

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

## Mémoire du Projet de fin d'étude

2<sup>ème</sup> Année Master



**Département: Génie des Procédés**  
**Spécialité :Génie des procédés des matériaux**

*Présenté par :*

***KOUARTA Rania***

***HAMMIDI Meryem***

=====  
**Analyses physico-chimiques et bactériologiques des  
eaux du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh et  
quatre forages de la nappe phréatique de Guelma**  
=====

**Sous la Direction de :**

***Dr. BELBAH Hayet***

**Octobre 2020**

## *Remerciements*

*En tout d'abord, nous remercions le Bon Dieu, Tout-Puissant, car il nous a donné la force, la santé et la volonté d'initier et de déformer ce travail.*

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme H. BELBAH**, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa compétence, sa rigueur, et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Merci encore pour le responsable de la direction de l'Algérienne des **Eaux de Hammam Debagh** qui nous ont accepté. nous remercions également toute l'équipe du laboratoire surtout **Mme .M.BAOUTE** qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres physico chimiques et bactériologiques, et qui nous ont donné tous les informations nécessaires pour enrichir notre travail.*

*Nos remerciements vont également à tous les enseignants et le personnel de département génie des procédés faculté ST de l'Université 8 mai 1945 qui nous ont beaucoup encouragé et soutenu tout au long du cycle d'étude. Mes sincères gratitudes vont également à tous mes collègues et amis(es) .*

## *Dédicace:*

*A mes très cher parent ,source de ma vie ,  
d'amour et d'affection .*

*À mon cher mari , source de force ,  
de joie et d'espoir.*

*a mes chers frères et A ma sœur et son  
marie et ces enfants, source  
de joie et de bonheur.*

*a toute ma famille , source  
de motivation .*

*Mes toutes les fleurs de mon cœur mes amis  
que nous avons adoptées un bon  
moment certains événements  
pleins de bonheur et joie .*

*Meryem*

## *Dédicace:*

*A mes très cher parent ,source de ma vie ,  
d'amour et d'affection .*

*À mon cher fiancé, source de force ,  
de joie et d'espoir.*

*a mes chers sœurs et mon frère ,  
source de joie et de bonheur.*

*a toute ma famille , source  
de motivation .*

*Mes toutes les fleurs de mon cœur mes amis  
que nous avons adoptées un bon  
moment certains événements  
pleins de bonheur et joie .*

*Rania*

# Sommaire

Liste des abréviations .....	iv
Liste des tableaux.....	vi
Liste des figures.....	vii
Introduction générale.....	1

## Chapitre I : Généralités Sur L'eau

I.1 Introduction .....	2
I.2 Composition de l'eau .....	2
I.2.1 Les sels minéraux .....	2
I.3 Propriétés de l'eau .....	3
I.3.1 Propriétés chimiques de l'eau .....	3
I.3.2 Propriétés physiques de l'eau.....	3
I.3.3 Propriétés biologiques .....	3
I.4 Cycle de l'eau.....	4
I.5 Ressources hydriques naturelles .....	4
I.5.1 Eau souterraine .....	5
I.5.2 Eau de surface.....	5
I.5.3 Eaux de mers et océans .....	6
I.6 Pollution des eaux.....	7
I.6.1 Définition de la pollution.....	7
I.6.2 Origines de la pollution des eaux.....	7
I.6.3 Principaux polluants des eaux naturelles.....	8
I.7 Risques sanitaires (maladie d'origine hydrique).....	9
I.8 Utilisation de l'eau.....	9
I.9 Conclusion .....	10

## Chapitre II : Traitement de l'eau

II .1 Introduction .....	12
II.2 Critères de potabilités de l'eau .....	12
II.2.1 Critères organoleptiques .....	12
II.2.2 Critères physico-chimiques .....	13
II.2.3 Critères concernant des substances indésirables.....	15
II .2.4 Critères concernant les substances toxiques.....	15

II.2.5 Critères microbiologiques.....	16
II.3 Fonctionnement de la station de traitement des eaux (HDG).....	17
II.3.1 Localisation de la station de traitement des eaux (HDG).....	18
II.3.2 Procédés de traitement des eaux (HDG).....	18
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
III.1 Introduction .....	22
III.2 Méthodes d'analyses.....	22
III.2.1 Echantillonnage.....	22
III.2.2 Analyse physico-chimique.....	22
III.2.2.1 Caractéristiques physiques.....	22
1- Mesure de la température (T°C).....	22
2- Mesure du pH.....	23
3- Détermination de la conductivité.....	23
4- Détermination de la turbidité.....	24
5- Résidu Sec (RS).....	24
6- Matières En Suspension (MES).....	25
7- Matière Organique (MO) .....	25
III.2.2.2 Caractéristiques chimiques.....	26
1) L'alcalinité (TA-TAC) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	26
2) Titre Hydrotimétrique (TH).....	27
3) Dosage de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....	28
4) Dosage de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ).....	29
5) Dosage des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	30
III.2.2.3 Caractéristiques Spectrophotométriques.....	31
1- Dosage d'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ).....	31
2- Dosage du nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	31
3- Dosage du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	32
4- Dosage du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ).....	33
5- Dosage du sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	33
6- Dosage du phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	34
7- Dosage d'aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) .....	34
III.2.3 Analyses bactériologiques.....	35
III.2.3.1 Recherche des germes totaux.....	35

III.2.3.2 Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF).....	36
III.2.3.3 Recherche des streptocoques fécaux .....	37
III.2.3.4 Recherche des Anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR).....	38
III.3 Conclusion .....	38
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
IV.1 Introduction .....	39
IV.2 Résultats des analyses physico-chimiques.....	39
IV.2.1 Température T(°C) ,PH , Turbidité (Turb) et Conductivité Électrique (CE).....	39
IV.2.2 Résidu sec (RS),matière en suspension (MES) et matière organique (MO).....	41
IV.2.3 TA et TAC et $\text{HCO}_3^-$ .....	43
IV.2.4. Dureté totale (TH) ,Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ,Chlorures $\text{Cl}^-$ et Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ..	44
IV.2.5. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	45
IV.2.6. Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ,Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	47
IV.3 Résultats des analyses bactériologiques .....	49
<b>Conclusion générale</b> .....	51
<b>Références bibliographiques</b> .....	52
<b>Résumé</b>	

## Liste des abréviations

<b>ADE</b>	Algérienne des eaux
<b>°C</b>	Degré celsius
<b>mg/l</b>	Milligramme par litre
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>g/cm</b>	Gramme par centimètre
<b>MES</b>	Matière en solution
<b>%</b>	Pourcentage
<b>NTU</b>	Nephelometrie turbidité unit
<b>S/m</b>	Siemens par mètre
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la sante
<b>µS/cm</b>	Micro Siemens Par Centimètre
<b>°f</b>	Degré Français
<b>TDS</b>	Taux des sels dissous
<b>HDG</b>	Hammam Debagh Guelma
<b>g/m<sup>3</sup></b>	gramme par mètre cube
<b>Fig</b>	Figure
<b>EB</b>	Eau Brute
<b>ET</b>	Eau Traité
<b>FO</b>	Forage Oravie
<b>FB</b>	Forage Belkhire
<b>FS</b>	Forage SNTR
<b>FT</b>	Forage Tarha
<b>RS</b>	Résidu Sec
<b>MO</b>	Matière Organique
<b>TA</b>	Titre Alcalimétrique simple
<b>TAC</b>	Titre Alcalimétrique Complet
<b>PE</b>	Prise d'Essai
<b>TH</b>	Titre Hydrotimétrique
<b>EDTA</b>	Acide Ethylene-Diamine Tetra-Acétique

<b>NET</b>	Noir D'urochrome T
<b>FC</b>	Facteur <i>de Correction</i>
<b>Nm</b>	Nano mètre
<b>Min</b>	Minute
<b>GT</b>	Germes Totaux
<b>CT</b>	Coliformes Totaux
<b>CF</b>	Coliformes Fécaux
<b>TGEA</b>	Gélose Tryptone Glucose Agar
<b>UFC/ml</b>	Unité Formant Colonie Par Millilitre
<b>E-coli</b>	Escherichia-Coli
<b>SF</b>	Streptocoque Fécaux
<b>µm</b>	Micro Mètre
<b>ASR</b>	Anaérobies Sulfito-Réducteurs
<b>VF</b>	Viande Foie

## Liste des tableaux

Numéro	Titre Des Tableaux	Pages
<b>I.1</b>	pourcentages de l'eau dans les êtres vivants	3
<b>I.2</b>	principales différence entre eaux de surface et souterraines	6
<b>II.1</b>	norme des paramètres physico-chimiques d'une eau potable	14
<b>II.2</b>	principaux éléments présents dans l'eau	15
<b>II.3</b>	normes des substances indésirables d'une eau potable	15
<b>II.4</b>	normes des substances toxiques d'une eau potable	15
<b>II.5</b>	norme des paramètres microbiologiques	17
<b>IV.1</b>	valeurs de T, pH, TURB et ce des eaux analysées	39
<b>IV.2</b>	résidu sec (RS) , (MES) et (MO) des eaux analysées	41
<b>IV.3</b>	valeurs de ta ,tac et bicarbonates ( $HCO_3^-$ ) des eaux analysées	43
<b>IV.4</b>	valeurs de (TH) , ( $Ca^{2+}$ ) , $Cl^-$ et ( $Mg^{2+}$ ) des eaux analysées	44
<b>IV.5</b>	valeurs des ions de l'ammonium , nitrites et nitrates des eaux analysées	45
<b>IV.6</b>	valeurs des ions de fer , les sulfates, les phosphates des eaux analysées	47
<b>IV.7</b>	valeurs des germes totaux et des coliformes fécaux des eaux analysées.	49
<b>IV.8</b>	valeurs des streptocoques fécaux (SF) et anaérobies sulfito-réducteurs	49

## Listes des figures

Numéro	Titre des figures	Pages
<b>I.1</b>	Cycle de l'eau	4
<b>I.2</b>	Consommation d'eau	10
<b>II.1</b>	Bassin de mélange (pré chloration)	18
<b>II.2</b>	Bassin de coagulation- floculation	19
<b>II.3</b>	Bassin de décantation	20
<b>II.4</b>	Bassin de la filtration	20
<b>II. 5</b>	Réservoir de stockage	21
<b>III.1</b>	pH-mètre utilisé lors des analyses	23
<b>III.2</b>	Conductimètre utilisé lors des analyses	23
<b>III.3</b>	Turbidimètre (HACH 2100N).	24
<b>III.4</b>	Spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).	31
<b>III.5</b>	Les colonies des germes totaux	36
<b>III.6</b>	La rampe de la filtration pour dénombrement des coliformes totaux et fécaux	37
<b>IV.1</b>	Histogramme des valeurs de T°C, pH et Turb des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020.	40
<b>IV.2</b>	Histogramme des valeurs de CE des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020	40
<b>IV.3</b>	Histogramme des valeurs des matières en suspenses MES et matières organiques MO des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020	42
<b>IV.4</b>	Histogramme des valeurs du résidu sec RS des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020	42
<b>IV.5</b>	Histogramme des valeurs de TA ,TAC et Bicarbonates( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux analysées pendant le mois (Mars )2019et (Mars )2020.	43

<b>IV.6</b>	Histogramme des valeurs de la dureté totale et des calcium, des chlorures et des Magnésium des eaux analysées pendant le mois (Mars )2019et (Mars )2020.	45
<b>IV.7</b>	Histogramme des valeurs des ions de l'ammonium et nitrites des eaux analysées pendant le mois (Mars )2019et (Mars )2020.	46
<b>IV.8</b>	Histogramme des valeurs des ions de nitrates des eaux analysées pendant le mois (Mars )2019et (Mars )2020.	46
<b>IV.9</b>	Histogramme des valeurs des ions ferreux et les phosphates des eaux analysées pendant le mois (Mars )2019et (Mars )2020	48
<b>IV.10</b>	Histogramme des valeurs des Sulfates des eaux analysées pendant le mois (Mars ) 2019 et (Mars )2020	48

# Introduction Générale

## Introduction générale

L'eau constitue une ressource naturelle indispensable pour la vie de l'Homme, des animaux et des végétaux. L'avoir à disposition en quantité suffisante et en qualité satisfaisante contribue au maintien de la santé. Mais, l'eau peut être aussi source de maladies en cas de pollutions.

Les ressources en eau proviennent des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelables. En Algérie, l'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigation et l'industrie. Ces dernières années, la qualité des eaux est devenue une opération majeure et obligatoire, afin de protéger l'environnement et la santé des êtres vivants ou l'exploiter pour la consommation humaine ou l'utilisation industrielle. (*Hadef, 2017*)

À la wilaya de Guelma, les eaux brutes du Barrage de Hammam Debagh (Bouhamdane) sont objets des analyses physico-chimiques et bactériologiques. Il y a aussi des traitements suivis par des analyses physico-chimiques et bactériologiques au niveau de la station de traitements des eaux située à proximité du barrage (forages environnent la wilaya). Les eaux traitées seront acheminées aux consommateurs à travers des conduites, canalisations et châteaux d'eau. (*Aouissi, 2019*)

À cet effet, les objectifs principaux de ce projet de fin d'études sont :

- ✓ Maitriser les procédés de traitements des eaux effectués au niveau de la station des traitements des eaux Hammam Debagh (Bouhamdane - Guelma(HDG)).
- ✓ Maitriser les techniques d'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux brute et des eaux traitées du barrage HDG et l'eau des quatre forages à proximité de Guelma.

Pour cela nous avons choisi d'articuler ce travail en quatre chapitres:

Nous avons jugé utile de rappeler dans le premier chapitre quelques généralités sur les propriétés de l'eau et les sources de sa pollution. Le deuxième chapitre traite des critères de qualité, norme de potabilisation et procédé de traitement des eaux au niveau de la station HDG. le troisième chapitre concerne les méthodes et les protocoles utilisés pour caractériser les différents échantillons d'eau analysés. Le chapitre quatre rassemble les résultats expérimentaux et leurs discussions. Et enfin on va clôturer par une conclusion générale

# Chapitre I :

## Généralités sur L'eau

## I.1 Introduction

L'eau est une substance liquide, transparente, sans saveur ni odeur, réfractant la lumière et susceptible de dissoudre un grand nombre de corps et qui couvre trois quart de la surface terrestre et joue un rôle primordial pour tout ce qui a trait à la vie. Elle est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages ( *Aouissi,2019* ).

## I.2 Composition de l'eau

L'eau est une espèce chimique simple, liquide à température ambiante, gazeuse au-dessus de 100 (°C) et solide en dessous de 0 (°C). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (*Aggoune,2019*).

L'eau que l'on peut aussi appeler oxyde de dihydrogène, hydroxyde d'hydrogène est un solvant idéal parfois qualifié de « *solvant universel* ». L'eau absolument pure ne contient que la molécule H<sub>2</sub>O. Elle n'est pas présente dans la nature et doit être obtenue par des processus physiques( *Kouadri,2013* ) ; ( *Layacha,2014* )

Les eaux naturelles contiennent des substances dissoutes, principalement des sels minéraux provenant des couches géologiques que l'eau a traversées. Pour être propre à la consommation, l'eau doit contenir un peu de sels minéraux puisque une absence de minéralisation la rend mauvaise pour la santé(*Aouissi,2019* ).

### I.2.1 Les sels minéraux

Ils sont constitués de cations (chargés positivement) et d'anions (chargés négativement) dissous dans l'eau, dont les principaux sont :

- Le calcium Ca<sup>+2</sup>
- Le magnésium Mg<sup>+2</sup>
- Le sodium Na<sup>+1</sup>
- Le potassium K<sup>+1</sup>
- Le bicarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Le sulfate SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>
- Le chlorure Cl<sup>-</sup>
- Le nitrate NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- Le fluorure F<sup>-</sup>

Les ions ci-dessus sont bénéfiques ou neutres. Leur concentration varie entre quelques mg/L et quelques centaines de mg/L. Seuls les deux derniers ne devraient pas être présents à forte concentration. C'est surtout le cas du fluorure. Le nitrate est inoffensif pour l'homme adulte, mais peut créer de graves problèmes chez le nourrisson ( *Aouissi,2019* )

### I.3 Propriétés de l'eau

Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression (*Algeo,1997*).

