

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire de Fin d'études

2^{ème} Année Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie chimique

Traitement et analyses des eaux

du barrage de Hammam Debagh

Directeur du mémoire :

Pr : Affoune Abed Mohamed

Présenté par :

Atamenia Nadia

Ziaya Wissal

Septembre 2020



REMERCIEMENT

Nous tenons out d'abord à louer Dieu le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience pour accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Pr. AFFOUNE Abed Mohamed pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période de réalisation de notre travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs remarques.





Dédicace

Je dédie ce projet :

A ma chère mère,

A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir
et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères , Mahmoud, Islem, Yassin ,

Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.



NADIA



Dédicace

*Je rends grâce à (DIEU) de m'avoir donné le courage, la volonté
Ainsi que la conscience d'avoir pu terminer mes études*

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

*Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années
d e sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce
travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent.*

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

Ma sœur Djihan

Ma frère Djessem.

*Je voudrais aussi dédier ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont aidé et supporté, et
plus particulièrement mon oncle Mahmoud et sa femme Souad*

A ma meilleure amie :Nadia

A tous qui ont place dans mon cœur.

Wissal

Résumé

L'eau, absolument nécessaire à la vie, peut parallèlement introduire dans l'organisme humain des agents pathogènes qui peuvent être des substances chimiques ou des micro-organismes pathogènes (virus, bactéries, parasites), Avant de boire de l'eau, surtout de surface (mares, cours d'eau, retenues artificielles), il faut la rendre potable. L'objectif de cette étude est de faire un diagnostic de la station de traitement d'eau potable de Hammam Debagh de conduire une série d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. Les résultats d'analyses obtenus au cours de cette étude ont montré que la qualité des différentes eaux de la station est dans les normes.

Mots clés : Eau, analyses physicochimiques, analyses bactériologiques.

Abstrat

Water, absolutely necessary for life, can at the same time introduce into the human body pathogens which can be chemical substances or pathogenic microorganisms (viruses, bacteria, parasites), Before drinking water, especially surface (ponds, streams, artificial reservoirs), it must be made drinkable. The objective of this study is to make a diagnosis of the Hammam Debagh drinking water treatment plant and to conduct a series of physico-chemical and bacteriological analyzes. The results of analyzes obtained during this study showed that the quality of the various waters of the station is within standards.

Keywords: Water, physicochemical analysis, bacteriological analysis

ملخص

يمكن للمياه، الضرورية للغاية للحياة، أن تدخل في نفس الوقت مسببات الأمراض في جسم الإنسان والتي يمكن أن تكون مواد كيميائية أو كائنات دقيقة مسببة للأمراض (فيروسات، بكتيريا، طفيليات). يجب أن تكون صالحة للشرب. الهدف من هذه الدراسة هو تشخيص محطة معالجة مياه الشرب في حمام دباغ وإجراء سلسلة من التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية. أظهرت نتائج التحليلات التي تم الحصول عليها خلال هذه الدراسة أن جودة المياه المختلفة للمحطة ضمن المعايير.

الكلمات المفتاحية : ماء, تحاليل فيزيوكيميائية, تحاليل بكتريولوجية

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des abréviations	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	v
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I.1. Introduction	3
I.2. Histoire de l'eau	3
I.3. Structure de la molécule de l'eau	4
I.4. Source de l'eau	4
I.4.1. Eaux souterraine	4
I.4.2. Eaux de surface	5
I.4.3. Eau saline	5
I.5. Propriété de l'eau	6
I.5.1. Propriété physique	6
I.5.2. Propriété chimique	8
I.5.3. Propriété biologique	8
I.6. Analyse bactériologique	9
I.7. Pollution de l'eau	11
I.7.1. Origine de la pollution de la ressource en eau	11
I.7.2. Type de pollution	12
I.8. Conclusion	13

Chapitre II : Présentations de la zone d'étude et description de la station d'épuration

II.1. Introduction	15
II.2. Zone d'étude	15
II.2.1. Situation géographique du la wilaya	15
II.2.2. Présentation du barrage Bouhamdane	15
II.2.3. Cadre géologique	17
II.2.4. Caractéristiques du barrage Bouhamdane	18

II.2.5. Climat	18
II.2.3. Localisation de station	19
II.3. Description de la station de traitement	19
II.3.1. Origine d'eau	19
II.3.2. Canal d'amené de l'eau brute	20
II.3.3. Bassin de mélange	20
II.3.3.1. Sous bassin de peroxydation	20
II.3.3.2. Sous-bassins de coagulation-floculation	21
II.3.4. Décanteur	21
II.3.5. Bassin de filtration	22
II.3.6. Désinfection et stockage	23
II.3.7. Station de pompage	24
II.3.8. Contrôle de la qualité des eaux produites	24
II.4. Conclusion	25
<i>Chapitre III : Etude bibliographique relative aux analyses physico-chimiques de l'eau</i>	
III.1. Introduction	27
III.2. Caractères organoleptiques	27
III. 2.1. Couleur	27
III.2.1.1. Définition	27
III.2.1.2. Méthode d'analyse	27
III. 2.2. Odeur	27
III. 2.3. Goût, saveur, flaveur	28
III.3. Particules en suspension et colloïdes	28
III.3.1. Taille des particules dans les eaux naturelles	28
III.3.2. Matières décantables	29
III.3.3. Matières en suspension	29
III.3.3.1. Définition	29
III.3.3.2. Méthodes d'analyses	30
III.3.4. Résidu total	30
III.3.5. Turbidité	31
III.3.5.1. Définition	31
III.3.5.2. Méthodes d'analyses	31
III.4. Gaz dessous	32

III.4.1. Dosage des gaz totaux	32
III.4.2. Oxygène dissous	32
III.4.2.1. Définition	32
III.4.2.2. Méthodes d'analyses	32
III.4.3. Dioxyde de carbone (anhydride carbonique)	33
III.4.3.1. Définition	33
III.4.3.2. Méthodes d'analyses	33
III.5. Salinité totale, potentiels et titres	34
III.5.1. Résidu et sels dissous totaux	34
III.5.1.1. Résidu sec (ou sels dissous totaux sur eau filtrée)	34
III.5.1.2. Résidu minéralisé et perte au feu	34
III.5.1.3. Détermination du résidu fixe sulfaté	34
III.5.2. Conductivité électrique	34
III.5.2.1. Mesure la conductivité électrique	34
III.5.2.2. Conductivité équivalente et conductivité réelle	34
III.5.2.3. Conductivité permanente	35
III.5.3. pH	35
III.5.4. Acidité	35
III.5.5. Carbone minéral total	36
III.5.5.1. Méthode d'évolution	36
III.5.5.2. Principe	36
III.6. Equilibre calcocarboniques	36
III.7. Cations et anions	37
III.8. Radioactivité	38
III.8.1. Définition	38
III.8.2. Détermination de la radioactivité	38
III.9. Paramètres organiques globaux	38
III.9.1. Indice permanganate	38
III.9.2. Demande chimique en oxygène (DCO)	38
III.9.3. Demande biochimique en oxygène (DBO)	39
III.9.4. Carbone organique total (COT)	39
III.9.5. Carbone organique dissous biodégradable (CODB)	39
III.9.5.1. Définition	39

III.9.5.2. Méthodes d'analyses	40
III.10. Conclusion	40
<i>Chapitre IV : Matériels, Méthodes et résultats d'analyses</i>	
IV.1. Introduction	42
IV.2. Analyses physico-chimiques	42
IV.2.1. Analyses physiques	42
IV.2.1.1. Mesure de la température, la conductivité électrique et la salinité	42
IV.2.1.2. Mesure du pH	44
IV.2.1.3. Mesure de la turbidité	45
IV.2.2. Analyses volumétriques	46
IV.2.2.1. Alcalinité (TA-TAC) et bicarbonate	46
IV.2.2.2. Dosage de calcium (Ca^{+2})	49
IV.2.2.3. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	50
IV.2.2.4. Détermination de magnésium (Mg^{+2})	52
IV.2.2.5. Dosage de chlorure (Cl^-)	53
IV.2.2.6. Détermination de la matière organique (MO)	54
IV.2.2.7. Détermination le résidu sec (RS)	55
IV.2.2.8. Détermination des matières en suspension (MES)	56
IV.2.3. Analyse spectrophotométrie	58
IV.2.3.1. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)	58
IV.2.3.2. Dosage du fer (Fe^{+2})	59
IV.2.3.3. Dosage du sulfate (SO_4^{-2})	59
IV.2.3.4. Dosage du phosphate (PO_4^{-3})	60
IV.2.3.5. Dosage du nitrite (NO_2^-)	60
IV.2.3.6. Dosage du nitrate (NO_3^-)	60
IV.2.3.7. Dosage d'aluminium (Al^{+3})	61
IV.3. Analyse bactériologiques	63
IV.3.1. Recherche des germes totaux (GT)	63
IV.3.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)	63
IV.3.3. Recherche des streptocoques fécaux	64
IV.3.4. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR) :	65
IV.4. Break point	68

IV.5. Jar-test	69
IV.6. Conclusion	70
Conclusion générale	72
Références bibliographiques	74

Liste des abréviations

ADE :	Algérienne des eaux
ALG :	Algérienne
ASR :	Anaérobies sulfito-réducteurs
°C :	Degré Celsius
CF :	Coliformes fécaux
CE :	Conductivité électrique
CSR :	Clostridium sulfito-réducteur
CT :	Coliformes totaux.
E-coli :	Escherichia-coli.
EDTA :	Acide éthylène-diamine tétra-acétique
°F :	Degré français
FC :	Facteur de correction
GT :	Germes totaux
hm³/an :	Hectomètre cube par an
MES :	Matière en suspension
mg/l :	Milligramme par litre
MO :	Matière organique
Min :	Minute
NET :	Noir d'érichrome T
Nm :	Nano mètre
NTU :	Unité turbidité néphélométrique
OMS :	Organisation mondiale de la santé
pH :	potentiel d'hydrogène
RS :	Résidu sec
S :	Site
SF :	Streptocoques fécaux
STEP :	Station d'épuration des eaux usées
TA :	Titre Alcalimétrique
TAC :	Titre Alcalimétrique Complet
TDS :	Total des Solides Dissouts
TGEA:	Gélose Tryptone Glucose Agar

TH :	Titre Hydrométrique
TTC :	Chlorure Triphényl 2, 3,5-Tétrazolium
Turb :	Turbidité
UFC :	Unité Formant Colonie
µs/cm :	Micro siemens par centimètre
MO :	Matière Organique
MES :	Matière en Suspension
DCO :	Demande Chimique en Oxygène
DBO :	Demande Biochimique en Oxygène
COT :	Carbone Organique Total
CE :	Conductivité Electrique
B.H.A.A :	Bactéries Hétérotrophes Aérobie et Anaérobies
CMT :	Carbone Minéral Total
CODB :	Carbone Organique Dissous Biodégradable

*Liste des figures**Chapitre I : Généralité sur l'eau*

Figure I.1 : Schéma d'une molécule d'eau	4
Figure I.2 : Les nappes d'eau souterraine	5
Figure I.3 : Les colonies atypiques	9
Figure I.4 : Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies	10
Figure I.5 : Les coliformes totaux	10
Figure I.6 : Les streptocoques fécaux	11
Figure I.7 : Les coliformes fécaux	11

Chapitre II : Présentations de la zone d'étude et description de la station d'épuration

Figure II.1 : Localisation du barrage Bouhamdane.	16
Figure II.2 : Barrage de Bouhamdane le coté nord.	16
Figure II.3 : Barrage de Bouhamdane le cote sud.	17
Figure II.4 : Géomorphologie de la région de Guelma	17
Figure II.5 : photo de la station de traitement des eaux Hammam Debagh	19
Figure II.6 : Bassin de peroxydation	20
Figure II.7 : Bassin de coagulation-floculation	21
Figure II.8 : Décanteur circulaire	22
Figure II.9 : Filtre après (gauche) et avant (droite) lavage	23
Figure II.10 : Réservoir de stockage d'une capacité de 3000 m ³	24

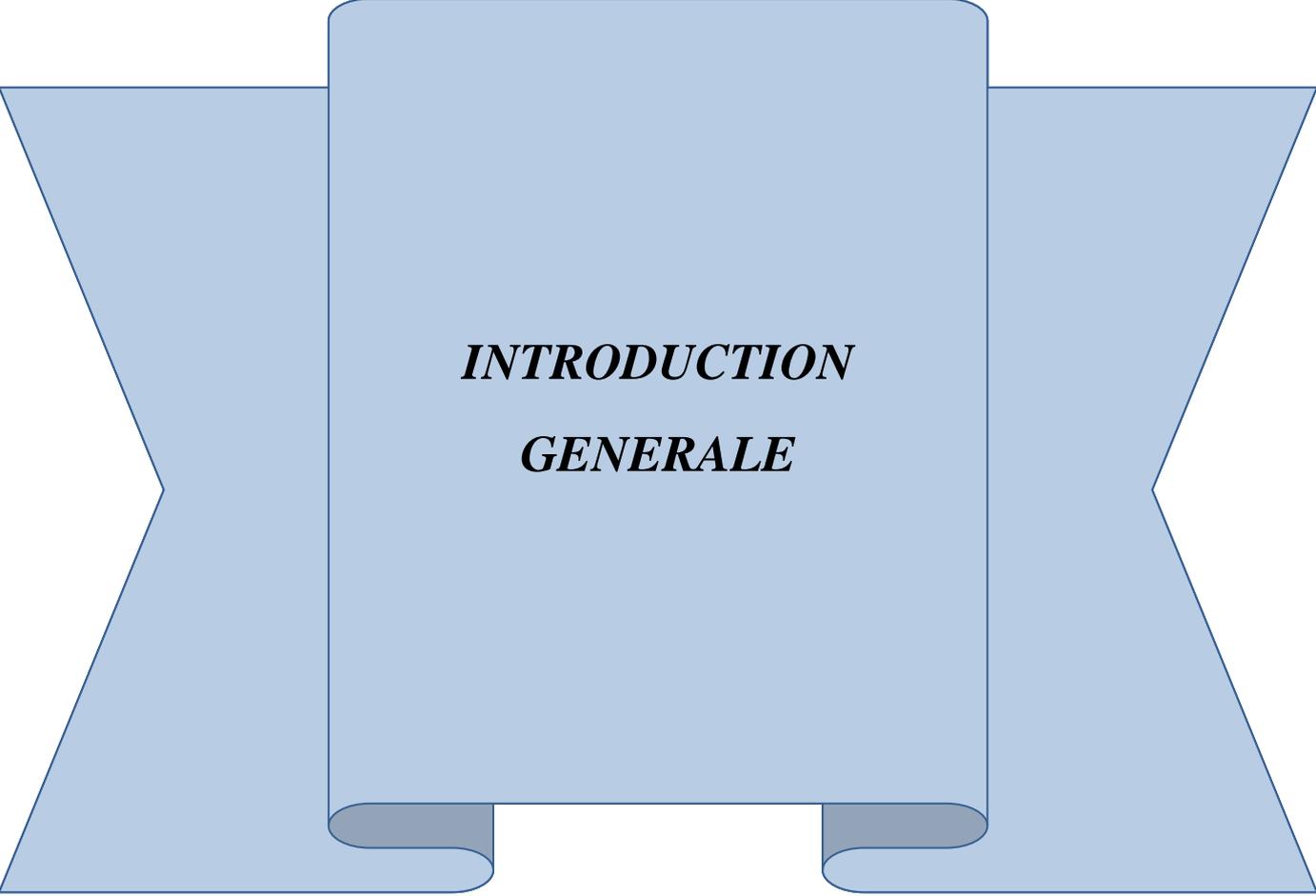
Chapitre IV : Matériels, Méthodes et résultats d'analyses

Figure IV.1 : Image d'appareil de mesure (Multi-paramètre)	43
Figure IV.2 : Image d'un pH mètre	44
Figure IV.3 : Image d'un turbidimètre utilisé	45
Figure IV.4 : Virage de la couleur du jaune au rouge orange pour la détermination du TA et TAC	48
Figure IV.5 : Virage de couleur du violet pour la détermination de calcium	50
Figure IV.6 : Virage de la couleur du rose ou bleu pour la détermination du TH	52
Figure IV.7 : Image représentant dispositif de filtration sous vide	57
Figure IV.8 : Image représentant le dosage d'ammonium	58

Figure IV.9 : la rampe de filtration	64
Figure IV.10 : Image de membrane et boîte de pétri	65
Figure IV.11 : Image représentant le tube stérile	66
Figure IV.12 : la courbe d'adsorption du chlore	68
Figure IV.13 : Essai de coagulation-floculation « jar test »	70

*Liste des tableaux**Chapitre I : Généralité sur l'eau*

Tableau I.1 : Variation de masse volumique de l'eau en fonction la température	7
Tableau I.2 : Pourcentage de l'eau dans les êtres vivants	9
<i>Chapitre II : Présentations de la zone d'étude et description de la station de traitement</i>	
Tableau II.1 : Caractéristique de barrage Bouhamdane	18
<i>Chapitre IV : Matériels, Méthodes et résultats d'analyse</i>	
Tableau IV.1 : Résultats de la température et la conductivité et salinité des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours	43
Tableau IV.2 : Résultats du potentiel d'hydrogène des eaux analysées pendant trois jours	44
Tableau IV.3 : Résultats de la turbidité des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours	46
Tableau IV.4 : Résultats d'analyse TAC, TA et HCO_3^- des eaux brutes (EB) et traitées (ET)	48
Tableau IV.5 : Résultats d'analyse de calcium des eaux brutes (EB) et traitées (ET)	50
Tableau IV.6 : Résultats d'analyses de titre hydrotimétrique des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours	52
Tableau IV.7 : Résultats d'analyse de chlorure des eaux brutes et traitées pendant trois jours	54
Tableau. IV.8 : Résultats d'analyse matière organique, résidu sec et matière en suspension des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours	57
Tableau IV.9 : Résultats d'analyses spectrophotométriques des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours	62
Tableau IV.10 : Résultats d'analyses bactériologiques des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours	67



INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. L'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable

L'eau que nous utilisons provient du réseau public de distribution des eaux. Ce réseau peut être alimenté par un cours d'eau, une nappe phréatique à travers des forages, une source, un barrage.

