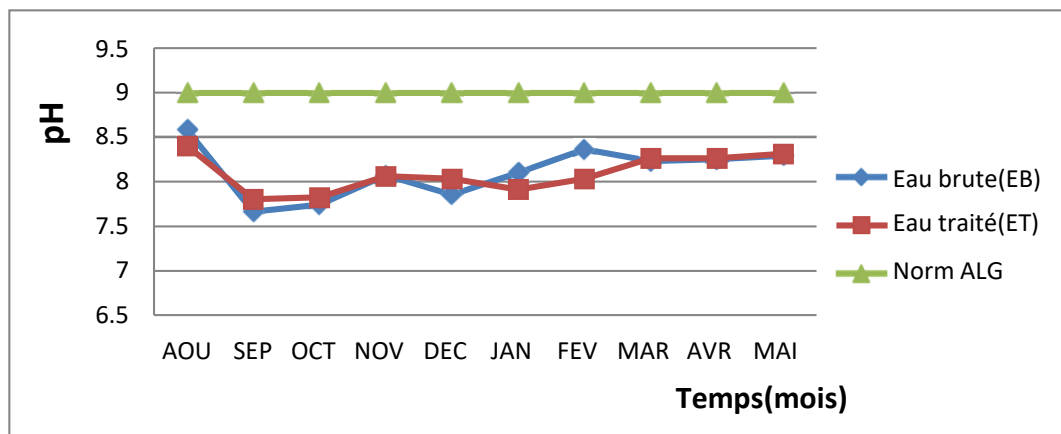


Figure II.II.6 : Evolution du potentiel d'hydrogène (pH) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

## Discussion

Les résultats obtenus montrent une variation très légère entre le PH de l'eau brute et l'eau traitée (mois de février) au cours du temps, les valeurs sont proches et balancent entre 7.7 et 8.6. Elles restent toujours inférieures à la valeur la norme algérienne (13).

II.II.2.5. Mesure de la conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Tableau II.II.6: Résultats de la mesure de la conductivité pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>CE(<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>) Brute (EB)</b>	<b>568</b>	<b>575</b>	<b>588</b>	<b>616</b>	<b>546</b>
<b>CE(<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>) Traitée(ET)</b>	<b>572</b>	<b>568</b>	<b>587</b>	<b>625</b>	<b>549</b>
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>CE(<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>) Brute (EB)</b>	<b>491</b>	<b>519</b>	<b>515</b>	<b>549</b>	<b>570</b>
<b>CE(<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>) Traiée(ET)</b>	<b>502</b>	<b>515</b>	<b>524</b>	<b>556</b>	<b>560</b>

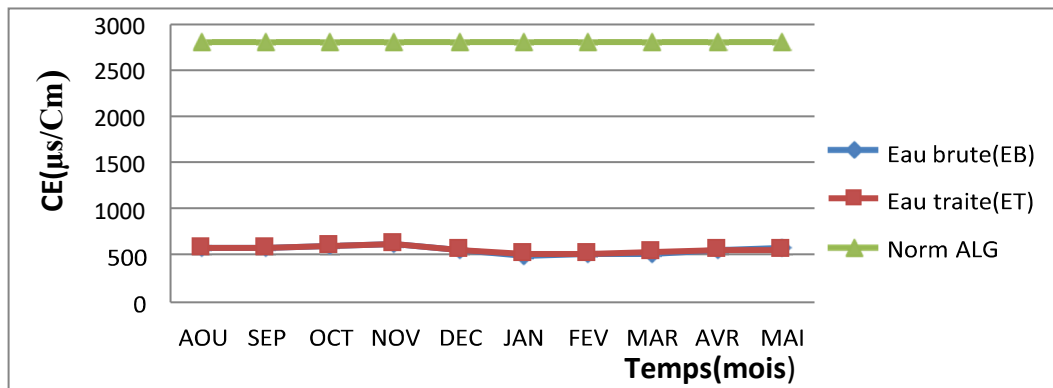


Figure II.II.7 : Evolution de la conductivité électrique (CE) pour l'intervalle (Aout 2020 à mai 2021)

## Interprétation des résultats obtenus

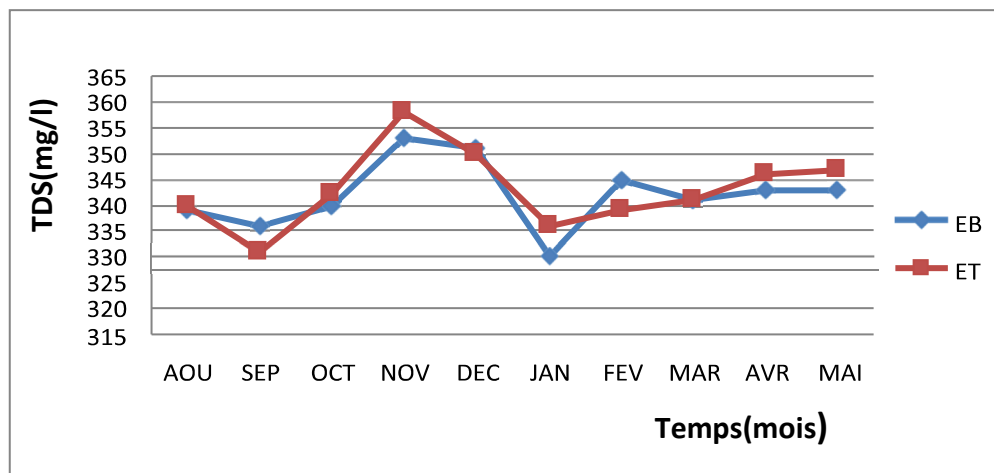
De manière générale, la conductivité de l'eau dépend de beaucoup de substances ou de matières inorganiques solides dissoutes dans l'eau, telles que les sulfates, les chlorures et les bicarbonates. Si le niveau de quantité de matières dissoutes dans l'eau augmente, la conductivité électrique augmente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

D'après les résultats obtenus, on remarque que les valeurs de la conductivité électrique sont très proches et ne dépassent pas le max de la norme Algérienne qui est  $2800 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Les valeurs de la conductivité de l'eau traitée ( $626\text{-}502 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) sont très inférieures à cette norme, donc on peut dire que ce plan d'eau est de bonne qualité.

## II.II.2.6. Mesure de la totalité des solides dissouts TDS (mg/l)

Tableau II.II.7: Résultats des analyses de la TDS pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>TDS(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>339</b>	<b>336</b>	<b>340</b>	<b>353</b>	<b>351</b>
<b>TDS(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>340</b>	<b>331</b>	<b>342</b>	<b>358</b>	<b>350</b>
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>TDS(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>330</b>	<b>345</b>	<b>341</b>	<b>343</b>	<b>343</b>
<b>TDS(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>336</b>	<b>339</b>	<b>341</b>	<b>346</b>	<b>346</b>



**Figure II.II.8 :** Evolution de la totalité des solides dissouts (TDS) dans l'intervalle (Aout 2020 à Mai 2021)

**Discussion**

La Figure.II.II.8 présente l'évolution de la totalité des solides dissouts en fonction des mois. D'après les résultats, nous pouvons noter que les valeurs sont oscillantes et varient entre (330- 340 mg/l) pour l'eau brute et entre (331-347 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, l'eau traitée est d'une bonne qualité.

II.II.2.7. Mesure de la salinité

Tableau II.II.8: Résultats des analyses de la salinité pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	<b>Aout</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>Salinité Brute (EB)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<b>Salinité Traitée (ET)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<i>Date de prélèvement</i>	<b>Janv</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>
<b>Salinité Brute (EB)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.11</b>	<b>0.1</b>
<b>Salinité Traitée (ET)</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>

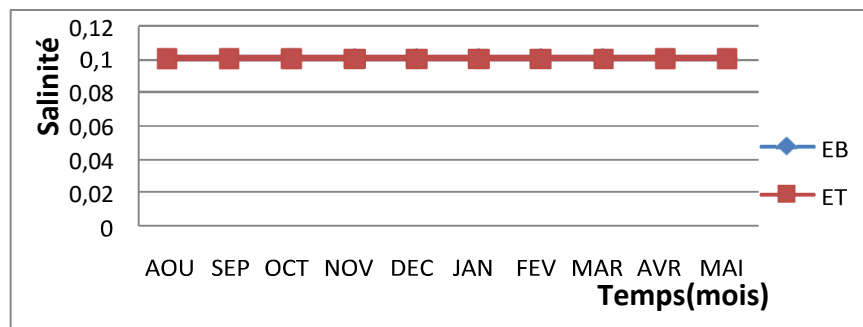


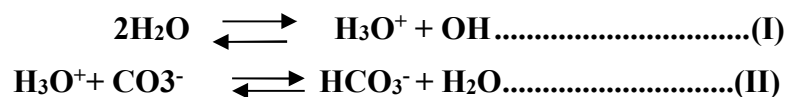
Figure II.II.9 : Evolution de la salinité en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

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.2.8.Détermination des alcalinités TA et TAC et les bicarbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

1) -Détermination du titre alcalimétrique simple (TA)



Expression des résultats : TA = [OH<sup>-</sup>] + [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] ..... (1)

TA (°f) = V<sub>titré</sub> (ml) ..... (2)

Tableau II.II.9: Résultats des analyses de TA pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