#### I.3.1 Propriétés chimiques de l'eau

Dans les réactions chimiques, l'eau intervient d'abord par sa dissociation en protons  $H^+$ , souvent associés à  $H_2O$  pour former des protons hydratés  $H_3O^+$ , et en ions hydroxyle  $OH^-$ . C'est le rapport entre ces 2 types d'ions qui détermine le pH de la solution (pH : logarithme de l'inverse de la concentration molaire en  $H^+$ ). De nombreux métaux peuvent décomposer l'eau en produisant un dégagement d'hydrogène et un hydroxyde métallique (*Aouissi,2019*).

#### I.3.2 Propriétés physiques de l'eau.

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante.

- ***La température d'ébullition***

Dans les phases liquide et solide de l'eau, les liaisons hydrogène lient les molécules fortement entre elles. C'est parce qu'il faut briser ces liaisons que l'eau a une température d'ébullition particulièrement élevée pour une molécule de cette masse molaire. Cette caractéristique de l'eau permet à une importante phase liquide d'exister aux températures que nous connaissons sur Terre. Cette phase liquide est nécessaire à l'apparition et au maintien de la vie telle que nous la connaissons sur cette planète (*Iwww,2020*).

- ***Viscosité***

La viscosité de l'eau est très variable en fonction de sa composition chimique et de sa température de telle sorte que deux eaux peuvent être non miscibles. Ce phénomène est particulièrement important pour la continuité des grands courants océaniques qui règlent le climat planétaire (*Iwww,2020*)

- ***Masse volumique***

Elle varie avec la température et la pression . mas aussi avec le teneur en sels dissous.

L'eau a une masse volumique de  $1g/cm$ . (*Layacha ,2014*)

- ***Tension superficielle***

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriété permet la formation de gouttes et favorise l'ascension capillaire (*Aouissi,2019*).

- ***Chaleur spécifique***

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée :  $4185 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ . Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie. (*Aouissi,2019*)

- ***Chaleur latente***

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continuellement les océans. Ces caractéristiques expliquent que l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre (*1www,2020*)

- **Capacité thermique**

L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masses d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevés de température (*1www,2020*).

- **Transparence**

La transparence se définit comme la propriété d'une substance à transmettre la lumière. La clarté de l'eau influence donc la pénétration de la lumière dans un lac et dépend beaucoup de la quantité de matière dans l'eau (sous forme de particules ou dissoute). Ces matières peuvent être d'origine minérale (limon, argile) ou organique (débris végétaux et animaux, microorganismes, algues, composés chimiques) (*2www,2020*)

### I.3.3 Propriétés biologiques

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours desquels s'effectue une série d'échanges; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. (*KOUADRI,2013*);(*NEBTI,2015*).

**Tableau I.1** : Pourcentages de l'eau dans les êtres vivants :

Homme		Aliments	
Nouveau-né	66 à 74%	Laitue	92%
Adulte	58 à 67%	Pomme de terre	78%

### I.4 Cycle de l'eau

L'eau circule sans arrêt sur la terre. Elle s'évapore des océans et y revient sous forme de pluie. Le soleil fait s'évaporer l'eau des rivières, des lacs, des mers, des océans en de fines gouttelettes. En se regroupant, elles forment des nuages poussés par le vent rencontrent des masses d'air froid et donnent naissance à la pluie. L'eau de pluie s'infiltré dans le sol et rejoint les nappes phréatiques, les sources, les rivières, les fleuves, pour recommencer sans fin le même voyage (*3www,2020*).

Le cycle se trouve donc fermé, ce qui se traduit par un bilan global exprimant l'égalité des pertes et des gains :

Précipitation = ruissellement + évaporation + transpiration + infiltration

[évaporation + transpiration] = Evapotranspiration (*Layacha,2014*).

- **Précipitations**

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuage qui engendrent les précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Ces précipitations constituent actuellement l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce (*Layacha,2014*);(*Boukhnef,2019*).

- **Ruissellement / Infiltrations:**

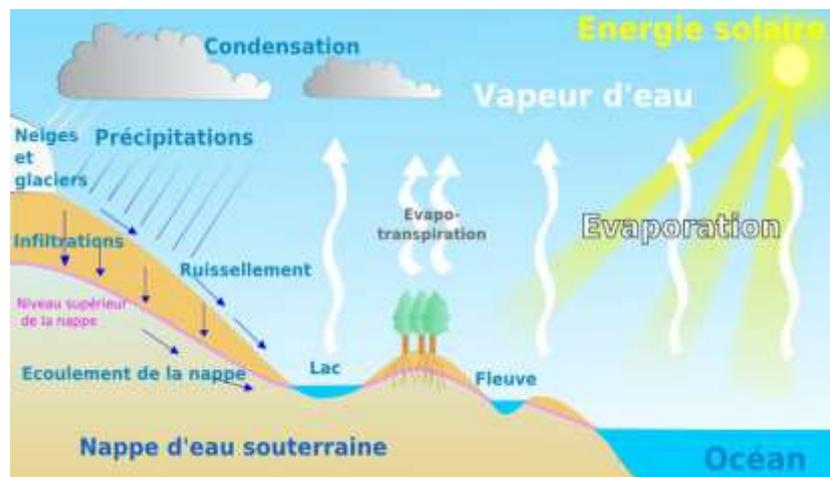
Une partie de l'eau de pluie forme des cours d'eau (ruisseaux, rivières, fleuves ...); elle retourne directement à la mer ou reste stockée dans des retenues (lacs, étangs). L'autre partie s'infiltrate dans le sol pour rejoindre les nappes ou les voies d'eau souterraines dont la plupart retournent à la mer sous forme de sources sous-marines (d'eau douce) (*2www,2020*)

- **L'évaporation :**

La chaleur du soleil réchauffe l'eau des mers, des lacs, des rivières. De minuscules particules d'eau s'évaporent de ces étendues d'eau douces et salées ou transpirent des végétaux (on parle alors d'évapotranspiration) : elles s'élèvent dans les airs. L'eau subit alors ce qu'on appelle la « vaporisation » (*3www,2020*).

- **La condensation :**

C'est le passage de l'état gazeux à l'état liquide (*Nebti,2015*)



*Figure I.1: Cycle de l'eau.*

## I.5 Ressources hydriques naturelles.

La ressource hydrique est au sens large toutes les eaux accessibles comme ressources c'est à dire utiles et disponibles pour l'homme et les écosystèmes, à différents points du cycles de l'eau. cette ressource est limitée en quantité et en qualité(*Nebti,2015*)

Les réserves disponible d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration , nappes), des eaux de surfaces retenues ou en écoulement (barrages , lacs, rivières) et des eaux de mers et océans (*Bouchemal,2016*).

### I.5.1 Eau Souterraine

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et qui transitent plus ou moins rapidement (jour, mois, année, siècle, millénaire) dans les fissures et les pores. Elles sont issues des précipitations ou de la neige et puis, infiltrent les sols dans les différents systèmes (*Badjadj,2017*). Les eaux souterraine sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes. Selon les conditions géologiques ,on peut distinguer plusieurs types de ces nappes (*Hamed,2012*);(*Nebti 2015*):

- ***Nappes profondes***

Elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe. D'une façon générale, les eaux des nappes profondes sont potables. Dans certains cas, l'eau issue des nappes profondes peut sortir très chaude (*Aggoune,2019*).

- ***Nappes phréatiques ou alluviale***

Peu profondes se reposent sur la première couche imperméable, non loin de niveau du sol et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus. Elles sont toujours libres et souvent contaminées (*Nebti,2015*).

- ***Nappes captives***

Plus profondes que les précédentes et séparées de la surface par une couche imperméables, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leur bordures et elles ne sont pas sensibles aux pollutions de surface. La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car elles répondent en général aux normes de potabilité. Pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants (*Degremon.T,1989*)

### I.5.2 Eau de Surface

Les eaux de surface désignent les eaux qui s'écoulent ou qui stagnent à la surface de l'écorce terrestre. Il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des mers, des lacs et des eaux de ruissellement (*Badjadj,2017*). Ces eaux se caractérisent par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, la pollution la rendant souvent impropre à l'utilisation en l'absence d'un traitement préalable. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants (*Aggoune,2019*);(*Nebti,2015*). Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un

développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement. Le tableau I.2 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines (*Kouadri,2013*).

**Tableau I.2:** Principales différence entre eaux de surface et souterraines .

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
<b>Température</b>	Variable suivant saison	Relativement constant
<b>Turbidité</b>	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
<b>Couleur</b>	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces des acides (acides humique)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques, etc.)
<b>Minéralisation globale</b>	Variable en fonction des terrains des précipitation des rejets ,etc.	Sensiblement constant en générale nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
<b>Fer et manganèse dissous</b>	Généralement absent	Généralement présent
<b>Nitrates</b>	Peu abondante en général	Teneur parfois élevée
<b>Micropolluants minéraux et organiques</b>	Présents dans ses eaux de pays développés, susceptible disparaître rapidement après suppression de la surface	Généralement absent mais en pollution accidentel subsiste beaucoup plus longtemps
<b>Éléments vivants</b>	Bactéries, virus	Ferro bactéries fréquentes

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal. Les eaux souterraines sont souvent considérées comme des eaux naturellement pure ce qui est une erreur, car souvent elles contiennent du fer, manganèse, ammoniacque et matières organiques sans parler de la teneur excessive en fluor et nitrates (*Ayad,2017*)

### I.5.3 Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent d'énormes réservoirs d'eau , elles représentent près de 97,4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement (*Bouchemal,2016*).

## I.6 Pollution des eaux

Les eaux de surface sont l'eau qui coulent ou qui stagnent à la surface du sol (rivières, lacs, étangs, barrages, etc.) ; donc il y a plusieurs sources des pollutions des eaux de surface (*Boukhnef,2019*).

### I.6.1 Définition de la Pollution

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (*Sari,2014*).

### I.6.2 Origines de la pollution des eaux .

L'eau est une ressource indispensable aux activités humaines et pour tous organisme vivant, La pollution se traduit par un dégradation des caractères physiques ,chimiques, biologiques, bactériologiques(*Layacha,2014*).

On peut distinguer six catégories :

- ***Pollution d'origine domestique***

Les eaux usée urbaines sont constituées de matière organique biodégradable mais des grandes consommatrice d'oxygène, de germes pathogène et de produit chimique (*Degremon,1989*)

La pollution journalière produite par une personne est évaluée à :

- 70 à 90 g de matières en suspension,
- 60 à 70 g de matières organiques,
- 12 à 15 g de matières azotées,
- 3 à 4 grammes de phosphore,
- plusieurs milliards de germes pour 100 ml(*4www,2020*)

- ***Pollution d'origine industrielle***

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme . Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (*Boeglin Jean-Claude*)

- ***Pollution d'origine agricole***

Cette pollution comprend à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés, issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates NO<sub>3</sub> et de produits phytosanitaire, qui ne sont pas décomposés, qui vont nourrir les algues se multipliant ainsi en prenant tout l'oxygène. Les déchets animaux sont avides d'oxygène, riche en azote et en phosphore et renferment souvent des organismes pathogènes. (*Belaid,2013*)

- ***Pollution par les eaux urbaine***

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité (*Boukhnef,2019*)

### **I.6.3 Principaux polluants des eaux naturelles**

- ***Les polluants organiques***

Elle concerne les microorganismes pathogènes présents dans l'eau comme les bactéries et les virus. Cette pollution bactériologique se caractérise par un taux élevé de coliformes fécaux. La pollution organique provient principalement des excréments, des ordures ménagères et des déchets végétaux. (*5www,2020*)

- ***Les polluants chimiques***

Elle concerne les nitrates et les phosphates contenus dans les pesticides, les médicaments humains et vétérinaires, les produits ménagers, la peinture, les métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, arsenic...), les acides, ainsi que les hydrocarbures utilisés dans l'industrie.

- ✓ Les éléments chimiques minéraux
- ✓ Les éléments chimiques organique (*5www,2020*)

- ***Les Polluants physiques***

Les polluants physiques se subdivisant en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension. les éléments grossiers, les sables, la matière en suspension (MES) (*Aouissi,2019*).

- ✓ ***les éléments grossiers***

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue de simple grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont en générale : les brindilles, les feuilles , les herbes (*Kouadri,2013.*)

- ✓ ***Les sables***

Sont des particules minérales une certaines , ils sont à base de silice ou de composition minérale équivalente . Leur masse spécifique est de 2,5 à 2,6 g/l leur élimination se fait par une simple décantation (*Layacha,2014*).

- ✓ ***Les matières en suspension MES.***

Sont les impuretés qui à cause de leur taille (supérieur à 10µm) leur séparation –élimination– demande une décantation lente ou une filtration .

On les trouve essentiellement dans les eaux superficielles . Elles contribuent à la turbidité de l'eau et à sa couleur elles peuvent être d'origine minérale (quartz , sels minéraux insolubles, argiles...etc) ou organiques (produit de la décomposition des matières végétales ou animales , acides humiques ) ( *Layacha,2014*).

- ***Les Polluants biologiques***

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes : des virus, des bactéries, les algues, plancton, des parasites etc. Qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (*Lounnas,A.2008*)

### **I.7 Risques sanitaires (maladie d'origine hydrique)**

Les risques sanitaires liés à l'eau sont dus à l'utilisation d'une eau polluée, impropre à l'usage voulu. Les risques encourus le sont à plus ou moins longs termes. Certains sont connus et avérés pour la santé, et d'autres sont suspectés voire émergents. Les principaux risques sanitaires à court terme liés à l'eau sont généralement d'ordre infectieux. Ils proviennent de la présence de micro-organismes (bactéries, virus, parasites). Les effets sont généralement bénins (troubles digestifs, mycoses) mais peuvent s'avérer plus importants (hépatites, leptospirose, typhoïde, cholera, légionellose ...). Pour les risques encourus à long terme, les symptômes dépendent de la dose et de la durée d'exposition. Les maladies développées ont souvent d'une origine chimique; saturnisme lié au plomb, cancers liés à l'arsenic, au mercure, au chrome, aux nitrates, aux hydrocarbures ... présents dans l'eau (*Aouissi,2019*).

### **I.8 Utilisation de l'eau**

L'eau trouve un usage multiple. Non seulement les ménages, mais aussi l'industrie et l'agriculture ne peuvent se passer d'eau de qualité en quantité suffisante. La force de l'eau nous livre plus de la moitié de nos besoins en électricité. En tant que consommateurs, nous sommes en mesure de participer à la préservation des ressources en eau globales par une utilisation parcimonieuse de l'eau potable(*6www,2020*)

L'eau est une substance indispensable à tous les êtres vivants, hommes, animaux et plantes. Elle est également nécessaire à toutes les activités développées par l'homme. On peut ainsi distinguer différents usages de l'eau (*7www,2020*)

- ***Usages domestiques***

En moyenne, chaque être humain consomme 150 litres d'eau par jour. L'essentiel de l'eau consommée est utilisé pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et diverses tâches ménagères. La boisson et la préparation des aliments ne représentent que 7% de notre consommation totale. En plus, il faut ajouter les consommations collectives auxquelles chacun participe :( écoles, hôpitaux, bureaux, lavage des rues, fontaines dans les villes...)(*7www,2020*).

- ***Usages agricoles***

l'agriculture est la principale source de consommation d'eau, essentiellement à des fins d'irrigation. A noter que l'aquaculture (algues, mollusques, crustacés et poissons) est assimilée aux activités agricoles (*7www,2020*).

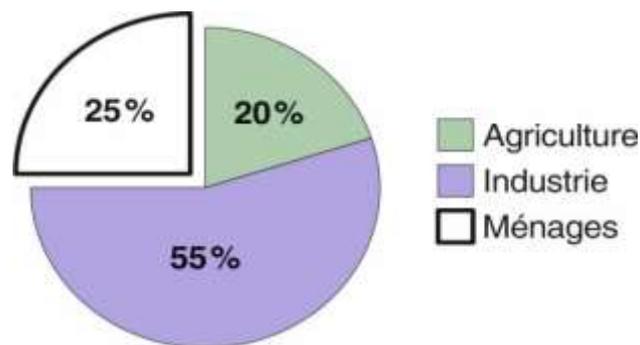
- **Usages industriels**

l'eau est au cœur de nombreux processus industriels. Elle est aussi très utilisée pour le lavage et l'évacuation des déchets, pour le refroidissement des installations ou pour faire fonctionner les chaudières. Le refroidissement des installations représente l'essentiel de l'utilisation industrielle(7www,2020).

