

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne démocratique populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Biodiversité et environnement

Spécialité/Option : Biodiversité et environnement

Département : Ecologie et génie de l'environnement

Thème : La Qualité Physico-chimique de l'eau Potable de la région de Guelma.

Présenté par :

Mlle : **SEGOUALI Widjdane**

Mlle : **ZERDOUDI Abir**

Devant le Jury composé de :

Président : **Dr. SANSRI Soraya**

(M.C.B)

Université de Guelma

Encadreur : **Dr. BAALOUJ Affef.**

(M.C.A)

Université de Guelma

Examineur : **Dr. YALLES Amina.**

(M.C.B)

Université de Guelma

Co-encadreur : **M^{elle} CHAIB Sara**

(DOC)

Université de Guelma

Année Universitaire 2022/2023

Dédicace

A mon très cher père « MOHAMED »

Celui qui m'a aidé à découvrir le 'savoir'

Merci d'avoir été toujours là pour moi et de me donner votre soutien tout au long de mes études.

Les mots ne pourront jamais exprimer la profondeur de mon respect et ma considération.

A ma très chère maman « SOAD »

La personne qui m'a tout donné sans compter, la source de tendresse et de noblesse qui m'a éclairé le chemin par ses conseils judicieux et qui m'a encouragé à aller de l'avant.

A ma chère sœur, « IBTISSAM ».

*A mes très chers frères « AMIN, HAMZA, IMAD et
MOSLAM »*

Merci d'être toujours à mes côtés.

À toute ma famille.

A mes amies proches « MERYAM » et « YOUSRA »

A mon binôme « WDJANE ».

ABRIZ

Dédicace

A mon très cher père «KARIM»,

A ma très chère mère «ALIA »

Source de vie, d'amour et d'affection. Toutes mes considérations pour votre sacrifice et votre soutien tout au long de mon parcours.

A mes chères sœurs, «MANAR et LYDIA ».

A mon frère, l'ange « TAYEM »

A mon grand-père «MAHMOUD »

Merci d'être toujours à mes côtés.

À toute ma famille.

A mes amies proches « AYA, LILYA, HANA et KHADJJA »

A mon binôme « ABIR ».

WIDDANES

Remerciement

On tient tout d'abord à remercier « Allah », le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nos remerciements les plus sincères s'adressent à notre encadreur « **Dr. Baaloudj Affef** » pour la direction de ce travail. Sa très grande disponibilité, ses précieux conseils, sa bienveillance et son soutien tout au long de la réalisation de notre mémoire.*

*Nous tenons tout particulièrement à remercier les membres de jury **Dr. Sansri Soraya** et **Dr. Yalles Sihem** qui nous a fait l'honneur pour avoir accepté de juger et d'examiner ce modeste travail.*

*Un grand merci et à **Melle Chaïb Sara** pour leurs connaissances et pour leur aide.*

Nous tenons tout particulièrement à remercier tous les enseignants du département d'Ecologie et Génie de l'Environnement de l'université 8 mai 1945, Guelma. Ainsi que tout le personnel administratif.

Nous exprimons notre profonde et sincère gratitude à toutes les personnes, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire, et qui nous ont encouragés, soutenu durant ce travail.

*Nos vifs remerciements au personnel du Laboratoire de **Hammam Debagh** de l'accueil et la gentillesse dont ils ont preuve lors de l'élaboration de la partie pratique.*

Merci à tous !

Résumé

Le but de notre travail consiste à faire une contribution à l'étude de la qualité de l'eau potable de la wilaya de Guelma. Nous avons choisi deux stations, le premier c'est Le robinet d'eau traitée provenant du barrage Bouhamdane, le deuxième c'est le robinet d'eau provenant du forage, ce dernier est destiné à la consommation humaine. Nous avons déterminé les paramètres physicochimiques qui sont principalement : La température, pH, la conductivité électrique, la salinité, la turbidité, TDS, matière organique, MES, Résidu secs, nitrite, nitrate, ammonium, phosphate, sulfate et le fer. Les résultats obtenus montrent que les eaux traitées de la wilaya de Guelma ont une qualité physico-chimique acceptable et conforme aux normes nationales requises pour les eaux de consommation humaine.

Mots clés :

Guelma, Eau potable, Qualité de l'eau, Paramètres physico-chimiques, Normes nationales.

