

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



Université 8 Mai 1945 Guelma

Département : Génie des procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

2^{ème} Année Master

**Analyses des paramètres physico-chimiques et
bactériologiques des eaux du barrage Bouhamdane de
Hammam Debagh et des quatre forages de la nappe
phréatique d'Oued El Maiz-Guelma**

Filière : génie des procédés

Spécialité : génie chimique

Présenté par :

AGGOUNE Kouds

BOUCHEMEL Nora

Sous la direction de :

Dr : MERABET Nora

Juillet 2019



Remerciements


Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de notre vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Tout d'abord, nous remercions vivement Dr :MERABET.N pour le grand honneur qu'elle nous a fait, en acceptant de nous encadrer avec ses orientations, ses encouragements, sa disponibilité constante et ses conseils pertinents qui ont été un solide repère et réconfort dans tous les moments, Nous remercions également, les membres de jurys pour avoir bien voulu lire, commenter et débattre notre travail,

Tous les responsables du département de Génie des procédés et les enseignants, qui nous ont donné la base de la science,

Tous les travailleurs aux laboratoires de la station de traitement des eaux à Hammam Debagh-Guelma.

Enfin, Nous remercions également toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ce travail. Qu'ils trouvent tous ici l'expression de notre gratitude.





Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père ;

Ma très chère mère ;

Mon époux et à ma chère fille ;

Toute ma belle-famille ;

Mes frères et mes sœurs ;

Toute ma famille ;

Tous mes amis.

Kouds



Dédicace

Je dédie ce travail à:

*Mon père : merci à toi pour le sacrifice opéré
pour ma réussite et les différents conseils
prodigués à ma personne qui m'ont forgés et
ont contribué à la réalisation de ce travail ;
Que Dieu te récompense pour tout ce que tu
as fait pour moi ;*

*Ma mère : je te remercie pour toutes les
prières et les paroles de bénédiction, le
soutien que tu m'as apporté durant les
moments difficiles que j'ai traversé tout au
long de ma vie.*

*Mes frères et sœurs : je vous remercie pour le
soutien que vous m'avez apporté chacun à sa
manière.*

Mon époux et à mon cher fils

Ma belle-famille

Mes meilleurs amis

Nora

Liste des figures

Numéro	Titre des figures	Pages
I.1	Description de la molécule d'eau	04
II.1	Schéma de traitement des eaux de surface	22
III.1	Localisation du barrage Bouhamdane	27
III.2	Localisation de la station de traitement des eaux Hammam Debagh	29
III.3	Localisation des quatre forages d'eau du centre de la Willaya de Guelma	29
IV.1	Evolution de la température des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	48
IV.2	Evolution du potentiel d'hydrogène des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	49
IV.3	Evolution de la conductivité électrique et du total des solides dissous des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	50
IV.4	Evolution de la turbidité et la salinité des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	52
IV.5	Evolution de la quantité de l'ammonium et les ions de fer des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	53
IV.6	Evolution de la quantité des nitrites des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	55
IV.7	Evolution de la quantité des nitrates des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	55
IV.8	Evolution de la quantité du phosphate des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	56
IV.9	Evolution de la quantité du sulfate des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	57
IV.10	Evolution de la quantité du TA et du TAC des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	58
IV.11	Evolution de la quantité des ions de calcium et de magnésium des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	60
IV.12	Evolution de la quantité des bicarbonates et des chlorures des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	61
IV.13	Evolution de la quantité du titre hydrométrique et la matière organique des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	63
IV.14	Evolution de la quantité des matières en suspension et des résidus secs des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	64
IV.15	Evolution de la quantité de l'aluminium de l'eau traitée de barrage Bouhamdane pendant trois mois de 2019	65
IV.16	Evolution des germes totaux à 37 °C de l'eau de barrage Bouhamdane et des quatre forages pendant trois mois	67
IV.17	Evolution des coliformes totaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	68
IV.18	Evolution des coliformes fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	69

IV.19	Evolution des streptocoques fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	70
IV.20	Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	71

Liste des tableaux

Numéro	Titre des tableaux	Pages
I.1	Comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines	08
III.1	Principales caractéristiques du barrage Bouhamdane	28
IV.1	Résultats d'Analyses physico-chimiques des forages S1, S2, S3, et S4 d'eau de Guelma dans le mois de mars 2019	46
IV.2	Résultats d'Analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée de barrage Bouhamdane pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	47
IV.3	Résultats de la température et du potentiel d'hydrogène des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	48
IV.4	Résultats de la conductivité électrique et le taux des sels des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	50
IV.5	Résultats de la turbidité et la salinité des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	51
IV.6	Résultats de l'ammonium et des ions de fer des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	53
IV.7	Résultats des nitrites et des nitrates des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	54
IV.8	Résultats du sulfate et du phosphate des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	56
IV.9	Résultats du titre alcalimétrique simple (TA) et complet (TAC) des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	57
IV.10	Résultats des ions de calcium et de magnésium des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	59
IV.11	Résultats des bicarbonates et des chlorures des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	60
IV.12	Résultats de la dureté totale et la matière organique des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	62
IV.13	Résultats des matières en suspension et les résidus secs des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	63
IV.14	Résultats de l'aluminium de l'eau traitée du barrage Bouhamdane	64
IV.15	Résultats des germes totaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	66
IV.16	Résultats des coliformes totaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	67
IV.17	Résultats des coliformes fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	68

IV.18	Résultats des Streptocoques fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019	69
IV.19	Résultats de de l'eau de barrage Bouhamdane et des quatre forages pendant trois mois	70

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.
F_C :	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'eriochrom 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 (additif).
Turb :	Turbidité.
UFC :	Unité formant colonie.
μS/cm :	Micro siemens par centimètre.

Résumé

Nous avons déterminé la qualité de l'eau du barrage Bouhamdane (brute et traitée) et les quatre forages d'eau alimentant le centre de Guelma qui sont (Benkhereif, Tarha, Oued El Maiz, Eucalyptus) par analyses des paramètres physico-chimiques comme (température, pH, conductivité électrique, dureté, phosphates, sulfates....etc), et des paramètres bactériologiques (GT, CT, CF, SF et ASR) pendant le premier trimestre (Janvier, Février et Mars 2019), au niveau du laboratoire de la station de traitement des eaux à Hammam Debagh-Guelma.

Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus au cours de cette étude sont oscillants pour les six échantillons d'eau.

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

Mots clés : Barrage Bouhamdane (brute et traitée), Eau, Paramètres physico-chimiques, Paramètres bactériologiques, Forage, ADE.

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	i
Liste des tableaux	ii
Liste des abréviations	iii
Résumé	v
Introduction générale	01

Chapitre I: Généralités sur l'eau

I.1. Introduction	04
I.2. Ressources en eaux	04
I.2.1. Eaux de pluie	05
I.2.2. Eaux de surface (superficielle)	05
I.2.3. Eaux souterraines	06
I.2.3.1. Nappes profondes	06
I.2.3.2. Nappes phréatiques (ou nappes des puits)	06
I.2.3.3. Nappes alluvionnaires	06
I.2.3.3.1. Nappes libres	06
I.2.3.3.2. Nappes captives	06
I.2.4. Eaux des puits	07
I.2.4.1. Types de puits	07
I.3. Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface	07
I.4. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux	08
I.4.1. Paramètre organoleptique	08
I.4.1.1. Couleur	08
I.4.1.2. Odeur	08
I.4.1.3. Goût et saveur	09
I.4.2. Paramètres physico-chimique	09

I.4.2.1. Paramètres physiques	09
I.4.2.1.1. Température (°C)	09
I.4.2.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	09
I.4.2.1.3. Conductivité électrique (CE)	09
I.4.2.1.4. Turbidité (Turb)	10
I.4.2.1.5. Salinité	10
I.4.2.1.6. Matière en suspension (MES)	10
I.4.2.1.7. Résidu sec (RS)	10
I.4.2.1.8. Total des solides dissouts (TDS)	10
I.4.2.2. Paramètres chimiques	11
I.4.2.2.1. Aluminium (Al^{3+})	11
I.4.2.2.2. Ammonium (NH_4^+).....	11
I.4.2.2.3. Bicarbonates (HCO_3^-)	11
I.4.2.2.4. Calcium (Ca^{2+})	11
I.4.2.2.5. Chlorures (Cl)	11
I.4.2.2.6. Fer (Fe^{2+}).....	11
I.4.2.2.7. Magnésium (Mg^{2+})	12
I.4.2.2.8. Matière organique (MO)	12
I.4.2.2.9. Nitrate (NO_3^-)	12
I.4.2.2.10. Nitrite (NO_2^-)	12
I.4.2.2.11. Phosphate (PO_4^{3-})	13
I.4.2.2.12. Sulfate (SO_4^{2-})	13
I.4.2.2.13. Titre alcalimétrique (TA) et (TAC)	13
I.4.2.2.14. Titre hydrométrique (TH)	13
1.4.2.3. Paramètre bactériologique	14
1.4.2.3.1. Germes totaux (GT)	14
1.4.2.3.2. Coliformes totaux (CT).....	14

1.4.2.3.3. Coliformes fécaux ou thermo-tolérants (CF)	14
1.4.2.3.4. Streptocoques fécaux (SF)	14
1.4.2.3.5. Clostridium sulfito-réducteur (CSR)	14
1.4.2.3.6. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	15
1.4.2.3.7. Escherichia coli (E-coli)	15

Chapitre II : traitement des eaux de surface

II.1. Introduction	17
II.2. Définition de la Pollution	17
II.3. Classification de la pollution	17
II.3.1. Classification selon le type de polluant	17
II.3.1.1. Pollution physique	17
II.3.1.2. Pollution chimique	17
II.3.1.3. Pollution biologique	17
II.3.2. Classification selon l'origine de la pollution	18
II.3.2.1. Pollution domestique	18
II.3.2.2. Pollution urbaine	18
II.3.2.3. Pollution agricole	18
II.3.2.4. Pollution industrielle	19
II.3.2.5. Pollution minérale	19
II.3.2.6. Pollution par les métaux lourds	19
II.4. Maladies à transmission hydrique	19
II.4.1. Maladies d'origine bactérienne	20
II.4.1.1. Choléra	20
II.4.1.2. Fièvre typhoïde	20
II.4.1.3. Dysenterie	20
II.4.2. Maladies d'origine virale	20

II.4.2.1. Hépatite A et E	20
II.4.2.2. Méningite	20
II.4.2.3. Poliomyélite	21
II.4.2.4. Fièvre paratyphoïde	21
II.4.3. Maladies d'origine parasitaire	21
II.5. Procédés de traitement des eaux brutes	21
II.5.1. Prétraitements	22
II.5.1.1. Dégrillage et tamisage	22
II.5.1.2. Dessablage	22
II.5.1.3. Débourbage	22
II.5.1.4. Aération	23
II.5.2. Pré-oxydation	23
II.5.3. Clarification	23
II.5.3.1. Coagulation	24
II.5.3.2. Flocculation	24
II.5.3.3. Décantation	24
II.5.5. Filtration sur sable	24
II.5.6. Désinfection	25
II.5.7. Stockage	25

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Introduction	27
III.2. Zone d'étude	27
III.2.1. Présentation du barrage Bouhamdane	27
III.2.2. Caractéristiques du barrage Bouhamdane	28
III.2.3. Présentation de la station de traitement des eaux	28
III.2.4. Localisation des quatre forages	29
III.3.2. Matériel et méthodes	30
III.3.2.1. Paramètres physico-chimiques	30
III.3.2.1.1. Méthode électrochimique	30
1. Mesure de la température (°C), la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (mg/l) et la salinité	30
2. Mesure du pH	30
3. Mesure de la turbidité (Turb)	31
III.3.2.1.2. Méthode volumétrique	31
1. Détermination de l'alcalinité (TA et TAC) et les bicarbonates	31
2. Dosage de calcium (Ca^{2+})	32
3. Dosage de la dureté totale ou titre hydrométrique (TH)	34
4. Dosage de magnésium (Mg^{2+})	34
5. Dosage de chlorure (Cl^-)	35
6. Détermination de la matière organique (MO)	36
7. Détermination des résidus secs (RS)	37
8. Détermination des matières en suspension (MES)	37
III.3.2.1.3. Méthode par spectrophotométrie	38
1. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)	38
2. Dosage du fer (Fe^{2+})	38
3. Dosage du sulfate (SO_4^{2-}).....	39

4. Dosage du phosphate (PO_4^{3-})	39
5. Dosage du nitrite (NO_2^-)	39
6. Dosage du nitrate (NO_3^-)	40
7. Dosage d'aluminium (Al^{3+})	40
III.3.2.2. Paramètres bactériologiques	41
III.4.2.2.1. Recherche des germes totaux à 37 °C (GT)	41
III.4.2.2.2. Recherche des coliformes totaux (CT) et fécaux (CF)	41
III.4.2.2.3. Recherche des streptocoques fécaux	42
III.4.2.2.4. Recherche des anaérobies sulfite-réducteurs (ASR)	43

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Introduction	45
IV.2. Résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques	45
IV.3.1. Discussions des résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques	47
IV.3.1.1. Température et potentiel d'hydrogène	48
IV.3.1.2. Conductivité électrique (CE) et total des solides dissous (TDS)	49
IV.3.1.3. Turbidité (Turb) et salinité	51
IV.3.1.4. Fer (Fe^{2+}) et ammonium (NH_4^+)	52
IV.3.1.5. Nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-)	54
IV.3.1.6. Sulfate (SO_4^{2-}) et phosphate (PO_4^{3-}).....	55
IV.3.1.7. TA et TAC	57
IV.3.1.8. Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})	59
IV.3.1.9. Chlorure (Cl^-) et bicarbonate de sodium (HCO_3^-)	60
IV.3.1.10. Titre hydrométrique (TH) et matière organique (MO)	62
IV.3.1.11. Résidu sec (RS) et matière en suspension (MES)	63
IV.3.1.12. Aluminium (Al^{3+})	65
IV.4. Résultats et discussions d'analyses des paramètres bactériologiques	65
IV.4.1. Germes totaux (GT)	66
IV.4.2. Coliformes totaux (CT)	67
IV.4.3. Coliformes fécaux (CF).....	68
IV.4.4. Streptocoques fécaux (SF)	69
IV.4.5. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)	70
Conclusion générale	73
Références bibliographiques	76
Annexes	xiv



INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

L'eau, " l'or bleu " est indispensable à toute vie sur terre, c'est une ressource très recherchée. Longtemps considérée comme une ressource inépuisable, pure et gratuite, l'eau potable est aujourd'hui de plus en plus rare, polluée et chère. Les besoins en eau de bonne qualité et en quantité abondante ont augmenté avec la croissance démographique et le développement industriel.

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 de surface (barrage, cours d'eau, lacs) est alimenté par les de ruissellement des eaux de pluie.

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et biologiques susceptibles, à la santé des individus elle doit alors être acheminée de par des canalisations jusqu'à la station de traitement pour la rendre potable.

Le laboratoire d'analyses 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 l'étude de la qualité des eaux brute (EB) et des eaux traitées (ET) du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh-Guelma, et des quatre forages de la nappe phréatique de Oued El Maiz; forage Benkhereif (S1), forage Tarha (S2), forage puits Oued El Maiz (S3) et forage Eucalyptus (S4), à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh-Guelma.

Ainsi ce manuscrit s'articule autour de deux parties qui sont précédées par une introduction générale et clôturées par une conclusion générale.

La première partie est théorique est constituée de deux chapitres :

Le premier chapitre renferme des généralités sur l'eau.

Le deuxième chapitre est réservé aux procédés de traitement des eaux de surface, les diverses pollutions les maladies hydrique...etc.

La deuxième partie est expérimentale, elle comporte :

Le troisième chapitre qui représente la démarche pour analyser la qualité de différents échantillons d'eau brute, traitée et des forges en fin :

Le dernier chapitre expose les résultats et les discussions de ce manuscrit.



CHAPITRE I :
Généralités sur l'eau

I.1. Introduction :

L'eau, très présente sur notre terre et indispensable à la survie de tout être vivant, animal ou végétal. Elle a des propriétés physiques originales qui résultent de la composition de sa molécule et de la façon dont ces molécules se lient entre elles. On peut la trouver sous trois formes : liquide, solide ou gazeuse. [1].

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température et pression ambiantes. À pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100 (°C) et solide en dessous de 0 (°C). Sa formule chimique est H₂O, c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (figure I.1) [2].

L'eau est une substance incolore, inodore, insipide qui couvre trois quart de la surface terrestre et qui joue un rôle primordial pour tout ce qui a trait à la vie [3].

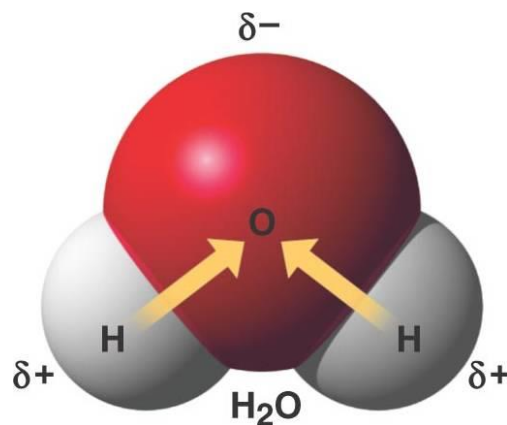


Figure I.1 : Description de la molécule d'eau.