- **Usages énergétiques**

les barrages, les conduites forcées captant des sources et les centrales hydroélectriques équipées de turbines. L'eau sert aussi pour refroidir les centrales thermiques et nucléaires, qui la rejettent plus chaude (on parle alors de pollution thermique) ou l'évaporent. Enfin, les calories de l'eau souterraine sont utilisées pour les installations de géothermie (basse ou haute température)(7www,2020)

- **Usages liés aux loisirs** : la voile, le ski nautique, la plongée, la baignade, la pêche, les piscines et stades nautiques, les bains d'eau chaude naturelle, les stations de ski en hiver et les patinoires.(7www,2020)
- **Usages liés à la santé** : Il s'agit des cures thermales, de la thalassothérapie.



*Figure I.2: Consommation d'eau*

## I.9 Conclusion

L'eau est la chose la plus nécessaire à l'entretien de la vie, elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne. Elle est exposée à la pollution par des interventions humaines ou naturelles qui perturbent les conditions de vie de tous les êtres vivants, raison pour laquelle, elle a besoin de protection, de traitement, de conservation et d'économiser leur utilisation.

# Chapitre II :

# Traitement de l'eau

## II .1 Introduction

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé selon l'organisation mondiale de la santé. Seules certaines eaux, dites minérales ou de source peuvent être commercialisées et consommées sans traitement. Cependant, pour les eaux de source par fois des traitements comme l'aération, la décantation et la filtration peuvent leur être appliqué.

Toutes les autres eaux du milieu naturel dites 'brutes' ont besoin d'un traitement avant d'être consommées, afin de répondre aux normes en vigueur définissant une eau bonne pour la consommation humaine. Elles sont alors acheminées vers des stations de traitement d'eau potable.

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, liée à son origine, l'eau principalement traitée étant l'eau de surface et l'eau souterraines (*Djoughri,2013*)

## II.2 Critères de potabilités de l'eau

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définis sur le plan de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques qui ne doivent pas porter atteinte à la santé du consommateur

On pourrait dire, qu'une eau destinée à la consommation humaine doit (*Nabti,2015*);(*Alouane,2011*):

- être raisonnablement minéralisée.
- être raisonnablement limpide.
- assurer de ne pouvoir nuire à la santé.
- assurer de ne pas voir ses qualités altérées par le temps, ou les conditions de son transport

### II.2.1 Critères organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, turbidité , saveur et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

- **Couleur**

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (*Djorfi,2015*).

- **Odeur**

La présence d'une odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition. Dans l'eau diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés ,amines, ammoniaque, etc

- **Goût et saveur**

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche (*Djorfi,2015*).

La saveur de l'eau est due à de nombreuses molécules et ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau qui leur est fournie (Nabti,2015).

### II.2.2 Critères physico-chimiques

- **Température**

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH d'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et leur origine(Bara,2016)

Pour l'eau potable la température maximale acceptable est de 15°C. dans les eaux naturelles est au-dessus de 15°C, il ya risque de croissance accélérée des micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la couleur et la turbidité (Kouadri,2013).

- **Potentiel hydrogène pH**

Le potentiel hydrogène plus connu sous le nom du pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou base, il est calculé à partir du nombre d'ions d'hydrogène présents. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre, un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique, une solution est neutre lorsqu'il y'a autant de  $H_3O^+$  que d' $OH^-$  (Rodier,1996)

- **Turbidité**

La turbidité exprime l'atténuation d'un faisceau de lumière blanche au contact de particules colloïdes. En fonction de son origine, l'eau à l'état naturel peut être plus ou moins chargée de particules en suspension ou de matières colloïdales ( argile, limon, matières organiques, oxydes métalliques, plancton, etc). Le trouble de l'eau causé par ces particules est la turbidité.

Elle est le premier paramètre perçu par le consommateur. Il existe plusieurs échelles pour la mesurer. Une des plus utilisées est l'unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit). La turbidité des eaux alimentaires doit être inférieure à 1 NTU au point de mise en distribution et inférieure à 2 NTU au robinet du consommateur. Sa valeur considérée comme très forte pour des eaux de surface présentant une turbidité supérieure à 3 NTU. Les valeurs peuvent atteindre 10 NTU dans des bassins versants fortement érodés ou lors d'épisodes pluvieux. La turbidité est également considérée comme un indicateur indirect du risque microbiologique, car certains micro-organismes tels que les virus peuvent y être associés (par adsorption). La turbidité d'une eau est l'inverse de sa transparence (Rodier,2009).

- **Conductivité électrique**

Est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en Siemens par mètre (S/m) à 20 °C. Une conductivité élevée traduit, soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée qu'elle soit naturelle ou due à des rejets salins (*Hamed,2012*).

**Tableau II.1:** Norme des paramètres physico-chimiques d'une eau potable(*Aouissi,2019*).

Paramétrés physico-chimiques	Unité	Norme OMS (2006)	Norme ADE (2005)	Norme Algérienne (2000)
Température	°C	≤ 25	≤ 25	-
pH	-	6,5 à 8,5	6,5 à 9	6,5 à 8,5
Conductivité	μ s/cm	2800	1000	Max 2800
Résidus secs	mg/l après séchage	Max 2000	Max 1500	1,5 à 2
Alcalinité totale	°F(degré français)	≥ 2,5	≥ 2,5	-
Dureté totale	°F(degré français)	≤ 15	≤ 15	10 à 50
Chlorure	mg/l de Cl <sup>-</sup>	200	200	200 à 500
Sulfates	mg/l de SO <sup>4-</sup>	200	200	200 à 400
Sodium	mg/l de Na <sup>+</sup>	200	150	200

- **Salinité**

La présence des sels dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximum de densité). D'autre (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certaines sont essentiellement déterminées par la quantité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique)(*Bara,2016*)

- **Taux des sels dissous (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 qui 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 (*Boucherit,2019*.)

- **Autres principaux éléments présents dans l'eau**

En plus du chlorure présent dans l'eau, elle contient aussi d'autres éléments chimiques, cation et anion qui sont décrit sur le tableau II.2 :

**Tableau II.2:** Principaux éléments présents dans l'eau (Aouissi,2019).

Cation	Anion
Calcium( $Ca^{2+}$ )	Sulfate ( $SO_4^{-}$ )
Magnesium ( $Mg^{2+}$ )	Nitrates( $NH_3^{-}$ )
Sodium( $Na^{+}$ )	Nitrites ( $NO_2^{-}$ )
Potassium( $K^{-}$ )	Chlorures ( $Cl^{-}$ )
Ammonium( $NH_4^{+}$ )	Carbonate ( $CO_3^{2-}$ )

### II.2.3 Critères concernant des substances indésirables

Les substances indésirables contenues dans l'eau destinée à la consommation ne présentent aucun danger pour la santé humaine, mais dépassant un certain seuil, elles peuvent provoquer des désagréments d'ordre esthétique ou organoleptique, tels que le fer et le manganèse (tableau II.3) :

**Tableau II.3:** Normes des substances indésirables d'une eau potable .(Aouissi,2019).

Paramétrés indésirables	Unité	Norme OMS (2006)	Norme ADE (2005)	Norme Algérienne (2000)
<b>Azote</b>	mg/l	50	Non motionné	Au maximum 1
<b>Fluor</b>	mg/l	1,5	1,5	0,2 a 2
<b>Hydrogène sulfure</b>	mg/l	0,05 a 1	-	Peut-être décelable organoleptique
<b>Fer</b>	mg/l	0,3	0,2	Au maximum 0,3
<b>Manganèse</b>	mg/l	0,5	0,05	Au maximum 0,5
<b>Cuivre</b>	mg/l	2	2	Au maximum 1,5
<b>Zinc</b>	mg/l	3	Non motionné	Au maximum 5
<b>Argent</b>	mg/l	-	-	Au maximum 0,05

### II .2.4 Critères concernant les substances toxiques

Les substances toxiques présentes dans l'eau peuvent s'avérer très dangereuses pour la santé humaine si elles dépassent certaines teneurs détaillées sur le tableau II.4.

**Tableau II.4:** Normes des substances toxiques d'une eau potable (Aouissi,2019).

Paramétrés indésirables	Unité	Norme OMS (2006)	Norme ADE(2005)	Norme Algérienne(2000)
<b>Arsenic</b>	mg/l	0,01	0,01	Au maximum 0,05
<b>cadmium</b>	mg/l	0,003	0,005	Au maximum 0,01
<b>Cyanure</b>	mg/l	0,07	0,05	Au maximum0,05
<b>chrome</b>	mg/l	0,05	0,05	Au maximum 0,05
<b>Mercure</b>	mg/l	0,001	0,001	Au maximum 0,01

<b>Plomb</b>	mg/l	0,01	0,01	Au maximum 0,05
<b>Sélénium</b>	mg/l	0,01	0,01	Au maximum 0,01

### I.2.5 Critères microbiologiques

L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de micro-organismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables ; ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues. (Nabti, 2015)

L'eau potable ne doit contenir aucun micro-organisme pathogène et être exempte de toute bactérie indiquant une pollution par excréments. Le principal indicateur bactérien recommandé pour suivre la pollution humaine est constitué par l'ensemble des micro-organismes du groupe coliformes. Une eau qui est porteuse d'un seul *Escherichia Coli* par 100ml devient potentiellement dangereuse. Ce point est important, car le critère de potabilité de l'eau se fixe à partir de la présence ou de l'absence de ces germes témoins.

- **Germe 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, il renseigne sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser. (Chena, 2015)

- **Coliforme**

Les coliformes appartiennent à la famille Enterobacteriaceae. Le terme «coliforme» correspond à un organisme en bâtonnets, sporogones, Gram-négatif, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*) (Chena, 2015)

- **Coliformes fécaux et coliformes thermo-tolérants**

Les coliformes fécaux et coliformes thermo-tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44°C. *Escherichia coli* est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane à 44°C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce (Chena, 2015).

- **Streptocoques fécaux**

Sous la dénomination générale « Streptocoques fécaux », il faut entendre l'ensemble des Streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique de groupe D de *Lancefield*. Ils

sont généralement prise globalement en compte comme des témoins de pollution fécale .Ils sont des groupes en chainettes, anaérobies facultatifs , catalase négatif et immobiles.(*Bourgoise ,1996*)

- *Colstridium de sulfito-réducteurs*

*Colstridium de sulfito-réducteurs* sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne et intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné le processus de filtration naturelle (*Armand,1996*).

Ce sont des bacilles Gram-positifs anaérobies stricts ,isole ou en chainettes , mobile , catalase positif , réduisent la sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée *Colstridium de sulfito-réducteurs* est beaucoup plus résistante que les formes végétatives (*Bourgoise ,1996*).

- *Salmonelles*

Salmonelles appartiennent à la famille de *Enterobacteriaceae* bacille Gram-négatif anaérobies facultatif, habituellement grâce à une ciliature péritriche, mais mutante immobile peuvent exister. *Sérotype* adapter à l'homme sont Salmonelles, *Typhi sérotypes S, paratyphi A* et *S. Sendai* ,responsable de fièvre typhoïde humaine

Les Salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément. (*Chena,2015*)

**Tableau II. 5** Norme des Paramètres microbiologiques (*Aouissi,2019*)

Paramètres	Unités	Normes	Norme franco anglaise	Norme française
<b>Coliformes totaux</b>	N/100 ml	0 dans 100 ml	-	0 dans 100 ml
<b>Coliformes fécaux</b>	N/100 ml	0 dans 100 ml	0 dans 100 ml	0 dans 100 ml
<b>Streptocoques</b>	N/200 ml	0 dans 100 ml	0 dans 51	0 dans 100 ml
<b>Fécaux</b>	N/200 ml	-	0 dans 100 ml	0 dans 200 ml
<b>Clostridium</b>	N/51 ml	0 dans 51	0 dans 201	0 dans 51
<b>Salmonelle</b>	N/100 ml	0 dans 100 ml	-	0 dans 100 ml
<b>Staphylocoque</b>	N/101	0 dans 101	-	0 dans 101
<b>Pathogène</b>	-	-	-	-
<b>Entérovirus</b>	-	-	-	-

### II.3 Fonctionnement de la station de traitement des eaux (HDG)

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pratiquement jamais potable sans aucun traitement du fait de diverses substances d'origine naturelle ou apportées par la pollution.

Pour améliorer sa qualité (potabilité), et la rendre consommable sans risque, elle nécessite des traitements appropriés, c'est-à-dire lui faire subir des modifications physico-chimiques ou

biologiques, dans une chaîne de traitement classique.

### II.3.1 Localisation de la station de traitement des eaux (HDG)

La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh Guelma (HDG) est située à 1 km à l'amont de la localité du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh, à environ 2 km au Nord-ouest de l'agglomération du chef-lieu de la commune et existant sur la rive droite d'Oued Bouhamdane à 40 km, elle est mise en service en 2003. La station est alimentée par le barrage qui possède une capacité théorique de 220 millions de m<sup>3</sup> (ADE).

### II.3.2 Procédés de traitement des eaux (HDG)

L'eau brute captée à partir du barrage Bouhamdane, doit passer par la prise d'eau afin de régulariser le débit entre 1800 et 2000 m<sup>3</sup>/h selon la turbidité, et d'où les gros déchets sont maintenus au moyen de trois grilles automatiques. Cette eau brute est pompée et conduite par une canalisation jusqu'à la station de potabilisation avant qu'elle soit traitée. La composition et les propriétés de l'eau brute sont les facteurs qui détermineront les étapes de traitement.

#### A- Prétraitement

Lorsqu'ils sont appliqués, leurs rôles sont de soulager le traitement :

- **Le dégrillage** : les grosses particules sont éliminées
- **Le dessablage** : Permet d'éliminer le gravier, le sable de telle sorte à éviter des dépôts dans les canalisations et les réservoirs
- **Le tamisage** : Filtrage plus fin destiné à arrêter les déchets plus petits, sable, plancton

#### B- Pré-chloration

À l'entrée de l'eau brute dans le processus de traitement la première opération qu'elle subit est la pré-chloration (pré-oxydation). Cette étape est effectuée dans un bassin de mélange (fig.II.1) la pré-chloration porte sur l'élimination de l'azote ammoniacal, du fer et du manganèse, l'élimination de la couleur et l'amélioration de l'opération de clarification.

Les différents oxydants les plus utilisés au niveau de la station de Hammam Debagh est le chlore gazeux ou l'hypochlorite de sodium. Actuellement, la station utilise dans l'eau des doses entre 2,5 à 3 g/m<sup>3</sup> d'hypochlorite de sodium. (Bara, 2016).



Figure II.1: Bassin de mélange (pré chloration)

#### C- Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations permettant de rendre l'eau limpide en la débarrassant des petites matières en suspension qu'elle contient ainsi que la majeure partie des matières organiques. La clarification comprend les opérations de coagulation, floculation, de décantation et de filtration. *(Cherifi, 2018)*

- **Coagulation-floculation**

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en agrégats floconneux décantables ou filtrables (fig.II.2). Quand cette réaction se produit les particules se lient et forment des petits flocs qui se séparent lentement de l'eau. Les réactifs utilisés sont généralement des sels de fer ou d'aluminium.

La floculation est une opération complémentaire à la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocs par une agitation lente (fig.II.2) et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un flocculant. On utilise comme flocculant: Les polymères et l'alginate *(Aggoune, 2019); (Aouissi, 2019)*

La coagulation au niveau de la station de traitement (ADE) de Guelma se fait par le sulfate d'aluminium dans un bassin d'agitation rapide suivit par la floculation qui se fait par un flocculant qui est le poly-électrolyte. Cette étape se fait dans un bassin à agitation lente; le temps entre la coagulation et la floculation est de 20min.

Le dosage des produit chimique (sulfate d'aluminium et poly-électrolyte) se fait dans le laboratoire par la technique de jarre-test pour mieux optimiser l'utilisation de ces produits et avoir une bonne coagulation/floculation selon la turbidité de l'eau brute *(Kouadri, 2013)*



*Figure II.2: Bassin de coagulation-floculation*

- **Décantation**

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.

