

République Algérienne Démocratique et Populaire  
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministre de l'Enseignement Supérieure de la Recherche Scientifique  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Université de M'Hamed BOUGARA, Boumerdès  
جامعة امحمد بوقرة- بومرداس

Faculté des Sciences  
Département de Biologie



## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en  
Biologie **Domine** : SNV

**Filière** : Ecologie et Environnement

**Spécialité** : Biodiversité et Environnement

### *Thème*

## La qualité de l'eau mise en distribution dans la région de Guelma-Nord Est de l'Algérie

**Présenté par :** CHETTIR Safia  
KHOUDI Chahinez  
SALHI Soumia

**Soutenu publiquement le ... /... /2021, devant le jury composé de :**

Mme GUERRACHE Nassima	Maître assistant A à l'UMBB	Presidente
Mme CHERFOUH Nafissa	Maître assistant A à l'UMBB	Examinatrice
Mme REGGAM	Maître de conférences B à l'UMBB	Promotrice

Année universitaire 2020/2021

## *Dédicace*

*Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé et donner le courage pour terminer cet ouvrage.*

*J'ai l'honneur de présenter ce modeste travail pour le dédie a:*

*Mon cher père **KHoudi Ahmed**, celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant toujours que la volonté fait toujours les miracles, qui m'a toujours encouragé, m'a aidé et attendu avec patience ma réussite .*

*Ma chère mère **TACHERT HASSAN Nassira**, celle qui a attendu le fruit de sa bonne éducation, son soutien et sa prière.*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent pas de me combler.*

*Que le bon dieu leurs procurent la bonne santé et la longue vie.*

*Mon cher grand frère **Fayçal** qui m'a toujours aidé et mon cher frère **Bilel** témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.*

*Mes chères sœurs **Lilia** et son mari **Hamdach Mohamed** et ses enfants (**Doua; Alaa; Baraa**); Et **Nedjam** et son mari **KHoudi Aziz** et ses enfants(**Abdellah; Isaac et Sohail**) ;Et **Kanza** et son mari **Tounsi Lotfi** et ses enfants (**Mohemd Et Adam**); et **Amira** et son enfant **Ghiles**; et **Nawal** et son mari **Dr. Samir Laraj**.*

*Mes binôme **Safia et Soumia***

*Mon ami qui m'a soutenu **Rostoum mizali***

*A mes meilleurs amies **Sabrina et Soumia et Taous***

**CHAHINEZ**

## *Dédicace*

*Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé et donner le courage pour terminer cet ouvrage.*

*J'ai l'honneur de présenter ce modeste travail pour le dédie a:*

*Mon cher père SALHI Saïd, celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant toujours que la volonté fait toujours les miracles, qui m'a toujours encouragé, m'a aidé et attendu avec patience ma réussite .*

*Ma chère mère SALHI Safia, celle qui a attendu le fruit de sa bonne éducation, son soutien et sa prière.*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent pas de me combler.*

*Que le bon dieu leurs procurent la bonne santé et la longue vie.*

*Mes chers frère Mohamed qui m'a toujours aidé, et mon cher frère Salim témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.*

*Ma chère petite sœur Ibtissem*

*Mes binôme Safia et Chahinez*

*A mes meilleurs amies: BERRICHI Amina, ARABI Karima,*

*BOUDEROUI Noussaiba et MACHANE Fatima,*

*A mes chers oncles : Rabah, Noureddine, Ahmed, Samir et sans oublie Mohamed et*

*Ali Rebi yerhamhom*

*A mes chères tantes*

*A tous les cousins et les cousines et toute ma famille*

*A tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du Secondaire ou de l'enseignement supérieur. Et surtout Berrichi djamila, flissi zohra et Reggam asma.*

**SOUMIA**

## *Dédicace*

*Je tiens tout d'abord à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé et donner le courage pour terminer cet ouvrage.*

*J'ai l'honneur de présenter ce modeste travail pour le dédie a:*

*Mon cher père **CHETTIR boualem**, celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant toujours que la volonté fait toujours les miracles, qui m'a toujours encouragé, m'a aidé et attendu avec patience ma réussite.*

*Ma chère mère **LOURDANI fatma**, celle qui a attendu le fruit de sa bonne éducation, son soutien et sa prière.*

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent pas de me combler.*

*Que le bon dieu leurs procurent la bonne santé et la longue vie.*

*Mon cher frère **Samir** qui m'a toujours aidé, témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous.*

*Mes chères sœurs **Khalida et samira***

*A mon grande père **Mohamed** rebbi yerahmou et **Ali***

*A mes grandes mères **Dahbia et Fatma***

*A mes chères tantes*

*A mon marie **Bendaoui yousef** qui ma donner le pouvoir de terminer mes études et a toute la famille **LOURDANI** et tous les cousins et les cousines.*

*A mes chers amis **Sabrina, Salima, Nousaiba***

*A Mes binôme **Soumia et chahinez***

**SAFIA**

## **Remerciement**

*Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous 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.*

*D'abord, nous tenons également à remercier **nos parents** pour leur confiance et leurs soutiens, et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions tout particulièrement Madame **REGAAM Asma** enseignante à l'université de Boumerdès de nous avoir encadrés et suivons notre travail de près avec sa rigueur scientifique et ses précieux conseils.*

*Nous sincères aux remerciements tous les membres du jury :*

*Madame **GUERRACHE Nassima** D'avoir d'accepter l'honneur de présider ce jury et évaluer ce modeste travail.*

*Madame **CHERFOUH Nafissa** d'avoir d'accepter à participer à ce jury et d'examiner ce travail.*

*Nous exprimons notre sincère reconnaissance et plus vifs remerciements à **Mr AMGHAR Karim Fateh** professeur à l'université de Boumerdès, et responsable de notre spécialité, pour ses conseils, ses encouragements et ses orientations.*

*Nous remercions profondément les trois personnes qui nous été pour un énorme soutien: **Dr SALHI Dia Eddine**, monsieur **MEZALI Rostoum**, et monsieur **BENDAOUI Youcef**,*

*Nous ne saurai finir sans remercier tous les enseignants (es) du département de Biologie de l'université de Boumerdès.*

*Nous remercions également toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des Eaux de Hammam Debagh qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres physico chimiques et bactériologiques.*

*Nous voudrions remercier toutes celles et tous ceux qui ont bien voulu apporter leur contribution à la réalisation de ce mémoire.*

*Nous remercions toute notre famille pour sa patience durant toutes ces années. Que toutes celles et tous ceux qui ont bien voulu nous aider d'une manière ou d'une autre dans la réalisation de ce travail acceptent le témoignage de notre profonde gratitude*

## Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
<b>Chapitre 01</b>		
1.1	Evaluation de la température mensuelle de la région d'étude (Année 2011-2020)	09
1.2	Evaluation mensuelle des humidités relative (2011-2020)	11
1.3	Variations moyennes mensuelles des vents sur le site d'étude (2011-2020)	11
1.4	Moyennes mensuelles de la précipitation pendant les années 2011- 2020	12
1.5	Moyennes mensuelles de la précipitation et de la température de la région d'étude (2011-2020)	13
1.6	Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh	17
1.7	Répartition des besoins selon la population	18
1.8	Les superficies irriguées	18
<b>Chapitre 02</b>		
2.1	Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux potables	26
2.2	Les maladies lies à la transmission hydrique et au manque d'hygiène	32
<b>Chapitre 03</b>		
3.1	Types d'analyses bactériologiques	38
<b>Chapitre 04</b>		
4.1	Normes de qualité des paramètres physiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.	49
4.2	Normes de qualité des paramètres chimiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.	53
4.3	Normes de qualité des paramètres concernant des substances indésirables dans l'eau destinée à la consommation humaine.	58
4.4	Normes de qualité des paramètres bactériologiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.	60
4.5	Cas de contamination dans les eaux de robinets de consommateur	66

## Liste des figures

Photos	Titre	Page
<b>Chapitre 01</b>		
1.1	Localisation géographique de la zone d'étude	03
1.2	Géomorphologie de la région de Guelma	05
1.3	Carte de la couverture forestière de la wilaya de Guelma.	06
1.4	Le réseau hydrographique (A.B.H-C.S.M, 2005)	08
1.5	Courbe dévaluation des températures de la région d'étude (Années 2011-2020)	10
1.6	Evaluation mensuelle des humidités relatives de la région d'étude (Années 2011-2020)	11
1.7	Variations moyennes annuelles des vents sur le site d'étude (Année 2011-2020)	12
1.8	Moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'étude (2011-2020).	13
1.9	Diagramme pluvio-thermique de la région de Guelma (1994-2021).	14
1.10	Situation de la région de Guelma dans le Climagramme d'Emberger	15
1.11	Localisation du barrage de Hammam Debagh dans la région de Guelma	16
<b>Chapitre 02</b>		
2.1	Les différentes étapes de la formation d'un bio film. A chaque étape correspond une image de développement d'un bio film de <i>P. aeruginosa</i>	25
<b>Chapitre 04</b>		
4.1	Variations mensuelles de la turbidité	49
4.2	Variations mensuelles de pH	50
4.3	Variations mensuelles de la température	51
4.4	Variations mensuelles de la conductivité électrique.	52
4.5	Variations mensuelles des TDS	53
4.6	Variations mensuelles de la dureté totale	54

4.7	Variations mensuelles du taux de calcium.	55
4.8	Variations mensuelles du taux de magnésium	56
4.9	Variations mensuelles des Chlorures	57
4.10	Variations mensuelles de la TA.	57
4.11	Variations mensuelles de l'alcalinité complète (TAC).	58
4.12	Variations mensuelles de la matière organique.	59
4.13	Variations mensuelles de la MES.	60
4.14	Variations spatiales des Coliformes Totaux.	61
4.15	Variations spatiales des Coliformes fécaux.	62
4.16	Variations spatiales des Streptocoques fécaux.	63
4.47	Variations spatiales des germes totaux à 22°C.	64
4.18	Variations spatiales des germes totaux à 37°C.	65
4.19	Variations spatiales des ASR.	66

**Liste des photos**

<b>Photos</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>Chapitre 01</b>		
1.1	Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Débagh (Google Arth 2021)	17
1.2	Prétraitement /pré chloration (bassin de mélange)	19
1.3	Bassin de Coagulation floculation	21
1.4	Bassin de décantation	21
1.5	Bassin de filtration sur sable	22
1.6	Bassin de désinfection	22
1.7	Basin de stockage de l'eau	23
<b>Chapitre 03</b>		
3.1	pH mètre	40
3.2	Conductimètre	41
3.3	Turbidimètre	41

**Liste des signes et abréviations**

**ADE** : Algérienne des Eaux  
**STEP** : Station de traitement des eaux potables  
**Cond** : Conductivité  
**CEE** : Communauté Economique Européenne  
**DE** : Directives Européennes  
**μS** : Micro siemens  
**TDS** : Taux des Sels  
**°F** : Degré française  
**Fig.** : Figure  
**g/l** : Gramme par litre  
**H.V.A** : Hépatite Virale A  
**H.V.E** : Hépatite Virale  
**Km<sup>2</sup>** : Kilomètre Carré  
**L** : Litre  
**M.T.H** : Maladies à Transmission Hydrique  
**M.H** : Maladies Hydrique.  
**M.T** : Maladies Transmissible  
**Mg/l** : Milligramme par litre  
**ml** : Millilitre  
**MES** : Matière En Suspension  
**NA** : Normes Algériennes  
**NG**: Niveau Guide  
**O.M.S** : Organisation Mondiale de Santé  
**pH**: Potentiel d'Hydrogène.  
**Q2** : Quotient pluviométrique d'Emberger  
**RF** : Règlement française  
**SF** : Streptocoque fécaux  
**T°** : Température  
**Tur** : Turbidité  
**TH** : Titre Hydrotimétrique  
**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet  
**TH** : Titre Hydrométrique (dureté totale)

## Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des sigles et abréviation	
Introduction générale .....	1
 <b>Chapitre 01: description de l'aire d'étude</b>	
1.1. Présentation de la zone d'étude .....	3
1.1.1. Localisation géographique.....	3
1.1.2. Description de l'aire d'étude .....	3
1.1.3. Caractéristiques générale.....	4
1.2.3.1. Aspect géographique .....	4
1.2.3.2. Couverture végétale.....	5
1.2.3.3. Aspects sociaux économiques .....	6
1.2.3.4. Aspects hydrogéologique.....	7
1.1.4. Etude climatologique.....	8
1.1.4.1. Température .....	8
1.1.4.2. Humidité relative de l'air .....	10
1.1.4.3. Vent .....	11
1.1.4.4. Les précipitations.....	12
1.1.4.5. Synthèse climatique .....	13
1.2. Barrage de Bouhamdane et Station de traitement des eaux .....	16
1.2.1. Barrage de Bouhamdane .....	16
1.2.1.1. Situation géographique .....	16
1.2.1.2. Caractéristiques générales.....	17
1.2.1.3. Origine de l'eau .....	18
1.2.2. Station de traitement des eaux potables (station de Hammam Debagh) ....	18
1.2.2.1. Situation géographique .....	18
1.2.2.2. Origine de l'eau .....	18
1.2.2.3. Débit d'eau à traiter .....	19
1.2.2.4. Traitement effectuée .....	19
A. Prétraitement.....	19
B. Coagulation-floculation .....	20
C. Décantation .....	21
D. Filtration sur sable .....	21
E. Désinfection (post-chloration) .....	22
F. Stockage de l'eau.....	23
 <b>Chapitre 02: Les risques liés aux modes de gestion de l'eau</b>	
2.1. Introduction .....	24
2.2. Dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux .....	24
2.2.1. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau .....	24
2.2.1.1. Facteurs biologiques .....	25
2.2.1.2. Facteurs physico-chimiques .....	28
2.2.1.3. Facteur de dégradation liée à la conception .....	29

2.3. Maladies à transmission hydriques .....	31
2.3.1. Maladies d'origine hydrique .....	31
2.3.1.1. Le choléra .....	31
2.3.1.2. La fièvre typhoïde .....	31
2.3.1.3. Les dysenteries .....	31
2.3.1.4. Les hépatites virales .....	31
2.3.1. Les maladies liées au manque d'hygiène .....	32
2.3.2.1. Chlore dans l'eau potable .....	32
2.3.2.2. Fluorure dans l'eau potable .....	32
2.3.2.3. Nitrates dans l'eau potable .....	33
2.3.2.4. Plomb dans l'eau potable .....	33

### Chapitre 03: Matériel et méthodes

3.1. Echantillonnage .....	34
3.1.1. Site et période de prélèvement .....	34
3.1.2. Matériel de prélèvement .....	34
3.1.3. Méthode de prélèvement .....	34
3.1.4. Transport des prélèvements .....	35
3.2. Méthode d'analyses .....	35
3.2.1. Différentes paramètres .....	35
3.2.1.1. Paramètres organoleptiques .....	35
A. Turbidité .....	35
3.2.1.2. Paramètres physico-chimiques .....	36
A. pH .....	36
B. Température .....	36
C. Conductivité .....	36
D. Chlorure .....	36
E. Calcium .....	36
F. Magnésium .....	37
G. Dureté totale (Titre hydrotimétrique) .....	37
H. Alcalinité complet et simple .....	37
I. Résidu sec .....	37
J. Matière en suspension .....	37
K. Matière organique .....	38
3.2.1.3. Paramètres bactériologiques .....	38
A. La recherche des micro-organismes indicateurs de pollution ..	38
B. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux .....	39
3.2.2. Techniques d'analyses .....	40
3.2.2.1. Analyses physico-chimiques .....	40
A. Méthode électrochimique .....	40
B. Méthode volumétrie .....	41
3.2.2.2. Analyses bactériologiques .....	44
A. Recherche et dénombrement .....	44
B. Test confirmatif .....	46

**Chapitre 04: Résultats et discussion**

4.1. La qualité physico-chimique de l'eau .....	48
4.1.1. Paramètres organoleptiques .....	48
4.1.1.1. Turbidité.....	48
4.1.2. Paramètres physico-chimiques .....	49
4.1.2.1. Paramètres physiques.....	49
4.1.2.2. Paramètres chimiques .....	53
4.1.3. Paramètres de pollution .....	58
4.1.3.1. Matière organique (MO) .....	58
4.1.3.2. Matière en suspension (MES) .....	59
4.2. La qualité bactériologique de l'eau.....	60
4.2.1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau.....	61
4.2.2. Résultats des cas de contamination.....	66
Conclusion générale .....	67
Références bibliographiques .....	69
Résumé	
Abstract	
ملخص	

# Introduction

## INTRODUCTION

L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eaux existantes ainsi que sur leur qualité

L'eau est un composé chimique simple, liquide à température ambiante, sa formule chimique est  $H_2O$ , c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (Lakhdari B., 2011).

L'eau non traitée ou polluée est responsable des maladies graves chez l'homme, bien souvent la mortalité dans les pays. L'eau véhicule des virus, des bactéries, des parasites, des micro-organismes végétaux ou animaux qui peuvent provoquer des maladies graves, voire mortelle pour l'être humain, ces maladies liées à l'eau insalubre sont appelées les maladies hydriques. Et d'après Bozzaoucha A., (2004) il y a de nombreuses maladies véhiculées par les microorganismes présentés dans l'eau comme la schistosomiase, dysenterie, amibe, fièvre typhoïde, choléra, paludisme, trachome, etc. la liste des maladies est longue, et la mortalité due aux maladies hydriques est très élevée dans le monde.

Parmi les infections à transmission hydrique que l'on retrouve en Algérie, on peut citer : la fièvre typhoïde, le choléra, les hépatites infectieuses, les dysenteries, etc. Il est clair que les changements climatiques ainsi que le mode de gestion de l'eau est en étroite relation avec l'ampleur des maladies à transmission hydrique (Ganin CH., 2005- 2006)

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (Roux M., 1987).

Le présent travail étudie l'état des ressources d'eau potable de la région de Guelma et ce qui peut être réalisé pour améliorer cette situation. Ils sont divisés en sections sur les sources, le traitement et la distribution de l'eau potable.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier la qualité physicochimique et bactériologiques de l'eau mise en distribution dans la région de Guelma nord – est d'Algérie et ceci dans le but d'apprécier l'évolution de sa qualité et son impact sur l'environnement et sur la santé publique.

Nous avons structuré notre démarche en quatre chapitres interdépendants

- Le premier résume les caractéristiques générales de la région d'étude : géographie, écologie, géologie, climatologie, les critères de la qualité ..... ;

- Le deuxième chapitre traite les risques liés aux modes de gestion de l'eau.
- Le troisième chapitre résume les méthodes et techniques d'échantillonnage, des analyses physico-chimiques et des analyses bactériologiques.
- Le quatrième chapitre : permet de discuter l'ensemble des résultats obtenus. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques obtenues.

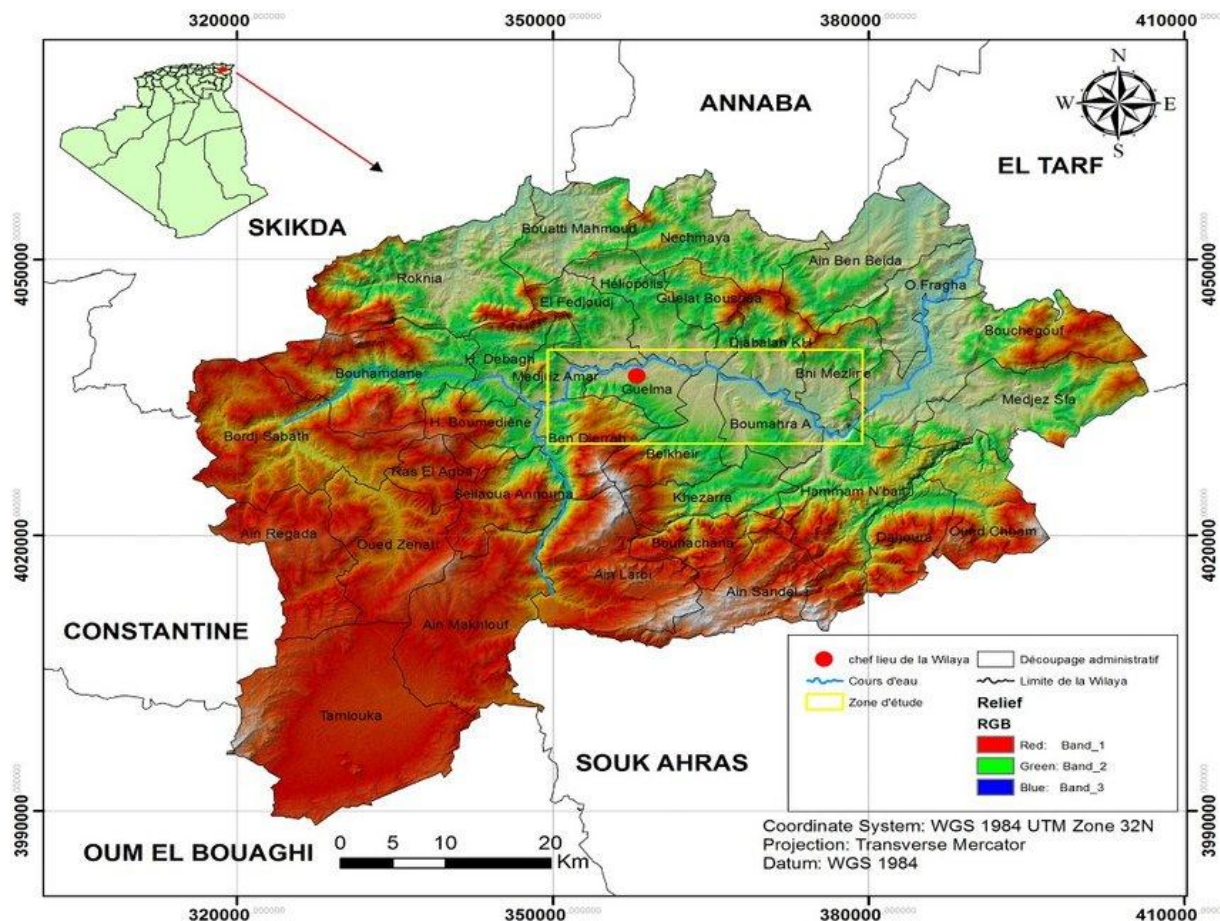
# *Chapitre 01:*

## *Description de l'aire d'étude*

## 1.1. Présentation de la zone d'étude

### 1.1.1. Localisation géographique

La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est d'Algérie 60 km environ de la Méditerranée. Elle s'étend sur une superficie de 3686,84 Km<sup>2</sup> (DPAT. 2008). Elle est limitée par la wilaya d'Annaba au Nord, El' Taraf au nord-est, Skikda au nord-ouest, Souk ahras et Oum el-bouaghi au sud, en fin Constantine à l'Ouest (Aissaoui M. *et al.*, 2017) (Figure 1.1).



**Figure 1.1:** Localisation géographique de la zone d'étude (Aissaoui M. *et al.*, 2017)

### 1.1.2. Description de l'Aire d'étude

La ville de Guelma, qui est la capitale d'un district et d'une province portant le même nom, nichée aux pieds des montagnes Maouna, Debagh et Houara, à 290 mètres au-dessus du niveau de la mer, la ville et ses alentours ont toujours bénéficiés de sol fertiles procurées par l'oued Seybouse et un grand barrage de retenue. De plus Guelma se trouve sur un carrefour de plusieurs routes de transit reliant la côte avec l'intérieur des terres ce qui en fait un point stratégique important [1].