I.2. Ressources en eau :

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer [4]. On résume les ressources d'eau en Algérie :

- Les ressources en eau conventionnelles :
 - 72 Barrages (Capacité totale 7,4 Milliards m³).
 - 718 retenues collinaires (Capacité 89,7 hm³).
 - Nappes souterraines (Capacité exploitée 7 Milliards m³).

- Les ressources en eau non conventionnelle :
 - 25 Stations de dessalement d'eau de mer (Capacité 913 hm³/an).
 - 138 Stations d'épurations (STEP) (Capacité 700 hm³/an) [4].

On peut dégager quatre sources nécessaires en eau qui sont :

I.2.1. Eaux de pluie :

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. À l'origine, ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, elles leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, fer et l'iode [5].

I.2.2. Eaux de surface (superficielle) :

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine les eaux de ruissellement ou nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière [2].

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (O₂, N₂, CO₂) [6].

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Selon le cas elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles, acides, peu minéralisées,...Elles sont également vulnérables aux pollutions. De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation / flottaison, filtration, minéralisation, neutralisation de l'acidité.

L'eau de surface peut aussi être filtrée sur du charbon actif. L'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micropolluants, les germes, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs [7].

I.2.3. Eaux souterraines :

Les eaux souterraines constituent 20% des réserves d'eaux soit environ 1000 millions de m³, leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes. Il existe plusieurs types de ces nappes nous pouvons citer [2] :

I.2.3.1. Nappes profondes :

Elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe.

D'une façon générale, les eaux des nappes profondes sont potables. Dans certains cas, l'eau issue des nappes profondes peut sortir très chaude [8].

I.2.3.2. Nappes phréatiques (ou nappes des puits) :

Les nappes phréatiques sont celles qui se reposent sur la première couche imperméable, non loin de niveau du sol. Elles sont toujours libres et souvent contaminées. Ces nappes revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde.

Une nappe phréatique affleure parfois à la surface du sol sous la forme de source ou bien peut-être captée au moyen de puits [29].

I.2.3.3. Nappes alluvionnaires :

Ce sont des eaux qui circulent dans les alluvions des grands Oueds qui peuvent alimenter en eau les nappes phréatiques situées au niveau des berges des Oueds.

I.2.3.3.1. Nappes libres :

Elles sont directement alimentées par infiltration des eaux de ruissellement, donc elles sont très sensibles à la pollution de surface.

I.2.3.3.2. Nappes captives :

Elles sont séparées de la surface du sol par une couche imperméable. Elles ne sont pas alimentées directement par le sol, par conséquent elles ne sont pas sensibles aux pollutions de surface [2].

I.2.4. Eaux des puits (forages):

Un puits à eau ou un forage est un ouvrage de captage vertical permettant l'exploitation de l'eau d'une nappe, contenue dans les interstices ou dans les fissures d'une roche du sous-sol qu'on nomme aquifère. L'eau peut être remontée au niveau du sol soit de façon très simple grâce à un récipient (seau par exemple) soit plus facilement grâce à une pompe, manuelle ou motorisée [10].

Avant d'être captée dans un puits, l'eau a subi de nombreuses évolutions, elle a ruisselé sur le sol, emporté avec elle des impuretés et des germes, et dissous des substances naturelles (calcaire, fer,...) ou polluantes (pesticides, métaux lourds,...). L'eau captée d'un forage est quant à elle, par définition, protégée des ruissellements de la surface, mais l'absence d'oxygène et la traversée de couches géologiques plus profondes l'expose à d'autres substances indésirables, comme le fer ferreux ou l'arsenic.

L'eau souterraine n'offre donc pas de garantie de salubrité, même loin des villes ou des industries, elle peut être contaminée par des substances indésirables et des germes pathogènes, et peut ainsi nuire à notre santé [28].

I.2.4.1. Types de puits :

Les puits et les forages sont très divers, que ce soit par leur profondeur, leur volume d'eau, leur coût ou la pureté de celle-ci, justiciable ou non d'un traitement avant de pouvoir être consommée (et qu'il convient d'ailleurs de contrôler non seulement à l'achèvement des ouvrages mais régulièrement) [28].

I.3. Principales différence entre les eaux souterraines et les eaux de surface :

Les eaux de surface sont plus chargées de matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal. Les eaux souterraines sont souvent considérées comme des eaux naturellement pure ce qui est une erreur, car souvent elles contiennent du fer, manganèse, ammoniacque et matières organiques sans parler de la teneur excessive en fluor et nitrates [29].

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humique)	Liée surtout aux matières en solution (acides humides...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région.
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents.
Nitrates	Peu abondant en général	Teneur parfois élevée.
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents.
Éléments vivants	Bactéries, virus, plancton.	Bactéries fréquentes.

Tableau I.1: Comparaison entre les eaux de surface et les eaux souterraines [29].

I.3. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux :

I.3.1. Paramètre organoleptique :

I.3.1.1. Couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité [4].

I.3.1.2. Odeur :

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances [4].

I.3.1.3. Goût et saveur :

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

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs [4].

I.3.2. Paramètres physico-chimiques :**I.3.2.1. Paramètres physiques :****I.3.2.1.1. Température (°C) :**

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine.

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels [13].

I.3.2.1.2. Potentiel hydrogène (pH) :

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous [2].

I.3.2.1.3. Conductivité électrique (CE) :

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés d'électrons. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre [13].

I.3.2.1.4. Turbidité (Turb) :

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle traduit la présence des matières en suspension (MES) [22]. Elle est exprimée en unité de turbidité néphélométrique (NTU) [4].

I.3.2.1.5. Salinité :

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés comme la densité, la compressibilité, le point de congélation et la viscosité. Elle est proportionnelle à la conductivité électrique [27].

I.3.2.1.6. Matière en suspension (MES) :

Les MES sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organiques. Les MES comprennent les matières décantées et les colloïdes mais pas les matières dissoutes.

Elles comportent souvent dans les cours d'eau des particules de nature argilo-humique provenant de l'érosion des sols, ainsi que d'autres constituants, en particulier d'origine organique. Les MES sont la cause essentielle de la turbidité de l'eau [24].

I.3.2.1.7. Résidu sec (RS) :

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux) [2].

I.3.2.1.8. Total des solides dissouts (TDS) :

Les solides dans l'eau se trouvent soit en solution ou en suspension, et se distinguent par le passage de l'échantillon de l'eau à travers un filtre de fibres de verre. Par définition, les matières en suspension sont retenues sur le dessus du filtre, et les solides dissous passent à travers le filtre avec de l'eau.

Lorsque la partie filtrée de l'échantillon d'eau est placée dans une coupelle, puis évaporée, les solides dissous dans l'eau restent comme résidu dans la capsule d'évaporation. Cette matière est appelée matières totales dissoutes ou TDS [31].

I.3.2.2. Paramètres chimiques :**I.3.2.2.1. Aluminium (Al^{3+}) :**

Le test de l'aluminium est indiqué pour les stations de traitement où le sulfate d'aluminium est utilisé comme coagulant. Un dosage incorrect de ce coagulant se note à la quantité significative d'aluminium qui persiste dans l'eau traitée [32].

I.3.2.2.2. Ammonium (NH_4^+) :

L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau.

La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne [24].

I.3.2.2.3. Bicarbonates (HCO_3^-) :

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique [30].

I.3.2.2.4. Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous formes de carbonates. C'est aussi un composant majeur de la dureté de l'eau [21].

I.3.2.2.5. Chlorures (Cl^-) :

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution [28].

I.3.2.2.6. Fer (Fe^{2+}) :

Les eaux de surfaces peuvent contenir jusqu'à 0.5 mg/l de fer qui peut avoir pour origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'amenés.

Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Il précipite à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air. Le fer de l'eau ne présente certes aucun inconvénient du point de vue physiologique, mais à des teneurs très importantes, il influe sur la qualité organoleptique de l'eau (mauvais goût, couleur et saveur) [2].

I.3.2.2.7. Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est un des éléments les plus répandu dans la nature, il peut être d'origine naturelle ou industrielle. Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau [21].

I.3.2.2.8. Matière organique (MO) :

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui peut augmenter après chloration. Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique [21].

I.3.2.2.9. Nitrate (NO_3^-) :

Les nitrates NO_3^- présents dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matières organiques azotées telles que les protéines végétales et les protéines ou les excréments des animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates. La présence de nitrates dans l'environnement est une conséquence naturelle du cycle de l'azote [21].

I.3.2.2.10. Nitrite (NO_2^-) :

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant.

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantité relativement faibles. Les nitrites non liées à une pollution, se retrouvent parfois dans les eaux pauvres en oxygène. Leur présence a également été signalée dans les eaux de pluie et dans celles provenant de la fonte des neiges. En effet la pollution atmosphérique favorise l'augmentation de la teneur en nitrites. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique [31].

I.3.2.2.11. Phosphate (PO_4^{3-}) :

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.).

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante [28].

I.3.2.2.12. Sulfate (SO_4^{2-}) :

Les sulfates qui se dissolvent dans l'eau proviennent de certains minéraux en particulier du gypse ou apparaissent à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau peut entraîner des troubles intestinaux [29].

I.3.2.2.13. Titre alcalimétrique (TA) et (TAC) :

Le titre alcalimétrique permet d'apprécier la concentration de tous les carbonates et bicarbonates dans l'eau. La formation d'une couche carbonatée assurant la protection des canalisations contre certains risques de corrosion nécessite une alcalinité minimale. Le titre alcalimétrique complet, donnant l'alcalinité totale de l'eau (pas seulement l'alcalinité due au bicarbonate et au carbonate) [7].

I.3.2.2.14. Titre hydrométrique (TH) :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. Une eau à titre hydrotimétrique élevée est dite « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une eau « douce » [2].

I.3.2.3. Paramètre bactériologique :**I.3.2.3.1. Germes totaux (GT) :**

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine [11].

I.3.2.3.2. Coliformes totaux (CT) :

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C [28].

I.3.2.3.3. Coliformes fécaux (CF) :

Appelés aussi coliformes thermo-tolérants. Les CF constituent un sous-groupe des CT capables de se développer à 44 °C. Les CF sont les plus appropriés que les CT comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe est majoritairement constitué *d'Escherichia coli* mais comprend aussi des *Klebsiella*, des *Enterobacter* et des *Citrobacter* [23].

I.3.2.3.4. Streptocoques fécaux (SF) :

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale. Et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution.

L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution [28].

I.3.2.3.5. Clostridium sulfito-réducteur (CSR) :

Les spores de clostridies, ce bacille à Gram positif, anaérobie, sporogène, se rencontre normalement dans les matières fécales humaines et animales ; ses spores peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois, elles ne seraient pas toujours inactivées par le chlore et par les rayons ultraviolets [23].

I.3.2.3.6. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) :

Ce sont des micro-organismes anaérobiques formant des spores, sulfito-réducteurs, appartenant à la famille des bacillacées et au genre *Clostridium*. Les spores des micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs sont largement répandues dans l'environnement.

Elles sont présentes dans les matières fécales humaines et animales ainsi que les eaux usées et le sol.

À la différence des Coliformes, les spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente [21].

I.3.2.3.7. Escherichia coli (E-coli) :

Escherichia coli est une bactérie qui se trouve couramment dans le tractus gastro-intestinal des humains et des animaux à sang chaud. En raison de sa prévalence élevée dans le tractus gastro-intestinal et dans les fèces, E-coli est un indicateur privilégié de la contamination fécale lors de l'évaluation de la qualité de l'eau. La plupart des E. coli sont des organismes commensaux inoffensifs lorsqu'ils sont contenus dans leur habitat naturel intestinal. Plusieurs souches d'E-Coli sont des agents pathogènes gastro-intestinaux dangereux pour les humains, et certaines sont également pathogènes pour les jeunes animaux d'élevage [21].



CHAPITRE II :
traitement des eaux
de surface

II.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons présenter les types de pollution d'eau, leur origine, les maladies qu'elles peuvent causer et les traitements de l'eau de surface pour la rendre potable et exploitable.

II.2. Définition de la Pollution :

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines [11].

II.3. Classification de la pollution:**II.3.1. Classification selon le type de polluant :**

Il existe plusieurs manières de classer la pollution. Selon le type de polluant, on peut classer la pollution en trois catégories : pollution physique, pollution chimique et pollution biologique [6].

II.3.1.1. Pollution physique :

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires).

II.3.1.2. Pollution chimique :

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables. Ils comprennent les sels minéraux et les composés toxiques. Ce sont des polluants majeurs des cours d'eau par leur abondance et leurs effets biologiques [13].

II.3.1.3. Pollution biologique :

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques.....etc.).

Ils sont constitués d'organismes libres et des agents pathogènes. En ce qui concerne les organismes libres on trouve essentiellement : le plancton et les macro-invertébrés. Les agents pathogènes comprennent à leur tour : les virus, les bactéries et les parasites. Leur présence est liée au péril fécal [13].

II.3.2. Classification selon l'origine de la pollution :

On peut distinguer six catégories qui sont : pollution domestique, urbaine, agricole et pollution industrielle.

II.3.2.1. Pollution domestique :

La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergents, elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières. Elle est due principalement aux rejets domestiques (eaux de lavage, huiles de vidange, matières fécales, etc.) [6].

II.3.2.2. Pollution urbaine :

Ce sont les eaux des habitations et des commerces qui entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par les entreprises en quantités variables selon l'importance de l'agglomération et son activité [6].

II.3.2.3. Pollution agricole :

Cette pollution comprend à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés, issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates NO_3^- et de produits phytosanitaire, qui ne sont pas décomposés, qui vont nourrir les algues se multipliant ainsi en prenant tout l'oxygène. Les déchets animaux sont avides d'oxygène, riche en azote et en phosphore et renferment souvent des organismes pathogènes [13].

II.3.2.4. Pollution industrielle :

Elle est caractérisée par une très grande diversité suivant l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution,...etc.) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface,etc.). On peut donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité industrielle [12].

II.3.2.5. Pollution minérale :

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tel que: les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le chrome, le cuivre et le chlore. Ces substances suscitées :

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu.
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration.
- Affectent sérieusement les cultures [2].

II.3.2.6. Pollution par les métaux lourds :

Parmi les métaux lourds dangereux pour la santé, il faut citer le plomb, le mercure, le cadmium, l'arsenic, le cuivre, le zinc et le chrome.

Ces métaux se trouvent à l'état naturel dans le sol. Même sous forme de traces, ils posent des problèmes sur la santé. Cependant, quand ils sont concentrés dans des aires particulières, ils posent un grave danger. L'arsenic et le cadmium, par exemple, peuvent causer le cancer. Le mercure peut provoquer des mutations et des dégâts génétiques, tandis que le cuivre, le plomb et le mercure peuvent causer des lésions aux os [2].

II.4. Maladies à transmission hydrique :

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent. Les maladies à transmission hydriques sont l'ensemble des maladies liées à la consommation d'eau ou d'aliments, souillées par des microorganismes pathogènes : des bactéries pathogènes, des virus ou des parasites [27].

Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements [11].

II.4.1. Maladies d'origine bactérienne :

Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause [29] :

II.4.1.1. Choléra :

Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités. Les gens sont infectés après avoir consommé des aliments ou de l'eau qui ont été contaminés par les selles de personnes infectées [6].

II.4.1.2. Fièvre typhoïde :

Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas [11].

II.4.1.3. Dysenterie :

Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou *Shigellose* (causée par diverses bactéries). La *Shigellose* peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20% [11].

II.4.2. Maladies d'origine virale :**II.4.2.1. Hépatite A et E :**

Le virus de l'hépatite A (VHE A) et E (VHE) se transmet en général par voie fécale orale, soit par contact direct d'une personne à l'autre, soit par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés [6].

II.4.2.2. Méningite :

Les méningites infectieuses de l'enfant représentent des maladies hétérogènes comportant d'une part les méningites virales de loin les plus fréquentes et dont l'évolution est en règle simple sans traitement particulier et d'autre part les méningites bactériennes sont plus rares mais graves.

Trois espèces bactériennes se partagent la quasi-exclusivité des cas: *Streptocoques pneumonie*, *Neisseria meningitidis* et *Haemophilus influenza* [6].

II.4.2.3. Poliomyélite :

La poliomyélite est une maladie infectieuse transmissible aiguë, essentiellement neurotrope, immunisante, endémo-épidémique, due à un poliovirus sauvage, entérovirus de la famille des *Picornaviridae*. La gravité, en termes de santé publique, de la poliomyélite est surtout liée aux séquelles motrices définitives qu'elle entraîne.... se transmet par l'intermédiaire de la nourriture et de l'eau contaminées par les matières fécales (excréments) des personnes infectée [6].

II.4.2.4. Fièvre paratyphoïde :

Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible [11].

II.4.3. Maladies d'origine parasitaire :

En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites par exemple : *l'ankylostomose*, *la dracunculose*, *le téniasis*...etc. [29].

II.5. Procédés de traitement des eaux de surfaces :

Pour traiter une eau de surface, il faut généralement combiner plusieurs traitements élémentaires dont les bases peuvent être physiques (techniques séparatives), chimiques (oxydation et désinfection) ou biologiques, qui ont pour effet d'éliminer les matières en suspension, puis les substances colloïdales et enfin certaines substances dissoutes (minérales ou organiques) [17].