A l'inverse, la flottation consiste à favoriser la clarification par entrainement 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 (ADE).

Il s'agit d'un décanteur circulaire avec un pont racleur qui sert à racler la boue vers un concentrateur pour la purger, et un flocculateur à vitesse de rotation lente pour favoriser la cohésion des floccs (fig. II.3). (Cherifi,2018)



*Figure II.3: Bassin de décantation*

- **Filtration**

La filtration est un procédé permettant la séparation solide-liquide au travers d'un support poreux (le sable). La filtration par le sable est l'une des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes. Un filtre à sable est constitué par une couche de sable de qualité adéquate, à travers laquelle l'eau circule à vitesse relativement faible (fig. II.4) (Aouissi,2019).

L'objectif recherché par la filtration est tout d'abord celui d'améliorer la qualité de l'eau décantée essentiellement du point de vue de la turbidité.

Le système de filtration de six bassins est de forme rectangulaire. Sa structure a été réalisée avec des murs en béton armé. Chacun des filtres devrait contenir une couche de sable de granulométrie uniforme (Hamed,2012).



*Figure II.4: Bassin de la filtration*

#### **D- Désinfection**

Les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien et protéger l'eau de la pollution pendant son déplacement à travers les réseaux de distribution. C'est la dernière étape, elle élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux pour notre santé (Aggoune,2019).

- **Ozonation**

L'ozonation est un traitement chimique par oxydation. L'utilisation de réactifs chimiques oxydants pour le traitement des eaux a visé au départ la stérilisation de l'eau, ou, plus exactement, la destruction des germes pathogènes. L'ozone a l'avantage de permettre des actions complémentaires dans la destruction d'un grand nombre de micropolluants et dans l'amélioration des goûts, des odeurs et dans la destruction des couleurs.(8www,2020)

- **Chloration**

La chloration est un moyen simple et efficace pour désinfecter l'eau en vue de la rendre potable. Elle consiste à introduire des produits chlorés (pastilles de chlore, eau de javel,...) dans de l'eau pour tuer les micro-organismes qu'elle contient. Après un temps d'action d'environ 30 minutes, l'eau est normalement potable. Elle reste pendant quelques heures ou jours (en fonction des conditions de stockage) grâce à l'effet rémanent du chlore.(9www,2020)

#### **E- Stockage et distribution**

Une fois rendue potable, l'eau est envoyée dans un réservoir d'une capacité de 3000m<sup>3</sup> où elle est stockée avant d'être acheminée par un réseau de canalisations vers la station de pompage qui alimente à son tour la ville de Guelma.



# Chapitre III:

# Matériels et méthodes

Chapitre III  
Matériels et méthodes

### III.1 Introduction

Après une procédure de traitement des eaux, un contrôle de qualité est nécessaire afin de vérifier si les paramètres physico-chimiques et bactériologiques répondent aux normes de la consommation humaine.

Les eaux ayant fait objet de cette étude; sont les eaux brutes (EB) les eaux traitées (ET) par la station de traitement de Hammam Debagh -Guelma (ADE) comparées à la qualité de celle provenant des forages environnant telles que les forages : forage Belkhir (FB) forge Tarha (FT) ,forage oravie (FO) forage SNTR (FS) à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées au niveau de laboratoire de la station (ADE).

### III.2 Méthodes d'analyses

#### III.2.1 Echantillonnage.

En effet, les échantillons peuvent être contaminés par un manque de soin dans l'application des techniques d'échantillonnages.

Pour l'analyse des paramètres physicochimiques, les échantillons doivent être prélevés dans des récipients propres en plastique. Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord , étiquetés et conservés comme l'exige les protocoles d'échantillonnage à une température de 4°C environ (dans un réfrigérateur) en attendant leurs analyses

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient en verre pyrex stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes(*Rodier Et Al., 1996*)

#### III.2.2 Analyse physico-chimique

##### III.2.2.1 Caractéristiques physiques

Les analyses physiques renferment les paramètres suivants:

##### 1- Mesure de la température (T°C)

La température de l'eau dépend des échanges thermiques avec l'air ambiant et du rayonnement solaire. Elle joue un rôle dans la dissociation des sels dissous , la détermination de pH, la conductivité électrique et la vitesse de la réaction dans l'eau (*Drissi,2008*).

\*\* **Appareillage:** Elle doit être mesurée par un thermomètre aussi mesuré par l'appareil multi-paramètre.

\*\* **Mode opératoire:** Retirer la capsule contenant la solution de stockage protégeant la sonde de mesure, puis rincer cette dernière à l'eau distillée avant toute mesure. Plonger la sonde dans le

milieu à analyser. Remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise. Le résultat est donné directement en (°C).

## 2- Mesure du pH

Le potentiel hydrogène ou pH d'une solution aqueuse est une mesure de l'activité chimique des ions hydrogènes. Il mesure l'acidité et la basicité d'une solution. Ainsi, dans un milieu aqueux à 25°C l'alcalinité mesure donc l'ensemble des substances susceptibles de réagir avec les ions hydrogènes (*Cherifi,2018*).

\*\* **Appareillage:** Le pH peut être mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrode en verre après vérification de son étalonnage avec au moins deux solutions étalons (fig. III.1).



*Figure III.1: pH-mètre utilisé lors des analyses*

\*\* **Mode opératoire:** Rincer les électrodes de pH-mètre avec de l'eau distillée, plonger les électrodes dans l'eau à analyser les mesures sont faites automatiquement attendre jusqu'à ce que la valeur indiquée se stabilise en fin noter le résultat du pH.

## 3- Détermination de la conductivité

En mesurant la conductivité, nous essayons d'avoir une estimation de la quantité de sels ionisables dissous. Une conductivité électrique élevée est signe de pollution du cours d'eau. Les résultats sont exprimés en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elle fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous (*Oms,2006*).

\*\***Appareillage:** La conductivité électrique a été mesurée par lecture directe sur un conductimètre à électrode (WTW.LE197) ou HANNA instruments EC215 (*KOUADRI,2013*)



*Figure III.2: Conductimètre utilisé lors des analyses*

**\*\* 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 soin que l'électrode soit complètement immergée.

#### 4- Détermination de la turbidité

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau composées d'argile, de limon, de particules organiques de plancton et de divers autres organismes microscopiques. Elle se mesure en faisant passer un faisceau lumineux à travers l'échantillon à tester. La turbidité est déterminée en mesurant la lumière qui est diffusée par les particules en suspension. (Aouissi,2019)

**\*\*Appareillage:** Les mesures de turbidité ont été faites sur un turbidimètre HACH 2100N. La gamme utilisée est (0-1000) unités NTU (Fig.III.3).



*Figure III.3: Turbidimètre (HACH 2100N).*

**\*\*Mode opératoire:** Les mesures ont été faites le plus rapidement après prélèvement les échantillons ont été introduits un par un au niveau de la cellule optique de l'appareil.

Les valeurs de la turbidité ainsi obtenues sont données par l'unité NTU.

#### 5- Résidu sec (RS)

La détermination de résidu permet d'estimer la teneur en matière dissoute et en suspension d'une eau non filtrée c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau bien mélangée évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé (Kouadri,2013).

##### **\*\* Matériel .**

- ✓ Capsule en porcelaine .
- ✓ Balance analytique
- ✓ Etuve réglable

##### **\*\* Mode opératoire .**

- ✓ Peser la capsule à vide, et noter le poids  $P_v$  ;
- ✓ Prélever 200 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et la déverser dans la capsule ;
- ✓ Porter cette dernière à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures ;
- ✓ Laisser refroidir pendant 1/4 d'heure au dessiccateur ;

- ✓ Peser immédiatement et rapidement, et noter le poids  $P_p$ .

**\*\* Expressions des résultats :**

$$RS \text{ (mg/l)} = (P_p - P_v) \times 5 \times 1000$$

Où :

$P_p$  : poids de la capsule plein en mg;

$P_v$  : poids de la capsule après évaporation en mg.

**6- Matières en suspension (MES).**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

**\*\* Matériels**

- ✓ Dispositif de filtration sous vide ;
- ✓ Membranes de filtration.

**\*\* Mode opératoire :**

- ✓ Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 minutes.
- ✓ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ✓ Ensuite les pesées : soit  $M_0$  = masse des membranes avant filtration.
- ✓ Placer les membranes dans le dispositif de filtration sous vide et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers
- ✓ Rendre les membranes à l'étuve (105°C) à fin de sécher pendant 20 minutes.
- ✓ Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit  $M_1$  = masse des membranes après filtration (*Aggoune, 2019*)

**\*\* Expressions des résultats**

$$MES \text{ (mg/l)} = [(M_1 - M_0)/V] \times 1000$$

Où :

$M_0$  : masse de membrane filtrante avant l'utilisation en mg ;

$M_1$  : masse de membrane filtrante après l'utilisation en mg ;

$V$  : volume d'eau à analyser en ml.

**7- Matière organique (MO)**

L'opération consiste à mesurer en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisé pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animales ou végétales contenues dans une eau.

**\*\* Réactifs:**

- ✓ Solution d'acide sulfurique 50% ;
- ✓ Solution de permanganate de potassium N/80 ;
- ✓ Solution d'acide oxalique N/80.

**\*\* Matériels**

- ✓ Plaque chauffante ;
- ✓ Agitateur mécanique ;

- ✓ Burette graduée ;
- ✓ Matériel courant de laboratoire ( fioles, pipettes, béchers, etc.)

**\*\* Mode opératoire**

- ✓ Introduire dans un erlenmeyer de 500 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 l'ébullition ménagée pendant 10 minutes à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent avec 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 persistant 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 10 ml d'eau distillée ;
- ✓ Noter le volume  $V_0$  de la solution de permanganate consommé
- ✓ Les différences volumétriques ( $V_1$  et  $V_0$ ) de solution de permanganate de potassium trouvée entre les deux essais, représentent le nombre de milligrammes d'oxygène consommé par litre d'eau (*Rodier,1996*);(*Chaibi,2012*)

**III.2.2.2 Caractéristiques Chimiques****1- L'alcalinité (TA-TAC) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré (*Aouissi,2019*).

**\*\* Réactifs :**

- ✓ Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) N/50 ;
- ✓ Indicateurs colorés : phénolphtaléine et méthyle-orange.

**\*\* Matériels :**

- ✓ Burette manuelle ;
- ✓ Agitateur magnétique, barreaux magnétique ;
- ✓ Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers...

**➤ Titre alcalimétrique simple (TA)**

C'est le premier point de neutralisation à  $\text{pH}=8,3$  en présence de la phénolphtaléine il correspond à la neutralisation des bases libres « soude chaux » et à la demi neutralisation des carbonates

**\*\* Mode opératoire**

- ✓ Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- ✓ Ajouter de 02 à 03 gouttes de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors apparaître, si la couleur n'apparaît pas le TA est nul ( $\text{pH} < 8,3$  donc  $\text{TA} = 0$ ).
- ✓ On verse ensuite doucement la solution d'acide sulfurique à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète ;
- ✓ On note VTA le volume versé
- **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

C'est le deuxième point de neutralisation à  $\text{pH}=4,5$  caractérisé par le passage de méthylorange de jaune pâle à l'orange. Il correspond à la neutralisation des bicarbonates

- ✓ Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer ;
- ✓ Ajouter de 02 à 03 gouttes de méthylorange ;
- ✓ Puis on titre par la solution d'acide sulfurique jusqu'au virage rouge orange ;
- ✓ On note VTAC le volume versé (*Bounabe,2016*);(*Chaibi,2012*)
- **Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )**

La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation ci-dessous

**\*\* Expression des résultats :**

- ✓ **Pour le TA :**  $\text{TA} (^{\circ}\text{F}) = \text{VTA} (\text{ml})$
- ✓ **Pour le TAC :**  $\text{TAC} (^{\circ}\text{F}) = \text{VTAC} (\text{ml}) - 0,5$
- ✓ **Pour le  $\text{HCO}_3^-$  :**  $\text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = \text{TAC} (^{\circ}\text{F}) \times N \times M (\text{HCO}_3^-) / \text{PE}$

Avec :

**0,5:** le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur

**N :** normalité 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 (volume en litre de l'échantillon nécessaire pour ce dosage = 0,1l).

Et après les calculs :  $\text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = \text{TAC} (^{\circ}\text{F}) \times 12,2$  ;  $1(^{\circ}\text{F}) = 10 (\text{mg/l})$

**2- Titre hydrotimétrique (TH)**

Appelé aussi "dureté totale", le TH mesure l'ensemble des ions alcalino-terreux, autrement dit les ions calcium et magnésium ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) Nous distinguons parfois le titre hydrotimétrique calcique (ou le TH calcique) qui ne mesure que la teneur en ions calcium, et le titre hydrotimétrique magnésien (ou le TH magnésien) qui ne mesure que la teneur en ions magnésium (*Chibani,2010*). La dureté de l'eau est mesurée par le titre hydrotimétrique (TH) dont le taux s'exprime en degrés français « °f » (1 degré français = 4 mg de calcium ou 2,4 mg de magnésium par litre d'eau). La détermination du TH se fait par titrage complexométrique par l'EDTA (acide éthylènediamine tétracétique).

**\*\* Réactifs :**

- ✓ EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l ;
- ✓ Indicateur : le noir ériochrome T (NET) ;
- ✓ Solution ammoniacale (NH<sub>4</sub>OH) à pH = 10.

**\*\* Matériels :**

- ✓ Burette de 25 à 50 ml ;
- ✓ Matériels courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers ...

**\*\* Mode opératoire :**

- ✓ Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon ;
- ✓ Ajouter 2 ml de la solution tampon NH<sub>4</sub>OH et une pincée d'indicateur NET. 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 d'EDTA ;
- ✓ Noter V<sub>2</sub> le volume d'EDTA utilisé (*Djorfi,2015*);( *Cahiers De Laboratoire*).

**\*\* Expressions des résultats :**

La concentration totale en ions calcium et magnésium (Ca<sub>2+</sub> + Mg<sub>2+</sub>), exprimée en (°F), est donnée par la formule :

$$\text{TH (°F)} = V_2 \times 2 \times F \times F_c$$

Où:

V<sub>2</sub> : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé ;

F : facteur de dilution ;

F<sub>c</sub> : facteur de correction

**3- Dosage de calcium (Ca<sup>2+</sup>)**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse d'acide d'éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le Calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet (*Djorfi,2015*).

**\*\* Réactifs :**

- ✓ Hydroxyde de sodium 2N ;
- ✓ EDTA, solution titrée 0,01 mol/l ;
- ✓ Calcium, solution de référence à 100 mg/l ;
- ✓ Indicateur coloré (Murexide).

**\*\* Matériels :**

- ✓ Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA ;
- ✓ Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers

**\*\* Mode opératoire :**

- ✓ Prélever une prise d'essai de 50 ml d'eau à analyser;
- ✓ Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de 2N 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 d'EDTA ;
- ✓ Noter le volume d'EDTA  $V_1$  (*Cahiers de laboratoire*);(ISO 6058) .

**\*\* Calcul du coefficient de correction ( $F_c$ )**

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium à 100 mg/l. S'en servir pour titrer la solution d'EDTA en versant lentement l'EDTA jusqu'au virage au violet. Lorsque la coloration violette est obtenue, noter le volume d'EDTA versé.

Le facteur de correction  $F_c$  est égal à :

$$F_c = \text{Volume versé (ml)} / \text{Volume théorique (12,5ml)}$$

Si :  $0,96 \leq F_c \leq 1,04$ , alors la solution d'EDTA est utilisable pour le dosage.

**\*\* Expressions des résultats:**

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = (C_1 \times V_1 \times A / V_0) \times F_c \times 1000 \times F$$

Avec :

$C_1$  : concentration exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,02 ;

$V_1$  : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage ;

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

$V_0$  : est le volume en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml ;

$F_c$  : facteur de correction du titre ;

$F$  : facteur de dilution.

**4- Dosage de magnésium ( $Mg^{2+}$ )**

La plus part de ses sels sont très solubles dans l'eau. Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites) Il est classé comme élément significatif de la dureté de l'eau. (*Debieche,2002*).

