

765)

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Université 8 Mai 1945 Guelma**  
**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département de Génie des Procédés**

**Mémoire de Projet de Fin d'Etudes**

*2<sup>ème</sup> Année Master*



---

***Analyses physico-chimiques des eaux de différentes origines***

---

**Filière : Génie des Procédés**

**Spécialité: Génie des Procédés : Génie Chimique**

**Présenté par :**

KOUADRI Imane

**Sous la direction de :**

Dr. NACEF Mouna

**Juin 2013**



19

## **Remerciements**

*Grace à Allah je suis parvenue à achever cet humble travail et que nous espérons qu'il sera utile à ceux qui s'y intéressent.*

*Au terme de ce stage je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail tout particulièrement :*

*A mon encadreur **Dr NACEF MOUNA**, je vous prie de bien vouloir agréer l'expression de mes remerciements les plus sincères, pour votre précieuse aide et le soutien que vous m'avez procuré, vos conseils, vos remarques, propices et vos efforts.*

*A tout le personnel de l'institut de génie des procédés, et plus particulièrement la promotion de génie chimique 2013. Je remercie les membres du jury et aussi tous les membres du département de génie des procédés.*

*A **Monsieur le chef de laboratoire** de la station de traitement des eaux potables de **Hammam Debagh**. Vous m'aviez permis d'effectuer un travail intéressant, celui du contrôle de la qualité de l'eau, j'ai apprécié votre patience et la clarté de vos avis qui m'ont orientés dans mon travail, veuillez croire en ma gratitude et ma haute considération, Sans oublier de conférer mes plus sincères remerciements à tout le personnel de la station de traitement des eaux potables, **AMEL, RADIA, MBARKA, SAMIRA** et autres.*

*A mes collègues **BOUDJAHM HOUDA, TALBI ADILA, MEHELEL RAZIKA** et autres, auxquelles je tiens à exprimer mes sentiments de gratitude pour l'aide et les encouragements qu'ils ont su me prodiguer tout le long de la réalisation de ce travail, je les remercie également pour leur gentillesse qui m'a vraiment touchée.*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire,*

## **Dédicaces**

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la  
capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y  
croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve  
et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et  
de dire " **YA KAYOUM** "*



*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole  
de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon honneur et  
ma réussite, à ma mère **FELLA**, école de mon enfance,  
qui a été mon ombre durant toutes les années des  
études, et qui a veillé tout au long de ma vie à  
m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.  
Que dieu les gardes et les protège.*

*A mes adorables sœurs, **AMIRA, SARA, BOUCHRA,**  
**RAYANE** et la belle nouvelle fille **OMNIYATE EDDONIA.***

*A mes frères **FATEH, ISHAK, ISAM, ABD EL ALIM,**  
**LOKMAN KOSSAI, MOHAMMED, AMINE** et **WALID.***

*A toutes mes tantes et oncles.*

*A mes amies ; **ASMA, Wafa.***

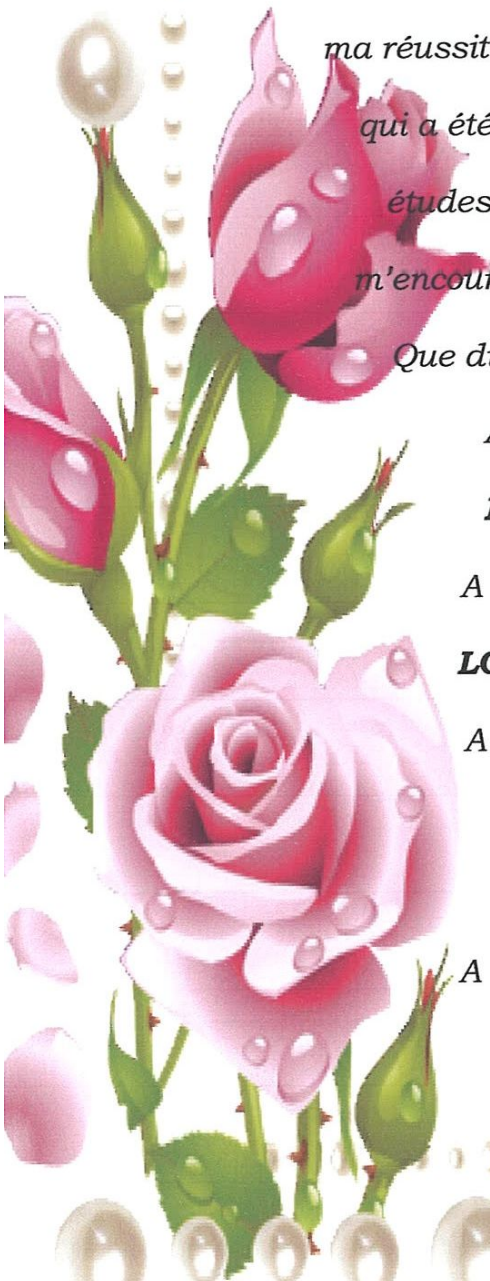
*A tous ceux qui me sont chères.*

*A tous ceux qui m'aiment.*

*A tous ceux que j'aime.*

*Je dédie ce travail.*

***Imane***



## Table des matières

### Liste des figures et des tableaux

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
-----------------------------------	----------

### **Chapitre I : Propriétés et pollution des eaux**

<b>I.1. Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2. L'eau pure.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.1. Composition et structure de la molécule d'eau.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2.2. Différents états de l'eau.....</b>	<b>5</b>
<b>I.2.3. Le cycle de l'eau.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3. Propriétés de l'eau.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.1. Propriétés physiques.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.2. Propriétés chimiques de l'eau.....</b>	<b>8</b>
<b>I.3.3. Propriétés biologiques de l'eau.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4. Ressources hydriques naturelles.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1. Eaux souterraine.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.2. Eaux de surface.....</b>	<b>11</b>
<b>I.4.3. Eaux de mers et océans.....</b>	<b>11</b>
<b>I.5. Pollution des eaux.....</b>	<b>12</b>
<b>I.5.1. Origine de la pollution.....</b>	<b>12</b>
<b>I.5.2. Les principaux polluants des eaux naturelles.....</b>	<b>13</b>
<b>I.6. Conclusion.....</b>	<b>15</b>

### **Chapitre II: Le traitement et la qualité des eaux de surface**

<b>II.1. Introduction.....</b>	<b>17</b>
<b>II.2. Processus de potabilisation de seaux de surface.....</b>	<b>17</b>
<b>II.2.1. Captage.....</b>	<b>17</b>
<b>II.2.2. Prétraitement.....</b>	<b>18</b>
<b>II.2.3. La clarification.....</b>	<b>19</b>
<b>II.2.4. Lafiltration.....</b>	<b>20</b>
<b>II.2.5. Désinfection / Ozonation.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2.6. La chloration.....</b>	<b>21</b>
<b>II.2.7. Stockage et distribution.....</b>	<b>21</b>
<b>II.3. Les paramètres de qualité des eaux.....</b>	<b>22</b>
<b>II.3.1. Les paramètres organoleptiques.....</b>	<b>22</b>

II.3.2. Les paramètres en relation avec la structure de l'eau .....	24
II.3.3. Les paramètres indésirables .....	26
II.3.4. Les paramètres toxiques.....	29
II.3.5. Les caractéristiques biologiques.....	29
II.4. Conclusion.....	29

### **Chapitre III: Méthodes et protocoles**

III.1. Introduction .....	32
III.2. Description du fonctionnement la station de Hammam Debagh.....	32
III.3. Introductions aux normes de potabilité de l'eau.....	33
III.4. Les modes opératoires .....	35
III.4.1. Les eaux analysées.....	35
III.4.2. Échantillonnage .....	35
III.4.3. Mesure du pH .....	35
III.4.4. Mesure de la température (T) .....	36
III.4.5. Mesure de la turbidité .....	36
III.4.6. Mesure de la conductivité.....	37
III.4.7. Mesure le titre hydrotimétrique (TH) .....	37
III.4.8. Détermination du résidu sec .....	38
III.4.9. Détermination du titre alcalimétrique simple et complet TA,TAC et (HCO <sub>3</sub> ).....	39
III.4.10. Détermination du calcium (Ca <sup>2+</sup> ).....	41
III.4.11. Détermination des chlorures (Cl <sup>-</sup> ).....	42
III.4.12. Détermination du magnésium (Mg <sup>2+</sup> ).....	43
III.4.13. Dosage de l'ammonium (méthode spectrométrique manuelle).....	45
III.4.14. Dosage des ions nitrites (méthode spectrométrique).....	46
III.4.15. Détermination du fer (méthode à l'orthophenanthroline).....	47
III.4.16. Détermination des sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) (méthode allemande : M.KERN).....	49
III.4.17. Dosage des nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (méthode au salicylate de sodium).....	50
III.4.18. Détermination des phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	52
III.4.19. Détermination du chrome(VI) .....	53

### **Chapitre IV: Résultats et discussions**

IV.1. Introduction.....	56
IV.2. Evolution des paramètres caractéristiques de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh avec le temps. ....	56

IV.2.1. Evolution des valeurs du pH, température et la salinité de l'eau en sortie de ..... la station de traitement des eaux.....	57
IV.2.2. Evolution des valeurs de la conductivité, résidu sec et teneur en sels dissous de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux.....	58
IV.2.3. Evolution des valeurs de la turbidité, matière en suspension et matière organique de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux.....	60
IV.2.4. Evolution de la teneur en nitrates, nitrites et ammonium de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux .....	62
IV.2.5. Evolution des valeurs de calcium et magnésium de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux.....	64
IV.2.6. Evolution des valeurs de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et les ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux.....	65
IV.2.7. Evolution des valeurs de sulfates, chlorures, phosphore et le fer de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux.....	67
IV.3. Résultats des analyses des eaux des robinets de consommateur dans différentes cités de la ville de Guelma .....	69
IV.3.1. Comparaison entre les valeurs du pH, Température et la salinité au niveau de différentes cités de Guelma .....	69
IV.3.2. Comparaison entre les valeurs de conductivité, résidu sec et la teneur en sel dissous au niveau de différentes cités de Guelma .....	70
IV.3.3. Comparaison entre les valeurs mesurées de la turbidité au niveau de différentes cités de Guelma .....	72
IV.3.4. Comparaison entre les valeurs mesurées des nitrates, nitrites et l'ammonium au niveau de différentes cités de Guelma.....	73
IV.3.5. Comparaison entre les valeurs mesurées des cations de calcium et magnésium au niveau de différentes cités de Guelma.....	74
IV.3.6. Comparaison entre le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et la concentration en hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-$ au niveau des différentes cités de Guelma. ....	76
IV.3.7. Comparaison entre la concentration en sulfate, chlorure, phosphore et le fer au niveau des différentes cités de Guelma.....	77
IV.3.8. Comparaison entre les valeurs de chrome (VI) au niveau des différentes cités de Guelma.....	79

IV.4. Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques pour quelques eaux de sources.....	79
IV.4.1. Comparaison entre les valeurs du pH et température des différentes eaux .....	80
IV.4.2. Comparaison entre les valeurs de conductivité et résidu sec des différentes ..eaux de sources.....	80
IV.4.3. Comparaison entre les valeurs de la turbidité et la teneur en nitrates des différentes eaux de sources.....	81
IV.4.4. Comparaison entre les valeurs de calcium et magnésium des différentes eaux de sources.....	82
IV.4.5. Comparaison entre les valeurs de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et le $\text{HCO}_3^-$ des différentes eaux de sources.....	82
IV.4.6. Comparaison entre les valeurs de chlorures, et du fer des différentes eaux .....	83
IV.4.7. Comparaison entre les valeurs de chrome (VI) des différentes eaux de sources.....	84
IV.5. Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques pour les eaux minérales .....	84
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>87</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Résumé</b>	



Liste des figures

<b>Figure I.1</b> : Schéma d'une molécule d'eau .....	4
<b>Figure I.2</b> : Diagramme des phases de l'eau (T, p) .....	5
<b>Figure I.3</b> : Le cycle naturel de l'eau .....	6
<b>Figure I.4</b> : Variations de la masse volumique de l'eau avec la température. ....	7
<b>Figure I.5</b> : Liaisons hydrogène dans l'eau.....	9
<b>Figure I.6</b> : Schéma d'une nappe alluviale(a) et d'une nappe phréatique (b) .....	10
<b>Figure I.7</b> : Schéma d'une nappe captive.....	10
<b>Figure I.8</b> : Etats dispersés- états dissous.....	14
<b>Figure II.1</b> : Chaîne de traitement .....	17
<b>Figure II.2</b> : Dégrillage fixe à nettoyage manuel .....	18
<b>Figure II.3</b> : Dégrillage à nettoyage automatisé.....	18
<b>Figure II.4</b> : Tamis rotatif filtrant.....	19
<b>Figure II.5</b> : Schéma descriptif du phénomène coagulation – floculation .....	20
<b>Figure II.6</b> : Filtre à sable fonctionnant à courant ascendant et à lavage continu avec circulation de sable .....	21
<b>Figure II.7</b> : Fonctionnement d'une station de traitement de l'eau .....	22
<b>Figure III.1</b> : Image d'un des pH-mètre utilisé lors des analyses .....	36
<b>Figure III.2</b> : Image d'un turbidimètre utilisé.....	37
<b>Figure III.3</b> : Image d'un conductimètre.....	37
<b>Figure III.4</b> : Virage de la couleur du rose au bleu pour la détermination du TH .....	38
<b>Figure.III.5</b> : Image représentant le résidu sec .....	39
<b>Figure III.6</b> : Virage de la couleur du jaune au rouge orange pour la détermination du TA et TAC.....	41
<b>Figure III.7</b> : Virage de la couleur du rose au violet pour la détermination du calcium.....	42
<b>Figure III.8</b> : Virage de la couleur du jaune au rouge brique pour la détermination des chlorures.....	43

<b>Figure III.9</b> : Virage de la couleur rose au bleu pour la détermination du magnésium .....	44
<b>Figure III.10</b> : Image représentant le dosage de l'ammonium.....	46
<b>Figure III.11</b> : Image représentant le dosage de nitrites .....	47
<b>Figure III.12</b> : Image représentant le dosage des sulfates.....	50
<b>Figure III.13</b> : Image représentant le dosage des nitrates .....	52
<b>Figure IV.1</b> : Carte représentant les différentes cités de prélèvement de l'eau dans la ville de Guelma. ....	56
<b>Figure IV.2</b> : Evolution du pH, température et salinité de l'eau à la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh .....	58
<b>Figure IV.3</b> : Evolution de la conductivité, résidu sec et teneur en sels dissous de l'eau à la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.....	59
<b>Figure IV.4</b> : Evolution de la turbidité, matière organique et la matière en suspension d'eau de la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh. ....	61
<b>Figure IV.5</b> : Comparaison entre les valeurs de la turbidité de l'eau traitée de la station et de l'eau brute à l'entrée .....	62
<b>Figure IV.6</b> : Evolution du teneur des nitrates, nitrites et l'ammonium d'eau de la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh. ....	63
<b>Figure IV.7</b> : Evolution du calcium et du magnésium de l'eau à sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.....	65
<b>Figure IV.8</b> : Evolution de (TA), (TAC), (TH) et le $\text{HCO}_3^-$ d'eau de sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.....	66
<b>Figure IV.9</b> : Evolution de $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ et $\text{Fe}^{2+}$ d'eau de la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.....	68
<b>Figure IV.10</b> : Comparaison entre les valeurs de sulfate de l'eau traitée de la station et de l'eau brute à l'entrée .....	68
<b>Figure IV.11</b> : Comparaison entre les valeurs de pH, température et la salinité des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.....	70
<b>Figure IV.12</b> : Comparaison entre les valeurs de la conductivité, résidu sec et teneur en sel dissous des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.....	71

<b>Figure IV.13:</b> Comparaison entre les valeurs de la turbidité des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma. ....	72
<b>Figure IV.14:</b> Comparaison entre les teneurs de $\text{NO}_3^-$ , $\text{NO}_2^-$ et $\text{NH}_4^+$ des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma. ....	74
<b>Figure IV.15:</b> Comparaison entre les valeurs mesurées de calcium et de magnésium des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de la ville de Guelma. ....	75
<b>Figure IV.16 :</b> Comparaison de TA, TAC, TH et $\text{HCO}_3^-$ des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma. ....	77
<b>Figure IV.17:</b> Comparaison entre les teneurs en $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ et $\text{Fe}^{2+}$ des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de la ville de Guelma.....	78

### Liste des tableaux

<b>Tableau I.1 :</b> Composition isotopique moyenne de l'eau .....	5
<b>Tableau I.2 :</b> Variations de la tension superficielle de l'eau en fonction de la température. ....	8
<b>Tableau I.3:</b> Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines. ....	11
<b>Tableau II.1:</b> Classes de turbidité usuelles N.T.U (Néphélométric turbidity unit).....	23
<b>Tableau II.2:</b> Classification des eaux d'après leur pH.....	25
<b>Tableau II.3 :</b> Echelle des valeurs de $\text{DBO}_5$ .....	28
<b>Tableau III.1:</b> Les normes de potabilisation de l'eau .....	34
<b>Tableau IV.1 :</b> Mesures mensuelles du pH, température et salinité à la sortie de la station de traitement des eaux.....	57
<b>Tableau IV.2 :</b> Mesures mensuelles de la conductivité, résidu sec et le teneur en sel dissous à la sortie de la station de traitement des eaux. ....	59
<b>Tableau IV.3 :</b> Mesures mensuelles de la turbidité, matière en suspension et matière organique à la sortie de la station de traitement des eaux. ....	60
<b>Tableau IV.4 :</b> Mesures mensuelles des nitrates, nitrites et ammonium à la sortie de la station de traitement des eaux. ....	63
<b>Tableau IV.5 :</b> Mesures mensuelles du calcium et magnésium à la sortie de la station de traitement des eaux.....	64

<b>Tableau IV.6 :</b> Mesures mensuelles de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre Hydrotimétrique (TH) et les ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) à la sortie de la station de traitement des eaux.....	66
<b>Tableau IV.7 :</b> Mesures mensuelles de sulfate, chlorure, phosphore et le fer à la sortie de la station de traitement des eaux. ....	67
<b>Tableau IV.8 :</b> Valeurs mesurées pour le pH, température et salinité au niveau de différentes cités de la ville de Guelma .....	69
<b>Tableau IV.9 :</b> Valeurs mesurées pour la conductivité, résidu sec et le teneur en sel dissous au niveau de différentes cités de la ville de Guelma .....	71
<b>Tableau IV.10 :</b> Valeurs mesurées pour la turbidité au niveau de différentes cités de la ville de Guelma .....	72
<b>Tableau IV.11 :</b> Valeurs mesurées pour des nitrates, nitrites et l'ammonium au niveau de différentes cités de la ville de Guelma .....	73
<b>Tableau IV.12 :</b> Valeurs mesurées pour des cations de calcium et magnésium au niveau de différentes cités de la ville de Guelma .....	75
<b>Tableau IV.13 :</b> Valeurs mesurées pour le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et la concentration en hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-$ au niveau de différentes cités de la ville de Guelma .....	76
<b>Tableau IV.14:</b> Valeurs mesurées pour la concentration des sulfates, chlorures, phosphore et du fer au niveau de différentes cités de la ville de Guelma.....	78
<b>Tableau IV.15:</b> Valeurs mesurées pour le teneur du chrome (VI) au niveau de différentes cités de la ville de Guelma.....	79
<b>Tableau IV.16:</b> Comparaison entre les valeurs mesurées de pH et température pour les différentes eaux .....	80
<b>Tableau IV.17 :</b> Comparaison entre les valeurs mesurées conductivité et résidu sec pour les différentes eaux .....	80
<b>Tableau IV.18 :</b> Comparaison entre les valeurs mesurées de la turbidité et la teneur en nitrates pour les différentes eaux.....	81
<b>Tableau IV.19 :</b> Comparaison entre les valeurs mesurées de calcium et magnésium pour les différentes eaux .....	82

---

L'importance de l'eau pour la vie et comme composante de l'écosystème mondial n'est plus à démontrer. Cette ressource qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme est un élément-clé du développement, en particulier pour générer et entretenir la prospérité par le biais de l'agriculture, de la pêche, de la production d'énergie, de l'industrie, des transports et du tourisme.

La quantité d'eau dont nous disposons dépend de son degré de propreté ou de pollution. La problématique de l'eau est un souci de quantité et de qualité, c'est -à-dire de ressource et de pollution. Ainsi, la mauvaise qualité de l'eau se répercute sur l'environnement et le bien-être de l'homme. Les maladies transmises par l'eau causent la mort de plus d'un million et demi d'enfants chaque année.

Dans le passé, les gens puisaient l'eau dans les sources qui étaient à proximité de leur lieu d'habitation. Le développement des agglomérations a nécessité la création de station de traitement des eaux pour les dispenser aux habitants. Ces stations ont pour objectif, de fournir une eau potable, exempte de microorganismes pathogènes. Des analyses rigoureuses sont effectuées en amont et en aval de la station afin de garantir la potabilité de l'eau.

Les paramètres physico-chimiques jouent un rôle important dans les processus biologiques, physiques et chimiques qui se déroulent dans le milieu aquatique. Par exemple, l'augmentation de la température d'un milieu aquatique conduit à la diminution de la solubilité d'oxygène et par conséquent l'augmentation de la demande en oxygène des espèces aquatiques. Des normes de rigueur ont été établit par les organismes de santé publique pour assurer la qualité de l'eau. Ces normes sont en rapport avec les paramètres physicochimiques de l'eau.