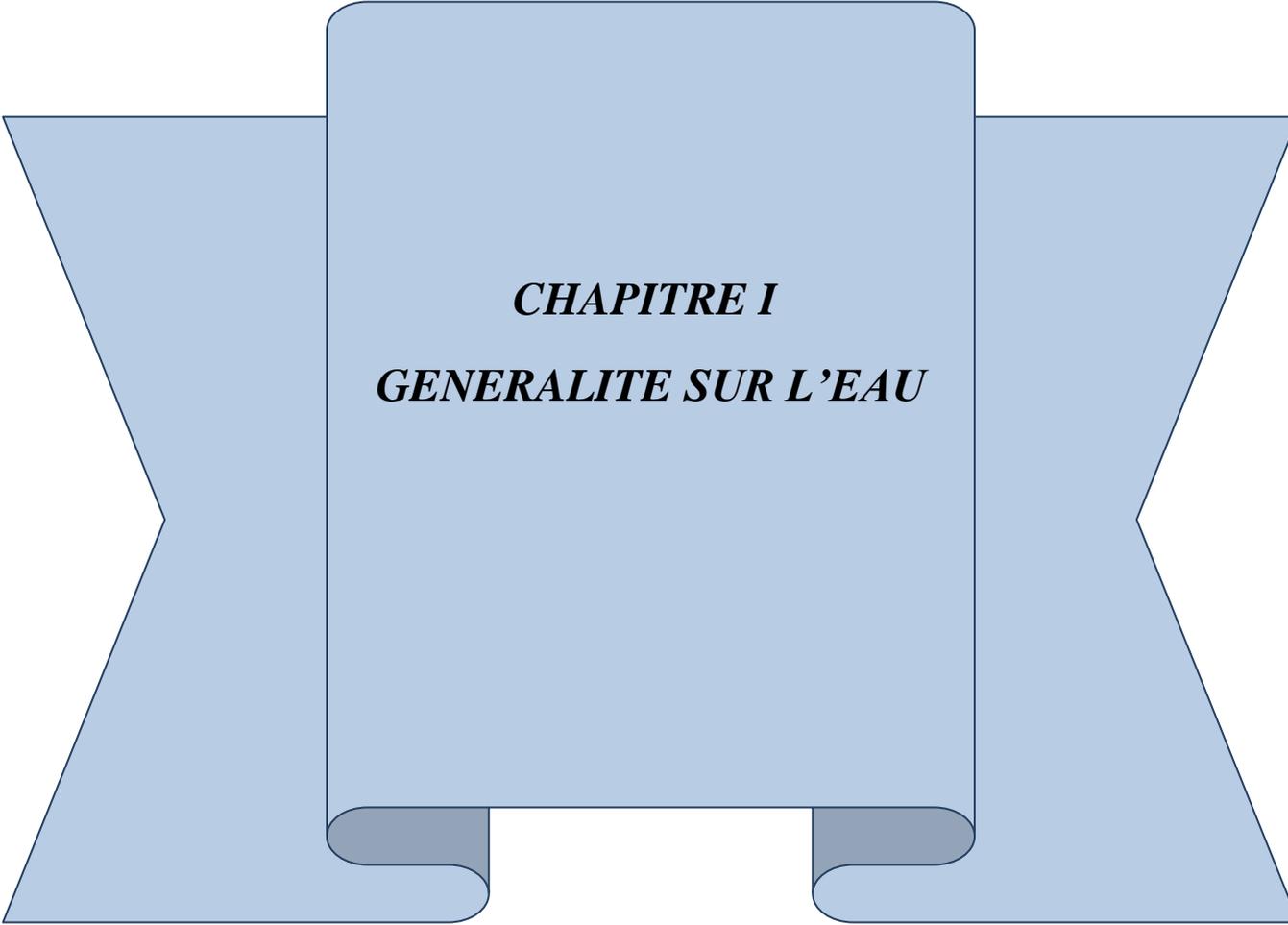
L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable.

Le laboratoire d'analyse a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant traitement à l'aide des analyses pour l'obtention des résultats demandés.

L'Objectif de ce travail est de connaître toutes les étapes utilisées dans la station d'épuration, et de suivre la qualité de l'eau après traitement.

Le mémoire présenté se divise en quatre chapitres.

- ✓ Dans le premier chapitre, on a fait une recherche bibliographique pour avoir une idée sur l'eau.
- ✓ Le deuxième chapitre rassemble d'une part des généralités sur la zone d'étude et d'autre part une description détaillée des différents procédés de traitement des eaux
- ✓ Dans le troisième chapitre, nous présentons une étude bibliographique relative aux analyses physicochimiques de l'eau
- ✓ Le dernier chapitre, est consacré aux analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux du barrage de Hammam Debagh-Guelma.



CHAPITRE I
GENERALITE SUR L'EAU

I.1. Introduction

La formule chimique de l'eau pure est H_2O . Facilement observable à l'état liquide sur Terre, l'eau recouvre 71% de la surface terrestre avec 97% d'eau salée et 3% d'eau douce issue de différents réservoirs. A l'état liquide, on la trouve dans les océans, les lacs, les fleuves ou les rivières. Ce sont également les mers, les lagunes, les étangs, les mares, les ruisseaux, les canaux, les fossés ou les zones interstitielles du sol qui renferment l'eau liquide.

D'après son étymologie, le mot « eau » est dérivé du latin aqua. Si sa gestion est au cœur des questions géopolitiques, c'est surtout qu'elle a joué et continue à jouer un rôle dans l'apparition et le maintien de la vie. Outre le cycle de l'eau ou la préservation des écosystèmes, l'eau est essentielle à notre organisme humain [1].

I.2. Histoire de l'eau

L'origine de l'eau sur Terre représente encore en partie un mystère. Au début de sa formation, la Terre était bien trop chaude pour receler de l'eau liquide à sa surface. L'eau était donc présente entièrement sous forme de vapeur dans l'atmosphère. Une partie de cette eau était probablement issue du matériau même de la Terre et s'est séparé du substrat rocheux au début de son existence. Une autre partie aurait été apportée par des météorites glacées. Les rapports deutérium/hydrogène de l'eau de mer et les teneurs en Xénon de l'atmosphère indiquent que les deux sources ont contribué à l'eau qu'on trouve aujourd'hui sur la surface de la planète. Le premier océan s'est formé vers environ 4 milliards d'années avant notre ère lorsque notre planète s'était suffisamment refroidie pour permettre à de l'eau liquide de s'accumuler à sa surface. L'océan primordial a mis quelques milliers d'années à se former. Par la suite, la morphologie des océans a varié selon la position des continents. Le mouvement des continents et l'existence de plaques continentales et de la tectonique des plaques ont été postulés pour la première fois par Alfred Wegener en 1915 suite à l'observation des formes des continents actuels. Dans les années 1960, l'observation des fonds océaniques, et notamment des stries symétriques formées par les inversions du champ magnétique de la Terre, amena d'autres chercheurs comme Harry Hess à la déduction que les fonds océaniques ne s'étaient pas formés de manière synchrone, mais lentement au cours du temps. À travers ces stries océaniques et d'autres méthodes de datation, il est possible d'estimer l'âge des océans actuels. L'océan Atlantique, par exemple, est âgé d'environ 200 millions d'années et s'élargit d'environ 2,5 cm par ans [2].

I.3. Structure de la molécule d'eau

L'eau est un corps dont l'unité de base est une molécule, notée H_2O , formée d'un atome d'oxygène relié à deux atomes d'hydrogène par des liaisons covalentes: chaque atome d'hydrogène partage ainsi avec l'atome d'oxygène une paire d'électrons. L'assemblage d'atomes obtenu est non linéaire, formant un coude dans l'assemblage de H_2O : c'est la raison de la polarité de la molécule d'eau. La structure de la molécule d'eau est représentée sur la Figure I.1 [3].

L'eau est un solvant idéal. L'eau pure n'est pas présente dans la nature et doit être obtenue par des processus physique [4].

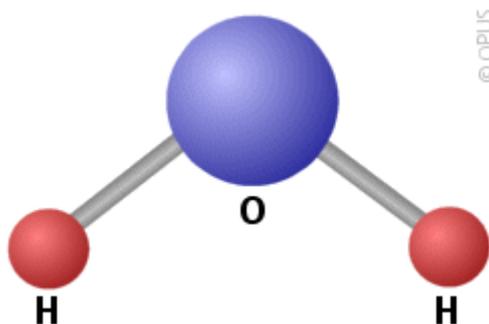


Figure I.1 : Schéma d'une molécule d'eau [5].

I.4. Source d'eau

L'homme, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverges activités industrielles et agricoles, fait recours généralement à trois types de ressources naturelle :

- ✚ Les eaux souterraines,
- ✚ Les eaux de surface (rivières, fleuves et lacs)
- ✚ Les eaux salines (eaux de mer et saumâtres)

L'eau à l'état naturel (superficielle, souterraine ou saline) n'est jamais « pure » ; c'est un milieu vivant qui se charge de très divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle [6].

I.4.1. Eaux souterraines

Les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines.

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre de réservoirs aquifères appelés nappes (Figure I.2) [6].

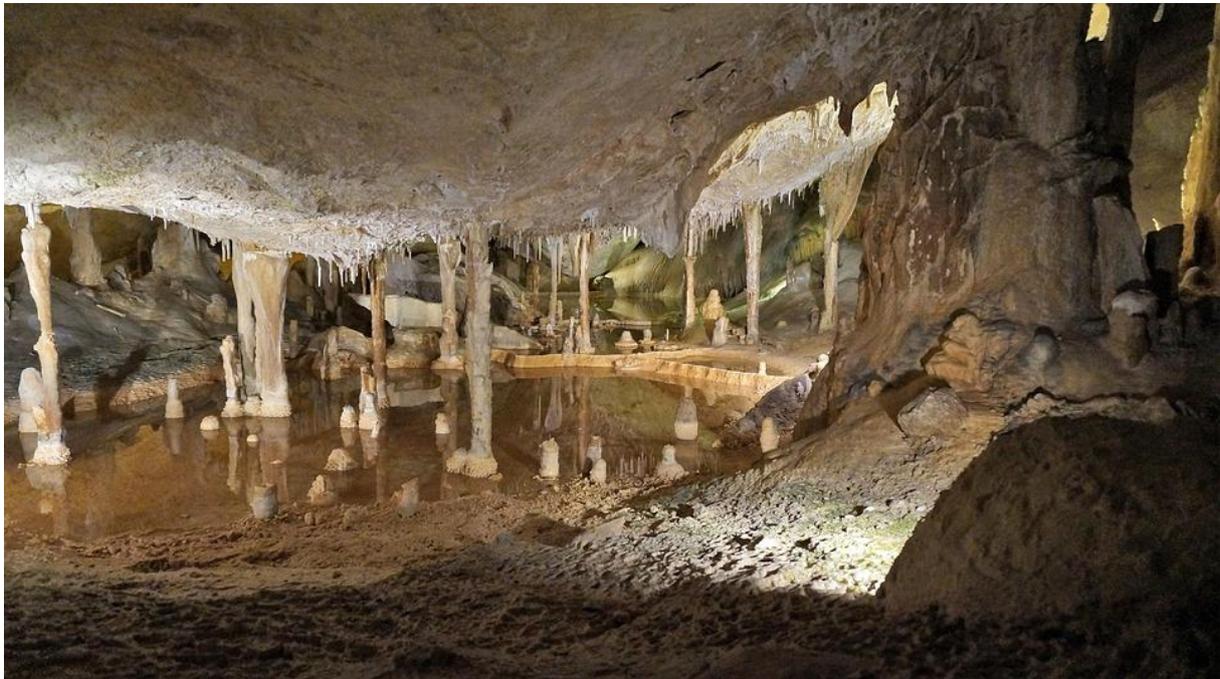


Figure I.2 : Les nappes d'eau souterraine [7].

I.4.2. Eau de surface

Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) où peut apparaître une grande hétérogénéité de la qualité selon la profondeur [8].

I.4.3. Eau saline

L'eau salée des océans représente le principal réservoir d'eau de la planète. À l'origine, l'eau salée est sous forme de neige ou d'eau de pluie douce, mais dans le sol, l'eau s'enrichit de sels minéraux lorsqu'elle s'écoule vers les points les plus bas sur la planète. Lorsqu'il n'y a plus de collines à descendre, l'eau atteint l'océan. Ensuite, l'eau s'évapore à la surface des océans, laissant derrière son sel.

L'eau de l'océan est un habitat fertile pour les poissons, mais elle contient beaucoup trop de sel pour remplir plusieurs de nos besoins. Ce n'est certainement pas une eau bonne à boire! [9].

I.5. Propriétés de l'eau

I.5.1. Propriétés physiques

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante et elle possède les propriétés physiques principales suivantes :

I.5.1.1. Point d'ébullition

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

I.5.1.2. Viscosité

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

I.5.1.3. Solvant

L'eau est le plus important solvant de la surface de la planète. Elles se chargent donc des minéraux et substances organique qu'elle croise et dissout.

I.5.1.4. Tension superficielle

La tension superficielle de l'eau est très élevée. Cette propriété permet la formation de Gouttes et favorise l'ascension capillaire.

I.5.1.5. Chaleur spécifique

L'eau est l'élément naturel dont la chaleur spécifique est la plus élevée : 4185 J/kg/K. Elle demande donc beaucoup d'énergie pour être réchauffée et pour être refroidie.

I.5.1.6. Chaleur la tente

Les chaleurs latentes de fusion et de vaporisation de l'eau sont élevées. Comme l'énergie est prélevée sur le substrat on comprend que le phénomène d'évaporation de l'eau vers l'atmosphère refroidisse continument les océans. Ces caractéristiques expliquent que

l'hydrosphère liquide agisse comme un tampon thermique qui régularise la température terrestre.

I.5.1.7. Capacité thermique

L'eau présente une très grande capacité thermique de tous les fluides. Du fait de cette capacité, les masse d'eau agissent comme des tampons ou régulateur contre les changements élevée de température.

I.5.1.8. Transparence

L'eau est transparente dans le spectre visible, mais elle absorbe le rayonnement infrarouge dès les premiers mètres d'épaisseur, ce qui explique que seules les eaux superficielle se réchauffent.

I.5.1.9. Densité maximum

C'est à +4°C que l'eau est eau maximum de sa densité. Lorsqu'une eau superficielle est refroidie jusqu'à cette température, elle rejoint donc le fond de la masse d'eau, ce phénomène est très important pour le brassage des eaux des lacs, notamment. [10]

I.5.1.10. Masse volumique

Par tassement progressif de l'édifice moléculaire, la masse volumique varie avec la température et la pression.

Pour l'eau pure sous pression normale, elle passe par un maximum à environ 4 °C (exactement 3,982 °C) et sa variation en fonction de la température est dans le (Tableau I.1)

Tableau I.1. : Variation de masse volumique de l'eau en fonction la température [11].

T°C	Masse volumique kg · dm ⁻³	T°C	Masse volumique kg · dm ⁻³
0	0,999 839	20	0,998 204
4	0,999 972	25	0,997 045
10	0,999 699	30	0,995 647
15	0,999 099	100	0,958 365

I.5.1.11. Conductivité électrique

L'eau est légèrement conductrice. La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 micros siemens par mètre à 20 °C (correspondant à une résistivité de 23,8 mégohms-centimètres). Elle augmente lorsque des sels sont dissous dans l'eau et elle varie en fonction de la température [11].

I.5.2. Propriétés chimiques

L'eau est un excellent solvant qui dissout un très grand nombre de sels, de gaz, de molécules organiques. Les réactions chimiques de la vie se passent en milieu aqueux; les organismes sont très riches en eau (jusqu'à plus de 90%) : Elle a longtemps été considérée comme un solvant neutre intervenant peu ou pas dans les réactions chimiques. La dilution dans l'eau permettait en particulier de ralentir l'activité des réactifs. En fait, l'eau est un agent chimique très agressif qui risque d'attaquer les parois du récipient qui la contient: dans un flacon en verre, des ions silicium passent dans l'eau. L'eau pure peut exister du point de vue réglementaire, c'est à dire eau sans contaminants bactériens et chimiques, mais elle n'existe pratiquement pas du point de vue chimique: même l'eau distillée contient des traces d'ions ou de molécules organiques prélevées aux conduites et aux récipients [12].

I.5.3. Propriétés biologiques

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants .Il existe un cycle biologique, au cours duquel s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau. Celle-ci est le constituant principal (en volume) des êtres vivants, et plus particulièrement du protoplasme de toutes les cellules. L'eau compose aussi la plus grande partie de nos aliments (70 à 95 % de la plupart de nos viandes et de nos fruits et légumes).Il est donc évident que « l'eau, c'est la vie », mais il convient de préciser quelques-unes des multiples relations qui existent entre elle et les êtres vivants [13].Tableau I.2 représente les pourcentages de l'eau dans les êtres vivants

Tableau I.2 : les pourcentages de l'eau dans les êtres vivants [14].