Titrage molaire des ions magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH=10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions magnésium, est utilisé comme indicateur (*Rodier,2009*)

**\*\*Réactifs :**

- ✓ Solution d'EDTA (N/50).
- ✓ Noir d'ériochrome T.
- ✓  $NH_4OH$  à PH=10.

**\*\*Mode opératoire :**

- ✓ Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large;
- ✓ Ajouter 2 ml de NH<sub>4</sub>OH à PH=10 et une pincée de noir d'eriochrome T;
- ✓ Titrer par l'EDTA (N/50) jusqu'au virage de la couleur au bleu (*Hakmi,2002*).

**\*\*Expression des résultats :**

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

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

D'où :

V2 : Volume titrée de calcium et de magnésium, V1 : Volume titrée de calcium.

**5- Dosage des chlorures (Cl<sup>-</sup>)**

Les chlorures figurent parmi les anions les plus courants dans l'eau potable. Plusieurs méthodes de dosage existent. Les ions de chlorure sont dosés par une solution titrée de nitrate d'argent et précipités à l'état de chlorure d'argent (précipité blanc). La fin de réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent). Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre (*Cherifi,2018*).

**\*\* Réactifs**

- ✓ Solution de chromate de potassium (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) à 10% ;
- ✓ Solution de nitrate d'argent (AgNO<sub>3</sub>) N/10.

**\*\* Matériels**

- ✓ Burette de 25 à 50 ml;
- ✓ Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers...

**\*\* 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 N/50 utilisé. (*AGGOUNE,2019*)

**\*\* Expressions des résultats :**

$$\text{Cl} \text{ (mg/l)} = (\text{V}_{\text{AgNO}_3} \times \text{N}_{\text{AgNO}_3} \times \text{M} \text{ (Cl)} \times 1000) / \text{PE} = (\text{V}_{\text{AgNO}_3} \times 0,1 \times 35,5 \times 1000) / 25$$

Où :

V<sub>AgNO<sub>3</sub></sub> : volume de nitrate d'argent en millilitres;

N<sub>AgNO<sub>3</sub></sub> : normalité d'Argent soit 0,1 (mol/l) ;

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

PE : prise d'essai = 25 ml.

Après les calculs :  $\text{Cl} \text{ (mg/l)} = \text{V}_{\text{AgNO}_3} \times 142$

### III.2.2.3 Caractéristiques Spectrophotométriques

#### 1- Dosage d'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

Les ions d'ammoniums réagissent avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de sodium. Après l'étalonnage de spectrophotomètre (fig.III.4) le dosage se réalise selon les étapes suivantes : (Aggoune,2019);(Djorfi,2015)



Figure III.4: Spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).

#### \*\* Réactifs

- ✓ Réactif coloré ;
- ✓ Solution de Dichloroisocyanurate de sodium ;

#### \*\* Matériels

- ✓ Matériel courant de laboratoire : verrerie ( fioles et pipettes), balance analytique ;
- ✓ Spectrophotomètre (UV/VIS) (fig.III.4).

#### \*\* Mode opératoire

- ✓ Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :
- ✓ 4 ml du réactif coloré homogénéisé ;
- ✓ 4 ml du réactif de dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéisé ;
- ✓ Après au moins 60 min, attendre le développement de la couleur, si l'apparition de la couleur vert indique la présence de l'ammonium ;
- ✓ Effectuer les mesures spectrophotométriques UV-visible à 655 nm
- ✓ Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.(ISO 7150/1)

#### 2- Dosage du nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )

Les ions nitrites réagissent en milieu acide avec le sulfamide en formant sel de d'ionium qui avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorhydraté un colorant azoïque rouge.

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes :

#### \*\* Réactifs

- ✓ Solution du réactif mixte.

**\*\* 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 540 nm.

**3- Dosage du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Après l'étalonnage de spectrophotomètre, le dosage se réaliser selon les étapes suivantes (*Djorfi,2015*);(*Aggoune,2019*):

**\*\* Réactifs**

- ✓ Solution de salicylate de sodium à 0.5% ;
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium à 30% ;
- ✓ Solution de tartrate double de sodium et de potassium ;
- ✓ Acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentré.
- ✓ Solution mère de nitrate à 1000 mg/l.
- ✓ Solution fille étalon de nitrate 10 mg/l.

**\*\* Matériel**

- ✓ Balance analytique de laboratoire ;
- ✓ fioles de 100 ml ;
- ✓ Pipettes 10 ml, 5 ml, 2 ml, 1 ml et poires à pipeter ;
- ✓ Etuve ou bain marie pour séchage ;
- ✓ Spectrophotomètre UV-Visible (fig.III.4) à longueur d'onde de 415 nm.

**\*\* Mode opératoire**

- ✓ Introduire 10 ml d'eau à analyser ;
- ✓ Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) à 30% ;
- ✓ Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium à 0.5 % ;
- ✓ Évaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C ;
- ✓ Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré ;
- ✓ 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.

#### 4- Dosage du fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Présent dans les eaux sous forme réduite ( $\text{Fe}^{2+}$ ), le fer est oxydé par l'oxygène de l'air et précipite sous forme ferrique lorsque l'eau est pompée  $\text{Fe}^{2+} \Rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

##### \*\* Réactifs

- ✓ Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l ;
- ✓ Solution de phénantroline -1,10 ;
- ✓ Solution tampon acétate.
- ✓ Solution d'acide chlorhydrique à 10%.
- ✓ Solution de Peroxodisulfate de potassium à 40 g/l.
- ✓ Solution mère de fer correspondant à 1 g/l.
- ✓ Solution intermédiaire (fille) de fer correspondant à 10 mg/l.

##### \*\* Matériels

- ✓ Spectrophotomètre UV-visible (fig.III.4);
- ✓ Matériel courant de laboratoire : verrerie ( fioles et pipettes), balance analytique.

##### \*\* Mode opératoire

- ✓ Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- ✓ Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution 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 et conserver pendant 15 min à l'obscurité ;
- ✓ Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à 510 nm;
- ✓ Établir une courbe d'étalonnage en portant la concentration en fer en mg/l, en abscisses et l'absorbance mesurer correspondante, en en ordonnée;
- ✓ Enregistrer la courbe établit sur le spectrophotomètre dans le cas ou le coefficient R est supérieur ou égale à 0.995 avec le maximum de point retenues;
- ✓ Procéder de la même façon pour l'analyse de l'échantillon.
- ✓ Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer (*Cahiers de laboratoire*);(ISO 6332).

#### 5- Dosage du sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

La plupart des sulfates exceptés ceux du plomb et du baryum, sont hydrosolubles. Cette solubilité est considérée comme permanente bien que certains microorganismes peuvent les réduire en sulfure. Les principales sources de pollution sont :

- Les rejets industriels ;

- L'anhydride sulfureux atmosphérique (SO<sub>2</sub>). (*Chibani, 2010*)

Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction :



Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes:

**\*\* Réactifs**

- ✓ Solution stabilisante (HCl 60ml, éthanol 200ml, NaCl 150ml, eau distillée 1000ml);
- ✓ Solution de chlorure de baryum (BaCl<sub>2</sub>) à 0,01 N.

**\*\* Matériels**

- ✓ Matériel courant de laboratoire ( fioles, pipettes, béchers ... ) ;
- ✓ Spectrophotomètre UV/Visible (fig.III.4);
- ✓ Agitateur magnétique.

**\*\* Mode opératoire**

- ✓ Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'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 à longueur d'onde de 420 nm. (*Bennamoun, 2018*)

**6- Dosage du phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)**

La mesure de la concentration en phosphate est basée sur la réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

**\*\* Réactifs**

- ✓ Réactif mélange ;
- ✓ Acide ascorbique (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>).

**\*\* Mode opératoire**

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

**7- Dosage d'aluminium (Al<sup>3+</sup>)**

**\*\* Réactifs**

- ✓ Chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) à 0,7 g/l ;
- ✓ Acide Thio-glycolique (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>S) à 80 % ;

- ✓ Solution tampon pH= 4,6 ;
- ✓ Rouge d'alizarine.

**\*\*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 , 1 ml de rouge d'alizarine et 15,5 ml d'eau distillée,
- ✓ après 90 min lecture par le spectrophotomètre à 540 nm (*Bennamoun,2018*)

**III.2.3 Analyses bactériologiques**

le but de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, par la recherche des bactéries qui sont susceptibles d'être pathogènes, ou celles qui sont indicatrices de contamination fécales, elle consiste en recherche et numération des germes de la flore totale de l'eau .(*Djorfi,2015*); (*Hedahdia,2016*) Cette méthode a pour but de déterminer les germes en général qui se trouvent dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées aussi au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux (ADE) consistent à rechercher:

- des germes totaux
- des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)
- streptocoques fécaux
- des anaérobies sulfito-réducteurs

**III.2.3.1 Recherche des germes totaux**

Ce sont tous les micro-organismes capables de croître des matières nutritives (matrices organismes) : (bactéries aérobies, et anaérobies, champignon saprophytes).

**\*\*Mode opératoire**

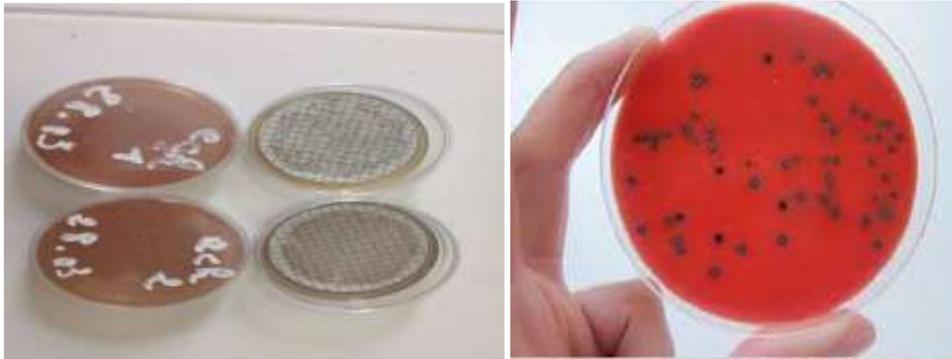
- ✓ A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 20 gouttes (1ml) dans deux boites de pétri vide;
- ✓ compléter ensuite avec environ 15-20 ml de gélose TGEA(Gélose Tryptone Glucose Agar.) fondue ;
- ✓ Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose ;
- ✓ Laisser solidifier les boites sur la paillasse.

- ✓ L'incubation se fait à 37 °C pendant 48h pour la première boîte et à 22 °C pendant 72h pour la deuxième pour la détection des germes revivifiables

### \*\* Lecture et interprétation

Les germes totaux se présentent sous forme de colonie (petites boules blanchâtres ou sous formes lenticulaires et bien distinctes), on calcule le nombre de ces colonies présentes en Unité Formant Colonie dans un millilitre d'eau (UFC/ml) après et 48 heures et 72 heures.

Pour le dénombrement des colonies formées, on utilise un appareil appelé compteur de colonies.



*Figure III.5: Les colonies des germes totaux*

### III.2.3.2 Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)

La colimétrie consiste à déceler et dénombrer les germes coliformes.

La recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes suivantes :

#### \*\* Mode opératoire

- Pour les coliformes totaux
  - ✓ Remplir de façon aseptique 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 s'il y a des colonies à l'aide d'une pince stérile dans le milieu Schubert.

#### \*\* 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.

### \*\* Lecture et interprétation

Après 24h d'incubation à 37 °C, les coliformes totaux apparaissent sous forme de petites colonies jaunes ou orangés et dénombrer le nombre des colonies.

Après 24h d'incubation à 44 °C, apparition de l'anneau rouge indiquent l'*Escherichia coli*.(Bentounes,2017) ;(Djorfi,2015)



**Figure III.6:** La rampe de la filtration pour dénombrement des coliformes totaux et fécaux

### III.2.3.3 Recherche des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des bactéries gram positif qui font partie de la flore indicatrice de la contamination fécale qui nous témoigne un signe de pollution fécale.

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques dans les eaux destinées à la consommation humaine, par filtration sur membrane.(Aouissi,2019);(Djorfi,2015)

#### \*\* Mode opératoire

- ✓ Stériliser l'entonnoir à l'aide d'un bec bunsen ;
- ✓ Refroidissement 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 pompe 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 la placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose Slanetz et Bartley.
- ✓ L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures.

#### \*\*Lecture et interprétation

Après 48 heures d'incubation, les *streptocoques* fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombés qui peuvent être dénombrer.

### III.2.3.4 Recherche des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des spores des bactéries Anaérobies sulfito-réductrices et de Clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux destinées à la consommation humaine, par filtration.

#### **\*\*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 75- 80 °C pendant 10-15 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 stériles, à raison de 5 ml par tube ;
- ✓ Ajouter environ 18-20 ml de gélose viande foie (VF) fondue, puis refroidie à  $45 \pm 1$  °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 et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène ;
- ✓ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ.

#### **\*\* Incubation**

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

#### **\*\* Lecture et interprétation :**

Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussée en masse et apporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (*Hedahdia,2016*) (*Aouissi,2019*);(*Djorfi,2015*).

### III.3 Conclusion

L'eau de surface captée par le barrage de Hammam Debagh n'est pas toujours potable, elle peut contenir toutes sortes de contaminants à éliminer. Pour ne pas courir de risques directs ou indirects pour la santé, elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à la station de traitement où elle subit une chaîne de traitement classique : préchloration, coagulation-floculation, décantation, filtration et post-chloration et d'analyses physico-chimiques et biologiques, effectuées au sein du laboratoire de la station dans l'objectif de produire une eau qui réponde aux normes de potabilité Algériennes et de l'OMS. (*Cherifi,2018*)

# Chapitre IV :

## Résultats et discussions

## IV.1 Introduction

Dans ce chapitre nous présenterons les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des différentes eaux concernées par notre étude, à savoir les eaux brute (EB) les eaux traitées (ET) de la station de traitement des eaux du barrage de Hammam Debagh et quatre autres forages environnant telles que forage Belkhire (FB), forage Tarha (FT), forage Oravie (FO), forage SNTR (FS).

Les paramètres de caractérisation des eaux étudiées ont été recueillis au laboratoire de la station de traitement des eaux (ADE). Ces valeurs sont des mesures mensuelles effectuées par le personnel du laboratoire. Nous avons choisi de comparer les résultats des analyses du mois de mars 2020 période de notre stage avec ceux obtenus pour le même mois de l'année précédente ( Mars 2019) afin de percevoir l'influence ou pas des différentes saisons sur la qualité de l'eau.

## IV.2 Résultats des analyses physico-chimiques

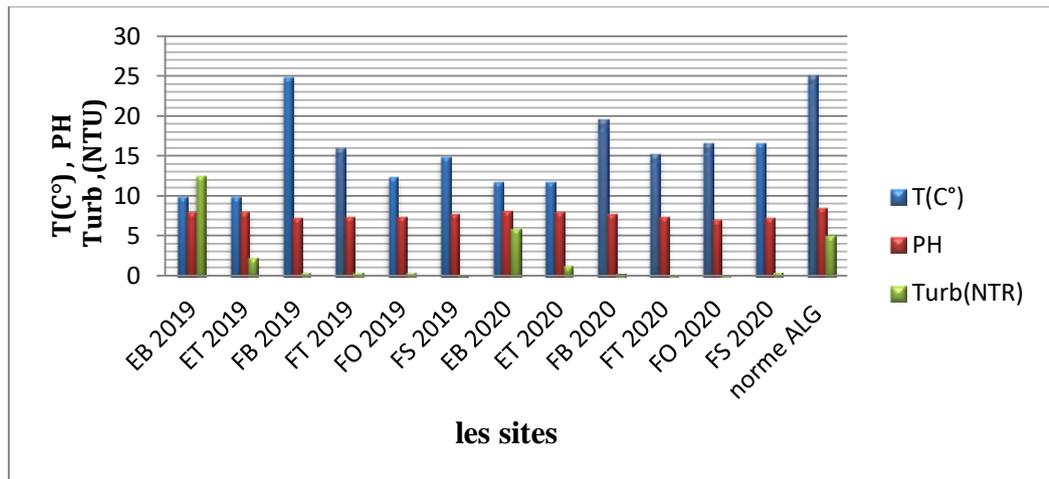
Les résultats physico-chimiques obtenus pour les différentes eaux analysées (EB, ET, FB ,FT,FO,FS) obtenus selon les modes opératoires décrits dans le chapitre III sont regroupés de façon que chaque trois ou quatre paramètres sont rapportés ensembles dans les tableaux avec des figures ci-dessous suivi par leurs discussions.