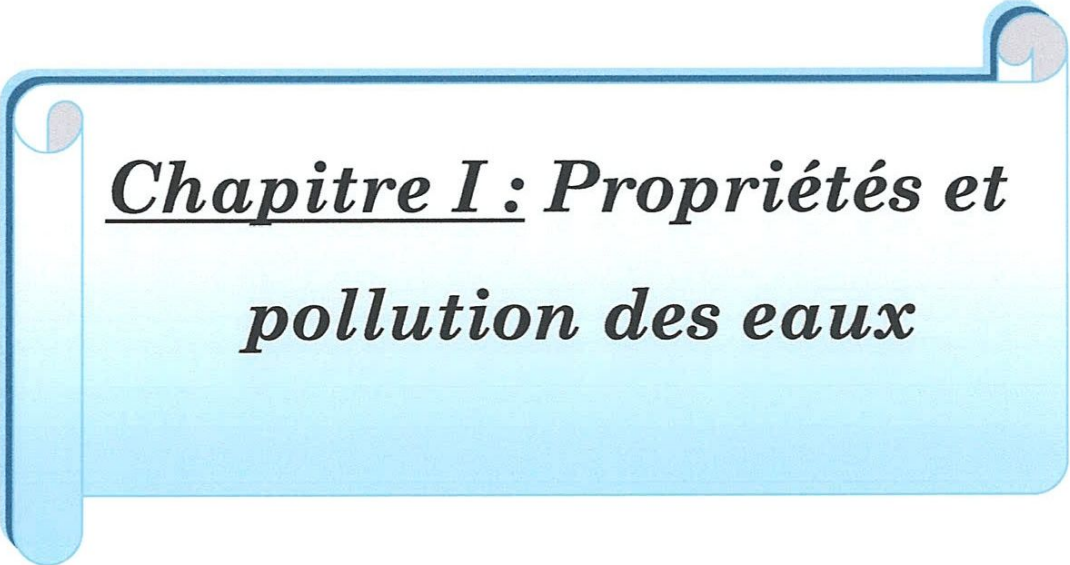
Ce travail est focalisé sur le traitement et l'analyse de l'eau. Plusieurs échantillons ont été prélevés de différentes cités de la ville de Guelma afin d'en effectuer les analyses physicochimiques. L'investigation se présente en deux grandes parties:

La première partie de ce travail est relative à l'étude bibliographique. Nous avons jugé utile de rappeler dans un 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.

La seconde partie de l'étude est axée sur l'expérimentation et elle est présentée en deux chapitres ; Le premier chapitre concerne les méthodes et les protocoles utilisés pour caractériser les différents échantillons d'eau. Le deuxième chapitre rassemble les résultats expérimentaux et leurs discussions. Et enfin, on va clôturés par une conclusion générale ainsi que des travaux en perspective



*Partie théorique*



**Chapitre I : Propriétés et  
pollution des eaux**

## I.1. Introduction

De toutes les planètes du système solaire, la terre est la seule à être pourvue d'une hydrosphère, celle-ci recouvre plus de 70% de sa superficie. Schématiquement, l'eau évolue entre trois secteurs : les océans (l'hydrosphère), l'atmosphère et les sols (lithosphère).

L'eau potable est une eau qui est apte à être consommée par l'être humain, cette dernière peut être causée par des microorganismes, des substances toxiques, des contaminants biogénétiques (engrais), des matières organiques, etc. Ces éléments sont soit naturellement présents dans l'environnement, soit le résultat des activités humaines, d'une façon ou d'une autre, la qualité de l'eau potable est alors dégradée [1].

## I.2. L'eau pure

### I.2.1. Composition et structure de la molécule d'eau

L'eau est une espèce chimique constituée de deux atomes d'hydrogène liés à un atome d'oxygène : sa formule chimique est  $H_2O$  (H pour atome d'hydrogène et O pour atome d'oxygène). L'eau est un solvant idéal. L'eau pure n'est pas présente dans la nature et doit être obtenue par des processus physiques [2].

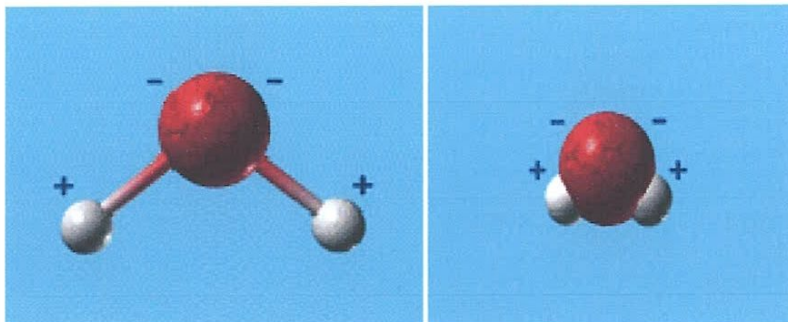


Figure I.1 : Schéma d'une molécule d'eau [2].

L'eau ordinaire est constituée essentiellement de molécules  $^1H_2^{16}O$ , comme le montre le tableau I.1 qui donne la composition isotopique moyenne de l'eau [3].



Tableau I.1 : Composition isotopique moyenne de l'eau [3].

Molécules	Abondance relative (% en masse)
$^1\text{H}_2\text{}^{16}\text{O}$	99,70
$^2\text{H}_2\text{}^{16}\text{O}$ ou $\text{D}_2\text{O}$	0,000002
$^3\text{H}_2\text{}^{16}\text{O}$ ou $\text{T}_2\text{O}$	Traces
$^1\text{H}_2\text{}^{18}\text{O}$	0,20
$^1\text{H}_2\text{}^{17}\text{O}$	0,03

### I.2.2. Différents états de l'eau

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états ou phases : solide (glace), liquide (eau proprement dite), et gazeux (vapeur d'eau) [3].

Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau-glace, glace-vapeur, eau-vapeur, selon les conditions de température et de pression. Il existe cependant un point, dit point triple (figure I.2) pour lequel les trois phases sont rigoureusement en équilibre, à la température de 0,01 °C et sous une pression de 0,613 Pa [1].

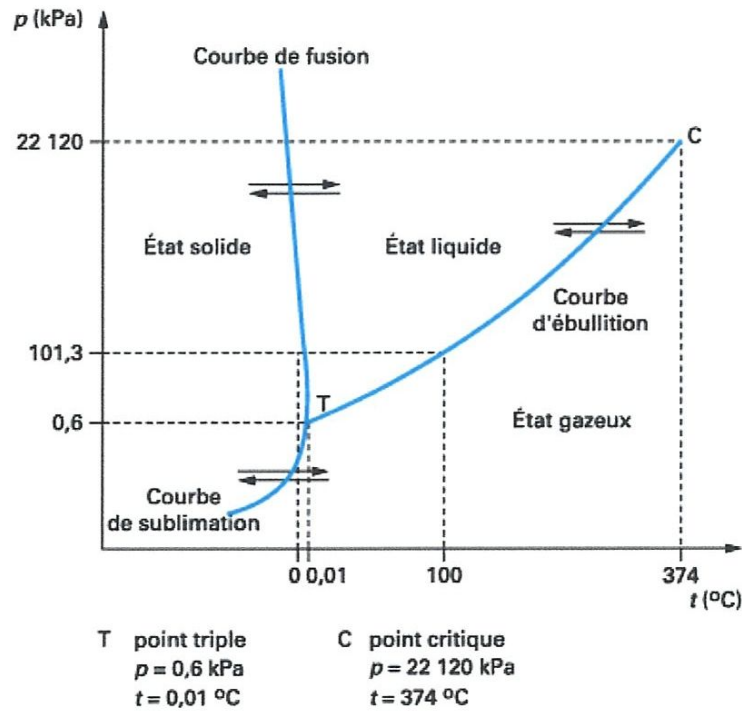


Figure I.2 : Diagramme des phases de l'eau (T, p) [4].

### I.2.3. Le cycle de l'eau

La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par le cycle de l'eau. Dans la nature l'eau décrit un cycle dans lequel elle change d'état physique. Elle se trouve ainsi tour à tour sous forme solide, liquide et gazeuse.

a) **L'évaporation** : Chauffée par le soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore et monte dans l'atmosphère.

b) **La condensation** : Au contact des couches d'air froid de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui, poussées par les vents, se rassemblent et forment des nuages.

c) **Les précipitations** : Les nuages déversent leur contenu sur la terre, sous forme de pluie, neige ou grêle.

d) **Le ruissellement** : La plus grande partie de l'eau tombe directement dans les océans. Le reste s'infiltrate dans le sol (pour former des nappes souterraines qui donnent naissance à des sources) ou ruisselle pour aller grossir les rivières qui à leur tour, vont alimenter les océans [5].

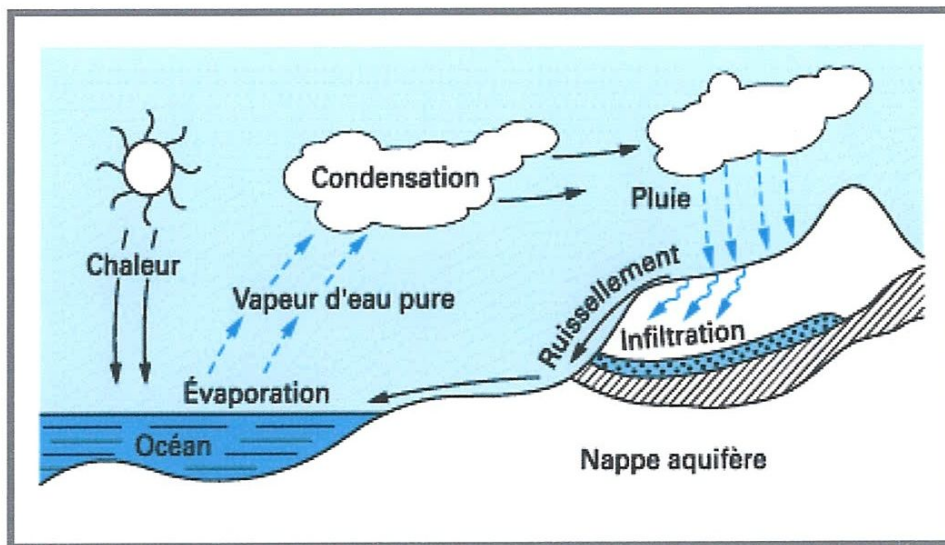


Figure I.3 : Le cycle naturel de l'eau [4].

## I.3. Propriétés de l'eau

### I.3.1. Propriétés physiques

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que :

### I.3.1.1. La Température d'ébullition

Anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C.

### I.3.1.2. La masse volumique

Elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de  $1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  [3].

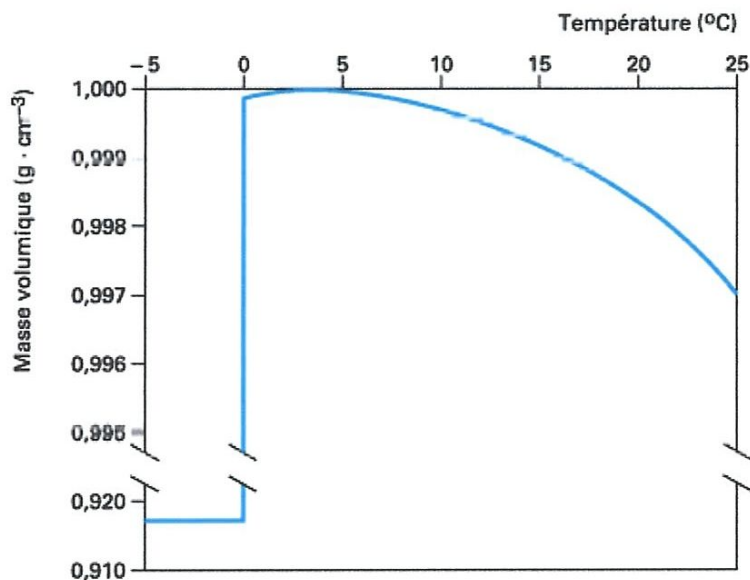


Figure I.4. : Variations de la masse volumique de l'eau avec la température [4].

### I.3.1.3. La viscosité

Elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures.

### I.3.1.4. La tension superficielle

Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface.

Comme indiquée dans le tableau I.2, la tension superficielle de l'eau diminue en fonction de la température. L'eau est le composé qui possède la tension superficielle la plus élevée des liquides tel que  $73\cdot 10^{-3}\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$  à 18°C. La majorité des liquides organiques ont une

tension superficielle inférieure à celle de l'eau, par exemple à 20 °C : éthanol  $22,27 \cdot 10^{-3}$  N.m<sup>-1</sup>; acétone  $23,7 \cdot 10^{-3}$  N.m<sup>-1</sup>; pyridine  $38 \cdot 10^{-3}$  N.m<sup>-1</sup> [3].

**Tableau I.2 : Variations de la tension superficielle de l'eau en fonction de la température [3].**

T (°C)	0	10	20	30	50	80	100
Tension superficielle (10 <sup>-3</sup> N.m <sup>-1</sup> )	75,6	74,23	72,75	71,2	67,94	62,67	58,91

### I.3.1.5. La conductivité électrique

L'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique :



Elle est exprimée en S.cm<sup>-1</sup>

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

L'énergie de formation de la molécule d'eau, 242 KJ.mol<sup>-1</sup>, est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La molécule H<sub>2</sub>O est polarisée: l'atome d'oxygène est chargé négativement tandis que les deux atomes d'hydrogène sont chargés positivement. Les liaisons hydrogène résultent de l'attraction électrostatique entre un atome électronégatif ayant un doublet électronique libre (en général O ou N) et un atome d'hydrogène lié par une liaison covalente à un autre atome électronégatif qui polarise cette liaison [1,3].

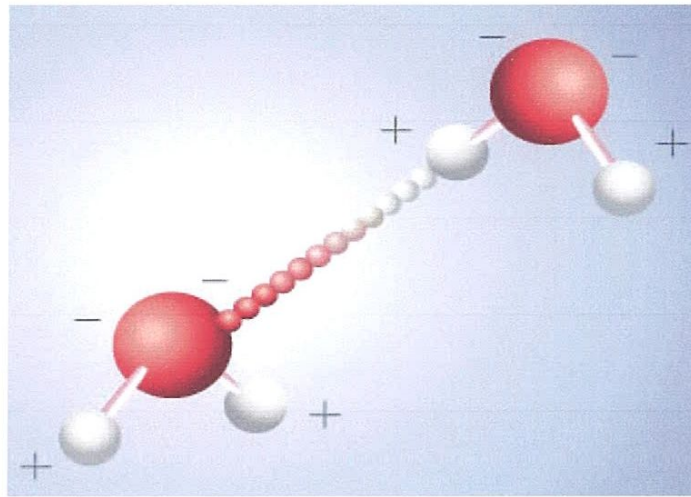


Figure I.5 : Liaisons hydrogène dans l'eau [6].

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

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des être vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants. Pour l'homme, on cite les pourcentages suivants : [3]

- **nouveau-né** .....66 à 74 %
- **adulte**.....58 à 67 %

L'eau compose la plus grande partie de nos aliments :

- **laitue** ..... 92 %
- **pomme de terre** ..... 78 %
- **poulet**..... 72 %

### I.4. Ressources hydriques naturelles

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappe), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs et rivières) et des eaux de mer.

#### I.4.1. Eaux souterraine

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- **Nappes phréatiques ou alluviales** : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.

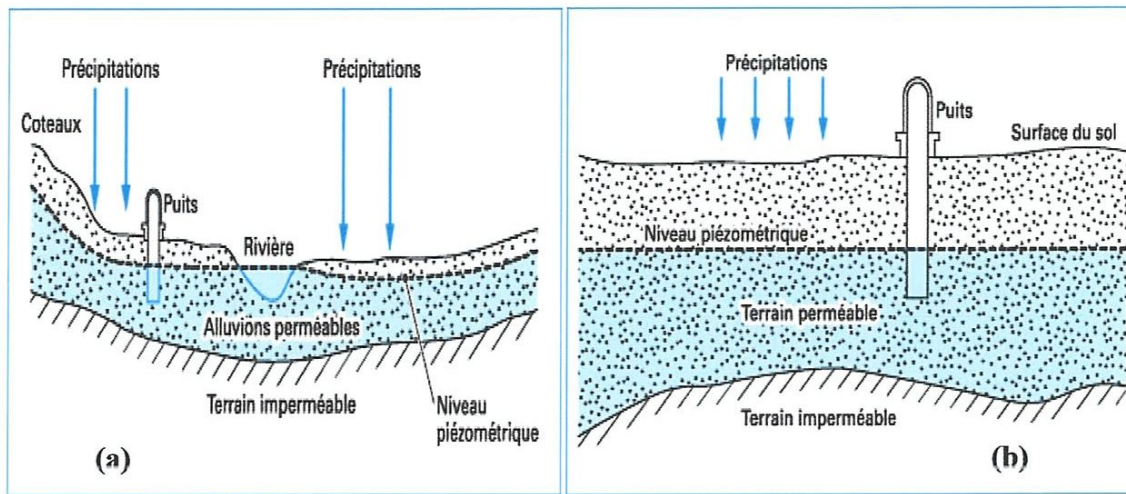


Figure I.6 : Schéma d'une nappe alluviale (a) et d'une nappe phréatique(b) [4]

• **Nappes captives** : plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures [8].

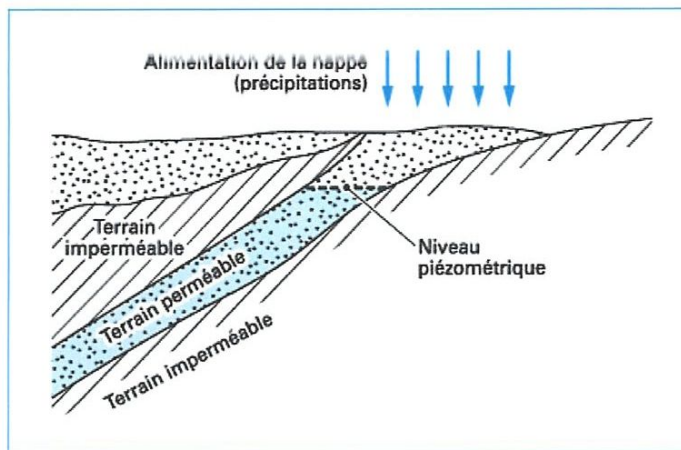


Figure I.7 : Schéma d'une nappe captive [4]

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 [7].

### I.4.2. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages, etc.). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. 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.3 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines [7].

**Tableau I.3. Principales différence entre eaux de surface et eaux souterraines [7].**

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
<b>Température</b>	Variable suivant saisons	Relativement constante
<b>Turbidité</b>	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
<b>Couleur</b>	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humique, etc.)
<b>Minéralisation globale</b>	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets, etc.	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
<b>Fer et Manganèse dissous</b>	Généralement absent	Généralement présents
<b>Nitrates</b>	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
<b>Micropolluants minéraux et organiques</b>	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
<b>Eléments vivants</b>	Bactéries, virus	Ferro bactéries fréquentes

### I.4.3. 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 [3].

## **I.5. Pollution des eaux**

La pollution des eaux peut être définie comme une dégradation de celle-ci par les éléments qu'elle a accumulés lors de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversées. Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel.

### **I.5.1. Origine de la pollution**

#### **a) L'industrie**

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer les rivières et les nappes, parfois d'une manière intensive dont on ne 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 [3].

#### **b) L'agriculture**

Elle utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures, ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration [9].

#### **c) Pollution domestique**

Les eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et de produits chimiques [7].

#### **d) Pollution d'origine naturelle**

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes [9].



## I.5.2. Les principaux polluants des eaux naturelles

### a) Polluants physiques

Les polluants physiques se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension.

#### a.1) Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont en général : les brindilles, les feuilles, les arbres, etc.

#### a.2) Les sables

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2,6 g.cm<sup>-3</sup>, ce qui permet leur élimination par simple décantation [10].

#### a.3) Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que par leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux [11].

- **Selon leur dimension** : Les états dispersés que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent de l'état dissout, notamment par les dimensions particulières.

La Figure I.8 donne en première approximation, une échelle de dimensions particulières et les états correspondants.

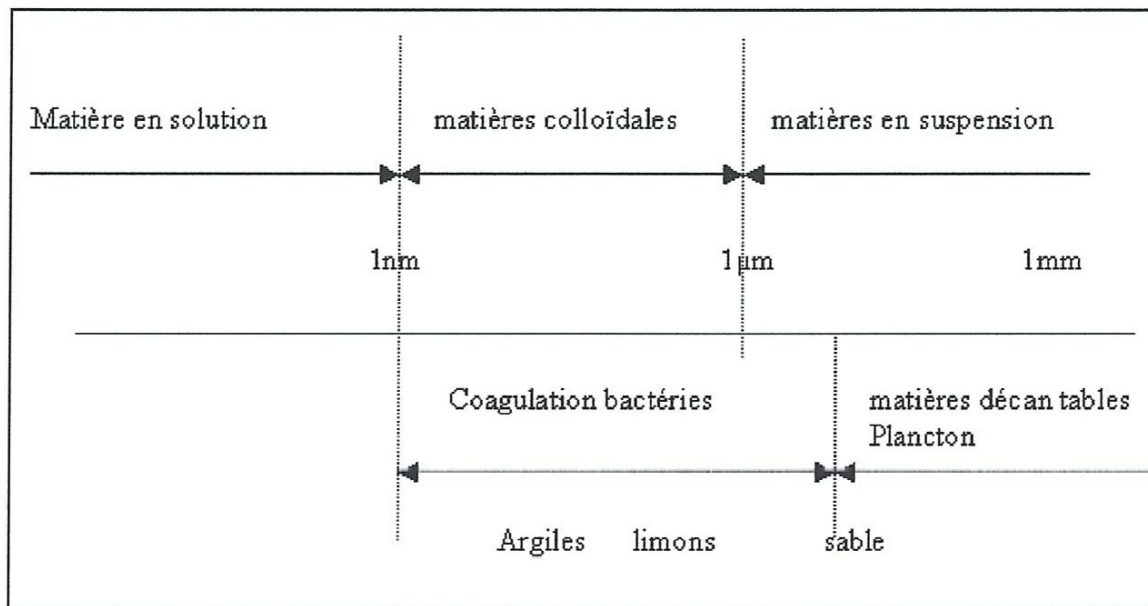


Figure I.8 : Etats dispersés- états dissous [1]

- **Selon leur nature** : La nature des matières solides en suspension peut être soit minérale soit organique. Les polluants minéraux constituent une gêne physique pour l'environnement mais n'évoluent pas dans le temps.

#### b) polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux.
- Les éléments chimiques organiques.

##### b.1) Les éléments chimiques minéraux

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution.

##### b.2) Les éléments chimiques organiques

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise ou une composition moyenne. La matière organique participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, sous produits de désinfection, odeurs, saveurs, etc.

**c) Polluants microbiologiques**

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) qui sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau [10].

**I.6. Conclusion**

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

**Chapitre II : Le  
*traitement et la qualité  
des eaux de surface***

## II.2.2. Prétraitement

On retire les plus gros éléments par dégrillage (5 cm de diamètre) et tamisage (1 mm de diamètre). Une préchloration peut compléter cette étape pour éliminer les algues et les bactéries. Le dégrillage et le tamisage sont des procédés physiques. Les gros déchets sont retenus par une simple grille, les plus fins dans des tamis à mailles fines.