Abstract

The purpose of our work is to make a contribution to the study of the drinking water quality of the wilaya of Guelma. We have selected two stations, the first one is the tap of treated water coming from the Bouhamdane dam, and the second one is the tap of water coming from the borehole, the latter is intended for human consumption. We determined the physicochemical parameters, which are mainly temperature, pH, electrical conductivity, salinity, turbidity, TDS, organic matter, MS, Dry residue, nitrite, nitrate, ammonium, phosphate, sulfate, and iron. The results obtained show that the treated water of the wilaya of Guelma has the acceptable physicochemical quality and complies with the national standards required for water for human consumption.

Keywords: Guelma, Drinking water, Water quality, Physico-chemical parameters, National standards.

الملخص

الغرض من عملنا هو المساهمة في دراسة جودة مياه الشرب بولاية قالمة وقد اخترنا محطتين الاولى صنوبر المياه المعالجة من سد بوحمدان والثانية صنوبر المياه القادم منها البئر هذا الأخير مخصص للاستهلاك البشري. قمنا بتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية أساساً: درجة الحرارة ، درجة الحموضة، التوصيل الكهربائي والملوحة ، والعكارة ، والمواد الصلبة الذائبة ، والمواد العضوية ، والمخلفات الجافة ، والنترت ، و نترات الأمونيوم ، والفوسفات ، وكبريتات الحديد. وتبين النتائج التي تم الحصول عليها أن المياه المعالجة لولاية قالمة ومياه الحفر ذات جودة فيزيائية كيميائية مقبولة لاستهلاك الإنسان وفق المعايير الوطنية المطلوبة للمياه للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية

قالمة ، مياه الشرب ، جودة المياه ، المعايير الفيزيائية والكيميائية ، المعايير الوطنية

Liste des tableaux

Tableau. 1 : Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse.....	5
Tableau. 2 : les sels minéraux sous forme des ions.....	7
Tableau. 3 : Classification des eaux d'après leur pH	23
Tableau. 4 : Classes de turbidité usuelle (NTU.nephelometric turbidity unit)	25

Liste des Figures

Figure. 1: La molécule de l'eau	3
Figure. 2: Schéma général du cycle de l'eau	4
Figure. 3 : carte de situation de la zone d'étude	15
Figure. 4 : Photo satellitaire du barrage Hammam Debagh	16
Figure. 5 : Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh.	17
Figure. 6 : Carte bioclimatique du nord de l'Algérie	19
Figure. 7 : Les variations des valeurs de la Température dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	37
Figure. 8 : Les variations des moyennes de pH dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	38
Figure. 9 : Les variations des moyennes de la turbidité dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	38
Figure. 10 : Les variations des moyennes de la CE dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	39
Figure. 11 : Les variations des valeurs de la salinité dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	40
Figure. 12 : Les variations des valeurs de TDS dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	40
Figure. 13 : Les variations des valeurs de MES dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	41
Figure. 14 : Les variations des valeurs des résidus secs dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	42
Figure. 15 : Les variations des valeurs de Nitrite dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	43
Figure. 16 : Les variations des valeurs de Nitrate dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	43
Figure. 17 : Les variations des valeurs de Phosphate dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	44
Figure. 18 : Les variations des moyennes de NH_4^+ dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	45
Figure. 19 : Les variations des valeurs de Sulfate dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	46

Figure. 20 : Les variations des valeurs de Fer dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	46
Figure. 21 : Les variations des valeurs de la matière organique dans les eaux des différents points d'échantillonnage.	47

Liste des Photos

Photo 1 : Milieu de conservation des échantillons.	21
Photo 2 : Multi paramètre WTW	23
Photo 3 : pH mètre WTW	24
Photo 4 : Turbidimètre HACH 2100 N	26
Photo 5 : Le dispositif de filtration sous vide.	28
Photo 6 : Dosage de L'Ammonium NH_4^+	30
Photo 7 : Dosage des ions Nitrites NO_2^-	31
Photo 8 : Dosage des nitrates NO_3^-	32
Photo 9 : Dosage des phosphates PO_4^{3-}	33
Photo 10 : Dosage de sulfate SO_4^{2-}	35
Photo 11 : Dosage de fer.....	36

Liste des Abréviations

ANB : Agence National des Barrages.

ADE : Algérienne des Eaux.

mm/an : millimètre par an.

C° : Degré Celsius.

Km : Kilomètres.

Km² : Kilomètres Carrée.

Km³ : Kilomètres Cube.

ha : Hectare.

N : Nord.

E : Est .

g : Gramme.

T : Température.

pH : Potentielle Hydrogène.

H⁺ : Hydrogène.

NTU : Néphélogétrie Turbidity Unit.

µs/cm : Micro siemens sur centimètre.

µm : Micro siemens.