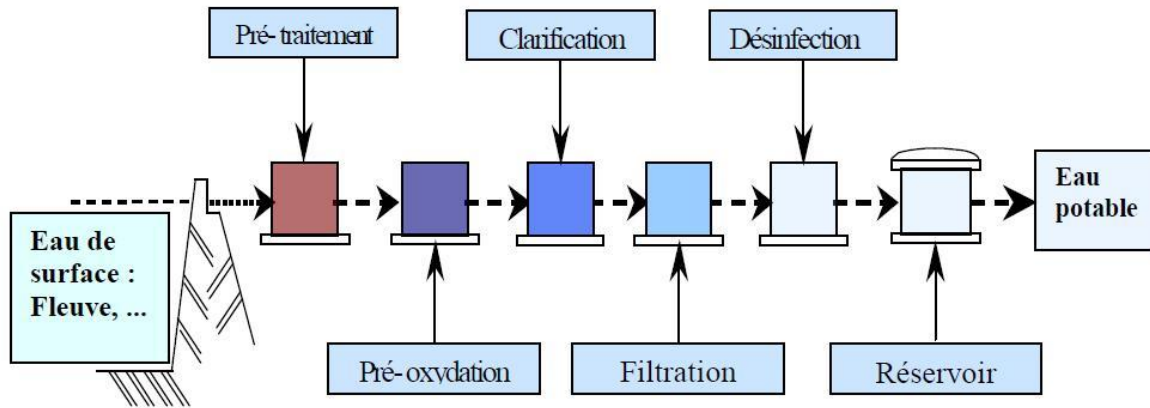


Figure II.1 : Schéma de traitement des eaux de surface.

II.5.1. Prétraitements :

Ils ont pour but d'éliminer les éléments solides ou particulaires les plus grossiers, susceptibles de gêner les traitements ultérieurs ou d'endommager les équipements volumineux (dégrillage) [2].

Les eaux brutes doivent généralement subir avant leur traitement proprement dit un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérateur uniquement physique ou mécanique. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'élément dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour le traitement ultérieur [6].

II.5.1.1. Dégrillage et tamisage :

L'eau est d'abord filtrée à travers une grille afin d'arrêter les plus gros déchets, puis elle passe dans des tamis à mailles fines retenant des déchets plus petits [14].

II.5.1.2. Dessablage :

Permet d'éliminer le gravier, le sable de telle sorte à éviter des dépôts dans les canalisations, les réservoirs et permet également de protéger les équipements de pompage [35].

II.5.1.3. Débourbage :

C'est une opération nécessaire lorsque la concentration en MES est supérieur à 2000 mg/l et consiste en la décantation des sables les plus fines et des limons grossiers [35].

II.5.1.4. Aération :

L'aération élimine les gaz excédentaires (H_2S , CO_2) et enrichit l'eau en oxygène. Elle contribue à prévenir les problèmes de goût et d'odeur en faisant en sorte que les concentrations d'oxygène demeurent suffisamment élevées dans l'ensemble de la colonne d'eau, ce qui prévient l'apparition de conditions caractérisées par une faible concentration d'oxygène ou par l'absence d'oxygène (conditions anaérobies). L'aération aide également à prévenir la libération du phosphore et fer contenu dans les sédiments.

Cette pratique limite la croissance des algues et réduit la quantité des végétaux présents qui, tôt ou tard, finira par mourir et se décomposer [26].

II.5.2. Pré-oxydation :

Si la charge organique est très importante ou s'il y a de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, l'oxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification. Cette étape d'oxydation peut se faire avec du chlore ou de l'ozone [15].

La pré-chloration s'est surtout développée dans les années 60, elle tend à disparaître actuellement. Le chlore est le réactif le plus économique, mais son inconvénient est de former avec certains micro-polluants des composés organochlorés de type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols de type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables [16].

II.5.3. Clarification :

La clarification par «coagulation-floculation-décantation » est un des procédés les plus utilisés. Il permet l'élimination des matières en suspension. Les matières colloïdales sont coagulées par un apport en sels minéraux (de fer ou d'aluminium). Il y a formation de flocons qui entraînent les particules coagulées.

En présence de produits coagulants et floculants, les particules en suspension dans les eaux forment des flocons. Le poids de ces flocons provoque la sédimentation des particules au fond des bassins de décantation. La filtration finale à travers des filtres minéraux (sable) ou des membranes permet de produire une eau limpide débarrassée de ses particules [15].

II.5.3.1. Coagulation :

Ce traitement consiste à ajouter des produits chimiques ou des coagulants, la charge positive de ces derniers neutralise la charge négative des particules dissoutes dans l'eau. Quand cette réaction se produit les particules se lient et forment des petits floccs qui se séparent lentement de l'eau. Les coagulants les plus utilisés en traitement des eaux sont :

- Les sulfates d'alumine $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$.
- Le chlorure ferrique $FeCl_3$ [19].

II.5.4.2. Flocculation :

La taille des floccs déjà formés aux cours de la coagulation n'est pas suffisante pour la décantation, alors on injecte un flocculant accompagné d'une agitation lente, l'agglomérat obtenu aura une taille satisfaisante pour sédimenter dans le bassin. On utilise comme flocculant: Les polymères et l'alginate [18].

II.5.4.3. Décantation :

C'est la phase de séparation gravitaire des matières insolubles dans l'eau. Elle vise à éliminer les floccs issus de la coagulation-flocculation.

On distingue généralement la décantation à flux vertical ou l'eau suit un trajet vertical et à flux horizontal ou les particules décantent tout au long du trajet en fonction de leurs densités [35].

II.5.5. Filtration sur sables :

La filtration est un procédé permettant la séparation solide-liquide au travers d'un support poreux (le sable).

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

Le système de filtration de six bassins est de forme rectangulaire. Sa structure a été réalisée avec des murs en béton armé. Chacun des filtres devrait contenir une couche de sable de granulométrie uniforme pour filtrer l'eau [2].

II.5.6. Désinfection :

Les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone ou des ultraviolets. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau [15]. C'est la dernière étape, elle élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux pour notre santé à l'aide du chlore ou l'eau de javel, qui sont :

La désinfection est l'élimination :

- des bactéries ;
- des virus pathogènes ;
- des bio-indicateurs (coliformes fécaux et totaux ...) ;
- de certains parasites [17].

II.5.7. Stockage:

Finalement, l'eau propre à la consommation sera stockée dans le but de satisfaire la demande [7].



CHAPITRE III :
Matériels et méthodes

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons exposer les méthodes de travail des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de barrage Bouhamdane et les forages d'eau que nous avons choisis, et nous allons également mentionner les matériels utilisés dans les laboratoires de la station pour ces analyses

III.2. Zone d'étude :

III.2.1. Présentation du barrage Bouhamdane :

Le barrage Bouhamdane est situé dans la Wilaya de Guelma à 25 km à l'Ouest du chef-lieu, il dépend administrativement de la Daïra de Hammam Debagh et de la Commune de Bouhamdane, occupant une superficie totale de 700 hectares. Il est alimenté principalement par Oued Bouhamdane [27].

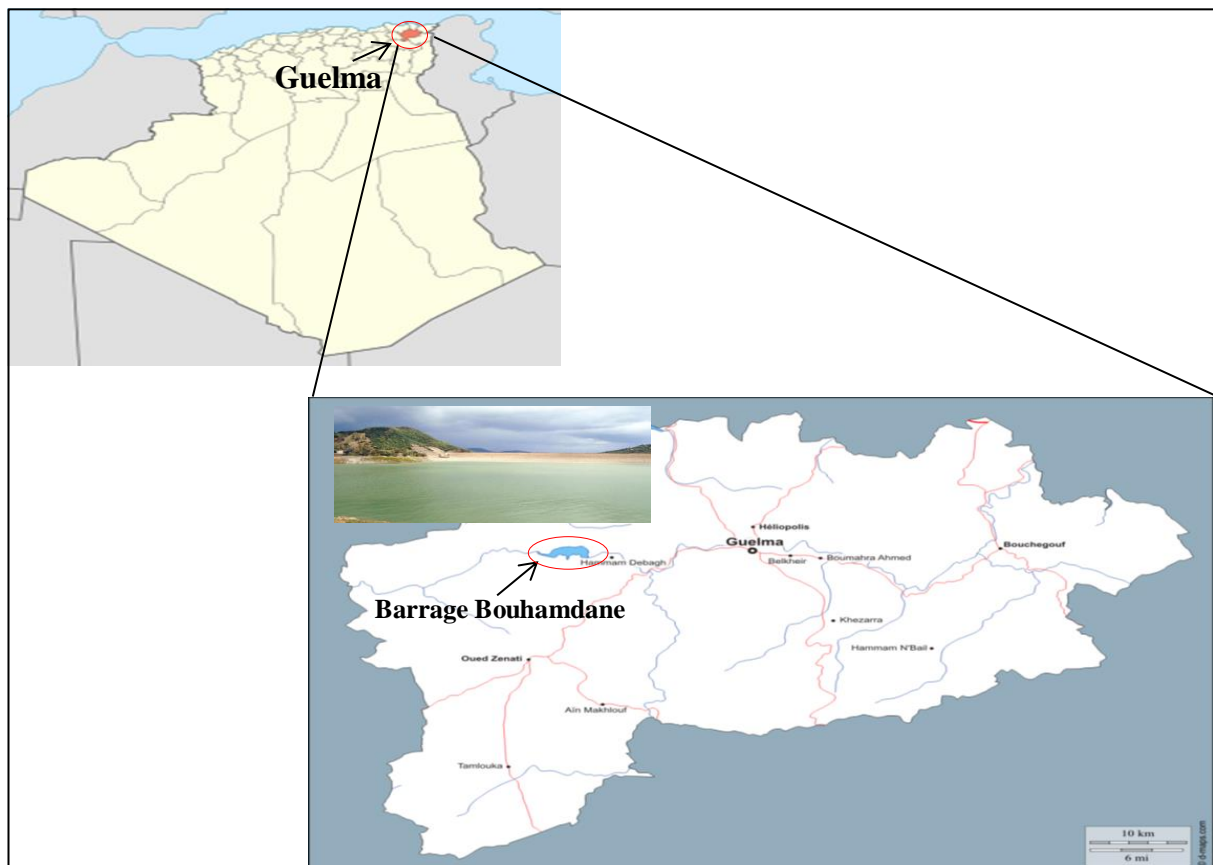


Figure III.1: Localisation du barrage Bouhamdane.

III.2.2. Caractéristiques du barrage Bouhamdane:

Le tableau ci-dessous représente les principales caractéristiques du barrage Bouhamdane.

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 hm ³ (1988) 184,347 hm ³ (2004) Après levée bathymétrique
Superficies du bassin versant	1070 Km ²
Apport annuel moyen	63 hm ³
Profondeur maximale	93 m
Hauteur de l'eau	Minimal : 5m, maximal : 60m
Envasement moyen annuel	0,53 hm ³
Sources d'approvisionnement en eau	Oued Bouhamdane et ses affluents
Longueur en crête	340 m
Larguer en crête	9 m
Volume de la digue	6500000 m ³
Largeur à la base	516 m
Longueur de couronnement	430 m
Excavations	1700000 m ³

Tableau III.1: Principales caractéristiques du barrage Bouhamdane [27].

III.2.3. Présentation de la station de traitement des eaux :

La station de traitement concernée par cette étude, est la station de production d'eau potable d'Hamam Debagh ; 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 Hamam 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 Hamam Debagh et à 1 Km du barrage Bouhamdane et à 20 Km de la ville de Guelma [34].



Figure III.2 : Présentation de la station de traitement des eaux Hammam Debagh [34].

III.2.4. Localisation des quatre forages :

Nous avons étudié la qualité de l'eau des quatre forages (Benkhereif (S1), Tarha (S2), puits Oued El Maiz (S3) et Eucalyptus (S4)). La figure (III.2) ci-dessous représente la localisation de ces forages.

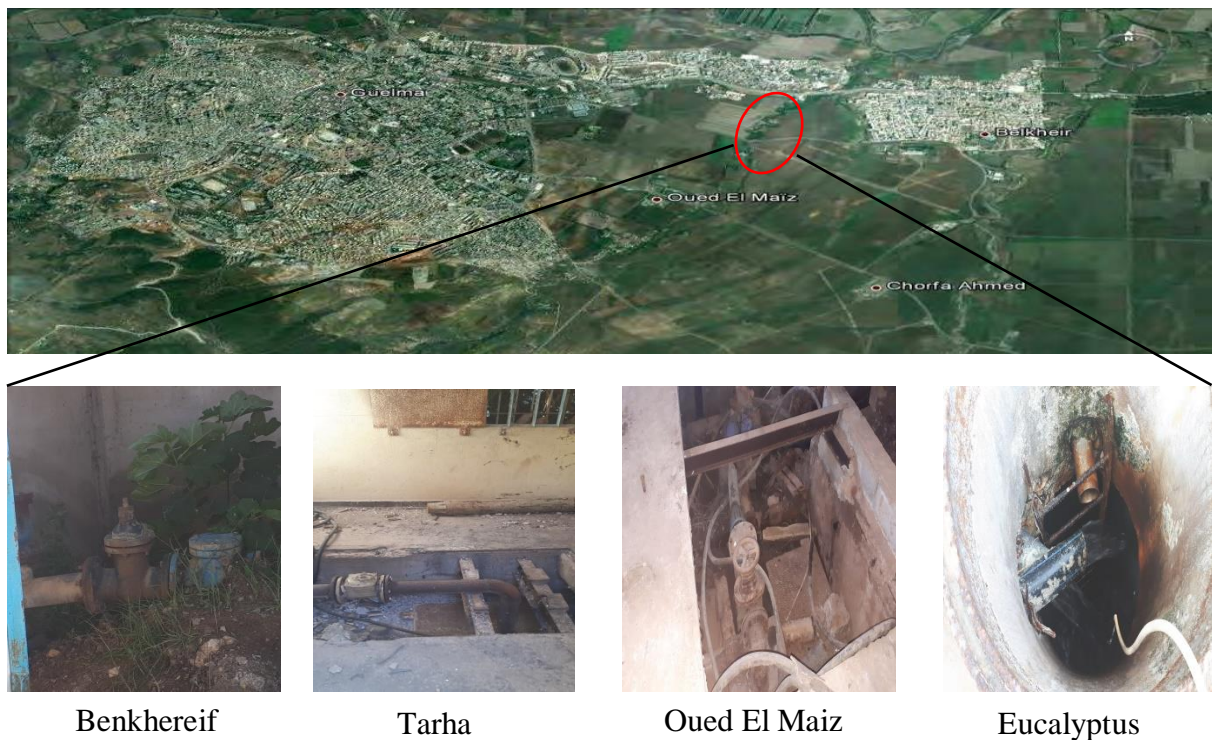


Figure III.3 : Localisation des quatre forages d'eau du centre de la Wilaya de Guelma.

III.3.2. Matériels et méthodes :

III.3.2.1. Paramètres physico-chimique :

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

III.3.2.1.1. Méthode électrochimique :

1. Mesure de la température (°C), la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), TDS (mg/l) et la salinité :

1) Matériels :

- Bécher à 250 ml ;
- L'eau distillée ;
- L'appareil de mesure (Multi-paramètre) ;
- L'eau à analyser.

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) ;
- L'appareil affiche directement les résultats ;
- Noter la TDS et cliquer sur le bouton (x) pour changer le paramètre ;
- Laisser un moment jusqu'à l'affichage de la conductivité électrique et la température ;
- Et ensuite la salinité ;
- Noter les résultats [35].

2. Mesure du pH :

1) Matériels :

- Bécher à 250 ml ;
- L'eau distillée ;
- Le pH-mètre à électrode en verre ;
- L'eau à analyser.

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 [35].

3. Mesure de la turbidité (Turb) :

1) Matériels :

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

2) Mode opératoire :

- Rincer bien la cuvette avec de l'eau distillée ;
- Remplissez la cuvette avec de l'eau à analyser jusqu'au trait jaugé ;
- 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 [35].

III.3.2.1.2. Méthode volumétrique :

1. Détermination de l'alcalinité (TA-TAC) et les bicarbonates (HCO_3^-):

1) Réactifs :

- Acide sulfurique (H_2SO_4) N/50 ;
- Indicateurs colorés : phénolphtaléine et méthyl orange.

2) Matériels :

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

4) Mode opératoire :

4.1. 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 ($\text{pH} < 8,3$ donc $\text{TA} = 0$).
- On verse ensuite doucement la solution d'acide sulfurique à l'aide d'une burette, en agitant constamment et ceci jusqu'à décoloration complète ;
- On note V_{TA} le volume versé [19].

4.2. Titre alcalimétrique 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 [19].

4.3. Bicarbonates (HCO_3^-) :

La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation ci-dessous [30].

5. Expression des résultats :

5.1. Pour le TA : $TA (^{\circ}F) = V_{TA} (ml)$

5.2. Pour le TAC : $TAC (^{\circ}F) = V_{TAC} (ml) - 0,5$

5.3. Pour le HCO_3^- : $HCO_3^- (mg/l) = TAC (^{\circ}F) \times N \times M (HCO_3^-) / PE$

Avec :

N : normalité de l'acide versé (0,02 mol/l) ;

$M (HCO_3^-)$: masse molaire de bicarbonate (HCO_3^-) = 61 g/mol ;

PE : prise d'essai (volume en litre de l'échantillon nécessaire pour ce dosage = 0,1l).