### a) Le dégrillage

Étant le premier poste de traitement, il permet de protéger les ouvrages en aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Le dégrillage est avant tout destiné à l'élimination de gros objets : morceaux de bois, etc. Il peut exister deux types de dégrilleurs; automatique ou manuel, figure II.2 et II.3

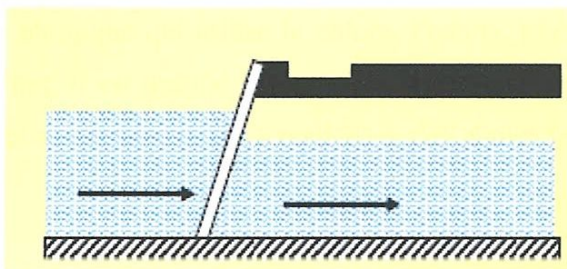


Figure II.2: Dégrillage fixe à nettoyage manuel [13]

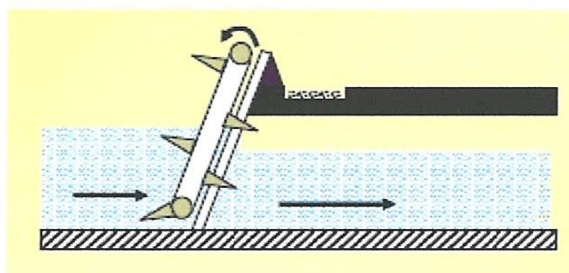
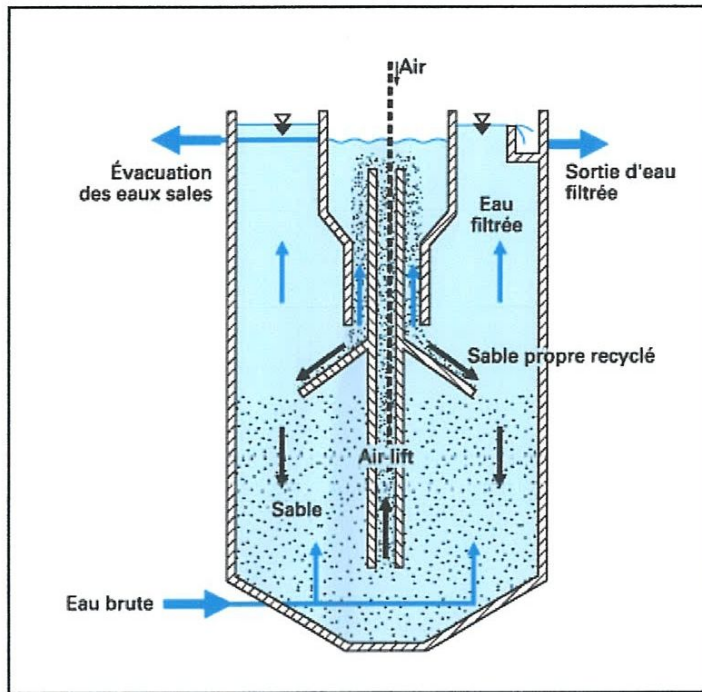


Figure II.3: Dégrillage à nettoyage automatisé [13]

### b) Le tamisage

L'eau passe dans des tamis de mailles de plus en plus fines retenant les débris végétaux et animaux, les insectes, les mollusques, les crustacés d'eau douce, les alluvions, les herbes puis les algues et le plancton.



**Figure II.6 : Filtre à sable fonctionnant à courant ascendant et à lavage continu avec circulation de sable [16]**

### II.2.5. Désinfection / Ozonation

L'étape essentielle de désinfection est commune à toutes les filières, elle a pour but de neutraliser les virus et les bactéries pathogènes ; on injecte dans l'eau de l'ozone (gaz). Parfois on utilise les ultraviolets.

### II.2.6. La chloration

Une fois traitée, l'eau doit encore voyager dans les canalisations pour atteindre les robinets. L'ajout d'une infime quantité de chlore préserve la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

### II.2.7. Stockage et distribution

Une fois rendue potable, l'eau est envoyée dans des réservoirs où elle est stockée avant d'être acheminée par un réseau de canalisations souterraines dans les habitations [13].

La figure ci-dessous résume les principales étapes de traitement de l'eau potable.

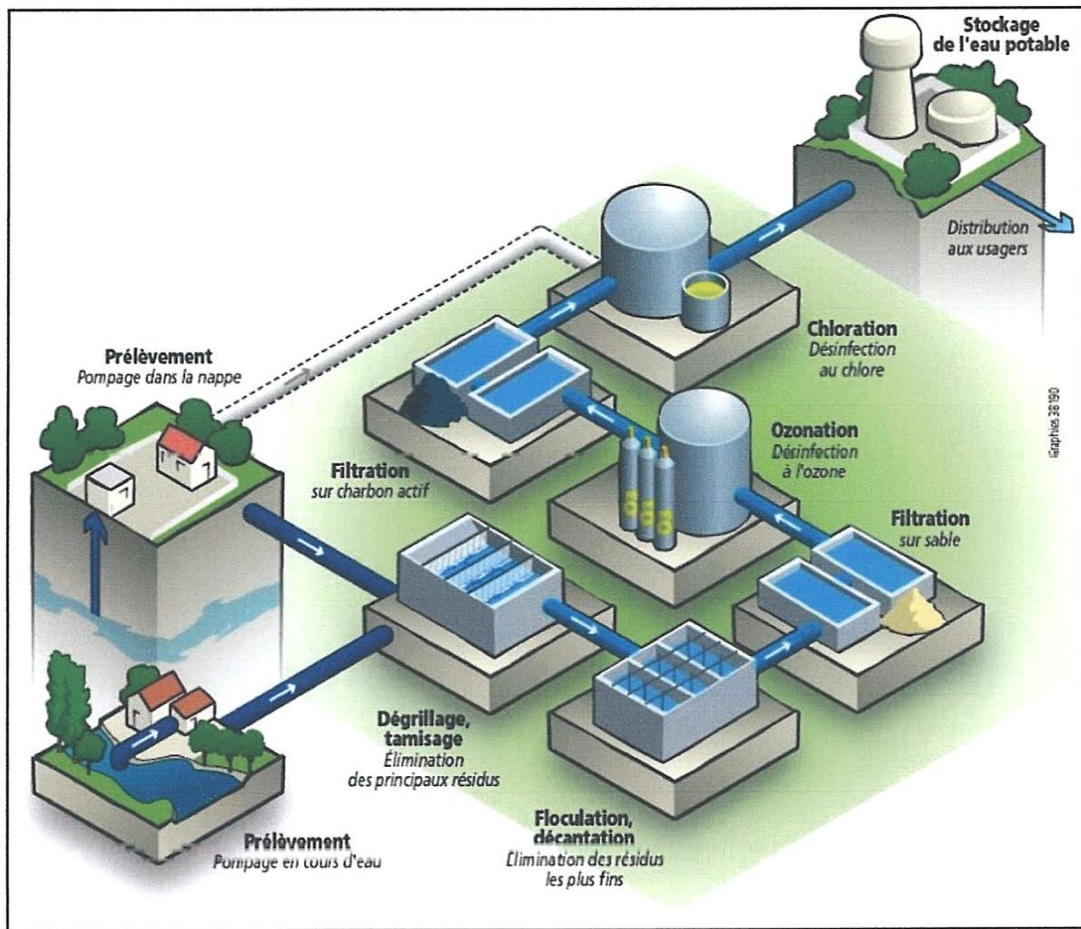


Figure II.7 : Fonctionnement d'une station de traitement de l'eau [14]

### II.3. Les paramètres de qualité des eaux

Pour savoir si une eau est polluée et connaître son degré de pollution, les organismes de contrôle effectuent des prélèvements d'eau et les étudient. La pollution de l'eau est donc évaluée selon plusieurs critères.

#### II.3.1. Les paramètres organoleptiques

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais, par leur dégradation, peuvent indiquer une pollution ou un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution [1].

##### II.3.1.1. Turbidité

La turbidité est représentative de la transparence d'une eau. Cette turbidité peut être affectée par la présence de particules en suspension et de matières colloïdales dans l'eau (limons, argiles, micro-organismes, etc.) [17].

Pour mesurer la turbidité on utilise certains instruments : le turbidimètre de Jackson (méthode visuelle), l'opacimétrie, le turbidimètre de Hellige, la néphélométrie de Hach.

La turbidité est mesurée par trois unités qui sont équivalentes :

Unité **J.T.U** (Jackson turbidity unit) = Unité **F.T.U** (Formazine turbidity unit) = Unité **N.T.U** (Néphélométric turbidity unit) [1].

**Tableau II.1. Classes de turbidité usuelles N.T.U (Néphélométric turbidity unit)**  
[18]

<b>N.T.U &lt; 5</b>	Eau claire
<b>5 &lt; N.T.U &lt; 30</b>	Eau légèrement trouble
<b>50 &lt; N.T.U</b>	Eau trouble

### II.3.1.2. La couleur

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées. Leur couleur varie du jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes. Ces matières sont le plus souvent d'origine naturelle et proviennent de la dégradation de matières végétales. Le degré de couleur dépend non seulement de la concentration en matières colorantes, mais aussi du pH et de la turbidité.

La mesure de la couleur d'une eau naturelle se fait par comparaison avec une échelle artificielle de couleur. La substance de référence choisie est le chloroplatine de potassium ( $K_2PtCl_6$ ) dans une solution de chlorure de Cobalt ( $CoCl_2$ ). L'unité de couleur est le Hazen correspondant à un mg/l de platine sous forme de ( $K_2PtCl_6$ ). On l'appelle aussi unité Platino-cobalt ou unité de couleur vraie (uCV). Pour une eau potable, le degré de couleur maximale est de 15 uCV [1].

### II.3.1.3. Le Goût et odeur

L'odeur peut être définie comme étant l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.

Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

Ces deux paramètres sont regroupés et font appel aux mêmes types de traitement (adsorption, oxydation, filtration, etc.). La saveur et l'odeur anormales sont causées par la présence dans l'eau des matières organiques dissoutes provenant de la décomposition des



matières organiques végétales, de résidus agricoles, de rejets urbains ou industriels et les métabolites de certains microorganismes vivant dans l'eau comme certaines algues ou champignons microscopiques, et aussi certains sels minéraux donnent des goûts particuliers à l'eau.

Dans le cas d'une eau potable, l'apparition ou le changement de goût et d'odeur peuvent être signe d'activité microbienne et de lacune dans le traitement ou de contamination dans le réseau de distribution. Par ailleurs, une eau traitée peut avoir un goût plus prononcé qu'une eau non potable du fait du chlore résiduel. [1]

### **II.3.2. Les paramètres en relation avec la structure de l'eau**

#### **II.3.2.1. La température**

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C. Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de microorganismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de la couleur et de la turbidité.

La température est un paramètre important dans l'étude et la surveillance des eaux qu'elles soient souterraines ou superficielles, les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, en l'occurrence; les saisons [19].

#### **II.3.2.2. La dureté**

Le TH (Titre Hydrotimétrique) est la dureté d'une eau. Cela correspond à sa teneur en sels dissous, de calcium et magnésium [17].

La dureté s'exprime généralement en degré Français ou en milli équivalents.l<sup>-1</sup> : (1°F=5meq.l<sup>-1</sup>). La mesure de la dureté se fait par une réaction de complexation entre les ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> et une substance d'acide éthylène diamine tétracétique (EDTA) en présence d'un indicateur coloré (noir Eriochrome T) [1].

#### **II.3.2.3. Le pH**

Le pH mesure la concentration en ion H<sup>+</sup> de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14. Le pH de neutralité étant 7. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine

de l'eau. Pour mesurer le pH, on utilise un pH mètre ou par un colorimètre. Le pH d'une eau représente son acidité ( $\text{pH} < 7$ ) ou sa basicité ( $\text{pH} > 7$ ) [17,18].

**Tableau II.2. Classification des eaux d'après leur pH [18]**

$\text{pH} < 5$	Acidité forte (présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles)
$\text{pH} = 7$	pH neutre
$7 < \text{pH} < 8$	Neutralité approchée (majorité des eaux des surfaces)
$5,5 < \text{pH} < 8$	Majorité des eaux souterraines
$\text{pH} = 8$	Alcalinité forte, évaporation intense

#### II.3.2.4. L'alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et hydroxyde ( $\text{OH}^-$ ).

Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en hydroxydes libres et en carbonates, elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions  $\text{OH}^-$  et à la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$ . Cette alcalinité composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8,3. Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur en hydroxydes libres, carbonates et hydrogénocarbonates, elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4,5 ; ce qui revient à déterminer les ions  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{OH}^-$  [1,17].

#### II.3.2.5. La conductivité

La conductivité permet d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau mais pas la nature des minéraux. La conductivité est proportionnelle à la quantité d'ions dissous dans l'eau.

La conductivité électrique s'exprime en  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . La mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration des sels dissous dans l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée [1,17].

#### II.3.2.6. Sodium et potassium

Le sodium et le potassium les 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> éléments les plus abondants à l'état naturel sont en proportions très variables.

Aucune norme ne limite la concentration en sodium (ou en potassium) dans les eaux potables. On peut également signaler que le sodium joue un rôle important en agriculture, pour l'irrigation, du fait de son action sur la perméabilité des sols.

Le potassium, beaucoup moins abondant que le sodium, et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg. l<sup>-1</sup>. Il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le potassium soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau [1].

### **II.3.2.7. Les chlorures**

Le chlorure (Cl<sup>-</sup>) est un anion essentiel car c'est le principal anion extracellulaire du corps. Il est souvent présent sous formes de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). L'eau contient presque toujours des chlorures, mais en proportion très variable.

D'ailleurs, la teneur en chlorures augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Certaines eaux souterraines sont très saumâtres. Il en est de même pour les nappes souterraines voisines des eaux de surface salines, surtout s'il y a pompage excessif de ces nappes [1,17].

### **II.3.2.8. Les sulfates**

Le sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> est un anion présent dans l'acide sulfurique et dans les produits sulfatés. Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la solubilité des sulfates de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites par exemple).

## **II.3.3. Les paramètres indésirables**

### **II.3.3.1. Les matières organiques**

#### **II.3.3.1.1. L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>)**

Cette mesure renseigne sur la concentration en matières organiques présentes dans une eau peu chargée. On utilise un oxydant, le permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>), qui, dans des conditions opératoires précises, va oxyder des molécules présentes dans l'eau. Ces molécules sont essentiellement des molécules organiques mais des molécules minérales peuvent être également oxydées et l'on devrait parler plutôt de matières oxydables.

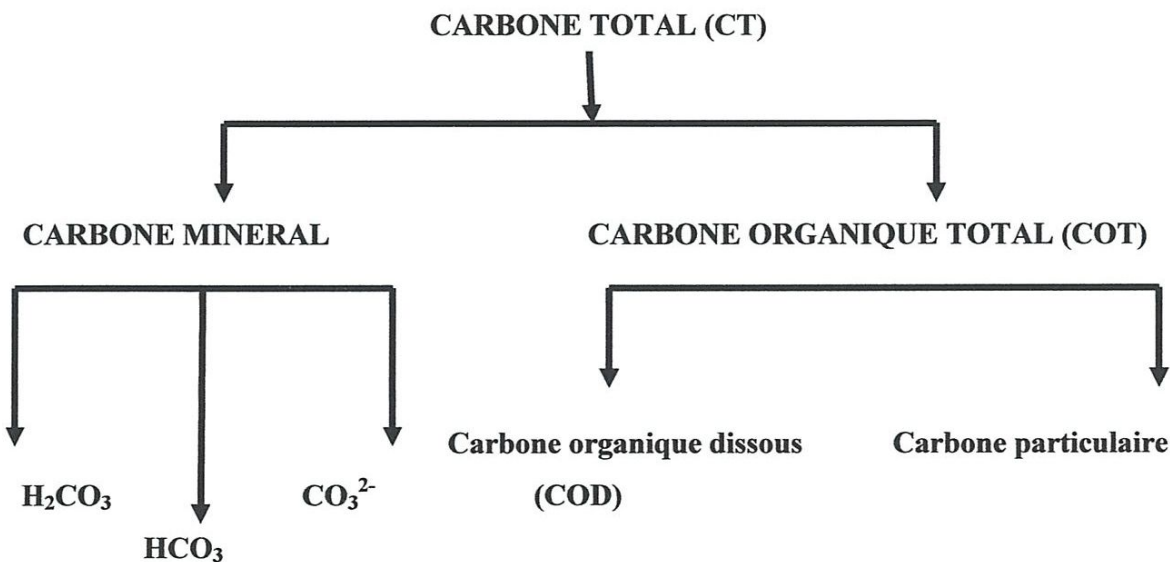
Le KMnO<sub>4</sub> n'attaque pas toutes les molécules organiques mais il est très utilisé pour suivre l'évolution de la matière organique dans une station de traitement.

L'oxydation des matières organiques et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaud ou à froid. La méthode à chaud est la plus utilisée à cause de sa rapidité [19].

### II.3.3.1.2. Le carbone organique total (COT)

C'est le carbone contenu dans la matière organique (résidu de matière vivante animale ou végétale). Le COT est définie comme la concentration en mg de carbone/l d'échantillon, c'est une méthode directe pour mesurer la teneur en matières organiques (MO) d'une eau. Il consiste à brûler l'échantillon d'eau à 950 °C sous l'action de l'oxygène gazeux et de mesurer le CO<sub>2</sub> dégagé, et par suite de mesurer le carbone total (organique et minéral). Le COT est une méthode rapide et présente plusieurs avantages tels que : on peut analyser l'eau quelle que soit sa qualité (de forte salinité, acide, basique, ou contient des composés toxiques). Mais malgré ses avantages. Cependant, cette analyse exige un appareillage coûteux.

Si on fait le bilan de toutes les formes du carbone contenu dans une eau naturelle, on a donc le schéma suivant :



La détermination du carbone organique total (COT) ou dissous (COD) passera donc par l'élimination du carbone minéral avant la mesure, ou par sa soustraction du carbone total [1, 17].

### II.3.3.1.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le

bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydable présentes dans l'échantillon. L'objectif de la DCO est différent de la DBO.

#### II.3.3.1.4. La demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La DBO (Demande Biochimique en Oxygène) exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des micro-organismes, dans des conditions données. Les conditions communément utilisées sont 5 jours à 20 °C, à l'abri de la lumière et de l'air ; on parle alors de la DBO<sub>5</sub>. Cette mesure est très utilisée pour le suivi des rejets des stations d'épurations, car elle donne une approximation de la charge en matières organiques biodégradables. Elle est exprimée en mg d'O<sub>2</sub> consommé [18].

**Tableau II.3 : Echelle des valeurs de DBO<sub>5</sub> [18]**

Situation	DBO <sub>5</sub> (mg.l <sup>-1</sup> d'O <sub>2</sub> )
Eau naturelle pure et vive	<1
Rivières légèrement polluée	1 < C < 3
Egout	100 < C < 400
Rejet d'une station d'épuration efficace	20 < C < 40

La DCO peut être réalisée plus rapidement que la DBO « oxydation (forcée) » et donne une image de la matière organique présente, même quand le développement des micro-organismes est impossible [18].

#### II.3.3.2. L'azote

L'élément azote existe principalement sous forme ionique, à savoir NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Les nitrates NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et les nitrites NO<sub>2</sub><sup>-</sup> sont des formes azotées. Les nitrites sont plus dangereux pour la santé que les nitrates mais les nitrates peuvent former des nitrites. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque ou d'une réduction des nitrates. La pollution en ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup> existe principalement pour les eaux de surface. Leur oxydation conduit à la formation d'ions NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. Ils sont en équilibre avec la forme gazeuse NH<sub>3</sub>. Ces deux espèces sont très toxiques pour la faune aquatique et problématique pour la santé publique [1,17].

#### II.3.3.3. Certains métaux

A) **Le manganèse** est généralement associé au fer mais en quantité plus faible. C'est le Mn<sup>2+</sup> qui est soluble dans les eaux naturelles bien que le manganèse présente de nombreux autres

états d'oxydation. La teneur en Mn est limitée à  $0,05\text{mg.l}^{-1}$  dans les eaux potables pour le goût qu'il peut communiquer.

**B) Le Cu ou le Zn** présentent peu d'inconvénients, du moins lorsque les concentrations sont faibles. D'autres comme le cadmium, le chrome, le mercure, le plomb ou le sélénium ont un caractère toxique marqué et leurs concentrations maximales acceptables dans l'eau potable sont très faibles.

**C) Le fer** est, lui aussi, un élément essentiel à la santé de l'homme; certaines eaux souterraines en contiennent une forte proportion. Le fer contenu dans l'eau provient des roches et des sols mais aussi, bien souvent, des tuyauteries lors de l'échantillonnage ; ce qui peut fausser considérablement les résultats de l'analyse. Dans l'eau potable, la teneur maximale acceptable est de  $0,3\text{ mg.l}^{-1}$  et l'objectif est inférieur à  $0,05\text{ mg.l}^{-1}$  [19].

#### **II.3.4. Les paramètres toxiques**

Une pollution industrielle du captage ou une dégradation des réseaux de distribution peut entraîner la présence d'éléments toxiques dans l'eau, dangereux pour la santé en cas de consommation régulière.

Les matières toxiques sont constituées de micropolluants minéraux (métaux lourds : chrome, cadmium, nickel, etc.) ainsi que de substances telles que les cyanures, ou des molécules organiques présentant une action d'inhibition des mécanismes biologiques.

#### **II.3.5. Les caractéristiques biologiques**

L'eau potable ne doit contenir aucun microorganisme 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 microorganismes du groupe coliformes. Une eau qui est porteuse d'un seul *Escherichia Coli* par 100 ml 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 [20].

### **II.4. Conclusion**

Au vu de ce chapitre, nous pouvons conclure que toute eau brute ne peut être utilisée pour produire de l'eau potable. Des catégories sont définies, pour s'assurer que la matière première de l'eau potable est de qualité suffisante. Différentes étapes de traitement sont alors agencées en filières de potabilisation (prétraitement, clarification, désinfection) et les analyses effectuées en amont ou en aval du réseau de distribution permettent un contrôle rigoureux de la qualité de l'eau dispensée au consommateur.



*Partie expérimentale*

*et protocoles*

### III.1. Introduction

La qualité de l'eau destinée aux usages alimentaires et sanitaires doit être préservée à tous les niveaux de la distribution, aussi bien sur les réseaux publics que dans les installations intérieurs. Le plus souvent, les pollutions de réseau causant la dégradation de la qualité de l'eau sont dues à des phénomènes d'infiltration d'eau polluée à partir de casses sur des accessoires non étanches (vannes, par exemple).

Elles sont également provoquées par des retours d'eaux polluées à partir de branchements particuliers résultants de défauts de conception hydrauliques (absence de clapets de non retours, par exemple). Elles peuvent, enfin, être également dues à des négligences dans la pratique de la distribution pouvant survenir de la production jusqu'au robinet du consommateur [21].