Organisme	% Teneur en eau
Humain	62 %
Méduses	98 %
Escargots	95 %
Grenouilles	78 %
Oiseaux	70-75 %
Insectes	50-80 %
Pommes de Terre	78 %
Tomates	91 %
Œuf	75 %

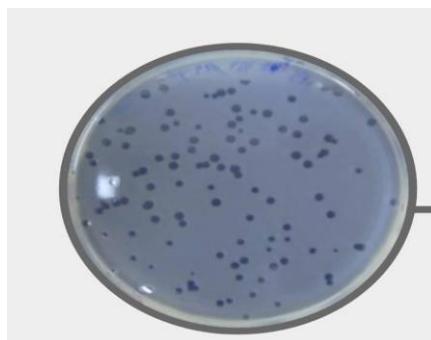
I.6. Analyses bactériologiques

En général, les analyses de l'eau se divisent en deux parties ; analyses physicochimiques et analyses bactériologiques. Nous donnons ici un aperçu sur les analyses bactériologiques. Nous avons consacré le chapitre III à une étude bibliographique sur les analyses physicochimiques de l'eau.

I.6.1. Colonies atypiques

Les colonies atypiques sont des colonies bactériennes qui font partie des B.H.A.A mais leur présence dans l'eau potable n'est pas souhaitable. Elles n'ont pas la couleur vert métallique lors du dénombrement des coliformes par la méthode de la membrane filtrante et ont la croissance des coliformes lorsque leur nombre est supérieur à 200 UFC/100 ml. En grand nombre, elles rendent les analyses bactériologiques inutiles et on doit faire une désinfection de façon préventive.

La Figure I.4 représente la photo de colonie atypique

**Figure I.3** : Les colonies atypiques [15].

I.6.2. B.H.A.A. (Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies)

Représentent le décompte total des germes présents dans l'eau. Un dénombrement plus grand que 500 UFC par millilitre rend l'eau impropre à la consommation. Heureusement, la grande majorité des B.H.A.A. retrouvées dans l'eau potable sont non pathogènes. Cependant, quelques-unes le sont, et elles peuvent causer des infections aux personnes dont le système immunitaire est affaibli.

Les B.H.A.A. peuvent aussi servir d'indicateur de pollution, notamment pour déceler la présence de matière organique résiduelle dans les conduites d'alimentation. La matière organique favorise la croissance des bactéries. Le rôle d'indicateur des B.H.A.A. est donc précieux pour un meilleur contrôle de qualité de l'eau potable. La Figure I.5 représente la bactérie B.H.A.A



Figure I.4 : Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies [15].

I.6.3. Coliformes totaux

Concernent le décompte total des bactéries de type coliformes. Bien que la plupart dérivent de substances végétales, certains coliformes totaux peuvent être d'origine fécale (de 10 à 15 %). Ces bactéries servent d'indicateurs de pollution ou de contamination microbiologique. Dans le cas d'un puits cela peut révéler la présence d'une infiltration de l'eau de surface. Si l'analyse d'eau détecte la présence de coliformes totaux dans une concentration de plus de 10 UFC/100ml, il faut désinfecter le puits. On suggère aussi de faire un nouvel échantillonnage de l'eau potable dans les 30 jours qui suivent et la Figure I.6 représente les coliformes totaux.

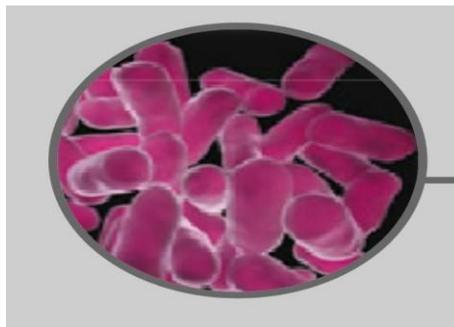


Figure I.5 : Les coliformes totaux [15].

I.6.4. Entérocoques (streptocoques fécaux)

S'apparentent aux coliformes fécaux, ils sont donc des bactéries pathogènes, c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Presque toujours reliés à la contamination fécale, les entérocoques résistent beaucoup aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains entérocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites et d'autres toutes aussi sérieuses. La Figure I.7 représente les streptocoques fécaux



Figure I.6 : les streptocoques fécaux [15].

I.6.5. Coliformes fécaux

Proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux à sang chaud. La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risquée pour la santé des humains et des animaux. La bactérie e-coli (*Escherichia coli*) appartient à cette catégorie de coliformes. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et, dans certains cas, peut causer la mort. Les premiers symptômes sont généralement de nature gastro-intestinale (nausées, vomissements et diarrhée). La Figure I.8 représente les coliformes fécaux



Figure I.7 : Les coliformes fécaux [15].

I.7. Pollution des eaux

On appelle pollution de l'eau toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif les êtres vivants la consommant. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé [16].

I.7.1. Origine de la pollution de la ressource en eau

La pollution de la ressource en eau se caractérise par la présence de micro-organismes, de substances chimiques ou encore de déchets industriels. Elle peut concerner les cours d'eau, les nappes d'eau, les eaux saumâtres mais également l'eau de pluie, la rosée, la neige et la glace polaire.

Cette pollution peut avoir des origines diverses :

I.7.1.1. Pollution industrielle

Avec les rejets de produits chimiques comme les hydrocarbures ou le PCB rejetés par les industries ainsi que les eaux évacuées par les usines

I.7.1.2. Pollution agricole

Avec les déjections animales mais aussi les produits phytosanitaires/pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais et utilisés dans l'agriculture. Ils pénètrent alors dans les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines.

I.7.1.3. Pollution domestique

Avec les eaux usées provenant des toilettes, les produits d'entretien ou cosmétiques (savons de lessives, détergents), les peintures, solvants, huiles de vidanges, hydrocarbures...

I.7.1.4. Pollution accidentelle

Avec le déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel et qui viennent perturber l'écosystème [17].

I.7.2. Type de pollution

I.7.2.1. Pollution organique

Elle concerne les microorganismes pathogènes présents dans l'eau comme les bactéries et les virus. Cette pollution bactériologique se caractérise par un taux élevé de coliformes fécaux.

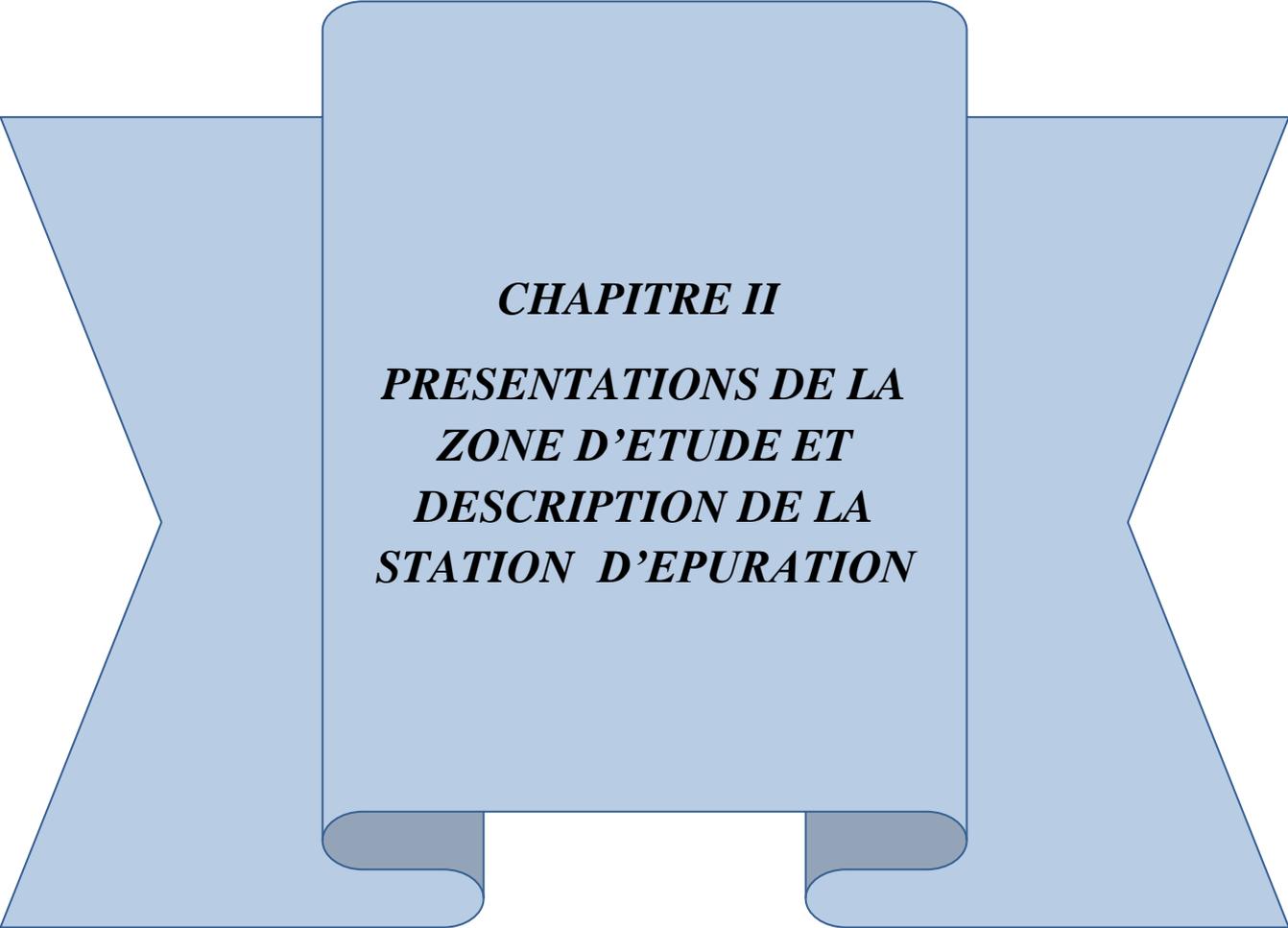
La pollution organique provient principalement des excréments, des ordures ménagères et des déchets végétaux

I.7.2.2. Pollution chimique

Elle concerne les nitrates et les phosphates contenus dans les pesticides, les médicaments humains et vétérinaires, les produits ménagers, la peinture, les métaux lourds (mercure, cadmium, plomb, arsenic...), les acides, ainsi que les hydrocarbures utilisés dans l'industrie [17].

I.8. Conclusion

L'eau est une composante importante de la vie humaine, cette dernière peut contenir des substances polluantes c'est pourquoi elle a besoin d'être traitée et analysée avant utilisation.



CHAPITRE II
PRESENTATIONS DE LA
ZONE D'ETUDE ET
DESCRIPTION DE LA
STATION D'EPURATION

II.1. Introduction

Ce deuxième chapitre est consacré à la description de la zone du barrage de Hammam Debagh ainsi qu'à la description de la station d'épuration

II.2. Zone d'étude

II.2.1. Situation géographique du la wilaya

La station d'étude est située dans le territoire de wilaya de Guelma. La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord du pays, les Hauts plateaux et le sud. La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686,84 Km². Elle est limitée : Au Nord par Annaba, au Nord-Est par El Taref, à l'Est par Souk Ahras, au Sud par Oum El – Bouaghi, à l'Ouest par Constantine et au Nord-Ouest par Skikda [18].

II.2.2. Présentation du barrage Bouhamdane

Le barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdane) est situé à 23 km de la wilaya de Guelma puisqu'il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, sur l'Oued Bouhamdane, il tire son nom de la zone des sources thermales et il a été mis en service en 1987 [19].

Le Barrage est destiné principalement à l'irrigation du périmètre de Guelma, et de Bouchegouf soit une superficie de 13000 ha et à plus long terme à l'alimentation en eau de la ville de Guelma. La retenue créée par le Barrage aura une capacité totale de 200 hm³ permettant une régularisation annuelle de 55 à 60hm³

Le bassin versant du barrage s'étant sur 1070 km donnant un apport interannuel de 69 hm³. La crue maximale retenue par le projet est de 35000 m³ /s [20].

La Figure II.1 représente localisation du barrage de Bouhamdane

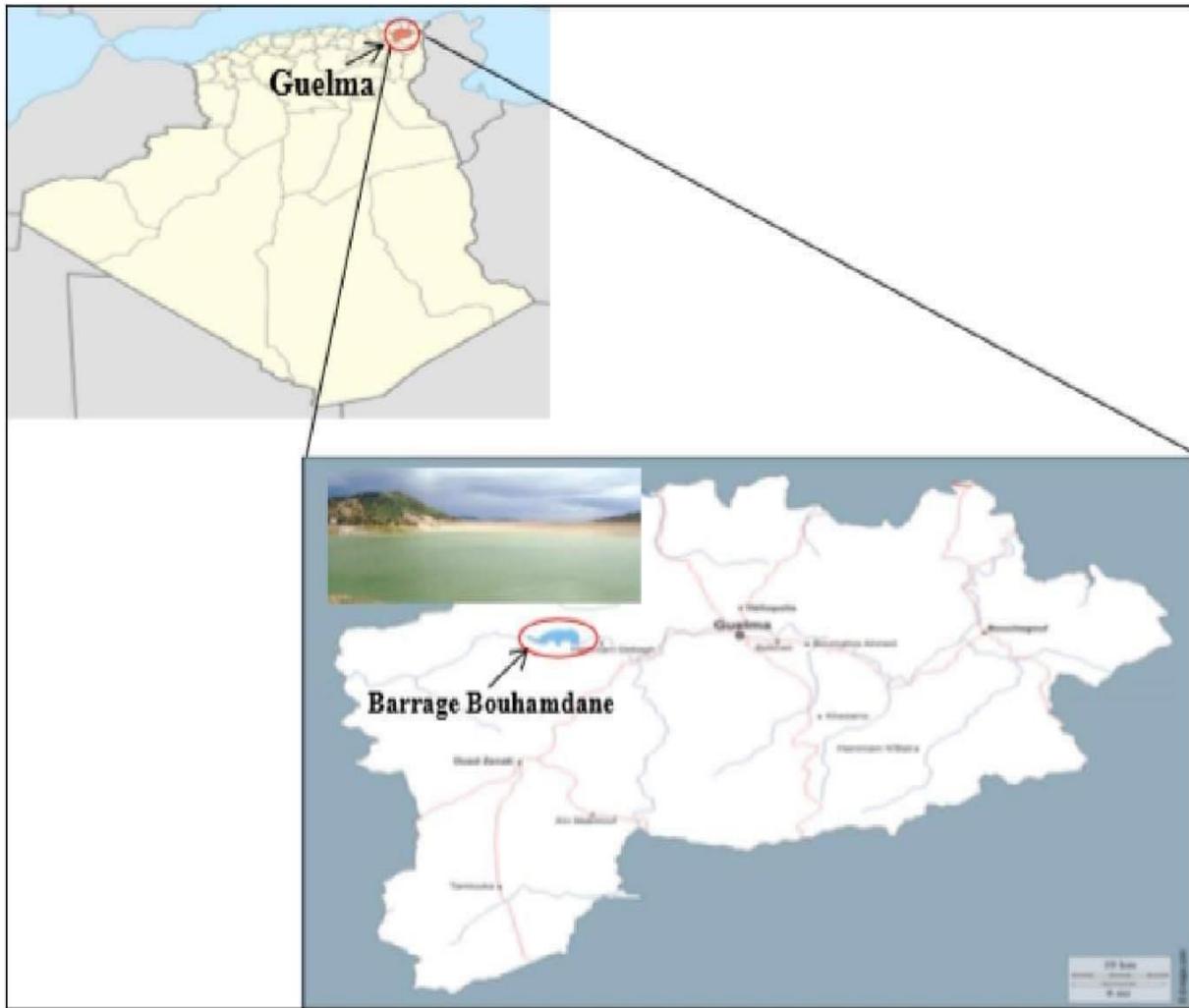


Figure II.1 : Localisation du barrage Bouhamdane [21].



Figure II.2 : Barrage de Bouhamdane le coté nord [20].



Figure II.3 : Barrage de Bouhamdane le coté sud [20].

II.2.3. Cadre géologique

La géologie de la région de Guelma est caractérisée par des formations allant du Quaternaire au Trias, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement: les alluvions (sable, gravier, cailloutis,...), les grés, les marnes, les argiles, les flyschs et les calcaires. La dépression qui forme le réservoir aquifère de la vallée de Guelma est remplie par les alluvions d'âge Plio-quaternaire. Ce remplissage constitue l'ancienne et l'actuelle terrasse de la vallée de la Seybouse [22]. La Figure II.4 représente géomorphologie de la région de Guelma

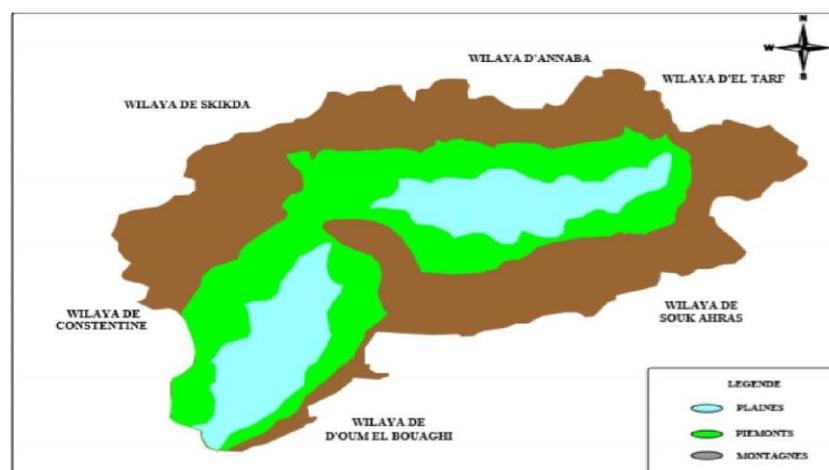


Figure II.4 : Géomorphologie de la région de Guelma [23].