### IV.2.1 Température T(°C) ,PH , Turbidité (Turb) et Conductivité Électrique (CE)

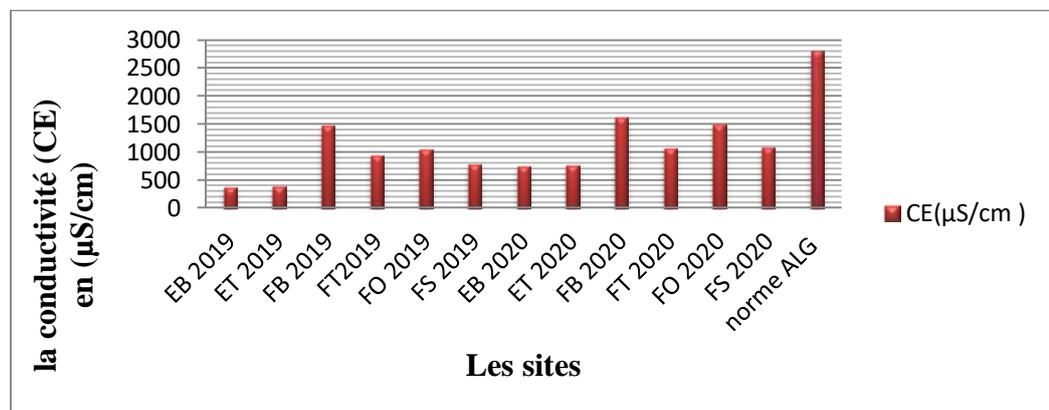
Nous avons mesuré la température des différentes eaux analysées avec un thermomètre ou appareil de Multi-paramètre en degré Celsius (°C), le pH à l'aide d'un pH-mètre, la turbidité avec Turbidimètre en (Nephelometric Turbidity Unit) (NTU)et la conductivité électrique par un Conductimètre en micro siemens par centimètre e ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Les résultats obtenus pendant notre période de stage Mars 2020 sont comparés avec ceux obtenus en Mars 2019.

**Tableau .IV.1 :** Valeurs de T, pH, Turb et CE des eaux analysées

Date d'analyse		Mars 2019				Mars 2020			
Paramètres	Les sites	T (°C)	PH	Turb (NTU)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T (°C)	PH	Turb (NTU)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
		<b>Eau brute (EB)</b>	9.8	8.02	12.5	374	11.7	8.07	5.8
<b>Eau traite (ET)</b>	9.8	8.01	2.23	381	11.7	7.96	1.28	757	
<b>Forage Belkhire(FB)</b>	24.8	7.30	0.40	1470	19.6	7.70	0.34	1618	
<b>Forage Tarha (FT)</b>	15.9	7.35	0.43	934	15.3	7.35	0.17	1067	
<b>Forage Oravie (FO)</b>	12.3	7.38	0.43	1043	16.6	7.04	0.15	1484	
<b>Forage SNTR (FS)</b>	14.8	7.66	0.24	774	16.5	7.25	0.47	1083	
<b>Norme ALG</b>	T(°C)	$\leq 25$							
	PH	6.5-8.5							
	Turb(NTU)	$\leq 5$							
	CE( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\leq 2800$							



**Figure .IV.1:** Histogramme des valeurs de T°C, pH et Turb des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020.



**Figure .IV.2:** Histogramme des valeurs de CE des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020.

D'après les histogrammes de la figure IV.1 et la figure IV.2 la comparaison entre :

\*Les valeurs de la température mesurées montre que les températures de l'eau brute EB, traitée ET et les trois forages FT, FO et FS varient entre 9.8-16.6 valeurs faible comparées à la norme Algérienne (25°C) ; alors que les valeurs de température de l'eau de forage FB sont légèrement élevées (19.6/2019--24.8/2020) par rapport aux précédentes néanmoins elles sont conformes à la norme. En comparant les valeurs de température du mois de mars 2019 et Mars 2020 on prévoit globalement que les températures de mars 2020 sont légèrement élevée par rapport à celles du mois mars 2019 ceci est peut être due à la température saisonnière.

\*Le résultats de pH de mois Mars 2019 montrent que pH de (EB) est très proche au pH de (ET) cela est probablement due à une déficience au processus de traitement en mars 2019. Pour mars 2020 il ya une différence entre le pH de EB et ET résultat logique vue la différence de deux eaux brute et traitée. Les valeurs des quatre forages varient entre 7.04 et 7.7 pour le mois Mars 2019/2020 résultats conforme à la norme algérienne (6.5-8.5).

\*Les valeurs de la turbidité montrent que EB du mois de mars 2019 est très élevée comparée à celle de EB du mois mars 2020 ; la Turb de EB 2019/2020 est supérieure à la norme, ceci est peut être due au changement climatique d'une année à une autre ( pluie , tempête, orage...etc). L'eau traitée et l'eau des quatre forages représente une turbidité (Mars2019/2020) acceptable est conforme à la norme admise( $\leq 5$ ).

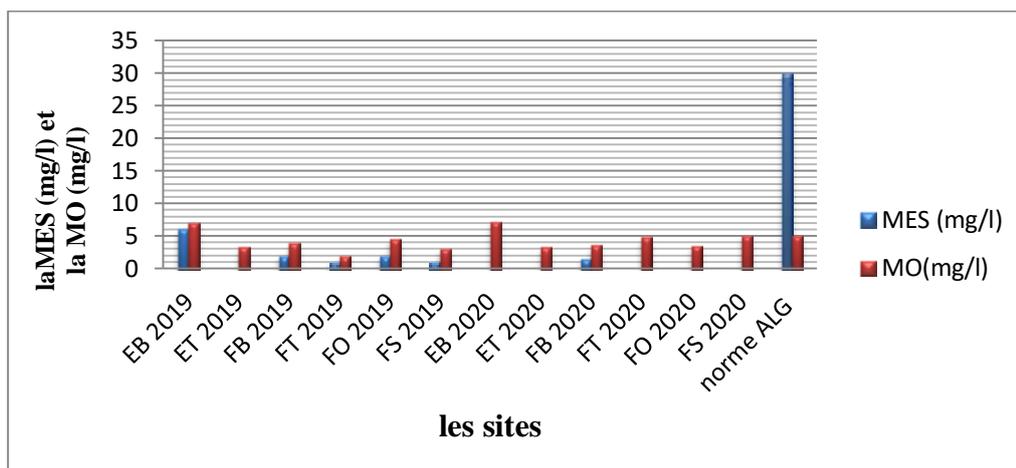
\*Les valeurs de la conductivité électrique ,des eaux analysée de mois Mars 2020 très supérieures par rapport au mois Mars 2019 , mais toutes les valeurs ne dépasse pas la norme algérienne( $\leq 2800$ )

#### IV.2.2 Résidu sec (RS) , matière en suspension (MES) et matière organique (MO)

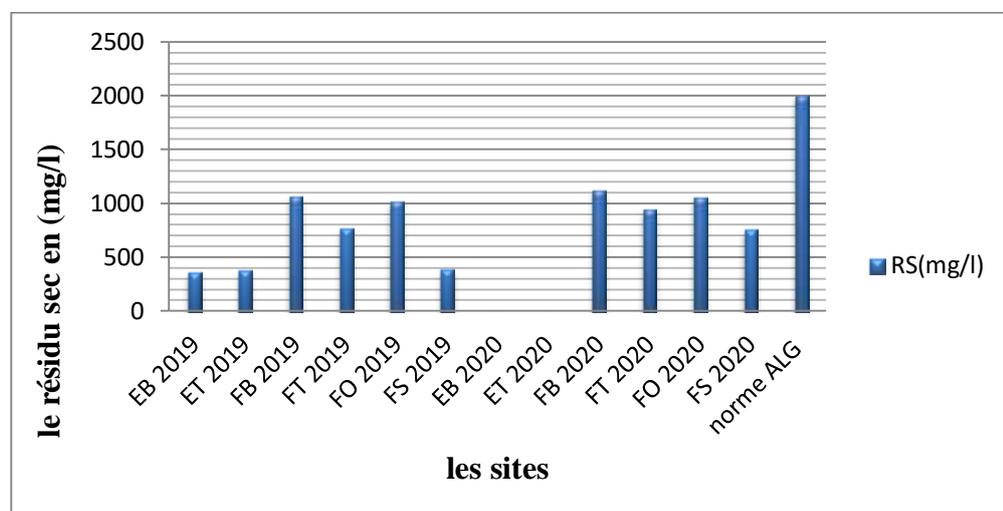
Nous avons déterminés les résidus secs, les matières organiques et les matières en suspension au niveau de laboratoire de la station de traitement (ADE).

**Tableau IV.2:** Résidu sec (RS) , (MES) et (MO) des eaux analysées

Date d'analyse		Mars2019			Mars 2020		
Les sites	Paramètre	RS	MO	MES	RS	MO	MES
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
	<b>Eau brute (EB)</b>	356.5	7	6	..	7.2	..
	<b>Eau traite (ET)</b>	380.5	3.3	00	..	3.2	..
	<b>Forage Belkhire(FB)</b>	1064	3.8	2	1124	3.5	1.48
	<b>Forage Tarha (FT)</b>	769	2	1	943.5	4.8	..
	<b>Forage oravie (FO)</b>	1016	4.5	2	1058	3.4	..
	<b>Forage SNTR (FS)</b>	385.5	3	1	753.5	5	..
<b>Norme ALG</b>	RS	2000 mg/l					
	MO(mg/l)	$\leq 5$					
	MES(mg/l)	$< 30$					



**Figure .IV.3.** Histogramme des valeurs des matières en suspenses MES et matières organiques MO des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020



**Figure .IV.4.** Histogramme des valeurs du résidu sec RS des eaux analysées pendant le mois Mars 2019 et Mars 2020

\*Les histogrammes de la figure IV .3 montrent que le valeurs des matières organiques de EB mars 2019/2020 est supérieure à la norme valeur peut être logique puisque l'eau brute n'est pas encore traitée. L'eau des quatre forages et l'eau traitée présente des valeurs en MO ne dépassants pas la norme. L'eau des deux forges FS et FT présentent des valeurs faibles en MO en 2019 par rapport en 2020 .

\*Les valeurs en MES (fig.IV.3) Mars 2019 montrent que l'eau ET par la station a subit un bon traitement (processus coagulation, floculation ,filtration ).Les valeurs en MES (Mars 2019) des quatre forages sont satisfaisante comparer à la norme.

\*Les résultats des résidus secs (fig.IV.4) de mois Mars 2020 des forages sont acceptables mais supérieurs par rapport ou mois mars 2019 et toutes les valeurs ne dépasse pas la norme algérienne.

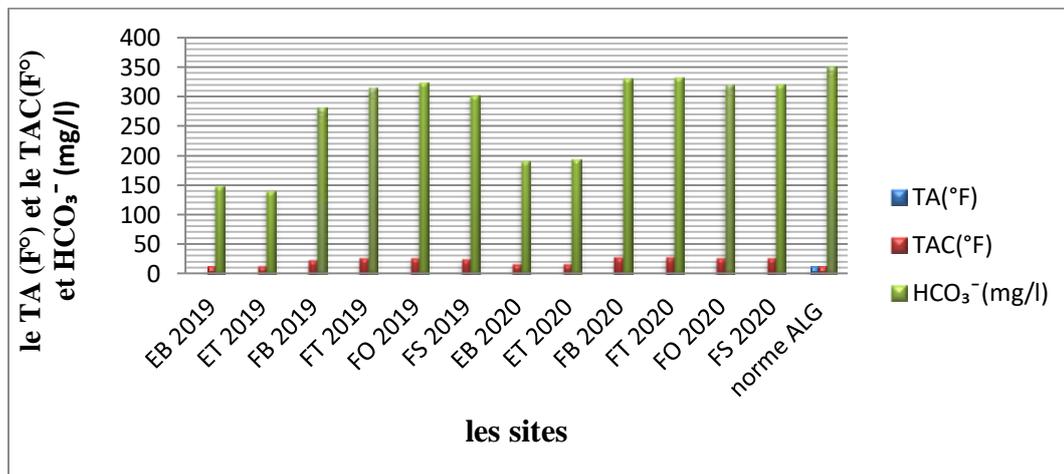
\*Les valeurs manquantes correspondent à des mesures non effectuées par le personnel du laboratoire

### IV.2.3 TA et TAC et $\text{HCO}_3^-$

Nous avons déterminé le titre alcalimétrique (TA) par la méthode volumétrique en présence de phénolphtaléine et le titre alcalimétrique complet (TAC) en présence de méthyl orange.

**Tableau IV.4:** Valeurs de TA ,TAC et bicarbonates (  $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux analysées

Date d'analyse		Mars2019			Mars 2020		
Les sites	Paramètre	TA	TAC	$\text{HCO}_3^-$	TA	TAC	$\text{HCO}_3^-$
	(°F)	(°F)	(mg/l)	(°F)	(°F)	(mg/l)	
Eau brute (EB)		00	12.1	147.62	00	15.6	190.32
Eau traite (ET)		00	11.5	140.3	00	15.8	192.76
Forage Belkhire(FB)		00	23.1	281.82	00	27.1	330.62
Forage Tarha (FT)		00	25.9	315.98	00	27.3	333.06
Forage oravie (FO)		00	26.5	323.3	00	26.3	320.86
Forage SNTR (FS)		00	24.8	302.56	00	26.2	319.64
Norme ALG	TA(°F)	12					
	TAC(°F)	12					
	$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	350					



**Figure .IV.5.** Histogramme des valeurs de TA ,TAC et Bicarbonates( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux analysées pendant le mois (Mars) 2019et (Mars) 2020.

D'après les histogrammes de la figure IV.5 la comparaison entre les valeurs de TA, TAC et  $\text{HCO}_3^-$  montre que:

\* Si le pH est compris entre 4,5 et 8,5 ce qui est le cas des eaux brute et traitée et des quatre forages , on remarque l'absence de TA.

\*Les valeurs de titre alcalimétrique complet (TAC) du mois mars 2020 pour l'eau brute, traitée et les quatre forges sont supérieures à celles du mois Mars 2019 et même dépassent la norme. Le TAC des quatre forges en 2019 est un peu élevé par rapport à la norme alors que celui de l'eau brute et traitée est inférieur ou égal à la norme.

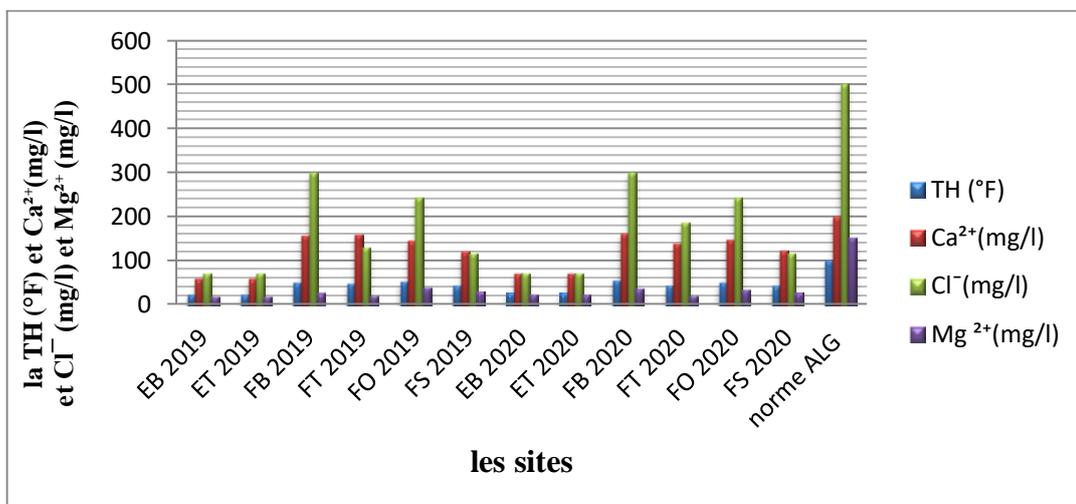
\*les résultats de la teneur en bicarbonates de mois mars 2019/2020 de (EB) et (ET) est inférieur à celle des quatre forges dont leur teneur est un peu levée mais reste toujours dans la norme.