### III.2. Description du fonctionnement la station de Hammam Debagh

La station de traitement des eaux potables de Guelma est une usine de traitement des eaux, de capacité de 500 L/s. Le traitement se fait par des étapes bien définies qui forment le procédé de traitement qui a été mis au point selon la qualité physico-chimique et bactériologiques de l'eau brute du barrage. Ce procédé se compose d'une pré-chloration succéder par l'étape de coagulation/floculation puis la décantation et en fin la filtration. Chacune de ces étapes comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau dans le processus de traitement.

Pour la pré-chloration elle se fait par l'eau de javel qui est un oxydant.

La coagulation se fait par le sulfate d'alumine dans un bassin d'agitation rapide suivit par la floculation qui se fait par un floculant qui est le poly-électrolyte. Cette étape se fait dans un bassin à agitation lente ; et le temps entre la coagulation et la floculation est de 20 min c'est le temps nécessaire pour la formation des floes.

Le dosage des produits chimiques (sulfate d'alumine et poly-électrolyte) se fait dans le laboratoire par la technique du jarre-test pour mieux optimiser l'utilisation des ces produits et avoir une bonne floculation selon la turbidité de l'eau brute.

La décantation est l'étape qui suit celle de la coagulation/ floculation. Elle se fait dans un décanteur à ciel ouvert pendant 2 heures qui est le temps nécessaire pour permettre au floc de décanter.



La filtration sur sable succède à la décantation car il y a toujours des petits floccs qui ne décantent comme c'est le cas des particules de faible masse, les éventuels parasites, levures et algues [22].

### **III.3. Introductions aux normes de potabilité de l'eau**

Une eau est dite potable lorsque :

- Elle est incolore, inodore et sans faux goûts.
- Elle ne contient pas de germes parasites ou pathogènes.
- Elle contient, dans des limites définies, un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable et dont l'action bénéfique sur l'organisme humain est prouvée.
- Elle ne contient pas des éléments qui seraient des indices de pollution et d'éléments dont la toxicité est reconnue.
- Elle ne contient pas des substances la rendant inutilisable pour le ménage.
- Elle ne doit pas être agressive ou a effet entartrant pour les canalisations [23].

Tableau III.1: Les normes de potabilisation de l'eau [24]

Paramètres	Unités	Normes algériennes
<b>Physico-chimique</b>		
<b>PH</b>	*	6,5-8,5
<b>Conductivité à 25 °C</b>	μs/cm	3125
<b>Température</b>	°C	/
<b>Turbidité</b>	NTU	5
<b>Oxygène dissous</b>	Mg/l	8
<b>Examen préliminaire</b>		
<b>Résidu sec à 105 °C</b>	Mg/l	2000
<b>Titre alcalimétrique simple</b>	Mg/l CaCO <sub>3</sub>	/
<b>Titre alcalimétrique complet</b>	Mg/l CaCO <sub>3</sub>	/
<b>Matière en suspension</b>	Mg/l	Abs
<b>Oxydant résiduel (Cl<sub>2</sub>)</b>	Mg/l	/
<b>Contrôle de la pollution</b>		
<b>Ammonium</b>	Mg/l	0,5
<b>Nitrites</b>	Mg/l	0,1
<b>Nitrates</b>	Mg/l	50
<b>Orthophosphate</b>	Mg/l	0,5
<b>Indice permanganate</b>	Mg/l O <sub>2</sub>	3
<b>Minéralisation</b>		
<b>Calcium</b>	Mg/l	200
<b>Magnésium</b>	Mg/l	150
<b>Sodium</b>	Mg/l	200
<b>Potassium</b>	Mg/l	20
<b>Fer total</b>	Mg/l	0,3
<b>Aluminium</b>	Mg/l	0,2
<b>CO<sub>2</sub> total</b>	Mg/l	/
<b>CO<sub>2</sub> libre dissous</b>	Mg/l	/
<b>Bicarbonates</b>	Mg/l	/
<b>Carbonates</b>	Mg/l	/
<b>Hydroxyde</b>	Mg/l	/
<b>Silice</b>	Mg/l	/
<b>Chlorure</b>	Mg/l	500
<b>Sulfate</b>	Mg/l	400

### III.4. Les modes opératoires

#### III.4.1. Les eaux analysées

Cette étude a été réalisée en première partie à la station de traitement de l'eau potable Hammam Debagh puis aux laboratoires pédagogiques du département de Génie des procédés de l'université de Guelma. Les eaux ayant fait objet d'étude sont celles provenant des robinets de consommateur de différentes cités de la ville de Guelma et comparées à la qualité de deux eaux minérales, quelques autres sources environnantes ont également été étudiées, telles que source de Ain Souda, Bekouche Ahmed, et source de Bendjerrah.

#### III.4.2. Échantillonnage

Les échantillons d'eau ont été fournis par des personnes habitant chacune des cités concernées, dans des bouteilles en plastiques qui ont été préalablement bien lavées. Les échantillons ont été conservés, comme l'exige les protocoles d'échantillonnage, à une température de 4 °C environ (dans un réfrigérateur) en attendant leurs analyses.

#### III.4.3. Mesure du pH

##### a) Principe

La méthode mesure la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans la même solution.

##### b) Appareillage

- pH-mètre de marque **Mettler Toledo. MP220** ou **HANNA instruments PH 211.**
- Récipient contenant l'eau à analyser.
- Récipient contenant l'eau distillé pour rincer l'électrode avant et après la mesure de pH.

##### c) Mode opératoire

Rinçage de l'électrode d'abord avec de l'eau distillée. Puis immersion l'électrode dans l'échantillon. Et enfin lecture après la stabilisation de pH. [19]



Figure III.1 : Image d'un des pH-mètres utilisés lors des analyses

#### III.4.4. Mesure de la température (T)

##### a) Principe

La mesure de la température de l'eau est très importante, car c'est de cette température que dépendent la solubilité de gaz et la vitesse de la réaction dans l'eau.

##### b) Appareillage

La température est mesurée au même temps avec le pH par le pH-mètre [19].

#### III.4.5. Mesure de la turbidité

##### a) Principe

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

##### b) Appareillage

- Turbidimètre (**Hach 2100N**)
- Cuve stérile.

##### c) Mode opératoire

Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser. Puis appuyer sur le bouton mesure. Et enfin Faire la lecture après la stabilisation de turbidimètre. [19]



Figure III.2 : Image d'un des turbidimètre utilisé

### III.4.6. Mesure de la conductivité

#### a) Principe

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre ou une image cathodique.

#### b) Appareillage

- Conductimètre à électrode (WTW.LE197) ou HANNA instruments EC 215.
- Récipient contenant l'eau à analyser.

#### c) Mode opératoire

Avant de commencer la mesure, il faut d'abord rincer l'électrode de l'appareil par l'eau distillée, puis plonger l'électrode dans le récipient contenant l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immerger. [19]



Figure III.3 : Image d'un conductimètre

### III.4.7. Mesure le titre hydrotimétrique (TH)

#### a) Principe *Titre*

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetetracétique (EDTA) à pH=10.

La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de doser la somme des ions calcium et magnésium.

### b) Réactifs

- Indicateur coloré le noir l'eriochrome T.
- Solution nommée d'EDTA (0,2 N).
- Solution tampon : ammoniacale 34%.

### c) Mode opératoire

Pour 100 ml d'eau à analyser, on va ajouter de 2 ml de solution tampon (pH=9,5-10) et quelques grains d'indicateur coloré, puis on verse la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu. Ainsi, on note  $V$  le volume de solution d'EDTA versé. [19]

### d) Expression des résultats

$$\text{TH (°f)} = V \text{ titré (ml)} \times 10 \dots \dots \dots (1)$$



Figure III.4 : Virage de la couleur du rose au bleu pour la détermination du TH

## III.4.8. Détermination du résidu sec

### a) Principe

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières par litre d'eau. Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

### b) Matériel

- Capsule en porcelaine ou à défaut un bécher.
- Balance analytique.

- Etuve réglable.

### c) Mode opératoire

Il faut d'abord tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée, et on ajoute 200 ml d'eau à analyser, mais ; il faut garder à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures, puis on va refroidir pendant ¼ heure aux dessiccateurs. Et enfin Pesée immédiatement et rapidement. [19]

### d) Expression des résultats

$$RS \text{ (mg/l)} = (Pp - Pv) \times 5 \times 1000 \dots \dots \dots (2)$$

Avec : Pp : le poids plein de la capsule.

Pv : le poids vide de la capsule.



Figure.III.5 : Image représentant le résidu sec

## III.4.9. Détermination du titre alcalimétrique simple et complet TA, TAC ET (HCO<sub>3</sub>)

### a) Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

### b) Réactifs

- Acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.
- Solution de phénolphtaléine dans l'alcool à 0,5%.
- Solution de méthylorange à 0,5%.

**c) Mode opératoire****Pour TA**

Pour 100 ml d'eau à analyser, on ajout 02 à 03 gouttes de phénolphtaléine. Si une coloration rose apparaît, il faut titrer avec l'acide sulfurique N/50 jusqu'à la disparition. Si la couleur n'apparaît pas TA = 0 (pH < 8,3 donc TA = 0)

**d) Expression des résultats**

$$\text{TA (°f)} = \text{V titre (ml)} \dots \dots \dots (3)$$

**Pour TAC**

Pour 100 ml d'eau à analyser, on ajout 02 à 03 gouttes de méthylorange à 0,5 %. Puis on titre par l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage rouge orange.

**e) Expression des résultats**

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

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

**Pour HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V_A \times N_A \times \text{MHCO}_3^- \times 1000 / \text{PE}$$

$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V_A \times (N/50) \times 61 \times 1000 / 100$$

V<sub>A</sub> : volume d'acide versé dans le titrage de TAC.

N<sub>A</sub> : normalité de l'acide versé.

MHCO<sub>3</sub><sup>-</sup> : masse molaire de bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

P.E : prise d'essai. (Volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage). [19]

**f) Expression des résultats**

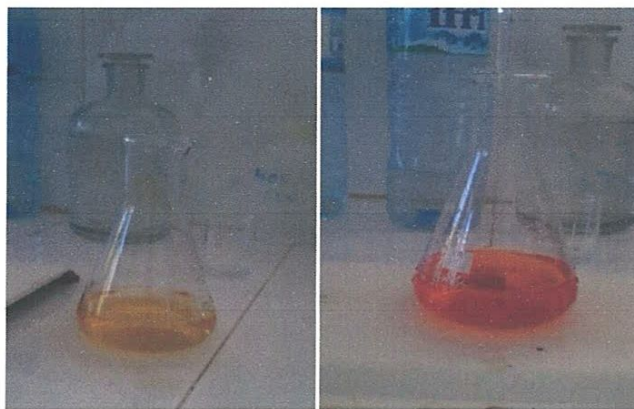
$$(\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V \times 12,2 \dots \dots \dots (5)$$

**i) Remarque**

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume V<sub>A2</sub>.

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_{A2} \times 60$$





**Figure III.6 : Virage de la couleur du jaune au rouge orange pour la détermination du TA et TAC.**

### III.4.10. Détermination du calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

#### a) Principe

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale. Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

#### b) Réactifs

- Indicateur coloré : Murexide.
- Solution d'EDTA (N/50) ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) : (0,02N ou 0,01 M).
- Solution d'hydroxyde de sodium à 2 N.

#### c) Mode opératoire

On introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer à col large. On ajoute 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques gouttes d'indicateur coloré. On verse la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

Soit  $V$  le volume de solution d'EDTA versé.

#### d) Expression des résultats

La détermination de la quantité de calcium (mg/l) est donnée par la formule suivante :

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}} / \text{P.E}) \times 1000$$

$V_1$  : volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C_{\text{EDTA}}$  : concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{\text{Ca}^{2+}}$  : masse molaire du calcium en g.

**P.E** : prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

**F** : facteur.

Donc :  $\text{Ca}^{2+} \text{ (Mg/l)} = (V_1 \times 0,01 \times F \times 40,08/50) \times 1000$

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = V_1 \times F \times 8 \dots \dots \dots (6)$$



**Figure III.7 : Virage de la couleur du rose au violet pour la détermination du calcium**

### III.4.11. Détermination des chlorures (Cl)

#### a) Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

#### b) Réactifs

- Solution de chromate de potassium à 10%.
- Solution de nitrates d'argent N/10.

#### c) Mode opératoire

On introduit 25 ml d'eau à analyser, dans un erlenmeyer à col large. On ajoute 02 à 03 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%. puis versée au moyen d'une burette la solution de nitrates d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min.

Soit **V** le nombre de millilitres de nitrates d'argent N/50 utilisés.

#### d) Expression des résultats

$$\text{FG} : V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times \text{MCl/PE} = V_{\text{AgNO}_3} \times 0,1 \times 35,5 \times 1000/25$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : volume d'AgNO<sub>3</sub>.

$N_{\text{AgNO}_3}$  : la normalité d'AgNO<sub>3</sub>.

MCl : la masse molaire du chlore.

$$\text{Teneur (mg/l)} = V \text{ titre} \times 142 \dots \dots \dots (7)$$

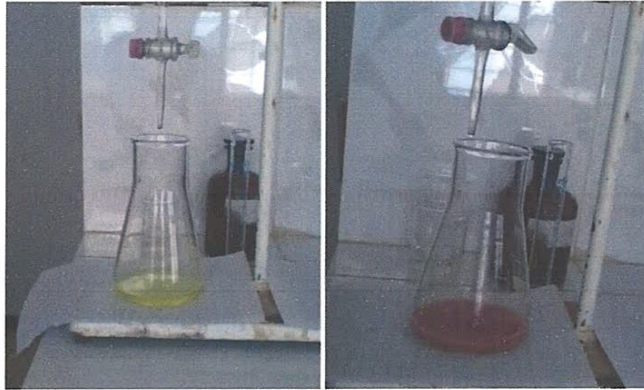


Figure III.8 : Virage de la couleur du jaune au rouge brique pour la détermination des chlorures.

### III.4.12. Détermination du magnésium (Mg<sup>2+</sup>)

#### a) Principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

#### b) Réactifs

- Indicateur colore : noir érichrome T.
- Solution d'EDTA (N/50) (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>N<sub>2</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>8</sub>2H<sub>2</sub>O) : (0,02N ou 0,01 M).
- Solution de NH<sub>4</sub>OH.

#### c) Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large. On ajoute 2 ml de Solution de NH<sub>4</sub>OH. Une pincée de noir érichrome T. puis versée la Solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur bleu V<sub>2</sub>.

**d) Expression des résultats**

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

$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M \text{ (Mg}^{2+}) / \text{PE}$$

**V<sub>2</sub>** : volume titrée de calcium et de magnésium.

**V<sub>1</sub>** : Volume titrée de calcium.

**C<sub>EDTA</sub>** : Concentration molaire d'EDTA (0,01M/l).

**M (Mg<sup>2+</sup>)** : Masse molaire du magnésium en g.

**PE** : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

**F** : Facteur.

Donc : 
$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times 0,01 \times F \times 24 \times 1000 / 50$$

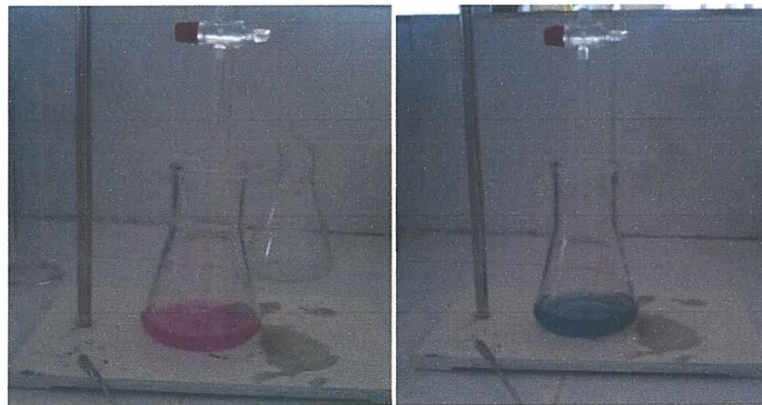
$$\text{Mg}^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 4,8 \dots \dots \dots (8)$$

**e) Facteur**

- 50ml de solution mère de CaCl<sub>2</sub>.
- 2ml de NaOH (2N).
- Quelques graines de murexide.
- Titrage par EDTA (N/50) jusqu'au virage de couleur au bleu.

$$F = 12,5 / V_{\text{EDTA}}$$

$$F = 0,98 \dots \dots \dots (9)$$



**Figure III.9 : Virage de la couleur rose au bleu pour la détermination du magnésium**

**III.4.13. Dosage de l'ammonium (méthode spectrométrique manuelle)****a) Principe**

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium).

**b) Réactifs**

- Eau exempte d'ammonium.
- **Réactif I** ; Dichloroisocyanurate de sodium : prendre 3,2g d'hydroxyde de sodium dans 50ml d'eau distillée, + 0,2g+ ou – 0,002g de dichloroisocyanurate dihydraté. Dissoudre dans 100ml d'eau distillée. A conserver dans un récipient en verre brun.
- **Réactif II** ; Réactif coloré : Peser 13g+ou – 1g de salicylate de sodium, 13g+ou- 1g de citrate trisadique dihydraté et 0,097g de sodium nitrosopentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100ml d'eau distillée. A conserver dans un récipient en verre brun. Cette solution est stable pendant 2 semaines.
- Solutions étalons : Chlorures d'ammonium  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , ou le sulfate d'ammonium.

**c) Courbe d'étalonnage**

<b>Solution Fille (mg/l)</b>	0	1	2,5	5	25	40
<b>Eau distillée (ml)</b>	50	49	47,5	45	25	10
<b>Réactif I (ml)</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Réactif II (coloré) (ml)</b>	4	4	4	4	4	4
<b>Attendre 1 h.30min</b>						
<b><math>[\text{NH}_4^+]</math> en mg/l</b>	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

**d) Mode opératoire**

Pour 40 ml d'eau à analyser, on ajoute 4 ml du réactif I, et 4 ml du réactif II et on ajuste à 50ml avec l'eau distillée et attendre 1h:30 min.

**Remarque** : l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de  $\text{NH}_4^+$

- On effectue la lecture à 655nm.

**e) Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l.



Figure III.10 : Image représentant le dosage de l'ammonium

### III.4.14. Dosage des ions nitrites (méthode spectrométrique)

#### a) Principe

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ( $\text{pH} = 1,9$ ) avec la sulfamide en formant sel de diazonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylénediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.  $\lambda_{\text{max}} = 543 \text{ nm}$ .

#### b) Réactifs

- Solution de nettoyage ; solution d'acide chlorhydrique ( $d = 1,12 \text{ g} = 25\%$ ).
- Réactif mixte (solution du réactif) ; 20g de sulfamide ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ ) à dissoudre dans un mélange de 50ml d'acide phosphorique ( $d = 1,71 \text{ g/ml} = 85\%$  de masse) et 250ml d'eau distillée.

Dans cette solution on dissout 1g de N-(1-naphtyl)-éthylénediamine- dichlorohydraté ( $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$ ). On complète avec l'eau distillée dans une fiole jaugée à un volume de 500ml, cette solution est stable pendant un mois si elle est gradée à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et  $4^\circ\text{C}$  au réfrigérateur.

- Solution d'acide phosphorique : dans une fiole jaugée de 250ml, dissoudre 25ml d'acide phosphorique ( $d = 1,71 \text{ g/ml} = 85\%$  en masse) dans 150ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, on complète à l'eau distillée à 250ml.

- Solution standard de 100mg/l : dissoudre  $0,4926 \text{ g} \pm 0,0002$  de nitrite de sodium ( $\text{NaNO}_2$ ), on sèche pendant 2 heures à  $105^\circ\text{C}$  dans 750ml d'eau distillée, puis on complète à 1L.

$1 \text{ ml} = 100 \text{ g} = 0,1 \text{ mg}$  de  $\text{NO}_2\text{-N}$ . cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à  $4^\circ\text{C}$ .

**c) Courbe d'étalonnage**

<b>Solution Fille (mg/l)</b>	0	1	2,5	5	7,5	10
<b>Eau distillée (ml)</b>	50	49	47,5	45	42,5	40
<b>réactif mixte (ml)</b>	1	1	1	1	1	1
<b>Attendre 10min</b>						
<b>[NO<sub>2</sub>] en mg/l</b>	0	0,02	0,05	0,1	0,15	0,2

**d) Prélèvement et préparation des échantillons**

L'échantillon est conservé à 4 °C et on effectue le dosage dans les six heures qui suivent le prélèvement. En cas d'impossibilité, on ajoute une goutte de chloroforme à l'échantillon. Pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre. Dans le cas d'échantillon, coloré, il faut également mesurer l'extinction propre de l'échantillon d'eau (sans réactif) mais dilué de la même manière que l'échantillon réel.

**e) Mode opératoire**

Pour 50 ml d'eau à analyser, On ajoute 1ml du réactif mixte, et on attend 10 min.

**Remarque :** l'apparition de la coloration rose indique la présence des NO<sub>2</sub>

**f) Expression des résultats**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 543 nm. [19]



**Figure III.11 : Image représentant le dosage de nitrites**

**III.4.15. Détermination du fer (méthode à l'orthophenantroline)****a) Principe**

Addition d'une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge-orange à une longueur d'onde de 510nm.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{Fe}^{2+}$ .

### b) Réactifs

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau bidistillée exempte de toute trace de fer.

- Tampon acétate :

Acétate d'ammonium .....40g  
 Acide acétique cristallisable.....50ml  
 Q.S.P.....100ml d'eau distillée.

- Chlorhydrate d'hydroxylamine à 10% :

Chlorhydrate d'hydroxylamine ..... 10g  
 Q.S.P.....100ml d'eau distillée.

Cette solution est stable pendant une semaine.

- Solution de phénanthroline -1,10 :

On dissout 0,42g de phénanthroline -1,10 monohydrate ( $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2\text{H}_2\text{O}$ ) dans 100ml d'eau distillée contenant 02 gouttes d'acide chlorhydrique. Cette solution est stable pendant une semaine. Elle est à conserver dans un flacon teinté et au réfrigérateur.

- Solution mère étalon de fer à 1g/l :

Solution fille étalon de fer à 0,01g/l (à préparer extemporanément). Diluer au 1/100 la solution précédente.