Date de prélèvement	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
TA(°f) Brute (EB)	0	0	0	0	0
TA(°f) Traitée(ET)	0	0	0	0	0
Date de prélèvement	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
TA(°f) Brute (EB)	0	0	0	0	0
TA(°f) Traitée(ET)	0	0	0	0	0

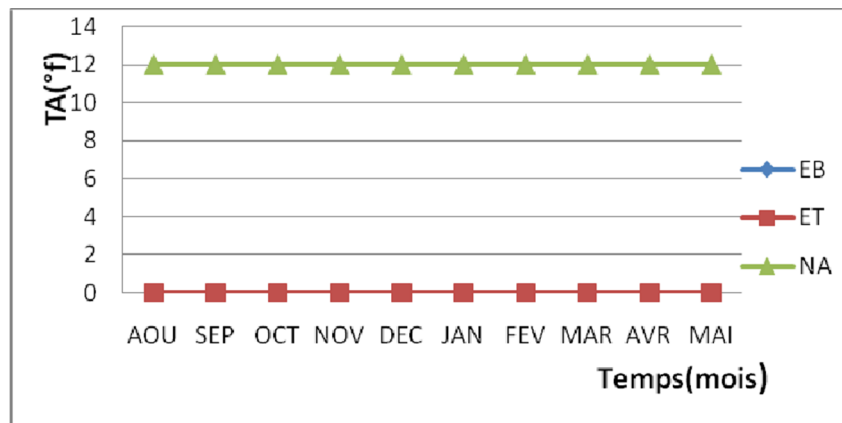


Figure II.II.10 : Evolution du titre alcalimétrique simple (TA) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

**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 :

$$TAC \text{ (mg/l)} = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] \dots\dots\dots(3)$$

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

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

Tableau II.II.10: Résultats des analyses de TAC pour la période (aout 2020 à mai 2021)

Date de prélèvement	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
TAC(°f) Brute (EB)	16.2	15.3	15.3	15.5	15
TAC(°f) Traitée(ET)	15.5	15.1	15.1	15.2	14.8
Date de prélèvement	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
TAC(°f) Brute (EB)	14	14.1	14.3	15.4	16
TAC(°f) Traitée(ET)	13.8	13.5	13.8	15.2	15.4

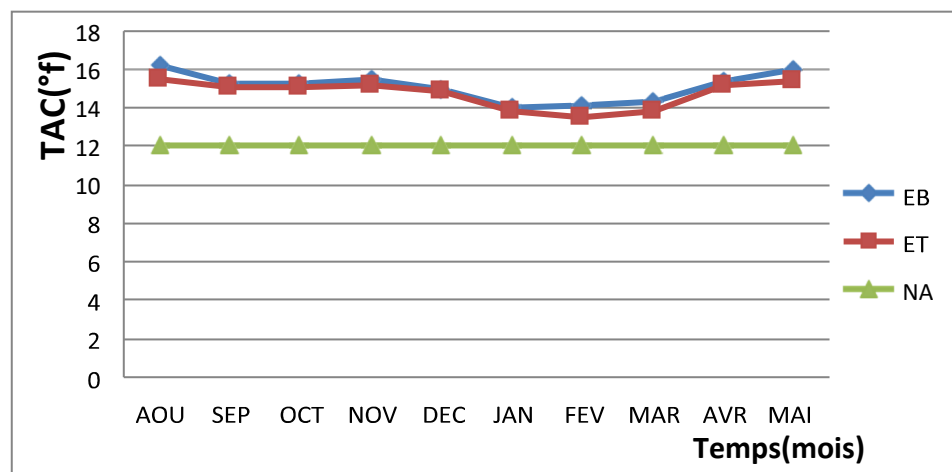


Figure II.II.11 : Evolution du titre alcalimétrique complet (TAC) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

**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 et dépassent la norme Algérienne qui est de 12°f.

**3)- Détermination de la concentration des (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Expression des résultats :

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

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



V : volume d'acide versé dans le titrage de TAC ;

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

$M_{\text{HCO}_3^-}$ : masse molaire de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) = 61 g/mol ;

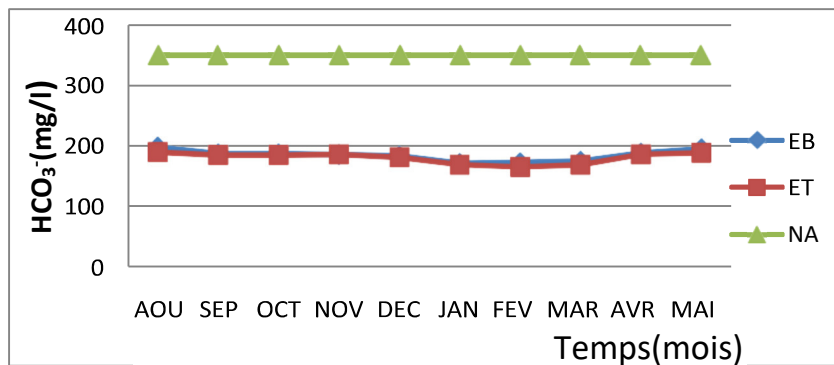
PE : prise d'essai

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

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

**Tableau II.II.11:** Résultats des analyses de bicarbonate pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	<b>Aout</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>197.6</b>	<b>186.66</b>	<b>186.66</b>	<b>185.1</b>	<b>183</b>
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>189.1</b>	<b>184.22</b>	<b>184.2</b>	<b>185.44</b>	<b>180.56</b>
<i>Date de prélèvement</i>	<b>Janv</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>170.8</b>	<b>172.02</b>	<b>174.46</b>	<b>187.88</b>	<b>195.2</b>
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>168.3</b>	<b>164.7</b>	<b>168.36</b>	<b>185.44</b>	<b>187.88</b>

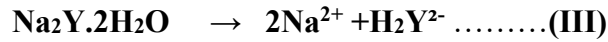


**Figure II.II.12 :** Evolution des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021)

**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 – 164.7 mg/l). Tous les résultats sont dans la norme Algérienne (350 mg/l).

II.II.2.9. Dosage du calcium (Ca<sup>2+</sup>)



Avec : Y= EDTA

Expressions des résultats :  $\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = \text{C}_1 \times \text{V}_1 \times \text{M}(\text{Ca}^{2+}) / \text{PE} \times 1000 \dots\dots\dots(9)$

C<sub>1</sub> : concentration exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01 mol/l;

V<sub>1</sub> : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage

M<sub>Ca2+</sub> : 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).

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = (\text{V}_1 \times 0,01 \times 40,08 / 50) \times 1000 \dots\dots\dots(10)$$

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = \text{V}_1 \times 8,01 \dots\dots\dots(11)$$

Tableau II.II.12: Résultats des analyses de calcium pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Ca<sup>2+</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>72.89</b>	<b>70.4</b>	<b>68.88</b>	<b>85.86</b>	<b>68.88</b>
<b>Ca<sup>2+</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>72.89</b>	<b>70.4</b>	<b>68.88</b>	<b>85.86</b>	<b>68.88</b>
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>Ca<sup>2+</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>67.28</b>	<b>68.08</b>	<b>70.48</b>	<b>67.28</b>	<b>66.42</b>
<b>Ca<sup>2+</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>67.28</b>	<b>68.08</b>	<b>70.48</b>	<b>67.28</b>	<b>66.42</b>

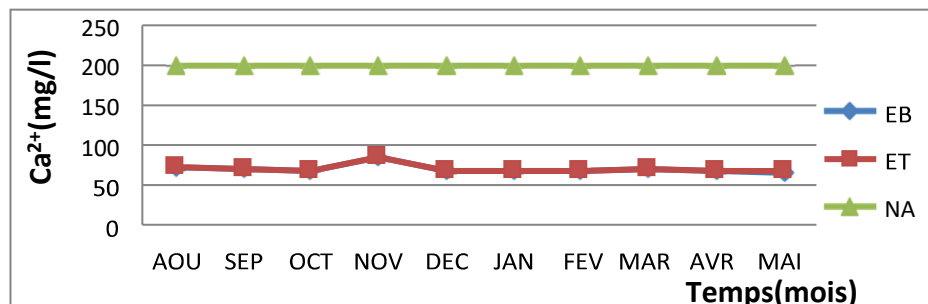


Figure II.II.13 : Evolution du calcium (Ca<sup>2+</sup>) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

### Discussion

Les résultats d'analyses montrent que la teneur en calcium est la même pour l'eau brute et l'eau traitée. En comparant les résultats d'analyse de  $\text{Ca}^{2+}$  avec la norme algérienne (200 mg/l), on peut conclure qu'ils sont qualifiés d'acceptables pour toutes les eaux analysées.