Et après les calculs :

$$HCO_3^- (mg/l) = TAC (^{\circ}F) \times 12,2 ; 1(^{\circ}F) = 10 (mg/l)$$

2. Dosage de calcium (Ca^{2+}) :**1) Réactifs :**

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

2) Matériels :

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

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 [35].

5) Mesure et calcul du résultat :**5.1. Calcul du coefficient de correction (F_C) :**

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

Le facteur de correction F_C est égal à :

$$F_C = \frac{\text{Volume versé (ml)}}{\text{Volume théorique(12,5ml)}}$$

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

5.2. Expressions des résultats:

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

Avec :

- C_1 : concentration exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,02 ;
- V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage ;
- A : est la masse molaire du calcium (40,08 g/mol) ;
- V_0 : est le volume en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml ;
- F_c : facteur de correction du titre ;
- F : facteur de dilution.

Après les calculs :

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

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

1) Réactifs :

- EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l ;
- Indicateur : le noir ériochrome T (NET) ;
- Solution ammoniacale (NH₄OH) à pH = 10.

2) Matériels :

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

3) 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.

4) Expressions des résultats :

La concentration totale en ions calcium et magnésium (Ca²⁺ + Mg²⁺), exprimée en (°F), est donnée par la formule :

$$TH(^{\circ}F) = V_2 \times 2 \times F \times F_c$$

Où:

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).

Et:

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

4. Détermination de magnésium (Mg²⁺) :

La concentration globale en magnésium est la différence entre la dureté totale et la dureté calcique [35].

$$TH_{totale} = TH_{Ca^{2+}} + TH_{Mg^{2+}} \rightarrow TH_{Mg^{2+}} = TH_{totale} - TH_{Ca^{2+}}$$

Où :

TH_{totale} : dureté totale en (°F) ;

$TH_{Ca^{2+}}$: dureté calcique en (°F) ;

$TH_{Mg^{2+}}$: dureté magnésienne en (°F).

5. Dosage de chlorure (Cl^-) :

1) Réactifs :

➤ Solution de chromate de potassium (K_2CrO_4) à 10% ;

➤ Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) N/10.

2) Matériels :

➤ Burette de 25 à 50 ml;

➤ Matériel courant de laboratoire : fioles, pipettes, béchers...

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.

4) Expressions des résultats :

$$Cl^-(mg/l) = (V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times M(Cl) \times 1000) / PE = (V_{AgNO_3} \times 0,1 \times 35,5 \times 1000) / 25$$

Où :

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

N_{AgNO_3} : 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 :

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

6. Détermination de la matière organique (MO) :**1) Réactifs :**

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

3) Matériels :

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

4) 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 [8] ;
- Retirer alors le béccher 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.

7. Détermination des résidus secs (RS) :**1) Matériels :**

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

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 $\frac{1}{4}$ d'heure au dessiccateur ;
- Peser immédiatement et rapidement, et noter le poids P_p [35].

3) Expressions des résultats :

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

Où :

P_p : poids du bécher plein en mg;

P_v : poids du bécher après évaporation en mg.

8. Détermination des matières en suspension (MES) :**1) Matériels :**

- Dispositif de filtration sous vide ;
- Membranes de filtration [8].

2) Mode opératoire :

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser : soit M_0 = masse des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans le dispositif de filtration sous vide et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (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 [8].

3) Expressions des résultats :

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

Où :

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

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

V : volume d'eau à analyser en ml.

III.3.2.1.3. Méthode par spectrophotométrie :

1. Dosage de l'ammonium (NH_4^+) :

1) Réactifs :

- Réactif coloré ;
- Solution de Dichloroisocyanurate de sodium ;

2) Matériels :

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes), balance analytique ;
- Spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).

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 [37].

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

1) Réactifs :

- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l ;
- Solution de phénantroline-1,10 ;
- Solution tampon acétate.

2) Matériels :

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

4) 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 [35].

3. Dosage du sulfate (SO_4^{2-}) :**1) Réactifs :**

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

2) Matériels :

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

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.

4. Dosage du phosphate (PO_4^{3-}) :**1) Réactifs :**

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

3) 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.

5. Dosage du nitrite (NO_2^-) :**1) Réactifs :**

- Solution du réactif mixte.

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.

6. Dosage du nitrate (NO_3^-) :**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.

2) Matériel :

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

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.

7. Dosage d'aluminium (Al^{3+}) :**1) Réactifs :**

- Chlorure de calcium (CaCl_2) à 0,7 g/l ;
- Acide Thio-glycolique ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{S}$) à 80 % ;
- Solution tampon pH= 4,6 ;
- Rouge d'alizarine.

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.

III.3.2.2. Paramètres bactériologiques :

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

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

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 paillasse.

2) Incubation :

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

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.

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

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.

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.

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*.

3. Recherche des streptocoques fécaux :**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.

2) Incubation :

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

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 dénombré.

III.3.2.2.5. Recherche des anaérobies sulfito-réducteur (ASR) :**1) Mode opératoire :**

- Prendre environ 25 ml à partir de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes ;
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet ;
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 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.

2) Incubation :

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

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.

CHAPITRE IV :

Résultats et discussions

IV.1. Introduction:

Notre travail avait pour objectif l'étude de la qualité des eaux brute (EB) et des eaux traitées (ET) du barrage Bouhamdane de Hammam Debagh-Guelma, et des quatre forages du centre de Guelma ; forage Benkhereif (S1), forage Tarha (S2), forage puits Oued El Maïz (S3), forage Eucalyptus (S4), à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques réalisées au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh-Guelma.

Dans ce chapitre nous allons présenter les résultats de toutes les analyses effectuées au cours de notre stage, mois de (février et mars). Pour visualiser le procédé de traitement des eaux au cours du premier trimestre (janvier février et mars 2019), nous avons introduit les résultats analyses du mois de janvier.

IV.2. Résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques :

Les résultats d'analyses physico-chimiques des différents types d'eau obtenus selon les modes opératoires décrits dans le (chapitre III), sont rapportés dans Le tableau (IV.1) qui présente les résultats physico-chimiques des quatre forages qui sont réalisés le 17 mars 2019 ; il est à noter que les analyses des eaux de forages sont faites systématiquement une fois par trimestre. Nous avons organisé les résultats physico-chimiques de l'eau brute et traitée de barrage Bouhamdane de Hammam debagh-Guelma, dans le tableau (IV.2).

Paramètres	Les sites				Les normes		
	Forage Benkhereif (S1)	Forage Tarha (S2)	Forage puits Oued El Maiz (S3)	Forage Eucalyptus (S4)	ALG	OMS	
Paramètres physico-chimiques	Turb (NTU)	0,46	0,43	0,94	0,51	05	-
	pH	7,51	7,35	7,45	7,42	6,5-8,5	6,5-9,2
	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1134	934	943	925	2800	-
	TDS (mg/l)	653	538	540	536	-	-
	Salinité	0,5	0,3	0,3	0,3	-	-
	T ($^{\circ}\text{C}$)	15,9	15,9	16,1	15,8	25	25
	TH ($^{\circ}\text{F}$)	41,6	47,4	44,6	45,8	500	200
	TA ($^{\circ}\text{F}$)	00	00	00	00	12	-
	TAC ($^{\circ}\text{F}$)	25,8	25,9	25,4	25,9	12	-
	HCO_3^- (mg/l)	314,76	315,98	309,88	315,98	350	-
	Ca^{2+} (mg/l)	128,16	156,99	140,97	148,18	200	-
	Mg^{2+} (mg/l)	23,33	19,93	22,84	21,38	150	150
	Cl ⁻ (mg/l)	227,2	127,8	156,2	156,2	500	250
	MO (mg/l)	04	02	03	3,2	05	-
	MES (mg/l)	01	01	01	01	<30	-
	RS (mg/l)	863,5	769	745	726,5	2000	-
	NO_2^- (mg/l)	00	00	0,043	0,147	0,2	0,2
	NH_4^+ (mg/l)	0,004	00	0,020	0,054	0,5	-
	NO_3^- (mg/l)	12,72	11,05	14,85	7,68	50	50
	SO_4^{2-} (mg/l)	140,5	137,5	135,5	115	400	500
PO_4^{3-} (mg/l)	0,405	0,052	0,234	0,173	0,5	-	
Fe^{2+} (mg/l)	0,03	0,09	0,03	0,01	0,3	-	

Tableau IV.1 : Résultats d'Analyses physico-chimiques des forages S1, S2, S3, et S4 d'eau de Guelma dans le mois de mars 2019.

Date de prélèvement		janvier		Février		Mars		Les normes	
L'eau de barrage Bouhamdane		Brute (EB)	Traitée (ET)	Brute (EB)	Traitée (ET)	Brute (EB)	Traitée (ET)	ALG	OMS
Paramètres physico-chimiques	Turb (NTU)	11,2	1,55	26,1	3,87	12,5	2,23	05	-
	pH	8,14	8,14	8,12	7,64	8,02	8,01	6,5-8,5	6,5-9,2
	CE ($\mu\text{S/cm}$)	468	480	374	381	377	387	2800	-
	TDS (mg/l)	304	307	257	265	254	261	-	-
	Salinité	0,1	0,1	00	00	00	00	-	-
	T ($^{\circ}\text{C}$)	11,2	11,5	8,8	8,8	9,8	9,8	25	25
	TH ($^{\circ}\text{F}$)	25,6	25,6	23,2	23,2	21,8	21,8	500	200
	TA ($^{\circ}\text{F}$)	00	00	00	00	00	00	12	-
	TAC ($^{\circ}\text{F}$)	12,3	12,1	11,6	11,2	12,1	11,5	12	-
	HCO_3^- (mg/l)	150,06	147,62	141,52	136,64	147,62	140,3	350	-
	Ca^{2+} (mg/l)	68,88	68,88	60,87	60,87	56,87	56,87	200	-
	Mg^{2+} (mg/l)	20,41	20,41	19,44	19,44	18,47	18,47	150	150
	Cl (mg/l)	85,2	85,2	85,2	85,2	71	71	500	250
	MO (mg/l)	6,5	4,1	7,2	4,5	07	4,3	05	-
	MES (mg/l)	511	500	12	00	06	00	<30	-
	RS (mg/l)	04	00	418	412,5	356,5	380,5	2000	-
	NO_2^- (mg/l)	0,012	00	0,033	00	00	00	0,2	0,2
	NH_4^+ (mg/l)	00	00	0,137	00	0,003	00	0,5	-
	NO_3^- (mg/l)	1,545	2,099	3,788	3,811	1,626	2,02	50	50
SO_4^{2-} (mg/l)	110,5	116,5	80,5	96	49	61,5	400	500	
PO_4^{3-} (mg/l)	0,223	0,009	0,172	00	00	00	0,5	-	
Fe^{2+} (mg/l)	0,16	0,01	0,27	0,04	0,09	0,01	0,3	-	
Al^{3+} (mg/l)	/	0,18	/	0,23	/	0,28	0,2	0,2	

Tableau IV.2 : Résultats d'Analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée de barrage Bouhamdane pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

IV.3. Discussions des résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques :

Les résultats physico-chimiques sont obtenus dans le laboratoire physico-chimique de la station de traitement des eaux de barrage Bouhamdane de Hammam Debagh-Guelma.

Chaque deux paramètres sont rapportés ensembles dans les tableaux (IV.3-IV.14) et les figures (IV.1-IV.15) ci-dessous et sont suivi des discussions.

IV.3.1. Température et potentiel d'hydrogène :

Nous avons mesuré la température de l'eau du barrage Bouhamdane et des eaux des forages choisies par un appareil de Multi-paramètre (WTW) en degré Celsius (°C), et le pH à l'aide d'un pH-mètre.

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		T (°C)	pH	T (°C)	pH	T (°C)	pH
Les sites							
	Eau brute (EB)	11,2	8,14	8,8	8,12	9,8	8,02
	Eau traitée (ET)	11,5	8,14	8,8	7,64	9,8	8,01
	Forage Benkhereif (S1)	---	---	---	---	15,9	7,51
	Forage Tarha (S2)	---	---	---	---	15,9	7,35
	Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	---	---	16,1	7,45
	Forage Eucalyptus (S4)	---	---	---	---	15,8	7,42
La norme ALG	T (°C)	25					
	pH	6,5-8,5					

Tableau IV.3 : Résultats de la température et du potentiel d'hydrogène des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

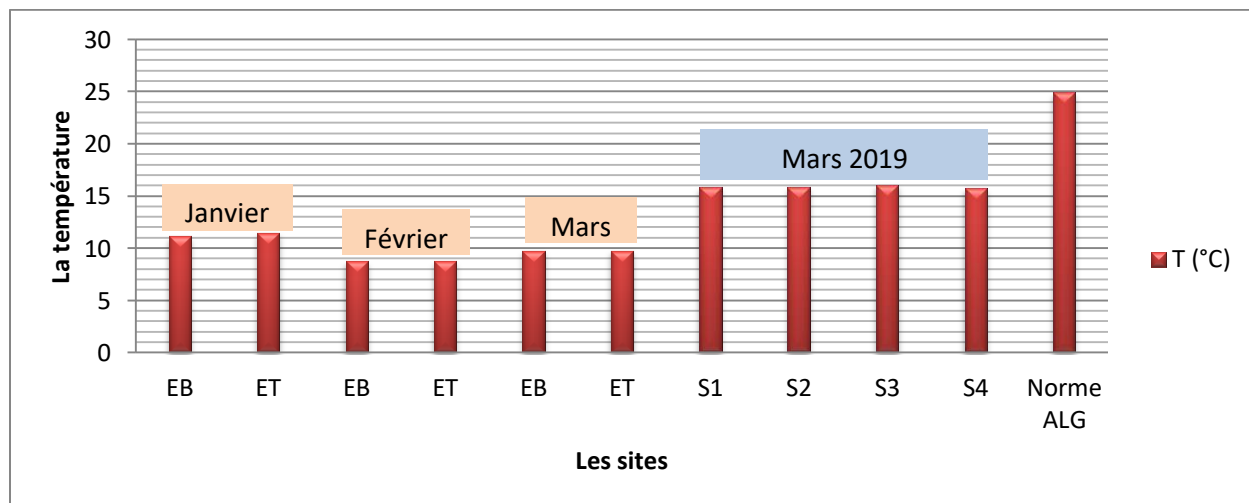


Figure IV.1 : Evolution de la température des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

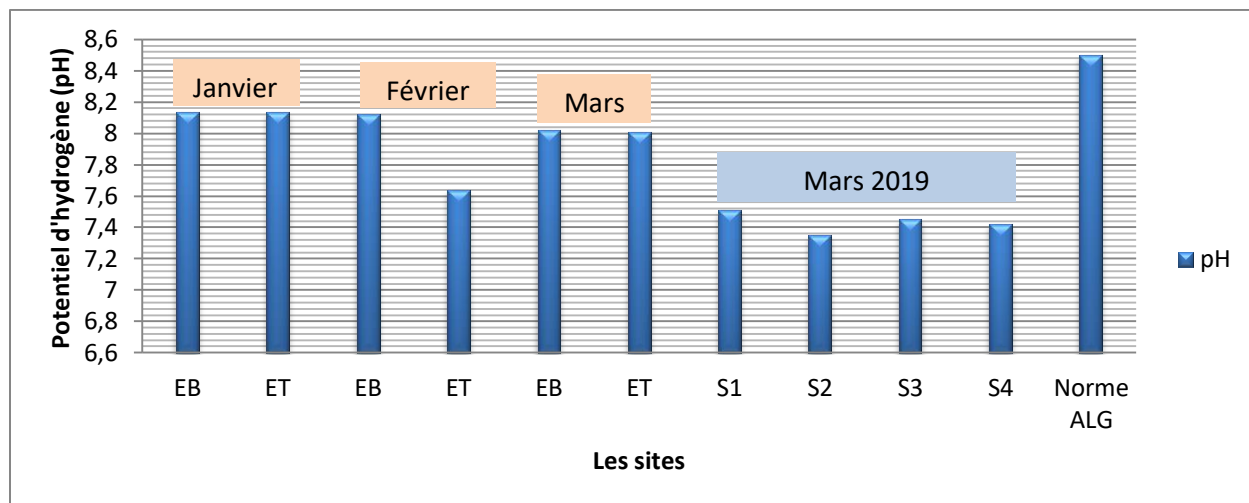


Figure IV.2 : Evolution du potentiel d'hydrogène des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

La température de l'eau est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau. Elle varie en fonction de la température de l'air, les saisons et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Le pH permet de déterminer l'acidité ou l'alcalinité d'une eau et il conditionne l'équilibre physico-chimique [26].

Les valeurs mesurées de la température de l'eau brute et traitée du barrage Bouhamdane varient entre 8,8 (°C) et 11,5 (°C) au cours des trois mois d'analyses ; janvier, février et mars.

Concernant les résultats des températures mesurées pour les quatre forages pendant le premier trimestre (17 mars 2019), nous avons obtenus une température maximale de 16,1 °C du (S3), et une température minimale de 15,8 (°C) du (S4).