II.2.4. Caractéristiques du barrage Bouhamdane

Les principales caractéristiques de barrage sont représentées dans Tableau II. 1. [20].

Tableau II.1. Caractéristique de barrage Bouhamdane [20].

Début des travaux	Octobre 1980
Achèvement des travaux	Décembre 1987
Localité	Bouhamdane (Guelma)
Une élévation	418.31m
Effluents	Oued Bouhamdane
Type	En terre avec noyau central
Capacité hydrique	200 hm³ (1988) 184.347 hm³ (2004) Après levée bathymétrique
Superficies du bassin versant	1070 km³
Apport annuel moyen	63 hm³
Profondeur maximale	93 m
Hauteur de l'eau	Minimal : 5 m, maximal : 60 m
Envasement moyen annuel	0.53 hm³
Sources d'approvisionnement en eau	Oued Bouhamdane et ses affluents
Largeur en crête	340 m
Longueur en crête	9 m
Volume de la digue	6500000 m³
Largeur à la base	516 m
Longueur de couronnement	430 m
Excavations	1700000 m³

II.2.5. Climat

La région est soumise à un climat de type méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes, l'une humide marquée par une forte pluviométrie allant d'octobre à mai et par de faibles températures, l'autre sèche et chaude avec de fortes températures ; atteignant leur maximum au mois d'août [23].

II.2.6. Localisation de station

La station de traitement concernée par cette étude, est la station de production d'eau Potable d'Hammam Debaghe ; wilaya de Guelma d'une capacité 500 l/s.

Le site de la station de traitement des eaux sis sur la rive droite d'Oued Bouhamdane, est situé à Hammam Debagh, à environ 2 km au nord-ouest de l'agglomération chef-lieu de commune et à 40 m d'Oued Bouhamdane.

La station de traitement Hammam Debagh est à 1 Km du barrage Bouhamdane et à 20 Km. de la ville de Guelma [21]. La Figure II.5 représente la photo de traitement des eaux Hammam Debagh



Figure II.5 : photo de traitement des eaux Hammam Debagh [21].

II.3. Description de la station de traitement

II.3.1. Origine d'eau

L'eau brute captée à partir du barrage de Bouhamdane, doit passer par la prise d'eau afin de régulariser le débit entre 1800 et 2000 m³/h selon la turbidité, et d'où les gros déchets sont maintenus au moyen de trois grilles automatiques. La prise d'eau est composée d'un régulateur de débit de 300 Tr/min, et une prise de regard pour stopper le débit en cas de curage et coupure de courant.

II.3.2. Canal d'amené de l'eau brute

A l'entrée de la station, l'eau brute est passe dans une conduite de 700 mm de diamètre vers le bassin de mélange. Elle est équipée de :

- ✚ Un clapet anti-retour
- ✚ Une vanne de régulation du débit
- ✚ Un manomètre et un réducteur de pression

II.3.3. Bassin de mélange

Le bassin de mélange est de type rectangulaire dont les dimensions sont (21.50 m X 9.20 m) avec une profondeur de 5 m. Il est divisé en trois (sous bassins);

II.3.3.1. Sous bassin de peroxydation

La pré-oxydation se fait à l'entrée du bassin de mélange par l'injection d'hypochlorite de sodium d'une concentration de 48°, cette opération sert à la destruction des germes pathogènes et à oxyder les algues et les matières organiques et métaux lourds (fer, manganèse...etc.).

La dose optimale est déterminée au laboratoire au moyen de la méthode du break-point. Le bassin de peroxydation représentée dans la Figure II.6



Figure II.6 : Bassin de peroxydation

II.3.3.2. Sous-bassins de coagulation-floculation

Dans la première partie, la coagulation se fait par l'injection de sulfate d'alumine avec un mélange rapide et dans la deuxième partie, la floculation se fait par l'injection du polymère avec un mélange lent. Les doses optimales sont déterminées au laboratoire par jar-test.

Après la coagulation-floculation, (Figure II.7) l'eau doit passer dans le décanteur mais si la turbidité est inférieure à 5 NTU, elle doit passer directement à la filtration à travers une canalisation appelée « *by pass* ».



Figure II.7 : Bassin de coagulation-floculation

II.3.4. Décanteur

La station est équipée d'un décanteur circulaire, à travers lequel 70% des matières en suspension sont raclées après un temps de séjour de 2 à 3 heures sous forme de boues d'où une partie est maintenue pour le traitement biologique et l'autre partie est rejetée dans la rivière.

Le décanteur est en béton en forme cylindro-conique avec un pont racleur, il a les caractéristiques suivantes :

- ✚ Débit unitaire (m^3/h) : 2130 m^3/h
- ✚ Volume (m^3) : 1500 m^3

- ✚ Superficie unitaire de clarification (m²) : 1325 m²
- ✚ Vitesse ascensionnelle (m/h) : 1.61 m/h
- ✚ Evacuation des boues gravitairement par canalisation DN 400.

La Figure II.8 représente le décanteur circulaire



Figure II.8 : Décanteur circulaire

II.3.5. Bassin de filtration

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors de la pré-oxydation. La station de hammam Debagh se dispose de six (06) bassins de filtration dont les dimensions sont : 10 m X 5 m avec une profondeur de 2.45 m pour chacun d'entre eux. Les filtres fonctionnent en système automatique, et la masse filtrante est composée d'une seule couche de sable (de type silice) d'une hauteur de 1.20 m.

La filtration est gravitaire sur lit de sable avec régulation de débit. Les filtres à sables de la station de Hammam Debagh sont représentés dans la (Figure II.9).



Figure II.9 : Filtre après (gauche) et avant (droite) lavage

Le contre-lavage serait effectué par des cycles « eau/air et eau » et géré par un automate programmable. Avec une durée de 15 à 20 min

Les eaux filtrées sont collectées dans une bache d'une capacité de 200 m³, et dont les dimensions : 14 m X 5,5 m avec une hauteur de 2,5 m.

II.3.6. Désinfection et stockage

Les eaux filtrée et collectées sont transportées ensuite à travers une conduite vers le réservoir de stockage (Figure II.10) où elles vont subir une désinfection par l'injection du chlore (hypochlorite de calcium) ou bien par l'hypochlorite de sodium.

Le réservoir est d'une capacité de 3000 m³ et représente dans la figure II.10



Figure II.10 : Réservoir de stockage d'une capacité de 3000 m³

II.3.7. Station de pompage

Station de pompage est de capacité de 500 l/s sert à pomper l'eau traitée vers Guelma et Hammam Debagh.

II.3.8. Contrôle de la qualité des eaux produites

La station est dotée d'un laboratoire d'auto-contrôle composé de deux parties :

✚ Partie physicochimique :

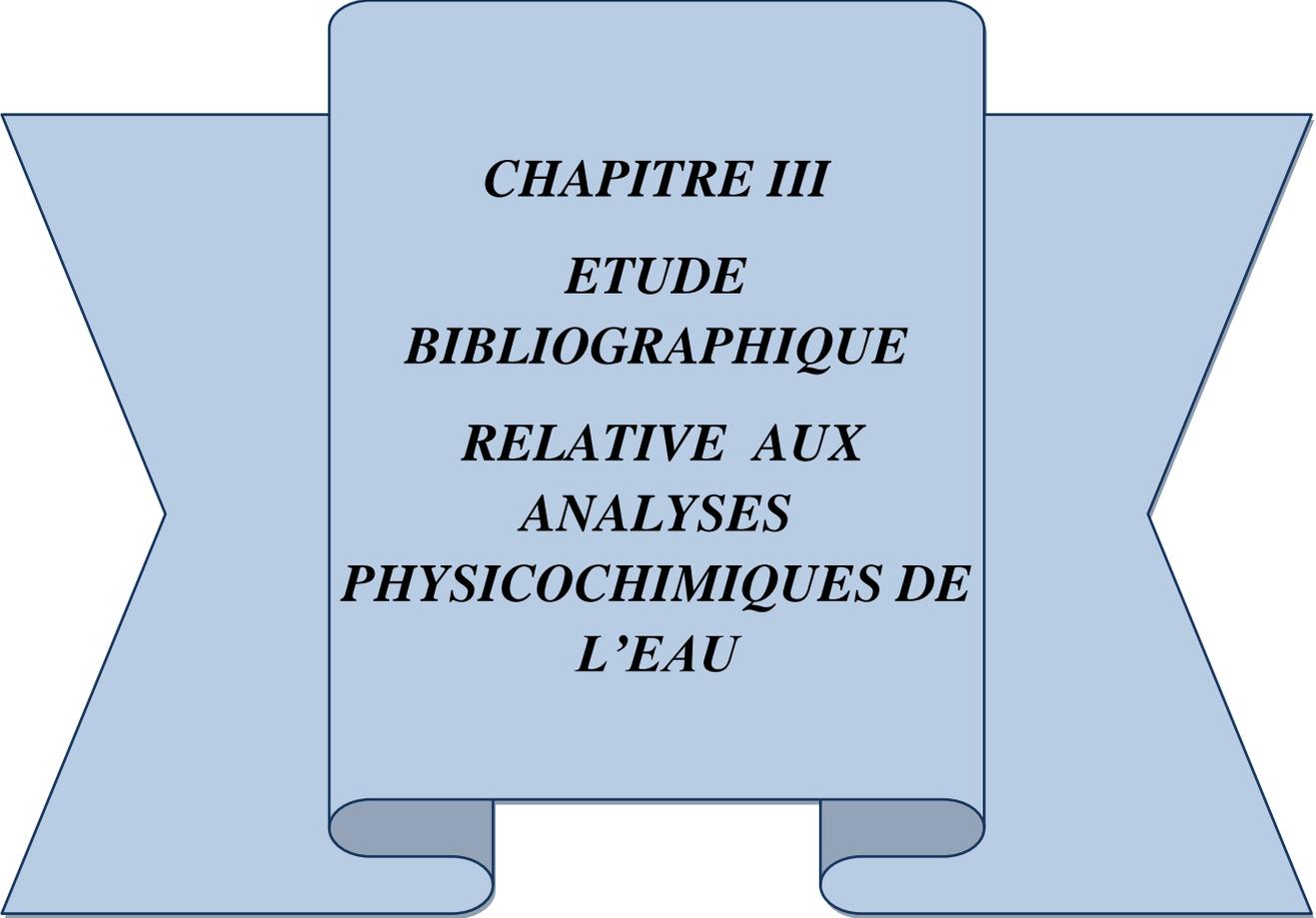
Cette partie concerne les étapes de clarification, réduction du taux de calcium et du magnésium,

✚ Partie bactériologique :

L'analyse bactériologique se fait sous la directive de l'OMS, ISO (recherche de pathogène: indicateur et coliforme) [24].

II.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons discuté de la façon de traiter les eaux de surface et les rendre potable. Nous avons expliqué ainsi toutes les étapes suivies dans la station d'épuration de Hammam Debagh



CHAPITRE III
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE
RELATIVE AUX
ANALYSES
PHYSICOCHEMIQUES DE
L'EAU

III.1. Introduction

L'eau est un des éléments les plus contrôlés. Pour garantir la qualité sanitaire de l'eau du robinet des analyses devrait être faites pendant tout le processus de production d'eau potable en utilisant diverses techniques de laboratoire. Dans ce chapitre, nous présentons une étude bibliographique sur les analyses physicochimiques de l'eau [25].

III.2. Caractères organoleptiques

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.) [26].

III. 2.1. Couleur

III.2.1.1. Définition

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

III.2.1.2. Méthode d'analyse

III.2.1.2.1. Méthode au platine-cobalt

La coloration d'une eau placée dans des tubes à colorimétrie est comparée soit avec celle d'une solution de référence de platine-cobalt soit avec des disques de verre colorés et exprimée en unités Hazen.

III.2.1.2.2. Méthode par comparaison avec des disques colorés

Sur le terrain, il est plus commode de comparer la couleur de l'eau à celle d'écrans colorés étalonnés avec une solution de platine-cobalt. Différents modèles sont proposés par les fournisseurs de matériel de laboratoires [27].

III. 2.2. Odeur

L'odeur peut se définir comme la sensation causée par des substances à tension de vapeur appréciable qui stimulent les organes sensoriels du nez et des cavités des sinus. La

réponse à ce stimulus est complexe; il peut y avoir confusion entre le goût et l'odorat dans les cas où une faible odeur donne une saveur à une substance [28].

III. 2.3. Goût, saveur, flaveur

Le goût peut être défini comme :

L'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ;

La propriété des produits provoquant ces sensations.

La saveur peut être définie comme :

- ✚ l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs,
- ✚ la qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances.

Le « seuil d'apparition de goût », ou seuil de flaveur, correspond, pour un dégustateur donné, à la limite de perception de ce goût, la dilution précédente (plus diluée) n'ayant pas de goût particulier. Si ce seuil est atteint pour V_1 ml d'eau testée + V_2 ml d'eau de référence, le seuil d'apparition de goût est par convention :

$$S = (V_1 + V_2) / V_1$$

La flaveur peut être définie comme :

- ✚ l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif, les bourgeons gustatifs et la cavité buccale auxquelles peuvent s'ajouter des sensations thermiques, tactiles, chimiques, kinésiques, douloureuses, etc.

Cette mesure repose sur la finesse du sens gustatif de l'opérateur. L'eau est diluée avec de l'eau sans goût « eau de référence ». La dégustation est effectuée en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du goût [27].

III.3. Particules en suspension et colloïdes

III.3.1. Taille des particules dans les eaux naturelles

Les particules sont toujours présentes dans les eaux naturelles, en général, et dans les eaux superficielles, en particulier. Ce sont des particules d'origine minérale, organique ou biologique. Leurs tailles sont comprises entre quelques centièmes de micromètres et quelques millimètres.

On appelle « colloïdes » ou « particules colloïdales », les particules en suspension dont la taille s'étend de quelque 0,01 μm à quelques μm . Celles dont la taille est plus importante sont plutôt appelées « matières en suspension ».

La limite entre les deux classes n'est pas précise car elle dépend de la méthode de détermination des matières en suspension (décantation, centrifugation, filtration). La méthode peut dépendre, quant à elle, outre de la taille, de la nature des particules notamment de la densité et de la forme [27].

III.3.2. Matières décantables

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'oeil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

En fait, les limites séparant les trois états sont indistinctes et seule la normalisation de la méthode d'analyse permet de faire une distinction précise mais conventionnelle. Les matières en suspension comportent des matières organiques et des matières minérales. Toutes les matières en suspension ne sont pas décantables, en particulier les colloïdes retenus par la filtration.

La portée de la mesure des matières en suspension se trouve limitée, le prélèvement opère déjà une sélection : la mesure donnera systématiquement un résultat par défaut [28].

III.3.3. Matières en suspension

III.3.3.1. Définition

Les matières en suspension (MES) sont l'ensemble des particules solides minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Autrement dit, elles indiquent la présence dans la colonne d'eau de particules plus grosses que 0,45 μm , composés de limon, détritiques, fèces des animaux en élevage ou d'aliments désintégrés [29].

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrées dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de

filtration est supérieur à une heure. Les deux méthodes ont leurs inconvénients respectifs liés à un certain nombre de facteurs. Quelle que soit la méthode choisie, il est nécessaire pour obtenir une reproductibilité satisfaisante de respecter rigoureusement les conditions opératoires et d'utiliser le même type de matériel. D'une façon générale, les matières grossières en suspension doivent être préalablement éliminées par passage sur un tamis et les dépôts restant dans le flacon de prélèvement soigneusement repris. Il convient d'effectuer la détermination le plus rapidement possible après le prélèvement et de préférence sur la totalité de l'échantillon : rincer le flacon de prélèvement pour éviter les pertes [27].

III.3.3.2. Méthodes d'analyses

III.3.3.2.1. Méthode par filtration sur fibre de verre

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

III.3.3.2.2. Méthode par centrifugation

Lorsque les particules sont trop petites pour décanter sous l'action de la pesanteur, on peut les centrifuger, en substituant l'accélération gravitaire (g) par l'accélération centrifuge ($w^2.R$) définie encore par « K. g », avec :

$$K = w^2.R/g$$

Et $w = 2\pi. N/60$

R : rayon de centrifugation (m).

N : nombre de tours par minute de la centrifugeuse.

w : vitesse de rotation angulaire (rad. s⁻¹).

III.3.3.2.3. Méthode par ultra-centrifugation

L'ultra-centrifugation continue permet d'éviter la lenteur et le nombre des opérations inhérentes aux deux autres méthodes [27].

III.3.4. Résidu total

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure le résidu correspond alors aux matières dissoutes [27].

III.3.5. Turbidité

III.3.5.1. Définition

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophes, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues. Quand un fleuve turbide se jette en mer, il crée généralement un bouchon vaseux, un delta sédimentaire et produit en mer un « éventail turbiditique » parfois bien visible depuis un satellite.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire :

- ✚ une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension : argile, limon, particules fines organiques ou inorganiques (consécutives par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés) ;
- ✚ une teneur élevée en plancton ;
- ✚ une pollution ou eutrophisation de l'eau, cause éventuelle d'asphyxie (par anoxie) du milieu ou de colmatage des branchies des poissons [30].

III.3.5.2. Méthodes d'analyses

III.3.5.2.1. Méthode au fil de platine

Mesurer la profondeur à laquelle le filament cesse d'être visible, l'oeil de l'observateur étant placé à l'anneau terminal de la chaîne c'est-à-dire toujours à 1,20 m du fil de platine

III.3.5.2.2. Méthode de Secchi

Cette méthode convient surtout pour les mesures en lacs et dans les ouvrages des stations de traitement et d'épuration des eaux

III.3.5.2.3. Méthode « des gouttes de mastic »

Cette méthode, pratiquement plus utilisée aujourd'hui, s'appuie sur un étalonnage à base de gouttes de mastic dans l'eau distillée [27].