#### II.II.2.10. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

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

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

Avec : 1 °f = 10 mg/l pour le TH

Tableau II.II.13: Résultats des analyses de TH pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
TH(°f) Brute (EB)	22.2	27	26.8	26.2	27.2
TH(°f) Traitée (ET)	22.2	27	26.8	26.2	27.2
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
TH(°f) Brute (EB)	26	26.8	26.4	26	26.4
TH(°f) Traitée (ET)	26	26.8	26.4	26	26.4

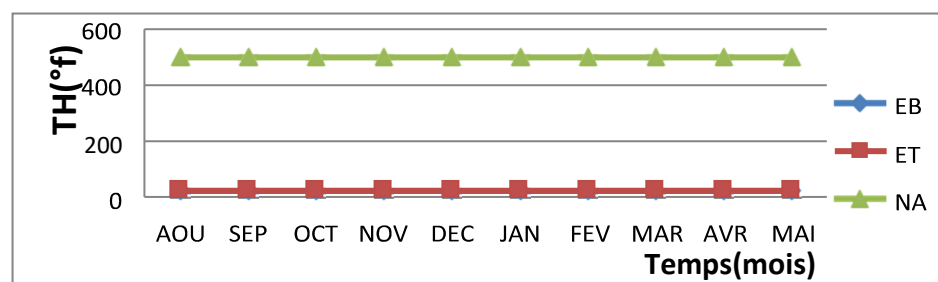


Figure II.II.14 : Evolution du titre hydrotimétrique (TH) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

### Discussion

La Figure II.II.14 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.2.11. Détermination du magnésium (Mg<sup>2+</sup>)**

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

$$\text{TH total} = \text{TH}_{\text{Ca}^{2+}} + \text{TH}_{\text{Mg}^{2+}} \dots\dots\dots (14)$$

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

Où : **TH total** : dureté totale en (°f);

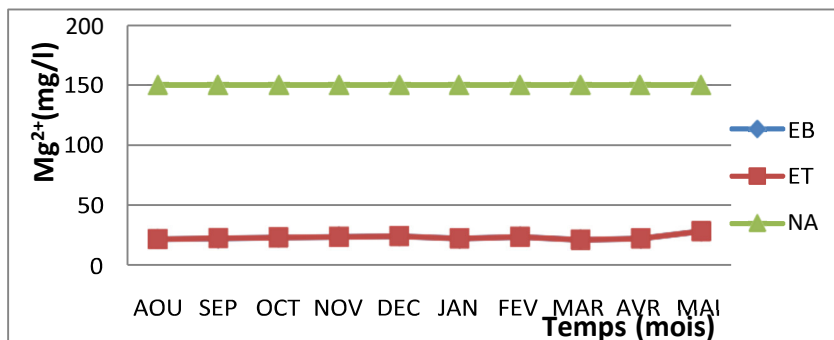
TH<sub>Ca<sup>2+</sup></sub> : dureté calcique en (°f);

TH<sub>Mg<sup>2+</sup></sub> : dureté magnésienne en (°f).



**Tableau II.II.14:** Résultats des analyses du magnésium pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	<b>Aout</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>Mg<sup>2+</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>21.87</b>	<b>22.4</b>	<b>23.3</b>	<b>23.81</b>	<b>24.3</b>
<b>Mg<sup>2+</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>21.87</b>	<b>22.4</b>	<b>23.3</b>	<b>23.81</b>	<b>24.3</b>
<i>Date de prélèvement</i>	<b>Janv</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>
<b>Mg<sup>2+</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>22.36</b>	<b>23.81</b>	<b>21.38</b>	<b>22.36</b>	<b>28.36</b>
<b>Mg<sup>2+</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>22.36</b>	<b>23.81</b>	<b>21.81</b>	<b>22.36</b>	<b>28.36</b>



**Figure II.II.15 :** Evolution de la teneur du magnésium (Mg<sup>2+</sup>) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

**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 ( $Mg^{2+}$ ) ne dépasse pas la norme Algérienne qui est de 150 mg/l.

**II.II.2.12. Dosage des chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

$$Cl^- (mg/l) = V(AgNO_3) \times C(AgNO_3) \times M(Cl^-) / PE \times 1000 = V(AgNO_3) \times 0,1 \times 35,5 / 25 \times 1000 \dots (16)$$

Où :

$V_{AgNO_3}$ : volume de nitrate d'argent en millilitres;

$C_{AgNO_3}$ : concentration d'argent 0,1 (mol/l);

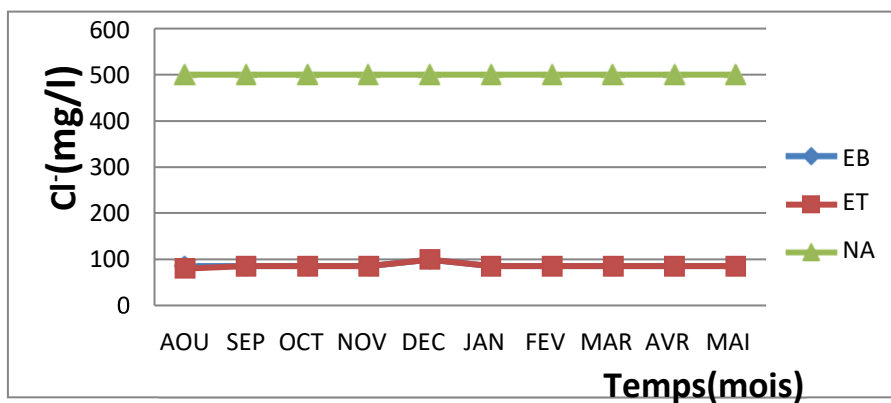
$M(Cl^-)$  : masse molaire du chlore = 35,5 g/mol;

$PE$  : prise d'essai = 25 ml.

$$Cl^- (mg/l) = V_{AgNO_3} \times 142 \dots \dots \dots (17)$$

**Tableau II.II.15:** Résultats des analyses des chlorures pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>Cl<sup>-</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>80.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>99.4</b>
<b>Cl<sup>-</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>80.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>99.4</b>
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>Cl<sup>-</sup>(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>
<b>Cl<sup>-</sup>(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>	<b>85.2</b>



**Figure II.II.16 :** Evolution des chlorures (Cl<sup>-</sup>) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021)

**Discussion**

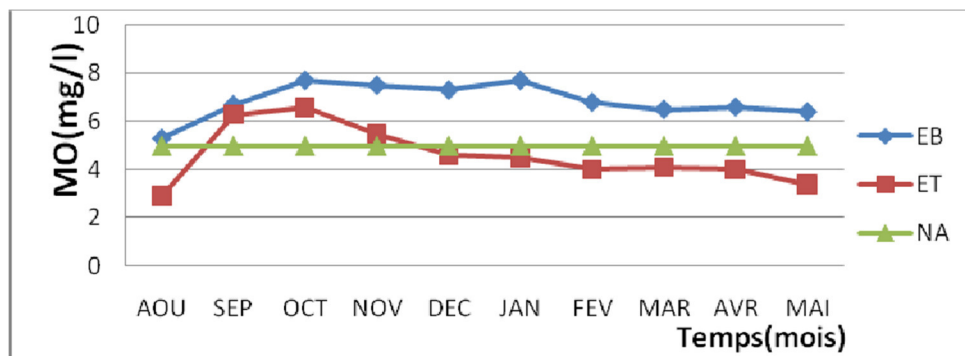
La concentration des chlorures dans l'eau dépend du terrain traversé. Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives. Selon les normes algériennes relatives à lapotabilité des eaux, les chlorures doivent avoir une teneur inférieure à 500 mg/l dans les eaux de consommation. D'après les 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) et ne dépassent pas la norme (500 mg /l). La qualité de l'eau de barrage est excellente.

**II.II.2.13. Détermination de la matière organique (MO)**

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

**Tableau II.II.16:** Résultats des analyses de la matière organique pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	<b>Aout</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>MO(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>5.3</b>	<b>6.7</b>	<b>7.7</b>	<b>7.5</b>	<b>7.3</b>
<b>MO(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>2.9</b>	<b>6.3</b>	<b>6.6</b>	<b>5.5</b>	<b>4.6</b>
<i>Date de prélèvement</i>	<b>Janv</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>
<b>MO(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>7.7</b>	<b>6.8</b>	<b>6.5</b>	<b>6.6</b>	<b>6.4</b>
<b>MO(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>4.5</b>	<b>4</b>	<b>4.1</b>	<b>4</b>	<b>3.4</b>



**Figure II.II.17 :** Evolution des matières organiques (MO) en fonction des mois (Aout2020 à mai 2021)

**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 [52]. Les résultats montrent que la teneur des matières organiques de l'eau brute varie entre 5.1 et 7.8 mg/l.

Pour l'eau traitée, les valeurs sont oscillantes et on peut noter des maximums pendant les prélèvements de septembre et octobre qui dépassent la norme Algérienne (5 mg/l) ;

**II.II.2.14. Détermination du résidu sec (RS)**

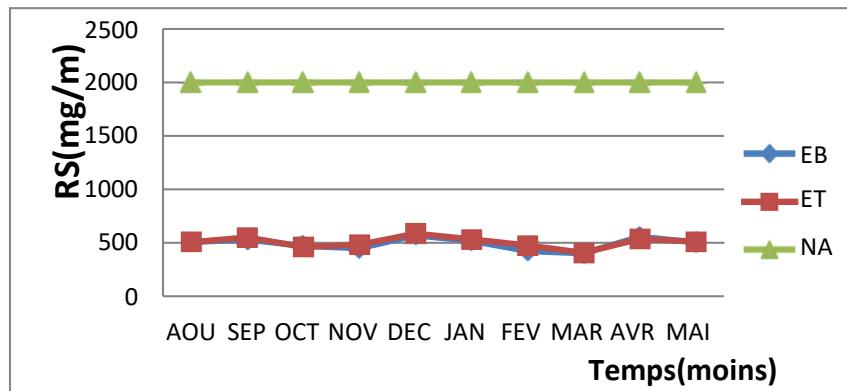
$$RS \text{ (mg/l)} = ((Pp - PV) / PE) \times 1000 \dots\dots\dots(19)$$

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

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

**Tableau II.II.17:** Résultats des analyses de résidu sec pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	<b>Aout</b>	<b>Sept</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dec</b>
<b>RS (mg/l) Brute (EB)</b>	<b>507.5</b>	<b>530</b>	<b>469.5</b>	<b>450.5</b>	<b>570.7</b>
<b>RS(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>507.5</b>	<b>548</b>	<b>462</b>	<b>481.5</b>	<b>588.5</b>
<i>Date de prélèvement</i>	<b>Janv</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Avr</b>	<b>Mai</b>
<b>RS(mg/l) Brute (EB)</b>	<b>518</b>	<b>423</b>	<b>401</b>	<b>557.5</b>	<b>503.7</b>
<b>RS(mg/l) Traitée(ET)</b>	<b>530</b>	<b>472.5</b>	<b>405</b>	<b>535.5</b>	<b>510</b>



**Figure II.II.18 :** Evolution du résidu sec (RS) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

**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 [55]. Les résultats des résidus secs de l'eau brute et l'eautraitée sont très proches et ne dépassent pas la norme Algérienne qui est de 2000 mg/l.