#### IV.2.4. Dureté totale (TH), Calcium ( $Ca^{2+}$ ), Chlorures $Cl^{-}$ et Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Nous avons obtenus les résultats des ions de calcium et de magnésium par la méthode volumétrique titrimétrique à l'EDTA. La détermination de magnésium est liée avec la dureté totale (TH).

**Tableau IV.5:** Valeurs de (TH), ( $Ca^{2+}$ ),  $Cl^{-}$  et ( $Mg^{2+}$ ) des eaux analysées

Date d'analyse		Mars 2019				Mars 2020			
Les sites	Paramètre	TH (°F)	$Ca^{2+}$ (mg/l)	$Cl^{-}$ (mg/l)	$Mg^{2+}$ (mg/l)	TH (°F)	$Ca^{2+}$ (mg/l)	$Cl^{-}$ (mg/l)	$Mg^{2+}$ (mg/l)
		Eau brute (EB)	21.8	56.87	71	18.47	26.6	68.88	71
	Eau traite (ET)	21.8	56.87	71	18.47	26.6	68.88	71	22.84
	Forage Belkhire (FB)	49.2	156.19	298.2	24.79	54.8	160.2	298.2	35.97
	Forage Tarha (FT)	47.4	156.99	127.8	19.93	42.4	137.77	184.6	19.44
	Forage oravie (FO)	52.2	144.98	241.4	38.88	50	147.38	241.4	32.08
	Forage SNTR (FS)	41.8	117.74	113.6	30.13	41.4	120.95	113.6	27.22
Norme ALG	TH (°F)	10 à 50							
	$Ca^{2+}$ (mg/l)	≤ 200							
	$Cl^{-}$ (mg/l)	200 à 500							
	$Mg^{2+}$ (mg/l)	≤ 150							



**Figure .IV.6.** Histogramme des valeurs de la dureté totale et des calcium, des chlorures et des Magnésium des eaux analysées pendant le mois (Mars) 2019 et (Mars) 2020.

\*D'après le tableau IV.5 les valeurs de TH,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  et  $Cl^-$  pour l'eau traitée ne change pas comparer à l'eau brute pour 2019 et 2020 ceci est probablement due à une filtration par le sable méthodes de traitement de l'eau la plus anciennes au niveau de la station de traitement (ADE) Guelma. Les quatre forages renferment des teneurs variantes en 2019 et 2020 mais reste toujours conforme aux normes.

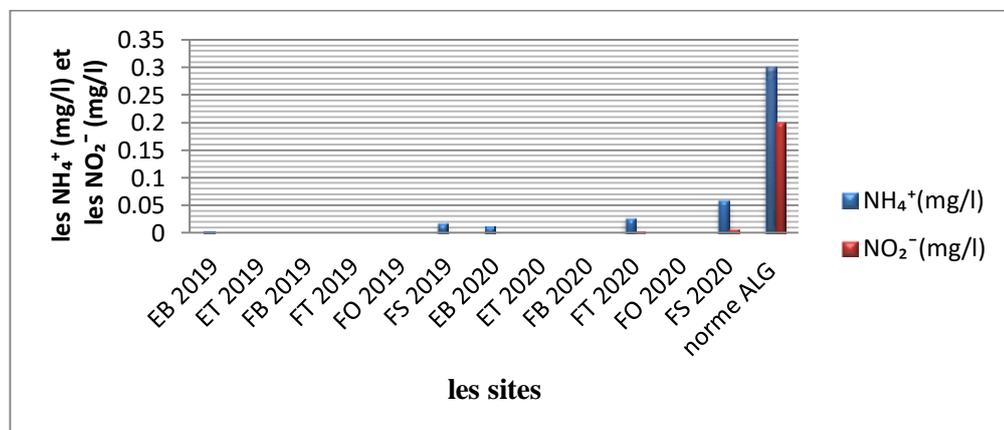
\*En comparant les résultats de  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  avec la norme algérienne, ils sont qualifiés acceptables pour toutes les eaux analysées.

#### IV.2.5 Ammonium ( $NH_4^+$ ), Nitrites ( $NO_2^-$ ) et Nitrates ( $NO_3^-$ )

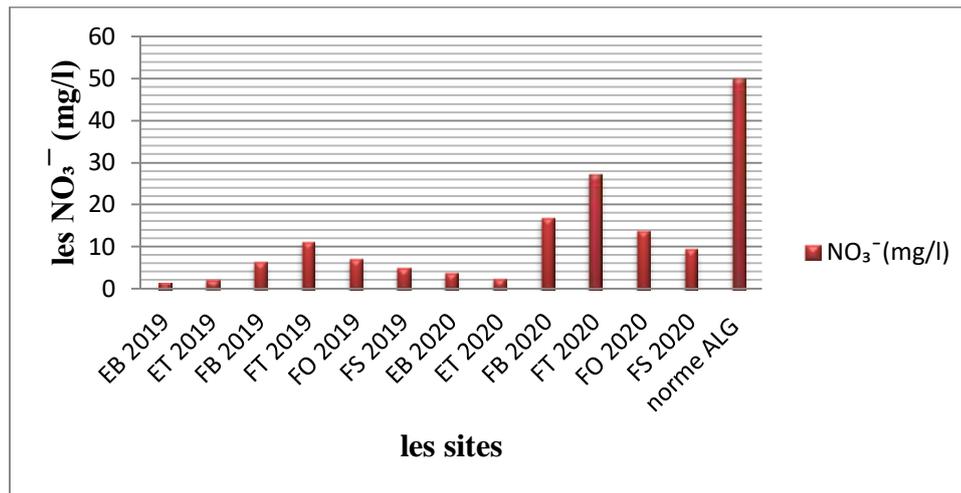
Nous avons pu déterminer la quantité des nitrites ( $NO_2^-$ ) et nitrates ( $NO_3^-$ ) et d'ammonium ( $NH_4^+$ ), par le spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).

**Tableau .IV.6:** Valeurs des ions de l'ammonium , nitrites et nitrates des eaux analysées

Date d'analyse		Mars2019			Mars 2020		
Paramètre		$NH_4^+$ (mg/l)	$NO_2^-$ (mg/l)	$NO_3^-$ (mg/l)	$NH_4^+$ (mg/l)	$NO_2^-$ (mg/l)	$NO_3^-$ (mg/l)
Les sites							
Eau brute (EB)		0.003	00	1.526	0.012	00	3.731
Eau traite (ET)		00	00	2.02	00	00	2.4
Forage Belkhire(FB)		00	00	6.322	00	0.001	16.83
Forage Tarha (FT)		00	00	11.05	0.027	0.002	27.125
Forage Oravie (FO)		00	00	6.930	00	00	13.77
Forage SNTR (FS)		0.016	00	4.894	0.058	0.006	9.325
Norme ALG	$NH_4^+$ (mg/l)	0.3					
	$NO_2^-$ (mg/l)	0.2					
	$NO_3^-$ (mg/l)	50					



**Figure .IV.7.** Histogramme des valeurs des ions de l'ammonium et nitrites des eaux analysées pendant le mois (Mars) 2019 et (Mars) 2020.



**Figure .IV.8.** Histogramme des valeurs des ions de nitrates des eaux analysées pendant le mois (Mars) 2019 et (Mars) 2020.

\*Les valeurs de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) pour l'eau brute et traitée et des quatre forages existent sous forme de traces avec une valeur maximale (0.058mg/l) obtenue dans le forge SNTR de mois Mars 2020 par rapport au Mars 2019 .Donc l'élimination de l'azote ammoniacal est plus facile (procédé de traitement pré-chloration) .

\*La teneur de nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) pour l'eau brute et traitée et des quatre forages existent sous forme de traces à nul en 2019 et 2020.

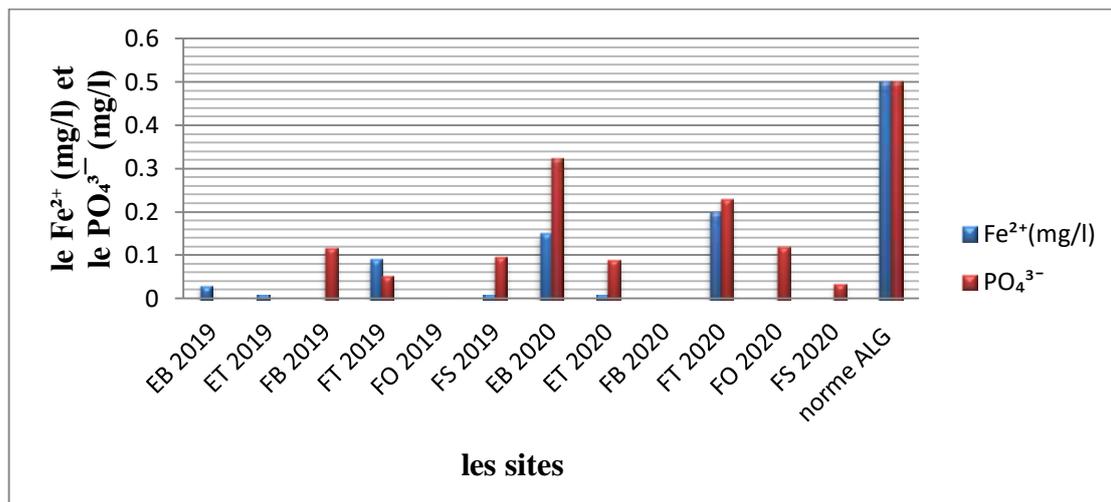
\*Tous les résultats des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) du mois Mars 2020 sont supérieurs à ceux du de Mars 2019 ,et ne dépassent pas la norme algérienne .

#### IV.2.6. Fer( $\text{Fe}^{2+}$ ) ,Sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

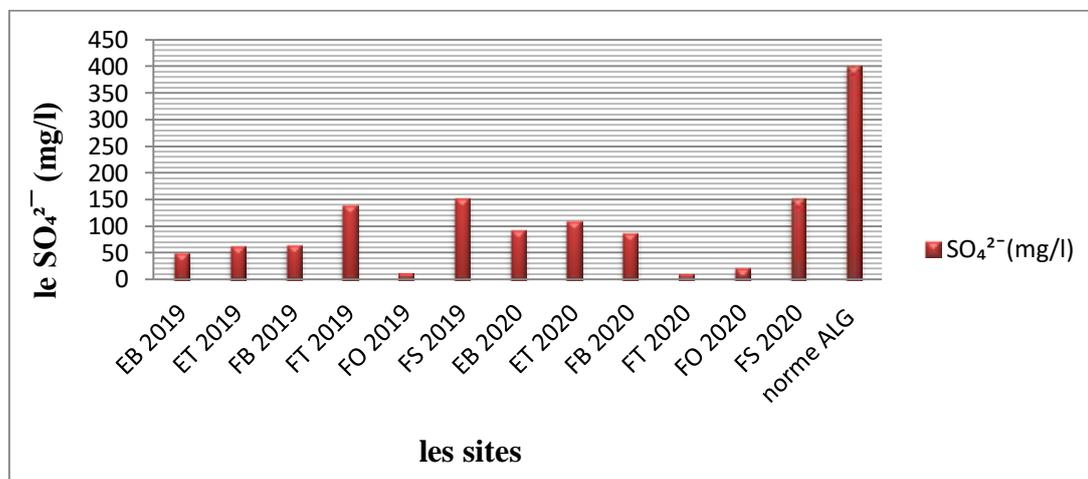
La détermination des ions ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ), des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) des eaux analysées, est faite par spectrométrie manuelle (HACH ODYSSEY) et les résultats sont exprimés en (mg/l).

**Tableau .IV.7:** Valeurs des ions de ferreux et les Sulfates, les phosphates des eaux analysées

Date d'analyse		Mars2019			Mars 2020		
Les sites	Paramètre	$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)
		<b>Eau brute (EB)</b>	0.03	49	00	0.15	92
	<b>Eau traite (ET)</b>	0.01	61.5	00	0.01	108	0.088
	<b>Forage Belkhire(FB)</b>	00	64	0.117	00	86	00
	<b>Forage Tarha (FT)</b>	0.09	137.5	0.052	0.2	9.5	0.229
	<b>Forage oravie (FO)</b>	00	10.8	00	00	20.8	0.118
	<b>Forage SNTR (FS)</b>	0.01	151	0.096	00	152.5	0.033
<b>Norme ALG</b>	$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	0.5					
	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	400					
	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0.5					



**Figure .IV.9.** Histogramme des valeurs des ions ferreux et les phosphates des eaux analysées pendant le mois (Mars) 2019 et (Mars) 2020



**Figure .IV.10.** Histogramme des valeurs des Sulfates des eaux analysées pendant le mois (Mars) 2019 et (Mars) 2020

\*D'après les résultats présentés dans le tableau IV.7, les valeurs des ions ferreux (Fe<sup>2+</sup>) pour l'eau brute et traitée et les quatre forages existents sous forme de traces avec une valeur maximale de 0.2 mg/l obtenue dans le forage FT et 0.15 mg/l dans l'eau brute (EB) du mois Mars 2020 des valeurs qui ne dépassent pas la norme algérienne.

\*L'eau brute EB et l'eau traitée ET et les forages (FT, FO et FS) sont faiblement chargés en phosphate avec l'inexistence dans le forage FB de mois Mars 2020, pour le mois Mars 2019 une absence de phosphate dans l'eau (EB, ET et FO) avec présence dans les autres forages (FT, FS et EB). Cette variation de la teneur en phosphate d'une année à une autre est peut-être due au procédé de traitement pré-chloration.

\*La teneur des ions sulfates de forage FT Mars 2020 est très inférieure par rapport au mois Mars 2019. La teneur des sulfates dans les eaux analysées est globalement supérieure à la teneur des phosphates. La concentration des deux paramètres ne dépasse pas la norme algérienne.

### IV.3 Résultats des analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques des eaux de barrage (brute et traitée) et des quatre forages sont réalisées en mois de mars 2020 dans le laboratoire bactériologique de la station de traitement des eaux de barrage Bouhamdane de Hammam Debagh-Guelma.

Les résultats d'analyses des paramètres bactériologiques des différents types d'eau obtenus selon les modes opératoires décrits dans le (chapitre III), sont comparés aux résultats obtenu en Mars 2019 ces résultats sont rapportés dans les tableaux (IV.8-IV.9).

**Tableau .IV.8:** Valeurs des germes totaux et des coliformes fécaux des eaux analysées

GT en UFC/ml à 37 °C et (CF) en UFC/100ml à 44 °C					
Date Les sites		Mars 2019		Mars 2020	
		GT	GF	GT	GF
Eau brute (EB)		00	00	00	00
Eau traité (ET)		00	00	00	00
Forage Belkhire (FB)		10	00	00	00
Forage Tarha (FT)		14	00	00	00
Forage oravie (FO)		09	00	00	00
Forage SNTR (FS)		00	00	00	00
La norme ALG	GT(UFC/ml)	10			
	CF(UFC/100ml)	00			

\* Les résultats présentés sur le tableau IV .8 montrent que les eaux analysées en mois Mars 2020 présentent une absence totale des germes totaux et coliformes fécaux, alors que pour le mois Mars 2019 les forages (FB ,FT et FO) renferment des germes totaux avec une valeur maximale 14 UFC/ml du forage FT dépassant ainsi la norme algérienne, ceci est probablement due à une pollution bactérienne.

**Tableau IV.9: Valeurs des Streptocoques fécaux (SF) et Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)**

SF en UFC/100ml et ASR en UFC/20ml					
Date		Mars 2019		Mars 2020	
		SF	ASR	SF	ASR
<b>Les sites</b>					
	<b>Eau brute (EB)</b>	00	00	00	00
	<b>Eau traité (ET)</b>	00	00	00	00
	<b>Forage Belkhire (FB)</b>	00	00	00	00
	<b>Forage Tarha (FT)</b>	00	00	00	00
	<b>Forage oravie (FO)</b>	00	00	00	00
	<b>Forage SNTR (FS)</b>	00	00	00	00
<b>La norme</b>	SF(UFC/100ml)	00			
<b>ALG</b>	ASR(UFC/20ml)	00			

\*Tous les résultats obtenus pour les eaux analysées pendant le mois Mars 2019/2020 renferment une absence totale des *Streptocoques fécaux* (SF) et *Anaérobies sulfito-réducteurs* (ASR) .