III.4. Gaz dessous

III.4.1. Dosage des gaz totaux

Ce dosage porte sur deux fractions de gaz, les gaz spontanés c'est-à-dire ceux s'échappant à l'émergence, et les gaz dissous dans l'eau. Ces deux fractions sont constituées en général par les mêmes éléments, à savoir, l'anhydride carbonique, l'oxygène, les gaz combustibles, l'azote et les gaz rares [27].

III.4.2. Oxygène dissous

III.4.2.1. Définition

L'oxygène est relativement peu soluble dans l'eau. Sa solubilité diminue lorsque la température augmente, lorsque la teneur en sel augmente et lorsque la pression atmosphérique diminue [31].

La méthode originale de Winkler est sensible à un certain nombre d'interférences. Elle n'est applicable que si l'eau ne contient pas de substances réductrices ou oxydantes telles que des quantités importantes de fer ferreux ou ferrique, de sulfures, de sulfites, de nitrites ou de chlore libre.

La modification d'Alsterberg (à l'azoture) est particulièrement indiquée pour les eaux qui contiennent plus de 0,1 mg / L d'azote sous forme de nitrites, comme c'est souvent le cas pour les eaux résiduaires. Les nitrites sont détruits en milieu acide en libérant de l'azote et du protoxyde d'azote. La méthode volumétrique décrite ci-après correspond à ce principe.

La méthode potentiométriques permet des mesures rapides. Elle est à la fois utilisable sur le terrain et au laboratoire. Pour certains types d'effluents industriels, comme ceux des papeteries, et en présence de composés soufrés, chlorés, de matières organiques, elle donnera les résultats les plus satisfaisants [27].

III.4.2.2. Méthodes d'analyses

III.4.2.2.1. Méthode volumétrique

(Méthode de Winkler modifiée par Alsterberg)

Le précipité d'hydroxyde manganoux fixe complètement l'oxygène pour former de l'oxyde manganique qui, en milieu acide, oxyde l'iodure de potassium préalablement introduit. L'iode libéré est titré par le thiosulfate de sodium.

III.4.2.2.2. Méthode électrochimique

La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution [27].

III.4.3. Dioxyde de carbone (anhydride carbonique)

III.4.3.1. Définition

Les ions bicarbonate et calcium majoritairement présents dans les eaux naturelles ont pour origine la dissolution du carbonate de calcium (calcite ou aragonite) par l'intervention de l'anhydride carbonique dissous dans l'eau et proviennent de l'air atmosphérique.



D'autres carbonates (de fer, manganèse, etc.) sont également dissous, à des concentrations plus faibles, par le même principe.

Le CO₂ total est donc la somme des bicarbonates, des carbonates et de l'anhydride carbonique libre (ou acide carbonique). Si la teneur en CO₂ libre est inférieure à celle prévue par l'équilibre (< CO₂ équilibrant), le premier équilibre ci-dessus se déplace vers la gauche et on observe la formation de carbonate de calcium solide (eau entartrant). A contrario, si la teneur en CO₂ libre est supérieure au CO₂ équilibrant, l'équilibre se déplace vers la droite et on observe une dissolution du carbonate de calcium solide (eau agressive).

Il est donc important de pouvoir doser ou calculer la teneur en CO₂ libre [27].

III.4.3.2. Méthodes d'analyses

III.4.3.2.1. Dioxyde de carbone libre par la méthode titrimétrique

L'anhydride carbonique libre de l'eau est neutralisé par un léger excès d'une solution d'hydroxyde de sodium. Cet excès est ensuite déterminé à l'aide d'une solution titrée d'acide. La solution de soude peut être remplacée par une solution de carbonate de sodium

III.4.3.2.2. Dioxyde de carbone libre par la méthode graphique

Il existe plusieurs méthodes graphiques. Les plus utilisées sont présentées (HALLOPEAU-DUBIN, LEGRAND-POIRIER). D'autres, plus anciennes sont moins utilisées (TILLMANS, LANGELIER) [27].

III.5. Salinité totale, potentiels et titres

III.5.1. Résidu et sels dissous totaux

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes.

Le résultat obtenu est influencé par la température et la durée de la dessiccation.

III.5.1.1. Résidu sec (ou sels dissous totaux sur eau filtrée)

La teneur en matières sèches est exprimée en pourcentage par rapport au poids de l'échantillon. La méthode de mesure consiste à mettre à l'étuve à 105 °C, jusqu'à obtention d'une masse constante, un échantillon de boue (25 à 100 ml selon la concentration de la boue) [32].

III.5.1.2. Résidu minéralisé et perte au feu

Cette mesure ne permet de déterminer qu'approximativement les matières organiques du résidu sec, en raison des décompositions et volatilisations des sels minéraux

III.5.1.3. Détermination du résidu fixe sulfaté

Certaines erreurs, inhérentes à la technique précédente, disparaissent en partie si au lieu de peser le résidu tel quel, il est transformé d'abord en sulfate [27].

III.5.2. Conductivité électrique

III.5.2.1. Mesure la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. On mesure la résistance opposée au passage du courant entre les deux électrodes plongées dans le liquide à analyser [33].

III.5.2.2. Conductivité équivalente et conductivité réelle

La « conductivité équivalente » est le quotient de la conductivité par la concentration, exprimée en équivalents-grammes par centimètre cube. Elle varie avec la concentration et différemment pour chaque ion ce qui rend difficile le calcul de la conductivité réelle à partir de la conductivité mesurée sur les solutions diluées [27].

III.5.2.3. Conductivité permanente

La conductivité permanente peut se déterminer en réalisant un essai d'ionisation par dilution et sur l'eau préalablement portée à ébullition (Touplain), pour cela :

- ✚ Placer un volume V d'eau (500 ml par exemple) dans un ballon de verre à fond en quartz ou en verre borosilicaté. Porter à ébullition pendant 5 minutes. Supprimer le chauffage
- ✚ Fermer le ballon avec un bouchon terminé par un robinet de verre en position de fermeture. Après refroidissement ouvrir le robinet pour laisser entrer l'air.
- ✚ Verser alors le liquide dans une fiole jaugée de 500 ml et compléter avec de l'eau permutée pure. Filtrer et effectuer la mesure sur cette solution.

Pour les eaux ayant une forte teneur en sels minéraux, résidu sec supérieur à 700 mg/l, procéder à la dilution de l'eau avant de déterminer la conductivité [27].

III.5.3. pH

Le pH donne une indication de l'acidité d'une substance. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène libre (H^+) contenus dans la substance. L'acidité est un des paramètres les plus importants des propriétés de l'eau. L'eau est un solvant pour presque tous les ions et le pH permet de comparer les ions les plus solubles dans l'eau.

Le résultat d'une mesure de pH est défini par les quantités d'ions H^+ et d'ions OH^- présentes dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, et le pH à une valeur aux alentours de 7.

Le pH d'une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique et la quantité d'ions OH^- est supérieure à celle d'ions H^+ . Au-dessous de 7, la substance est acide; les ions H^+ sont en quantités supérieures.

$$pH = -\log [H^+]$$

Le pH est un facteur logarithmique; quand une solution devient dix fois plus acide, le pH diminue d'une unité. Si la solution devient 100 fois plus acide, le pH diminuera de deux unités. Le pH est aussi appelé alcalinité [34].

III.5.4. Acidité

L'acidité d'une eau résulte de la présence de dioxyde de carbone dissous (CO_2 libre) et/ou d'acides forts libres. La présence d'acides forts libres se caractérise par un pH de l'eau

inférieur à 4,5 – 4,3. Le dioxyde de carbone dissous est toujours présent dans les eaux naturelles à des concentrations variables selon l'origine géologique ou environnementale de l'eau.

La présence de dioxyde de carbone libre à une concentration mesurable se caractérise généralement par un pH compris entre 4,5 et 8,3. La mesure préalable du pH de l'eau permet de savoir si celle-ci contient ou non des acides forts libres ou si elle ne contient que du dioxyde de carbone [27].

III.5.5. Carbone minéral total

III.5.5.1. Méthode d'évolution

Le carbone Minéral Total (CMT) est une grandeur fondamentale de la composition des eaux. On peut donc penser que sa mesure directe puisse présenter un intérêt et notamment lorsque l'eau à analyser présente un faible TAC et une concentration élevée de CO₂ libre. Mais, l'appareillage nécessaire est complexe et inadapté à une mesure sur les lieux de prélèvement.

Il convient donc de prétraiter l'échantillon sur le lieu même du prélèvement afin de fixer le CO₂ libre en lui ajoutant un excès d'hydroxyde de sodium.

Il existe deux méthodes de dosage du carbone minéral total (méthode d'évolution et méthode de Van Slyke). On ne retiendra que la méthode d'évolution qui est basée sur un dosage titrimétrique [27].

III.5.5.2. Principe

Le dioxyde de carbone du carbonate de calcium précipité lors du prétraitement et des ions carbonates et hydrogénocarbonates dissous est libéré par un excès d'acide. Le CO₂ formé est entraîné par un courant d'air exempt de CO₂, vers une solution de baryte dans laquelle il barbote. Après absorption du dioxyde de carbone, la baryte restante est titrée [27].

III.6. Equilibre calcocarboniques

Certaines eaux naturelles sont susceptibles de déposer du carbonate de calcium sur les parois des ouvrages de distribution d'eau selon un processus qui est très voisin de celui qui est observé sur les parois des cavernes souterraines et qui conduit à la formation des concrétions telles que les stalagmites ou les stalactites. De telles eaux sont dites calcifiantes ou encore incrustantes. Elles peuvent aussi dans certains cas, former des dépôts volumineux dans les

échangeurs thermiques ou les ballons de production d'eau chaude et en perturbent le fonctionnement. Ces eaux sont alors qualifiées d'entartrantes. À l'inverse, certaines eaux peuvent dissoudre le carbonate de calcium lorsqu'elles sont en contact avec une roche ou un matériau calcaire. Elles sont alors dites agressives. Lorsque les eaux sont calcifiantes elles peuvent former une couche protectrice de carbonate de calcium qui isole le matériau de l'eau et permet ainsi de réduire les risques de corrosion des métaux ou de dégradation des matériaux à base de ciment (béton armé ou précontraint ou mortier de ciment). C'est d'ailleurs cette propriété qui conduit les distributeurs d'eau à s'intéresser à cette propriété des eaux et qui a aussi amené les autorités sanitaires à imposer aux responsables des services d'eau de distribuer des eaux légèrement calcifiantes [27].

III.7. Cations et anions

« Cations et Anions » (sous entendu minéraux ou inorganiques) Analyses physico- est importante à plusieurs points de vue.

Les eaux douces, qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle sont plus ou moins minéralisées par des sels naturels. Il est souvent très important de connaître précisément cette minéralisation en plus des indications données par les paramètres globaux de type « titre » et « potentiel ». Par ailleurs, certains des cations et anions minéraux naturels présents dans les eaux sont considérés comme indésirables ou toxiques selon l'usage auquel l'eau douce est destinée (domestique, agricole, industriel, santé, tourisme, refroidissement...). Ces anions et cations sont généralement présents à des concentrations très variables, de l'ordre de quelques ppb ou dizaines de ppb (comme par exemple, l'arsenic, le sélénium, le manganèse, le fer, etc.) à plusieurs dizaines ou centaines de ppm (comme par exemple le calcium, le magnésium, les carbonates, les fluorures, etc.).

Enfin, d'autres paramètres minéraux, également en faible concentration, peuvent être issus du traitement et de la distribution de l'eau potable qu'il est nécessaire d'analyser pour le contrôle sanitaire (comme par exemple, les bromates, les chlorites, le plomb, etc.).

Les méthodes les plus utilisées sont ; Spectrométrie d'adsorption moléculaire, chromatographie ionique (cl), spectrométrie d'adsorption atomique [27].

III.8. Radioactivité

III.8.1. Définition

La radioactivité est le terme utilisé pour décrire les transitions atomiques spontanées qui mettent en jeu les changements d'état des noyaux des atomes.

L'énergie dégagée dans ces transformations est émise sous la forme de radiations électromagnétiques ou corpusculaires.

III.8.2. Détermination de la radioactivité

La détermination de la radioactivité d'un échantillon fait appel à la mesure de rayonnements électromagnétiques (photons gamma ou X), d'émissions d'électrons ou bêta ou de particules alpha. Les appareils de mesure doivent avoir une bonne sensibilité et un faible bruit de fond. Différents types de détecteur sont utilisés, ceux dont le signal résulte des ionisations provoquées par les rayonnements γ ou le dépôt d'énergie des particules chargées (Compteurs Geiger-Muller, chambres d'ionisation, compteurs proportionnels, détecteurs à diodes ou semi-conducteurs (semicteurs)), ceux qui utilisent les excitations (scintillateurs). En mesurant le nombre d'ionisations ou d'excitations, on accède à l'énergie de la particule. Le détecteur utilisé en « impulsion » est relié à un préamplificateur dont le faible signal de sortie est de l'ordre d'une dizaine de mV par MeV. Le signal est ensuite amplifié en gardant une excellente linéarité dans la plage 0 à 10 V [27].

III.9. Paramètres organiques globaux

III.9.1. Indice permanganate

L'indice permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène en relation avec la quantité d'ions permanganate consommée par un échantillon d'eau, dans des conditions définies. Exprimé en mg/L d'oxygène, il correspond à une mesure conventionnelle pour évaluer la contamination d'un échantillon d'eau faiblement chargé en matière organique [27].

III.9.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène en mg qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon d'eau de 1 litre. On sépare généralement la DCO particulaire de la DCO soluble pour différencier les matières en

suspension des matières organiques solubilisées. La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel [35].

III.9.3. Demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, tensioactifs, etc.). Ce prélèvement d'oxygène se fait au détriment des autres organismes vivants du milieu aquatique. En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours. L'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO5 est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée. [36].

III.9.4. Carbone organique total (COT)

Carbone Organique Total (COT) Le Carbone Organique Total (COT) est un paramètre important pour définir la qualité d'une eau, ou son degré de pollution [37].

Le carbone organique ne représentant le plus souvent qu'une faible concentration par rapport aux teneurs en carbone inorganique.

$$\text{Carbone Total} = \text{Carbone Organique Total (COT)} + \text{Carbone Minéral}$$

Le carbone organique total (COT) est constitué d'une grande diversité de matières organiques dont certaines peuvent être présentes sous forme particulaire (COP). Une filtration des échantillons (sur une membrane filtrante de 0,45 µm) permet d'éliminer cette fraction non dissoute et d'analyser spécifiquement le carbone organique dissous (COD) [27].

III.9.5. Carbone organique dissous biodégradable (CODB)

III.9.5.1. Définition

Quantité maximum de carbone organique dissous exprimée en mg/l consommée par la biomasse pendant la durée d'incubation. Elle est définie comme étant la différence entre le COD en début d'expérience et le COD minimum observé au cours de l'incubation.

La teneur en carbone organique dissous biodégradable (CODB) représente un paramètre clé dans le contrôle de la stabilité biologique des eaux dans les réseaux de distribution d'eaux potables [27].

III.9.5.2. Méthodes d'analyses

III.9.5.2.1. Méthode par bactéries fixées

Évaluation de la fraction du carbone organique dissous biodégradable par des bactéries fixées sur du sable biologiquement actif (SBA).

L'échantillon d'eau à analyser est mis au contact de SBA. Le carbone organique dissous de l'échantillon est mesuré au début de l'essai, et de préférence chaque jour, au moyen d'un analyseur de carbone organique.

L'expérience est arrêtée lorsque la valeur du COD mesuré a atteint une valeur minimale.

Cette valeur correspond au carbone organique dissous non biodégradable [27].

III.9.5.2.2. Méthode par bactéries en suspension

En présence d'un inoculum de bactéries en suspension prélevé dans le milieu naturel, la matière organique biodégradable de l'échantillon est consommée par la biomasse au cours d'une incubation de 28 jours à 20°C.