Toutes les valeurs sont acceptables et sont conformes à la norme algérienne de 25 (°C).

Pour le pH nous constatons que les valeurs de l'EB, l'ET sont proches et oscillent entre 7,64 et 8,14. Le pH des quatre forages varie entre 7,35 du (S2) et 7,51 du (S1).

Tous les résultats de pH ne dépassent pas la norme algérienne de 8,5.

IV.3.2. Conductivité électrique (CE) et total des solides dissous (TDS) :

A l'aide d'un appareil (Multi-paramètre), nous avons pu mesurer la conductivité électrique (CE) en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et le totale des solides dissous.

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Les sites	Paramètres	CE ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/l)	CE ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/l)	CE ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/l)
		Eau brute (EB)	468	304	374	257	377
	Eau traitée (ET)	480	307	381	265	387	261
	Forage Benkhereif (S1)	---	---	---	---	1134	653
	Forage Tarha (S2)	---	---	---	---	934	538
	Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	---	---	943	540
	Forage Eucalyptus (S4)	---	---	---	---	925	536
La norme ALG	CE ($\mu\text{S/cm}$)	2800					
	TDS (mg/l)	---					

Tableau IV.4 : Résultats de la conductivité électrique et le taux des sels des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

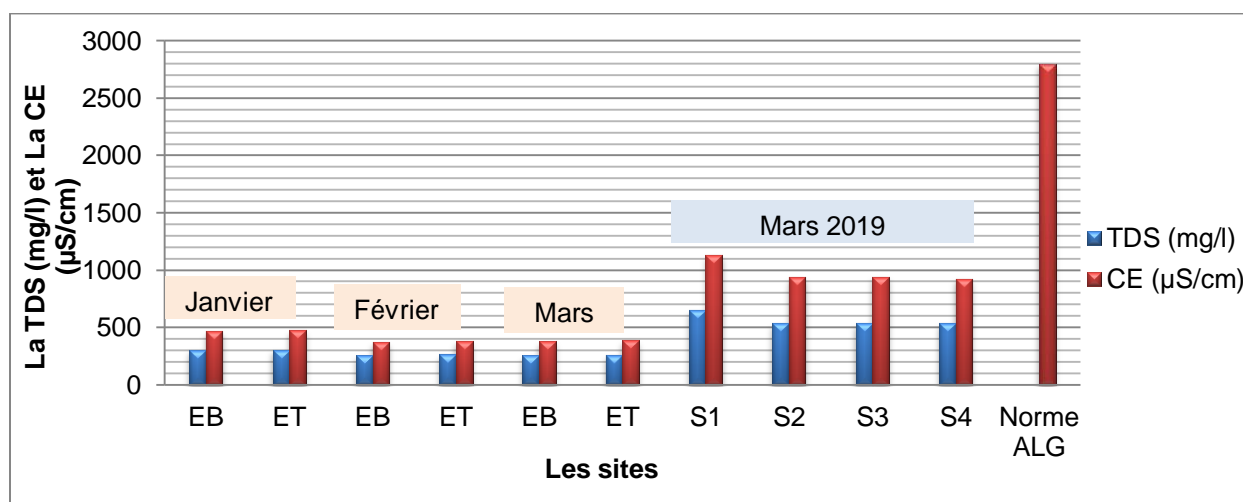


Figure IV.3 : Evolution de la conductivité électrique et du total des solides dissous des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

La conductivité en ($\mu\text{S/cm}$) indique la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique. Elle dépend de la présence des ions et de leur concentration relative, ainsi que de la température à laquelle s'opère la mesure [6]. La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un Multi-paramètre (WTW) qui permet de mesurer également les solides totaux dissous [5].

Au cours de premier trimestre (janvier, février et mars) 2019 les résultats d'analyses ont révélé que la CE de l'eau brute est inférieure à celle de l'eau traitée, qui est à son tour inférieure à celle des eaux de forage. Toutes les valeurs de la CE ne dépassent pas la norme Algérienne.

Les mêmes constatations sont signalées pour les valeurs de la TDS.

IV.3.3. Turbidité (Turb) et Salinité:

Nous avons mesuré la turbidité en unité de turbidité néphélométrie (NTU) des eaux analysées par un Turbidimètre, et la salinité en milligramme par litre (mg/l) à l'aide d'un Multi-paramètre.

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Les sites	Paramètres	Turb (NTU)	Salinité	Turb (NTU)	Salinité	Turb (NTU)	Salinité
		Eau brute (EB)	11,2	0,1	26,1	00	12,5
	Eau traitée (ET)	1,55	0,1	3,87	00	2,23	00
	Forage Benkhereif (S1)	---	---	---	---	0,46	0,5
	Forage Tarha (S2)	---	---	---	---	0,43	0,3
	Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	---	---	0,94	0,3
	Forage Eucalyptus (S4)	---	---	---	---	0,51	0,3
La norme ALG	Turb (NTU)	05					
	Salinité	---					
<i>Tableau IV.5 : Résultats de la turbidité et la salinité des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.</i>							

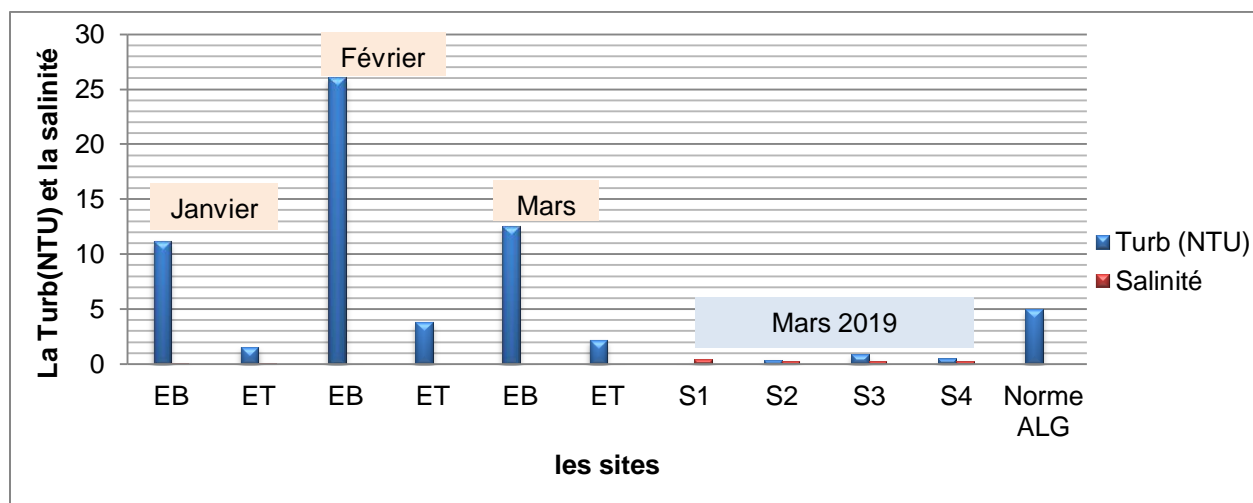


Figure IV.4 : Evolution de la turbidité (NTU) et la salinité des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés comme la densité, la compressibilité, le point de congélation, la viscosité et la conductivité [28]. La turbidité est la mesure qui est liée à la transparence de l'eau.

La figure (IV.3) présente l'évolution de la turbidité et de la salinité des eaux analysées. Les résultats de la salinité de l'eau de barrage (EB et ET), indiquent une valeur maximale de 0,1 dans le mois de janvier, et pour le mois de février et de mars la salinité est nulle. Pour les eaux des forages la valeur maximale est de 0,5.

Toutes ces valeurs de la salinité ne dépassent pas 0,5.

La 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.

Les résultats de la turbidité de l'eau traitée et des eaux des forages sont acceptables.

IV.3.4. Fer (Fe^{2+}) et ammonium (NH_4^+) :

La détermination des ions ferreux (Fe^{2+}) et de l'azote ammoniacal ou l'ammonium (NH_4^+), des eaux analysées, est faite par spectrométrie manuelle (HACH ODYSSEY) et les résultats sont exprimés en (mg/l).

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		NH ₄ ⁺ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Fe ²⁺ (mg/l)
Les sites							
Eau brute (EB)		00	0,16	0,137	0,27	0,003	0,09
Eau traitée (ET)		00	0,01	00	0,04	00	0,01
Forage Benkhereif (S1)		---	---	---	---	0,004	0,03
Forage Tarha (S2)		---	---	---	---	00	0,09
Forage puits Oued El Maiz (S3)		---	---	---	---	0,020	0,03
Forage Eucalyptus (S4)		---	---	---	---	0,054	0,01
La norme ALG	NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,3					
	Fe ²⁺ (mg/l)	0,5					

Tableau IV.6 : Résultats de l'ammonium et des ions de fer des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

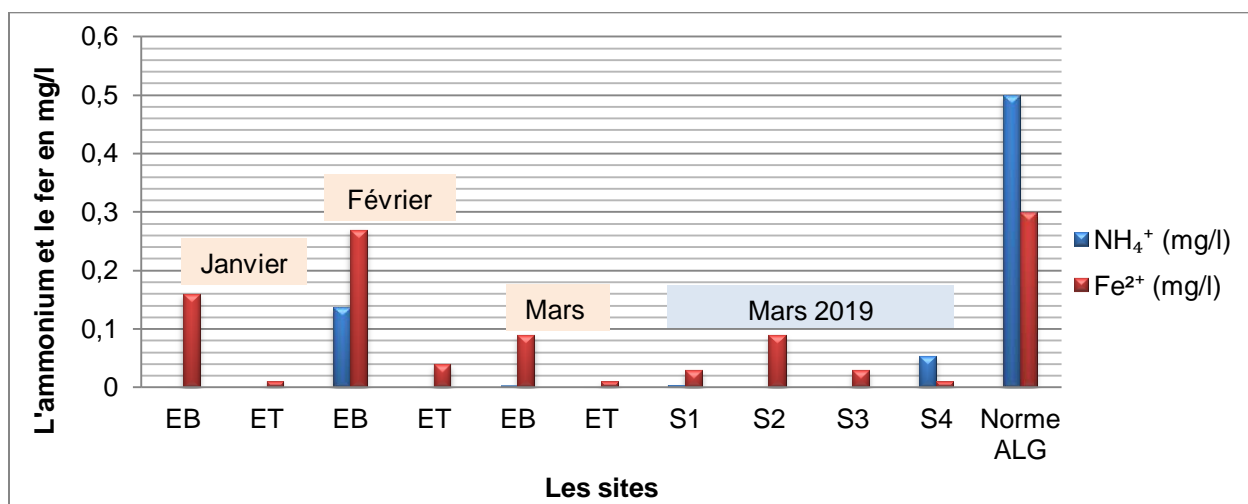


Figure IV.5: Evolution de la quantité de l'ammonium et les ions de fer des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

D'après les résultats organisés dans le tableau IV.5, les valeurs des ions ferreux (Fe^{2+}) sont acceptables pour l'eau de barrage (brute et traitée) et des quatre forages, 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 et des quatre forages existent sous forme de traces avec une valeur maximale de 0,137 (mg/l) obtenue dans l'eau brute du mois de février.

Les résultats d'ammonium sont bons et acceptables, ils ne dépassent pas la norme algérienne de 0,3 (mg/l).

IV.3.5. Nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) :

Nous avons pu déterminer la quantité des nitrites (NO_2^-) et nitrates (NO_3^-) par le spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Les sites	Paramètres	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)
		Eau brute (EB)	0,012	1,545	0,033	3,788	00
	Eau traitée (ET)	00	2,099	00	3,811	00	2,02
	Forage Benkhereif (S1)	---	---	---	---	00	12,72
	Forage Tarha (S2)	---	---	---	---	00	11,05
	Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	---	---	0,043	14,85
	Forage Eucalyptus (S4)	---	---	---	---	0,147	7,68
La norme ALG	NO_2^- (mg/l)	0,2					
	NO_3^- (mg/l)	50					
<i>Tableau IV.7 : Résultats des nitrites et des nitrates des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.</i>							

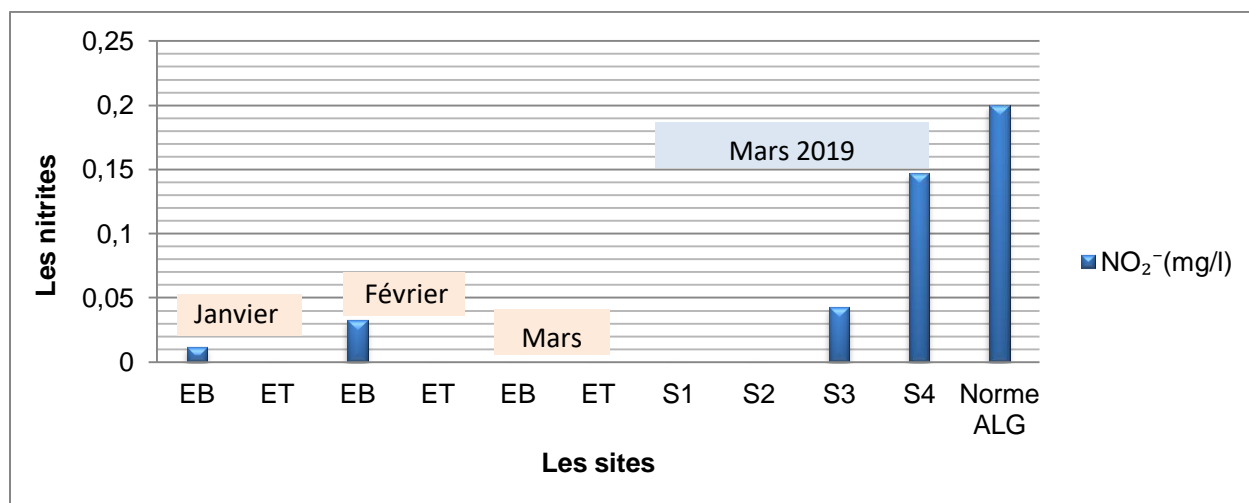


Figure IV.6 : Evolution de la quantité des nitrites des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

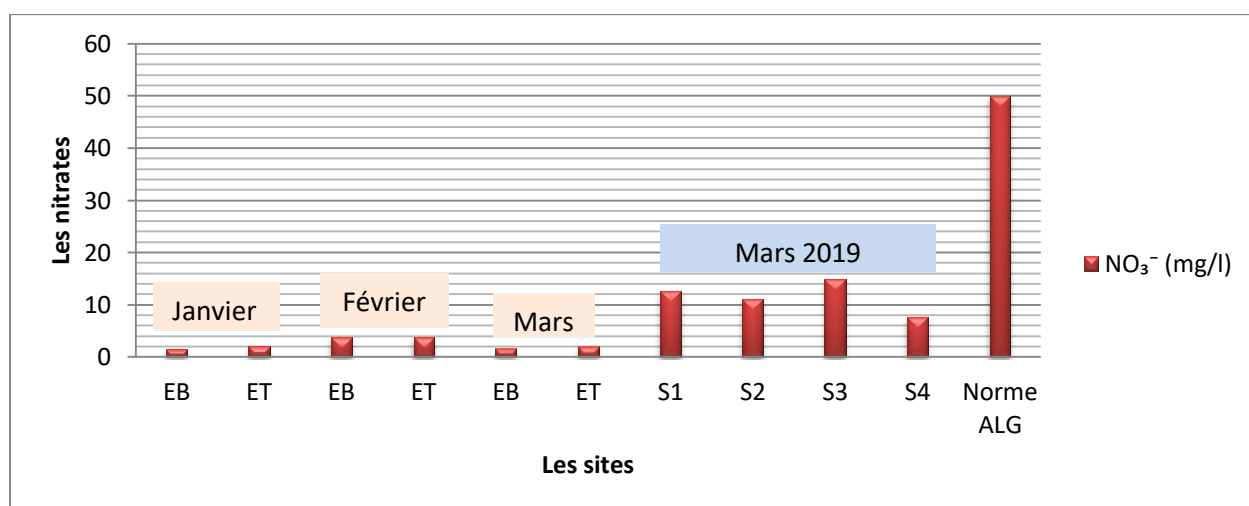


Figure IV.7 : Evolution de la quantité des nitrates des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

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 et des forages la teneur maximale est de 0,147 (mg/l) trouvée dans le (S4). Les valeurs des nitrates et des nitrites dans les eaux analysées ne dépassent pas la norme algérienne.

IV.3.6. Sulfates (SO_4^{2-}) et phosphates (PO_4^{3-}) :

Nous avons déterminé les sulfates (SO_4^{2-}) et les phosphates (PO_4^{3-}) par la méthode spectrométrique en (mg/l).