La wilaya de Guelma constitue un axe stratégique de part de sa situation géographique, elle est limitrophe des wilayets telles que:

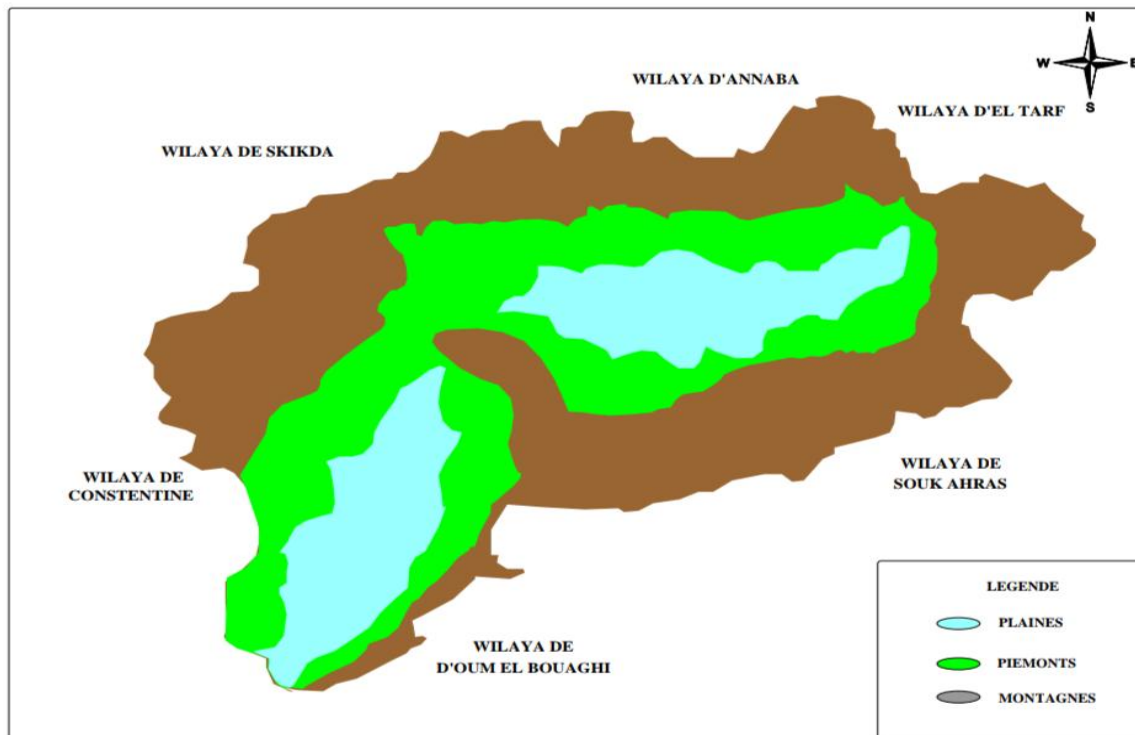
- La wilaya d'Annaba, au Nord : avec son port et aéroport ainsi que une base industrielle aussi importante, distance à quelques 60 km;
  - La wilaya de Skikda de Nord-Ouest : avec son port et sa base pétrochimique, est à moins de 80 km;
  - La wilaya de Constantine, à l'Ouest: son aéroport, ses potentialités de capital de lest de pays est à une 100 de km;
  - La wilaya d'Oum el bouaghi au sud porte des hauts plateaux, est à 120 km;
  - La wilaya de souk ahras est à l'est : région frontière a la Tunisie, est à 70 km;
  - La wilaya D'el Tarf à la Nord-est wilaya agricoles et touristique, port de pêches [2]

La wilaya de Guelma s'étend sur une superficie de 3.686 .84 km<sup>2</sup>, et la région englobe toute la partie médiane de nord vers le sud de territoire de la wilaya, elle est organisée en auréole tout autour de la plaine centrale constituée de terrasse alluviale qui s'étalent le long de l'oued (la valle de la Seybouse) (Zouidia H., 2006).

### **1.1.3. Caractéristiques générales**

#### **1.1.3.1. Aspect géographique**

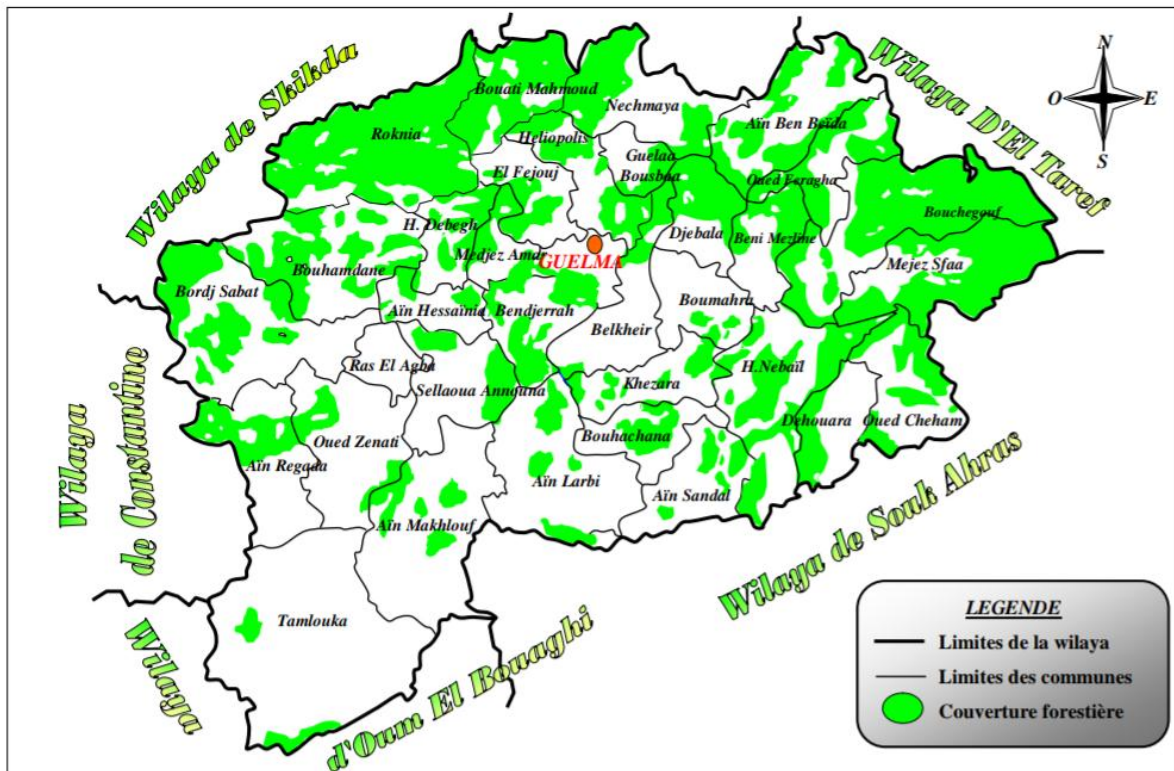
L'aspect géographique de la Wilaya de Guelma se caractérise par un relief diversifié comprend une importante couverture forestière de 105.395ha, soit un taux de 28,59 % de la superficie totale de la wilaya. Les montagnes constituent le relief le plus important, soit 37 % de la superficie de la wilaya dont les principales sont: Maouna (1,411 m d'altitude), Houara (1.292 m d'altitude), Taya (1.208 m d'Altitude) et Debagh 1.060 m d'Altitude). Le reste est composé par les plaines avec 27,22 %, les collines et les piémonts avec 26,29 % et plus autres types de relief constituant 8,67 % (A.N.D.I, 2013) (Figure 1.2).



**Figure 1.2:** Géomorphologie de la région de Guelma (Benmarce, 2007).

### 1.1.3.2. Couverture végétale

La couverture végétale est représentée par une dominance de peuplements forestiers qui occupent une superficie de 107.704 hectares avec un pourcentage de 28 % de la superficie de la wilaya. Cette étendue de végétation abrite des espèces floristiques représentées essentiellement Par : le Chêne liège, le Chêne vert, l'Eucalyptus, le Cyprès, le Pin d'Alep, le Pin Maritime, le Bruyère, l'Arbousier, le Lentisque, le Filaire, le Myrte, le Genet, le Calicotum, et le Ronce (DPAT, 2008) (Figure 1.3).



**Figure 1.3:** Carte de la couverture forestière de la wilaya de Guelma (Zouaidia H. 2006).

- **La faune :** La faune dans cette région est très diversifiée, parmi les espèces existantes, on peut citer:
- **Les mammifères :** Loups, Sanglier, Chacal, Renard, Lièvre, Lapin, Gerboise, Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée.
- **Les oiseaux :** Perdrix gabra, Caille des blés, la Tourterelle, Chardonneret (espèce protégée), Moineau, Hibou, Palombe, la Cigogne blanche, le Héron garde-bœufs, le Héron cendré,....
- **Les reptiles :** Tortue, Lézard, Couleuvre (Aouissi A., 2009).

### 1.1.3.3. Aspects sociaux économiques

La région de Guelma est une région agricole connue par les cultures de céréales, de tomate, de pomme de terre et des agrumes. On signale aussi l'importance de l'élevage de bétail et de volailles. L'activité industrielle est à ne pas négliger. Plusieurs unités industrielles ont été implantées, à titre d'exemple : la Sucrierie, l'Unité du Céramique, la Sonacom (fabrication des cycles et cyclomoteurs), la Laiterie (Guelmoise), Unité de fabrication des pâtes, et la Conserverie de tomate industrielle (CAB Amor Benamor). En plus, il existe un nombre

intéressant de mines et de carrières comme celles du Kaolin du djebel Debagh, de marbres utilisés par l'unité de l'ENAMARBRE de Boumahra Ahmed (Zeddouri A., *et al.*, 2003)

#### 1.1.3.4. Aspects hydrogéologique

Les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique de la région de Guelma. D'après les études géophysiques (Enageo, 1971), le système hydrogéologique de la région renferme les six aquifères suivants:

- Nappe alluvionnaire de Guelma
- Nappe alluvionnaire de Bouche gouf
- Nappe des calcaires néritiques et sénoniens d'Héliopolis;
- Nappe des calcaires éocènes de Ras El Agba- Sellaoua-Announa
- Nappe des calcaires de Bouhechena
- Nappe des calcaires de Tamlouka.

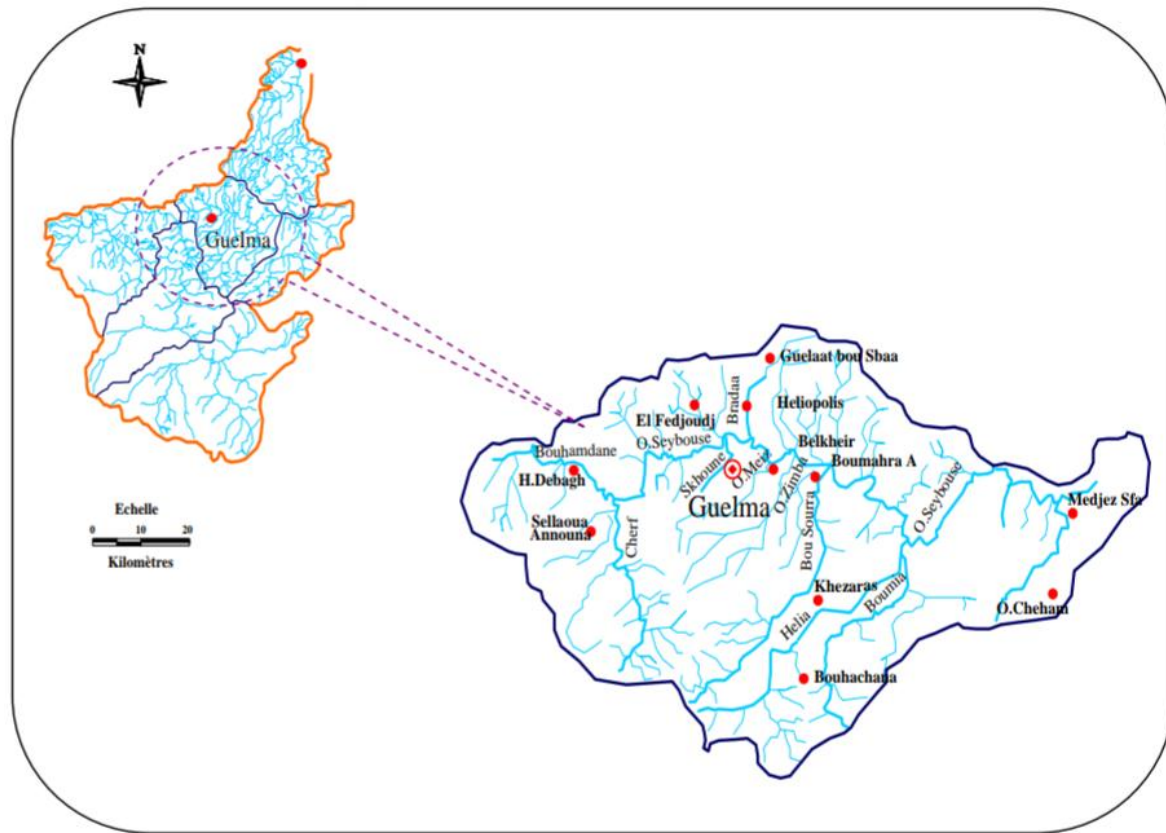
Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau affluent et sous affluents permanents ou temporaire par lequel s'écoule tous les eaux de ruissellements et convergent vers un seul point de vidange de sous bassin versant (Ghodnane M., 2009).

L'organisation du réseau hydrographique dans la région d'étude est commandée par l'agencement des reliefs, véritable château d'eau alimentée par les précipitations de type « pluvial » apportées par les perturbations venues de l'atlantique.

Le barrage reçoit les eaux des réseaux hydrographiques d'Oued Bouhamdane (37.49 km); Il draine un bassin de 1136 km<sup>2</sup> (14 - 03 du Nord Constantinois) (Ghachi A., 1986), caractérisé par un régime de hautes eaux hivernales et de basses eaux estivales, mais l'Oued peut néanmoins connaître des crues exceptionnelles ou de graves étiages, rendus de plus en plus rares, toutefois, par l'important aménagement hydraulique (barrage). Les cours d'eau tributaires d'Oued Bouhamdane sont représentés par le réseau hydrographique d'Oued Zenati et Oued Ghrib.

D'après la carte du réseau hydrographique (Figure 1.4) nous ne constatons que la confluence d'Oued Cherf (Souk-Ahras) (88,61Km) et Oued Bouhamdane (37,49Km) donne la naissance de Oued Seybouse (134,74Km), les principaux affluents de l'oued Seybouse

sont : Oued Maiz, Oued Zimba, Oued Skhoune, Oued Bou Sorra, Oued Fragha, Oued Djefeli, Oued Meboudja...etc (A.B.H.C.S.M, 2005).



**Figure 1.4:** Le réseau hydrographique (A.B.H.C.S.M, 2005).

#### 1.1.4. Etude climatologique

Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines, notamment la précipitation qui constitue le facteur essentiel intervenant par leur répartition annuelle et mensuelle et journalière. Ces différents aspects des précipitations plus ou moins modifiées par l'effet combiné des autres paramètres physiques (altitude et expositions), et climatique (température et évapotranspiration), permettent d'expliquer quantitativement les variations des composantes du régime hydrologique de la région d'étude (Solter D., 1999).

Le climat de la wilaya de Guelma est du type subhumide au centre et au nord et Semi-aride vers le sud, caractérisé par un hiver doux et pluvieux et un été chaud (A.N.D.I, 2013).

##### 1.1.4.1. Température

La température est l'un des facteurs les plus importants du climat, elle agit sur les répartitions d'eau qui s'opèrent par le phénomène de l'évapotranspiration (Emsalem R.,

1986), et est un facteur écologique de première importance qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (Ramade F., 1993).

Les caractéristiques climatiques (température, précipitation, humidité relative,...etc) de la zone d'étude sont obtenues à partir des données des stations météorologiques de Guelma période de (2011-2020).

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes. Les moyennes des semestres froids (Nov. – Avr.) et chauds (Mai.- Oct.) sont respectivement (12,87-23,92 ° C)

Les données statistiques dont nous avons fait état sont consignées dans le tableau 1.1, donne pour chaque mois de l'année les températures suivantes :

- \_  $T_{\max}$  moyenne de tous les maxima du mois.
- \_  $T_{\min}$  moyenne de tous les minima du mois.
- \_  $T_{\text{moy}}$  moyennes annuelles des températures.

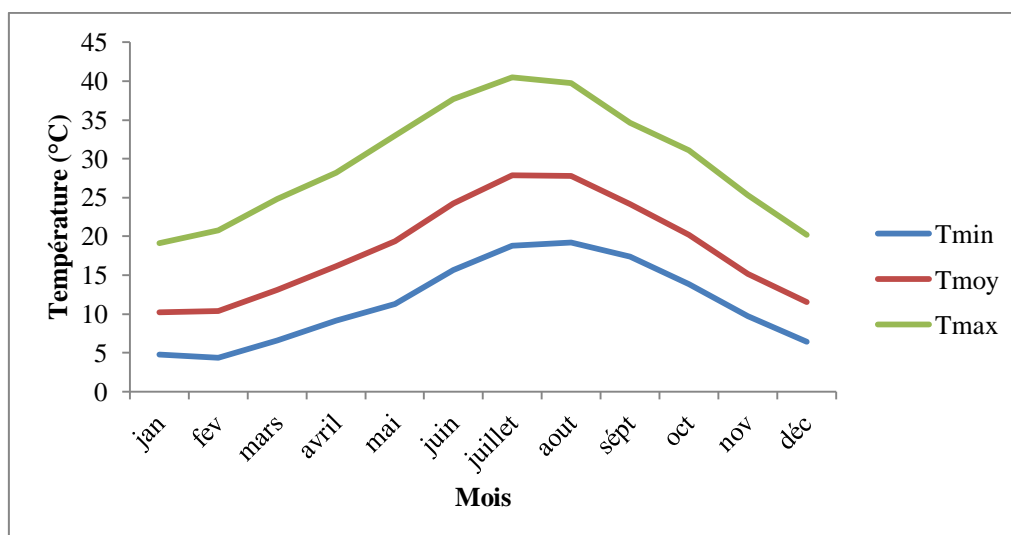
**Tableau 1.1:** Evaluation de la température mensuelle de la région d'étude (2011-2020)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>T min</b> (°C)	4.75	4.40	6.61	9.13	11.30	15.68	18.79	19.22	17.42	13.81	9.76	6.43
<b>Tmax</b> (°C)	19.15	20.80	24.78	28.22	32.98	37.67	40.49	39.73	34.63	31.08	25.30	20.19
<b>Tmoy</b> (°C)	10.80	10.40	13.14	16.19	19.34	24.21	27.85	27.77	24.16	20.21	15.18	11.55

Et donc les valeurs pour le mois le plus chaud et le mois le plus froid. Les résultats d'observations faites pendant 10 ans (2011-2020).

La figure 1.5 nous donne l'évolution de la température en 2011 à 2020 selon les différents mois de l'année. Cette figure montre que :

La température moyenne annuelle est de 18,4°C. Les températures moyennes mensuelles pour une période de 10 ans. On note que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de juillet (27,85°C) alors que la température la plus basse est celle du mois de Février (10,40°C).



**Figure 1.5:** Courbe dévaluation des températures de la région d'étude (Années 2011-2020)

#### 1.1.4.2. Humidité relative de l'air

C'est la quantité de vapeur d'eau contenue dans un m<sup>3</sup> d'air, exprimée en gramme (g), ou bien la tension de la vapeur d'eau contenue dans l'air exprimée en mm de mercure (mm hg). (Emsalem, 1986). Elle dépend de plusieurs facteurs, de la quantité d'eau tombée, du nombre de jours de pluie, de la forme de ces précipitations (orage, ou pluie tinte), de la température, des vents et de la morphologie de la station considérée.

L'humidité relative, appelée aussi le degré hygrométrique est une caractéristique quantitative de l'humidité de l'air, mesure le rapport en pourcentage de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air à la pression de vapeur saturante qu'elle y aurait si elle se trouvait à l'état de saturation à la même température (Mostarih R., 2006).

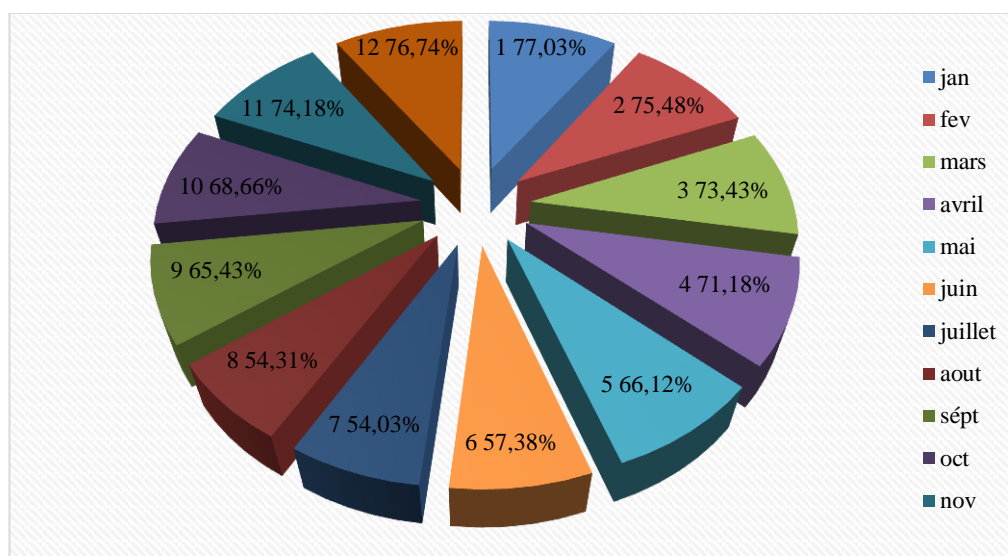
Les données récoltées sont enregistrées dans (Tableau 1.2)

La moyenne de l'humidité relative dans la période allant de l'année 2011 jusqu'à l'année 2020 est de l'ordre de 67,83. Le maximum est enregistré au mois le plus froid (janvier 77,03%) et le minimum en le mois le plus chaud (juillet 54,03%).

L'humidité semble évoluer en sens inverse de la température et subir l'influence du vent. En effet, plus les températures sont élevées et plus les vents deviennent forts, plus les humidités relatives diminuent de façon marquée (Figure 1.6).

**Tableau 1.2:** Evaluation mensuelle des humidités relative (2011-2020)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>H.R (%)</b>	77.03	75.48	73.43	71.18	66.12	57.38	54.03	54.31	65.43	68.66	74.18	76.74

**Figure 1.6:** Evaluation mensuelle des humidités relatives de la région d'étude (années 2011-2020).

#### 1.1.4.3. Vent

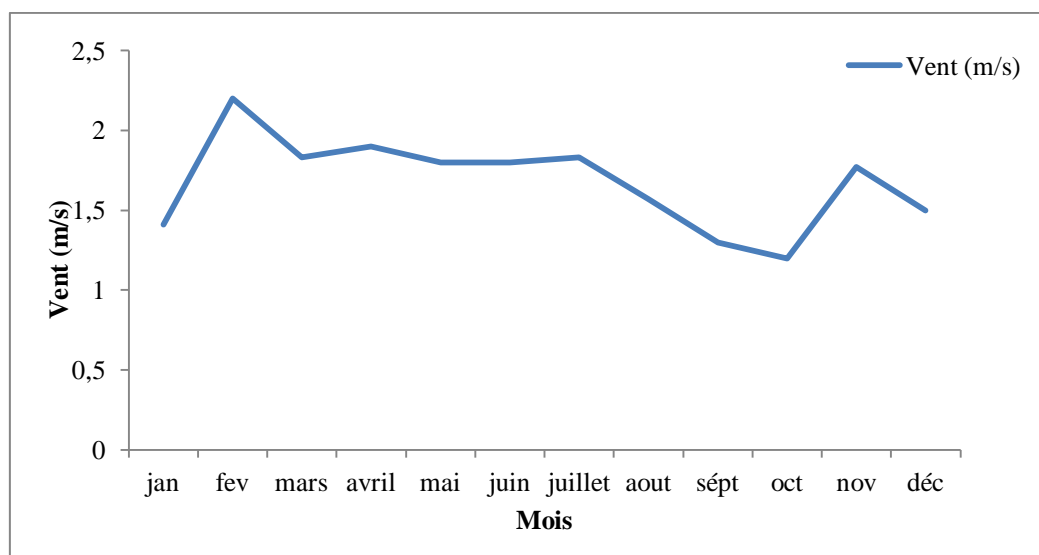
Conséquent du climat, La direction du vent est indiquée par la girouette tandis que la vitesse est Le vent est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluvieux, de l'évaporation et par mesurée grâce à l'anémomètre (Faurie C., 1999).