### c) Etablissement de la courbe d'étalonnage

Numéros de tubes	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille à 0,01g/l (ml)	0	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	5,0
Eau distillée (ml)	50	49,75	49,5	49	48	46	45
Solution de Chlorhydrate d'hydroxylamine	1	1	1	1	1	1	1
Tampon acétate (ml)	2	2	2	2	2	2	0,5
Solution de phénanthroline -1,10 (ml)	2	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg de fer par litre	0	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1

### d) Mode opératoire

On prend 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100ml, et ajoute 1 ml de la solution de Chlorhydrate d'hydroxylamine ; puis mélangé soigneusement. Après on ajoute



2ml de tampon acétate, et 2 ml de la solution 1,10 de phénanthroline et conservé à l'obscurité pendant 15 min. Enfin passer au spectrophotomètre pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm.

#### e) Expression des résultats

Le résultat est donné en mg/l.

### III.4.16. Détermination des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) (méthode allemande : M.KERN)

#### a) Principe

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum.



#### b) Réactifs

- Solution mère de sulfates à 1g/l à partir de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Peser 1,47g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  .....1000ml d'eau distillée.

- Solution stabilisante :

Acide chlorhydrique.....60ml  
 Ethanol .....200ml  
 Chlorure de sodium .....150g  
 Eau distillée .....1000ml

- Solution de chlorure de baryum :

Chlorure de baryum .....150g  
 Acide chlorhydrique.....5ml  
 Eau distillée.....1000ml

#### c) Gamme d'étalonnage

- Prendre 8 béchers de 250ml.
- Laver très bien avec du savon et une lavette.
- Rincer abondamment avec l'eau de robinet.
- Rincer avec une solution d'acide chlorhydrique.
- Rincer avec l'eau de robinet puis avec de l'eau distillée.

#### Remarque

- Les échantillons troubles ou colorés doivent passer par un filtre de 0,45 $\mu\text{m}$ .

- Les échantillons qui contiennent plus de 70mg/l de  $\text{SO}_4^{2-}$  doivent être dilués avant détermination.

#### d) Courbe d'étalonnage

N°Becher	0	1	2	3	4	5	6	7
S. mère à 1g/l	0	1	2	3	4	5	6	7
Q.S.P (ml)	100	100	100	100	100	100	100	100
S. stabilisante (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5
S. chlorure de baryum	2	2	2	2	2	2	2	2
<b>Agitation 1min</b>								
[C] finale mg/l $\text{SO}_4^{2-}$	0	10	20	30	40	50	60	70

Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 420\text{nm}$

#### e) Mode opératoire

On prend 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée. On ajoute 5 ml de la solution stabilisante, et 2ml de chlorure de baryum ; on agite énergiquement pendant 1 min. Enfin, on lit l'absorbance au spectrophotomètre à  $\lambda = 420\text{nm}$ .

#### f) Expression des résultats

$\text{SO}_4^{2-}(\text{mg/l}) = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre la dilution} \dots \dots \dots (10)$



Figure III.12 : Image représentant le dosage des sulfates

### III.4.17. Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (méthode au salicylate de sodium)

#### a) Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### b) Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% (renouveler toutes les 24h).

0,5g de salicylate de sodium dans 100ml d'eau distillée.

- Solution d'hydroxyde de sodium 30%.

30g de NaOH dans 100ml d'eau distillée.

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium NaOH.....400g.  
 Tartrate de sodium et de potassium.....60g  
 Eau distillée .....qsp1000ml

Laisser refroidir avant de compléter à 1000ml.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000mg/l.

Nitrate de potassium anhydre.....0,722g.  
 Eau distillée .....1000ml.  
 Chloroforme .....1ml.

- Solution fille d'azote nitrique à 5 mg/l.

### c) Appareillage

- Etuve.
- Spectrophotomètre U.V visible.

### d) Courbe d'étalonnage

Dans une série de capsule de 60ml, introduire successivement :

N° de capsule	B	I	II	III	IV
S. étalon 5mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
S. de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0,5	1	2,5	5

### e) Mode opératoire

On prend 10 ml de l'échantillon à analyser. Puis on ajoute 02 à 03 gouttes de NaOH à 30%, et 1ml de salicylate de sodium. Premièrement, on évapore à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88°C. (Ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) et on laisse refroidir. Dans deuxième étape on reprend le résidu avec 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on laisse reposer 10 min. Puis on ajoute 15 ml d'eau distillée, et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium et enfin passer au spectrophotomètre au 415nm.

**d) Gamme d'étalonnage**

N° fiole	0	1	2	3	4	5
Fille à 25 mg/l	0	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0
QSP40ml eau distillée	40	40	40	40	40	40
[C]P	0,0	0,015	0,03	0,06	0,120	0,240
[C] en $\text{PO}_4^{3-}$	0,0	0,0459	0,0918	0,1836	0,3672	0,7340
Acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1	1
Réactif mélangé (ml)	4	4	4	4	4	4
<b>Attendre 10 min</b>						

**e) Mode opératoire**

Pour 40ml d'eau à analyser, on va ajouter 1ml d'acide ascorbique, 2ml de mélange, et attendre 10 min pour développement de la couleur.

Longueur d'onde utilisée est  $\lambda = 880 \text{ nm}$ .

**III.4.19. Détermination du chrome(VI)****a) Principe**

En milieu acide, les ions du chrome(VI) ( $\text{Cr}^{6+}$ ) forment un composé rouge-violet avec la diphenyle carbazide. D'abord, les ions du  $\text{Cr}^{6+}$  oxydent la diphenyle carbazide en diphenyle carbazone et sont donc simultanément réduits en ions chrome(III) ( $\text{Cr}^{3+}$ ). La forme énolique de la carbazone réagit avec les ions chrome(III) pour former le complexe coloré dont l'absorbance à la longueur d'onde de 540 nm est proportionnelle à la concentration du chrome hexavalent.

**b) Réactifs**

- Une solution d'acide sulfurique 0,2N
- Une solution de 1,5 diphenyle carbazide 0,5%
- Une solution étalon du chrome de  $10^{-3} \text{ M}$  à partir de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (solution mère),
- Des solutions étalons de chrome à partir de la solution mère de : 1M ; 0,8M ; 0,5M ; 0,2M.

**c) Mode opératoire**

Pour 5ml d'eau à analyser, on va ajouter 0,2 ml de solution de 1,5 diphenyle carbazide 0,5%, 4 ml d'acide sulfurique (1 M) ; 0,8 ml d'eau distillée. On attend 2 à 10 min, c'est le temps de réaction. [25]

**d) Courbe étalonnage**

La courbe d'étalonnage est tracée à partir de l'absorbance en fonction de la concentration. Elle est représentée dans l'annexe

<b>Concentrations</b>	<b>Absorbances</b>
0	0
0,1ml	0,217
0,2ml	0,771
0,5ml	1,204
0,8ml	1,270
1ml	1,272



**Chapitre IV : Résultats et  
discussions**

#### IV.1. Introduction

Dans cette partie nous présenterons les résultats relatifs à l'analyse des différentes eaux concernées par notre travail, à savoir les eaux issues des robinets de consommateurs à travers plusieurs cités de la ville de Guelma (Ben Djerrah, Ain Defla, Emir Abdelkader, Centre ville, Chnichen, Oued El Maïz, Bon accueil, Cité 19 juin -2-), les eaux de sources de la wilaya de Guelma (Ain Souda, Bendjerrah, Bekouche Ahmed) ainsi que deux eaux minérales (Ain Souda, Ifri) prises comme exemple. Nous allons d'abord donner les paramètres de caractérisation de l'eau à la sortie de la station de traitement des eaux sur une année.

La figure qui suit représente la carte de situation des différents sites de prélèvement de l'eau.



**Figure IV.1 : Carte représentant les différentes cités de prélèvement de l'eau dans la ville de Guelma. [26]**

#### IV.2. Evolution des paramètres caractéristiques de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh avec le temps.

Les paramètres de caractérisation de l'eau ont été recueillis au laboratoire de la station de traitement des eaux. Ces valeurs sont des mesures mensuelles effectuées par le personnel

du laboratoire. Nous avons choisi de nous limiter à leur évolution au cours d'une année afin de mieux percevoir l'influence ou pas des différentes saisons sur la qualité de l'eau. La période sélectionnée se situe de février 2010 à mars 2013, couvrant la période de notre échantillonnage de l'eau au robinet du consommateur.

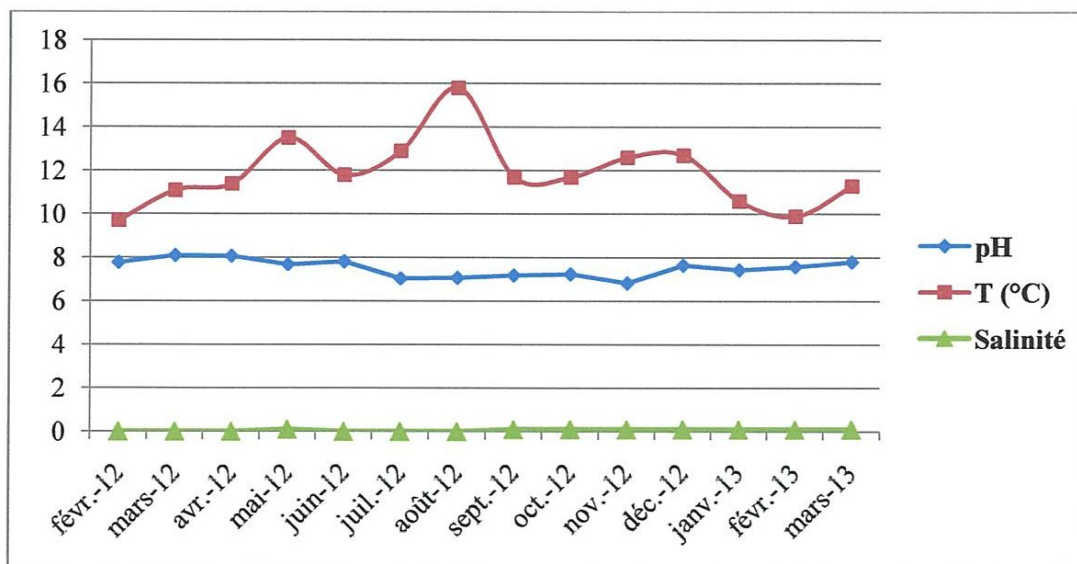
#### IV.2.1. Evolution des valeurs du pH, température et la salinité de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux

La variation de ces paramètres au cours du temps est représentée dans le tableau IV.1 et la figure IV.2

**Tableau IV.1 : Mesures mensuelles du pH, température et salinité à la sortie de la station de traitement des eaux.**

Mois	pH	T (°C)	Salinité (mg/l)
Février 2012	7,77	9,7	00
Mars 2012	8,10	11,1	00
Avril 2012	8,07	11,4	00
Mai 2012	7,68	13,5	0,1
Juin 2012	7,81	11,8	00
Juillet 2012	7,03	12,9	00
Août 2012	7,06	15,8	00
Septembre 2012	7,18	11,7	0,1
Octobre 2012	7,23	11,7	0,1
Novembre 2012	6,82	12,6	0,1
Décembre 2012	7,64	12,7	0,1
Janvier 2013	7,43	10,6	0,1
Février 2013	7,58	9,9	0,1
Mars 2013	7,80	11,3	0,1





**Figure IV.2 : Evolution du pH, température et salinité de l'eau à la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.**

On remarque, en premier lieu, que les valeurs rapportées sur le tableau IV.1 et la figure IV.2 sont comprises dans les normes de potabilité de l'eau. Les valeurs en potentiel d'hydrogène (pH) ne subissent pas de gros changement au cours d'une année, une légère baisse des valeurs du pH pendant la période allant de juillet à novembre 2012 ce qui peut être attribué à l'assimilation du  $\text{CO}_2$  dissous par le phytoplancton de l'eau. [27]

Pour la température les valeurs mesurées ne montrent pas des variations importantes quelque soit la période de mesure (Février 2012-Mars 2013). L'intervalle de variations pour les eaux est très restreint entre 10 et 15 °C.

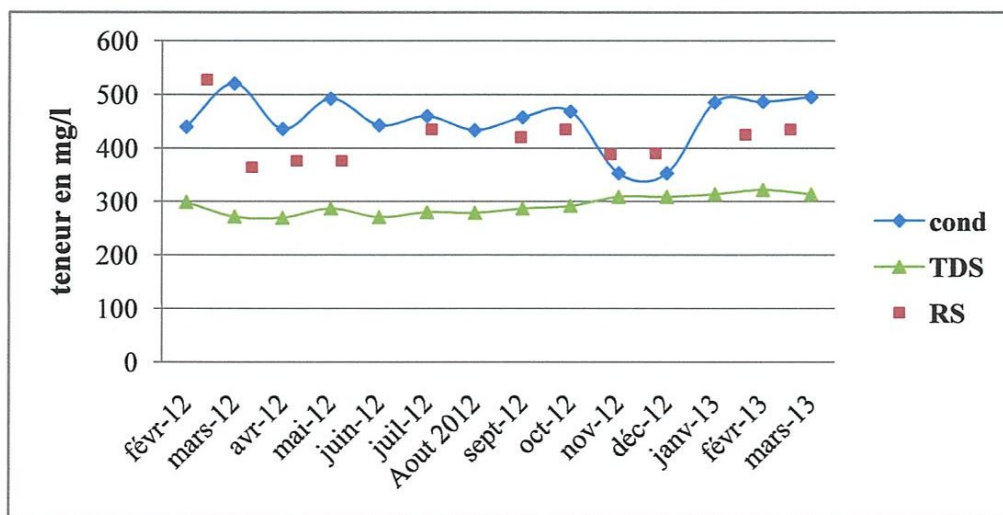
Enfin, pour la salinité ; D'après les résultats obtenus durant la période de mesure (Février 2012-Mars 2013), on remarque que les valeurs prennent toujours la valeur 0,1 mg/l.

#### **IV.2.2. Evolution des valeurs de la conductivité, résidu sec et teneur en sels dissous de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux**

Le tableau IV.2 et la figure IV.3 rassemblent les résultats relatifs à la conductivité, résidu sec et teneur en sels dissous pour l'eau à la sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh mesurés au cours d'une année. Les valeurs manquantes correspondent à des mesures non effectuées par le personnel du laboratoire.

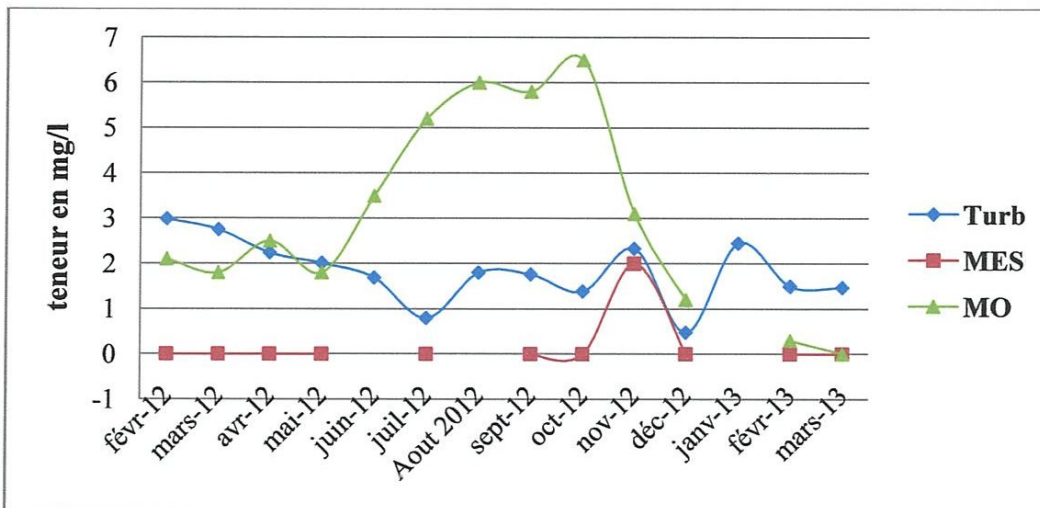
**Tableau IV.2 : Mesures mensuelles de la conductivité, résidu sec et le teneur en sel dissous à la sortie de la station de traitement des eaux.**

Mois	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Résidu sec (mg/l)	Teneur en sel dissous (mg/l)
Février 2012	440	528	299
Mars 2012	521	364	272
Avril 2012	436	376	270
Mai 2012	493	376	287
Juin 2012	443	/	271
Juillet 2012	460	435	280
Août 2012	434	/	279
Septembre 2012	458	420,5	287
Octobre 2012	469	435	292
Novembre 2012	353	388,5	309
Décembre 2012	353	390,3	309
Janvier 2013	486	/	314
Février 2013	487	425,5	322
Mars 2013	496	435	314



**Figure IV.3 : Evolution de la conductivité, résidu sec et teneur en sels dissous de l'eau à la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.**

D'après le graphe on remarque que : pour la conductivité électrique et le résidu sec les valeurs mesurées pendant au cours d'une année (février 2012 à mars 2013) montrent qu'il y a une certaine variation. Les valeurs enregistrées variant entre 353 et 521  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  pour la conductivité et entre 364 et 528 mg/l pour le résidu sec. La conductivité connaît une forte

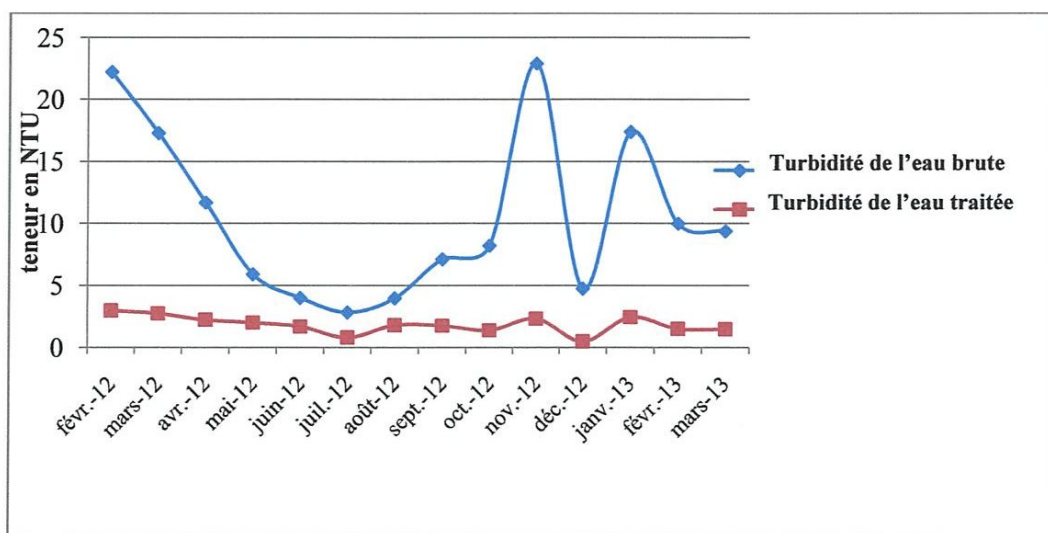


**Figure IV.4 : Evolution de la turbidité, matière organique et la matière en suspension d'eau de la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.**

On remarque qu'il y a une variation au cours du temps résultats de la turbidité mesurée, donnant des valeurs qui oscillent entre 0,48 NTU et 2,99 NTU. La même remarque peut être faite pour la teneur en matière organique qui elle varie entre 0 mg/l et 6,50 mg/l. Les matières en suspensions quant à elles présentent une certaine régularité au cours du temps. Une forte hausse est observée au cours du mois de novembre 2012 où la valeur 2 mg/l a été mesurée.

L'augmentation de la teneur en matière organiques au cours des mois de juin à octobre 2012 peut être attribuée à l'activité biologique propre de l'écosystème lacustre. En effet, l'augmentation de l'ensoleillement ainsi que de la température favoriseraient l'oxydation biologique, d'où un taux de matière organique plus important.

Les valeurs de la turbidité sont reliées à la fois aux conditions climatiques qu'aux méthodes de traitement de l'eau à la station de Hammam Debagh. D'après la figure IV.5, on remarque qu'un certain parallèle existe entre la valeur de la turbidité de l'eau brute et celle de l'eau à la sortie de la station. Ce qui implique que des calculs devraient être effectués afin de mieux doser les coagulants-floculants utilisés.



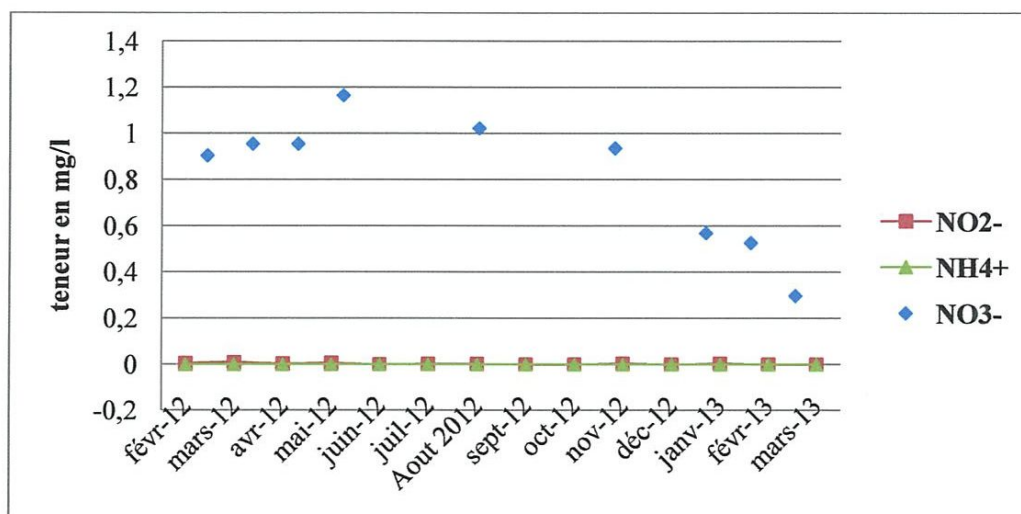
**Figure IV.5 : Comparaison entre les valeurs de la turbidité de l'eau traitée de la station et de l'eau brute à l'entrée**

#### **IV.2.4. Evolution de la teneur en nitrates, nitrites et ammonium de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux**

Le tableau IV.4 et la figure IV.6 rassemblent les résultats relatifs à la teneur de nitrates, nitrites et l'ammonium pour l'eau à la sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh mesurés au cours d'une année. Les valeurs manquantes correspondent à des mesures non effectuées par le personnel du laboratoire.