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Les sites	Paramètres	SO_4^{2-} (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)
	Eau brute (EB)		110,5	0,223	3,788	0,172	1,626
Eau traitée (ET)		116,5	0,009	3,811	00	2,02	00
Forage Benkhereif (S1)		---	---	---	---	140,5	0,405
Forage Tarha (S2)		---	---	---	---	137,5	0,052
Forage puits Oued El Maiz (S3)		---	---	---	---	135,5	0,234
Forage Eucalyptus (S4)		---	---	---	---	115	0,173
La norme ALG	SO_4^{2-} (mg/l)	400					
	PO_4^{3-} (mg/l)	0,5					

Tableau IV.8: Résultats du sulfate et du phosphate des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

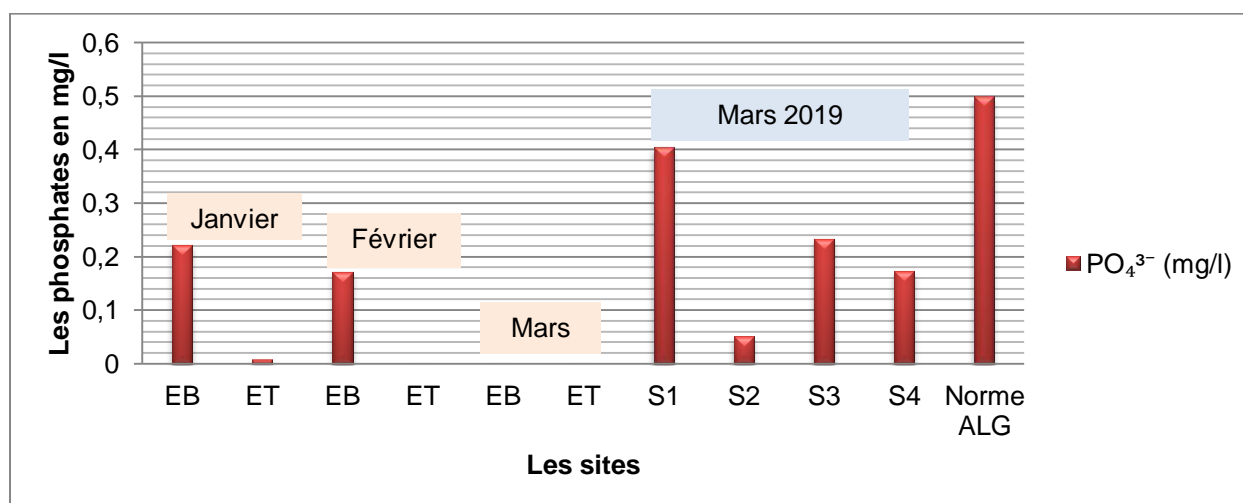


Figure IV.8: Evolution de la quantité du phosphate des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

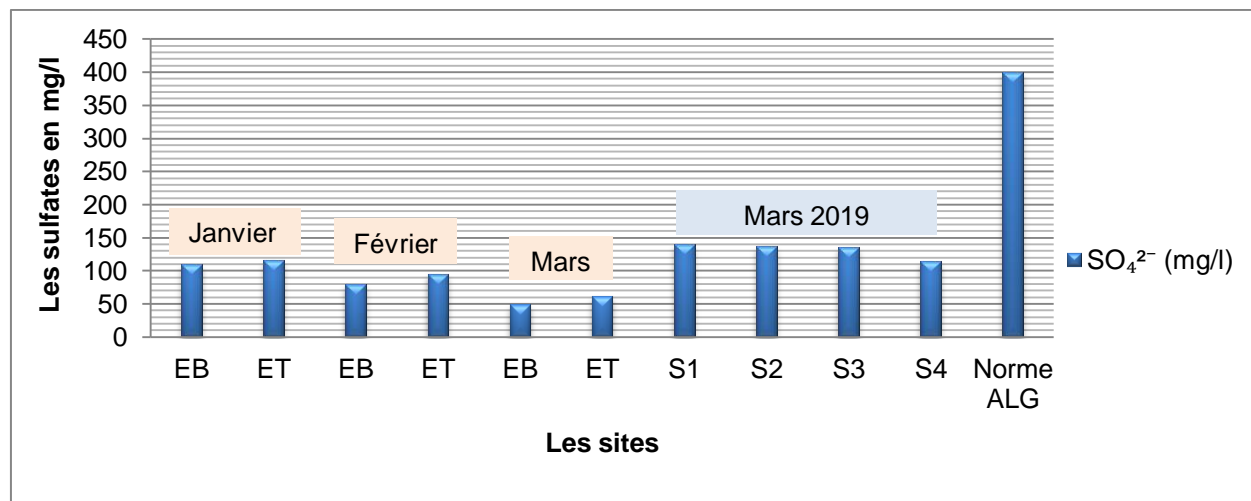


Figure IV.9: Evolution de la quantité du sulfate des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

Comme le montre la figure IV.6, l'eau de forage Benkhereif (S1) est plus chargée en phosphates et en sulfates que les autres forages avec une valeur maximale de 140,5 (mg/l) de sulfates et 0,405 (mg/l) des phosphates.

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.

IV.3.7. TA et TAC :

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

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		TA (°F)	TAC (°F)	TA (°F)	TAC (°F)	TA (°F)	TAC (°F)
Les sites	Eau brute (EB)	00	12,3	00	11,6	00	12,1
	Eau traitée (ET)	00	12,1	00	11,2	00	11,5
	Forage Benkhereif (S1)	---	---	---	---	00	25,8
	Forage Tarha (S2)	---	---	---	---	00	25,9
	Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	---	---	00	25,4
	Forage Eucalyptus (S4)	---	---	---	---	00	25,9
	La norme ALG	TA (°F)	12				
	TAC (°F)	12					

Tableau IV.9 : Résultats du titre alcalimétrique simple (TA) et complet (TAC) des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

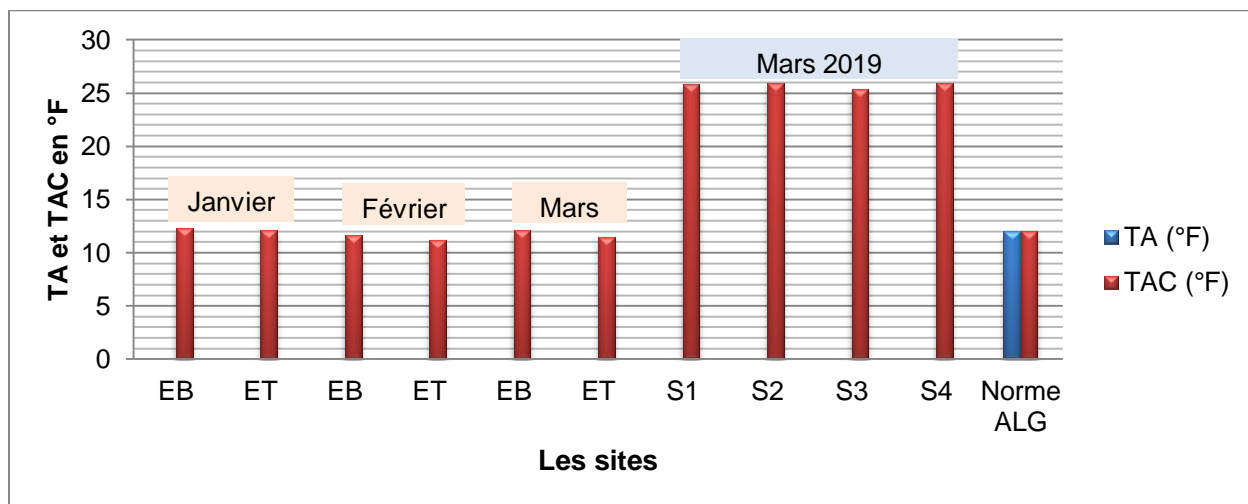


Figure IV.10 : Evolution de la quantité du TA et du TAC des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des 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^-).

D'après les résultats illustrés dans le tableau IV.8 et la figure IV.9, il est clair que les valeurs du titre alcalimétrique (TA) sont nulle pour l'eau brute et traitée et les eaux des forages.

Pour les résultats du titre alcalimétrique complet (TAC) de l'eau de barrage le maximum est 12,3 (°F) obtenu dans l'eau brute au cours de mois de janvier. Cette valeur dépasse la norme algérienne qui est de 12 (°F).

Les eaux des forages sont alcalines par rapport aux eaux de barrage avec des valeurs de TAC qui oscillent autour de 25 (°F) dépassant ainsi la norme qui est de 12 (°F).

IV.3.8. Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) :

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

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)
Les sites							
Eau brute (EB)		68,88	20,41	60,87	19,44	56,87	18,47
Eau traitée (ET)		68,88	20,41	60,87	19,44	56,87	18,47
Forage Benkhereif (S1)		---	---	---	---	128,16	23,33
Forage Tarha (S2)		---	---	---	---	156,99	19,93
Forage puits Oued El Maiz (S3)		---	---	---	---	140,97	22,84
Forage Eucalyptus (S4)		---	---	---	---	148,18	21,38
La norme ALG	Ca^{2+} (mg/l)	200					
	Mg^{2+} (mg/l)	150					
<p><i>Tableau IV.10 : Résultats des ions de calcium et de magnésium des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.</i></p>							

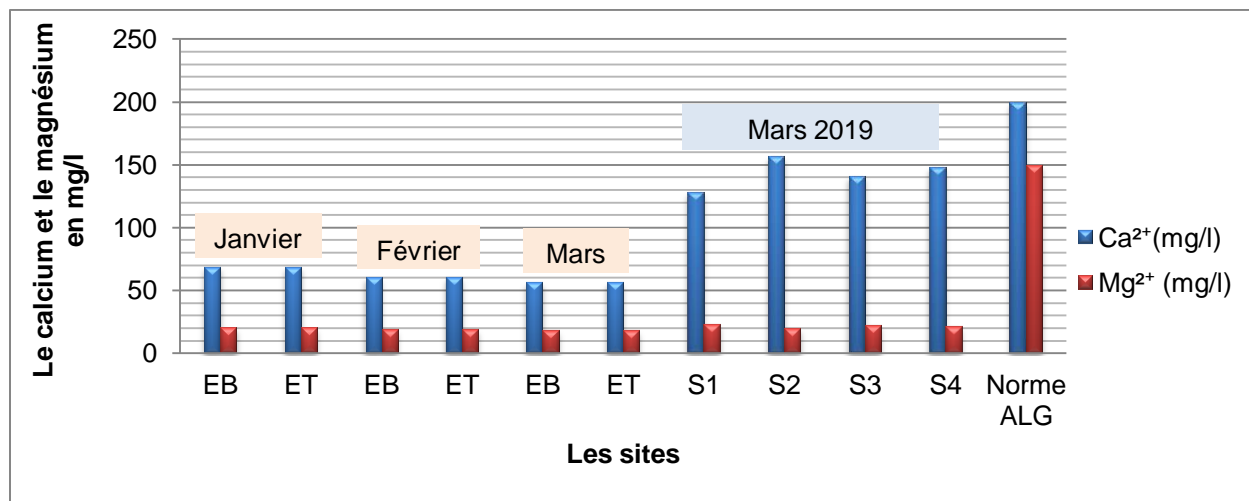


Figure IV.11: Evolution de la quantité des ions de calcium et de magnésium des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des 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 (l'EB et l'ET) au cours du trimestre de prélèvement (janvier, février et mars).

Les eaux des forages renferment des teneurs supérieures en ces ions.

On comparant les résultats de Ca²⁺ et de Mg²⁺ avec la norme algérienne, ils sont qualifiés d'acceptables pour toutes les eaux analysées.

IV.3.9. Bicarbonates (HCO₃⁻) et chlorures (Cl⁻) :

Nous avons déterminé les bicarbonates par la méthode volumétrique, cette détermination correspond au TAC, et les chlorures par le titrage au nitrate d'argent (AgNO₃) en présence des chromates de potassium (K₂CrO₄).

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
Les sites							
Eau brute (EB)		150,06	85,2	141,52	85,2	147,62	71
Eau traitée (ET)		147,62	85,2	136,64	85,2	140,3	71
Forage Benkhereif (S1)		---	---	---	---	314,76	227,2
Forage Tarha (S2)		---	---	---	---	315,98	127,8
Forage puits Oued El Maiz (S3)		---	---	---	---	309,88	156,2
Forage Eucalyptus (S4)		---	---	---	---	315,98	156,2
La norme ALG	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	350					
	Cl ⁻ (mg/l)	500					

Tableau IV.11 : Résultats des bicarbonates et des chlorures des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

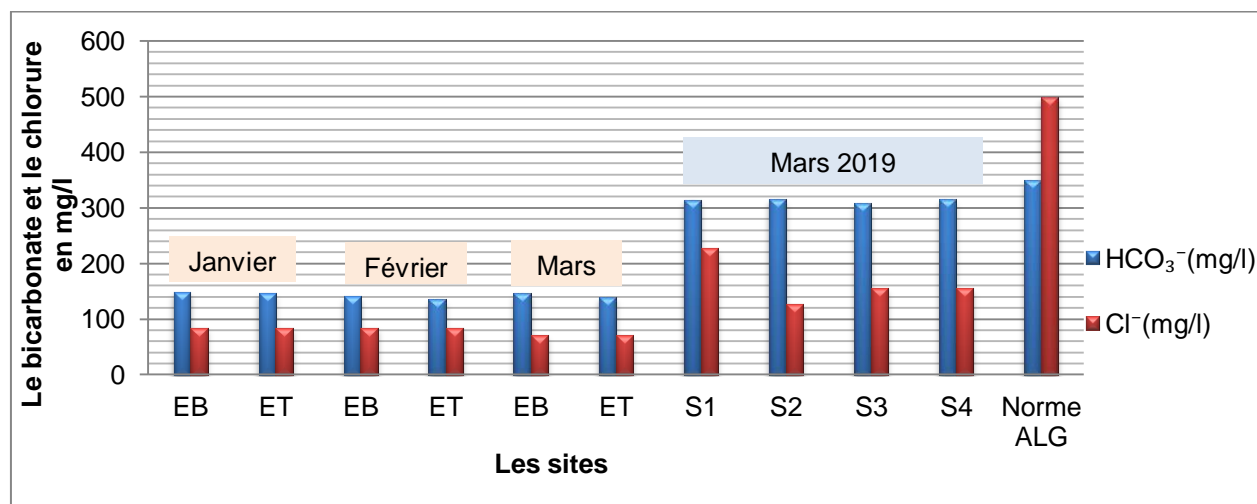


Figure IV.12: Evolution de la quantité des bicarbonates et des chlorures des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

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) dans le mois de février et la valeur de 147,62 (mg/l) dans le mois de janvier. Concernant les forages, les teneurs en bicarbonates sont proches l'une de l'autre.

Les eaux de barrage (l'EB et l'ET) contiennent la même teneur en ions chlorures pendant toute la période d'analyse avec une valeur maximale atteignant 85,2 (mg/l) dans les mois de janvier et février. Et pour les forages, les valeurs ne dépassent pas les 227,2 (mg/l).

Les résultats des bicarbonates et des chlorures sont tout à fait en accord avec la norme algérienne de 500 (mg/l).

IV.3.10. Dureté totale (TH) et matière organique (MO) :

Nous avons obtenus les résultats de la dureté totale par la méthode titrimétrique à l'EDTA, et la matière organique par la détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium.

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		TH (°F)	MO (mg/l)	TH (°F)	MO (mg/l)	TH (°F)	MO (mg/l)
Les sites							
Eau brute (EB)		25,6	6,5	23,2	7,2	21,8	07
Eau traitée (ET)		25,6	4,1	23,2	4,5	21,8	4,3
Forage Benkhereif (S ₁)		---	---	---	---	41,6	04
Forage Tarha (S ₂)		---	---	---	---	47,4	02
Forage puits Oued El Maiz (S ₃)		---	---	---	---	44,6	03
Forage Eucalyptus (S ₄)		---	---	---	---	45,8	3,2
La norme ALG	TH (°F)	500					
	MO (mg/l)	05					
<p><i>Tableau IV.12 : Résultats de la dureté totale et la matière organique des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.</i></p>							

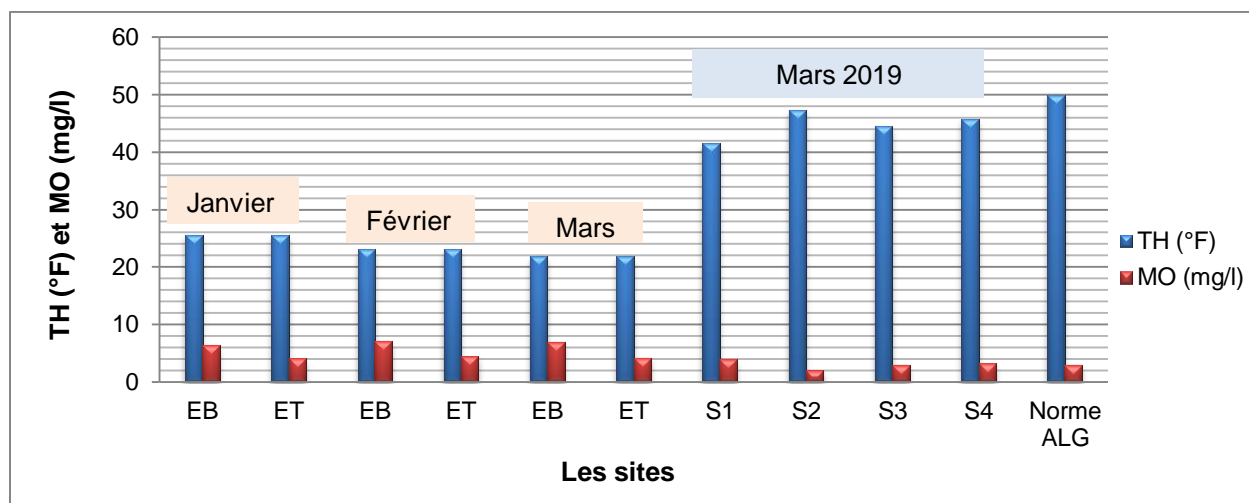


Figure IV.13 : Evolution de la quantité du titre hydrotimétrique et la matière organique des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

Dureté totale c'est une qualité particulière de l'eau due à la présence de calcium et de magnésium. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca^{2+} et Mg^{2+} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

La dureté dépend de la structure géologique des sols traversés [4].