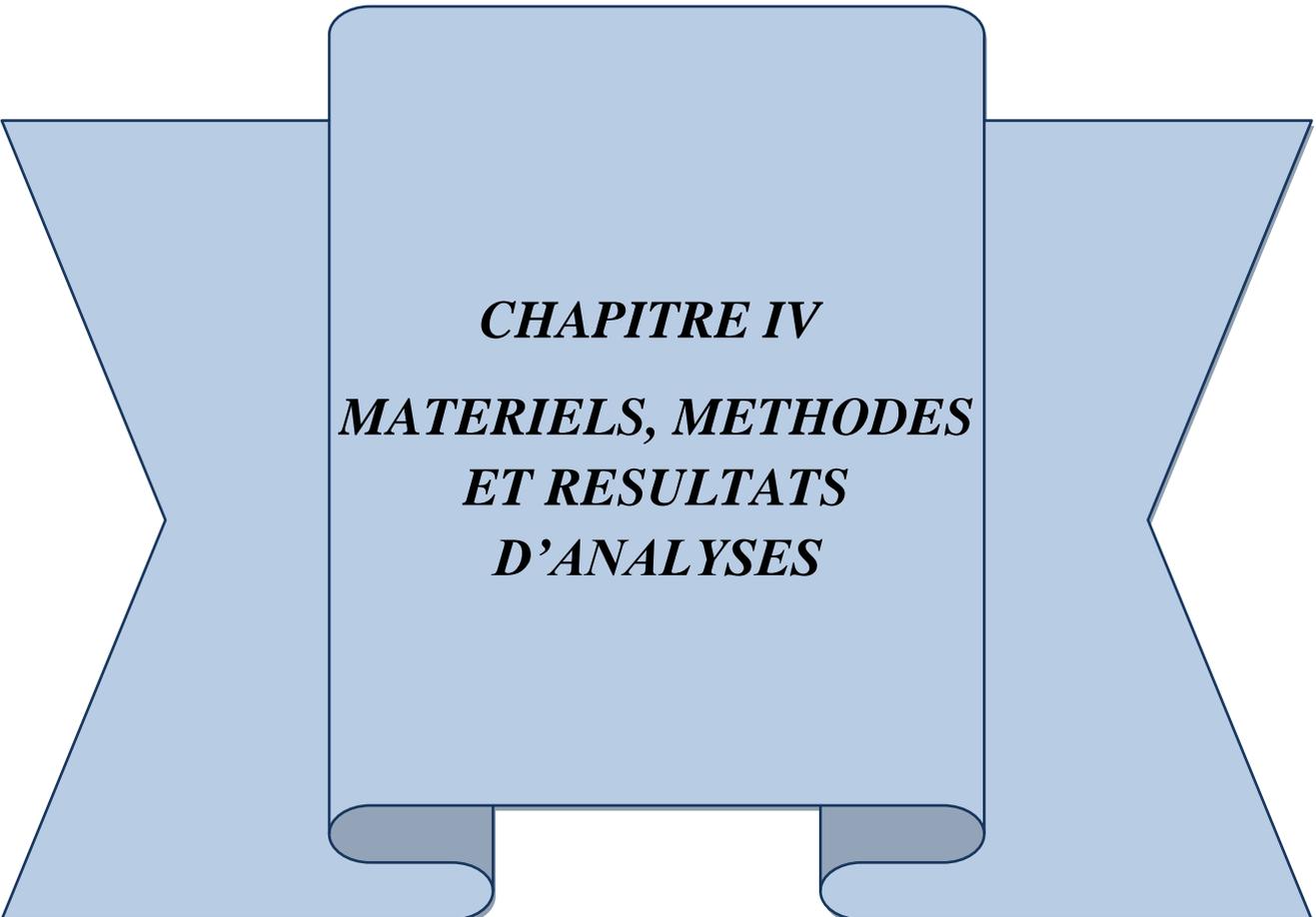
La teneur en carbone organique dissous biodégradable (CODB), dans ces conditions d'essai correspond à la différence entre les quantités de carbone organique dissous (COD) mesurées au début (COD₀) et en fin d'essai (COD₂₈).

$$\text{CODB} = \text{COD}_0 - \text{COD}_{28}$$

La matière organique résiduelle en fin d'incubation correspond au carbone dissous non biodégradable [27].

III.10. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude bibliographique relative aux analyses physico-chimiques de l'eau. Les techniques d'analyses ont été également discutées.



CHAPITRE IV
MATERIELS, METHODES
ET RESULTATS
D'ANALYSES

IV.1. Introduction

Ce chapitre est porte sur la description du matériel et méthodes utilisés ainsi que les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable de la station de Hammam Debagh.

IV.2. Analyses physico-chimiques

Nous avons mesuré tous les paramètres physico-chimiques au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux (ADE unité de Guelma)

IV.2.1. Analyses physiques

IV.2.1.1. Mesure de la température, la conductivité électrique et la salinité

IV.2.1.1.1. Matériels

- ✚ Bêcher a 250 ml
- ✚ Eau distillée
- ✚ Appareil de mesure Multi-paramètre (Figure IV.1)
- ✚ Eau à analyser

IV.2.1.1.2. Mode opératoire

- ✚ Remplissez le bécher avec de l'eau à analyser
- ✚ Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée
- ✚ Plonger l'électrode dans le bécher et cliquer sur le bouton ; On
- ✚ Appareil affiche directement les résultats
- ✚ Noter la TDS et cliquer sur le bouton (x) pour changer le paramètre
- ✚ Laisser un moment jusqu'à l'affichage de la conductivité électrique et la température, et ensuite la salinité.
- ✚ Noter les résultats



Figure IV.1 : Image d'appareil de mesure : Multi-paramètre

Tableau IV.1 : Résultats de la température, la conductivité et salinité des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Journée	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème}
Température (°C)	8.8 (EB)	9.8 (EB)	11.5 (EB)
	8.8 (ET)	9.8 (ET)	11.2 (ET)
Conductivité µs/cm	468 (EB)	374 (EB)	377 (EB)
	480 (ET)	381 (ET)	387 (ET)
Salinité	0.1	0.2	0.4

IV.2.1.1.3 Résultats

- ✚ Les valeurs mesurées de la température de l'eau brute et traitée du barrage Bouhamdane varient entre 8,8 °C et 11,5 °C. Ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par le journal algérien qui est de 25°C
- ✚ Toutes les valeurs de la salinité varient entre 0.1 et 0.4. Elles ne dépassent pas la norme algérienne qui est de 0.5
- ✚ les résultats d'analyses ont révélé que la conductivité électrique (CE) de l'eau brute est inférieure à celle de l'eau traitée, et varie entre les valeurs 374 µs/cm et 480 µs/cm.
- ✚ Toutes les valeurs de la CE ne dépassent pas la norme algérienne qui est de 2800 µs/cm.

IV.2.1.2. Mesure du pH

IV.2.1.2.1. Matériels

- + Bécher à 250 ml
- + Eau distillée
- + pH-mètre à électrode en verre (Figure IV.2).
- + Eau à analyser

IV.2.1.2.2. Mode opératoire

- + Remplissez le bécher avec de l'eau à analyser
- + Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée
- + Plonger l'électrode dans le bécher
- + Cliquer sur le bouton AR ensuite sur ENTRER
- + Attendez quelques secondes que le résultat apparaisse
- + Noter le résultat du pH



Figure IV.2 : Image du pH mètre

Tableau IV.2 : Résultats du potentiel d'hydrogène des eaux analysées pendant trois jours

pH	7.2	7.4	7.5
Journée	1^{er} journée	2^{ème} journée	3^{ème} journée

IV.2.1.2.3. Résultats

- ✚ Le pH permet de déterminer l'acidité ou l'alcalinité d'une eau et il conditionne l'équilibre physico-chimique. il varie entre 7.2 et 7.5 dans la station de traitement. Les résultats obtenus de pH ne dépassent pas la norme algérienne de 8,5.

IV.2.1.3. Mesure de la turbidité

IV.2.1.3.1. Matériels

- ✚ Bécher à 250 ml
- ✚ L'eau distillée
- ✚ Turbidimètre (HACH 2100 N) et une cuvette de mesure (Figure IV.3).
- ✚ L'eau à analyser

IV.2.1.3.2. Mode opératoire

- ✚ Rincer bien la cuvette avec de l'eau distillée
- ✚ Remplissez la cuvette avec de l'eau à analyser jusqu'au trait jauge
- ✚ Vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure
- ✚ Mettez la cuvette dans l'appareil de mesure et cliquer sur ENTRER
- ✚ L'appareil affiche directement le résultat en NTU
- ✚ Noter le résultat de la turbidité



Figure IV.3 : Image d'un turbidimètre utilisé.

Tableau IV.3 : Résultats de la turbidité des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Journée	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
Turbidité(NTU) de l'eau brute	11.2	26.1	12.5
Turbidité(NTU) de l'eau traitée	1.55	3.87	2.33

IV.2.1.3.3. Résultats

- ✚ La turbidité est la mesure qui est liée à la transparence de l'eau
- ✚ Turbidité de l'eau brute du barrage est très supérieure à celle de l'eau traitée et elle dépasse la norme algérienne 5 (NTU), d'où un traitement de cette eau est nécessaire.

IV.2.2. Analyses volumétriques

IV.2.2.1. Alcalinité (TA-TAC) et bicarbonate

IV.2.2.1.1. 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

IV.2.2.1.2. Réactifs

- ✚ Acide sulfurique (H_2SO_4) N/50
- ✚ Indicateur colorés : phénolphtaléine et méthylorange

IV.2.2.1.3. Matériels

- ✚ Burette manuel
- ✚ Agitateur magnétique, barreaux magnétique
- ✚ Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers

IV.2.2.1.4. Mode opératoire

1. Titre Alcalimétrique simple (TA)

- ✚ Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- ✚ Ajouter de 02 à 03 gouttes de phénolphtaléine. Une coloration rose doit alors apparaître, si la couleur n'apparaît pas le TA est nul ($pH < 8,3$ donc $TA = 0$)

- ✚ On verse ensuite doucement la solution d'acide sulfurique à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète
- ✚ On note V_{TA} le volume versé

2. Titre Alcalimétrique simple complet (TAC)

- ✚ Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- ✚ Ajouter de 02 à 03 gouttes de méthylorange
- ✚ Puis on titre par la solution d'acide sulfurique jusqu'au virage rouge orange
- ✚ On note V_{TAC} le volume versé

3. Bicarbonate (HCO_3^-)

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

IV.2.2.1.5. Expression des résultats

✓ Pour le TA

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

✓ Pour le TAC

$$\text{TAC } (^{\circ}\text{f}) = V_{TAC} \text{ (ml)} - 0,5$$

✓ Pour le bicarbonate (HCO_3^-)

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = \text{TAC } (^{\circ}\text{f}) \times N \times M (\text{HCO}_3^-) / \text{PE}$$

Avec :

0.5 : le volume nécessaire pour le virage de couleur de l'indicateur

N : Normalité de l'acide versé (0.02N)

M (HCO_3^-) : Masse molaire de bicarbonate (HCO_3^-)= 61g/mol

PE : Prise d'essai (volume en L de l'échantillon nécessaire pour ce dosage =0.1l)

1($^{\circ}\text{f}$) = 10 (mg/l)

Et après calcul :

$$\text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = \text{TAC } (^{\circ}\text{F}) \times 12,2$$

La Figure IV.4 représente Virage de la couleur du jaune au rouge orange pour la détermination du TA et TAC

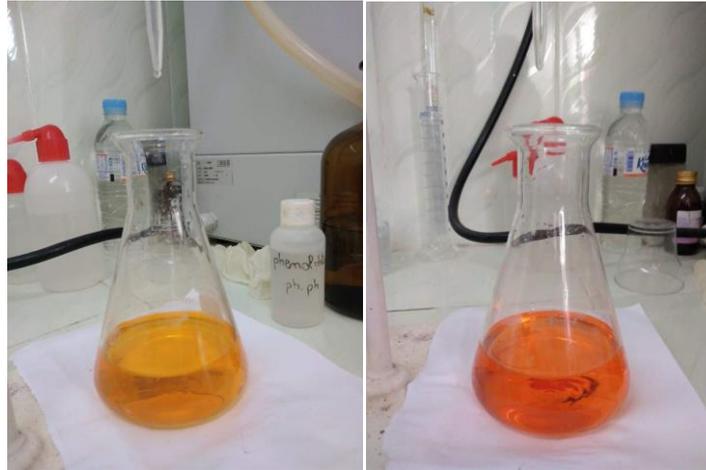


Figure IV.4 : Virage de la couleur du jaune au rouge orange pour la détermination du TA et TAC

Tableau IV.4 : Résultats d'analyse TAC, TA et HCO_3^- des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Journée	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
HCO_3^- (mg/l)	150.06 (EB) 147.62 (ET)	141.52 (EB) 136.64 (ET)	147.62 (EB) 140.3 (ET)
TAC (°f)	12.3 (EB) 12.1 (ET)	11.6 (EB) 11.2 (ET)	12.1 (EB) 11.5 (ET)
TA (°f)	00	00	00

IV.2.2.1.6. Résultats

- ✚ Le TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate. Le TAC assure la détermination de la teneur en hydrogénocarbonates (HCO_3^-)
- ✚ Pour les résultats du titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau de barrage le maximum est 12,3 (°f) obtenu dans l'eau brute. Cette valeur dépasse la norme algérienne qui est de 12 (°f).
- ✚ Les résultats d'analyses ont montré que les valeurs des bicarbonates ont diminué après le traitement des eaux brutes de barrage et elles varient entre la valeur de 136,64 (mg/l) et 147.62 (mg/l)

IV.2.2.2. Dosage de calcium (Ca^{+2})

IV.2.2.2.1. Principe

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

IV.2.2.2.2. Réactifs

- ✚ Hydroxyde de sodium 2N
- ✚ EDTA, ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) solution titrée 0,01 mol/l
- ✚ Indicateur coloré (Murexide)

IV.2.2.2.3. Matériels

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

IV.2.2.2.4. Mode opératoire

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

IV.2.2.2.5. Expression des résultats

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

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

Avec :

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

C_1 : concentration exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0.01

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

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

F : facteur de dilution de l'ordre de 10 pour une eau de surface

F_C : facteur de correction du titre = Volume versé (ml)/volume théorique (12.5ml)

Après les calculs :

$$\text{Ca}^{+2}(\text{mg/l}) = V_1 \times 8,01$$

La Figure IV.5 représente le virage de couleur du violet pour la détermination de calcium



Figure IV.5 : Virage de couleur du violet pour la détermination de calcium

Tableau IV.5 : Résultats d'analyse de calcium des eaux brutes (EB) et traitées (ET)

Les jours	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
Calcium (mg/l)	66.88 (EB, ET)	60.87 (EB, ET)	56.87 (EB, ET)

Tableau IV.5 : Résultats d'analyse de calcium des eaux brutes (EB) et traités (ET)

IV.2.2.2.6. Résultats

- ✚ On compare le résultat de Ca^{+2} avec la norme algérienne (200 mg/l), il est qualifié d'acceptable pour toutes les eaux analysées

IV.2.2.3. Dosage de la dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

IV.2.2.3.1. principe

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

IV.2.2.3.2. Réactifs

- ✚ EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l
- ✚ Indicateur : le noir érichrome T (NET)
- ✚ Solution ammoniacale (NH₄OH) à pH = 1

IV.2.2.3.3. Matériels

- ✚ Burette de 25 à 50 ml
- ✚ Matériels courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers

IV.2.2.3.4. Mode opératoire

- ✚ Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon
- ✚ Ajouter 2 ml de la solution tampon NH₄OH et une pincée d'indicateur NET. Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose
- ✚ Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu (la couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA)
- ✚ Noter V₂ le volume d'EDTA utilisé

IV.2.2.3.5. Expressions et résultats

La concentration totale en ions calcium et magnésium (Ca⁺² Mg²⁺), exprimée en (°f), est donnée par la formule :

$$\text{TH (f}^\circ\text{)} = V_2 \times 2 \times F \times F_C$$

Avec :

V₂ : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé

F : facteur de dilution

F_C : facteur de correction (calculer de même chose du dosage de calcium).

Après les calculs :

$$\text{TH (}^\circ\text{f)} = V_2 \times 2$$

La Figure IV.6 représente le virage de la couleur du rose ou bleu pour la détermination du TH

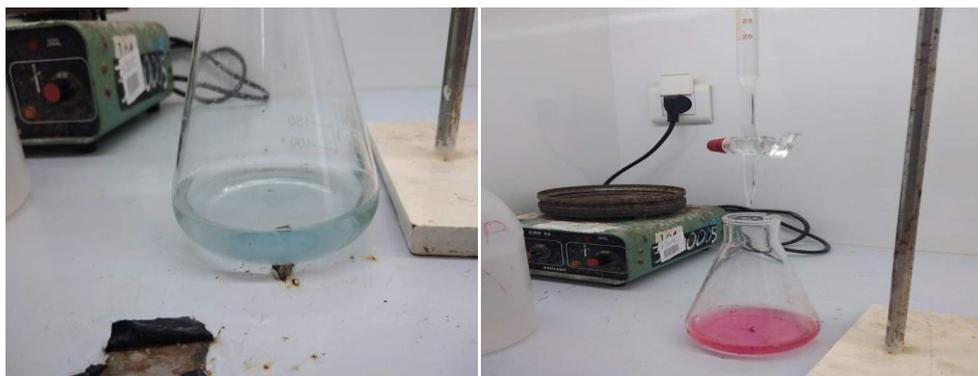


Figure IV.6 : Virage de la couleur du rose ou bleu pour la détermination du TH

Tableau IV.6 : Résultats d'analyses de titre hydrotimétrique des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Les jours	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
TH (°f)	25.6 (EB)	23.2 (EB)	21.8 (EB)
	25.6 (ET)	23.2 (ET)	21.8 (ET)

IV.2.2.3.6. Résultats

- Les résultats montrent que la dureté des eaux brutes et traitées est la même, sa valeur varie de 21,8 (°f) à 25,6 (°f).

IV.2.2.4. Détermination de magnésium (Mg^{+2})

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

On n'a :

$$TH \text{ totale} = TH \text{ Ca}^{+2} + TH \text{ Mg}^{+2}$$

Donc :

$$TH \text{ Mg}^{+2} = TH \text{ totale} - TH \text{ Ca}^{+2}$$

Avec :

TH totale : dureté totale en (°f).

TH Mg^{+2} : dureté calcique en (°f).

TH Ca^{+2} : dureté magnésienne en (°f)

a) Résultats

- ✚ les résultats d'analyses montrent clairement que la teneur des ions de calcium et de magnésium est la même dans les eaux de barrage.

IV.2.2.5. Dosage de chlorure (Cl⁻)**IV.2.2.5.1. Principe**

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

IV.2.2.5.2. Réactifs

- ✚ Solution de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 10% comme indicateur coloré
- ✚ Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) N/10.

IV.2.2.5.3. Mode opératoire

- ✚ Introduire 25 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer
- ✚ Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%
- ✚ Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 min
- ✚ Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent N/50 utilisé.