**II.II.2.15. Détermination des matières en suspension (MES)**

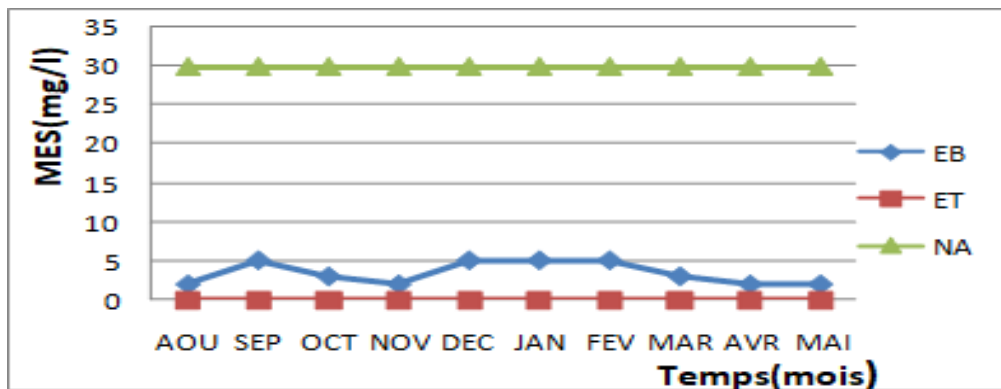
$$MES (mg/l) = ( M_1 - M_0 / PE ) \times 1000 \dots\dots\dots (20)$$

Où **M<sub>0</sub>** : masse de la membrane filtrante avant l'utilisation en mg

**M<sub>1</sub>**: masse de la membrane filtrante après l'utilisation en mg; **PE** : prise d'essai en ml.

**Tableau II.II.18:** Résultats des analyses des matières en suspension pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
MES(mg/l) Brute (EB)	2	5	3	2	5
MES(mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
MES(mg/l) Brute (EB)	5	5	3	2	2
MES(mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0



**Figure II.II.19 :** Evolution des matières en suspension (MES) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)



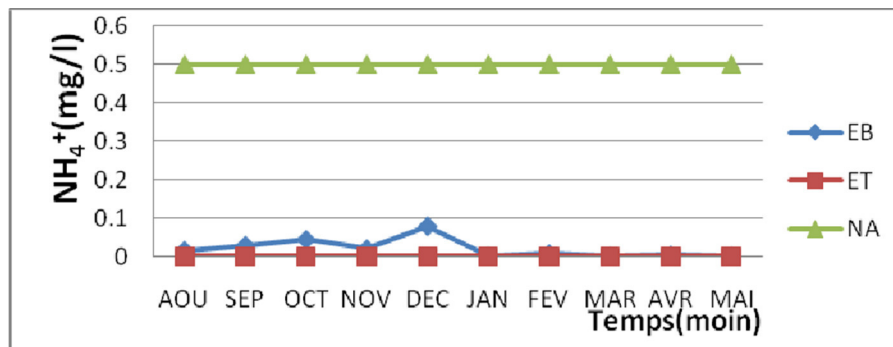
## Discussion

Les mesures des matières en suspension (MES) pour l'eau brute varie entre 2 à 5 mg/l, elles sont inférieures à la valeur limite fixée par ces normes (30 mg/l). Cependant, on remarque que ces valeurs augmentent pendant l'hiver ; ceci, peut être expliqué par les fortes pluies, puis elles diminuent dans les autres mois. Mais après traitement cette teneur devient nulle.

### II.II.2.16. Dosage de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

**Tableau II.II.19:** Résultats des analyses de l'ammonium  $\text{NH}_4^+$  pour les mois allant de Aout 2020 au mai 2021

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
$\text{NH}_4^+$ (mg/l) Brute (EB)	0.015	0.028	0.043	0.019	0.078
$\text{NH}_4^+$ (mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
$\text{NH}_4^+$ (mg/l) Brute (EB)	0	0.006	0	0.002	0
$\text{NH}_4^+$ (mg/l) Traitée(ET)	0	0	0	0	0



**Figure II.II.20 :** Evolution de la teneur en ( $\text{NH}_4^+$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

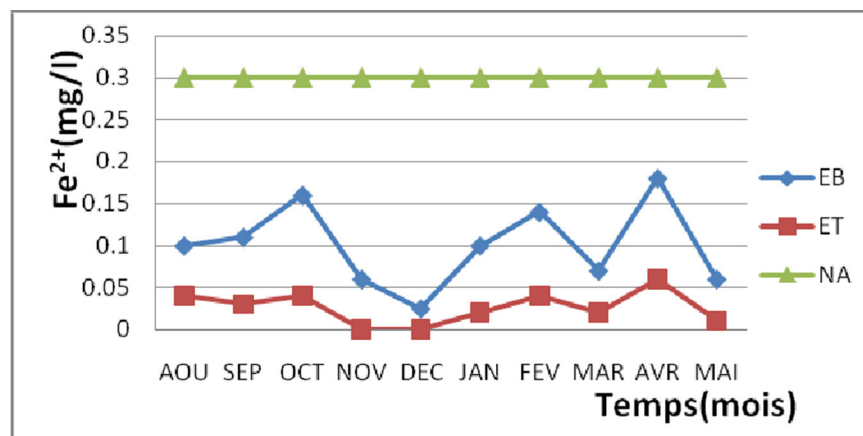
## Discussion

La Figure II.II.20 présente l'évolution de l'ammonium (mg/l) durant plusieurs mois. Les concentrations de l'ammonium obtenues varient de 0.00mg/l à 0.78 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.2.17. Dosage du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Tableau II.II.20: Résultats des analyses du Fer (II) pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l) Brute(EB)	0.10	0.11	0.16	0.06	0.12
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l) Traitée(ET)	0.04	0.0	0.04	0	0.02
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l) Brute (EB)	0.10	0.14	0.07	0.18	0.06
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l) Traitée(ET)	0.02	0.04	0.02	0.06	0.01

Figure II.II.21 : Evolution de la teneur du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) au cours des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

## Interprétation des résultats

La figure ci-dessus montre que les concentrations des ions ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dans l'eau brute varient entre 0.06 et 0.18 mg/l. Après traitement, ces valeurs diminuent et oscillent entre (0.00 et 0.06 mg/l). Ce qui signifie que la teneur du fer est dans la norme exigée (3 mg/l).

II.II.2.18. Dosage des sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)



Tableau II.II.21: Résultats des analyses de (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) Brute (EB)	38	75.5	82.5	37	72
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) Traitée(ET)	57.5	88.5	91	16	85
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) Brute (EB)	136.5	64	69	37	72
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l) Traitée(ET)	140	91.5	83	104	80

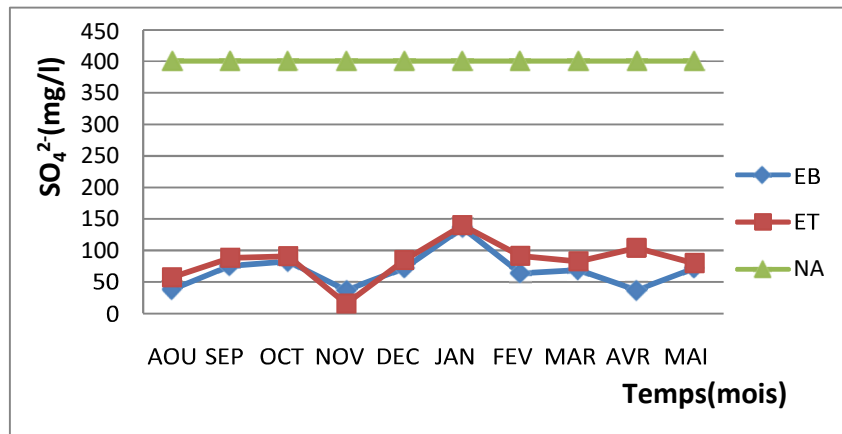


Figure II.II.22 : Evolution des teneurs des (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) dans l'intervalle (Aout 2020 à Mai2021)

**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 136 mg/l pour l'eau brute et entre 16 et 140 mg/l pour l'eau traitée. Elles restent toujours dans les normes (400 mg/l) et n'affecte pas la potabilité de l'eau.