Les résultats montrent que la dureté des eaux brutes et traitées est la même, sa valeur varie de 21,8 (°F) dans le mois de mars à 25,6 (°F) dans le mois de janvier.

La dureté des forages ne dépasse pas la valeur de 47.4 (°F).

La teneur des MO de l'eau brute dépasse la norme d'où la nécessité de traitement.

IV.3.11. Résidu sec (RS) et matière en suspension (MES) :

Nous avons déterminés les résidus secs et les matières en suspension au niveau de laboratoire de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh-Guelma.

Date d'Analyses		Janvier		Février		Mars	
Paramètres		MES (mg/l)	RS (mg/l)	MES (mg/l)	RS (mg/l)	MES (mg/l)	RS (mg/l)
Les sites							
Eau brute (EB)		511	04	12	418	06	356,5
Eau traitée (ET)		500	00	00	412,5	00	380,5
Forage Benkhereif (S1)		---	---	---	---	01	863,5
Forage Tarha (S2)		---	---	---	---	01	769
Forage puits Oued El Maiz (S3)		---	---	---	---	01	745
Forage Eucalyptus (S4)		---	---	---	---	01	726,5
La norme ALG	MES (mg/l)	<30					
	RS (mg/l)	2000					

Tableau IV.13 : Résultats des matières en suspension et les résidus sec des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

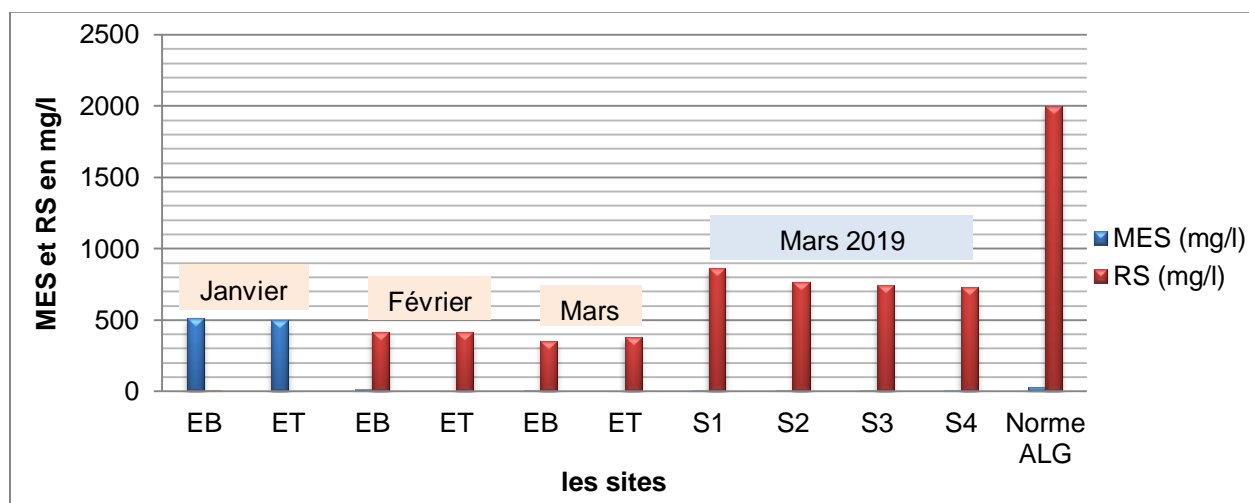


Figure IV.14: Evolution de la quantité des matières en suspension et des résidus secs des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

La teneur en matières en suspension de l'eau de barrage (l'EB et l'ET), enregistrée dans le mois de janvier est très grande et dépasse la norme algérienne de 30 (mg/l).

Les résultats des résidus secs de l'eau de barrage et des forages sont acceptables et ne dépassent pas la norme algérienne de 2000 (mg/l).

IV.3.12. Aluminium (Al^{3+}) :

Par la méthode spectrophotométrique au rouge d'alizarine nous avons pu déterminer la quantité d'aluminium de l'eau traitée du barrage Bouhamdane.

Date d'analyse Les sites	Janvier	Février	Mars	Les normes	
				ALG	OMS
L'eau traitée	0,18	0,23	0,28	0,2	0,2

Tableau IV.14 : Résultats de l'aluminium de l'eau traitée du barrage Bouhamdane.

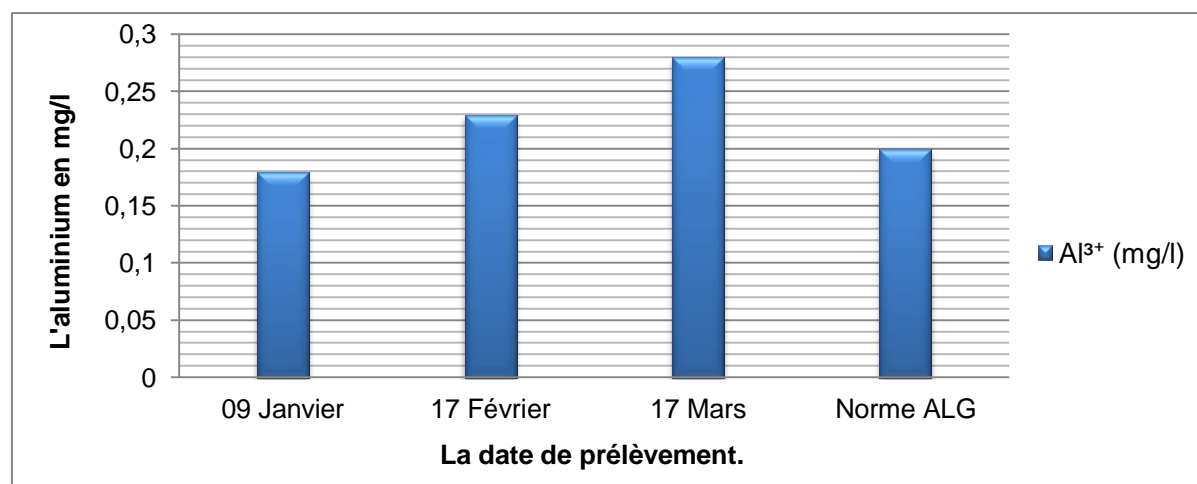


Figure IV.15: Evolution de la quantité de l'aluminium de l'eau traitée de barrage Bouhamdane pendant trois mois de 2019.

Discussion des résultats :

Les valeurs d'aluminium de l'eau traitée du barrage sont comprises entre 0,18 et 0,28 (mg/l).

Les résultats des deux mois février et mars dépassent la norme algérienne qui est de 0,2 (mg/l).

IV.4. Résultats et discussions d'analyses des paramètres bactériologiques :

Les analyses des paramètres bactériologiques des eaux de barrage (brute et traitée) et des quatre forages sont réalisées en mois de mars 2019 dans le laboratoire bactériologique de la station de traitement des eaux de barrage Bouhamdane de Hammam Debagh-Guelma.

Les résultats d'analyses des paramètres bactériologiques des différents types d'eau obtenus selon les modes opératoires décrits dans le (chapitre III), sont rapportés dans les tableaux (IV.15 IV.19) et les figures (IV.16-IV.20) ci-dessous et sont suivi des discussions.

IV.4.1. Germes totaux (GT) :

Germes totaux (GT) en UFC/ml			
Date d'analyses	Janvier	Février	Mars
Les sites			
Eau brute (EB)	128	375	193
Eau traitée (ET)	00	00	00
Forage Benkhereif (S1)	---	---	05
Forage Tarha (S2)	---	---	41
Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	>300
Forage Eucalyptus (S4)	---	---	53
La norme ALG	10		
<i>Tableau IV.15 : Résultats des germes totaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.</i>			

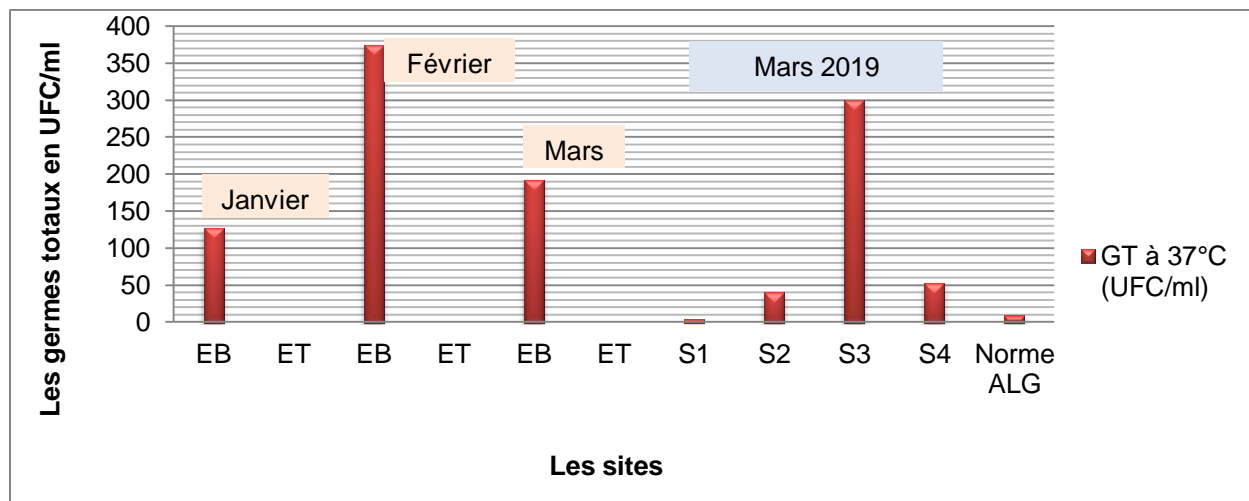


Figure IV.16 : Evolution des germes totaux à 37 °C de l'eau de barrage Bouhamdane et des quatre forages pendant trois mois.

IV.4.2. Coliformes totaux (CT) :

Coliformes totaux (CT) en UFC/100ml			
Date d'analyses / Les sites	Janvier	Février	Mars
Eau brute (EB)	17	138	11
Eau traitée (ET)	00	00	00
Forage Benkhereif (S ₁)	---	---	00
Forage Tarha (S ₂)	---	---	14
Forage puits Oued El Maiz (S ₃)	---	---	98
Forage Eucalyptus (S ₄)	---	---	02
La norme ALG	00		

Tableau IV.16: Résultats des coliformes totaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

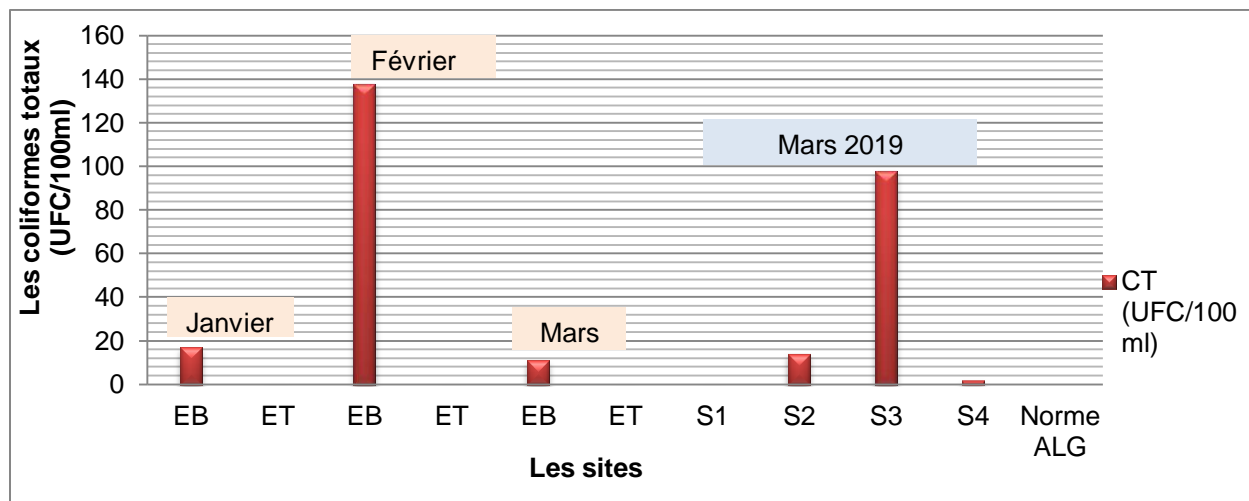


Figure IV.17 : Evolution des coliformes totaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

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, la contamination est aussi détectée dans les eaux de forage au niveau de (S2) (S3) et (S4).

IV.4.3. Coliformes fécaux (CF) :

Coliformes fécaux (CF) en UFC/100ml			
Les sites \ Date d'analyses	Janvier	Février	Mars
Eau brute (EB)	00	138	11
Eau traitée (ET)	00	00	00
Forage Benkhereif (S1)	---	---	00
Forage Tarha (S2)	---	---	00
Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	00
Forage Eucalyptus (S4)	---	---	00
La norme ALG	00		

Tableau IV.17 : Résultats des coliformes fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

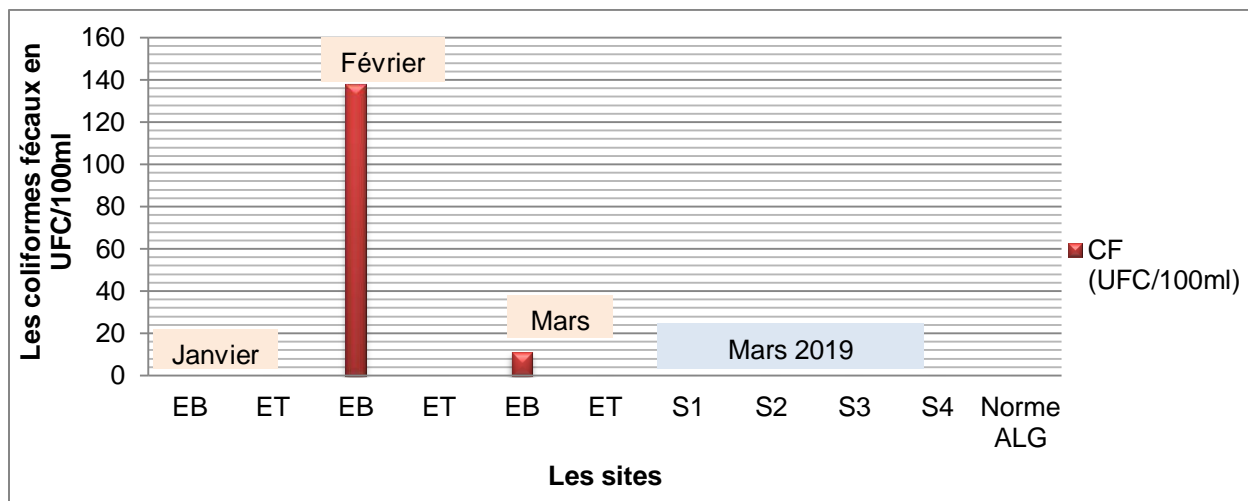


Figure IV.18 : Evolution des coliformes fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

IV.4.4. Streptocoques fécaux (SF) :

Streptocoques fécaux (SF) en UFC/100ml			
Date d'analyses / Les sites	Janvier	Février	Mars
Eau brute (EB)	00	86	02
Eau traitée (ET)	00	00	00
Forage Benkhereif (S1)	---	---	00
Forage Tarha (S2)	---	---	00
Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	00
Forage Eucalyptus (S4)	---	---	00
La norme ALG	00		

Tableau IV.18 : Résultats des Streptocoques fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

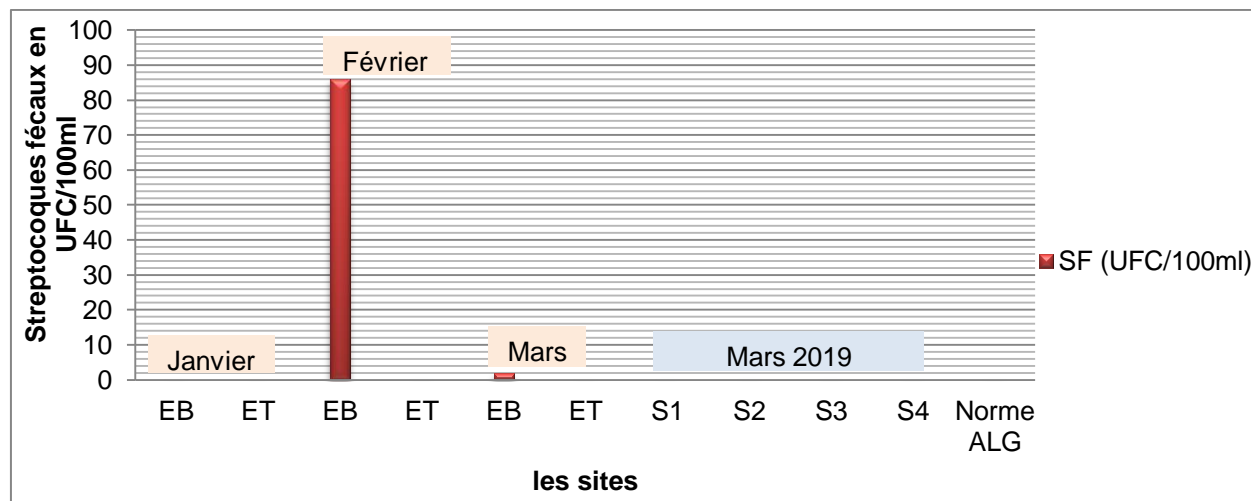


Figure IV.19 : Evolution des Streptocoques fécaux des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

Le nombre des coliformes fécaux est un indice complémentaire confirmatif de la présence d'*Escherichia coli* parmi les coliformes dénombrés précédemment.