**Tableau IV.4 : Mesures mensuelles des nitrates, nitrites et ammonium à la sortie de la station de traitement des eaux.**

Mois	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)
Février 2012	0,905	0,005	00
Mars 2012	0,955	0,009	00
Avril 2012	0,955	0,003	00
Mai 2012	1,165	0,006	00
Juin 2012	/	00	00
Juillet 2012	/	0,002	00
Août 2012	1,022	0,002	00
Septembre 2012	/	00	00
Octobre 2012	/	00	00
Novembre 2012	0,936	0,003	00
Décembre 2012	/	00	00
Janvier 2013	0,568	0,004	00
Février 2013	0,526	00	00
Mars 2013	0,296	00	00



**Figure IV.6 : Evolution du teneur des nitrates, nitrites et l'ammonium d'eau de la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.**

On remarque en premier lieu que les normes de potabilité sont respectées concernant les paramètres azotés mesurés. Les nitrites et l'ammonium sont à l'état de traces, alors que les valeurs des nitrates varient un peu, au cours d'une année. Les normes de potabilités étant de 0,5 mg/l pour l'ammonium, 0,1 mg/l pour le nitrite et 50 mg/l pour le nitrate, on peut dire que

les teneurs en azote sont assez loin de cette limite, ce qui en fait une eau d'assez bonne qualité.

#### IV.2.5. Evolution des valeurs de calcium et magnésium de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux

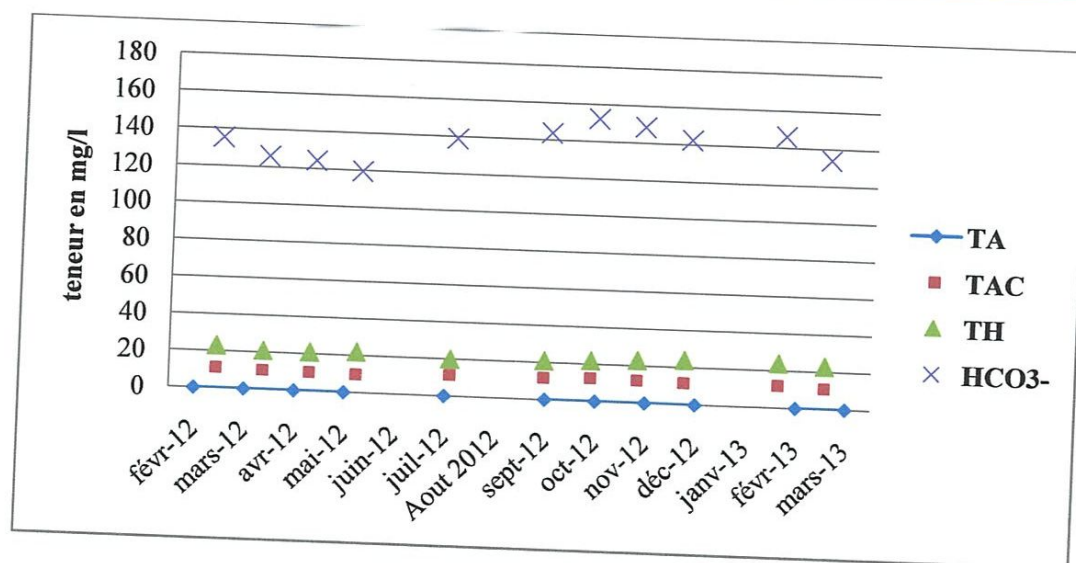
Le tableau IV.5 et la figure IV.7 rassemblent les résultats relatifs au teneur du calcium et magnésium pour l'eau à la sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh mesurés au cours d'une année. Les valeurs manquantes correspondent à des mesures non effectuées par le personnel du laboratoire.

**Tableau IV.5 : Mesures mensuelles du calcium et magnésium à la sortie de la station de traitement des eaux.**

Mois	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)
Février 2012	57,23	21,16
Mars 2012	57,09	18,34
Avril 2012	55,66	20,69
Mai 2012	60,63	19,28
Juin 2012	/	/
Juillet 2012	56,44	18,81
Août 2012	/	/
Septembre 2012	59,58	15,99
Octobre 2012	61,15	17,87
Novembre 2012	61,93	17,87
Décembre 2012	58,8	22,1
Janvier 2013	/	/
Février 2013	60,36	22,10
Mars 2013	58,8	22,57

**Tableau IV.6 : Mesures mensuelles de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre Hydrotimétrique (TH) et les ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) à la sortie de la station de traitement des eaux.**

Mois	TA	TAC	TH (°F)	$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)
Février 2012	00	11,1	23	135,42
Mars 2012	00	10,4	21	126,08
Avril 2012	00	10,2	21	124,44
Mai 2012	00	9,8	22	119,56
Juin 2012	/	/	/	/
Juillet 2012	00	11,4	20	139,08
Août 2012	/	/	/	/
Septembre 2012	00	11,8	21	143,96
Octobre 2012	00	12,5	22	152,5
Novembre 2012	00	12,2	23	148,84
Décembre 2012	00	11,7	24	142,74
Janvier 2013	/	/	/	/
Février 2013	00	12	24	146,4
Mars 2013	00	11	23	134,2



**Figure IV.8: Evolution de (TA), (TAC), (TH) et le  $\text{HCO}_3^-$  d'eau de sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.**

La dureté d'une eau est donnée par la concertation en ions alcalino-terreux (essentiellement  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ); d'après nos résultats, on a constaté que le titre hydrotimétrique (TH) est resté presque constant elle varie entre 20°F et 24°F, la même remarque pour TAC. Pour le TA remarque qu'il est nul au cours de période de mesure (février

2012- mars 2013) ; Pour la teneur en hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), on ne remarque qu'une légère variation.

#### IV.2.7. Evolution des valeurs des sulfates, chlorures, phosphore et le fer de l'eau en sortie de la station de traitement des eaux

Le tableau IV.7 et la figure IV.9 rassemblent les résultats relatifs de sulfate, chlorure, phosphore et le fer pour l'eau à la sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh mesurés au cours d'une année. Les valeurs manquantes correspondent à des mesures non effectuées par le personnel du laboratoire.

**Tableau IV.7 : Mesures mensuelles de sulfate, chlorure, phosphore et le fer à la sortie de la station de traitement des eaux.**

Mois	$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	Cl (mg/l)	$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)
Février 2012	144,51	71	/	0,01
Mars 2012	74,20	71	/	0,01
Avril 2012	93,44	71	/	0,02
Mai 2012	146,3	71	/	00
Juin 2012	/	/	/	/
Juillet 2012	/	71	/	/
Août 2012	146,3	/	0,001	00
Septembre 2012	21,22	71	0,064	0,04
Octobre 2012	84,31	71	0,087	0,01
Novembre 2012	41,22	85,2	0,014	00
Décembre 2012	151,05	85,2	00	00
Janvier 2013	/	/	00	0,03
Février 2013	149,3	99,4	0,005	00
Mars 2013	174,32	85,2	00	00



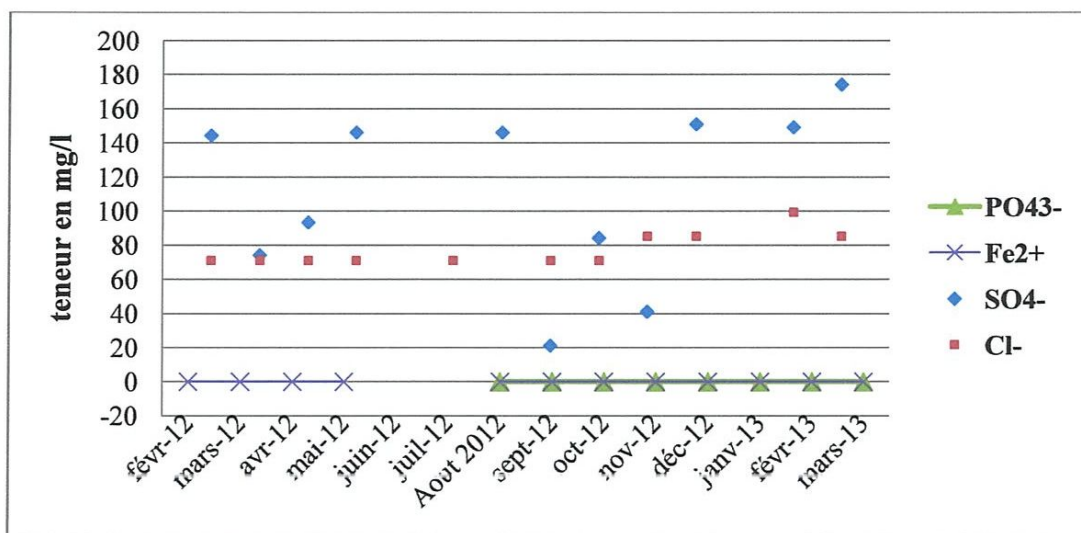


Figure IV.9 : Evolution de  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  et  $\text{Fe}^{2+}$  d'eau de la sortie de la station de traitement de Hammam Debagh.

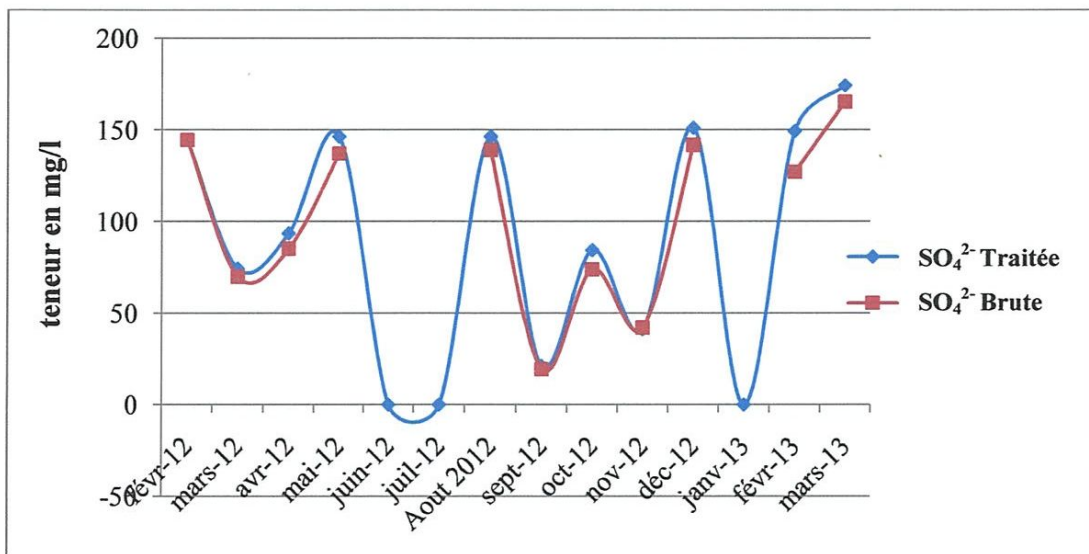


Figure IV.10 : Comparaison entre les valeurs de sulfate de l'eau traitée de la station et de l'eau brute à l'entrée

La teneur en phosphore, fer et chlorure est quasiment constante au cours d'une année. Cependant, la teneur en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) varie de manière relativement importante au cours d'une année. Les valeurs oscillent entre 21,22 et 174,32 mg/l. En comparant la teneur en sulfate de l'eau brute à l'entrée de la station avec celle à la sortie de la station, on remarque que les deux courbes suivent la même évolution. Ce qui signifie que les traitements effectués au sein de la station n'affectent pas ce paramètre. Cette importante variation est probablement due à un facteur externe que l'on ne peut expliquer à ce stade de l'étude.

### IV.3. Résultats des analyses des eaux des robinets de consommateur dans différentes cités de la ville de Guelma

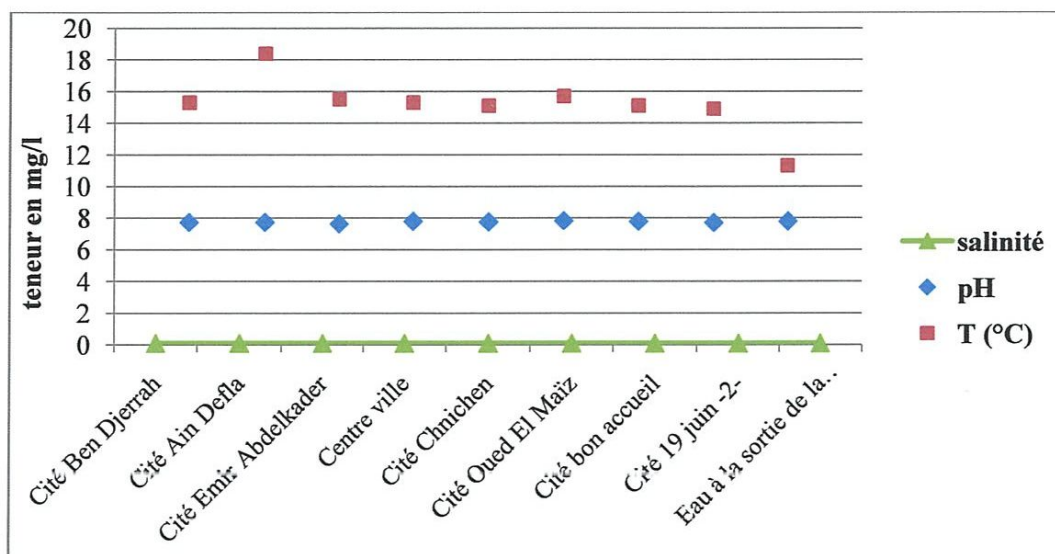
La deuxième partie de ces analyses concerne des eaux de robinet de consommateur prélevées, selon le protocole d'échantillonnage décrit dans le chapitre précédent, dans plusieurs cités de la ville de Guelma. Les sites de prélèvement ont été choisis de telle façon qu'il y ait une couverture de la ville de Guelma.

#### IV.3.1. Comparaison entre les valeurs du pH, Température et la salinité au niveau de différentes cités de Guelma

Le tableau IV.8 et la figure IV.11 qui suivent, comparent les paramètres pH, température et salinité de l'eau du robinet au niveau de différentes cités de Guelma. Les valeurs ont été comparées à celles à la sortie de la station de traitement des eaux, durant la période de prélèvement.

**Tableau IV.8 : Valeurs mesurées pour le pH, température et salinité au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	pH	T (°C)	Salinité (mg/l)
Cité Ben Djerrah	7,74	15,3	0,1
Cité Ain Defla	7,73	18,4	0,1
Cité Emir Abdelkader	7,64	15,5	0,1
Centre ville	7,80	15,3	0,1
Cité Chnichen	7,76	15,1	0,1
Cité Oued El Maïz	7,83	15,7	0,1
Cité bon accueil	7,79	15,1	0,1
Cité 19 juin -2-	7,71	14,9	0,1
Eau à la sortie de la station de traitement des eaux	7,80	11,3	0,1



**Figure IV.11 : Comparaison entre les valeurs de pH, température et la salinité des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma**

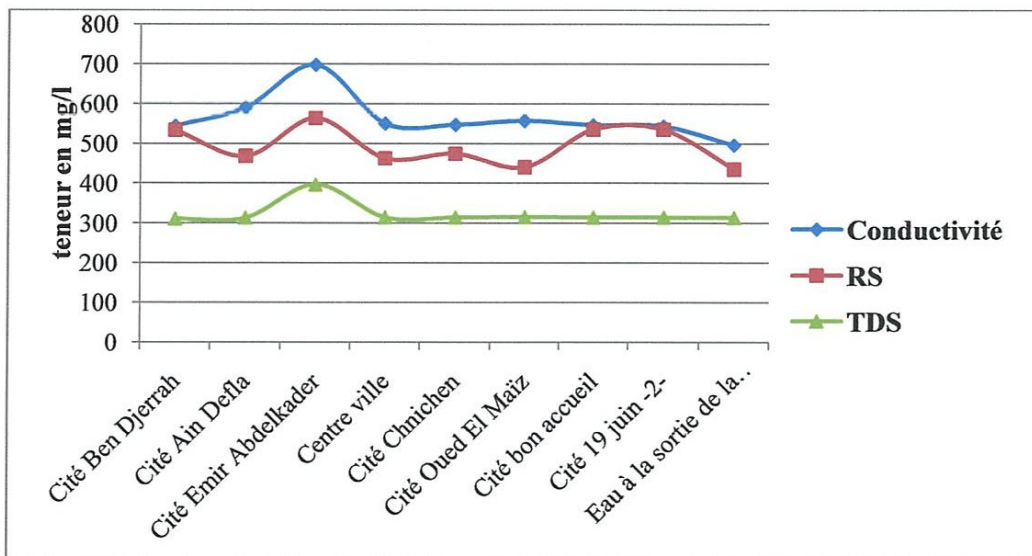
On remarque, d'une part, que ces trois paramètres sont dans les normes. D'autre part, on ne note pas de grande variation d'une cité à une autre. Ce qui peut être attribué à un bon réseau de distribution. Preuve en est la légère variation entre les valeurs mesurées à la sortie de la station de traitement des eaux de hammam Debagh et les valeurs mesurées au niveau des différentes cités de la ville de Guelma.

#### **IV.3.2. Comparaison entre les valeurs de conductivité, résidu sec et la teneur en sel dissous au niveau de différentes cités de Guelma**

Le tableau IV.9 et la figure IV.12 qui suivent, comparent les paramètres : conductivité, résidu sec et le teneur en sel dissous de l'eau du robinet au niveau de différentes cités de Guelma. Les valeurs ont été comparées à celles à la sortie de la station de traitement des eaux, durant la période de prélèvement.

**Tableau IV.9 : Valeurs mesurées pour la conductivité, résidu sec et le teneur en sel dissous au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Résidu sec (mg/l)	Teneur en sel dissous (mg/l)
Cité Ben Djerrah	545	534,5	311
Cité Ain Defla	591	468	314
Cité Emir Abdelkader	698	564,5	397
Centre ville	551	462,5	315
Cité Chnichen	548	474	315
Cité Oued El Maïz	558	440,5	316
Cité bon accueil	547	536	315
Cité 19 juin -2-	544	535,5	315
Eau à la sortie de la station de traitement des eaux	496	435	314



**Figure IV.12: Comparaison entre les valeurs de conductivité, résidu sec et teneur en sel dissous des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma**

On remarque que les valeurs mesurées de la conductivité électrique, résidu sec et la teneur en sels dissous ne dépassent pas la norme recommandée relative à la potabilité des eaux. De plus, ces valeurs sont comparables à celles à la sortie de la station de traitement des eaux. Nous remarquons, également, que ces valeurs sont assez constante d'une cité à une autre. On note aussi que les valeurs mesurées pour ces trois paramètres sont légèrement différentes pour la cité Emir Abdelkader. L'explication peut être donnée par le fait que l'eau

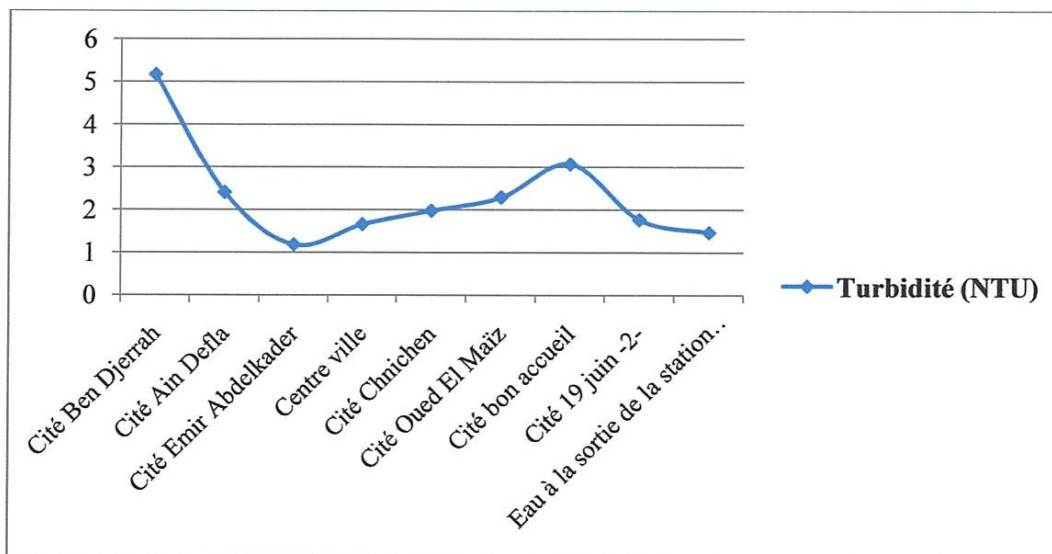
du robinet de cette cité ait pour origine l'eau en provenance de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh mais également une eau de forage au niveau de Hlia.

### IV.3.3. Comparaison entre les valeurs mesurées de la turbidité au niveau de différentes cités de Guelma

Le tableau IV.10 et la figure IV.13 qui suivent montrent la variation de la turbidité des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.

**Tableau IV.10 : Valeurs mesurées pour la turbidité au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	Turbidité (NTU)
Cité Ben Djerrah	5,17
Cité Ain Defla	2,41
Cité Emir Abdelkader	1,18
Centre ville	1,66
Cité Chnichen	1,98
Cité Oued El Maïz	2,29
Cité bon accueil	3,07
Cité 19 juin -2-	1,77
Eau à la sortie de la station de traitement des eaux	1,47



**Figure IV.13: Comparaison entre les valeurs de la turbidité des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.**

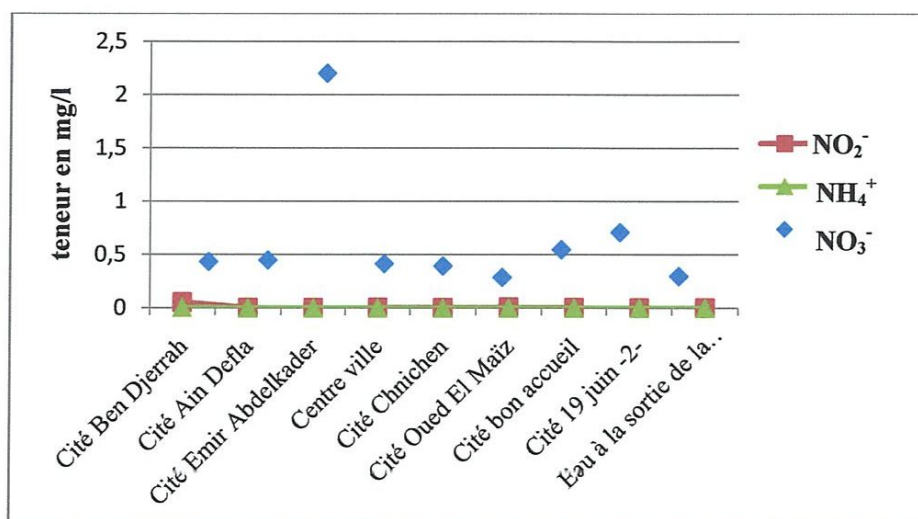
On remarque que la turbidité de l'eau du robinet de consommateur est très variable d'une cité à une autre de la ville de Guelma. Néanmoins, elle reste dans les normes de potabilité pour la plupart des cités. Cependant, on note une valeur de turbidité au dessus de la limite pour l'eau de la cité de Bendjerrah. Le réseau de distribution de l'eau en provenance de la station de traitement des eaux en direction de Guelma se divise en deux. Une première conduite alimente le réservoir situé sur les hauteurs de Bendjerrah et le second alimente la ville de Guelma. Il se pourrait qu'un mauvais entretien de cette portion soit à l'origine de cette hausse dans le paramètre de la turbidité.