II.II.2.19. Dosage des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)

Tableau II.II.22: Résultats des analyses des phosphates pour les mois (aout 2020 au mai 2021)

Date de prélèvement	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) Brute (EB)	0.169	0.03	0.063	0.04	0.025
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) Traitée(ET)	0.015	0	0	0	0
Date de prélèvement	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) Brute (EB)	0.048	0	0.018	0.019	0.026
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) Traitée(ET)	0	0	0.009	0	0

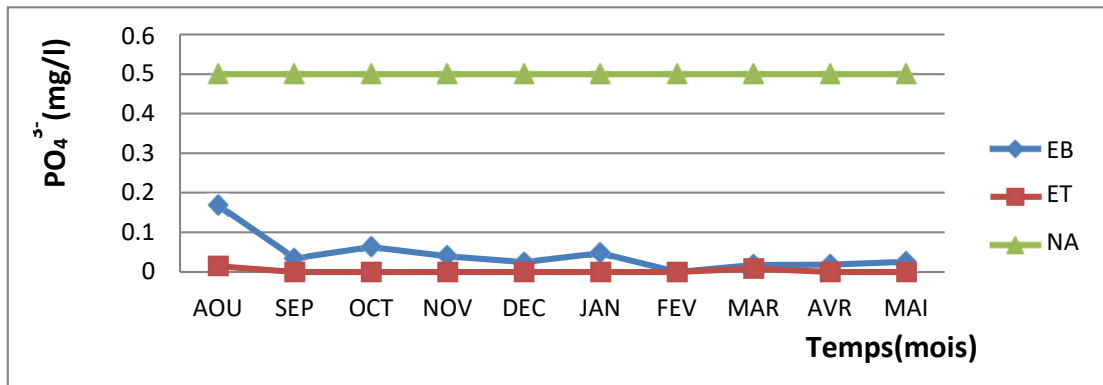


Figure II.II.23 : Evolution des teneurs des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

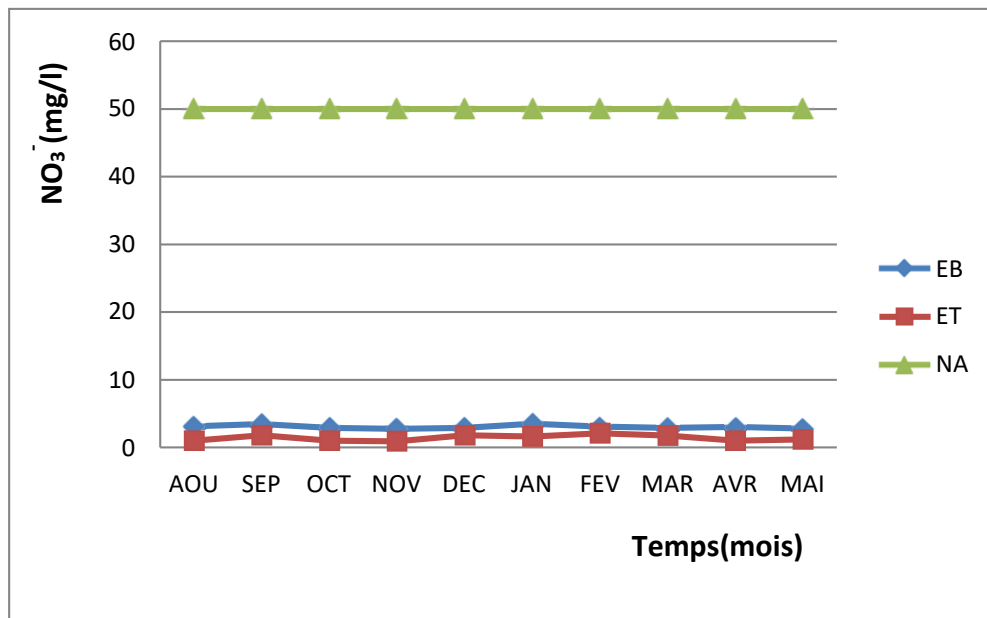
Discussion

Les résultats obtenus montrent que l'eau brute est plus chargée en phosphates que l'eau traitée. Les valeurs varient entre 0.00 et 0.169 mg/l dans l'eau brute. Après le traitement, nous pouvons constater une diminution significative des phosphates pour atteindre des valeurs de 0.00 à 0,015 mg/l qui sont dans la norme Algérienne (0,5 mg/l).

II.II.2.20. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Tableau II.II.23: Résultats des analyses de nitrates pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

Date de prélèvement	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
$\text{NO}_3^-$ (mg/l) Brute (EB)	3.08	3.42	2.890	2.706	2.899
$\text{NO}_3^-$ (mg/l) Traitée(ET)	1.006	1.824	1.018	0.900	1.822
Date de prélèvement	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
$\text{NO}_3^-$ (mg/l) Brute (EB)	3.468	3.010	2.868	2.967	2.757
$\text{NO}_3^-$ (mg/l) Traitée(ET)	1.614	2.095	1.75	1.009	1.207

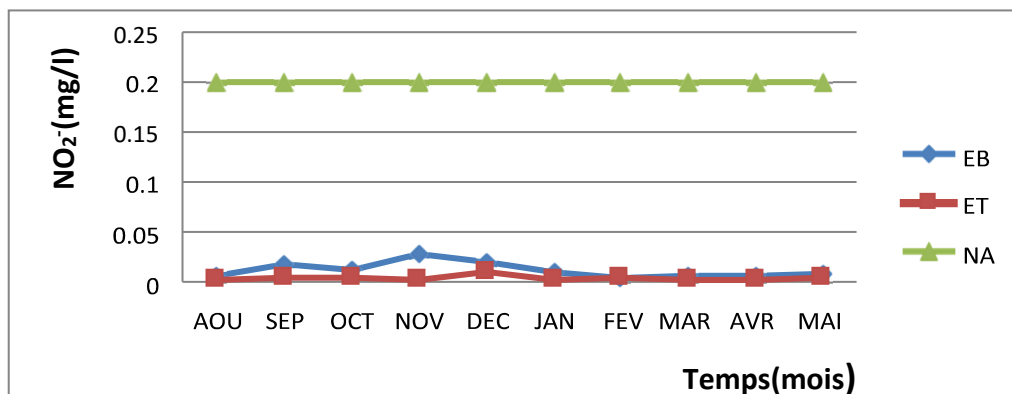
Figure II.II.24 : Evolution des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

## 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.

II.II.2.21. Dosage des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )Tableau II.II.24: Résultats des analyses de nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) pour la période (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
$\text{NO}_2^-$ (mg/l) Brute (EB)	0.006	0.017	0.012	0.027	0.02
$\text{NO}_2^-$ (mg/l) Traitée(ET)	0.002	0.003	0.003	0.002	0.103
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
$\text{NO}_2^-$ (mg/l) Brute (EB)	0.010	0.003	0.006	0.006	0.007
$\text{NO}_2^-$ (mg/l) Traitée(ET)	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003

Figure II.II.25 : Evolution des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021)

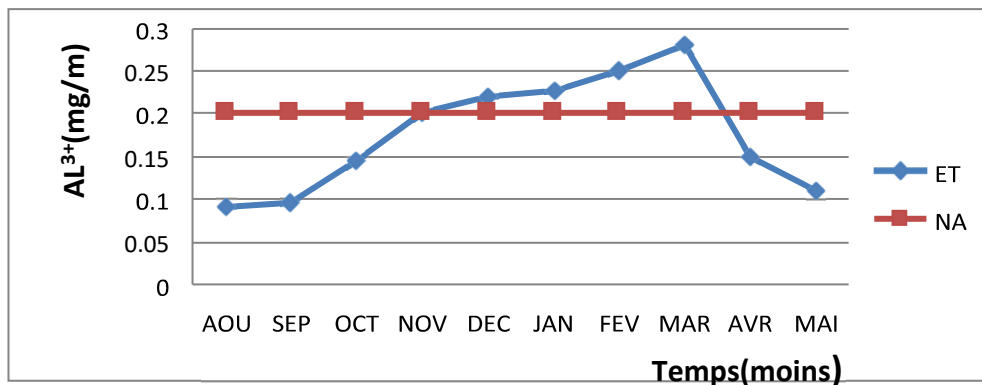
## Discussion

Les teneurs en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) montrent des variations légères entre les valeurs de l'eau brute et l'eau traitée et ne dépassent pas la norme algérienne (50 mg/la). Nous pouvons remarquer que les valeurs diminuent considérablement après le traitement, on enregistre même des teneurs nulles.

II.II.2.22. Dosage d'aluminium ( $Al^{3+}$ )

**Tableau II.II.25:** Résultats des analyses de l'aluminium pour les mois allant d'aout 2020 au mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
$Al^{3+}$ (mg/l) Brute (EB)	-	-	-	-	-
$Al^{3+}$ (mg/l) Traitée(ET)	0.09	0.097	0.144	0.201	0.22
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
$Al^{3+}$ (mg/l) Brute (EB)	-	-	-	-	-
$Al^{3+}$ (mg/l) Traitée(ET)	0.226	0.25	0.28	0.15	0.110



**Figure II.II.26 :** Evolution de la teneur d'aluminium ( $Al^{3+}$ ) en fonction des mois (Aout2020 à Mai 2021)

### 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 0.09 et 0.28 mg/l. On constate que dans une période de cinq mois successifs allant du mois de novembre 2020 jusqu'au mois de mars 2021, ces valeurs dépassent la norme exigée, ce qui est inadmissible. La concentration d'aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée.