L'analyse de la vitesse du vent a été effectuée en utilisant toutes les données encodées manuellement pour la période disponible pendant la période (2011-2020), des observations synoptiques archivées à la Direction de la Station Météorologique de Guelma. Les résultats des calculs de la vitesse des vents sont récapitulés dans le Tableau 1.3.

**Tableau 1.3 :** Variations moyennes mensuelles des vents sur le site d'étude des années (2011-2020)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Vent (m/S)</b>	1.47	2.20	1.83	1.90	1.80	1.80	1.83	1.57	1.30	1.20	1.77	1.50

La vitesse des vents est violente en mois de février (2.20 m/s) alors qu'en mois d'octobre (1.20m/s) elle devient plus faible (Figure 1.7).



**Figure 1.7:** Variations moyennes annuelles des vents sur le site d'étude (2011-2020)

#### 1.1.4.4. Les précipitations

Les précipitations désignent tout type d'eau qui tombe sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle), ainsi que les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles constituent l'unique «entrée» des principaux systèmes hydrologiques continentaux qui sont les bassins versants, comme elles constituent un paramètre hydro-climatologique d'une grande importance dans leur fonctionnement (Bounouira H., 2007).

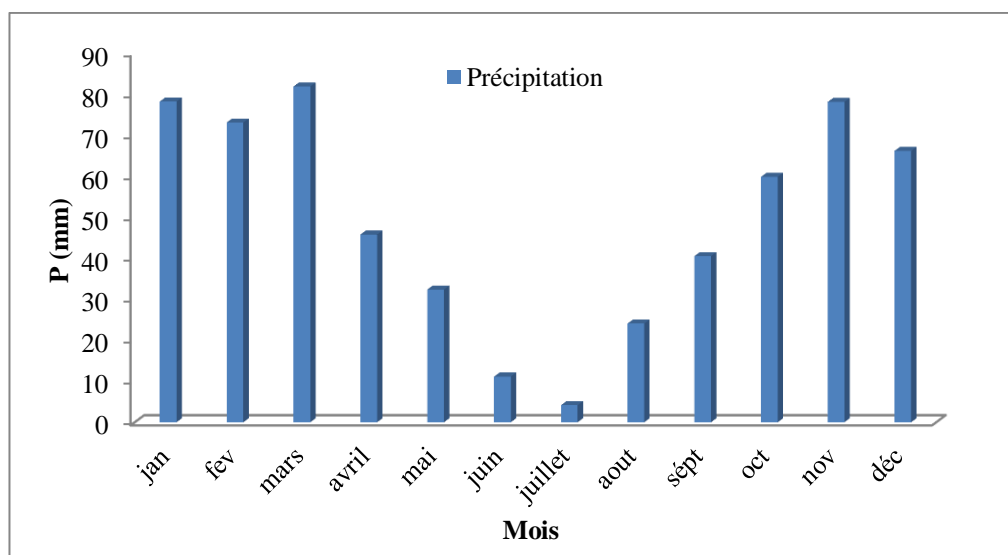
L'analyse des précipitations mensuelles revêt une importance capitale dans la mesure où elle permet de saisir l'évolution de la pluviométrie au cours de l'année.

Les variations des précipitations mensuelles sont illustrées par le tableau 1.4.

**Tableau 1.4:** Moyennes mensuelles de la précipitation pendant les années 2011- 2020

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>P(mm)</b>	78.27	73.14	81.94	45.80	32.38	11.15	4.16	24.11	40.54	59.88	78,71	66.21

Une hausse précipitation est enregistrée dans le mois de Mars 81,94 mm pendant la période 2011 -2020. Une baisse précipitation est notée en mois de juillet (4,16 mm) (Figure 1.8).



**Figure 1.8:** Moyennes mensuelles des précipitations dans la région d'étude (2011-2020).

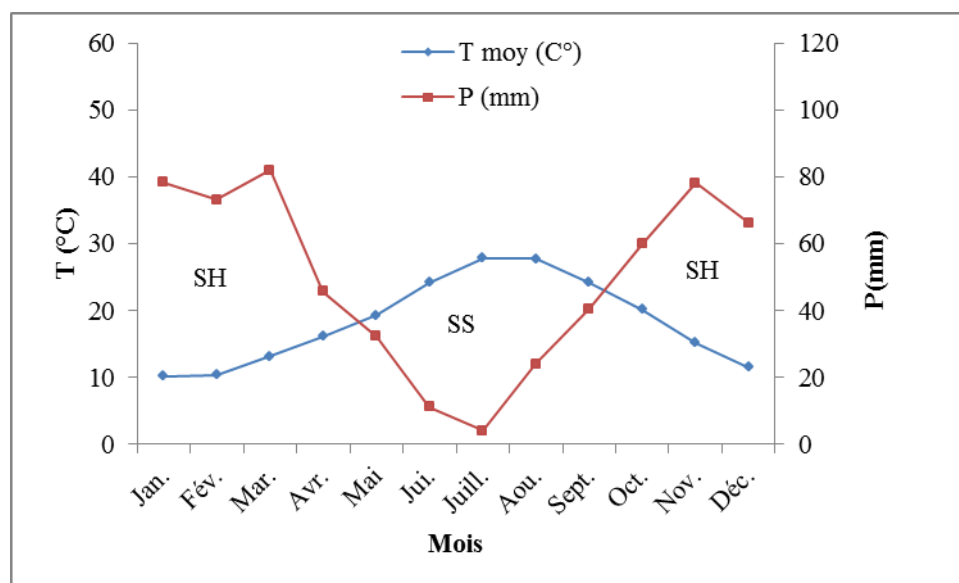
#### 1.1.4.5. Synthèse climatique

##### A. Diagramme pluvio-thermique

Les travaux de Bagnouls et Gaussen constituent l'une des plus importantes tentatives visant à mettre en relation le couvert végétal et les données climatiques. Le bilan hydrique annuel étant considéré comme déterminant pour la végétation, il importe de connaître la longueur de la saison sèche. Par définition sera biologiquement sec tout mois dont le total des précipitations  $P$  (mm) est égal ou inférieur au double de la température mensuelle moyenne exprimée en degré centigrade ( $P = 2T$ ) (Figure 1.9) (Bagnouls et Gaussen, 1953) (Tableau 1.5).

**Tableau 1.5:** Moyennes mensuelles de la précipitation et de la température de la région d'étude (2011-2020)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>P (mm)</b>	78.27	73.14	81.94	45.80	32.38	11.15	4.16	24.11	40.54	59.88	59.88	66.21
<b>Tmoy(°C)</b>	10.80	10.40	13.14	16.19	19.34	24.21	27.85	27.77	24.16	20.21	15.18	11.55



**Figure 1.9:** Diagramme pluvio-thrmique de la région de Guelma (1994-2021).

## B. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Ce diagramme ou quotient pluviométrique est une représentation graphique issue d'une formule où la valeur des précipitations en mm, divisée par une expression de la T° en degré Kelvin, cette expression est choisie en fonction de la vie du végétal, cette formule s'écrit comme suit :

$$Q2 = [2000 P / M2 - m2]$$

Cette formule peut s'écrire selon Stewart (1969) qui a transformé le quotient d'Emberger pour le climat méditerranéen et a obtenu la formule suivante :

$$Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$$

Où

M : moyenne des maximums du mois le plus chaud.

m : moyenne des minimums du mois le plus froid.

M et m sont exprimés dans l'expression de Stewart en ° Celsius.

M et m s'expriment en degré Celsius, Emberger a mentionné qu'un climat ne peut être caractérisé si à la valeur de Q2 ne vient pas s'ajouter celle de « m ». Les stations météorologiques de même Q2 peuvent être différenciées par leurs valeurs de « m ».

Le Q2 nous a permis de localiser nos stations météorologiques sur le Climagramme d'Emberger. Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation.

On distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide. Le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude (Guelma).

- En abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid.
- En cordonnées le quotient pluviométrique ( $Q2$ ) d'Emberger.

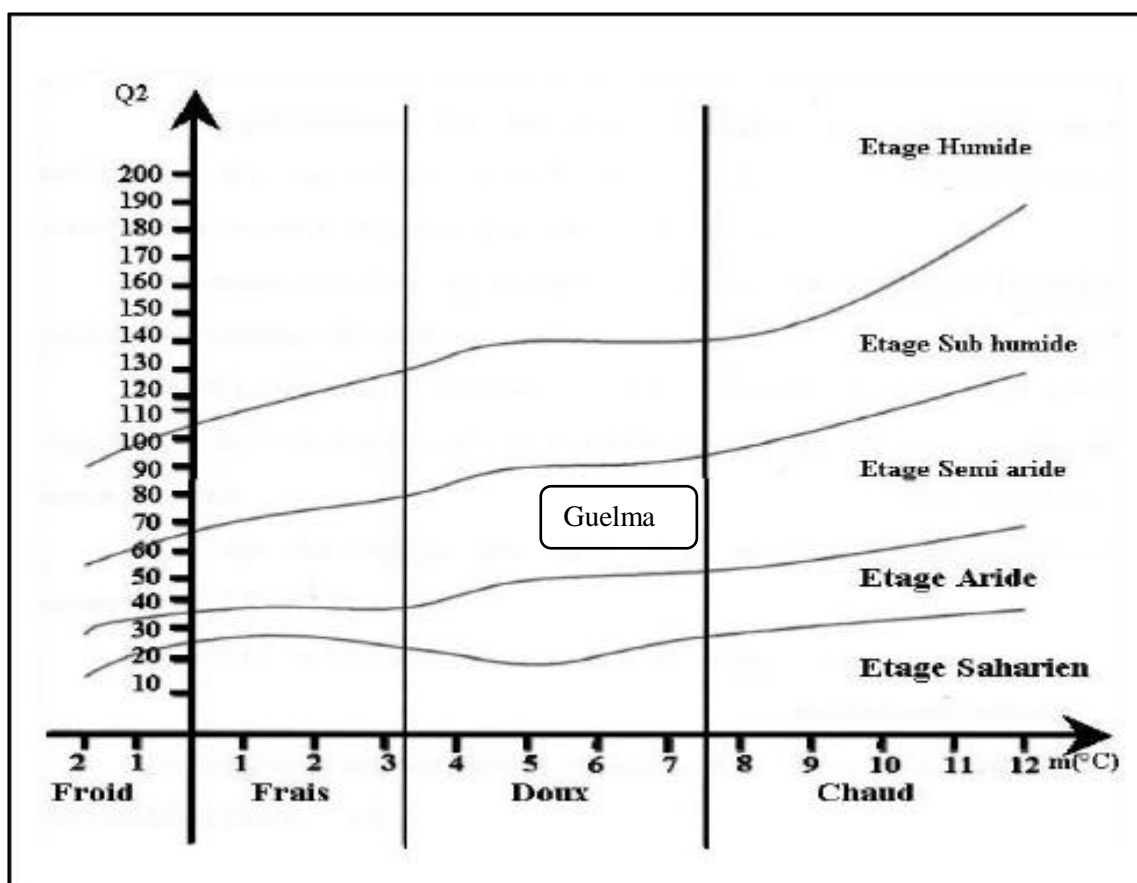
$P= 595.75$  mm

$M= 40.49^{\circ}\text{C} = 313.49$  °K

$m=4,40$  °C = 277.40 °K

L'indice  $Q2$  calculé par la formule  $Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$  est égal à **56.62**.

L'emplacement de cet indice sur le Climagramme d'Emberger, nous a permis de situer Guelma dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers (doux) Tempérée ( Figure 1.10).



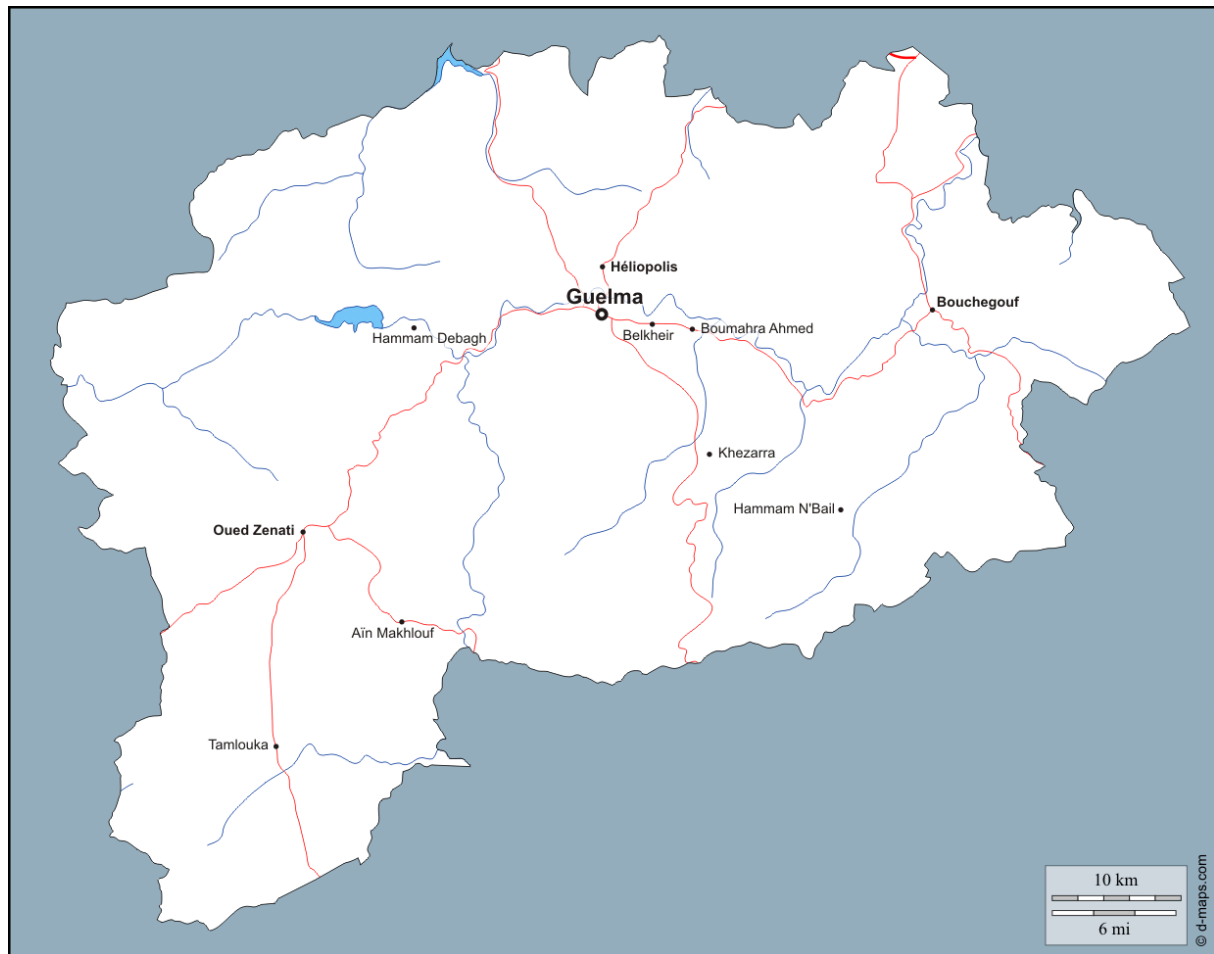
**Figure 1.10:** Situation de la région de Guelma dans le Climagramme d'Emberger.

## 1.2. Barrage de Bouhamdane et Station de traitement des eaux

### 1.2.1. Barrage de Bouhamdane

#### 1.2.1.1. Situation géographique

Le barrage Hammam Debagh (Barrage de Bouhamdane) est situé à 23 km de la wilaya de Guelma puisqu'il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh (Figure 1.11) sur l'Oued Bouhamdane, il tire son nom de la zone des sources thermales et il a été mis en service en 1987 (Louamri A., 2010).



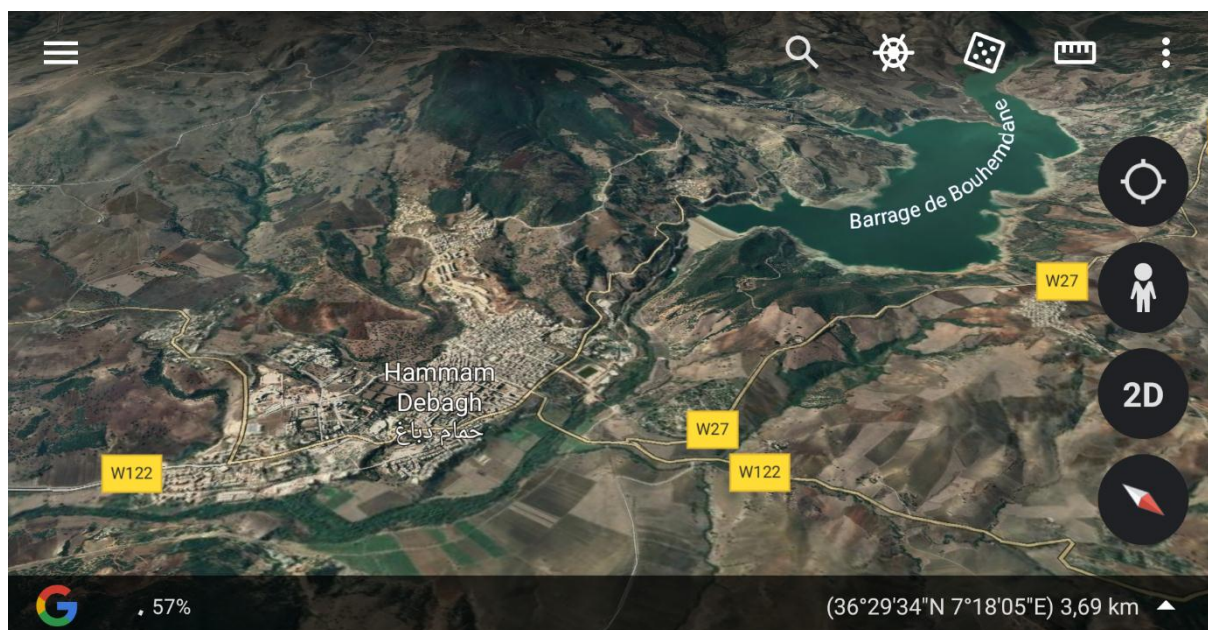
**Figure 1.11:** Localisation du barrage de Hammam Debagh dans la région de Guelma  
(source rapport Hammam Debagh 2016)

\* **Cordonnes géographiques de barrage** (Photo 1.1)

Latitude : 36°29'34" N

Longitude : 7°18'05" E

Elévation : 3 ,69 km



**Photo 1.1:** Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh (Google Arth 2021)

### 1.2.1.2. Caractéristiques générales

Les principales caractéristiques du barrage sont résumées dans le tableau 1.6

**Tableau 1.6:** Les principales caractéristiques du barrage Hammam Debagh (ABHCSM 2005)

Caractéristiques hydrologiques		Caractéristiques du barrage	
Oued	Bouhamdane	Type	TERRE
Capacité initiale	200 hm <sup>3</sup>	Hauteur	95 m
Capacité dernier levé	184,35 hm <sup>3</sup>	Longueur	430 m
Apport moyen annuel	69 hm <sup>3</sup>	Côte de retenue Normale (R.N)	360 m
Envasement annuel	0,53 hm <sup>3</sup> /an	Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	370,24 m
Surface du bassin versant	1 070 km <sup>2</sup>	Déversoirs	COROLLE et SEUIL LIBRE
		Débit d'évacuation	2 240 m <sup>3</sup> /s
		Vidange de Fond	218 m <sup>3</sup> /s

Le barrage alimente en eau potable (AEP) les agglomérations d'Ain Hassainia, Hammam Debagh, Medjez Amar, Ben Djerrah et Guelma. La population de ces agglomérations est estimée à 162488 habitants selon le recensement de l'année 2008 et se répartie comme désigné dans le tableau 1.7 (A.B.H.C.S.M, 2005)

**Tableau 1.7:** Répartition des besoins selon la population (A.B.H.C.S.M. 2005).

Agglomération	Population (hab)	Besoins (hm <sup>3</sup> /an)
Ain Hassainia	5897	0.32
Hammam Debagh	15384	0.84
Medjez Amar	3575	0.2
Ben Djerrah	8711	0.48
Guelma	128921	7.1

Pour l'irrigation le barrage alimente les deux périmètres irrigués Guelma-Boucheougouf d'une part, dont la superficie s'étend sur 13.000 ha, et Drean-Besbès d'autre part dans la wilaya d'El Tarf. Les résultats actuels pour la saison d'irrigation 2016 montrent que le volume prélevé pour l'irrigation avait atteint 20 hm<sup>3</sup> (A.B.H.C.S.M. 2006). Le tableau 1.8 résume la superficie irrigable, celle irriguée et le taux d'irrigation.

**Tableau 1.8:** Les superficies irriguées (A.B.H.C.S.M. 2005).

Superficie irrigable (ha)	Superficie irriguée (ha)	Taux d'irrigation (%)
9250	2401	26

### 1.2.1.3. Origine de l'eau

La source d'approvisionnement en eau du barrage Hammam Debagh est d'origine pluviale véhiculée principalement par Oued Bouhamdane et ses affluents, qui est lui-même un affluent principal de l'Oued Seybouse (la rencontre de l'Oued Bouhamdane avec l'Oued Charef forme la Seybouse) (Chaouch R. *et al.*, 2009).

## 1.2.2. Station de traitement des eaux potables (station de Hammam Debagh)

### 1.2.2.1. Situation géographique

La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh est une usine de production des eaux. Elle est située à 1 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, de capacité de 500 L/s. Mise en service en 2003, leur surface est trois hectares. Elle est située entre 36°27,834'N et 007°15,282'E. Evaluation: 294.5m

### 1.2.2.2. Origine de l'eau

Le traitement se fait par des étapes bien définies. Les procédés du traitement qui étaient mis au point selon les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute, L'eau à traiter provient du barrage de Bouhamdane.

### 1.2.2.3. Débit d'eau à traiter

Le débit de l'eau à traiter est d'entre 1500 m<sup>3</sup>/ jour jusqu'à 1900 m<sup>3</sup>/jour en raison de la demande de plus en plus croissante des consommateurs à savoir la ville de Guelma, Ain Hessainia, Medjez Amar et Hammam Debagh.

### 1.2.2.4 Traitement effectuée

La station effectuée les procédés du traitement suivants :

#### A. Prétraitement

##### \* Le dégrillage

Permet d'éliminer les grosses particules susceptible d'endommager les installations de traitement (troncs d'arbre, branches...etc.).

##### \* Pré chloration (Pré-oxydation)

A l'entrée de l'eau brute dans le processus de traitement la première opération qu'elle subit est le pré chloration (pré-oxydation) Cette étape est effectuée dans un bassin de mélange (Photo 1.2) le pré chloration porte sur l'élimination de l'azote ammoniacal, l'élimination du fer et du manganèse, l'élimination de la couleur et l'amélioration de l'opération de clarification. Les différents oxydants les plus utilisés au niveau de la station de Hammam Debagh est le chlore gazeux ou l'hypochlorite de sodium.