#### IV.3.4. Comparaison entre les valeurs mesurées des nitrates, nitrites et l'ammonium au niveau de différentes cités de Guelma

Le tableau IV.11 et la figure IV.14 qui suivent montrent la variation de la teneur en nitrates, nitrites et ammonium des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma

**Tableau IV.11 : Valeurs mesurées pour des nitrates, nitrites et l'ammonium au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)
<b>Cité Ben Djerrah</b>	0,432	0,052	0,005
<b>Cité Ain Defla</b>	0,446	0,002	0,000
<b>Cité Emir Abdelkader</b>	2,20	0,000	0,000
<b>Centre ville</b>	0,413	0,003	0,000
<b>Cité Chnichen</b>	0,392	0,002	0,000
<b>Cité Oued El Maïz</b>	0,286	0,005	0,000
<b>Cité bon accueil</b>	0,546	0,004	0,000
<b>Cité 19 juin -2-</b>	0,708	0,000	0,000
<b>Eau à la sortie de la station de traitement des eaux</b>	0,296	0,000	0,000



**Figure IV.14: Comparaison entre les teneurs de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> et NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.**

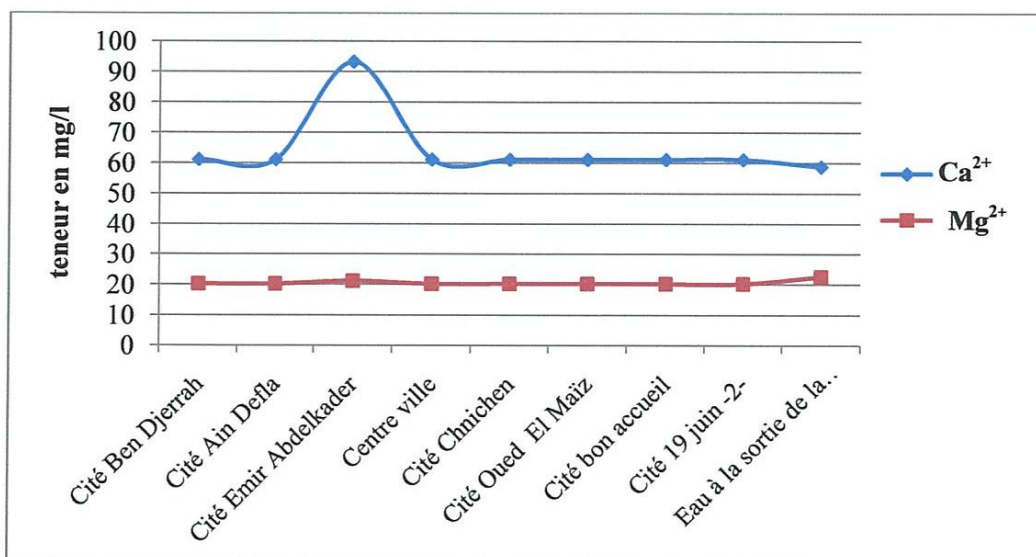
La teneur en nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) varie de négligeable à nul au niveau de toutes les cités de la ville de Guelma, Ce qui est un gage de bonne qualité de l'eau. Cependant, la teneur en nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) est plutôt variable selon la cité mais reste dans les normes de potabilité. On note une valeur assez élevée au niveau de la cité d'El Emir Abdelkader ce qui peut être attribué, comme expliqué auparavant, au fait que l'eau du robinet de cette cité ait pour origine l'eau en provenance de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh mais également une eau de forage au niveau de Hlia. Il est probable que cette eau de forage soit chargée en nitrates du à sa situation (entourée de terre agricoles).

#### **IV.3.5. Comparaison entre les valeurs mesurées des cations de calcium et magnésium au niveau de différentes cités de Guelma**

Le tableau IV.12 et la figure IV.15 qui suivent montrent la variation de la teneur en calcium et magnésium des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma

**Tableau IV.12 Valeurs mesurées pour des cations de calcium et magnésium au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)
Cité Ben Djerrah	61,15	20,22
Cité Ain Defla	61,15	20,22
Cité Emir Abdelkader	93,29	21,16
Centre ville	61,15	20,22
Cité Chnichen	61,15	20,22
Cité Oued El Maïz	61,15	20,22
Cité bon accueil	61,15	20,22
Cité 19 juin -2-	61,15	20,22
Eau à la sortie de la station de traitement des eaux	58,8	22,57



**Figure IV.15: Comparaison entre les valeurs mesurées de calcium et de magnésium des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de la ville de Guelma.**

D'après le tableau IV.12 et la figure IV.15, on remarque que les teneurs en Mg<sup>2+</sup> ainsi qu'en Ca<sup>2+</sup> sont semblables dans les différentes cités de la ville de Guelma à l'exception de la cité d'El Emir Abdelkader où, on note une légère variation de la teneur en magnésium alors qu'un grand écart a été observé au niveau de la valeur mesurée de calcium. La teneur passe de 61,15 mg/l pour la plupart des cités de la ville de Guelma à 93,29 mg/l dans cette cité, sans pour autant dépasser les normes. Bien que le calcium soit un oligoélément nécessaire à l'organisme humain, il n'est pas très recommandé d'avoir une eau chargée en calcium car cela



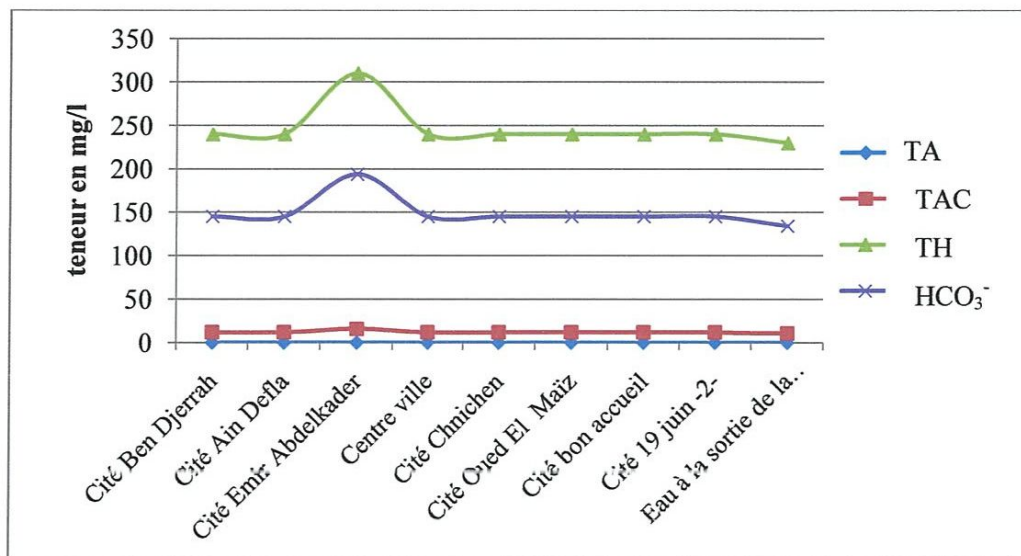
entraînerait des défauts de fonctionnement de certains appareils domestiques tels que fer à repasser, chaudière, etc.

#### IV.3.6. Comparaison entre le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et la concentration en hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-$ au niveau des différentes cités de Guelma.

Le tableau IV.13 et la figure IV.16 qui suivent montrent la variation de la teneur du titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et la concentration en hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.

**Tableau IV.13 : Valeurs mesurées pour le titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et la concentration en hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	TA	TAC	TH (mg/l)	$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)
<b>Cité Ben Djerrah</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Cité Ain Defla</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Cité Emir Abdelkader</b>	00	15,9	310	193,98
<b>Centre ville</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Cité Chnichen</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Cité Oued El Maïz</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Cité bon accueil</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Cité 19 juin -2-</b>	00	11,9	240	145,18
<b>Eau à la sortie de la station de traitement des eaux</b>	00	11	230	134,2



**Figure IV.16: Comparaison de TA, TAC, TH et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.**

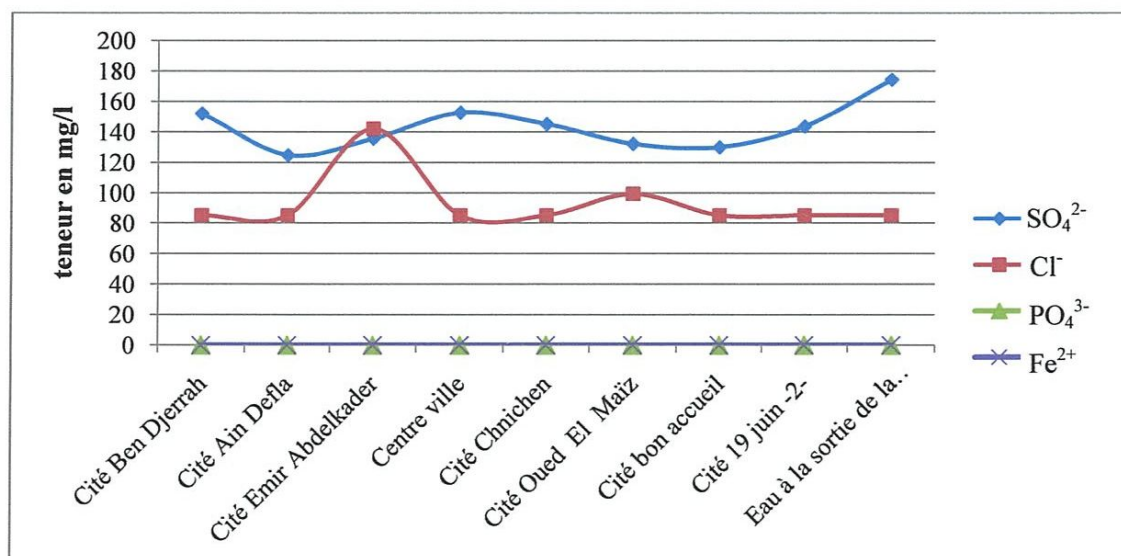
Comme dans le cas des précédents paramètres mesurés au niveau des différentes cités de la ville de Guelma, le titre alcalimétrique et la concentration en ions hydrogénocarbonates ne varient pas dans la plupart des cités de Guelma sauf dans le cas de la cité d'El Emir Abdelkader. La même explication peut être fournie dans ce cas que précédemment. On peut dire que cette eau est moyennement carbonatée.

#### **IV.3.7. Comparaison entre la concentration en sulfate, chlorure, phosphore et le fer au niveau des différentes cités de Guelma**

Le tableau IV.14 et la figure IV.17 qui suivent montrent la variation des teneurs en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et Fe<sup>2+</sup> des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de ville de Guelma.

**Tableau IV.14: Valeurs mesurées pour la concentration des sulfates, chlorures, phosphore et du fer au niveau de différentes cités de la ville de Guelma**

Origine de l'eau	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Cl (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)
Cité Ben Djerrah	152	85,2	0,00	0,01
Cité Ain Defla	124,75	85,2	0,009	0,00
Cité Emir Abdelkader	135,59	142	0,00	0,02
Centre ville	152,6	85,2	0,00	0,00
Cité Chnichen	145,12	85,2	0,00	0,00
Cité Oued El Maïz	132,2	99,4	0,015	0,01
Cité bon accueil	130,05	85,2	0,00	0,00
Cité 19 juin -2-	143,67	85,2	0,00	0,03
Eau à la sortie de la station de traitement des eaux	174,32	85,2	0,00	0,00



**Figure IV.17: Comparaison entre les teneurs en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> et Fe<sup>2+</sup> des eaux des robinets de consommateur des différentes cités de la ville de Guelma.**

D'après le graphe On remarque que les ions ferreux, Fe<sup>2+</sup> ainsi que les phosphate, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sont quasiment absents au niveau des différentes cités (il y a quelque traces). Pour les chlorures (Cl<sup>-</sup>) et les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) il ya quelque différences mais n'est pas très importante, sauf dans le cas de la cité de Emir Abdelkader où une importante différence est notée. Il semblerait que le désinfectant soit surdosé afin d'assurer l'élimination des bactéries, dans le cas de l'eau distribuée à cette cité.

#### IV.4.1. Comparaison entre les valeurs du pH et température des différentes eaux de sources

Le tableau IV.16 qui suit regroupe les valeurs du pH et température pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités, le tableau ci-dessous rassemble ces résultats.

**Tableau IV.16: Comparaison entre les valeurs mesurées de pH et température pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	pH	T (°C)
Source 1	7,02	13,3
Source 2	7,22	9,7
Source 3	6,85	11,5
Cité Emir Abdelkader	7,64	15,5
Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup>	7,76	15,68

a: cette valeur représente la moyenne des valeurs mesurées pour les différentes cités de la ville de Guelma à l'exception de la cité EAK

D'après le tableau, on remarque qu'il n'y a pas une grande différence entre les valeurs de pH mesurées pour les différentes eaux. Elles sont toutes dans les normes de potabilité.

#### IV.4.2. Comparaison entre les valeurs de conductivité et résidu sec des différentes eaux de sources

Le tableau IV.17 qui suit rassemble les valeurs du conductivité et résidu sec pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités. Les résultats sont dans le tableau IV.17.

**Tableau IV.17 : Comparaison entre les valeurs mesurées conductivité et résidu sec pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Résidu sec (mg/l)
Source 1	668	500
Source 2	261	400
Source 3	646	600
Cité Emir Abdelkader	698	564,5
Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup>	554,85	493

D'après le tableau, on remarque une variation notable entre les valeurs mesurées pour les différentes sources. Alors que les valeurs de conductivité de la source 1 et 3 sont équivalentes, celle de la source 2 est nettement inférieure. Ce qui indique que la teneur en ions est plus petite pour la source 2. Les valeurs mesurées pour la conductivité et résidu sec de la source 1 et 3 se rapprochent plus des valeurs relatives aux eaux de consommateur du réseau urbain.

#### IV.4.3. Comparaison entre les valeurs de la turbidité et la teneur en nitrates des différentes eaux de sources

Le tableau IV.18 qui suit rassemble les valeurs de la turbidité et la teneur en nitrates pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités. Les résultats sont dans le tableau IV.18.

**Tableau IV.18 : Comparaison entre les valeurs mesurées de la turbidité et la teneur en nitrates pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	Turbidité (NTU)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
Source 1	00	00
Source 2	0,29	0,423
Source 3	0,01	0,417
Cité Emir Abdelkader	1,18	2,20
Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup>	2,62	0,460

Il est remarquable de noter que l'eau de source 1 (Ain Souda) donne une valeur de turbidité nulle, ce qui en fait l'eau la plus claire étudiée dans notre travail. Les autres eaux de source affichent des valeurs de turbidité assez basses et même équivalentes à cette dernière. Les eaux de robinets de consommateurs sont relativement turbides. De même, l'eau d'Ain Souda est exempte de nitrates, ce qui représente un gage de qualité. Cette eau trouve sa source dans les hauteurs de la wilaya de Guelma, dans une région montagneuse, loin des terres agricoles, sources d'apport artificiel ou naturel de nitrates. Les eaux de robinets de consommateurs quant à elles donnent des valeurs de nitrates plus élevées, notamment celle de la cité Emir Abdelkader.

#### IV.4.4. Comparaison entre les valeurs de calcium et magnésium des différentes eaux de sources

Le tableau IV.19 qui suit rassemble les valeurs du calcium et magnésium pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités. Les résultats sont dans le tableau IV.19.

**Tableau IV.19 : Comparaison entre les valeurs mesurées de calcium et magnésium pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)
<b>Source 1</b>	120,73	71,78
<b>Source 2</b>	69,77	16,79
<b>Source 3</b>	107,40	32,22
<b>Cité Emir Abdelkader</b>	93,29	21,16
<b>Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup></b>	61,15	20,22

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que l'eau de source d'Ain Souda est très riche en calcium et magnésium qui sont des oligoéléments, très important pour la santé. L'eau de source de Bendjerrah vient en seconde position suivie par l'eau de la cité Emir Abdelkader et la source de Bekouche Ahmed.

#### IV.4.5. Comparaison entre les valeurs de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre hydrotimétrique (TH) et le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> des différentes eaux de sources

Le tableau IV.20 qui suit rassemble les valeurs de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre Hydrotimétrique (TH) et le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités. Les résultats sont dans le tableau IV.20.

**Tableau IV.20 : Comparaison entre les valeurs mesurées de titre alcalimétrique (TA), le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre Hydrotimétrique (TH) et le  $\text{HCO}_3^-$  pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	TA	TAC	$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	TH (mg/l)
Source 1	00	5,2	63,44	485
Source 2	00	3,9	47,58	250
Source 3	00	3,7	45,14	370
Cité Emir Abdelkader	00	15,9	193,98	310
Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup>	00	11,9	145,18	240

D'après le tableau ci-dessus on remarque qu'il y a une variation au niveau de TH, TAC et  $\text{HCO}_3^-$  dans les différentes eaux, mais le TA est nul ; ce qui indique que l'alcalinité est liée à la présence d'ions carbonate, hydroxydes et hydrogénocarbonates ; pour les eaux de sources, on remarque que ce sont des eaux moyennement dures.

#### IV.4.6. Comparaison entre les valeurs des chlorures, et du fer des différentes eaux de sources

Le tableau IV.21 qui suit rassemble les valeurs de chlorure, et du fer pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités. Les résultats sont dans le tableau IV.21.

**Tableau IV.21: Comparaison entre les valeurs mesurées de chlorure, et du fer pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	Cl (mg/l)	$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)
Source 1	78,1	00
Source 2	42,6	00
Source 3	184,6	00
Cité Emir Abdelkader	142	0,02
Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup>	87,22	0,007

D'après le tableau ci-dessus on remarque que les valeurs de chlorure sont très différentes. La source de Bendjerrah est riche en chlorures comparativement aux autres eaux. D'après nos informations, il n'y a aucun ajout de chlore de la part de l'ADE à cette source, ce

qui signifie que cet élément est seulement dû à la nature du terrain traversé par l'eau jusqu'à sa source.

#### IV.4.7. Comparaison entre les valeurs de chrome (VI) des différentes eaux de sources

Le tableau IV.22 qui suit rassemble les valeurs de chlorure, et du fer pour des eaux des sources choisies dans ce travail. Ces valeurs ont été comparées aux valeurs mesurées pour les différentes cités. Les résultats sont dans le tableau IV.22.

**Tableau IV.22: Comparaison entre les valeurs mesurées de chrome (VI) pour les différentes eaux**

Origine de l'eau	Cr <sup>6+</sup> (mg/l)
Source 1	00
Source 2	00
Source 3	00
Cité Emir Abdelkader	00
Moyenne des valeurs mesurées <sup>a</sup>	00

D'après le tableau ci-dessus on remarque que les valeurs de chrome (VI) sont nulles au niveau de toutes les eaux ce qui indique l'absence de micropolluants minéraux (métaux lourds, etc.) ainsi que de substances telles que les molécules organiques. Et les eaux sont de bonnes qualités.

#### IV.5. Résultats des analyses des paramètres physico-chimiques pour les eaux minérales

Afin de valider les résultats obtenus dans ce travail, nous avons choisi de comparer les paramètres affichés par l'étiquetage de deux bouteilles d'eau minérale avec les valeurs que nous avons mesuré.



L'eau est une ressource précieuse, elle est largement abondante sur terre mais répartie inégalement à travers les continents. Bien qu'elle recouvre plus de 70% de la surface du globe, elle est constituée à 97 % d'eau salée. Ce qui signifie que l'eau douce ne représente que 3 % de toute l'eau de la Terre. Au final, moins de 1 % du volume total d'eau douce (soit moins de 0,028 % de toute l'eau de la planète) peut être utilisé par la biosphère, et notamment par l'homme. Cette ressource disponible se situe dans les cours d'eau, les lacs naturels ou artificiels et les nappes phréatiques (souterraines) dont la profondeur permet l'exploitation à des coûts abordables.

Afin de garantir une eau potable de qualité, des caractérisations physico-chimiques de l'eau distribuée aux agglomérations sont périodiquement effectuées au niveau des stations de traitement des eaux ainsi qu'aux robinets de consommateurs.

A travers notre travail qui a été réalisé au laboratoire de la station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh et le laboratoire de génie des procédés de l'université 8 mai 1945 de Guelma, nous avons pu nous familiariser avec les différents protocoles et techniques expérimentales d'analyse de l'eau potable. Nous avons étendu les analyses à des eaux de sources situées dans la wilaya de Guelma ainsi qu'à deux eaux minérales. Nous avons analysés un nombre conséquent de paramètres physico-chimiques de l'eau, en l'occurrence, pH, turbidité, dureté, l'alcalinité, la conductivité, nitrates et nitrites etc.

En examinant les différents teneurs mesurées, nous pouvons conclure que l'eau de robinet de consommateurs est de bonne qualité après comparaison avec les normes de potabilité ; ce qui indique l'efficacité du traitement. Les eaux de robinets de consommateur sont de qualités, à peu près, égales et constantes au travers des différentes cités de Guelma, à l'exception de l'eau prélevée au niveau de la cité Emir Abdelkader, où des divergences ont été constatées dues essentiellement à l'origine double de cette eau (eau de station de traitement des eaux et eau de forage). Malgré que les paramètres de cette eau ne dépassent pas les normes recommandées. Nous estimant que des efforts supplémentaires doivent être fournis pour diminuer quelques unes des teneurs telles que celle des nitrates.

Les eaux de sources qui font l'objet d'une consommation accrue de la part de la population ont été analysées de la même manière que les eaux de robinets. Les différents résultats ont montré que ces eaux sont d'excellente qualité, notamment celle d'Ain Souda qui est située sur les hauteurs de la wilaya de Guelma, d'où certainement ses propriétés.

Pour les eaux minérales, les résultats montre qu'un certain parallèle existe entre les valeurs mesurées et les valeurs affichées. Les quelques divergences observées sont probablement dues à de petites différences entre les lots.

A la lumière de nos résultats, nous pouvons conclure que l'eau en sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh est dans les normes, quoique des efforts supplémentaires doivent être fournis afin de distribuer une eau d'apparence plus acceptable. En diminuant la turbidité de l'eau, par exemple, et la teneur en chlorures qui donne un goût désagréable à l'eau.