# Conclusion générale

## Conclusion générale

Les eaux de surfaces s'avèrent souvent impropres à la consommation humaine à cause de la pollution générée par nos activités.

Les eaux souterraines sont relativement propres (par rapport aux eaux de surfaces) mais leur consommation doit être confirmée par des analyses physico-chimiques et bactériologiques

Notre étude a été réalisée dans le but d'évaluer la qualité bactériologique et Physico-chimique de ces deux types d'eaux: l'eau traitée de barrage de Hammam Debagh qui alimente plusieurs régions de la wilaya de Guelma et l'eau de la nappe phréatique des quatre forages (Belkhire, Tarha, Ouravie , SNTR ) ces forages alimentent la région centre de Guelma.

L'Etude comparative des résultats d'analyses physicochimiques et bactériologique des eaux analysées en Mars 2019 et 2020 nous ont permis de tirer plusieurs conclusions nous pouvons citer quelques une :

- ✓ Les eaux traitées et des quatre forages sont des eaux limpides.
- ✓ Les paramètres physicochimiques liés à la composition naturelle de l'eau, comme la température, le pH, le calcium, le magnésium, les chlorures, et les sulfates, nous permet de conclure que les eaux des quatre forages sont légèrement plus dures que celle traitée de Barrage, le pH est moyennement neutre pour toutes les types d'eaux.
- ✓ Pour les substances indésirables comme les nitrates, les nitrites, les phosphates et l'ammonium, nous remarquons que toutes les valeurs sont conformes aux normes donc les eaux ne sont pas contaminées par ces éléments.
- ✓ Du point bactériologique, les analyses ont portées principalement sur la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale, à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, et un dénombrement des spores des bactéries sulfio-réductrices, les résultats obtenus pour les eaux analysées pendant le mois Mars 2019/2020 renferment une absence de pollution bactérienne.

A la lumière de cette étude nous pouvons confirmer que le procédé de traitement des eaux de Hammam Debagh est efficace, les eaux traitées, ainsi que les eaux des forages sont de bonne qualité et peuvent être consommées sans crainte. Malgré que les paramètres de ces eaux ne dépassent pas les normes recommandées. Nous estimant que des efforts supplémentaires doivent être fournis pour diminuer quelques unes des teneurs telles que des calcium , magnésium et chlore .

# Références Bibliographiques

## Références bibliographiques

- ✚ **Aouissi.L., Merabti .W.2019**,Etude Physico-Chimique Et Bactériologique Et Développement D'un Système De Traitement (Membrane A Base De Charbon Actif) , Université 08 Mai 1945-Guelma, Master.
- ✚ **Aggoune. K,Bouchmel. N.2019**,Analyses Des Paramètres Physico-Chimiques Et Bactériologiques Des Eaux Du Barrage Bouhamdane De Hammam Debagh Et Des Quatre Forages De La Nappe Phréatique d'Oued El Maiz-Guelma, Université 08 Mai 1945-Guelma, Master II ,2019.
- ✚ **Algeo (Alger Géophysique) (1997)**,Etude Géophysique Dans La Plaine De Guelma. Rapport Interne.
- ✚ **Ayad .W.2017**, Evaluation De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique Des Eaux Souterraines : Cas Des Puits De La Région D'el-HARROUCH (Wilaya De Skikda Université BADJI MOKHTAR – Annaba, ),Thèse De Doctorat.
- ✚ **Alouane .H. 2011**,Evaluation Des Teneurs En Nitrates Dans Les Sols Et Dans Les Eaux Captées Et Emergentes En Zones A Vocation Agricole,Impact Des Nitrates Sur La Qualité Des Eau Destinées A La Consommation Humaine,Université De Constantine. Mémoire De Magister.
- ✚ **Armand L., 1996** ,Mémento technique de l'eau .Edition : Tec et Doc.
- ✚ **Bouchemal .M, Hammodi A.Ch.2016**, Analyse De La Qualité Des Eaux De La Station De Traitement De Hammam Debagh. Université Larbi Ben M'hidi– Oum El Bouaghi , Master En Hydraulique .
- ✚ **Boukhnef. Y, Madaoui. N.2019**,Madaoui Nour Elhouda .Application De La Spectroscopie D'absorption Atomique A La Recherche Des Eléments Métalliques Dans Les Eaux Du Surface De La Région De Guelma,Université 08 Mai 1945-Guelma , Master II ,2019.
- ✚ **Bara.Y.2016**, Etude Comparative De La Qualité Physicochimique Et Bactériologique Del'eau Du Barrage De Hammam Debagh Avant Et Après Traitement Cas De La Station De Traitement Hammam Debagh-Guelma.. Université De 8 Mai 1945-Guelma. Master En Biologie.
- ✚ **Bourgoise C M . Mescle J F .1996** «Microbiologie Alimentaire Aspect Microbiologique De La Sécurité Et De La Qualité Des Aliments ».2ème Édition : Cebedoc.
- ✚ **Boeglin Jean-Claude**. Propriétés Des Eaux Naturelles. Technique De L'ingénieur, Traité Environnement, G1 110.
- ✚ **Belaid. S ,Redjimi.M.2013**, Etude De La Qualite Physico-Chimique Etbacteriologique De L'eau De Barrage Zit-Emba (W.Skikda), Master,Universite 8 Mai 45-Guelma.
- ✚ **Badjadj.N.2017**, Analyse Du Systeme De Production D'eau Potable Ainsi Que Sa Gestion Et Son Exploitation Au Niveau De Lawilaya De Bejaia, Master, Université Abderrahmane Mira De Bejaia.
- ✚ **Bennamoun. S, Boumazbar .M2018**,Contribution A L'étude De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Du Barrage De Koudiet M'daour (Wilaya De Batna), Master,Université Des Frères Mentouri Constantine,
- ✚ **Boucherit. A, Hakimi. H.2016**,Contribution A L'étude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique De L'eau Du Barrage Hammam Debagh –Guelma-, Master, Université 8 Mai 1945 Guelma.

- 
- ✚ **Bentounes. A.2017**, Etude De La Qualité Microbiologique De L'eau Potable Et L'eau Des Puits De La Wilaya De Mostaganem, Mémoire De Master En Biologie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Master En Biologie.
  - ✚ **Chena. B , Grara .N.2015**, contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de quelques eaux de sources sans bassin de Guelma.. Université de 8 Mai 1945-Guelma, Master en Biologie.
  - ✚ **Cahiers De Laboratoire** De La Station De Traitement Des Eaux De Hammam Debagh ADE (Unité De Guelma).
  - ✚ **Cherifi. Y.2018**,Caractérisation Physico-Chimique Des Eaux Traitées : Cas De La Station De Hammam Debagh-Guelma, Université 8 Mai 1945 Guelma, Master En Biologie.
  - ✚ **Chaibi .M, Khedoussi .F.2012**, Etude De La Qualité Des Eaux Du Barrage Tichi Haf Les Algues Bioindicatrices, Master,Université Abderrahmane Mira De Bejaia.
  - ✚ **Chibani . S.2010**,Analyses Physico-Chimique Et Rhéologique Des Boues D'épuration Des Eaux Usées De La Ville De Guelma, Diplôme De Magister, Université 08 Mai 1945 De Guelma,.
  - ✚ **Degremon.T.1989**,Mémento Technique De L'eau, Technique Et Documentation.Tome 1.
  - ✚ **Djoughri .N,Chelli .L.2013**,analyse des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant, Master ,Université A.Mira- Béjaia.
  - ✚ **Drissi .S.2008**, Qualité Des Eaux De Quelques Sources Dans La Région De Souk-Ahras, Universitaire De Souk Ahras, Mémoire De Magister.
  - ✚ **Djorfi. N,Derbal. H.2015**,Degré De Potabilité De Quelques Sources Municipales D'approvisionnement En Eau Potable Dans La Plaine De Guelma, Master, Université 8 Mai 1945 Guelma.
  - ✚ **Debieche .T.2002**, Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote Et Métaux Lourds) Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle Application À La Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien.,Université De Constantine, Thèse De Doctorat .
  - ✚ **Hamed .M,Guettache .A,Bouamer. L.2012**, Etude Despropriétés Physico-Chimiques Et Bactériologiques De L'eau Du Barrage DJORF- TORBA Bechar, Université De Bechar,, Mémoire De Fin D'étude Pour L'obtention Du Diplôme D'ingénieur D'état En Biologie.
  - ✚ **Hakmi .A.2002**,Traitement Des Eaux " Analyse De L'eau De Source Bousfer Oran. Magister, Université Des Sciences Et De La Technologie D'Oran,.
  - ✚ **Hedahdia. A, Aliouche. S.2016**, Contribution À L'étude De L'origine De La Contamination Fécale Des Eaux Du Barrage Bouhamdane–Guelma, Master,Université 8 Mai 1945 Guelma.
  - ✚ **Hadef. D ,Hasni. M.2017**,Etude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique Des Eaux De l'Oued De Boutane Région De Khemis-Miliana W.Ain Defla , Master, Université Djilali Bounaâma De Khemis Miliana,
  - ✚ **ISO 6058** (Organisation Internationale De Normalisation ) (F). (1984) Qualité De L'eau –Dosage Du Calcium – Méthode Titrimétrique À L'EDTA
  - ✚ **ISO 7150/1** (Organisation Internationale De Normalisation 7150/1). (2004). Qualité De L'eau : Dosage De L'ammonium – Méthode Spectrométrique Manuelle. Norme.
  - ✚ **ISO 6332** (Organisation Internationale De Normalisation 6332). Qualité De L'eau – Dosage Du Fer – Méthode Spectrométrique À La Phénantroline-1,10.
  - ✚ **Kouadri. I.2013**,Analyses Physico-Chimiques Des Eaux Des Différentes Origines, Université 08 Mai 1945-Guelma , Mémoirede Fin D'études Master II,2013.
  - ✚ **Kechiti. C.2013**,Analyses Et Traitements Physico-Chimiques De L'eau Potable De La Station De Hammam Debaghe, master,Université 08 Mai 1945-Guelma ,
-

- ✚ **Layacha .N.2014**, Méthodes D'analyses Physico-Chimiques Des Eaux Potables, master, Université 08 Mai 1945-Guelma.
- ✚ **Lounnas.A.2008**, Amélioration Des Procédés De Clarification Des Eaux De La Station Hamadi–Kroma De Skikda, Algérie. Mémoire De Magister, Université Du 20 Aout 1955 Skikda.
- ✚ **Nebti. Z.2015**, Etude Physico-Chimique Et Mise En Evidence De La Présence Des Métaux Lourds Dans Les Eaux De Robinets Et Sources, Master, Université 08 Mai 1945-Guelma .
- ✚ **Rodier .J.1996**, L'analyse De L'eau , Eaux Naturelles, Eaux Résiduelles, Eaux De Mer. 8<sup>ème</sup> Édition. Editions Dunod .Paris,.
- ✚ **Rodier .J.2009**, L'analyse De L'eau .Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau De Mer. 8<sup>ème</sup> Édition. Edition Dunod. Paris.
- ✚ **Rodier Et Al.2005**, L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eaux De Mer, Chimie, Physico-Chimie, Microbiologie, Biologie, Interprétation Des Résultats, Ed Dunod, Paris.
- ✚ **Sari. H.2014**, Contribution A L'étude De La Qualité Physico-Chimique Et Bactériologique De L'eau De La Source « Attar » (Tlemcen), Master, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, 2014.

### Biblionet

- ✚ **(1www,2020)** <http://doc.lerm.fr/proprietes-physiques-leau/>
- ✚ **(2www,2020)** <http://www.cotebleue.org/pedagocycle.html>
- ✚ **(3www,2020)** <https://www.eau-artois-picardie.fr/education-leau-dossiers-thematiques/le-grand-cycle-de-leau>
- ✚ **(4www,2020)** [https://www.memoireonline.com/06/11/4587/m\\_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s1.html#:~:text=La%20pollution%20journali%C3%A8re%20produite%20par,17%20grammes%20de%20mati%C3%A8res%20azot%C3%A9es.](https://www.memoireonline.com/06/11/4587/m_Reflexion-sur-la-caracterisation-physico-chimique-des-effluents-liquides-rejetes-dans-la-grande-s1.html#:~:text=La%20pollution%20journali%C3%A8re%20produite%20par,17%20grammes%20de%20mati%C3%A8res%20azot%C3%A9es.)
- ✚ **(5www,2020)** <https://www.cieau.com/connaitre-leau/la-pollution-de-leau/pollution-ressource-eau-comment-reduire/>
- ✚ **(6www,2020)** [https://sciencesnaturelles.ch/topics/water/water\\_exploitation](https://sciencesnaturelles.ch/topics/water/water_exploitation)
- ✚ **(7www,2020)** <http://sigessn.brgm.fr/spip.php?article171>
- ✚ **( 8www,2020)** [https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich10\\_3.htm](https://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich10_3.htm)
- ✚ **(9www,2020)** <https://wikiwater.fr/e18-le-traitement-de-l-eau-par>

## Résumé

Le barrage de Hammam Debagh, situé dans la wilaya de Guelma à 25 km à l'ouest du chef-lieu, dépend administrativement de la daïra de Hammam Debagh et de la commune de Bouhamdane, occupant une superficie totale de 13000 hectares. Il est alimenté principalement par oued Bouhamdane.

Cette étude est portée sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage (eau brute et eau traitée) et les quatre forages Forage Belkhir (FB), Forage Oravie (FO), Forage Tarha (FT), Forage SNTR (FS) alimentant le centre de Guelma.

Les résultats obtenus de l'analyse physico-chimiques ont montrés que l'eau est moyennement bonne et acceptable conformément aux recommandations algérienne pour les eaux brutes. Malgré la présence de germes d'origine fécale issue des animaux mais restent toujours inférieur aux valeurs fixées par la réglementation.

Les résultats des analyses bactériologiques ont montré que l'eau traitée et des forages ne Présentent certes aucun danger du point de vu physiologique sur la santé humaine.

**Mots clés :** , Physico-chimique , Bactériologique , Barrage Bouhamdane, Forage

---

## Abstract

The Hammam Debagh dam, located in the wilaya of Guelma, 25 km west of the capital, administratively depends on the daïra of Hammam Debagh and the commune of Bouhamdane, occupying a total area of 13,000 hectares. It is supplied mainly by oued Bouhamdane.

This study is focused on the physico-chemical and bacteriological quality of the dam water (raw water and treated water) and the four boreholes Belkhir drilling (FB), Oravie drilling (FO), Tarha drilling (FT), SNTR drilling (FS) supplying the Guelma center.

The results obtained from the physicochemical analysis showed that the water is moderately good and acceptable in accordance with Algerian recommendations for raw water. Despite the presence of faecal germs from animals, but still remain below the values set by regulations. The results of bacteriological analyzes showed that the treated water and boreholes do not Certainly present no danger from a physiological point of view on human health.

**Keywords:** Physico-chemical, Bacteriological, Bouhamdane dam, Drilling

---

## ملخص

يقع سد حمام دباغ بولاية قالمة على بعد 25 كم غرب العاصمة ، ويعتمد إدارياً على دائرة حمام ديباغ وبلدية بوحمدان ، ويحتل مساحة إجمالية قدرها 13000 هكتار. يتم تزويده بشكل رئيسي من قبل واد بوحمدان.

تركز هذه الدراسة على الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه السد (المياه الخام والمياه المعالجة) وأربعة آبار حفر بلخير (FB)، وحفر أورافي (FO)، وحفر طرحة (FT)، وحفر (FS) SNTR تجهيز مركز قالمة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من التحليل الفيزيائي الكيميائي أن الماء جيد بدرجة معقولة ومقبول وفقاً للتوصيات الجزائرية للمياه الخام. على الرغم من وجود جراثيم من أصل برازي من الحيوانات إلا أنها لا تزال أقل من القيم التي تحددها اللوائح.

أظهرت نتائج التحاليل البكتريولوجية أن المياه المعالجة والآبار لا تشكل بالتأكيد أي خطر من وجهة نظر فسيولوجية على صحة الإنسان.

**كلمات مفتاحية:** - فيزيائي - كيميائي - جرثومي - سد بوحمدان - آبار