**Photo 1.2:** Prétraitement / Pré chloration (bassin de mélange).

Actuellement, la station utilise dans l'eau des doses entre 2,5 à 3 g/m<sup>3</sup> d'hypochlorite de sodium (Reggam A., 2010).

## **B. Coagulation-floculation**

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux, il réside dans la formation par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées « Flocs » (Reggam A., 2010).

### ➤ **Coagulation**

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décan tables ou filtrables.

Le coagulant qui peut être introduit dans un bassin de coagulation est le sulfate d'alumine (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>), les caractéristiques de ce bassin sont les suivantes :

- Longueur : 3.2 m
- Largeur : 2.4 m.
- Profondeur : 5 m.

Le bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange rapide (Photo 1.3).

### ➤ **Floculation**

C'est une opération complémentaire à la coagulation, elle vise à favoriser la croissance de flocs par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation, elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant (Photo 1.3).

L'adjuvant ou le floculant peut être introduit dans un bassin de floculation est le poly-électrolyte, les caractéristiques de ce bassin sont les suivantes :

- Longueur : 17 m.
- Largeur : 9.2 m.
- Profondeur : 5 m.

Le bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange lente. Le temps nécessaire pour la coagulation-floculation est de 20 à 30 minutes



**Photo 1.3 :** Bassin de Coagulation floculation.

### C. Décantation

Elle vise à éliminer les floccs issus de la coagulation-floculation. Elle se déroule au niveau du bassin de décantation, le volume de ce dernier est  $3400 \text{ m}^3$  (Photo 1.4). Le temps nécessaire pour la décantation des floccs est deux heures (Reggam A., 2010).



**Photo 1.4:** Bassin de décantation

### D. Filtration sur sable

La filtration est la barrière ultime et obligatoire de la filière de traitement des eaux dans la majeure partie des cas. Elle vise à réaliser ou à compléter à travers un lit filtrant la réduction des particules en suspension, les coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité. Sans la filtration, plusieurs filières de traitement ne pourraient pas obtenir de crédits pour l'enlèvement des virus et des kystes de protozoaires.

Au niveau de cette station nous avons six bassins de filtration, la couche de sable est de hauteur de (1à1.2 m). L'opération de lavage de filtre est basée sur l'indicateur de colmatage (turbidité et perte de charge) (ADE) (Reggam A., 2010) (Photo 1.5).



**Photo 1.5:** Bassin de filtration sur sable

### **E. Désinfection (post-chloration)**

En raison de la présence occasionnelle des germes (Entérocoque, Escherichia coli...), L'injection d'hypochlorite de sodium existante sera conservée pour assurer ainsi une désinfection de l'eau distribuée dans le réseau.

La désinfection vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes, qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptibles de causer des maladies infectieuses chez l'homme. Cette désinfection à l'eau de javel sera asservie au débit entrant (Reggam A., 2010) (Photo 1.6).



**Photo 1.6:** Bassin de désinfection.

## F. Stockage de l'eau

Le stockage de l'eau s'effectue dans des réservoirs situés généralement en hauteur : bassins d'entrées au sommet des collines ou châteaux d'eau, ils fonctionnent selon le principe des vases communicants pour assurer une pression régulière et suffisante au sein du réseau en fonction du rythme de consommation, ils constituent aussi une réserve de sécurité en cas d'incident sur le réseau ou de hausse anormale de la consommation.

Pour pouvoir satisfaire à tout moment la demande en eau potable des abonnés, un réservoir de Stockage d'une capacité de 3000 m<sup>3</sup> (Photo 1.7) a été créée sur le lieu de traitement en forme de bache d'entrée, une réserve qui permet de gérer les points de consommation en différents points du réseau (Reggam A., 2010).



**Photo 1.7:** Bassin de stockage de l'eau.

# *Chapitre 02 : Les risques liés au mode de gestion de l'eau*

## 2.1. Introduction

C'est une eau dont la consommation ne présente pas le danger pour la santé humaine à court, moyen et long terme. Elle doit être conforme à la norme de potabilité adoptée par le Burkina Faso et dont les fondements sont, les directives pour les qualités de l'eau potable de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2009).

Selon l'OMS (2004) l'eau potable se définit comme une eau devant satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine l'eau (que l'on peut aussi appeler oxyde de dihydrogène, hydroxyde d'hydrogène ou acide hydroxique) est une molécule chimique simple, mais avec des propriétés complexes à cause de sa polarité (doit satisfaire à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine). Ces caractéristiques sont :

- La qualité organoleptique (la couleur, turbidité, odeur, saveur)
- Les paramètres physico-chimiques (température, pH, chlorures, sulfates, etc.)
- Les substances indésirables (nitrates, nitrites, pesticides, etc.)
- Les substances toxiques (arsenic, cadmium, plomb, hydrocarbure, etc.)
- Les paramètres microbiologiques (l'eau ne doit pas contenir d'organismes pathogènes).

Le maintien de la qualité des eaux potables de la sortie de l'usine de traitement jusqu'au robinet du consommateur est une préoccupation majeure des producteurs et distributeurs d'eau. Il s'agit de répondre à la demande des consommateurs et d'assurer le maintien de la qualité de l'eau potable au cours de sa distribution (Gauthier F., 2002).

L'usine de production d'eau potable doit éliminer la plus grande partie des germes présents dans l'eau brute et notamment tous ceux qui sont pathogènes. Lors de l'étape de la désinfection, le traitement d'eau s'appuie sur l'élimination des germes tests, indicateurs de pollution fécale, et témoins de la présence possible de germes pathogènes (Celerier J.L., et Faby J.A., 1998).

## 2.2. Dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux

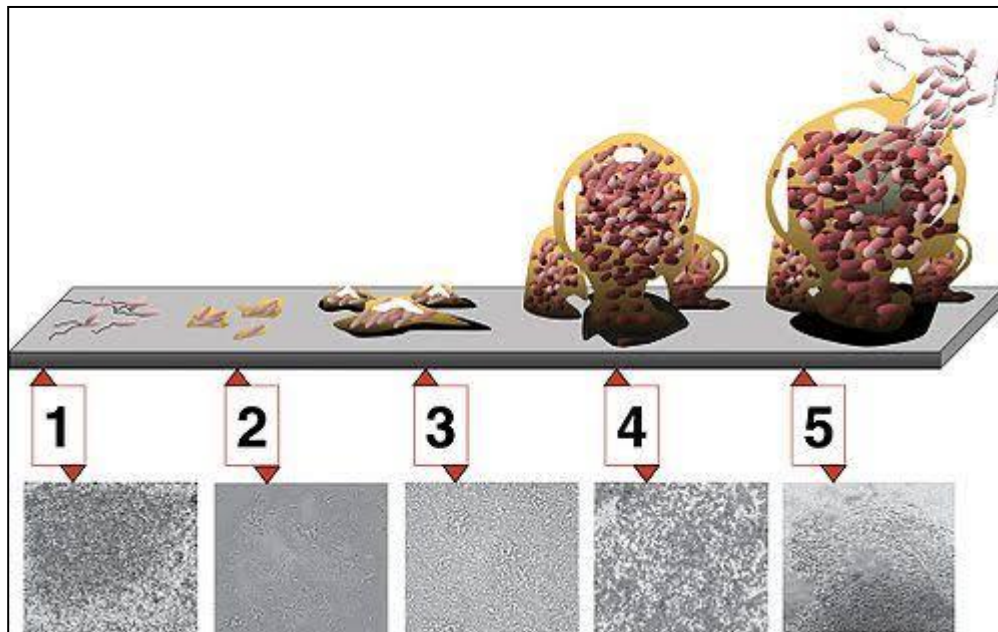
### 2.2.1. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux

Parmi les nombreuses causes de dégradation de la qualité de l'eau distribuée :

### 2.2.1.1. Facteurs biologiques

#### A. Bio film

Les bio films correspondent à des associations de microorganismes **inclus** dans une matrice d'exo polymères, qui sont généralement attachées à la surface de toutes sortes de matériaux, tels que les métaux, les plastiques, les particules de sols, tissus (Gauthier F., 2002).



**Figure 2.1:** Les différentes étapes de la formation d'un bio film. A chaque étape correspond une image de développement d'un bio film de *P. aeruginosa* (Monroe, 2007).

#### B. Formation du bio film

La prolifération bactérienne sous forme de biomasse fixée dans les réseaux de distribution d'eau potable est le résultat d'un ensemble de processus physique, chimique et biologique.

Ainsi, la formation d'un bio film se réalise en plusieurs étapes faisant intervenir ces différents processus (Gauthier. F., 2002).

- Le transport des microorganismes.
- L'attachement des microorganismes à la surface des conduites du réseau.
- La colonisation du support.

#### C. Conséquences d'un accroissement du bio film

Le développement d'un bio film sur la paroi des canalisations est un phénomène inévitable, mais si le bio film se développe trop, la qualité de l'eau ainsi que la "santé" du réseau peuvent être affectées d'où les inconvénients suivants:

Instabilité des oxydants désinfectants ; le bio film est consommateur d'oxydant et il accroît la demande en chlore si tel est l'oxydant utilisé. C'est pour cette raison qu'il faut 3 à 4 jours pour

stabiliser la concentration en chlore libre dans un réseau qui n'a jamais été chloré (Nancie C., 1991).

- Formation de sous-produits organochlorés, sapides et/ou toxiques.
- « Hébergement » de bactéries pathogènes blessées mais avec reprise de l'activité métabolique.
- Développement possible de bactéries dénitrifiâtes (en cas d'anoxies) avec dépassement des normes pour les nitrites.
- Mise en place d'écosystèmes avec organismes « brouteurs » qui sont souvent macroscopiques et visibles à l'œil nu
- Problèmes de goût, d'odeur et de coloration ; relargage de débris biologiques.
- Contamination plus générale du réseau du fait des mises en suspension, et ceci jusqu'au robinet de l'utilisateur.

#### D. Les principaux organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux :

Les organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux de distribution couvrent une large partie de la classification des êtres vivants, incluant les bactéries, virus, champignons, et organismes pluricellulaires (Tableau 2.1).

**Tableau 2.1:** Quelques microorganismes susceptibles d'être présents dans les eaux potables (Paquin *et al.*, 1992)

Pathogènes potentiels et bactéries indicatrices	Bactéries autochtones	Bactéries de la corrosion	Moisissures et levures
Salmonella	Acinetobacter	Bactéries	Penicillium
Shigella	Aeromonas	Sulfatoréductrices	Rhizopus
	Alcaligenes		Mycelium
	Bacillus		Trichomonas
Enterovirus	Enterobacter	Bactéries du fer	Mucor
	Flavobacterium		Aspergillus
	Pseudomonas		
E coli, Streptococcus	Staphylococcus		
Legionella	Corynebacterium		
	Proteus		
	Yersinia		

### **E. Origine des microorganismes**

Le niveau de contamination microbiologique des eaux dans le réseau est fonctionné de flux de cellules issues de l'usine de traitement (Gauthier F., 2002).

L'origine des bactéries dans les systèmes de distribution d'eau potable et souvent mal cernée :

- En sortie d'usine de potabilisation, l'eau destinée à être distribuée n'est pas stérile. En effet, il existe un flux continu de microorganismes. Les bactéries sont alors celles présentes initialement dans l'eau de route à traiter et qui ont résisté au traitement. Ce phénomène peut être simplifié lors de relargage de particule de CAG, lorsque la désinfection en sortie d'usine est inefficace. Une cause indirecte de la présence de ces microorganismes est la présence, en quantité permettant leur survie, de carbone organique dissous biodégradable (CODB)
- les réservoirs, où l'eau se trouve en contact avec l'air, et où les orifices, mal protégés, peuvent permettre le passage de poussières ou d'insectes apportant des contaminations.
- le temps de séjour de l'eau dans les réservoirs ou dans les canalisations, qui peut être plus ou moins important.
- des contaminations externes par retour d'eau (limité par la mise en place de clapets anti-retour) et l'intervention sur les réseaux, tels que les travaux, la pose de nouvelles conduites ou encore des erreurs de branchement.

### **F. Différents types de microorganismes**

- Les organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux de distribution couvrent une large partie de la classification des êtres vivants, incluant les bactéries, virus, champignons, et organismes pluricellulaires.
- Au sein de l'écosystème que constitue le bio film, certains micro-organismes (tels que certaines espèces de Gammarus et d'Aselles) se nourrissent ainsi d'algues et de bactéries. Ils peuvent être présents et coloniser certains réseaux. Visibles à l'œil nu du consommateur puisqu'ils mesurent quelques centimètres, ils constituent une gêne notable. (Celerier J.L., et Faby J.A., 1998).

### 2.2.1.2. Facteurs physico- chimiques

#### A. pH et minéralisation

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement. Les législations Algériennes et européennes précisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH moyennement neutre comme niveau guide  $6,5 < \text{pH} < 8,5$  (J.O.R.A. 2011).

#### B. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (Rodier J., 2009).

La conductivité à la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains ou une origine d'activité humaine (agricole ou domestique) contribuant aussi à l'accroissement de la conductivité. Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Bremaude C. *et al.*, 2006). Elle est très utile pour mettre en évidence la qualité de l'eau.

#### C. Température

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 est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pH ...Etc. (Rodier, 2005). En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par la norme algérienne la température d'eau est inférieure 25°C

#### D. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques (Rodier, 2009). Elle est liée à sa transparence et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur (Andriamiradis L., 2005).

La consommation d'une eau très trouble peut constituer un risque pour la santé car une turbidité excessive peut protéger des micro-organismes pathogènes ou stimuler la croissance des bactéries dans les réseaux. Pour cette raison, réduire de la turbidité est l'un des buts primordiaux du traitement.

#### E. Chlorure (Cl)

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer. Leur concentration dans l'eau de pluie est approximativement de 3mg/l. Les chlorures sont très répandus dans la

nature généralement sous forme de sels du sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium (CaCl<sub>2</sub>) (Ayad W.; 2016).

Les teneurs en chlorures (Cl) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorure. Dans l'eau, le chlorure n'a ni odeur, ni couleur, mais peut procurer un goût salé (Djoughri *et al.*, 2013).

#### **F. Ammonium**

L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote. Dans son état primitif, l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme ionisée (NH<sup>4+</sup>). Les réactions réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes : NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O → NH<sub>4</sub>OH → NH<sup>+</sup> + OH (Rejsek F., 2002).

#### **G. Matières organiques**

Source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau, une consommation de la matière organique s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne présente au niveau du biofilms, tout comme dans l'eau circulant (Reggam A., 2010).

#### **H. Les nitrates et nitrites**

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux provenant en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg /L dans les eaux superficielles et quelques mg/L dans les eaux souterraines (Abibsi N.; 2011). La quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (Coulais, 2002).

#### **2.2.1.3. Facteur de dégradation liée à la conception ou à la gestion des réseaux**

La conservation de la qualité de l'eau est facilitée par une réduction du temps de séjour dans le réseau. Dans les réseaux urbains, il y a souvent un maillage élevé, ce qui assure la sécurité quantitative, impératifs de la sécurité incendie, permet de parer aux heures de pointes et facilite les arrêts d'eau s'il y a lieu. Il accroît cependant le temps de séjour de l'eau dans le réseau. Dans les réservoirs, le temps de séjour de l'eau peut augmenter en fonction de contraintes d'exploitation, ou même résulter d'erreurs de conception pour la conception de points singuliers sur le réseau.

Le temps de séjour n'est pas une seule valeur pour le réseau, mais est représenté par une distribution statistique. Le temps de séjour moyen dans le réseau peut être de l'ordre de quelques jours mais certains volumes d'eau peuvent stagner plus d'une dizaine de jours dans des zones du réseau où l'écoulement est faible ou bien la demande en eau quasiment nulle (en périodes de vacances par exemple).

Des études ont montré que les problèmes de stagnation favorisant corrosion et dépôts apparaissent dès que la vitesse de l'eau est inférieure à 0.01 m. S-1 et disparaissent au-delà de 0.1 m.S1 (Tricard D., et Buffaut P., 1995).

#### ❖ Influence du choix des matériaux

Les interactions entre l'eau et les matériaux du réseau de distribution, c'est-à-dire le contenant, peuvent être à l'origine de dégradation de la qualité de l'eau distribuée.

Dans les anciens réseaux constitués majoritairement de fonte grise non revêtue intérieurement, des campagnes de nettoyage ont montré (cas du Syndicat des Eaux d'Ile de France) que les dépôts recueillis par décantation sont essentiellement constitués de 40 % en poids de fer. Pour tout matériau métallique, la migration de micropolluants dans l'eau liée fondamentalement à des réactions électrochimiques de corrosion, existe aussi bien pour le cuivre (eaux à pH bas, effet tampon faible), le plomb (eaux à pH inférieur à 7, teneur en O<sub>2</sub> dissous non négligeable, faible minéralisation), les canalisations en acier galvanisé (après corrosion, on observe la migration de zinc parfois contaminé par le plomb, l'arsenic et le cadmium), et des alliages métalliques qui peuvent reléguer certains éléments les constituant suivant la qualité de l'eau en contact.

- Pour les matériaux à base de ciment (béton notamment), avec une eau agressive (sous-entendu au carbonate de calcium), la chaux du liant se dissoudra progressivement en entraînant une élévation de la porosité du matériau et une élévation du pH de l'eau sans autre conséquence majeure sur la qualité. Les joints des réseaux qui constituent aussi le contenant, sont soupçonnés, dans certains cas, de reléguer des substances nutritives dans l'eau pouvant stimuler la croissance bactérienne.
- Certains matériaux de revêtement interne de grosses conduites ou de réservoirs relégueront pour leur part des polymères ou des adjuvants, ou des solvants ce qui se traduira par l'apparition de saveurs désagréables. L'EPA (1992) a observé ce phénomène pour le caoutchouc, la silicone, le PVC, certain Polyéthylène et les revêtements bitumineux. Plusieurs plaintes ont été constatées en Grande-Bretagne dans le courant des années 80 à ce sujet (Ashworth et Colbourne 1986).

### 2.3. Maladies à transmission hydriques

Les maladies à transmission hydrique (MTH) recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination: l'eau (Kreisel W., 1991).

#### 2.3.1. Maladies d'origine hydrique

Parmi les principes MTH en trouve en Algérie le choléra, fièvre typhoïde, hépatite viral A et toxi-infection.

##### 2.3.1.1. Le choléra

Le cholera est une maladie toxi-infection due à des vibrions pathogènes apparent eux aux vibrions chloriques, le cholera provoque une diarrhée dont l'importance dépend de l'intensité des désordres cause par imprégnation d'épithélium intestinale par la toxine cholérique (Abouy M., 2009).

##### 2.3.1.2. La fièvre typhoïde

C'est une maladies due à des germes Salmonella (*Salmonella typhi* ou *Bacille d'Eberth* et *Salmonella paratyphi* (A,B,C), se caractérisée par une forte température , accompagnée de vertiges et d'insomnie, une diarrhée, déshydratation ,souvent nous notons aussi une constipation, elle est contagieuse qui peut être mortelle, sauf c'est la personne est traitée rapidement, les Salmonella sont des bacilles, mobiles, aéro-anaerobies facultatif capable de survivre plusieurs semaines dans l'eau et dans le sol (Hamidi M., 1997).

##### 2.3.1.3. Les dysenteries

La dysenterie amibienne est entraînée par la présence de l'amibe pathogène *Entamoeba histolytica*, elle est contaminate directe par les mains sales ou indirectes par les aliments et les eaux polluées, la maladie se transmet à partir de sujet malades ou des porteurs sains (Hamidi M., 1997)

##### 2.3.1.4. Les hépatites virales

C'est une maladie infectieuse contagieuse due au virus A le virus mesurée 27 nanomètre, sensible à l'eau de javel a concentration 1mg/ son réservoir c'est l'homme son mode de contamination: l'eau et les soles, sa voie de pénétration est orale (Hamidi M., 1997) (Tableau 2.2)

**Tableau 2.2.** Les maladies liées à la transmission hydrique et au manque d'hygiène

Les maladies à transmission hydrique	Les maladies liées au manque d'hygiène
Fièvre typhoïde Choléra Dysenterie Hépatites virales	Fièvre typhoïde Hépatite A Choléra

### 2.3.2. Les maladies liées au manque d'hygiène

Le risque représenté par la pollution chimique est le plus souvent un risque à moyen ou long terme, lié à la présence de toxiques à effet cumulatif :

#### 2.3.2.1. Chlore dans l'eau potable

La désinfection de l'eau potable, qui est passée depuis longtemps dans les mœurs, souffre de lacunes qu'il faudra combler à brève échéance. Il nous est loisible d'en citer quelques-unes :

- \_ Le matériel de chloration (javellisateurs) est parfois confié au seul gardien du réservoir d'eau, d'où risque de défaut d'entretien et arrêt prolongé du fonctionnement.
- \_ La chloration n'est souvent pas en rapport avec le débit distribué.
- \_ La javel livrée par certains commerces est mal dosée ou carrément inefficace.
- \_ Le personnel en charge de la javellisation n'est pas doté de comparateur, simple appareil permettant le calcul du taux de chlore dans l'eau.

Dans l'usine de traitement et le réseau de distribution de l'eau potable, certaines matières organiques naturelles présentes dans l'eau traitée peuvent réagir avec le chlore pour former des sous-produits chlorés de désinfection.

Les types et structures de ces sous-produits sont complexes et varient en fonction de la qualité de l'eau et des conditions de traitement. Les sous-produits qu'on trouve le plus souvent dans les eaux chlorées sont les trihalométhanes (THM) et les acides halos acétiques (AHA) (Santé Canada, 2009).

#### 2.3.2.2. Fluorure dans l'eau potable

La plupart des eaux potables contiennent des fluorures, ces concentrations sont affectées par certains procédés tels que l'échange d'anion, la déminéralisation et certains autres traitements qui l'élimineront. Des niveaux élevés en consommation de fluorure

entraînent des fluoroses. Ceci est presque toujours associé à des prises élevées en fluorure dans l'eau potable.

L'ingestion d'excès de fluorure lors du développement des dents, particulièrement lors de la croissance, peut également avoir comme conséquence une fluorose dentaire et ces effets peuvent également être modifiés par Co-exposition à certains minéraux.

La concentration optimale en fluorure dans l'eau potable pour la santé dentaire est généralement comprise entre 0.5 à 1.0 mg/litre et dépend du volume de consommation et de l'absorption et l'exposition à d'autres sources.

Ces valeurs sont basées sur des études épidémiologiques. Les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable pour le fluorure est 1.5 mg/l.

### **2.3.2.3. Nitrates dans l'eau potable**

Leur présence dans les eaux est liée à l'utilisation intensive d'engrais azotés ainsi qu'à l'épandage des lisiers d'animaux d'élevage. La consommation d'eau chargée en nitrates est responsable de méthémoglobinémie chez le nourrisson et chez l'enfant.

Les nitrates ne sont pas nocifs en soit pour la santé. Mais sous l'action d'une bactérie présente dans le corps humain, ils se transforment en nitrites. Ceux-ci oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène ce qui perturbe la respiration cellulaire.

### **2.3.2.4. Plomb dans l'eau potable**

Le plomb passe dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction. Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent notamment la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement.

À plus forte dose, le plomb peut induire même chez les adultes, et aussi bien chez les hommes que chez les femmes, des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies.

Il peut également se fixer sur les os du squelette où il ne sera en rien gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang ; or, cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes ce qui engendre une surexposition fœtale, mais aussi chez les personnes âgées qui se retrouvent alors empoisonnées de manière brutale.

# *Chapitre 03 : Matériel et Méthodes*

### 3.1. Echantillonnage

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse et influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus.