IV.2.2.5.4. Expressions et résultats

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M(\text{Cl}) \times 1000) / \text{PE}$$

Avec :

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

N_{AgNO₃} : normalité d'Argent soit 0,1 (mol/l)

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

PE : prise d'essai = 25 ml

Après les calculs :

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = V_{\text{AgNO}_3} \times 142$$

Tableau IV.7 : Résultats d'analyse de chlorure des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Les jours	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
Chlorure (mg/l)	85.2 (EB)	85.2 (EB)	71 (EB)
	85.2 (ET)	85.2 (ET)	71 (ET)

IV.2.2.5.5. Résultats

- Les résultats des chlorures de l'eau brute et traité est la même et ne dépasse pas de 500 (mg/l).

IV.2.2.6. Détermination de la matière organique (MO)

IV.2.2.6.1. Réactifs

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

IV.2.2.6.2. Matériels

- Plaque chauffante
- Agitateur mécanique
- Burette graduée
- Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers, etc.)

IV.2.2.6.3. Mode opératoire

- Introduire dans un erlenmeyer de 500 ml, 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique à 50%
- Ajouter 10 ml de solution de permanganate de potassium N/80
- Porter l'échantillon à l'ébullition ménagée pendant 10 minutes à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent avec la surface du liquide
- Ajouter ensuite 10 ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer, prévenir immédiatement à la teinte rose faible
- Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur

- ✚ Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium N/80 jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 secondes
- ✚ Noter le volume V_1 de la solution de permanganate consommé
- ✚ Faire un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée
- ✚ Noter le volume V_0 de la solution de permanganate consommé

IV.2.2.7. Détermination le résidu sec (RS)

IV.2.2.7.1. Matériels

- ✚ Bécher de 250 ml
- ✚ Balance analytique
- ✚ Etuve réglable à 105°C
- ✚ Dessiccateur
- ✚ Fiole jaugée.

IV.2.2.7.2. Mode opératoire

- ✚ Peser le bécher à vide, et noter le poids P_v
- ✚ Prélever 200 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et la déverser dans un bécher
- ✚ Porter ce dernier à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures
- ✚ Laisser refroidir pendant 1/4 d'heure au dessiccateur
- ✚ Peser immédiatement et rapidement, et noter le poids P_p

IV.2.2.7.3. Expressions et résultats

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

Avec :

P_p : poids du bécher plein en mg

P_v : poids du bécher après évaporation en mg [33].

IV.2.2.8. Détermination des matières en suspension(MES)

IV.2.2.8.1. principe

La méthode gravimétrique repose sur le calcul de la masse de matière sèche (mg/l) obtenue après séparation de MES de l'eau puis déshydratation à 105°C.

La séparation de MES se fait à l'aide d'un équipement de filtration sous vide ou souspression qui permet le passage de l'eau à analyser sur le filtre en fibres de verre. Les MES sont retenues sur le filtre qui est ensuite séché à 105°C, de manière à éliminer l'eau retenue dans le filtre. La masse du résidu retenue est déterminé par pesée

IV.2.2.8.2. Matériels

- + Dispositif de filtration sous vide (Figure IV.7)
- + Membranes de filtration

IV.2.2.8.3. Mode opératoire

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

IV.2.2.8.4. Expressions et résultats

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

Avec :

M_1 : masse de membrane filtrante avant l'utilisation en mg

M_0 : masse de membrane filtrante après l'utilisation en mg

V : volume d'eau à analyser en ml



Figure IV.7 : Image représentant dispositif de filtration sous vide

Tableau. IV.8 : Résultats d'analyse matière organique, résidu sec et matière en suspension des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Les jours	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
MO (mg/l)	6.5 (EB)	7.2 (EB)	7 (EB)
	4.1 (ET)	4.5 (ET)	4.3 (ET)
RS (mg/l)	4 (EB)	418 (EB)	356.5 (EB)
	0 (ET)	412.5 (ET)	380.5 (ET)
MES (mg/l)	511 (EB)	12 (EB)	6 (EB)
	500 (ET)	0 (ET)	0 (ET)

IV.2.2.8.5. Résultats

- ✚ La teneur en matières en suspension de l'eau de barrage est très grande et dépasse la norme algérienne de 30 (mg/l).
- ✚ La teneur des MO de l'eau brute dépasse la norme (5mg/l) d'où la nécessité de traitement
- ✚ Les résultats des résidus secs de l'eau de barrage est acceptable et ne dépassent pas la norme algérienne de 2000 (mg/l).

IV.2.3. Analyses spectrophotométriques

IV.2.3.1. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)

IV.2.3.1.1. Réactifs

- ✚ Réactif coloré
- ✚ Solution de Dichloroisocyanurate de sodium

IV.2.3.1.2. Matériels

- ✚ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), balance analytique
- ✚ Spectrophotomètre

IV.2.3.1.3. Mode opératoire

- ✚ Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre
- ✚ 4 ml du réactif coloré homogénéisé
- ✚ 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéisé
- ✚ Après au moins 60 min, attendre le développement de la couleur, si l'apparition de la Couleur vert indique la présence de l'ammonium
- ✚ Effectuer les mesures spectrophotométriques UV-visible à 655 nm

La Figure IV.8 représente le dosage d'ammonium

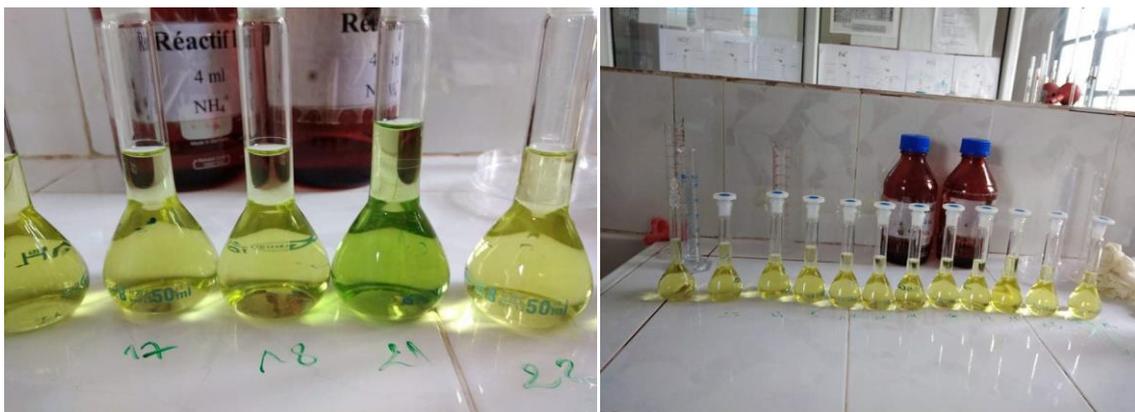


Figure IV.8 : Image représentant le dosage d'ammonium

IV.2.3.2. Dosage du fer (Fe^{+2})

IV.2.3.2.1. Réactifs

- ✚ Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l
- ✚ Solution de phénantroline
- ✚ Solution tampon acétate

IV.2.3.2.2. Matériels

- ✚ Spectrophotomètre UV-visible
- ✚ Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), balance analytique

IV.2.3.2.3. Mode opératoire

- ✚ Prendre 50 ml d'eau à analyser
- ✚ Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement ;
- ✚ Ajouter 2 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5
- ✚ Ajouter 2 ml de la solution phénantroline-1,10 et conserver pendant 15 min à l'obscurité ;
- ✚ Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible à 510 nm [52].

IV.2.3.3. Dosage du sulfate (SO_4^{2-})

IV.2.3.3.1. Réactifs

- ✚ Solution stabilisante
- ✚ Solution de chlorure de baryum (BaCl_2) à 0,01 N.

IV.2.3.3.2. Matériels

- ✚ Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers ...)
- ✚ Spectrophotomètre UV/Visible
- ✚ Agitateur magnétique.

IV.2.3.3.3. Mode opératoire

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

IV.2.3.4. Dosage du phosphate (PO_4^{3-})

IV.2.3.4.1. Réactifs

- ✚ Réactif mélange
- ✚ Acide ascorbique ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$).

IV.2.3.4.2. Mode opératoire

- ✚ Prendre 40 ml d'eau à analyser et 1 ml d'acide ascorbique
- ✚ Ajouter 2 ml du réactif mélange

Attendre 10 min

- ✚ L'apparition de la coloration bleue indique la présence des phosphates
- ✚ Faire la lecture à l'aide du spectrophotomètre UV-visible à 700 ou 880 nm

IV.2.3.5. Dosage du nitrite (NO_2^-)

IV.2.3.5.1. Réactifs

- ✚ Solution du réactif mixte

IV.2.3.5.2. Mode opératoire

- ✚ Prendre 50 ml d'eau à analyser
- ✚ Ajouter 1 ml du réactif mixte
- ✚ Attendre 10 min
- ✚ L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-
- ✚ Faire la lecture au spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde de 540 nm

IV.2.3.6. Dosage du nitrate (NO_3^-)

IV.2.3.6.1. Réactifs

- ✚ Solution de salicylate de sodium à 0.5%
- ✚ Solution d'hydroxyde de sodium à 30%
- ✚ Solution de tartrate double de sodium et de potassium
- ✚ Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré.

IV.2.3.6.2. Matériels

- ✚ Balance analytique de laboratoire
- ✚ fioles de 100 ml
- ✚ Pipettes 10 ml, 5 ml, 2 ml, 1 ml et poires à pipeter

- ✚ Etuve ou bain marie pour séchage
- ✚ Spectrophotomètre UV-Visible à longueur d'onde de 415 nm.

IV.2.3.6.3. Mode opératoire

- ✚ Introduire 10 ml d'eau à analyser
- ✚ Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 30%
- ✚ Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium à 0.5 %
- ✚ Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C
- ✚ Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré
- ✚ Laisser reposer 10 min
- ✚ Ajouter 15 ml d'eau distillée
- ✚ Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium
- ✚ Faire la lecture au spectromètre UV-Visible

IV.2.3.7. Dosage d'aluminium (Al^{+3})

IV.2.3.7.1. Réactifs

- ✚ Chlorure de calcium ($CaCl_2$) à 0,7 g/l
- ✚ Acide Thio-glycolique ($C_2H_4O_2S$) à 80 %
- ✚ Solution tampon pH= 4,6
- ✚ Rouge d'alizarine.

IV.2.3.7.2. Mode opératoire

- ✚ Dans une fiole de 50 ml introduire 25 ml d'eau à analyser
- ✚ Ajouter 2,5 ml de chlorure de calcium
- ✚ 1 ml d'acide Thio-glycolique
- ✚ 5 ml de tampon acétate et 1 ml de rouge d'alizarine
- ✚ 15,5 ml d'eau distillée, après 90 min fait la lecture par le spectrophotomètre à 540 nm

Tableau IV.9 : Résultats d'analyses spectrophotométriques des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Les jours	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
NH₄⁺ (mg/l)	0 (EB) 0 (ET)	0.137 (EB) 0 (ET)	0.003 (EB) 0 (ET)
Fe⁺² (mg/l)	0.16 (EB) 0.01 (ET)	0.27 (EB) 0.04 (ET)	0.09 (EB) 0.01 (ET)
SO₄⁻² (mg/l)	110.5 (EB) 116.5 (ET)	3.788 (EB) 3.811(ET)	1.626 (EB) 2.02 (ET)
PO₄⁻³ (mg/l)	0.223 (EB) 0.009 (ET)	0.172 (EB) 0 (ET)	0 (EB) 0 (ET)
NO₂⁻ (mg/l)	0.012 (EB) 0 (ET)	0.033 (EB) 0 (ET)	0 (EB) 0 (ET)
NO₃⁻ (mg/l)	1.545(EB) 2.099 (ET)	3.788 (EB) 3.811 (ET)	1.626 (EB) 2.02 (ET)
Al⁺³ (mg/l)	0.18 (ET)	0.23 (ET)	0.28 (ET)

IV.2.3.7.3. Résultats

- ✚ Les valeurs d'aluminium de l'eau traitée du barrage sont comprises entre 0,18 et 0,28 (mg/l). Les résultats dépassent la norme algérienne qui est de 0,2 (mg/l).
- ✚ Les nitrites sont des indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.
- ✚ Les résultats d'analyses montrent l'inexistence des ions nitrites dans l'eau traitée. Dans l'eau brute la teneur maximale est de 0,147 (mg/l). Les valeurs des nitrates et des nitrites dans les eaux analysées ne dépassent pas la norme algérienne
- ✚ La teneur des phosphates dans les eaux analysées est inférieure à celle de la teneur des sulfates. La concentration des deux paramètres ne dépasse pas la norme algérienne qui est 0.5 mg/l
- ✚ La concentration de sulfate dans l'eau analysée ne dépasse pas la norme algérienne qui est 400 mg/l

- ✚ les valeurs des ions ferreux (Fe^{2+}) sont acceptables pour l'eau de barrage (brute et traitée), parce qu'elles ne dépassent pas la norme algérienne de 0,5 (mg/l)
- ✚ Les valeurs de l'azote ammoniacal (NH_4^+) pour l'eau de barrage existent sous forme de trace avec une valeur maximale de 0,137 (mg/l) obtenue dans l'eau brute.
- ✚ Les résultats d'ammonium sont bons et acceptables, ils ne dépassent pas la norme algérienne de 0,3 (mg/l).

IV.3. Analyse bactériologiques

Les analyses des paramètres bactériologiques sont aussi faites au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux (ADE unité de Guelma).

IV.3.1. Recherche des germes totaux (GT)

IV.3.1.1. Mode opératoire

- ✚ A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 20 gouttes dans une boîte de pétri vide, compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue
- ✚ Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose ;
- ✚ Laisser solidifier les boîtes sur la paille.

IV.3.1.2. Incubation

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

IV.3.1.3. Lecture et interprétation

Les germes totaux se présentent sous forme de colonie lenticulaire, on calcule le nombre de ces colonies présentes en unité formant colonie dans un millilitre d'eau (UFC/ml) après 24 et 48 heures.

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

IV.3.2.1. Mode opératoire

✓ Pour les coliformes totaux

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

✓ **Pour les coliformes fécaux**

- ✚ Placer s'il y a des colonies à l'aide d'une pince stérile dans le milieu Schubert.

IV.3.2.2. Incubation

✓ **Pour les coliformes totaux**

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

✓ **Pour les coliformes fécaux (*Escherichia coli*)**

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

IV.3.2.3. Lecture et interprétation

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

Après 24 heures d'incubation à 44 °C, apparition de l'anneau rouge indiquent L'*Escherichia coli*.

La Figure IV.9 la rampe de filtration utilisée dans l'analyse bactériologique de l'eau



Figure IV.9 : la rampe de filtration

IV.3.3. Recherche des streptocoques fécaux

IV.3.3.1. Mode opératoire

- ✚ Stériliser l'entonnoir à l'aide d'un bec bunsen
- ✚ Refroidissement soit avec l'eau à analyser ou bien de l'eau distillée stérile
- ✚ Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile

- ✚ Fixer ce dernier avec la pince correspondante
- ✚ Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 50 ml d'eau à analyser
- ✚ Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane
- ✚ Retirer l'entonnoir et transférer la membrane à l'aide de la même pince stérile et placer dans une boîte de pétri contenant de la gélose Slanetz et Bartley.

IV.3.3.2. Incubation

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

IV.3.3.3. Lecture et interprétation

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

La Figure IV.10 image de membrane et boîte de pétri utilisée dans l'laboratoire d'analyse



Figure IV.10 : Image de membrane et boîte de pétri

IV.3.4. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR)

IV.3.4.1. Mode opératoire

- ✚ Prendre environ 25 ml à partir de l'eau à analyser, dans un tube stérile (Figure IV.11), qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes
- ✚ Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet
- ✚ Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube
- ✚ Ajouter environ 20 ml de gélose viande foie, fondue, puis refroidie à 45 ± 1 °C

- ✚ L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air
- ✚ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène
- ✚ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ.

IV.3.4.2. Incubation

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

IV.3.4.3. Lecture et interprétation

Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, ayant poussée en masse et apporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser

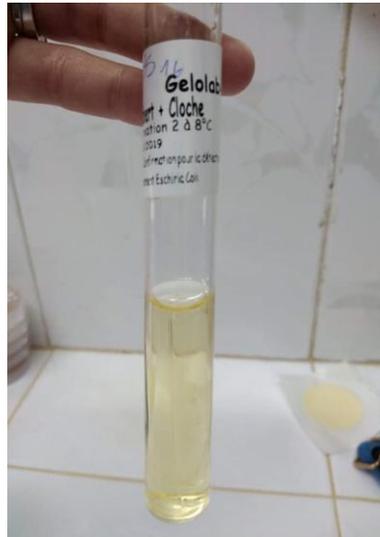


Figure IV.11 : Image représentant le tube stérile

Tableau IV.10 : Résultats d'analyses bactériologiques des eaux brutes (EB) et traitées (ET) pendant trois jours

Les jours	1 ^{er} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée
Germe totaux en UFC/ml	128 (EB) 0 (ET)	375 (EB) 0 (ET)	139 (EB) 0 (ET)
Coliforme totaux en UFC/ml	17 (EB) 0 (ET)	138 (EB) 0 (ET)	11 (EB) 0 (ET)
Coliforme fécaux en UFC/100ml	0 (EB) 0 (ET)	138 (EB) 0 (ET)	11 (EB) 0 (ET)
streptocoques fécaux en UFC/100ml	0 (EB) 0 (ET)	86 (EB) 0 (ET)	2 (EB) 0 (ET)
Anaérobies sulfito-réducteurs en UFC/20ml	0 (EB) 0 (ET)	0 (EB) 0 (ET)	0 (EB) 0 (ET)

IV.3.4.4. Résultats

- ✚ Les résultats obtenus, ont montré des eaux analysées sont absences des anaérobies sulfito-réducteurs.
- ✚ Les Streptocoques fécaux sont des aérobies-anaérobies facultatifs faisant partie des indicateurs de contamination fécale des animaux.
- ✚ D'après les résultats d'analyses il est clair que les coliformes fécaux (CF) et les Streptocoques fécaux sont absents dans les eaux traitées du barrage
- ✚ **pour les coliformes totaux**
Les résultats d'analyses bactériologiques concernant les germes totaux (GT) et de coliformes totaux (CT) montrent une nette contamination des eaux de barrage non traitées au cours de toute la période d'analyse.
- ✚ **Pour les coliformes fécaux**
Le nombre des coliformes fécaux est un indice complémentaire confirmatif de la présence d'*Escherichia coli* parmi les coliformes dénombrés précédemment

IV.4. Break point

La méthode dite du "break-point" (point d'inversion ou point de rupture) permet d'ajuster la quantité de chlore nécessaire et d'éviter la formation de chloramines (odorantes, mais peu désinfectantes).