### II.II.3. Analyses Bactériologiques

#### II.II.3.1. Recherche des germes totaux à 37 °C (GT)

Tableau II.II.26: Résultats des analyses de germe totaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>GT (UFC/ml) à 37°C Brute (EB)</b>	<b>89</b>	<b>57</b>	<b>96</b>	<b>182</b>	<b>175</b>
<b>GT (UFC/ml) à 37°C Traitée(ET)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>GT (UFC/ml) à 37°C Brute (EB)</b>	<b>144</b>	<b>136</b>	<b>163</b>	<b>44</b>	<b>75</b>
<b>GT (UFC/ml) à 37°C Traitée(ET)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

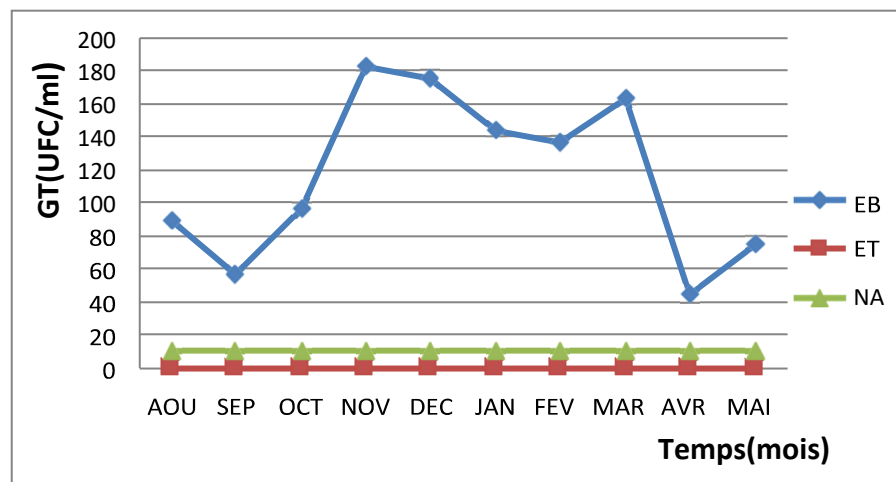


Figure II.II.27 : Evolution des germes totaux (GT) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai2021).

#### Discussion

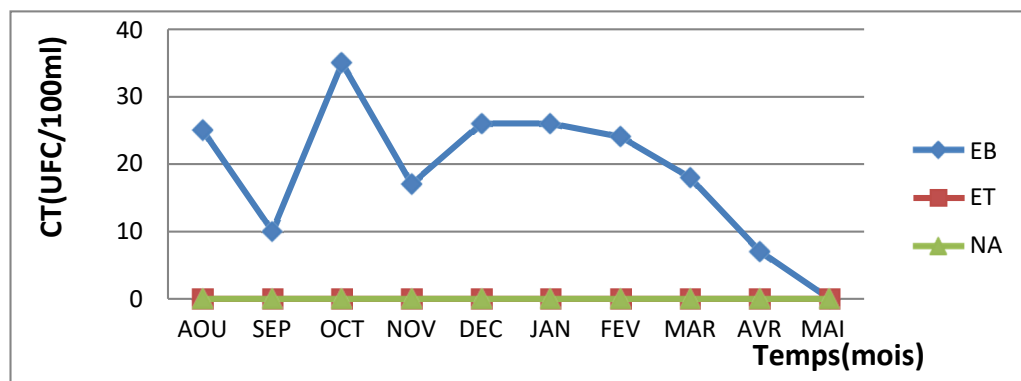
Les résultats montrent que les valeurs enregistrées des germes totaux sont variables et oscillantes. Pour l'eau brute, la charge bactérienne la plus élevée est enregistrée pendant le mois de novembre (180 UFC/ml) et la plus basse est notée au cours du mois d'avril (40 UFC/ml) ; Cependant, la charge bactérienne pour l'eau traitée est rendue nulle, ce qui explique l'efficacité du traitement réalisé et la bonne acceptabilité pour la consommation.



### II.II.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)

**Tableau II.II.27:** Résultats des analyses de coliforme totaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>CT (UFC/100ml) Brute (EB)</b>	25	10	35	17	26
<b>CT (UFC/100ml) Traitée(ET)</b>	0	0	0	0	0
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>CT (UFC/100ml) Brute (EB)</b>	26	24	18	7	0
<b>CT (UFC/100ml) Traitée(ET)</b>	0	0	0	0	0



**Figure II.II.28 :** Evolution des coliformes totaux (CT) en fonction des mois (Aout 2020 à mai 2021).

#### 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, c'est-à-dire ne dépasse pas la norme Algérienne fixée à (0 UFC/100 ml), ce qui signifie une bonne qualité bactériologique des eaux analysées.

- Pour les coliformes fécaux

Tableau II.II.28: Résultats des analyses de coliforme fécaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
<b>CF (UFC/100ml) Brute (EB)</b>	25	10	35	0	26
<b>CF (UFC/100ml) Traitée(ET)</b>	0	0	0	0	0
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
<b>CF (UFC/100ml) Brute (EB)</b>	26	24	0	0	0
<b>CF (UFC/100ml) Traitée(ET)</b>	0	0	0	0	0

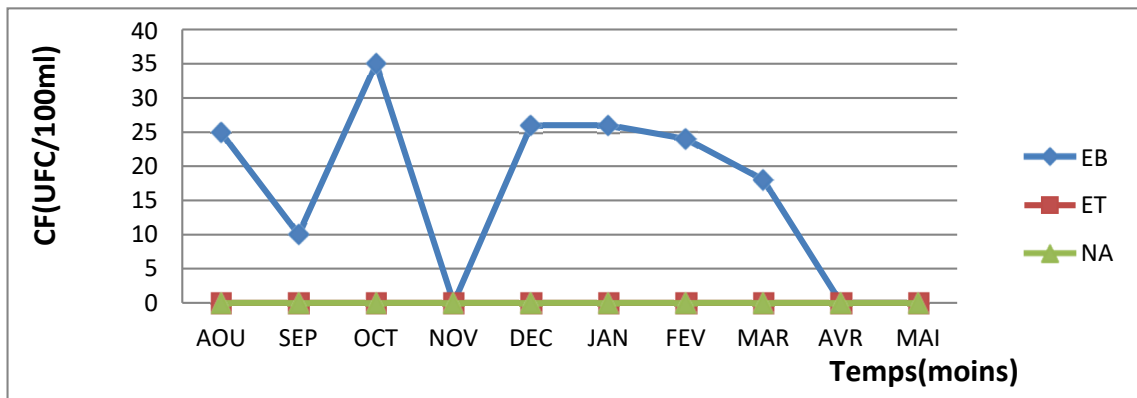


Figure II.II.29. Evolution des coliformes fécaux (CT) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).

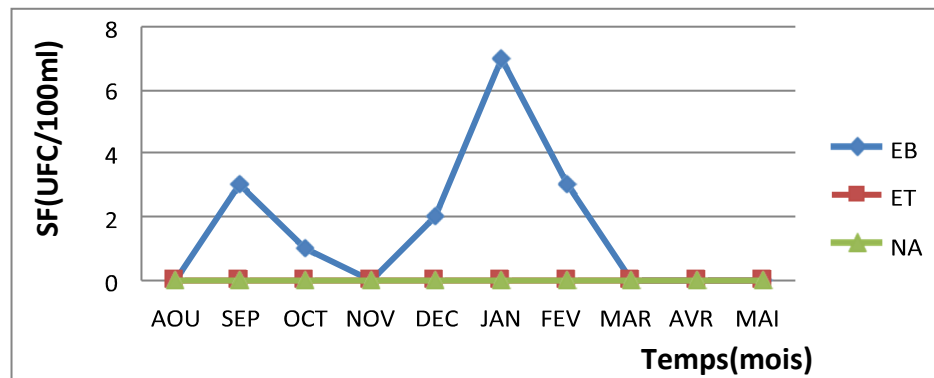
**Discussion**

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 d’octobre (35 UFC/ 100 ml) et une valeur nulle pendant le mois d’avril. La charge bactérienne pour l’eau traitée reste toujours nulle et ne dépasse pas la norme Algérienne.