#### 3.1.1. Site et période de prélèvement

Trois points d'eau ont été choisis (ET, EB, RC) :

**1. Eau brute** : se situe dans la station d'épuration des eaux potables (station de Hammam Debagh) le prélèvement se réalise au niveau du bassin de mélange.

**2. Eau traitée**: le prélèvement se réalise au niveau du réservoir de la station de pompage avec l'addition de thiosulfate.

**3. Eau du robinet consommateur.** On choisit quatre robinets de consommateurs (R/C Medjaz Amar, R/C Ain Hessainia, R/C Hammam Debagh et R/C Guelma

Les prélèvements d'eau ont été effectués mensuellement de janvier à décembre 2009. suivant des méthodes standardisées (Afnor, 1994; Rodier, 1984), 14 variables ont fait l'objet d'un suivi physico-chimique, et 6 paramètres bactériologiques. Les mesures ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'STEP (Station de Traitement des Eaux Potables) de Hammam Debagh.

#### 3.1.2. Matériel de prélèvement

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, pour les paramètres physico-chimiques les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, et en plastique. Pour les paramètres bactériologiques le prélèvement effectue dans des conditions aseptiques. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse bactériologique doivent être stériles et en verre.

#### 3.1.3. Méthode de prélèvement

Les méthodes utilisées pour l'échantillonnage correspondent aux différentes directives, notamment l'OMS... Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une nappe ouverte (bassin), d'un réservoir, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50cm) et de la surface, assez loin de rive ou des bords, et en évitant la remise en suspension des dépôts (Rodier *et al.*, 1984).

Dans le cas du prélèvement de l'eau du robinet, l'échantillonnage réalise par les étapes suivantes :

- ❖ Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 minutes pour éliminer l'eau stagnante dans les canalisations.

- ❖ Ouvrir le flacon stérile et remplir en tenant le bouchon dans sa protection orientée vers le bas pour éviter que des poussières viennent se déposer à l'intérieur. Laisser un petit volume d'air à la surface pour faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse.
- ❖ En fin fermer le flacon avec le bouchon et bien étiqueté (la date et l'heure de prélèvement, le site et l'ordre de prélèvement.)

Pour l'eau traitée (eau de réservoir) contient déjà le chlore on introduire dans les flacons un agent de neutralisation, on utilise le thiosulfate de sodium.

#### **3.1.4. Transport des prélèvements**

Tout flacon d'échantillonnage doit être clairement identifié et être accompagné d'informations suffisantes concernant l'échantillon.

L'analyse bactériologique doit être effectuée le plus rapidement possible car la teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau subit un risque des modifications dans les flacons après le prélèvement.

Concernant les méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation, indique que, si le transport excède une heure et si la température est supérieure à 10°C, les prélèvements doivent être transportés dans une enceinte froide (aux environs de 4°C) avec un délai de 8 heures avant l'analyse (Rejsk F., 2002).

### **3.2. Méthode d'analyse**

#### **3.2.1. Différentes paramètres**

Les directives européennes et françaises fixent des normes de qualité pour l'eau potable et regroupe 62 paramètres de qualité classés en 6 catégories :

- ❖ **Physico-chimiques** : le pH (acide ou basique), la température, la conductivité, la teneur en chlorures, sulfates...
- ❖ **Microbiologiques** : présence ou non de microbes (virus, bactéries...) pouvant être pathogènes (ex : Escherichia Coli ou Entérocoques).

##### **3.2.1.1. Paramètres organoleptiques**

###### **A. Turbidité**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons, les grains de silice. Une faible part de la turbidité peut due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejsk F., 2002).

Les unités utilisées sont :

- NTU (Nephelometric Turbidity Unit).
- FTU (Formazine Turbidity Unit).
- JTU (Jackson Turbidity Unit).

### 3.2.1.2. Paramètres physico-chimiques

#### A. pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène  $[H_3O^+]$ , il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau.

#### B. Température

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux (les eaux souterraines et superficielles). La température des eaux de surfaces varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

#### C. Conductivité

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations. Selon Rejsk F., (2002), la température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ( $\mu S/cm$ ), à 25°C.

#### D. Chlorure

La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductibilité électrique des cours d'eau. Niveau guide de la concentration en chlorures des eaux destinées à la consommation humaine : 25 mg/l. Concentration maximale admissible des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine : 200 mg/l.

#### E. Calcium

L'eau est composée de nombreux éléments minéraux et organiques. Sa richesse en minéraux varie selon la composition des sols qu'elle traverse. Les terrains calcaires donneront une eau riche en calcium. Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure... etc.

## **F. Magnésium**

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2,5 % de la croûte terrestre. Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires (Anonyme, 1978).

La concentration maximale admissible du magnésium dans les eaux destinées à la consommation humaine selon le décret 3janvier 1989 est 50 mg/l.

## **G. Dureté totale (Titre hydrotimétrique)**

La dureté ou Titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l'exception de ceux métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium (Rodier *et al.*, 1984).

## **H. Alcalinité complet et simple**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

Titre alcalimétrique (TA) : permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH<sup>-</sup>)

Titre alcalimétrique complet (TAC) : permet de connaître la teneur totale en hydroxydes carbonate, hydrogénocarbonates alcalins et alcalins terreux.

## **I. Résidu sec**

Le résidu sec correspond aux matières dissoutes, ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées. La valeur limite en résidu sec dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 1500 mg/l.

## **J. Matière en suspension**

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

Leur élimination est assez simple car, si l'on repose l'eau, elles décantent de manière spontanée et peuvent retirées de l'eau par des procédés physiques simples (décantation et filtration).

## K. Matière organique

La matière organique provienne soit l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se trouvent dans l'eau.

### 3.2.1.3. Paramètres bactériologiques

Le deuxième volet du suivi de la qualité d'une eau destinée à la consommation humaine est la recherche de la charge bactérienne qui s'y est développée. La recherche bactériologique dans l'eau de consommation se résumer à trois types d'analyses à appliquer selon les circonstances (Tableau 3.1) (Rejsk F., 2002).

**Tableau 3.1:** Types d'analyses bactériologiques (Rejsk F., 2002).

Analyse réduite (B1)	Analyse sommaire (B2)	Analyse complète (B3)
Coliformes thermo tolérants	Coliformes thermo tolérants	Coliformes thermo tolérants
Streptocoques fécaux	Streptocoques fécaux	Streptocoques fécaux Coliformes
	Dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C	Dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C
		Spoires de bactéries anaérobies sulfitoréductrices

Dans notre étude, nous avons effectué une analyse complète (B3) qui comprend :

#### A. La recherche des micro-organismes indicateurs de pollution ou efficacité de traitement

##### A.1. Dénombrement (totale) des germes aérobies revivifiables à 22°C et 37°C

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiables" permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle.

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

## A.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (identification des *E.coli*) :

### ❖ Coliformes totaux

Regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries qui sont aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées en forme de bâtonnet. De plus, tous les coliformes totaux doivent produire une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase et une réaction positive au test de l'ONPG (ortho-nitrophényl- $\beta$ -D-galactopyranoside).

Les coliformes totaux sont des microorganismes indicateurs dont le dénombrement permet de déceler le niveau de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable (CEAEQ, 2000).

### ❖ Coliformes fécaux ou thermo tolérants

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet.

En raison de leur capacité de croître à la température élevée de 44,5 °C et non seulement à 35 °C comme les coliformes totaux, les coliformes fécaux sont de plus en plus souvent désignés par l'appellation « coliformes thermo tolérants » dans la littérature scientifique.

Les coliformes fécaux qui produisent une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase, une réaction positive au test de l'ONPG (ortho-nitrophényl- $\beta$ -D-galactopyranoside). Les « coliformes fécaux confirmés » sont en réalité des *E. coli*. (CEAEQ, 2003)

## B. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des bactéries :

**De la famille des *Enterococcaceae*** : Coques ovales Gram +, en diplocoques ou courtes chaînettes, catalase -, AAF et fermentatif du glucose

**Du groupe D** de la classification de Lancefield

L'ensemble des Streptocoques fécaux est constitué principalement des espèces : *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus bovis*, *Enterococcus equinus*. Ce sont des bactéries commensales de l'intestin des animaux et des humains. Leur présence dans un aliment traduit donc une contamination fécale de cet aliment et laisse supposer la présence possible de bactéries pathogènes.

La contamination peut être ancienne car ces bactéries survivent relativement longtemps dans les aliments ou l'eau (Anonyme, 2007).

### 3.2.2. Techniques d'analyses

#### 3.2.2.1. Analyses physico-chimiques

##### A. Méthode électrochimique

Cette méthode permet de l'analyse des paramètres physico-chimiques simple par des techniques qui peuvent être mises en œuvre avec des appareils de laboratoire usuel.

##### A.1. Mesure du pH

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre, après de vérifier et étalonner avec au moins deux solutions étalons (7 et 10 ou 7 et 4 suivant la gamme de mesure à réaliser) (Photo 3.1).



**Photo 3.1:** pH mètre.

##### A.2. Mesure de la température

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre,

- ❖ Retirer la capsule contenant la solution de stockage protégeant la sonde de mesure, puis rincer cette dernière à l'eau distillée avant toute mesure.
- ❖ Plonger la sonde dans le milieu à analyser.
- ❖ Remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise.

##### A.3. Mesure de la conductivité électrique

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.

Certains appareils sont équipés d'un système de mesure plusieurs paramètres dans le même temps. On détermine la conductivité, la température, le taux des sels dissous dans l'eau (TDS) et la salinité.

L'appareillage est constitué d'une sonde WTW TetraCon® et d'un analyseur LF 197 (Photo 3.2)



**Photo 3.2:** Conductimètre.

#### **A.4. Mesure de la turbidité**

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire. Elle se mesure en faisant passer un faisceau lumineux à travers l'échantillon à tester. La turbidité est déterminée en mesurant la lumière qui est diffusée par les particules en suspension. Les mesures de turbidité ont été faites sur un turbidimètre HACH 2100N. La gamme utilisée est 0-1000 unités NTU (Photo 3.3).



**Photo 3.3:** Turbidimètre.

#### **B. Méthode volumétrique**

Les méthodes volumétriques consistent à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés.

L'un des réactifs n'est ajouté au deuxième par goutte à goutte jusqu'à la fin de la réaction. Le point d'équivalence est indiqué par le virage d'un indicateur coloré.

##### **B.1. Dosage des ions chlorure**

Les chlorures figurent parmi les anions les plus courants dans l'eau potable. Plusieurs méthodes de dosage existent. Dans notre étude la méthode est utilisée, méthode titrimétrique par argentimétrie. Le principe de cette méthode est :

Les ions de chlorure sont dosés par une solution titrée de nitrate d'argent et précipités à l'état de chlorure d'argent (précipité blanc), l'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium.

La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent). Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre.



### B.2. Dosage du calcium

Le calcium de l'eau à analyser est déterminé par plusieurs méthodes :

Méthode gravimétrique, méthode volumétrique, méthode colorimétrique et méthode complexométrique.....etc.

Dans notre travail, la méthode est utilisée, méthode titrimétrique à l'EDTA (méthode complexométrique).

Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin, pH est rendu supérieur à 12 par l'addition de deux ml d'une solution d'hydroxydes de sodium (NaOH), l'indicateur de la fin de réaction, le murexide, forme un complexe avec les ions calcium de coloration rouge. Au fur et mesure de l'ajout de l'EDTA, les ions calcium se séparent du complexe avec l'indicateur pour se complexer avec l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur violet.

### B.3. Dosage du magnésium

Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin, on ajoute deux ml d'hydroxyde d'ammonium pour l'ajustement du pH=10 et quelque graine de Noir Eriochrome T, le titrage s'effectuer par l'addition goutte à goutte l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu.

La concentration des ions de magnésium est obtenue par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

### B.4. Détermination de la dureté totale

La dureté d'une eau ou titre hydrotimétrique (TH) est la somme des cations alcalino-terreux présents dans l'eau, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou hydrogénocarbonates.

On détermine la dureté totale de l'eau par la méthode complexométrique. Le mode opératoire comme suit :

Prélever 100 ml de l'eau à analyser, ajouter 2 ml de solution tampon (hydroxyde d'ammonium 34%) et quelques grains d'indicateur coloré (Noir Eriochrome T), le titrage s'effectue par l'addition goutte à goutte l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu.

### B.5. Détermination de l'alcalinité simple et complète

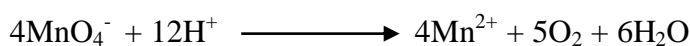
La détermination de l'alcalinité basée sur la neutralisation d'un 100ml d'eau à analyser par 2 ml d'acide sulfurique (N/50), en présence d'un indicateur coloré (phénol phtaléine pour le TA et rouge de méthyle pour le TAC). La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur rose pour le TA et couleur rouge orangé pour le TAC.

### B.6. Détermination de la matière organique

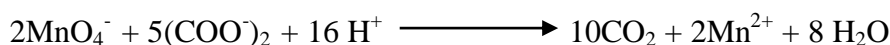
Cette mesure renseigne sur la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par matières organiques présentes dans une eau. Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin à Chaud.

La détermination de la matière organique peut se décomposer en plusieurs étapes :

**1<sup>re</sup> étape :** chauffage à ébullition douce d'un 100ml d'eau à analyser en présence de 10 ml d'acide sulfurique à 50% et 10 ml de solution de permanganate de potassium pendant 10 minutes. Il se produit la réduction d'une partie du  $\text{KMnO}_4$  par la matière oxydable de l'échantillon selon l'équation suivante :



**2<sup>e</sup> étape :** La réduction de l'excès de permanganate de potassium par l'acide oxalique selon l'équation suivante :



**3<sup>e</sup> étape :** le titrage en retour de l'excès d'acide oxalique par le permanganate de potassium. La fin de la réaction est visualisée par le virage du couleur rose clair.

Faire un essai à blanc pour déterminer la consommation de permanganate de potassium en absence de matière oxydable en opérant dans les mêmes conditions.

### B.7. Détermination des matières en suspension

La détermination des matières en suspension dans les eaux se fait par la filtration selon les étapes suivantes :

**1<sup>re</sup> étape :** sécher la membrane de filtration dans un étuve à 105°C et peser après le passage au dessiccateur.

**2<sup>e</sup> étape :** mettre la membrane sur la rampe à filtration sous vide et ajouter 200ml d'eau à analyser.

**3<sup>e</sup> étape :** après la filtration, sécher la membrane à 105°C pendant 20 minutes, laisser refroidir au dessiccateur puis peser une 2<sup>ème</sup> fois.

### **B.8. Détermination des résidus secs**

La détermination des résidus secs se réalise selon les étapes suivantes :

**1<sup>re</sup> étape :** sécher les béchers dans un étuve à 105°C et peser après le passage au dessiccateur.

**2<sup>e</sup> étape :** remplir les béchers secs par 200 ml d'eau à analyser et rendre à l'étuve (105°C).

**3<sup>e</sup> étape :** après 24 heures, laissé refroidir au dessiccateur puis peser une 2<sup>ème</sup> fois.

### **3.2.2.2. Analyses bactériologiques**

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence bactérie qui modifie l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en recherche et numération des germes de la flore totale de l'eau.

#### **A. Recherche et dénombrement**

Dans notre travail, nous avons utilisé deux techniques de dénombrement :

- ❖ Technique de dénombrement en milieu solide.
- ❖ Technique de dénombrement en milieu liquide.

#### **A.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, les streptocoques fécaux**

##### **A.1.1. Méthode par filtration**

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un 100ml d'eau à analyser à travers une membrane filtrante en cellulose de porosité 0.45µm et de 47mm de diamètre, la membrane est placée sur un milieu gélosé spécifique.

Les milieux utilisés sont :

- ❖ Pour les coliformes totaux : le milieu Mac conkey et le milieu TTC tergitol.
- ❖ Pour les streptocoques fécaux : le milieu Slanetz et Bartley.

#### **Mode opératoire**

- ❖ Flamber la face supérieure (plaque poreuse) et l'entonnoir de l'appareil de filtration.
- ❖ Placer une membrane stérile, cotée quadrillé vers le haut, sur la plaque poreuse, à l'aide d'une pince stérile.
- ❖ Bien placer l'entonnoir stérile et puis rincer à l'eau distillée stérile l'entonnoir et la membrane.
- ❖ Verser 100ml d'eau à analyser.
- ❖ Après la filtration, placer la membrane sur le milieu et incubé à 37°C pendant 24H

### A.1.2. Méthode par détermination du NPP

Le principe de la méthode NPP consiste à ensemer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et / ou de dilutions celui-ci dans des tubes de milieu de culture liquide.

Dans notre étude le dénombrement s'effectue par le premier système :

Trois tubes doubles concentration.....Inoculum 10 ml

Trois tubes simples concentration.....Inoculum 1 ml

Trois tubes simples concentration.....Inoculum 0.1 ml

Les milieux utilisés sont :

- ❖ Pour les coliformes totaux : le milieu BCPL.
- ❖ Pour les streptocoques fécaux : le milieu Rothe.

### A.2. Recherche et dénombrement des germes totaux à 22°C et à 37°C

#### ❖ Méthode par incorporation

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre des microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture.

Cette méthode est la plus employée pour les analyses à but sanitaire. Avec le mode opératoire simple.

Le milieu est utilisé pour le dénombrement des germes totaux est TGEA.

- ❖ Après avoir fait fondre le milieu TGEA dans un bain d'eau à 120°C, laisser refroidir à une température proche de la température de solidification (45°C).
- ❖ Préparer et marquer les boîtes de 22°C et de 37°C.
- ❖ Agiter bien le prélèvement et inoculer 1ml de prise d'essai dans chaque boîte, et ajouter immédiatement la gélose fondue et mélanger par un mouvement circulaire doux pour répartir homogène les microorganismes.
- ❖ La lecture est faite après 24 heures d'incubation à 37 °C et après 72 heures à 22°C.

### A.3. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfite-réducteurs (ASR)

#### ❖ Méthode par incorporation

Les anaérobies sulfite-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination fécale ancienne (Rejsek F., 2002).

À partir de l'eau à analyser :

- ❖ Prendre environ 20 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 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 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 44°C, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium.
- ❖ Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- ❖ Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.
- ❖ La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de  $10^{-1}$  voire  $10^{-2}$ , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.
- ❖ Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

## **B. Test confirmatif**

### **B.1. Les coliformes totaux et coliformes thermo tolérants**

#### **B.1.1. Sur le milieu solide**

**Milieu de dénombrement :** Mac conkey ou TTC tergitol 7

**Pour le Mac conkey :** après l'incubation une coloration rose.

**Pour le TTC tergitol 7:** après l'incubation une coloration jaune orange ou rouge.

**Milieu de confirmation :** Eau Peptonnée exempte d'indole + réactif Kovacs pour le test indole.

Après l'incubation, sur le milieu Mac conkey, dénombrer les colonies petites et lisses légèrement bombées à couleur rose. Sur le milieu TTC tergitol 7 dénombrer les colonies avec une coloration rouge –rose (réduction de TTC) et des colonies jaunes (absence de réduction de TTC), un halo jaune sous la membrane, qui provient de la fermentation du lactose par ces colonies.

Repiquer à l'aide d'une l'anse de platine stérile les colonies sur le milieu de confirmation et incuber à 44°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positifs les tubes présents une

pousse bactérienne. Pour la recherche d'*E. coli*, ajouter quelques gouttes de réactif Kovacs, si l'apparition d'un anneau rouge en surface considéré comme *E.coli*.

### **B.1.2. Sur le milieu liquide**

#### **Milieu de dénombrement : BCPL**

**Milieu de confirmation :** Eau Peptonnée exempte d'indole + réactif Kovac pour le test indole.

Après l'incubation, tous les tubes présentent un virage du couleur (violet vers le jaune) et production du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs. Confirmer par le milieu eau peptonnée exempte d'indole (ajouter 0.1 ml dans le milieu de confirmation) et incuber à 44°C. Après l'incubation ajouter quelques gouttes de réactifs Kovacs pour la confirmation d'*E.coli*.

### **B.2. Les streptocoques fécaux**

#### **B.2.1. Sur le milieu solide**

**Le milieu de confirmation :** EVA Litsky

Après l'incubation, sur le milieu Slanetz et Bartley, dénombrer les colonies petites à couleur roses, marron ou rouges.

Repiquer à l'aide d'une l'anse de platine stérile les colonies sur le milieu de confirmation et incuber à 37°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positifs les tubes présente un trouble du couleur et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des streptocoques fécaux.

#### **B.2.2. Sur le milieu liquide**

Après l'incubation, sur le milieu Rothe, dénombrer les tubes positifs (trouble de la couleur) par la méthode NPP.

Repiquer 0.1ml sur le milieu de confirmation et incuber à 37°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positifs les tubes présente un trouble du couleur et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des streptocoques fécaux.

# *Chapitre 04 : Résultats et discussion*

#### **4.1. La qualité physico-chimique de l'eau**

L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau ne peut s'effectuer pas la mesure d'un seul, mais d'un ensemble des paramètres de nature diverses. Ces derniers sont caractérisés par des groupes. Ces groupes sont :

- Les paramètres organoleptiques;
- Les paramètres physiques;
- Les paramètres chimiques;
- Les paramètres de pollution.

##### **4.1.1. Paramètres organoleptiques**

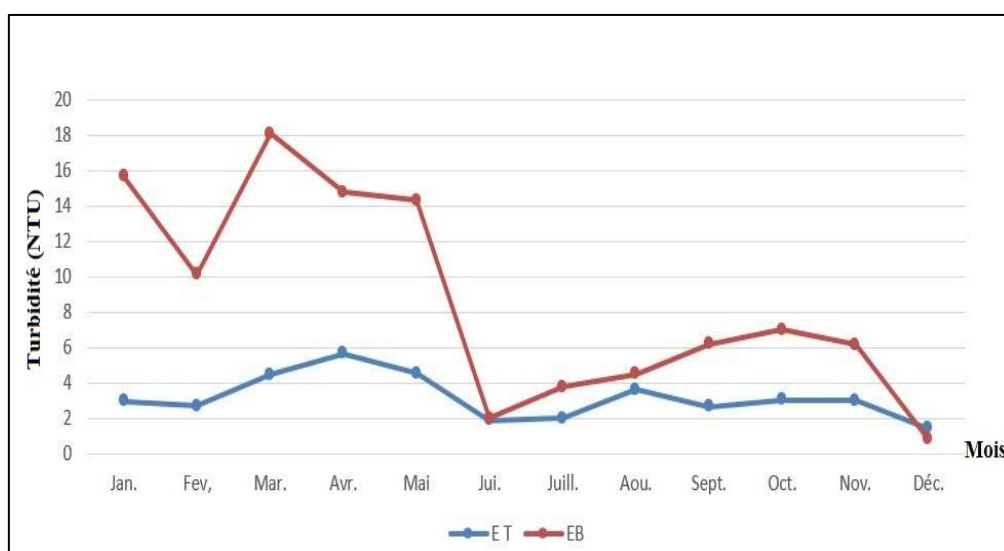
###### **4.1.1.1. Turbidité:**

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux (Bouzidi A., et Kherchiche A., 2013).

Les résultats obtenus révélés que la turbidité est légèrement variable pour les deux échantillons durant la période d'analyse, ces valeurs sont comprises entre 1.4 à 5.64 NTU pour les eaux traitées et pour les eaux brutes, les valeurs allant de 0.82 jusqu'à 18.06 NTU (Figure 4.1).

Les valeurs enregistrées durant les mois de Juin jusqu'au Décembre indiquent une turbidité très basse due à un faible débit de l'eau issu du manque des pluies en cette période.

En revanche, on note les plus fortes variations de turbidité avec parfois des valeurs très élevées, pour les eaux brutes durant les mois de Janvier jusqu'au Mai, cette évolution est souvent lié à une hausse des concentrations de matières en suspension accompagnant les crues (période hivernale).