### Annexe1 : Barrage de Hammam Debagh de wilaya de Guelma

#### Fiche technique :

- Wilaya.....Guelma
- Commune.....Hammam Debagh
- Oued .....Bouhamdane
- Déversoir .....Seuil libre en corolle avec puits incliné et galerie.
- Début et fin des travaux.....1980-1987.
- Capacité initiale.....200 hm<sup>3</sup>.
- Capacité dernier levé

Bathymétrie 2004.....185 hm<sup>3</sup>.

- Apport moyen annuel .....63 hm<sup>3</sup>.
- Précipitation moyen Annuel .....652 mm.
- Envasement annuel.....0,35 hm<sup>3</sup>.
- Volume régularisé.....55 hm<sup>3</sup>.
- Côte retenue normale.....360 m.
- Surface du plan d'eau à la R.N.....643.04 Ha.
- Surface bassin versant.....1070 km<sup>2</sup>.

- ✓ Destination : - AEP (Guelma, H.Debagh, Roknia, Mdjaz Amar, H.Boumedienne)  
- Irrigation (plaine Guelma- Bouchegouf 13000 Ha)
- ✓ Bureau d'étude : COYNE & BELIER
- ✓ Entreprise de réalisation : -- Génie Civil C.I.R (Italie)  
--Electro-Hydomécanique INGRA (Yougoslavie)

**Annexe 2 : La pluviométrie de barrage de Hammam Debagh**

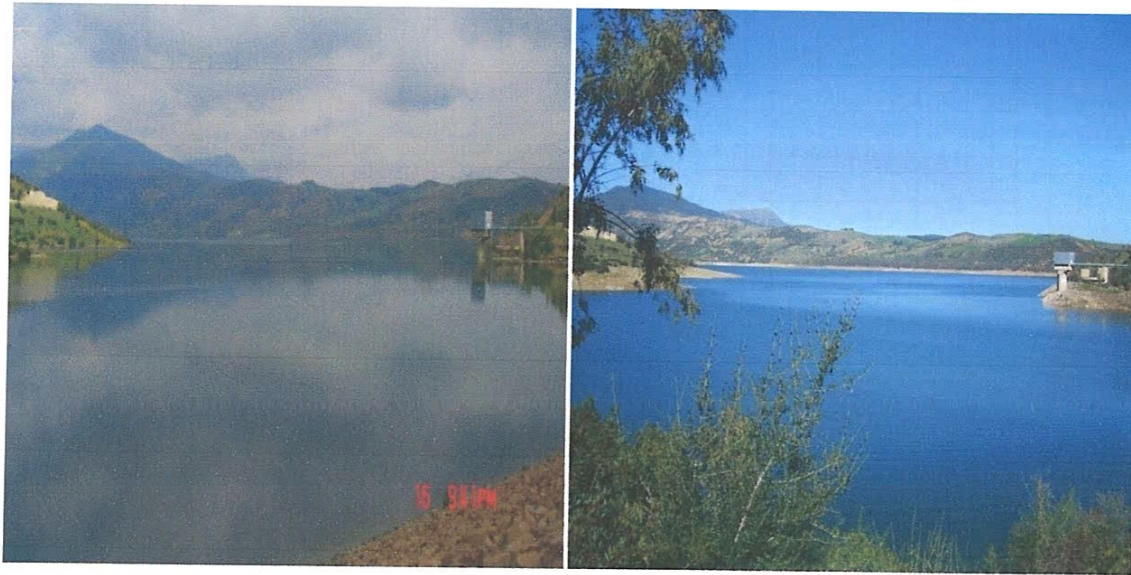
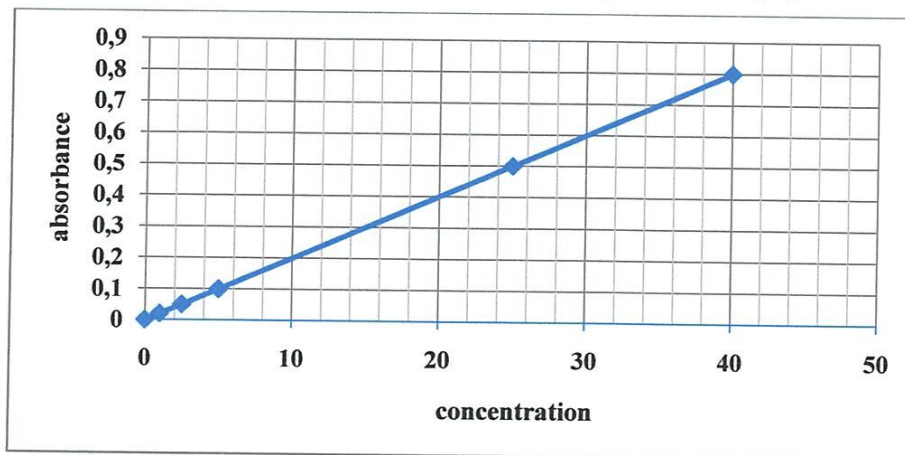
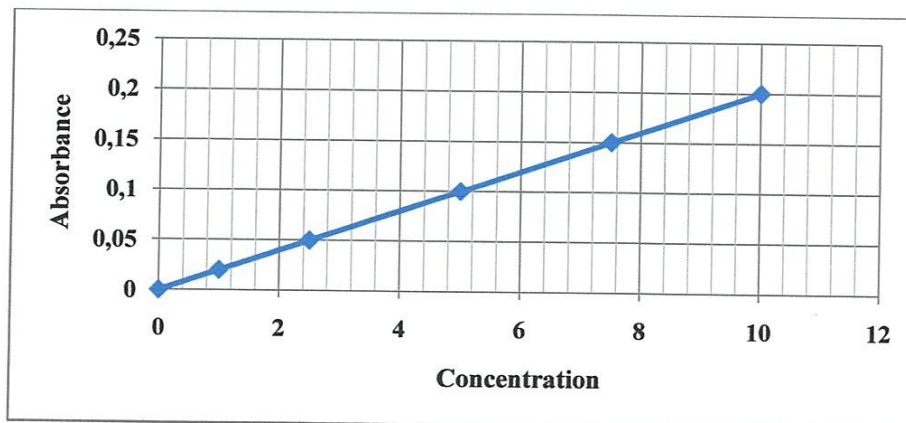
	sept.	octob.	nov.	déc.	janv.	février	Mars	avril.	mai	juin	juillet	août	TOTAL
99/00	17,7	18,5	59	114,1	43,8	26,6	19,8	28,3	128	39,3	/	14	508,8
2000/2001	4,3	55	21,1	47,8	89,9	74,9	14,1	45,6	48,5	/	/	3,6	404,8
2001/2002	42,8	20,4	33,6	34,2	30,2	66,6	25,2	26	10,2	/	23,3	27	339,4
2002/2003	21	29	147	118,2	209	106,9	34	126	49,7	/	3,8	/	844,7
2003/2004	72,8	47,9	25,1	253,1	109	9,8	63,9	52,7	122	63,8	/	8	827,9
2004/2005	36,1	10,9	166	136,1	73	94,8	57	75,8	5,2	24,2	7,8	6,8	693,6
2005/2006	8,5	3	9,4	166,7	89,5	98,7	36	11,8	74,7	4,8	15,8	15	533,8
2006/2007	23,9	7,6	33,7	72,7	27,1	57,5	231,9	60,9	22,9	11,5	6,2	1,4	557,3
2007/2008	44	54,6	40,4	133,6	10,7	12,1	36,8	64,9	70,7	7,6	7,7	4,1	487,2
2008/2009	31,2	48,5	52,4	28,8	189	61,7	72,8	123	48,2	0,2	3,5	26	684,9
2009/2010	114,5	65	10,5	32,3	147	27,3	51,7	46,2	56,8	39,8	0,7	11	602,9
2010/2011	12,4	58	159	56,1	17,8	194,1	79,4	82,9	38,9	36,3	1,1	1,1	736,6
2011/2012	11	125	26,2	60	64,2	154,4	107,5	38,9	9	3,8	/	/	599,7
2012/2013	65,4	37,6	25,1	23	56,3	73,1	49,8						

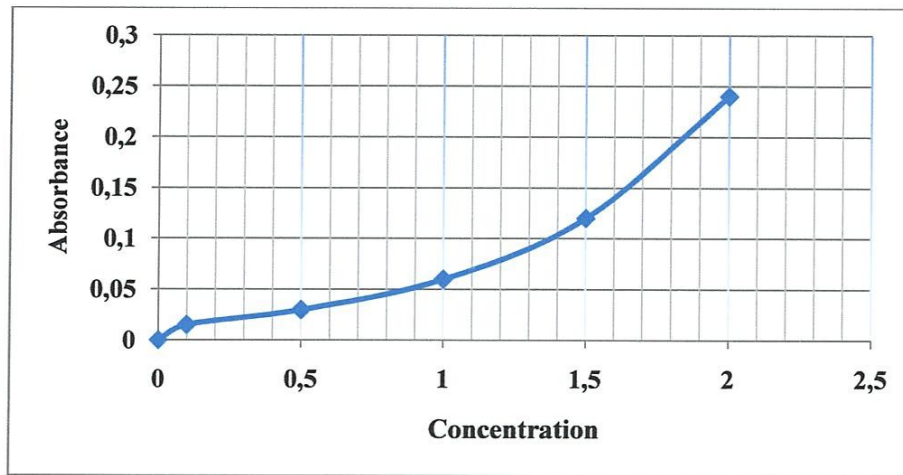
**Annexe .3 : Rapport entre la conductivité et la minéralisation**

Conductivité	Minéralisation
0-100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100-200 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation faible
200-333 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
333-666 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation accentuée
666-1000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation importante
$\geq 1000 \mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

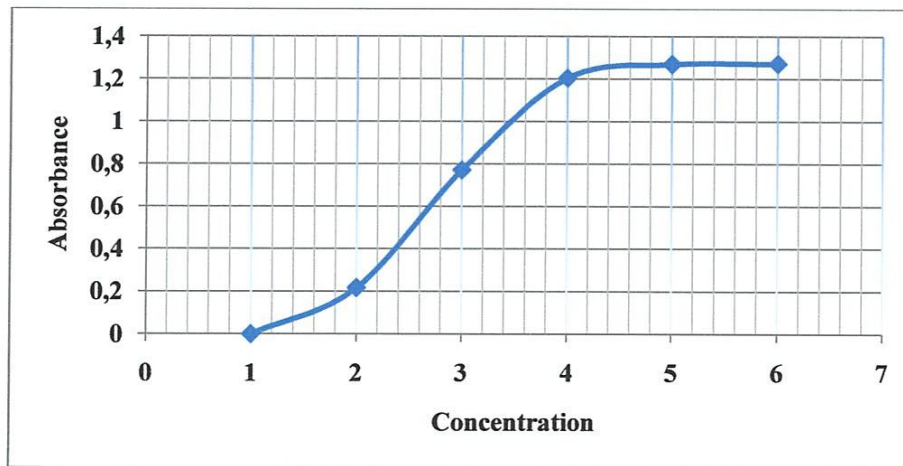
**Annexe. 4 : Types, nature et source de pollution de l'eau**

Sources	Nature	Type de pollution
Contrôles électriques	Rejets d'eau chaude	Pollution thermique
Effluents urbains, élevage, secteur agroalimentaire	Bactéries, Verus, champignons	Pollution microbiologie
Agriculture, lessives	Nitrates, phosphates	Fertilisants
Industrie agriculture, combustion, pluies acides	Mercures, cadmium	Métaux métalloïdes toxiques
Agriculture, industrie	Insecticides, fongicides, herbicides	Pesticides
Industries pétrolières, transports	Pétrole brut et dérivé	hydrocarbures

**Annexe.5 : Images représentent le barrage de Hammam Debagh.****Annexe.6 : les courbes d'étalonnages des différents paramètres physico-chimiques****Courbe d'étalonnage pour le dosage de l'ammonium****Courbe d'étalonnage pour le dosage des ions nitrites**

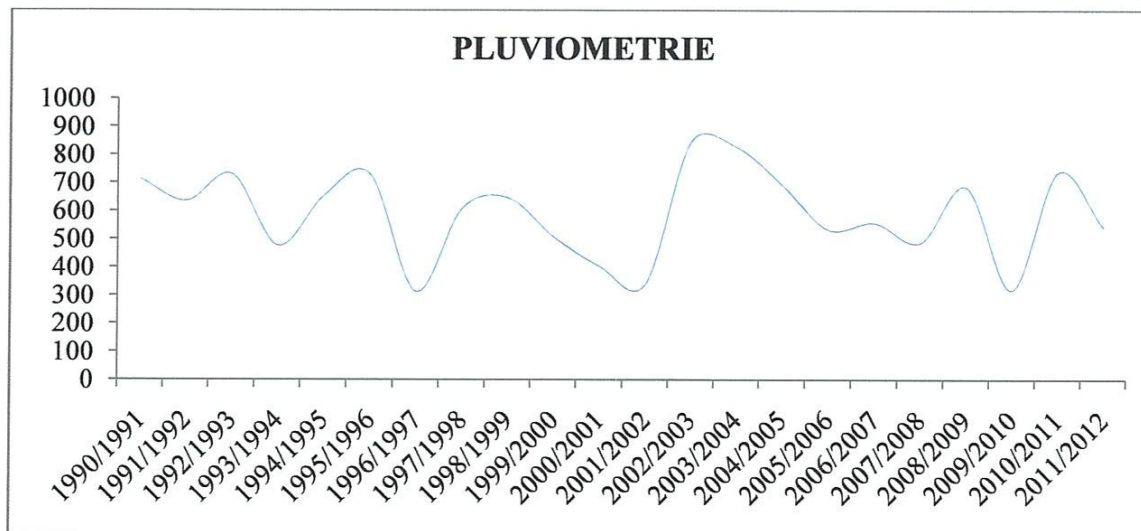


Courbe d'étalonnage pour le dosage de phosphate

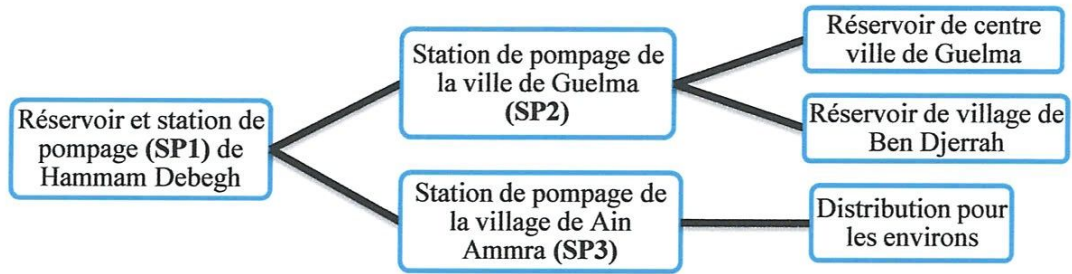


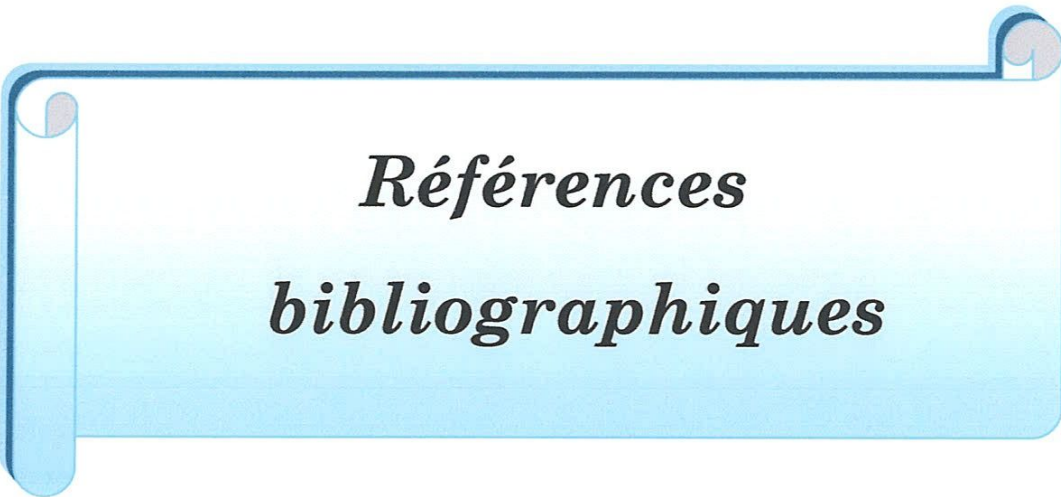
Courbe d'étalonnage pour le dosage de chrome  $\text{Cr}^{6+}$

**Annexe .7 :** Courbe représente la pluviométrie de barrage de Hammam Debagh



**Annexes.8 : Réseaux de distribution de l'eau potable de wilaya de Guelma**





*Références  
bibliographiques*



- [1] : **LOUNNAS. A.** « Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-KROMA de Skikda ». Mémoire de Magister, l'université du 20 Août 1955 Skikda, 2009.
- [2] : **TEIXEIRA. J** « Les propriétés de l'eau », CEA Saclay ; Léon - Brillouin. Octobre 2006. [/www.terre-inipi.com/.../eau/les%20proprietes%20de%20l'eau.pdf/](http://www.terre-inipi.com/.../eau/les%20proprietes%20de%20l'eau.pdf/)
- [3] : **CLAUDE BOEGLIN. J** « Propriétés des eaux naturelles ». Techniques de l'Ingénieur G1110. Editions T.I. Paris – France ,10/01/2001.
- [4] : **MOUCHET.P ET ROUSTAN.M** « Caractéristiques et propriétés des eaux - Eau pure, eaux naturelles ». Techniques de l'Ingénieur W110. Editions T.I. Paris – France, 10/02/2011.
- [5] : **BERTRAND. Y** « L'eau, une ressource vitale - le cycle de l'eau ». IA94 - Groupe EDD ; mai 2011. [/www.ia94.ac-creteil.fr/EDD/affiche02.pdf/](http://www.ia94.ac-creteil.fr/EDD/affiche02.pdf/)
- [6] : <http://www.cieau.com/tout-sur-l-eau/l-eau-c-est-quoi>
- [7] : **DEGREMON.T.** Mémento technique de l'eau, technique et documentation. Tome 1, 1989.
- [8] : **CARDOT.C.** Génie de l'environnement : « les traitements de l'eau ». Paris, 1999.
- [9]: **DJABRI .L**« Mécanismes d la pollution vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines », Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, 1996.
- [10] : **MIZI .A.** « Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles ». Thèse de doctorat d'état, université d'Annaba, Algérie, 2006.
- [11]: **DORE.M** « Chimie des oxydants et traitement des eaux ». L'université de Poitiers (E.S.I.P).
- [12] : Document. « Les différentes étapes du traitement de l'eau pour la rendre potable » .Fiche ressource n°3. [/colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/fiche\\_ressource\\_n03\\_cle889a33.pdf/](http://colleges.planete-tp.com/IMG/pdf/fiche_ressource_n03_cle889a33.pdf/)
- [13] : <http://www.cieau.com/l-eau-potable/des-traitements-sophistiques>
- [14] : <http://www.eau-poitou-charentes.org/Les-differentes-etapes-d-une.html>
- [15] : **CLAUDE BOEGLIN.J.** «Traitements physico-chimiques de la- Pollution insoluble Techniques de l'Ingénieur G1270. Editions T.I. Paris – France, 10/07/2002.
- [16] : **MOUCHET.P.** « Traitement des eaux avant utilisation- Matières particulaires ». Techniques de l'Ingénieur G1170. Editions T.I. Paris – France, 10/01/2000.
- [17] : Document « LABORATOIRE D'ANALYSES ET DE RECHERCHE ». FATURBI00.DOC. 26/03/08. [/img.cantal.fr/pdf/20120504135734\\_58.pdf?r=4798/](http://img.cantal.fr/pdf/20120504135734_58.pdf?r=4798/)
- [18] : Document « Analyse physico- chimique » [/www.olag.sn/.../analyse\\_des\\_donnees\\_physicochimiques\\_lac\\_de\\_gui./](http://www.olag.sn/.../analyse_des_donnees_physicochimiques_lac_de_gui./)

[19] : **RODIER J.** « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer », 7<sup>ème</sup> édition, Dunod, 1996.

[20] : **TARDAT-HENRY M, BEAURY J.P.** « Chimie des eaux », Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada, 1984.

[21] : **ADE** ; Les cahiers techniques de stage T24 « Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lutte contre les pollutions accidentelles » ; Tizi Ouzou.

[22] : **HAMADA.S et SALAH-SALAH.S** «Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des forages du périmètre irrigué Guelma- Boumahra » ; Mémoire de master, université de Guelma 2012.

[23] : **CHAOUCH.R et MOUMED.S et MEBARKI.F.** « Suivi de quelque paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans les eaux du barrage et de l'oued de Bouhamdane » ; Mémoire d'ingénieurs d'état ; université de Guelma 2008 ; 2009.

[24] : **BEDOUD.A et BENOUIKES.I et BOUKHROUBA.A.** « La qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de surface de Guelma » ; Mémoire d'ingénieurs d'état ; université de Guelma 2008 ; 2009.

[25] : **GOUASMIA.A.** « Extraction du chrome et d'autres cations métalliques de la boue issue des procédés d'électrodéposition » ; Mémoire de master 2, université de Guelma, 2012.

[26] : [http:// www.google map .com](http://www.google.com).

[27] : <http://www.aquapole.ulg.ac.be/butgenbach/pages/commentaires.html>.

## Résumé

L'eau destinée à la consommation humaine peut contenir des substances polluantes ou procurant des désagréments lors de son utilisation, c'est pourquoi, elle a besoin d'être traitée.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés plus particulièrement au dosage des différents paramètres caractérisant l'eau en l'occurrence ; la turbidité, pH, l'alcalinité, la matière en suspension et la matière organique etc. Les eaux concernées par ce travail sont issues de différentes cités de la ville de Guelma ainsi que quelques eaux de source et eaux minérales en bouteille. Les résultats obtenus montrent que :

- L'eau en sortie de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh est dans les normes, quoique des efforts supplémentaires doivent être fournis par le personnel de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh afin de distribuer une eau d'apparence plus acceptable.
- Les eaux de sources sont d'excellente qualité, notamment celle d'Ain Souda qui est située sur les hauteurs de la wilaya de Guelma, d'où certainement ses propriétés.
- L'eau de robinet de consommateurs est de bonne qualité après comparaison avec les normes de potabilité ; ce qui indique l'efficacité du traitement.

**Mots-clés:** l'eau potable, les eaux de sources, l'eau de robinet de consommateurs.