### II.II.3.3. Recherche des streptocoques fécaux

**Tableau II.II.29:** Résultats des analyses de streptocoque fécaux pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
SF (UFC/100ml) Brute (EB)	0	3	1	0	2
SF (UFC/100ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
SF (UFC/100ml) Brute (EB)	7	3	0	0	0
SF (UFC/100ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0



**Figure II.II.30.** Evolution des streptocoques fécaux (SF) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).

#### Discussion

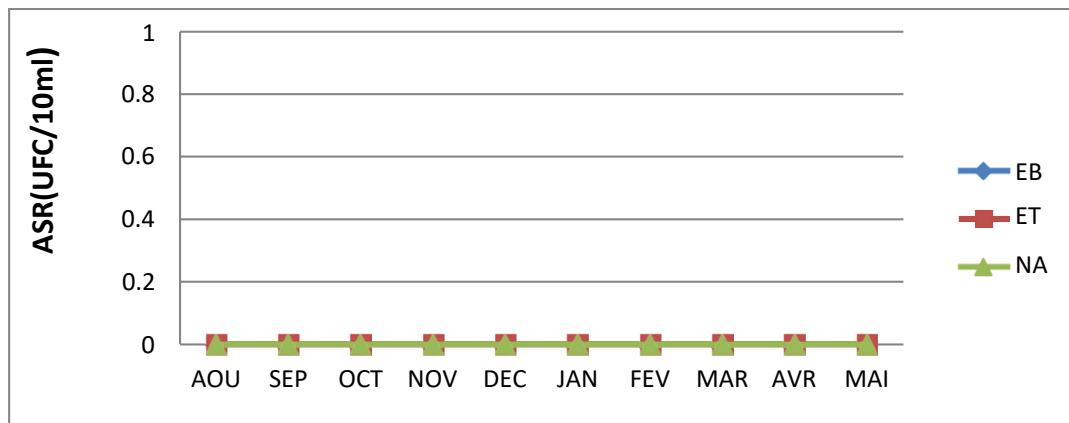
Dans l'eau brute, la teneur en streptocoques fécaux est élevée en quelques mois (septembre, octobre, décembre, février et atteint un maximum au mois de janvier (7 UFC/ 100 ml)), mais on note une absence totale de ces bactéries dans certains autres mois.

En revanche, le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée reste toujours nul, ce qui explique l'efficacité du traitement réalisé.

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

**Tableau II.II.30:** Résultats des analyses de sulfito-réducteur pour les mois (aout 2020 à mai 2021)

<i>Date de prélèvement</i>	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
ASR (UFC/20ml) Brute (EB)	0	0	0	0	0
ASR (UFC/20ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0
<i>Date de prélèvement</i>	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai
ASR (UFC/20ml) Brute (EB)	0	0	0	0	0
ASR (UFC/20ml) Traitée(ET)	0	0	0	0	0



**Figure II.II.31 :** Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en fonction des mois (Aout 2020 à Mai 2021).

### Discussion

D'après les résultats obtenus (Figure.II.II.31), on remarque l'absence totale des anaérobies sulfito-réducteurs dans l'eau brute et l'eau traitée.

### **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 le titre alcalimétrique complet (TAC), la matière organique et l'aluminium qui parfois dépassent les normes.

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 surfaces s'avèrent souvent impropres à la consommation humaine à cause de la pollution générée par nos activités et d'autres paramètres naturels qui diminuent la potabilité de l'eau. C'est pourquoi, elle a besoin d'être traitée.

Durant notre stage à la station de traitement de Hammam Debagh, nous avons suivi les procédés de traitement appropriés aux eaux brutes du barrage de Bouhamden (coagulation-floculation, décantation, filtration, combinaison avec la chloration).

Tout au long de ce stage, nous avons aussi 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 utilisées dans le dosage des paramètres physicochimiques et bactériologiques au niveau du laboratoire de la station.

Notre étude a mis l'accent sur la détermination de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux en amont (eau brute) et en aval (eau traitée) de la station de traitement.

Les résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage de Bouhamden obtenus dans cette étude sont conformes aux normes algériennes (voir annexe). Ça explique le bon fonctionnement de la station de traitement réalisé soit par traitements chimiques soit par traitements physicochimiques et montre en première estimation que cette eau est bonne pour la consommation humaine.

Enfin, 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. Néanmoins, nous proposons l'utilisation des méthodes modernes (échanges d'ions, procédés d'adsorption, procédés membranaires (ultrafiltration, nano-filtration...),...etc) pour rendre le traitement plus efficace.

## Références Bibliographiques

- [1]: **Grosclaude, G.** l'eau: tome 2: usages et polluants. quae, 1999
- [2]: **Grosclaude G,** l'eau tomei milieu naturel et maîtrise,institut national de la recherche agronomique 147, rue de l'université, 75338 paris cedex 07, inra, paris 1999
- [3]: **Benkaddour B,** contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'oued cheliff (algérie), Thèse, chimie, université de perpignan via domitia, et université de Mostaganem, 2018
- [4]: **Derrouiche Ch, Hammidi N,** évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhamdane, Master, génie chimique, université 08 mai 1945 Guelma, 2020.
- [5]: **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 capdjinet–boumerdes, Master, eau, santé et environnement, université Akli Mohand Oulhadj, Bouira, 2017.
- [6]: **Chrif. L,** l'influence de la coagulation– floculation et décantation sur le pré-traitement des eaux saumâtres, Master, hydraulique, université Aboubekr Belkaid,Tlemcen, 2012.
- [7]: **Ghezali. B,** etude 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.
- [8]: **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.
- [9]: **Zouag B, Belhadj Y,** analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mertraitée par la station de dessalement de Souk Tleta «Tlemcen», Master, pharmacie, Université Abou Bekr BELkaïd Tlemcen, 2017.
- [10]: **Bounab B,** analyses physico-chimiques de l'eau de la wilaya de Guelma, mise en évidence du caractère corrosif et entartrant des eaux de robinet, Master, Genie des Procédés université 08 Mai 1945 Guelma, 2016.
- [11]: **Desjardins R,** le traitement des eaux, 2<sup>ème</sup> édition revue et enrichie, 1990.
- [12]: **Aliat. S, Bettaka .I,** traitement de l'eau au niveau de la station Sarl Ben Amor frères - Ouargla, Master, Génie des procédés de l'environnement, Universite Kasdi Merbah Ouargla, 2019.
- [13]: **Beaudry. J, Henry. M,** «chimie des eaux»,2<sup>ème</sup> édition, Griffon d'Argile, Québec,1992.

- [14]: **Bouchakour. N, Sadok. A**, Impact environnemental de la station de dessalement de l'eau de mer de Ténès (wilaya de Chlef), Master, Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2017.
- [18]: **François. A, Rousselle. N, Lauzon. N**, hydrologie cheminements de l'eau, 2<sup>ème</sup> édition, 2012.
- [19]: **Kouadri. I**, Analyse physico-chimiques des eaux de différentes origines, Master, Genie des procédés, Université 08 Mai 1945, Guelma, 2013.
- [20]: **Véronique. M**, l'eau dans tous ses états, édition rouge & Or, Paris,1992.
- [22]: **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 ponts et chaussees, 2009.
- [23]: **Adnane. F**, étude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation: cas de barrage de Dahmouni,Wilaya de Tiarat, Master,biodiversité et fonctionnement des écosystèmes, Université de Blida 1, 2015.
- [24]: **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 de nrées alimentaires, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, 2015.
- [25]: **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.
- [26]: **Bougouizi. M**, contribution à l'étude bactériologique et physico-chimique de l'eau de Oued El-Kebir (Wilaya de Skikda), Magister, sciences de la mer, Université 20 Août1955-Skikda.
- [27]: **Charron. D, Fleury. M, Lindsay. R, Ogden. N, & Schuster. C**, répercussions des changements climatiques sur les maladies transmises par l'eau, les aliments, les vecteurs et les rongeurs.
- [28]: **Amghar. W, Fodil. T**, résurgence des maladies à transmission hydrique en Algérie : entre causes et effets, économie de la santé, Master, Université Mouloud Mammeri Tizi-ouzou, 2016.
- [29]: **Alia. S, Athamnia. W, Derdech. S**, évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de sources d'Ain Djemel et d'Ain Souda (Wilaya Guelma), Master, qualité des produits et sécurité Alimentaire, Université 8 mai 1945 Guelma, 2018.
- [30]: **Heart. T, Shears. P**. atlas de poche de microbiologie. Médecine-Sciences-Flammarion, 2006.
- [32]: **Mohamed Yhklef. A**, le profil épidémiologique des hépatites virales A, B et CEPH d'ain Temouchent 2001-2016, Initiation à la recherche clinique et épidémiologiques, Université



Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, 2017.

[35]: **Behailil. M, Hamlaoui. B, Laraisia. H**, «Qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de sources de la région de Guelma », Master, Université de 08 Mai 1945 de Guelma, 2011.

[36]: **Dr. Bessedik. M**, traitement des eaux II, Cours, Université de Tlemcen - Algérie ,2012

[37]: **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.

[38]: **Benredjem.R**, L'eau potable, traitement des eaux, Institut national spécialisé dans la formation professionnelle pour l'administration de Jbabla Kaddour Guelma, 2018.

[39]: **Legube. B**, production d'eau potable: Filières et procédés de traitement. Dunod, 2015.

[40]: **Zendagui. H**, etude sur la coagulation floculation décantation des eaux épurées de la station d'épuration Ain lhoutz, Master, Technologie de Traitement des eaux, Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen, 2016.

[41]: **Bouzidi. S, Chelihi. Z**, Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh-Geulma, Master, Santé, Eau et environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2017.

[42]: **Berrahal. Y**, évaluation de la matière organique dans les eaux de surface des barrages de l'ouest d'Algérie et évolution des trihalométhanes et le plomb dans le réseau d'eau Potable, These, Hydrochimie et Environnement, Université Djillali Liabes Sidi Belabbès,2019.

[43]: **Ayad. W**, évaluation de la qualité physico-chimique d'el-Harrouch (Wilaya De Skikda), These, microbiologie appliquée, Universite Badji Mokhtar – Annaba, 2017.

[44]: **Dahmane, Zidoune. R**, Utilisation des bio-coagulants pour le traitement des eaux potables. Master, Aménagement Hydro-agricole, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi-B.B.A.2020.