**Figure 4.1:** Variations mensuelles de la turbidité.

#### 4.1.2. Paramètres physico-chimiques

##### 4.1.2.1. Paramètres physiques

Les paramètres physiques englobent la température de l'eau, le pH, la conductivité électrique et le RS et la TDS. Ces paramètres sont en relation avec la structure naturelle du sol. La température de l'eau est également en relation avec la température du Climat. Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter les valeurs suivantes (Tableau 4.1)

**Tableau 4.1:** Normes de qualité des paramètres physiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

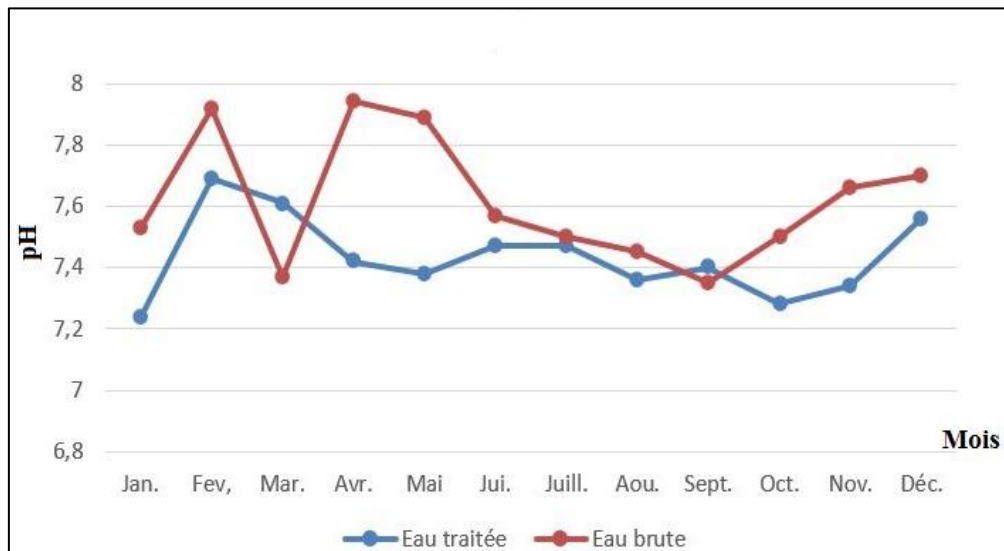
Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles		
		ET	EB	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)
Ph	/	7.43	7.61	6,5-9	6,5-9	6,5-8,5
T°C	°C	13.10	14.06	25	25	/
CE	µs/cm	540,91	582,58	/	180-1000	400
TDS	mg/l	293,08	302,83	/	/	<600

#### A. pH

Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau, il donne aussi le degré d'acidité ou d'alcalinité. Un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau (Aouissi, 2009).

Dans les sites d'études, les valeurs de ce potentiel hydrogène est variées entre 7,24 et 7,94. De ce fait, le pH est légèrement neutre à alcalin au niveau d'eau traitée et eau brute

(Figure 4.2). Les valeurs maximales admissibles du pH est entre 6,5 et 9 (Tableau 4.1) selon les normes algériennes donc elle n'a pas été dépassée dans notre échantillon.



**Figure 4.2:** Variations mensuelles de pH.

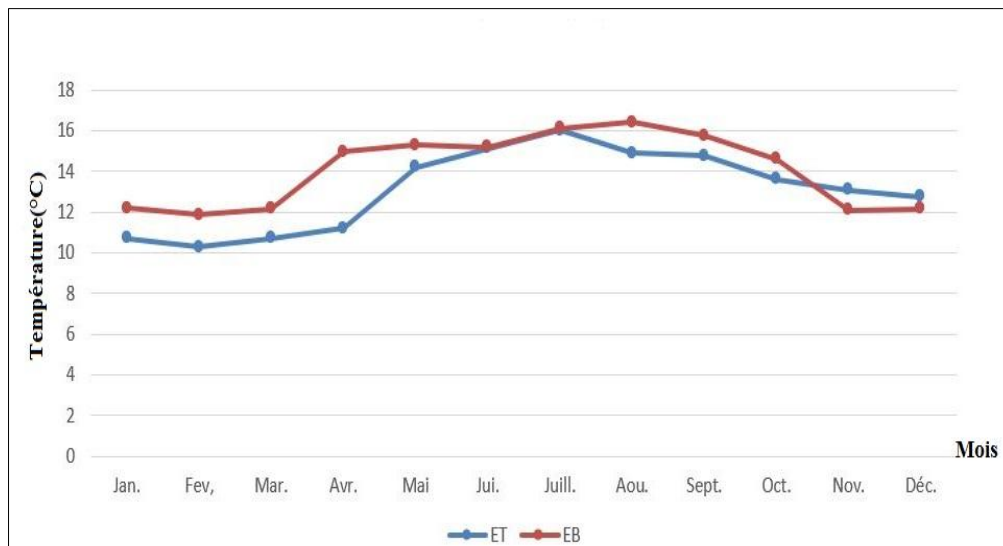
## B. Température

La température des eaux est fortement influencée par les conditions environnementales liées à la position géographique de la localité, à la géologie des terrains traversés, l'hydrologie et surtout au climat.

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (Rodier, 2005).

Dans la zone d'étude, les températures enregistrées durant la période d'étude, oscillent entre 10.26°C (enregistrée dans les eaux traitées) en mois de Février et 16.10°C (enregistrée dans les eaux brutes) en mois de Juillet, ces variations de température suivent celles du climat de la région (Figure 4.3).

D'après cette figure, nous remarquons que la valeur des températures entre les deux eaux augmentent légèrement et d'une manière progressive quand on s'approche à la période estivale et diminuent quand on s'approche à la période hivernale.



**Figure 4.3:** Variations mensuelles de la température.

### C. Conductivité électrique

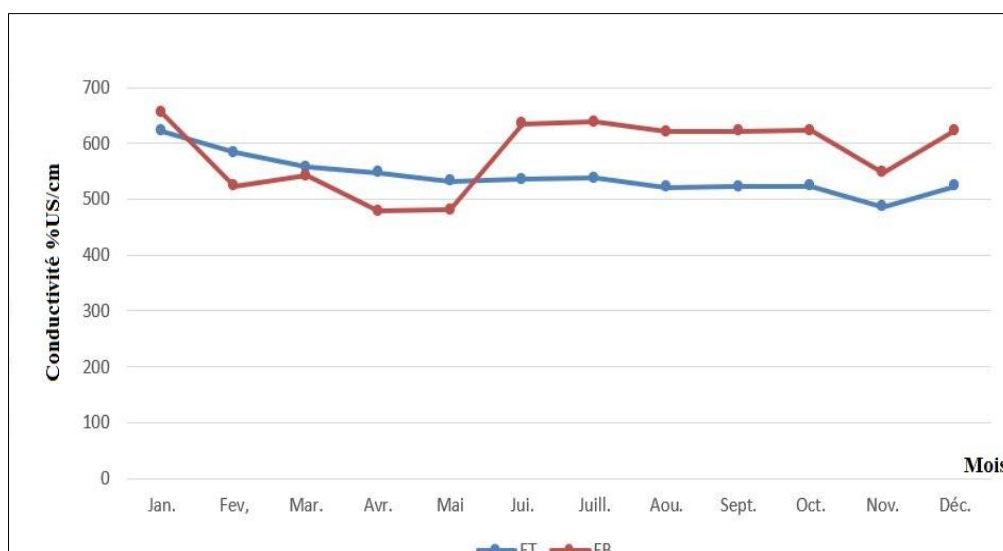
La conductivité représente la résistance qu'une eau oppose au passage d'un courant Électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau n'est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité n'est élevée. La conductivité varie également en fonction de la température, donc elle existe une relation positive entre ces derniers la conductivité augmente beaucoup lorsque la température s'accroît.

La conductivité dans la plupart du temps, a une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux (Bontoux, 1993).

D'après la figure 4.4 la conductivité électrique était stable durant la période allant du mois de Janvier jusqu'au mois de Mai, ensuite une légère augmentation est observée pour les échantillons des mois de juin jusqu'au mois de Novembre (Eau brute), cela est lié à la solvation des particules de sels minéraux et transfère des ions due à l'augmentation de la température.

Et pour l'eau traitée, les valeurs de la conductivité mesurées durant toute la période d'étude sont presque stables (elles sont variées entre 486  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 622 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Les normes françaises indiquent une conductivité électrique d'une valeur maximale admissible entre 180-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 200C (Tableau 4.1) et selon la figure ci-dessous notre eau est dans les normes.



**Figure 4.4:** Variations mensuelles de la conductivité électrique.

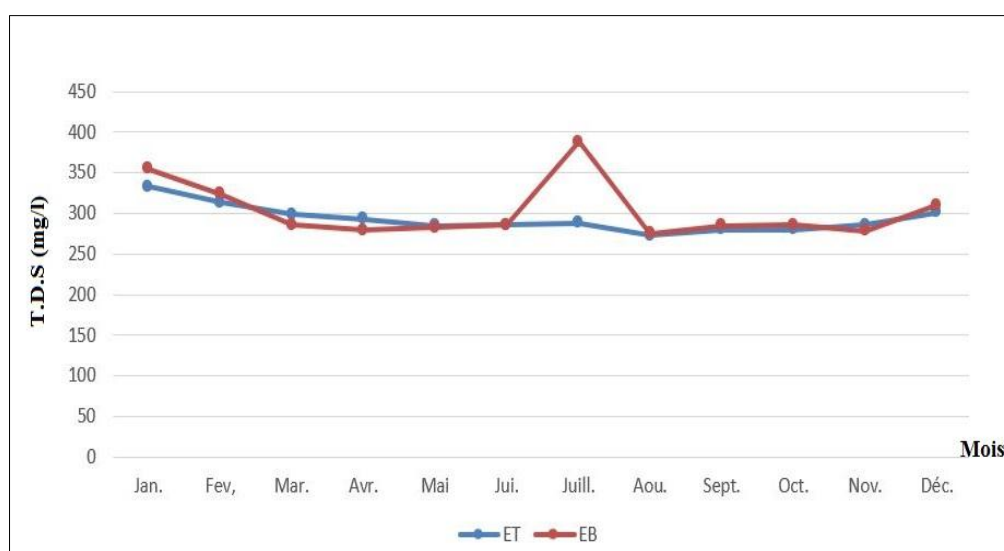
#### D. TDS

La minéralisation globale peut nous renseigner sur la potabilité de l'eau (A.B.H.C.S.M, 2005). Elle varie en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles (Rodier, 1996).

La courbe ci-dessous montre que la concentration en sels dissous est approximativement stable en mois de Janvier jusqu'au mois Décembre pour les eaux traitées, les valeurs sont variées entre 273 mg/l et 333 mg/l.

Pour l'eau brute (ET), on observe que les valeurs des sels dissous varient entre 275 mg/l et 388 mg/l. La concentration en sels dissous est quasiment constante durant les mois de Janvier jusqu'au mois de Juin avant d'être augmenté dans le mois de juillet (388 mg/l) à cause de l'augmentation de température (16.10°C).

Selon les lignes directrices de l'OMS (2011) (Tableau 4.1) en ce qui concerne la qualité de l'eau, la valeur maximale admissible est au-dessous de 600 mg/l, et notre échantillon ne respecte pas cette valeur déterminée.



**Figure 4.5:** Variations mensuelles des TDS

#### 4.1.2.2. Paramètres chimiques

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie (Tableau 4.2)

**Tableau 4.2:** Normes de qualité des paramètres chimiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

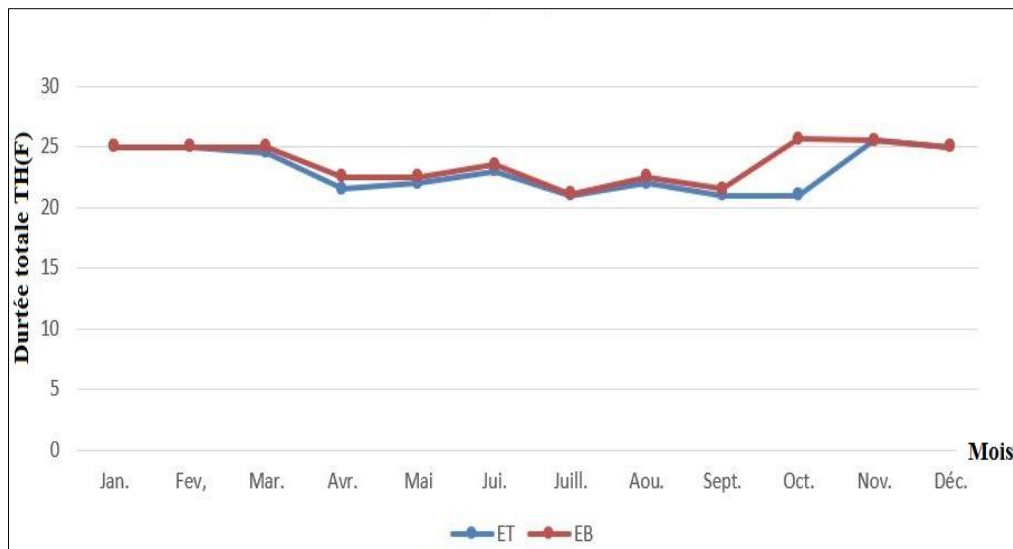
Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles		
		ET	EB	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)
TH	F°	23.04	23.72	200 (mg/l en CaCO <sub>3</sub> )	15	10
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	58.60	58.63	200	100	/
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	15,82	16,64	/	50	/
Cl <sup>-</sup>	mg/l	87,53	77,43	500	250	250
RS	mg/l	401,89	396,67	1500	1500	/
TA	F°	0	0	/	/	/
TAC	F°	12,16	13,09	/	/	/

#### A. Dureté totale

Les principales sources naturelles de la dureté de l'eau sont les roches sédimentaires ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement correspondant à la teneur en calcium et en magnésium. En général, les eaux dures proviennent de régions où les roches sont calcaires (Detay, 1993).

La figure 4.6 indique que les valeurs de la dureté présente une stabilité, elles sont variées entre 21°F et 25.6°F dans les deux sites de prélèvements (ET et EB).

Les résultats des analyses de laboratoire en ce qui concerne le TH ont montré que l'eau traitée (ET) et l'eau brute (EB) présentent des taux de TH relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes et elle présentent des teneurs supérieures partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Françaises et l'OMS (Tableau 4.2).



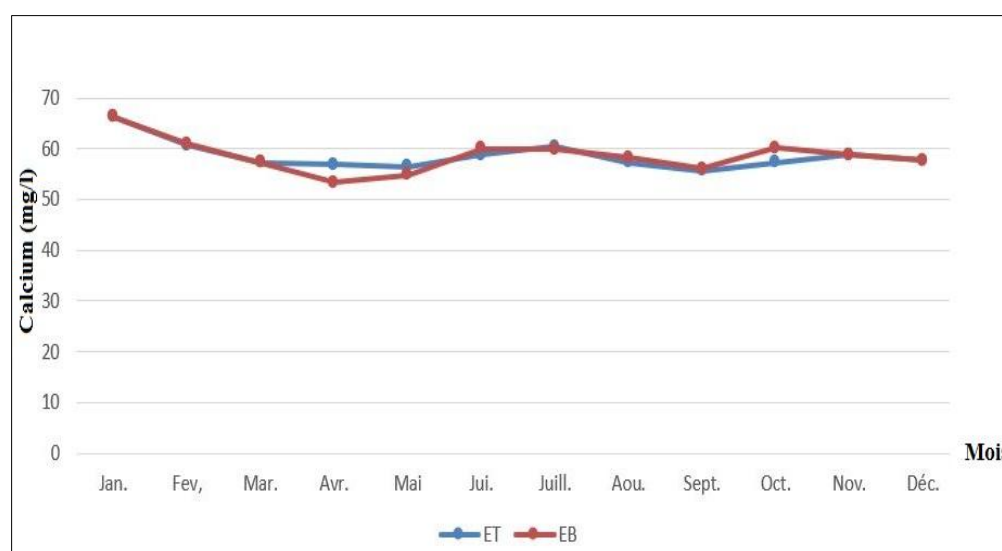
**Figure 4.6:** Variations mensuelles de la dureté totale

### B. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Le calcium est un autre élément constituant la dureté de l'eau et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés.

Durant la période d'étude, les concentrations enregistrées en calcium ne présentent pas généralement de variation notable entre les deux sites (Figure 4.7), sauf au cours de mois d'Octobre la teneur dans EB est augmentée de plus (60.2mg/l) que celui de site ET (57.23mg/l).

La concentration maximale admissible de calcium est 200 mg/l (Tableau 4.2) selon la norme algérienne et l'eau analysée est en-dessous les normes que ce soit du site ET ou EB. La présence de cet élément dans les eaux a pour origine la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.



**Figure 4.7:** Variations mensuelles du taux de calcium.

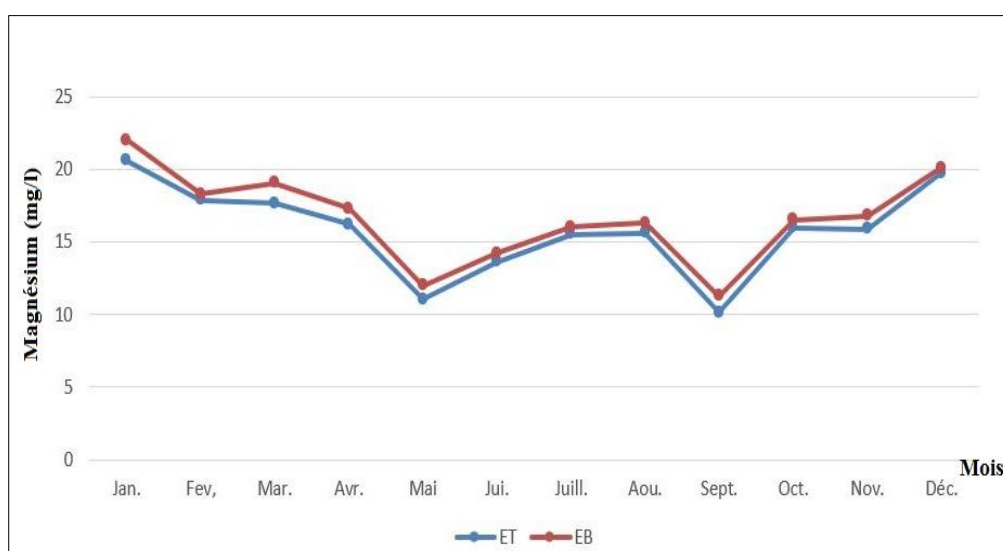
### C. Magnésium ( $Mg^{2+}$ )

Le magnésium constitue un élément majeur dans la dureté de l'eau, il est présent sous forme de carbonates ou de bicarbonates.

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plus part de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996). Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites) (Debieche T.H., 2002).

A partir de la figure 4.8 au mois de Janvier jusqu'au le mois d'Avril les teneurs moyennes en magnésium dans le site ET et EB sont presque similaire (18.08 mg/l) (19.15 mg/l) respectivement. Puis une diminution s'est produite au mois de Mai au niveau de deux sites ET (11.04mg/l) et EB (12.00mg/l). En fin au mois de Septembre les valeurs s'augmentent encore et estimée de 15.44 mg/l dans le site ET et 16.16 mg/l au niveau de site EB.

Les résultats obtenues en ce qui concerne le  $Mg^{2+}$  ont montré que l'eau traitée (ET) et l'eau brute (EB) présentent des taux relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible (50mg/l) retenue par les normes françaises (Tableau 4.2).

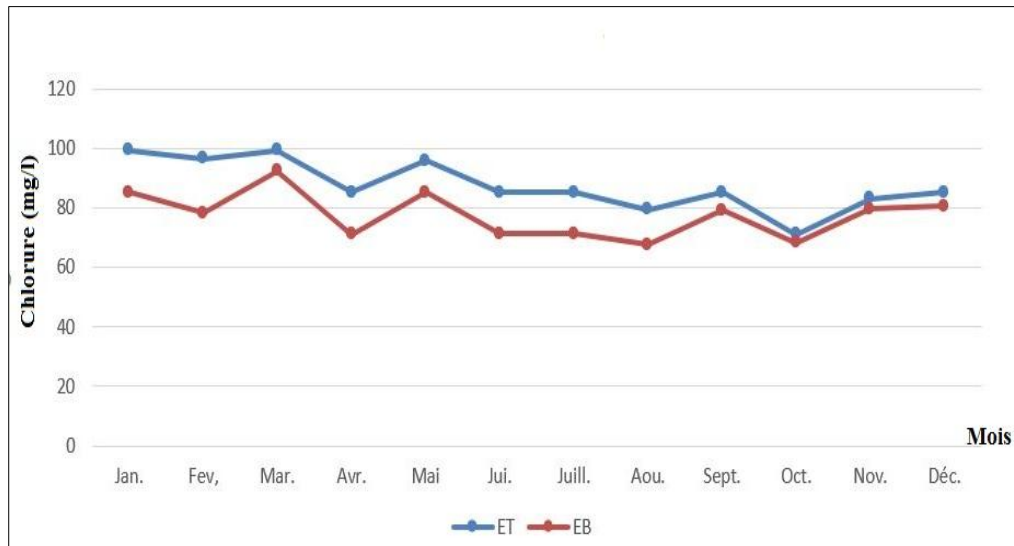


**Figure 4.8:** Variations mensuelles du taux de magnésium

#### D. Chlorure (Cl<sup>-</sup>)

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl<sub>2</sub>). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles (Chaoui, 2007). Un surdosage en chlorures dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200 mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000).

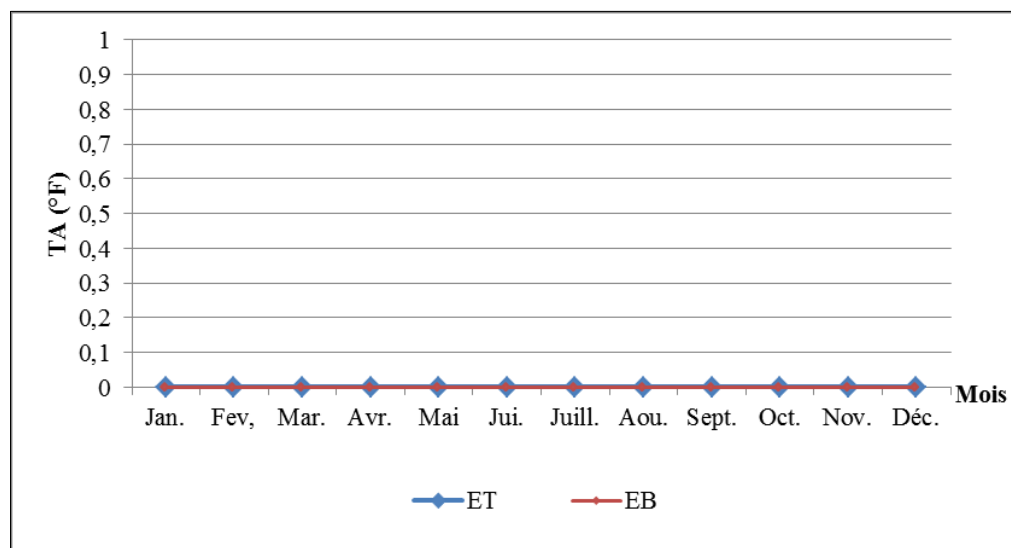
Les teneurs calculées sont inférieures à la norme de potabilité (250 mg/l) (Tableau 4.2) dans les deux points de prélèvement (ET et EB), la concentration de chlorure est variée entre 67.5mg/l (comme valeur minimale) et 99.4 mg/l (comme valeur maximale) (Figure 4.9).