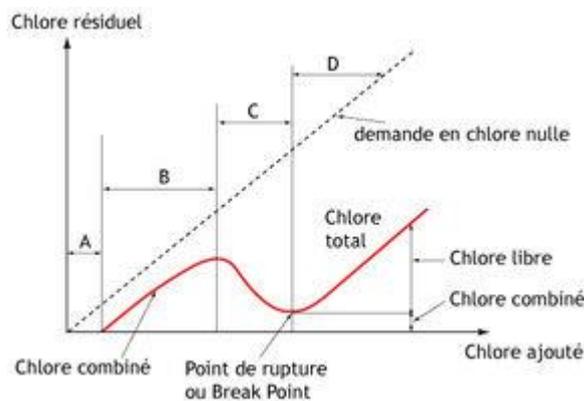


Figure IV.12 : la courbe d'adsorption du chlore [38].

Pour connaître la dose de chlore à injecter, il faut introduire dans différents récipients remplis d'une même quantité d'eau, une dose croissante de chlore. La mesure du chlore résiduel (chlore total) après environ 30 minutes donne la courbe d'absorption du chlore (Figure IV.12) [38].

IV.4.1. Réactifs

- ✚ Eau de javel
- ✚ Bicarbonate sodium
- ✚ KI
- ✚ Amidon (indicateur coloré)

IV.4.2. Matériels

- ✚ Eprouvette graduée
- ✚ Burette utilisé en ml pour KI

IV.4.3. Mode opératoire

- ✚ Prélever 10 ml de l'eau de javel et ajouter l'eau jusqu'à 100ml pour la dilution
- ✚ Prélever 10 ml de solution diluée et ajouter 3 g de bicarbonate de sodium avec l'agitation
- ✚ Ajoute 2 ml d'amidon (indicateur coloré)
- ✚ Titrer avec la solution KI jusqu'à obtenu la couleur Bleu-Maron

- ✚ Noter le volume de KI V_1

IV.4.4. Calcul le degré

Degré calculé $=V_1 \times 1.12^\circ$

$$1.12^\circ = (M_{KI} \times M_1) / 100$$

On 'a

$$1^\circ \iff 3.17$$

Degré calculé \iff chlore actif en (g/l)

$$\text{Chlore actif} = (\text{degré calculé} \times 1^\circ) / 3.17$$

IV.5. Jar-test

IV.5.1. Principe

La détermination du taux de coagulant est effectuée à l'aide d'un essai expérimental : « Jar-test » qui consiste à mettre des doses croissantes de coagulant dans des récipients contenant la même eau brute. Après quelques instants, on procède sur l'eau décantée à toutes les mesures utiles à la qualité de l'eau. La dose optimale est donc déterminée en fonction de la qualité des différentes eaux comparées.

IV .5.2. Matériels

- ✚ Un flocculateur avec 6 agitateurs à hélices entraînés par un moteur électrique à vitesse variable
- ✚ 6 béciers de 1l

IV.5.3. Réactifs

- ✚ Solution de sulfate d'alumine (coagulant) : $Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O$
- ✚ Solution d'alginate de sodium ou poly-électrolyte de 1g/l (floculant)

IV.5.4. Mode opératoire

Dans chacun des 6 béciers, on verse un litre d'échantillon d'eau brute à analyser puis on les place dans le flocculateur.

- ✚ On met en marche les agitateurs à une vitesse d'environ 120 tr/min.
- ✚ On ajoute le chlore avec une dose correspondant au break point.
- ✚ On injecte le coagulant (sulfate d'alumine) en quantités croissantes.

Après deux minutes :

- ✚ On ajoute aux différents béchers une dose constante de flocculant (poly électrolyte) correspondant à 0,1 mg/l.
- ✚ On diminue la vitesse d'agitation à 40 tours/min pendant 40 minutes
- ✚ Au début de cette agitation on note l'apparition des floccs, leurs aspects
- ✚ On relève ensuite les hélices et on laisse l'eau décanter pendant 30 minutes
- ✚ On note l'estimation de la vitesse de décantation dès la fin de l'agitation lente
- ✚ Ensuite, on détermine le pH, la turbidité, l'oxydabilité et le chlore résiduel du surnageant pour chaque bécher
- ✚ Puis, on filtre le surnageant sur filtre bande blanche (comparable au filtre à sable) et on détermine la turbidité et l'alcalinité
- ✚ On évalue après traitement l'agressivité de l'eau décantée présentant les meilleurs résultats [15].

La Figure IV.13 représente l'essai de coagulation –floculation

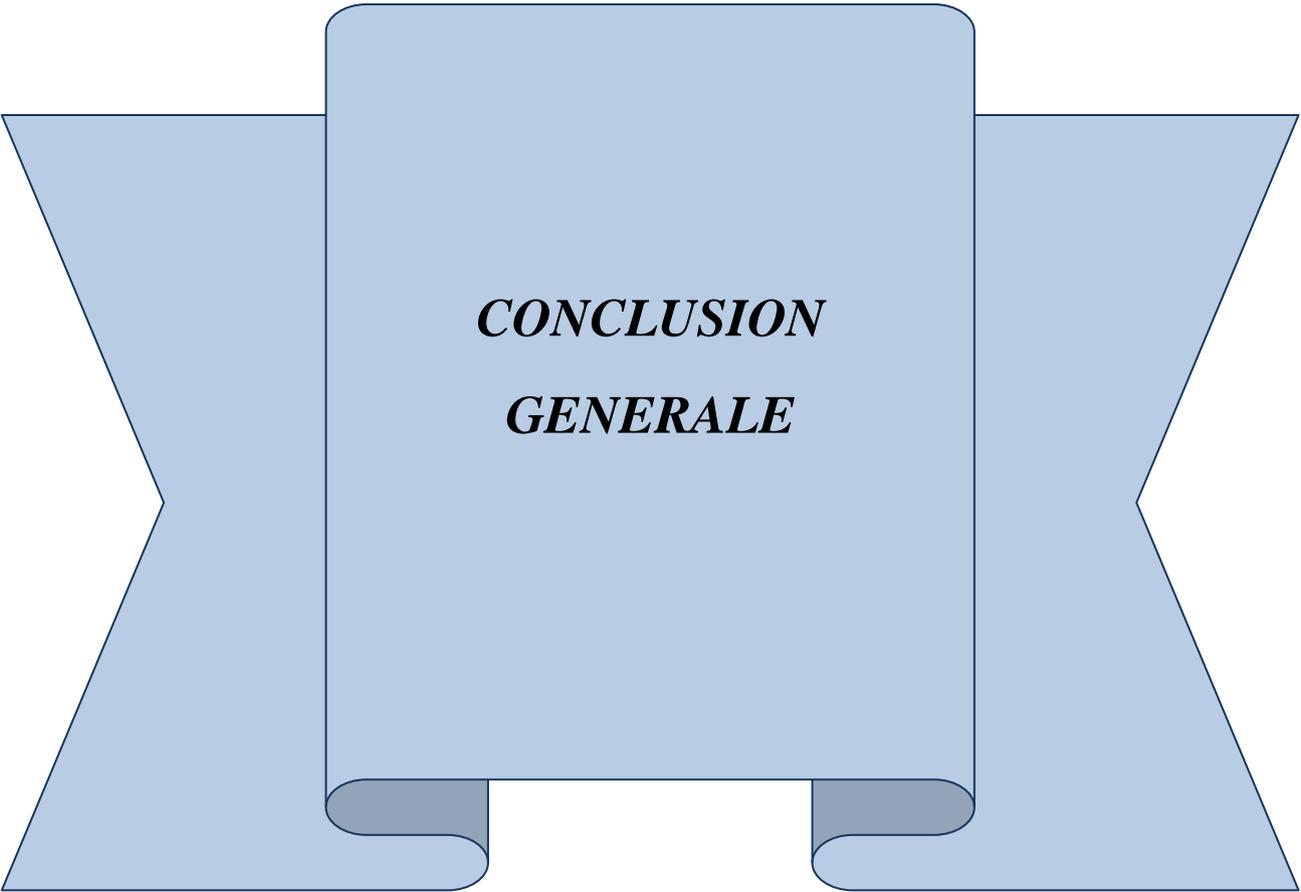


Figure IV.13 : Essai de coagulation-floculation « jar test »

IV.6. Conclusion

Nous avons présenté les différents protocoles et techniques expérimentales d'analyse des différents paramètres qui déterminent la qualité de l'eau potable.

Les résultats obtenus montrent une nette évolution des différents paramètres entre l'eau brute et l'eau traitée. Les valeurs obtenues répondent aux normes algériennes de potabilité.



***CONCLUSION
GENERALE***

Conclusion générale

L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. Le constat est simple, tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour exister.

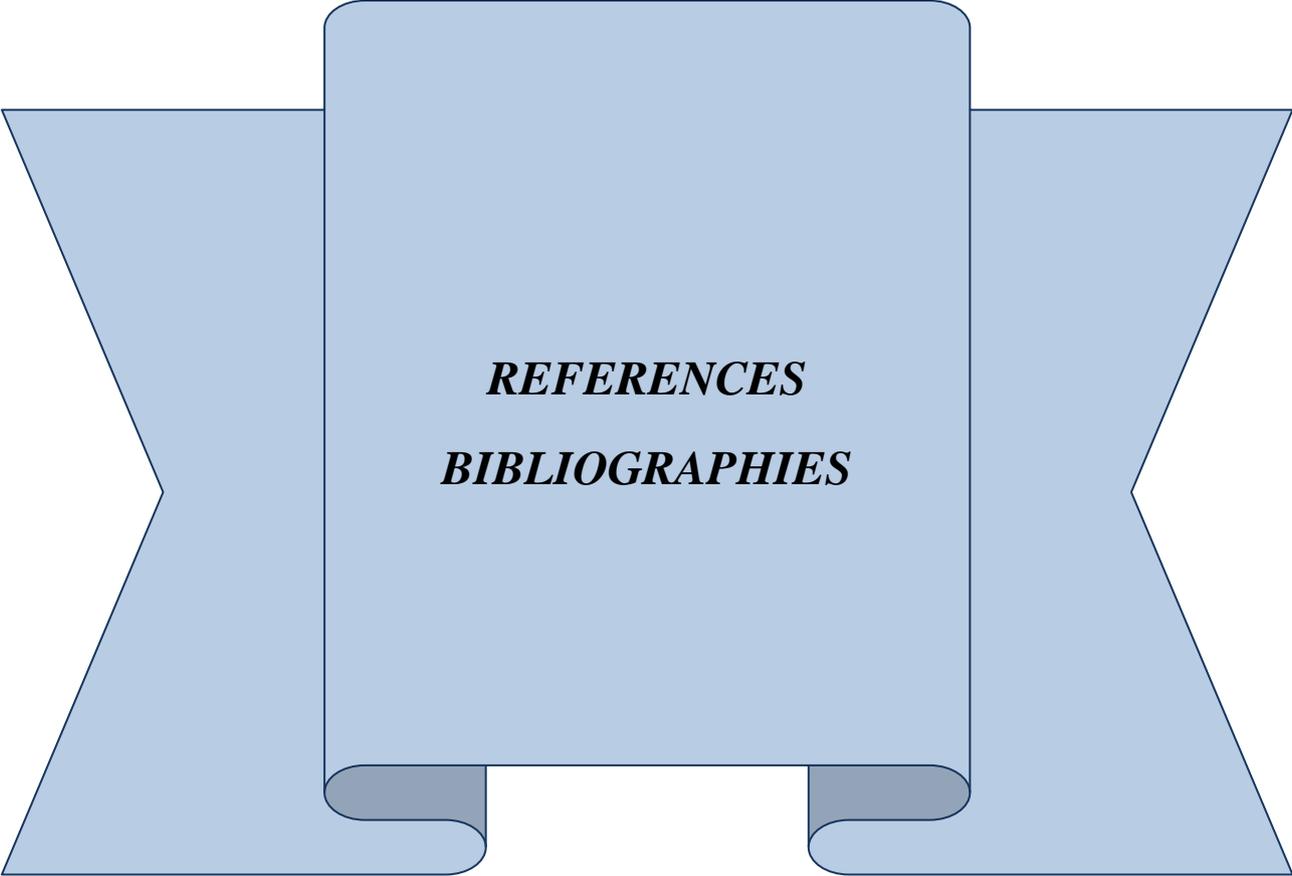
Pour obtenir le titre « d'eau potable » et ainsi pouvoir être consommée sans risque pour la santé, l'eau brute puisée dans les rivières, fleuves, lacs et nappes phréatiques ou récoltée grâce à l'eau de pluie doit subir de nombreux traitements. Ces opérations peuvent se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines privées ou publiques.

Dans notre étude, nous avons étudié la qualité de l'eau de barrage de Hammam Debagh. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh. Ces analyses sont faites sur les eaux brutes (non traitées) de barrage et ainsi que sur les eaux traitées. Nous avons analysé un nombre conséquent de paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau.

Cette étude nous a permis d'aboutir aux résultats suivants :

- ✚ Les paramètres organoleptiques indiquent que les eaux traitées sont claires.
- ✚ Les paramètres physico-chimiques liés à composition naturelle de l'eau, comme la température, le pH, le calcium, le magnésium, les chlorures, et les sulfates, ne dépassent pas la norme Algérienne.
- ✚ Pour les paramètres indésirables comme nitrite, nitrate, l'ammonium, phosphate ; les valeurs obtenues sont dans les normes de l'eau potable. Donc l'eau traitée n'est pas polluée.
- ✚ Pour les analyses bactériologiques, nous avons trouvé que l'eau traitée de Hammam Debagh n'est pas contaminée par les bactéries analysées (GT, CF, CT, ASR)

Nous pouvons conclure que ces méthodes d'analyse permettant le suivi et le contrôle continu de la qualité des eaux destinées à la consommation. Les observations après analyse répondent aux normes de l'eau potable.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIES

Références bibliographique

- [1] <https://www.culligan.fr/conseils/qu-est-ce-que-l-eau>
- [2] http://www.cima.ualg.pt/piloto/UVED_Geochimie/UVED/site/html/3/2-5/2-5-4/2-5-4-2.html
- [3] <http://doc.lerm.fr/molecule-deau/>
- [4] Mémoire de Master, Analyse physico-chimique des eaux de différentes origines, KOUADRI Imane, Département Génie des Procédés, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2013
- [5] <http://lamh.gmc.ulaval.ca/opus/scphys4/complements/eauPola.shtml>
- [6] Mémoire de Master, Analyse physico-chimique des eaux alimentant la station de la conserverie AMOR BEN AMOR (CAB), AOUATI Okba, Département de Génie de Procédés, Université 8 Mai 1945 Guelma
- [7] https://www.rse-magazine.com/Etat-des-nappes-d-eau-souterraine-des-niveaux-inferieurs-a-la-normale_a2323.html
- [8] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-eaux-naturelles/les-eaux-de-surface>
- [9] https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/egl/environnement/content/eau/content/notre_eau_cycle_de_eau/sources_d_eau.html
- [10] <http://doc.lerm.fr/proprietes-physiques-leau/>
- [11] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/l-eau-ses-proprietes/physique-de-l-eau/proprietes-physiques>
- [12] <https://www.econologie.com/proprietes-eau-physique-chimique/> Chimique
- [13] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eau-proprietes-qualite-valeurs-d-usage-42506210/caracteristiques-et-proprietes-des-eaux-w110/proprietes-biologiques-de-l-eau-w110niv10005.html>
- [14] https://www.lyceedadultes.fr/sitopedagogique/documents/SVT/SVT2S/Chapitre%202_La_nature_du_vivant.pdf figure
- [15] <https://experteau.com/services/analyse-bacteriologique.php>
- [16] <https://www.lenntech.fr/faq-pollution-eau.htm>
- [17] <https://www.cieau.com/connaitre-leau/la-pollution-de-leau/pollution-ressource-eau-comment-reduire/>

- [32] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/analyses-et-traitabilite-des-eaux/examen-des-boues/residu-sec-matieres-seches-MS>
- [33] <https://hydrologie.org/MISC/gest/ficonduc.htm>
- [34] <https://www.lenntech.fr/francais/ph-et-alkalinite.htm>
- [35] <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/bitstream/handle/123456789/14783/P0582008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [36] [https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Eau%20#:~:text=La%20demande%20biochimique%20en%20oxyg%C3%A8ne,%20tensioactifs%20etc.\)](https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Eau%20#:~:text=La%20demande%20biochimique%20en%20oxyg%C3%A8ne,%20tensioactifs%20etc.))
- [37] <https://www.htds.fr/sciences-analytiques/analyses-physico-chimiques/mesures-cot/>
- [38] <http://www.lms-water.com/pratique/la-methode-du-break-point/>