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 et les forages.

IV.4.5. Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) :

Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) en UFC/20ml			
Date d'analyses	Janvier	Février	Mars
Les sites			
Eau brute (EB)	00	00	00
Eau traitée (ET)	00	00	00
Forage Benkhereif (S1)	---	---	00
Forage Tarha (S2)	---	---	00
Forage puits Oued El Maiz (S3)	---	---	00
Forage Eucalyptus (S4)	---	---	00
La norme ALG	00		

Tableau IV.19 : Résultats d'anaérobies sulfito-réducteurs des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

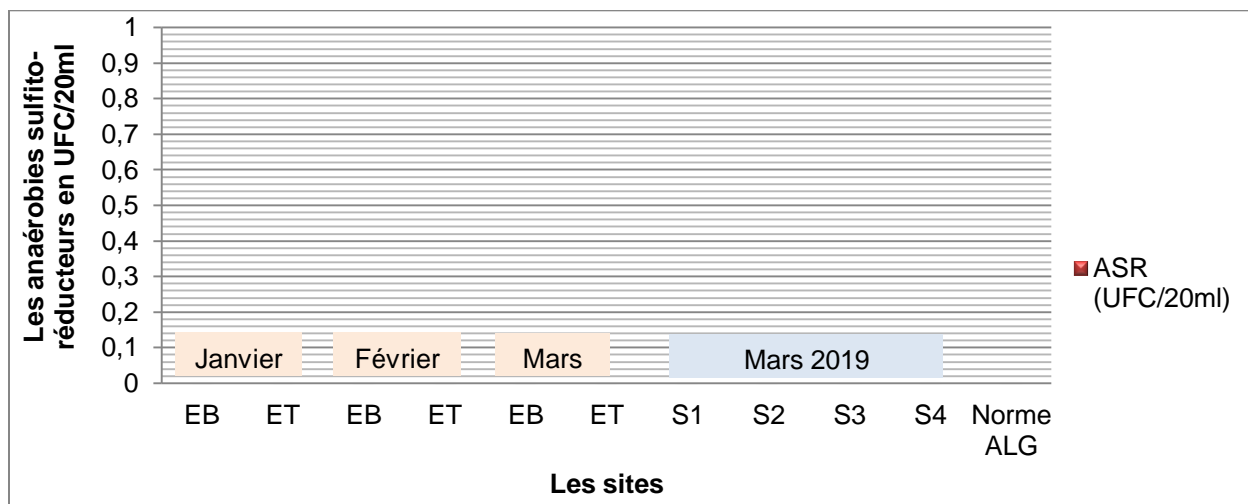


Figure IV.20 : Evolution des anaérobies sulfito-réducteurs des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) 2019.

Discussion des résultats :

Les résultats obtenus, ont montré des eaux analysées pendant le trimestre (janvier, février et mars) sont absences des *anaérobies sulfito-réducteurs*.



CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

Les eaux de surfaces peuvent être stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours.

Les eaux souterraines qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrant dans le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les nappes d'eau. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause.

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

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

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à ces deux types d'eaux ; l'eau de surface c'est l'eau **de barrage de Hammam Debagh** qui alimente plusieurs régions de la wilaya de **Guelma** et l'eau de la nappe phréatique de Oued El Maiz (nos quatre forages étudiés (Benkhereif, Tarha, Puit Oued El Maiz, Eucalyptus) ces forages alimentent la région centre de Guelma.

Notre étude avait pour objectif l'étude de la qualité des eaux **de barrage de Hammam Debagh** et des quatre forages à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont faites sur les eaux brutes (non traitées) de barrage et après le traitement de ces eaux au niveau de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh, les eaux subissent une deuxième analyse (eau traitée). Les eaux des quatre forages sont analysées de la même manière.

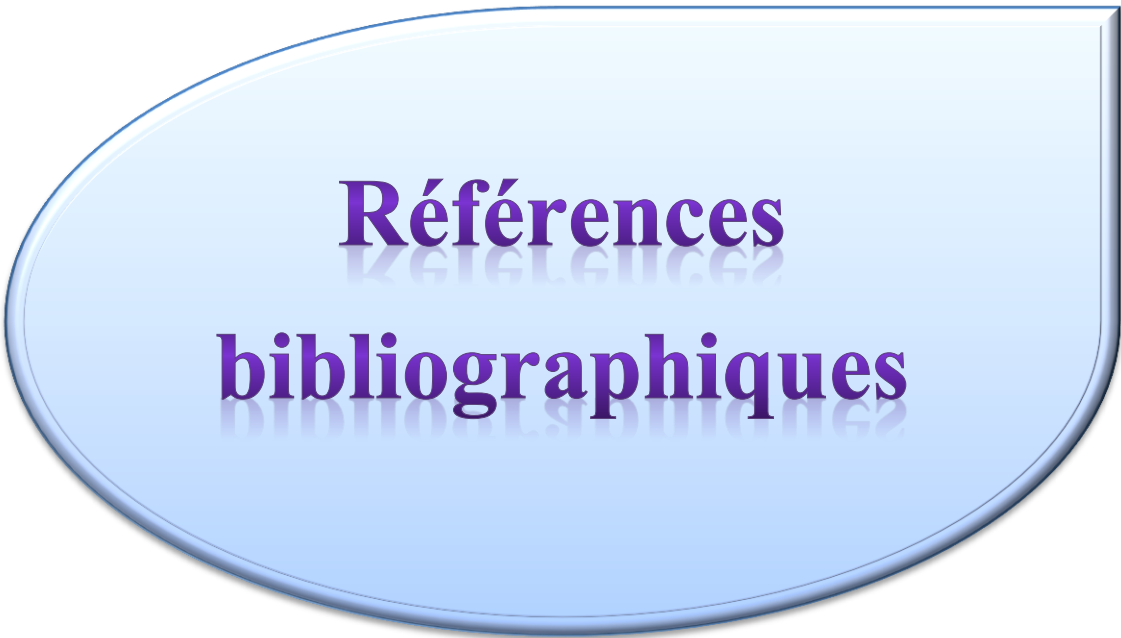
Notre stage nous a permis de faire des connaissances, soit du personnel de la station de traitement et de laboratoire. Il nous a permis aussi de se familiariser avec l'appareillage de laboratoire et avec les modes, les méthodes d'analyses ainsi que la composition physico-chimique et bactériologique de l'eau, sans oublier les étapes de traitement de l'eau de barrage.

Les résultats d'analyses physicochimiques nous ont permis de tirer plusieurs conclusions nous pouvons citer quelques une :

- Sur le plan organoleptique les eaux **traitées** et des quatre forages sont des eaux claires.
- Sur le plan des paramètres **physicochimiques liés à composition naturelle de l'eau**, comme la température, le **pH**, le **calcium**, le magnésium, les chlorures, et les sulfates, nous pouvons conclure que les eaux des quatre forages sont légèrement plus dures que celle de Barrage, le pH est moyennement neutre pour toutes les types d'eaux.
- Pour les substances indésirables comme les nitrates, les nitrites, les phosphates et l'ammonium, nous remarquons que toutes les valeurs sont conformes aux normes donc les eaux ne sont pas contaminées par ces éléments.
- Les eaux des forages sont alcalines par rapport aux eaux de barrage.

Les résultats d'analyses bactériologiques ont révélés que les eaux traitées de Hammam Debagh et les eaux de forages ne sont pas contaminées ni par les coliformes fécaux, ni par des streptocoques fécaux, et ni par les Anaérobies sulfito-réducteurs.

A la lumière de cette étude nous pouvons confirmer que le procédé de traitement des eaux de Hammam Debagh est efficace, les eaux ainsi traitées, ainsi que les eaux des forages sont de bonne qualité et peuvent être consommées sans crainte.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

[1] <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/leau-cest-quoi/> (Consulté le 21/04/2019//19:05).

[2] **HAMED Mahmoud et GUETTACHE Akram et BOUAMER Lemya**, étude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar, mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie, Université de Bechar, 2012, 134 pages.

[3] <http://www.africmemoire.com/part.3-chap-i-generalite-sur-leau-775.html> (Consulté le 19/04/2019//19:23).

[4] **HADEF Djihad et HASNI Malika**, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W.Ain Defla, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana, mémoire de Master, 2017, 84 pages.

[5] **COULIBALY Kassim**, Etude De La Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau Des Puits De Certains Quartiers Du District De Bamako, thèse de Doctorat, Université de Bamako, 2005, 69 pages.

[6] **MOKDADI Hadjer et MESSAI AHMED Nihad**, Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des quelques zones humides de la wilaya d'El-Oued (Cas du lac Ayata, chott Marouan, lac Sif El-Menadi et chott Halloufa), Université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued, mémoire de Master, 2015, 114 pages.

[7] **KOUIDRI NEE BELALA Zohra**, Etude et traitement de l'eau du barrage DJORF-ELTORBA de la wilaya de Bechar par filtration sur sables, mémoire de magister, Université Hassiba Benbouali de Chlef, 2006, 128 pages.

[8] **DJORFI Nadjia et DERBAL Hanine**, Degré de potabilité de quelques sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans la plaine de Guelma, Université 8 Mai 1945 Guelma, mémoire de Master, 2015, 103 pages.

[9] **CHAIBI Meriem et KHEDOUSSI Ferroudja**. Etude de la qualité des eaux du barrage Tichi Haf : Les algues bioindicatrices, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, Mémoire de Master, 2012, 93 pages.

[10] : <https://forage.ooreka.fr/comprendre/forage-eau> (le 15/04/2019//21:57).

[11] **SARI Hassiba**, Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen), mémoire de Master, Université ABOU-BEKR BELKAID Tlemcen, 2014, 92 pages.

- [12] **ATTALAH Khawla et Ghennai Amina**, Contribution à l'étude bactériologique de l'oued El Kebir Skikda, Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi, mémoire de Master, 2018, 101 pages.
- [13] **BELAID Saàd et REDJIMI Moufida**, Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Barrage Zit-Emba (W.Skikda), Université 8 Mai 45-Guelma-, mémoire de Master, 2013, 90 pages.
- [14] <http://data0.eklablog.net/ocan/perso/cours%20et%20tp%20en%20ligne/les%20traitements%0des%20eaux.pdf> (Consultée le 21/04/2019 //02:25)
- [15] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-eau-potable-sont-etapes-traitement-eau-1124/> (Consultée le 21/04/2019//02:27).
- [16] **GRAINI Lazhar**, Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Université FERHAT ABBAS-SETIF, mémoire de magister, 2011, 106 pages.
- [17] **CHELLI Lynda et DJOUHRI Nabila**, Analyses des eaux de réseau de la ville de Bejaia et évaluation de leur pouvoir entartrant, Université A. MIRA – BEJAIA, mémoire de Master, 2013, 102 pages.
- [18] **IMKEN Fatimaezzahrae**, Les étapes de traitement des eaux et contrôle de qualité, Université sidi Mohamed ben Abdellah (Maroc), mémoire de Licence, 2016, 28 pages.
- [19] **BOUNABE Bouchra**, Analyses physico-chimiques de l'eau de la wilaya de Guelma. Mise en évidence du caractère corrosif et entartrant des eaux de robinet, mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2016, 103 pages.
- [20] **BARKAT Kenza**, Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun, mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, 2016, 54 pages.
- [21] **MOUAZ Nasreddine et BENTCHICH Khedidja**, Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de l'oued de Cheliff, mémoire de Master, Université de Khemis-Miliana, 2017, 64 pages.
- [22] **OURTELLI Sabiha et BRAHIMI Salima**, Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux usées de la station d'épuration de corps gras de Bejaia (CO.G.B) Labelle après ensemencement, mémoire de Master, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia, 2013, 72 pages.
- [23] **ATTAB Sarah**, Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAOUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre à sable local, mémoire de Magister, Université KASDI MERBAH-Ouargla, 2011, 152 pages.
- [24] **BENNAMOUN Souheib et BOUMAZBAR Mounder**, Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de Koudiet M'daour (Wilaya de Batna), mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine, 2018, 51 pages.

[25] **DJEDADOUA Nadjat**, Etude physico-chimique et bactériologique des eaux du barrage de Hammam Debagh (Guelma), Mémoire de Master, Université 8 Mai 1945 Guelma, 2017, 115 pages.

[26] <http://www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/pratiques-agricoles/eau/etangs-et-etangs-reservoirs/aeration/comment-l-aeration-ameliore-t-elle-la-qualite-de-l-eau/?id=1370369699610> (Consultée le 10/05/2019 // 23:01).

[27] **HEDAHDIA Asya et ALIOUCHE Sarra**, Contribution à l'étude de l'origine de la contamination fécale des eaux du barrage Bouhamdane–Guelma, mémoire de Master, Université 8 mai 1945 Guelma, 2016, 70 pages.

[28] **BENTOUNES Amina Habiba**, Etude de la qualité microbiologique de l'eau potable et l'eau des puits de la wilaya de Mostaganem, mémoire de Master en biologie, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 2017, 82 pages.

[29] **AYAD Wissem**, Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-HARROUCH (wilaya de Skikda), thèse de Doctorat, Université BADJI MOKHTAR – Annaba, 2017, 156 pages.

[30] **AOUISSI Amina**, Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie), mémoire de Magister, Université du 8 Mai 1945 de Guelma, 2010, 164 pages.

[31] **HACHEMAOUI Boubekour**, Qualité physico-chimique de l'eau dessalée et traitée par la station de dessalement de l'eau de mer de Souk TLATA - teneurs en bore, nitrites, nitrates et métaux lourds -, mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2014, 91 pages.

[32] Ministère de la santé, Fondation Nationale de la Santé (FUNASA). Manuel Pratique d'analyse De l'eau, 4^{ème} édition, Brasilia, 2013, 153 pages.

[33] **DEBBIH Hamza et NAILI Badr Eddine**, Etude de qualité des eaux des barrages de l'Est Algérien, Université Larbi Ben M'hidi–OUM EL BOUAGHI –, mémoire de Master, 2015, 80 pages.

[34] **BOUCHEMAL Mérouane et HAMMOUDI A.Charafeddine**, Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Hammam Debagh, Université Larbi Ben M'hidi– Oum El Bouaghi –, mémoire de Master, 2016, 113 pages.

[35] Cahiers de laboratoire de la station de traitement des eaux de Hammam Debagh ADE (unité de Guelma).



ANNEXE

Annexes

Annexe 1 : les étapes de traitement de l'eau brute (les photos sont prises le 25 avril 2019 par AGGOUNE.K et BOUCHEMEL.N) :



Photo 1 : Bassin de mélange
(coagulation, floculation).



Photo 2 : Filtration sur sable.



Photo 3 : Réservoir de stockage.



Photo 4 : Décanteur.

Annexe 2 : Matériels de travail (les photos sont prises le 26 février 2019 par AGGOUNE.K et BOUCHEMEL.N) :



Photo 1: Multi-paramètre
(WTW).



Photo 2: pH-mètre
électronique.



Photo 3 : Turbidimètre
(HACH 2100N).

Annexes



Photo 4 : Spectrophotomètre (HACH ODYSSEY).



Photo 6 : La rampe de la filtration.

Annexe 3 : Liste des produits chimiques utilisés avec leur formule.

Produit chimique	Formule
Acétate d'ammonium	$\text{CH}_3\text{COONH}_4$
Acide ascorbique	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
Acide oxalique	$\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$
Acide sulfurique	H_2SO_4
Acide Thio-glycolique	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2\text{S}$
Bicarbonate	HCO_3^-
Carbonate	CO_3^{2-}
Chlorhydrate hydroxylamine	$\text{NH}_2\text{OH}.\text{HCL}$
Chlorure d'ammonium	NH_4Cl
Chlorure de baryum	BaCl_2
Chlorure de calcium	CaCl_2
Chromate de potassium	K_2CrO_4
Dichloroisocyanurate de sodium	$\text{C}_3\text{Cl}_2\text{N}_3\text{NaO}_3$
Ethylène Diamine Tétra-Acétique (EDTA)	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$
Hydroxyde de sodium	NaOH
Méthylorange	$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$
Molécule d'eau	H_2O
Murexide	$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_6$
Nitrate d'argent	AgNO_3
Noir ériochrome T(NET)	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{O}_7\text{SNa}$
Phénantroline-1,10	$\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2$
Phénolphtaléine	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$
Rouge d'alizarine	$\text{C}_{14}\text{H}_7\text{NaO}_7\text{S}$
Salicylate de sodium	$\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_3$
Solution ammoniacale	NH_4OH
Tartrate double de sodium et de potassium	$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6.4\text{H}_2\text{O}$