**Figure 4.9:** Variations mensuelles des Chlorures.

### E. Titre Alcalimétrique simple (TA)

D'après les résultats des analyses (Figure 4.10) nous remarquons que l'évolution de l'alcalinité montre une absence dans toute la période d'étude pour les deux sites de prélèvements (ET et EB).

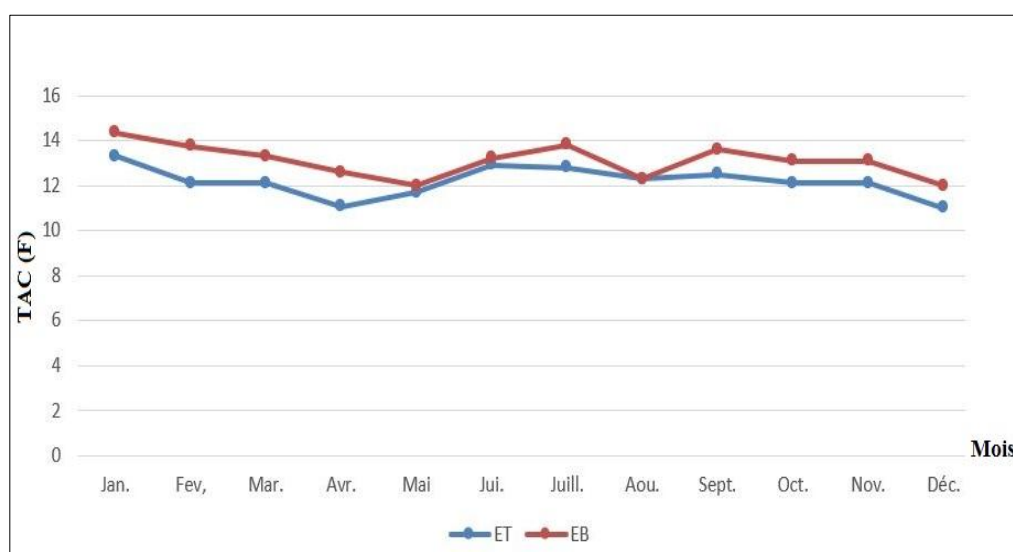


**Figure 4.10:** Variations mensuelles de la TA.

### F. Titre Alcalimétrique complète (TAC)

L'évolution mensuelle de la teneur de l'eau en carbonate et hydrogencarbonate dans les deux sites de prélèvements (ET et EB) est quasiment constante et variées entre 11°F et 14.35°F (Figure 4.11).

Les concentrations du TAC au niveau des sites de prélèvements d'eau sont inférieures par rapport à la norme 50°F de l'OMS (1986) des eaux destinées à la consommation humaine.



**Figure 4.11:** Variations mensuelles de l'alcalinité complète (TAC).

#### 4.1.3. Paramètres de pollution

Les résultats des analyses des paramètres concernant des substances indésirables (paramètres de pollutions) des eaux traitées (ET) et des eaux brutes (EB) sont comparés aux normes de qualité des eaux (Tableau 4.3).

**Tableau 4.3 :** Normes de qualité des paramètres concernant des substances indésirables dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Unités	Sites de prélèvement		Valeurs maximales admissibles		
		ET	EB	Algérie (2011)	DE (15/07/1989)	OMS (2011)
MES	mg/l	0.29	1.84	/	Absence	/
MO	mgO <sub>2</sub> /l	1.97	2.94	/	5	/

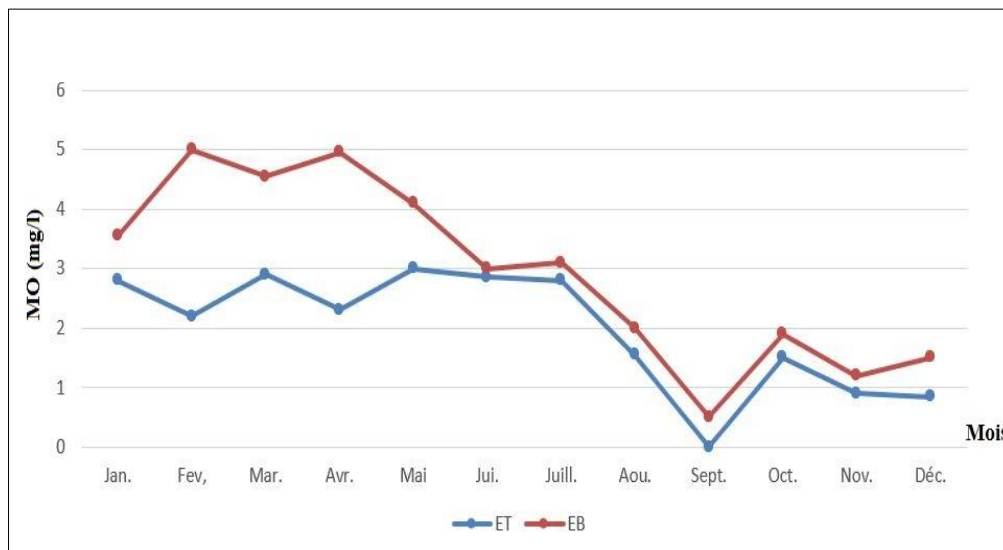
##### 3.1.3.1. Matière organique (MO)

Ce paramètre influence directement les propriétés organoleptiques de l'eau (odeur et goût); elle peut être la cause d'une certaine toxicité acquise au cours du traitement, elle influence directement la stabilité biologique de l'eau (Elbah H. *et al.*, 2016).

La figure 4.12 indique les valeurs des matières oxydables qui oscillent entre 0mg/l (valeur minimal enregistrée au niveau d'eau traitée (ET) en mois de Septembre) et 5mg/l (valeur maximal enregistrée au niveau d'eau brute (EB) en mois de Février). Les

concentrations de MO au niveau des sites de prélèvements d'eau sont inférieures par rapport à la norme 5 mgO<sub>2</sub>/l de directives européen (1989) des eaux destinées à la consommation humaine.

Cette matière organique pourrait être d'origine soit endogène générée au cours des processus biologiques au sein du milieu, principalement, l'excrétion algale (Maurin *et al.*, 1997), la lyse cellulaire et la sénescence algale (Murray et Eldridge, 1994) soit d'origine exogène apportée par le lessivage des sols (Madigou E., 2005).



**Figure 4.12:** Variations mensuelles de la matière organique.

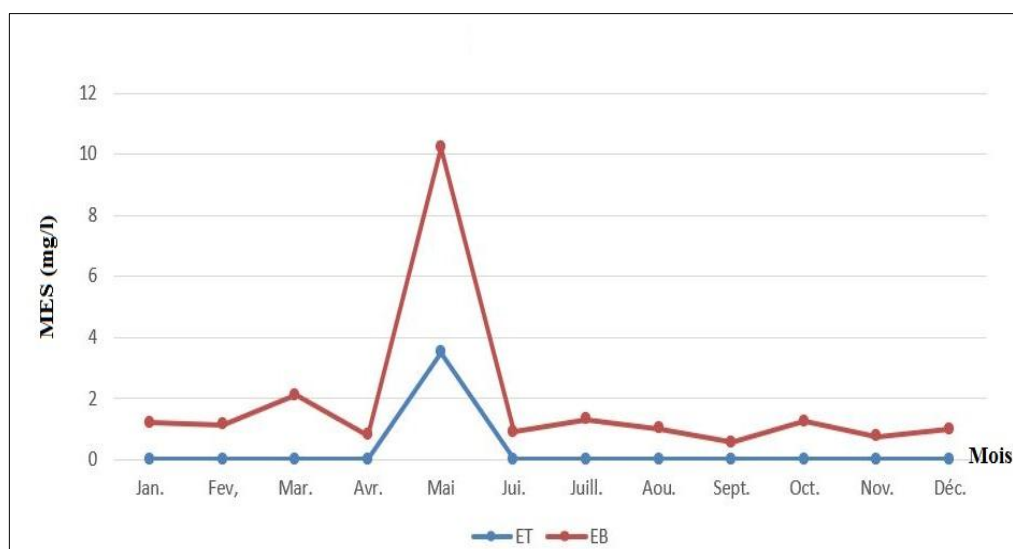
### 3.1.3.2. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension sont définies comme étant l'ensemble de la matière non soluble qui reste liée à l'eau, elle est en fonction de la nature des terrains Traversés, de la pluviosité ainsi que des rejets liquides

La figure 4.13 présente la comparaison des concentrations en MES en mois de Janvier jusqu'au mois de Décembre. On note une grande variabilité entre les sites de prélèvements (ET et EB).

Pour l'eau brute, on constate que les valeurs varient entre 0.9 mg/l à 10.2 mg/l, la valeur maximale est enregistrée en mois de Mai. Cette évaluation peut être expliquée par les crues de l'oued Bouhamdane (Forte précipitation 88.9mm).

Au niveau de l'eau traitée (ET), les valeurs sont quasiment constantes (0mg/l). Sauf qu'une augmentation dans le mois de Mai (3.5 mg/l). Les concentrations de MES au niveau des eaux traitées sont inférieures par rapport à la norme 0 mg/l de directives européen (1989) des eaux destinées à la consommation humaine.



**Figure 4.13:** Variations mensuelles de la MES.

#### 4.2. La qualité bactériologique de l'eau

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement. Elle doit être utilisée comme un outil complémentaire de l'enquête sanitaire. Pour ces différentes raisons, nous avons recherché des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans les matières fécales des hommes et des animaux à sang chaud dans les eaux brutes, eau traitée et eaux du robinet consommateur (R/C de Medjaz Amar, R/C d'Ain Hessainia, R/C d'Hammam Debagh et R/C de Guelma).

Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter les valeurs suivantes (Tableau 4.4).

**Tableau 4.4:** Normes de qualité des paramètres bactériologiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Unités	Sites de prélèvement						Valeurs maximales admissibles			
		ET	EB	MA	AH	HD	G	Algérie (2011)	France (2007)	OMS (2011)	Directive européenne (1998)
GT à 22°C	Germes/1ml	3	45	11	0	19	134	/	/	/	100
GT à 37°C	Germes/1ml	2	26	9	11	12	81	/	/	/	20
CT	UFC/100ml	0	101	6	21	4	10	/	/	10	/
CF	UFC/100ml	0	88	0	5	1	10	00	00	00	00
SF	UFC/100ml	0	37	0	14	1	1	00	00	00	00
ASR	UFC/20ml	0	0	0	0	0	0	00	00	00	00

## 4.2.1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau

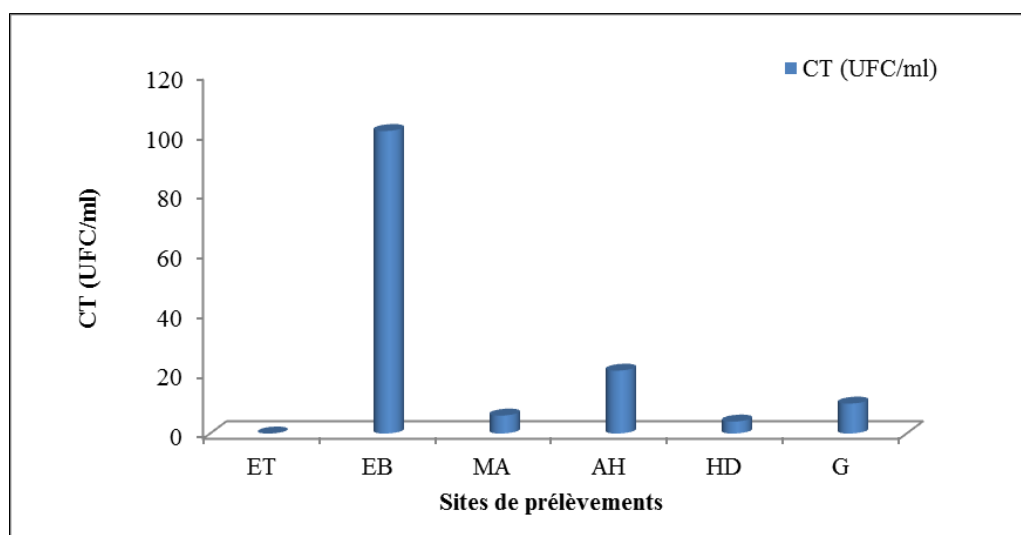
### 4.2.1.1. Les coliformes:

#### A. Les coliformes totaux

L'examen de graphe illustré dans la figure (4.14) nous montre que les concentrations des coliformes totaux extrêmement varient dans les sites de prélèvement et que dans l'eau brute (101 UFC/100ml) et l'eau de robinet consommateur (AH) (21 UFC/ml) sont supérieures à la valeur guide des eaux potables (10 CT/100 ml) (OMS, 2011) (Tableau 4.4).

Ces variations sont dues au fait que l'eau brute est exposée à diverses sources de contamination qui diffèrent d'un endroit à l'autre (effet de l'oued Bouhamdane) et au niveau de robinet de consommateur (AH) cette charge bactérienne est liée à l'effet des rejets domestiques de la commune d'Ain Hessainia.

Au niveau des prélèvements des eaux traitées et des eaux du robinet consommateur (MA, HD et G), la concentration des coliformes totaux est inférieure à la valeur guide des eaux potables (10 CT/100 ml) durant toute la période d'étude.



**Figure 4.14:** Variations spatiales des Coliformes Totaux.

#### B. Les coliformes fécaux

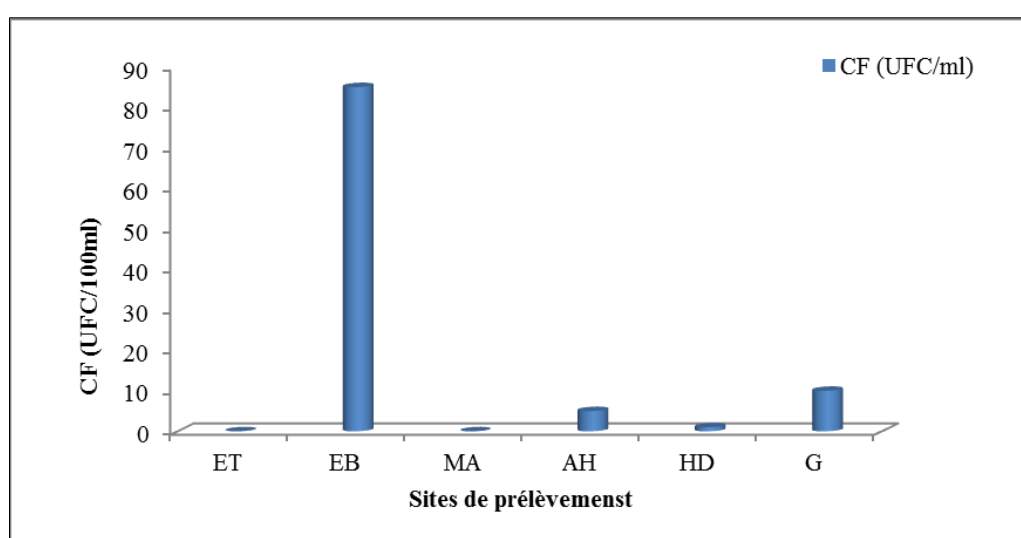
Les coliformes fécaux sont des bactéries à forme bacille qui permettent de détecter une pollution fécale d'origine humaine.

L'examen des graphes dans la figure (4.15) nous montre que le nombre des coliformes fécaux dans les eaux analysées (EB, AH, HD et G), (88 UFC/100ml, 5 UFC/100ml, 1 UFC/100ml et 10 UFC/100ml sont respectivement) dépasse la norme de l'OMS (0 UFC/100 ml) (Tableau 4.4). La présence de ces germes dans l'eau brute est liée principalement aux apports de l'Oued Bouhamdane principale affluent du Barrage et pour les eaux de robinet de

consommateur (AH, HD et G) la présence de cette charge bactérienne liée aux rejets domestiques de la commune d'Ain Hessainia, de la commune de Hammam Debagh et de la commune de Guelma.

La présence des coliformes d'origine fécale avec des effectifs dépassant les normes admises pour l'eau de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination fécale des eaux.

Le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée et eau du robinet consommateur (MA) est nul c.-à-d. ne dépasse pas les normes internationales (Tableau 4.4) et même les normes algériennes qui fixent des concentrations maximales admissibles de 00UFC/100 ml, ce qui explique la bonne acceptabilité pour la consommation.



**Figure 4.15:** Variations spatiales des Coliformes fécaux.

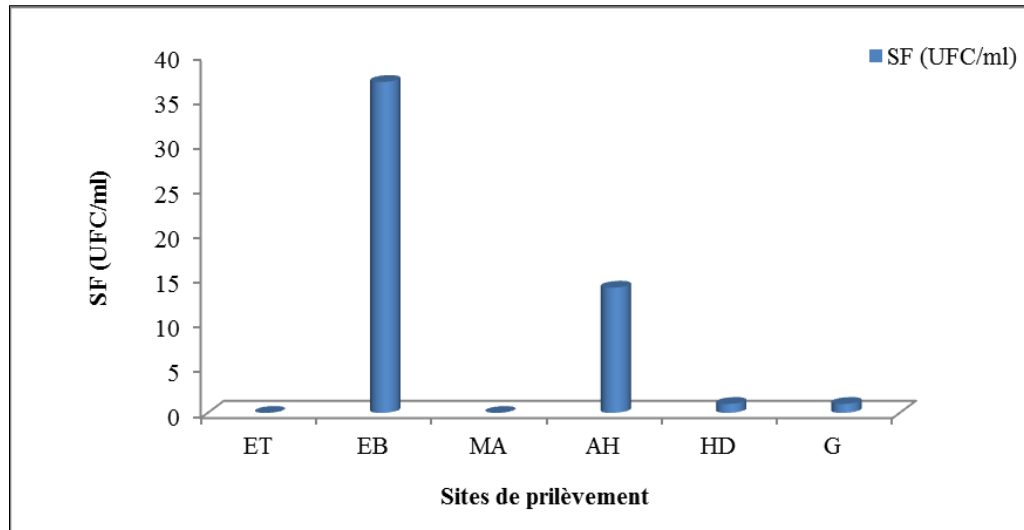
#### 4.2.2.2. Les streptocoques fécaux

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau. Ces germes sont associés aux coliformes fécaux, ils sont considérés comme un bon indicateur de pollution, aussi utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont nettement plus résistants que les coliformes et autres entérobactéries pathogènes.

L'examen des graphes agrémentés dans la figure 4.16 nous montre que les concentrations de ces bactéries fécales sont extrêmement variables dans les six sites de prélèvements. Nos résultats obtenus sont supérieures à la valeur guide des eaux potables (Tableau 4.4) pour les eaux brutes (EB) et les eaux de robinet de consommateur (AH, HD et G), (14 UFC/ml et 1 UFC/ml sont respectivement), le maximum de concentrations des streptocoques fécaux est 37 UFC/ml est noté dans l'eau brute.

La présence des streptocoques fécaux avec des effectifs dépassant les normes admises pour l'eau de consommation atteste d'une pollution ou d'une contamination fécale d'origine animale des eaux.

Pour les eaux traitées et les eaux du robinet consommateur (MA), sont inférieures à la valeur guide des eaux destinés à la consommation humaine (Tableau 4-4).



**Figure 4.16 :** Variations spatiales des Streptocoques fécaux.

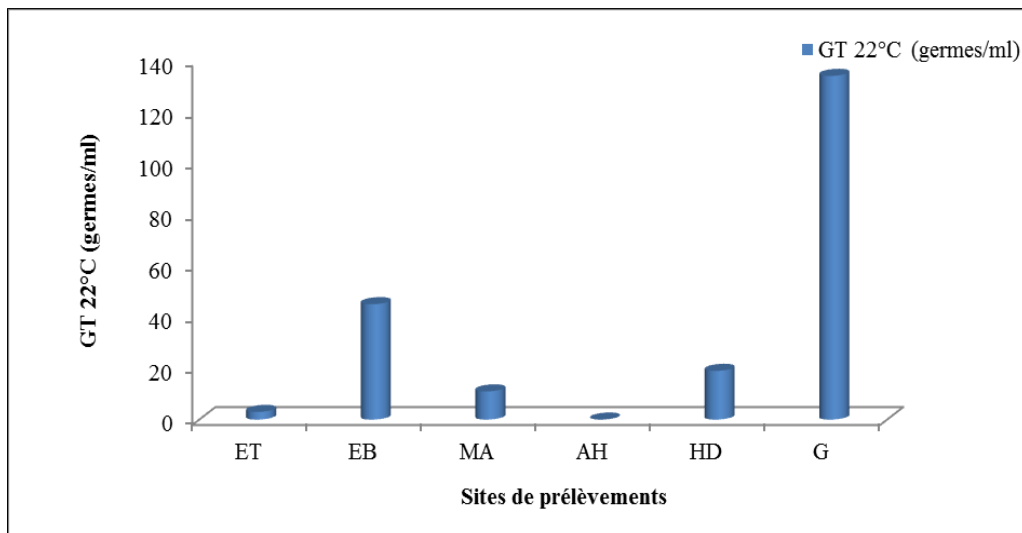
#### 4.2.2.3. Les germes totaux

##### A. à 22°C

La concentration des germes totaux aérobies dans les eaux potables sont sans effet direct sur la santé. Leur développement dans le réseau de distribution peut être signe de stagnation, d'entretien déficient et d'insuffisance de résiduel de désinfection.

D'après la figure 4.17 montre que l'eau brute est caractérisée par une faible concentration des germes totaux (45germe/1ml). Cet abaissement pourrait être le résultat du phénomène de dilution survenu après une chute de pluie et à une température de l'eau très basse.

On remarquera que la moyenne des germes totaux de l'eau en robinet de consommateur (G) est élevée que celle de l'eau des autres robinets de consommateur, où la valeur était 134 germe/1ml. Cette augmentation peut être liée au entretien déficient et d'insuffisance de résiduel de désinfection.

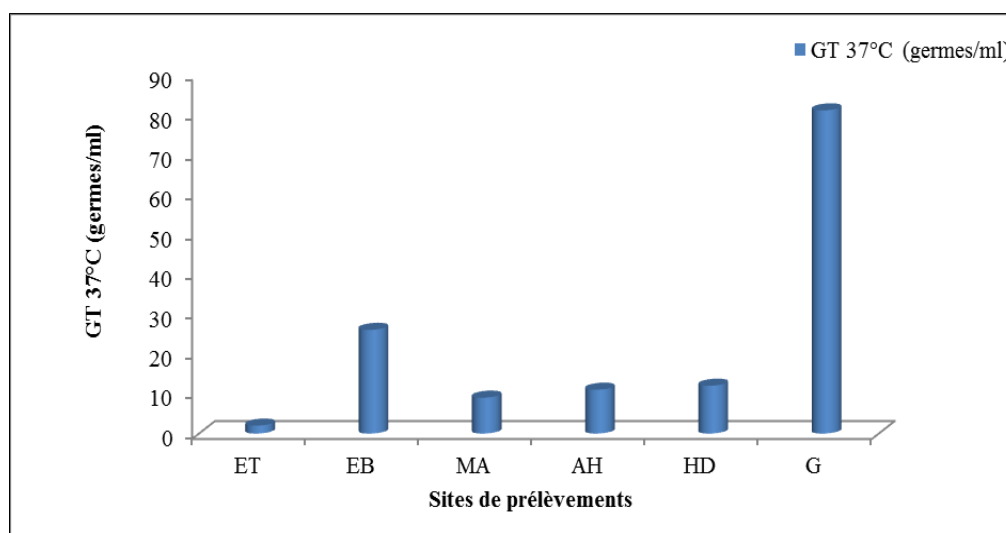


**Figure 4.17:** Variations spatiales des germes totaux à 22°C.

Les résultats de dénombrement de ces germes ont montré que l'eau traitée (ET) et l'eau de robinet de consommateur (MA, AH et HD) présentent des taux des GT à 22° C relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par la directive européenne (Tableau 4.4)

#### **B. à 37°C**

Les résultats représentés dans le graphe ci-dessous montrent que les taux de germes totaux à 37 °C sont variables dans les six sites de prélèvements. Le nombre le plus élevé est enregistré dans les eaux brutes (EB) et les eaux de robinet de consommateur (G) (26 germes/1ml, 81germes/1ml sont respectivement). La Directive européenne indique une valeur limite 20 germes/1ml et selon le (Tableau 4.4) résultats de ces deux sites de prélèvements sont dépassent les normes.