[45]: **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, Universite Aboubekr Belkaid Tlemcen, 2012.

[46]: Cahier de laboratoire de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh ADE –Unité de Guelma.

[47]: **Nesrine. B**, analyse du système de production d'eau potable ainsi que sa gestion et son exploitation au niveau de la wilaya de Bejaia, Hydraulique, Master, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, 2017.

[48]: **Selka. M**, influence des particules argileuses sur la coagulation-floculation, Master,

Hydraulique, Université Aboubekr Belkaid, 2013.

[49]: **Sebih. W**, Prétraitement des eaux moyennement saumâtre par filtration sur sable et filtration sur support, Master, hydraulique, Université Aboubekr Belkaid, 2013.

[50]: **Damene. R, Kebour. T**, l'impact de la certification ISO 9001 Vs 2008 sur la performance cas de l'ENIEM, Master, Management stratégique d'entreprise, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, 2017

[51]: **Adjelane. M, Bourebaa. K**, analyse physico-chimique et bactériologique des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia cas du réservoir Egzib et réservoir central. Bejaia-Algérie., Master, Biodiversité et sécurité alimentaire, Université A. MIRA - Bejaia, 2018.

[52]: **Bouchemal M, Hammoudi A**, analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debegh, Master, Hydraulique Urbaine, Université Larbi Ben M'hidi–Oum El Bouaghi, 2016.

[53]: **Rodier. J, Legube. B., Merlet. N**, « L'analyse de l'eau », 9ème édition, Dunod, Paris, 2009.

[54]: **Bougherbi. F, SABOUR. N**, « Recherche de quelques bactéries des maladies à transmissions hydrique au niveau de quelques sources d'eau de la wilaya de Bouira », Master : Université De Bouira, 2019.

[55]: **Ferhat. A, Tagherbit. W**, analyses des eaux superficielles de la rivière de Boulzazene, procédé de traitement, Master, Chimie Analytique, 2018.

[56]: **Debbih. H, Naili. B**, etude de qualité des eaux des barrages de l'Est Algérien, Master, Hydraulique Urbain, Université Larbi Ben M'hidi– Oum El Bouaghi, 2015.

[57]: **Hellal. S**, etude de la nature de l'eau de source de Aïn Franine Kristel, (wilayad'Oran) et son utilisation, Magister, biodiversité et conservation des zones humides, 2016.

[58]: **Abbar B**, influence de la physico-chimie des eaux de ruissellement sur la vulnérabilité des ouvrages de rétention, Thème ,génie civil, Université le havrenor mandie, 2018.

[59]: **Benaouda W**, étude qualitative physico-chimiques de l'eau de la ville de Tlemcen destinée à la consommation humaine et aux nourrissons, Master, Technologies des Industries Agroalimentaires, Université de Tlemcen, 2016.

[60]: **Labioud. K**, etude du caractère incristant des eaux et son inhibition par des essais chimiques et d'électro déposition, Magister, Chimie Analytique et physique, 2010.

[61]: **Benmoussa. H**, Chimie des eaux, cours de Master 1 : Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2017- 2018.

[62]: **Chelli. L, Djouhri. N**, analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant, Master, Université A. MIRA–Béjaia, 2013.

- [63]: **Ben Ali K**, l'efficacité de traitement des eaux naturelles issues de la nappe continentale inter calaire au niveau d'In Salah, Master, hydrogéologie, 2013.
- [64]: **Nascimento. A**, surveillance de la qualité de l'eau potable a la société REDAL, Licence, Sciences et Techniques (LST), Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Marroco, 2015.
- [65]: **Kouarta.R, Hammidi. M**, analyse physico-chimiques et bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et quatre forages de la nappe phréatique de Guelma, Master, Génie des procédés des matériaux, 2020.
- [66]: Les données de l'IBGE: "L'eau à Bruxelles", 2005.
- [67]: **Merzoug. S**, étude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda), Magister, Santé, eau et environnement, Université 08 Mai 1945 De Guelma, 2009.
- [68]: **Hadni.T, Ouazar.C**, caractérisation des sources de la région de Yakouren par des méthodes physico-chimique, Master, chimie de l'environnement, 2017.
- [69]: **Makhoukh, M, Sbaa. M, Berrahou. A, & Van Clooster.M**, contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). LARHYSS Journal P-ISSN1112-3680/E-ISSN2521-9782,2011.
- [70]: **Khiter .F**, caractérisation hydro chimique de quelques sources thermales de la wilaya de Guelma nord-est Algerien, 2018.
- [71]: analyse chimique de l'eau, science infuse, Antenne de formation et de promotion du secteur sciences et technologies.
- [72]: **Bouchenouk I**, processus d'enrichissement en nitrates des eaux souterraines dans les zones semi-arides, cas de la plaine de boukadir (Nord-ouest Algérien), Magister, Hydrogéologie, Université Oran, 2013.
- [73]: **Mouaz N, Bentchich Kh**, Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff, Master, Analyses biologiques et biochimiques, Université de Khemis-Miliana, 2017.
- [74]: **Benattallah, Daoudi. M**, Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux Du barrage Ouled Mellouk W.Aindefla, Master, Gestion des ressources en Eau et Environnement, Université Djillali Bounaama de Khemis Miliana, 2017.
- [75]: **Amirat. A, Neciri. S**, étude de la qualité bactériologique de l'eau de citerne vendue dans la ville d'Ouargla, Master, Microbiologie appliquée, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 2017.
- [76]: **Khacha. A**, diagnostic du réseau d'adduction de Guelma et calcul hydraulique

prévisionnel, Master, Hydraulique, Université 08 Mai 1945 Guelma, 2017.

[77]: **Atamenia. N, Ziaya. W**, traitement et analyses des eaux du barrage de Hammam Debagh, Master, Génie chimique, Université de 8Mai 1945 Guelma, 2020.

[78]: **Stiti. S, Traore. M**, Bioaccumulation des éléments métalliques traces chez troisespèces de poissons (Barbus barbus, Sander lucioperca et Abramis brama) dans le barrage d’Hammam Debagh Nord-Est d’Algérie, Master, Santé, Eau et Environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2017.

[79]: **Hedahdia. A, Aliouche. S**, contribution a l’étude de l’origine de la contamination fécale des eaux du barrage bouhamdane–Guelma, Master, Santé, Eau, Environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2016.

[80]: **Boukhnef. Y, Madaoui N**, application de la spectroscopie d’absorption atomique à la recherche des éléments métalliques dans les eaux du surface de la région de Guelma, Master, Chimie physique, Université8 Mai 1945 Guelma, 2019.

[81]: **Bara Y**, etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique de l’eau du barrage de Hammam Debagh avant et après traitement Cas de la station de traitement de Hammam Debagh - Guelma, Master, Santé, Eau et Environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma,2016.

**Sites Web:**

[15]: <https://naturolistique.fr/la-resistivite-de-l-eau-et-la-conductivite-de-l-eau/>

[16]: <https://www.econologie.com/proprietes-eau-physiques-chimiques/>

[17]: <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/l-eau-ses-proprietes>

[21]: <http://www.environnement-poitou-charentes.org/Le-cycle-de-l-eau.html>

[31]:[https://www.mesvaccins.net/web/diseases/4poliomyelite#maladie\\_les%20%20recommandatio ns-vaccinales](https://www.mesvaccins.net/web/diseases/4poliomyelite#maladie_les%20%20recommandatio ns-vaccinales)

[33]: <https://www.anses.fr/fr/content/l%E2%80%99h%C3%A9patite-e>

[34]: <http://www.emro.who.int/fr/health-topics/dracunculiasis/Page-1.html#mstar>

## Annexe

### Annexe 1

**Tableau I:** Les paramètres physicochimiques d'une eau potable selon l'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	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	350	-
Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	200	-
Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	150	150
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	500	250
MO (mg/l)	05	-
MES (mg/l)	<30	-
RS (mg/l)	2000	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.2	0.2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.5	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	50	50
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	400	500
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	0.5	-
Fe <sup>2+</sup> (mg/l)	0.3	-
Al <sup>3+</sup> (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

## Annexe 2 : Modes de préparation de certaines solutions chimiques

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

Peser 3,725 g d'EDTA ( $C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2 \cdot 2H_2O$ ) 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 en 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 disodique 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 2 g de dichloroisocyanurate di-hydraté et compléter à 1000 ml 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 ( $C_{12}H_9ClN_2 \cdot H_2O$ ) 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 0,01 N**

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'heptamolybdate d'ammonium est contenu avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml. B- 0,35 g detartrate d'antimoine est contenu avec l'eau distillée jusqu'à 100 ml. C- 150 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 3 : 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 20 minutes à 120°C.

- **Gélose slanetz et bartley**

L'eau distillée .....1 l.  
Peptone .....20 g.  
Extrait de levure .....5 g.  
Glucose.....2 g.  
Phosphate disodique .....4 g.  
Azide de sodium.....0,4 g.  
Agar.....10 g.  
pH = 7,2.

- **Solution de TTC**

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

- **Milieu Viande foie (VF)**

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

- **Milieu Schubert**

Peptone .....20 g.  
Glucose.....5 g.  
Azide .....0,2 g.  
Ethyl-violet.....0,5 g.  
NaCl.....;5 g.  
Hydrogénophosphate de potassium.....2,7 g.  
Dihydrogénophosphate de potassium.....2,7 g.  
pH= 6,8