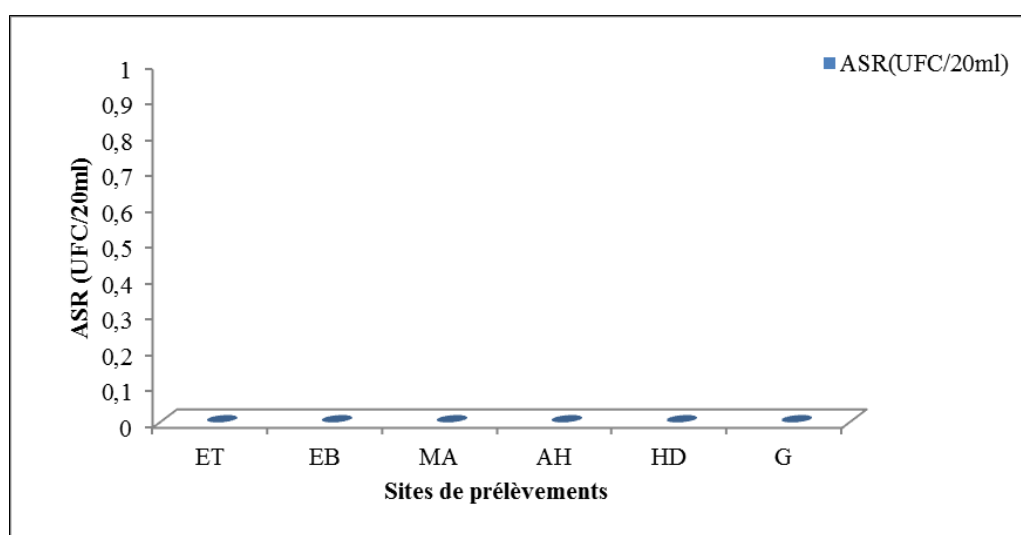
**Figure 4.18:** Variations spatiales des germes totaux à 37°C.

Les résultats représentés sur le graphe ci-dessus montrent que les eaux traitées et les eaux de robinet de consommateur (MA, AH et HD) se caractérisent par des concentrations faibles et inférieures à la valeur maximale admissible des eaux destinées à la consommation humaine (Tableau 4.4)

#### 4.2.2.4. Anaérobie Sulfito- Réducteur (ASR)

Les **Clostridium sulfito-réducteurs** sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc des témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Bouzidi A., et Kherchiche A., 2013).

D'après les résultats obtenus (Figure 4.19) on remarquera que le taux des Anaérobie sulfito-réducteur de l'eau des échantillons (ET), (EB), (MA), (AH), (HD) et (G), est nulle durant la période d'étude. 00UFC/20ml est la valeur limite indiquée par l'OMS (Tableau 4.4) et selon la figure ci-dessus les eaux analysées durant la période d'étude est ne dépasse pas cette norme.



**Figure 4.19:** Variations spatiales des ASR.

#### 4.2.2. Résultats des cas de contamination

Les résultats des cas de contamination dans les eaux de robinets de consommateur durant le mois d'Avril, de Juin, de Juillet, d'Aout, d'Octobre et de Novembre sont enregistrés dans le tableau suivant:

**Tableau 4.5:** Cas de contamination dans les eaux de robinets de consommateur.

Paramètres	Valeurs maximales admissibles			
	MA	AH	HD	G
GT à 22°C	29	0	71	235
GT à 37°C	61	0	47	250
CT	207	314	18	840
CF	46	95	1	532
SF	0	0	0	3
ASR	0	0	0	0

D'après les résultats récapitulés sur ce tableau, on remarque une présence très importante des bactéries dans les eaux de robinet de consommateur. La présence de ces germes dans l'eau de robinet de consommateur peut être liées aux :

- Manque hygiène de matérielle
- Utilisation faible du chlore
- Cassure au niveau de canalisation.
- Effet des rejets d'assainissement

# *Conclusion*

## Conclusion et recommandation

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de Barrage de Hammame debagh (Eau brute), de l'eau traitée (eau produite par la station de traitement de l'eau potable) et de l'eau de robinet de consommateur de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).

A cet effet les principaux résultats que nous avons obtenus peuvent se résumer comme suit:

Du point de vue climatique, il s'agit d'une région à un climat méditerranéen, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre pluvieuse et froide. Elle reçoit une moyenne annuelle de pluie de 595.75mm sous une température moyenne oscillant entre 10,18°C en janvier et 27.85°C en juillet et la température moyenne annuelle est 18,35 °C.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé :

- Une dureté de l'ordre de 23°F, donc c'est une eau qui est moins dure.
- Une conductivité de l'ordre de 561µS/cm, donc c'est une eau de bonne qualité.
- Des teneurs en Chlorure, Calcium, Magnésium, Résidu sec et la Matière organique faible ne dépassent pas la norme de la potabilité de l'eau.

Du point de vue bactériologique, les résultats que nous avons obtenus dans les eaux brutes et les eaux de robinet de consommateur illustrent une contamination bactérienne très nette, exprimée par de fortes concentrations en germes totaux à 22° C (134 germes/1ml au niveau de R/C Guelma) et à 37°C (26 germes/1ml au niveau de l'eau brute) et (81 germes/1ml au niveau de R/C Guelma). Une contamination fécale :

- ✓ Taux de coliformes totaux sont très élevés, soient de l'ordre de 101 UCF/100ml (EB) et 21 UCF/100ml (R/C Ain Hessainia).
- ✓ Coliformes fécaux sont très élevés, soient de l'ordre de 88 UCF/100ml (EB), 5 UCF/100ml (R/C Ain Hessainia), 1 UCF/100ml (R/C Hammam Debagh) et 10 UCF/100ml (R/C Guelma).
- ✓ Streptocoques fécaux, sont très élevés, soient de l'ordre de 37 UCF/100ml (EB), 14 UCF/100ml (R/C Ain Hessainia), 1 UCF/100ml (R/C Hammam Debagh) et 1 UCF/100ml (R/C Guelma).

Les résultats obtenus prouvent la mauvaise qualité bactériologique de l'eau de robinet de consommateur. Elle présente un danger pour la consommation humaine. Les causes de cette pollution sont multiples; dont les principales sont les suivantes:

- Le manque hygiène de matérielle
- Utilisation faible du chlore
- La cassure au niveau des canalisations.
- Les infrastructures d'assainissement du village d'Ain Hessainia, d'Hamam Debagh et de Guelma.

Les résultats des analyses bactériologiques révèlent bien une différence entre la qualité des les eaux traitées et les eaux. Brutes, avec des concentrations bactériennes maximales notées dans les eaux brutes. La cause de cette pollution est peut être expliquée par l'effet des apports de l'Oued Bouhamdane et ces affluents.

Malgré la charge des bactéries indicatrices de contamination fécale au niveau les eaux brutes, ces germes n'ont pas été détectés au niveau des eaux traitées. Donc les étapes de traitement des eaux potable (Prétraitement, clarification, désinfection) sont efficaces.

En fin de cette étude, pour améliorer la qualité des eaux brutes et des eaux de robinet de consommateur, nous recommandons dans un avenir très rapproché le respect des mesures suivantes:

- ✓ La sensibilisation des populations sur les meilleures pratiques d'hygiène de leur cadre de vie et une gestion rationnelle de l'eau;
- ✓ Effectuer une réflexion sur le renouvellement des canalisations;
- ✓ Un contrôle permanent des produits avant leur utilisation après stockage (Eau de javal);
- ✓ Mettre en place un système d'assainissement correcte des eaux usées;
- ✓ Faire un jar-test de l'eau chaque fois qu'il y a un changement de la qualité de l'eau (pluie, Ouverture du barrage etc. ...);
- ✓ Améliorer le système de traitement par l'insertion d'une phase d'injection de charbon actif ;
- ✓ Améliorer la filtration en lavant correctement les filtres chaque fois ;
- ✓ Le curage des bassins.

# *Références bibliographiques*

## Références bibliographiques

- ✚ **A.B.H.C.S.M.** Agence des Bassins Hydrographiques; Constantinois, Seybouse, Mellègue. (2005). Qualité Des Eaux Souterraines Dans Le Bassin De La Seybouse, Rapport Interne. 48p.
- ✚ **A.N.D.I. (2013).** Agence Nationale de Développement de l'Investissement: Rapport interne, Monographie de la wilaya de Guelma. 19p
- ✚ **AFNOR, R. N., & Environnement, R. (1994).** Qualité de l'eau. Association Française de normalisation, Paris.
- ✚ **Aissaoui M. et al., (2017).** La gestion des structures de soins de proximité en Algérie entre équité et efficience - Cas des EPSP dans la région sanitaire Est. Revue EWASH&TI, Universitaire El Hoceima, Maroc 2017. Numéro 01 janvier 2017 : 27-36
- ✚ **Albouy M. (2009).** « *les maladies transmissibles: politique de vaccinale* »
- ✚ **Andriamiradis L. (2005).** Mémento technique de l'eau, 2<sup>ème</sup> édition, Degremont.
- ✚ **Anonyme (1978).** Le magnésium.
- ✚ **Anonyme (2007).** Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.
- ✚ **Aouissi A. (2009).** 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 de l'Université 8 Mai 1945 – Guelma. 164P
- ✚ **Ashworth J. et Colbourne J.S. (1986).** Rubbers, water and legionella. *The Lancet*, 328 (8506), 583.
- ✚ **Ayad w. (2016).** 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.

- ✚ **Benhamza M. & Guettaf M. (2017).** Caractéristiques hydro chimiques des eaux de l'oued Seybouse-Cas de la région de Guelma (Nord est Algérien). Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, 35(1), P178-186.
- ✚ **Benmarce K. (2007).** Caractéristique physico-chimiques et isotopiques des eaux souterraines dans la région de Guelma. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar – Annaba.
- ✚ **Bezzaoucha A. (2004).** Maladies à déclaration obligatoire maladies bénéficiant d'un programme de lutte. Edition office des publications universitaires, volume 1, Alger.
- ✚ **Bontoux J. (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles eaux usées, eaux de boisson. Cebedoced., Liège, p169.
- ✚ **Bounouira H. (2007).** Etude des qualités chimiques et géochimiques du bassin versant de Bouregreg. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.
- ✚ **Bouziani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. *Editions Ibn-Khaldoun Alger.* 247p.
- ✚ **Bouzidi A. et Kherchiche A. (2013).** Impact de la pollution agricole et urbaine sur la qualité des eaux de surface: cas du barrage de Hammam Debagh-Guelma. Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945- Guelma. 88p.
- ✚ **Bremaude C., Claisse J.R., Leulier F., Thibault J. et Ulrich E. (2006).** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale, Edition Educagri, Dijon, France, P 220-221.
- ✚ **CEAEQ (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp4.
- ✚ **CEAEQ (2003).** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (thermo tolérants) et confirmation à l'espèce *Escherichia coli*: méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp5.

- ✚ **Celerier J.L. et Faby J.A. (1998).** La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Fo pour le développement des adductions d'eau (FNDAE) HORS SERIE N°12.
- ✚ **Chaouch R., Moumed S. et Mebarki F. (2009).** Suivi de quelques paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans des eaux du barrage et de l'Oued Bouhamdane. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université 08 Mai 1945, Guelma, p56.
- ✚ **Chaoui W., (2007).** Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'oued Seybouse et de l'oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.
- ✚ **Colbourne J.S. & Ashworth J. (1986).** The ecology and survival of *Legionella pneumophila*. Journal of the Institute of Water and Environmental Management, 3: 345-350.
- ✚ **Coulais J., (2002).** Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves. Édition. des ateliers. Cutaneous Leishmaniasis in the Souf Oasis (Eastern South of Algeria): Results of, 13.
- ✚ **Debieche T.H. (2002).** Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat, de l'université De Franche-Comté. 200p.
- ✚ **Detay, (1993).** Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson*. 379p.
- ✚ **Djoughri N., Chelli L. & Ketran R. (2013).** Analyses des eaux de réseau de la ville de Bejaia et évaluation de leur pouvoir entartrant. Mémoire de master. Université A. MIRA – Bejaia

- ✚ **Directive 98/83/CE du 3 novembre (1998). (J.O.C.E. n° L. 330 du 5 décembre 1998).** La qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Cette directive fut adoptée le 3 novembre 1998. Dunod, Paris 1130
  
- ✚ **D.P.A.T. (2008).** Direction de la planification et de l'aménagement du territoire. Rapport Interne, Monographie de la wilaya de Guelma. 36 p.
  
- ✚ **E.NA.GEO. (1971).** Entreprise nationale de géophysique. Etude géophysique dans la région de Guelma. 52 p
  
- ✚ **Elbah H., Labreche A. et Sahraoui A. (2016).** Etat des lieux de la qualité physico - chimique et bactériologique des eaux souterraines en milieu urbain : cas de la nappe d'Ain Brinis, Ras el Akba – Guelma, Nord- Est d'Algérie. Mémoire de Master. Université de 8 Mai 1945- Geulma. 111p.
  
- ✚ **Emsalem R. (1986).** Climatologie Générale. Edition. I.P.E.N.A.G. Tome 1. 198p.
  
- ✚ **Faurie C. (1999).** Ecologie Approche Scientifique Et Pratique. 4ème édition. *TEC & DOC*. 318p.
  
- ✚ **Ganin B., Chauvin C. et Ménard F. (2003).** Cour d'eau et indices biologique: la pollution, méthode IBGN. 2<sup>ème</sup> Edition.
  
- ✚ **Gausсен H. et Bagnouls F. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique, Université de Toulouse, Faculté des Sciences.
  
- ✚ **Gauthier F. (2002).** Bio films et Qualité Biologique de l'Eau Potable au cours de sa distribution. Mémoire de DESS en Qualité et Gestion de l'Eau. Université de Picardie.
  
- ✚ **Ghachi A. (1986).** Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie : le bassin de la Seybouse. O.P. U. Alger, 250 p.
  
- ✚ **Ghodbane M. (2009).** Etude de la contamination des eaux souterraines de la zone nord de chemora par les nitrates-Est Algérien. Thèse de doctorat. Université de Batna- Algérie.

- ✚ **Hamidi M., (1997).** Etude de la vulnérabilité a la pollution et la propagation des polluants dans la nappe de magnia. Ingénieur d'état en hydraulique urbain. Université Aboubekre Belkaid-Telemcen.
  
- ✚ **INSD, (2009).** Institut National. de la Statistique et de la Démographie. Programme d'activités de L'INSD au titre de l'année 2009.
  
- ✚ **J.O.R.A. (2011).** Journal Officiel de la République Algérienne: Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau humaine.
  
- ✚ **J.O.R.F. (2007).** Journal Officiel de la République Française: Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine
  
- ✚ **Kreisel W., (1991).** Water Quality And Health. Dunod. 209p.
  
- ✚ **Lakhdari B. (2011).** Effet de la coagulation –floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz; Département de chimie; Faculté des sciences; Université Abou Bekr Belkaid, -Algérie.
  
- ✚ **Louamri A. 2010.** Contribution à l'évaluation des transports solides de l'Oued Bouhamdane à la Station de Medjez Ammar II et le Barrage Hammam Debagh, international network environmental management conflits, Santa Catarina, Brasil, 1-7
  
- ✚ **Madigou E. (2005).** Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiennes des biofilms (épipsammon et épilithon). Thèse de doctorat. Université Claude-Bernard-Lyon1. 255p.
  
- ✚ **Maurin H., Theys J., Feraudy E. et Duhautois L. (1997).** Guide pour la modernisation de l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique. Coll. Notes de Méthodes. Institut Français de l'Environnement. Orléans - 66 p.

- ✚ **Murray A.G. et Eldridge P.M. (1994).** Marine viral ecology: incorporation of bacteriophage into the microbial planktonic food web paradigm. *Journal of plankton research*, 16(6), 627-641.
- ✚ **Monroe D. (2007).** Looking for Chinks in the Armor of Bacterial Biofilms. *PLoS Biol*, 5 (11), e307.
- ✚ **Mostarih R. (2006).** Elaboration de phases hydroxydes doubles lamellaires intercalant des anions sulfates: étude de leur évolution structurale, thermique et hygrométrique. Thèse de doctorat. Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II.
- ✚ **Murray A.G. & Eldridge P.M. (1994).** Marine viral ecology: incorporation of bacteriophage into the microbial planktonic food web paradigm. *J. Plankton Res.* 16 : 627-641.
- ✚ **Nancie C., (1991).** Les réseaux de distribution d'eau d'alimentation en France N.A.N.C.I.E.
- ✚ **L'EPA (1992).** Eau potable alimentation.
- ✚ **O.M.S. (2004).** Organisation Mondiale de la Santé: Guidelines for drinkingwaterquality. Vol.1. Recommendation, 3rd edn. World Health Organization, Geneva.
- ✚ **O.M.S. (1986).** Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations). Organisation Mondiale De La Santé. 2ème édition. 211p.
- ✚ **O.M.S. (2011).** Organisation Mondiale de la Santé: directives de qualité pour l'eau de boisson. 4ème édition. Geneva. Paris.360p.
- ✚ **Paquin J.L., Block J.C., Haudidier K. (1992).** Effet du chlore sur la colonisation bactérienne d'un réseau expérimental de distribution d'eau *Rev. Sci. Eau*, 5, N° 3
- ✚ **Ramade F. (1993).** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ediscience international.

- ✚ **Rejsek F. (2002).** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement: pp 360
- ✚ **Reggam A. (2010).** Evaluation de la Qualité Physico – Chimique et Bactériologiques des Eaux Potables : Cas de la Station de Traitement de Hammam Debagh – Guelma. Mémoire de master. Université 8 Mai 1945 Guelma. 127p.
- ✚ **Rodier J. (2005).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- ✚ **Rodier J. (2009).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.
- ✚ **Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J.P., Geoffray Ch., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L. et Vial J. (1984).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7e édition. Ed. Dunod, 5p.
- ✚ **Roux M. (1987).** Office International de l'eau: l'analyse biologique de L'eau.
- ✚ **Sante canada (2009).** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Le chlore. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). (No de catalogue H128-1/09-588F).
- ✚ **Solter D. (1999).** Les bases de la production végétale. Edition. Sciences & Techniques Agricoles, Tome 2. 396 p.
- ✚ **Tricard D. & Buffaut P. (1995).** Interprétation et communication des résultats au regard des normes microbiologiques relatives aux eaux destinées à la consommation humaine. TSM. Techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural, (3), 196-199
- ✚ **Zeddouri A. (2003).** Contribution à l'étude hydrogéologique et hydro-chimique de la plaine alluviale de Guelma (essai de modélisation), Guelma, NE Algérien. Mémoire de magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. p 107

- ✚ **Zouaidia H. (2006).** Bilan des incendies de forêt dans l'Est algérien, cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk Ahras. Mémoire de Magister, Université de Constantine, Algérie.

### Webographie

1. <http://www.Villes.co> (Consulté le 04 Mai 2021).
2. <http.fr.db.city.com> (Consulté le 08 mai 2021).

## Résumé

La région de Guelma est une zone à vocation agricole connue par ces ressources en eaux souterraines. Ainsi de nombreuses sources sont observées aux bords des routes reliant les différentes communes de la wilaya.

L'objectif de cette étude est de faire un diagnostic de la station de traitement d'eau potable de «Hammam Debagh» et déterminer la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux brute et des eaux de robinet de consommateur dans la région de Guelma.

Cette étude est effectuée durant une année 2009, l'analyse physique est due à l'aide d'un multi paramètres (le pH, la température, la salinité, la conductivité électrique .....etc) ainsi que l'analyse chimique est fait par la mesure des substances de pollution et de minéralisation (MO, MES, Calcium, Magnésium, ...etc), l'analyse bactériologique est basée essentiellement sur la recherche et le dénombrement des bactéries indicatrice de contamination fécale.

Les résultats des analyses physico- chimiques ont montrés que les teneurs des éléments ne dépassent pas les valeurs indiquées par les normes Algériennes et l'OMS dans les eaux traitée et brutes. Alors que les résultats bactériologiques nous émergent une contamination fécale des eaux brutes et des eaux de robinet de consommateur signalées par les fortes concentrations en coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Ces concentrations provenant des eaux de ruissellement et des eaux usées domestiques. Cette pollution affecte l'environnement et constitue une menace majeure sur la santé de ces habitants.

**Mots clés :** Eau traitée, Eau brute, Eau de robinet de consommation, Contamination, Station de Hammam Debagh.

## Abstract

The region of GUELMA is an area with agricultural vocations known by these resources of ground water .so many sources are observed at the edges of the roads connecting the different communes of the wilaya .

The objective of this study is to make a diagnosis of the drinking water treatment plant of hamam debagh and determine the bacteriological quality and physic –chemical quality of raw water and drinking tap water in the region of guelma .

The study carried out during a year 2009, the physical analysis is due to a multi-parameter (ph., temperature, salinity, electrical conductivity .....Etc.) bacteriological analysis is based primarily on the research and enumeration of fecal contamination ,indicator bacteria the results of the physico –chemical analyses showed that the contents of the elements did not exceed the values indicated by the Algerian standards and the WHO in the treated and raw water ,while the bacteriological results .fecal contamination of raw water and consumer tap water reported by forests of fecal coliforms and fecal streptococci .Affects the environment and is a major threat to the health of these residents.

**Words keys:** Treated water, raw water, drinking tap water, Contamination, station of Hemam Debagh

## الملخص

منطقة قالمة هي منطقة زراعية معروفة بمواردها المائية الجوفية. كذلك العديد من المصادر لوحضت على جوانب الطرق التي تربط مختلف بلديات الولاية.

الهدف من هذه الدراسة هو تشخيص محطة معالجة مياه الشرب "حمام دباغ" وتحديد النوعية البكتريولوجية والفيزيو الكيميائية للمياه الخام ومياه الصنبور الاستهلاكية في منطقة قالمة.

أجريت هذه الدراسة خلال عام 2009 ، التحليل الفيزيائي تم باستخدام جهاز يقيس عدة عناصر منها (الاس الهيدروجيني، درجة الحرارة ، الملوحة ، والموصلية الكهربائية ... إلخ) وقمنا بتحليل العناصر

الكيميائية عن طريق قياس التلوث ومواد التمعدن(المادة العضوية، المادة العالقة، كالسيوم، ماغنيزيوم... إلخ) و يعتمد التحليل البكتيري بشكل أساسي على البحث وحساب البكتيريا التي تشير إلى التلوث البرازي.

أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن محتويات العناصر لا تتجاوز القيم المشار إليها في المعايير الجزائرية ومعايير منظمة الصحة العالمية في المياه المعالجة والمياه الخام. بينما تظهر النتائج البكتريولوجية تلوث برازي للمياه الخام وماء الصنبور المستهلك يشير إلى التركيزات العالية من القولونيات البرازية والمكورات العقدية البرازية. يأتي هذا التلوث من مياه الواد ومياه الصرف المنزلية. يؤثر هذا التلوث على البيئة ويشكل تهديداً كبيراً لصحة هؤلاء السكان.

.الكلمات المفتاحية: المياه المعالجة ، المياه الخام ، مياه الشرب من الحنفية ، التلوث ، محطة حمام دباغ