Sal : Salinité.

TDS : Taux des sels dissous.

Mg/l : Milligramme par litre

g/j : Gramme par jour

Ca²⁺: Calcium.

Mg²⁺ : Magnesium.

OH⁻ : Hydroxide.

CO₃²⁻ : Carbonate.

mol.l⁻¹ : Mole par litre.

H₃O⁺ : Ion hydronium.

F° : Degré fahrenheit.

E. coli : Escherichia Coli.

NaCl : Chlorure de sodium.

RS : Résidus secs.

ml : Millilitre.

MES : Matières en suspension.

MO : Matières organique.

mg : Milligramme.

nm : Nanomètre.

H₂SO₄ : Sulfate d'hydrogène.

UV ; Ultraviolet.

mol.cm : Mole par centimètre.

m : Mètre.

m³ : Mètre cube.

TAC : Titre Alcalimétrique complet.

ml : Millilitre.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

OMS : Organisation Mondial de Santé.

ISO : Organisation International de Standardisation.

NA : Norme Algérien.

h : Heure.

Unesco : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture.

% : pourcent.

Sommaire

Résumés

Liste des tableaux

Liste des Figures

Liste des Photos

Liste des Abréviations

Sommaire

INTRODUCTION 1

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

I.Généralité sur l'eau : 3

1.Définition de l'eau : 3

2.Composition de l'eau : 3

3.Le cycle de l'eau : 4

4.Etat et répartition de l'eau dans le monde : 5

5.Les substances contenues dans l'eau : 6

6.Différentes origine de l'eau de consommation : 7

6.1.Eau souterraine : 7

6.2.Eau minérale : 8

6.3.Eau de source : 8

6.4.Eau de surface : 8

7.Les paramètres de l'eau potable : 8

7.1.Les paramètres organoleptiques : 8

7.1.1.L'odeur : 9

7.1.2.La couleur : 9

7.1.3.La saveur : 9

8. Les paramètres physico-chimiques :	9
8.1. La température (T°) :	9
8.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :	10
8.3. La turbidité :	10
8.4. La conductivité électrique :	10
8.5. La salinité (SAL) :	10
8.6. Sels dissous (TDS) :	10
9. Les paramètres de pollution :	11
9.1. Les nitrites (NO₂⁻) :	11
9.2. Les phosphates (PO₄³⁻) :	11
9.3. L'ammonium (NH₄⁺) :	11
10. Les paramètres volumétriques :	11
10.1. Le calcium (Ca²⁺) :	11
10.2. Titre hydrométrique (TH) :	12
10.3. Titre alcalimétrique simple :	12
10.4. Titre alcalimétrique complet :	12
10.5. Chlorures (Cl⁻) :	12
11. La pollution des eaux aquatiques :	13
12. Les différents types de pollution en milieu aquatique :	13
12.1. Pollution organique :	13
12.2. Pollution chimique :	13
12.3. Pollution physique :	13
12.4. Pollution biologique :	14
12.5. Pollution bactérienne :	14
II. Présentation de la zone d'étude :	15
1. Situation géographique de la zone de Guelma :	15
1.1. Localisation du barrage de Hammam Debagh (Bouhamdane) :	16

1.2.Localisation de la station de traitement :	16
2.Relief :	17
3.Analyse et caractéristique géologique de la région:	17
3.1.Les principaux Oueds :	17
3.2.Réseau hydrographique :	18
4.Cadre climatique :	18
5.Cadre biotique :	19
5.1.La faune :	19
5.2.La flore :	19

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

I.Choix des stations et prélèvement :	21
1.Choix des stations :	21
2.Prélèvements de l'eau :	21
3.Transport et conservation des échantillons :	21
II.Les analyses physico-chimiques :	22
1.Mesure de la température, la conductivité électrique et la salinité, TDS :	22
2.Mesure du pH :	23
3.Mesure de la turbidité :	24
4.Détermination le des résidus secs (RS) :	26
5.Détermination des matières en suspension(MES) :	27
6.Détermination de la matière organique (MO) :	28
7.Dosage de L'Ammonium (NH₄⁺) :	29
8.Dosage des ions Nitrites (NO₂⁻) :	30
9.Dosage des nitrates NO₃ par la méthode au salicylate de sodium :	31
10.Dosage des phosphates (PO₄³⁻) :	33
11.Dosage de sulfate SO₄²⁻ :	34
12.Dosage de fer :	35

Chapitre 03 : Résultats et discussion

I. Les paramètres physico-chimiques :	37
1. La température (T°) :	37
2. Le potentiel d'hydrogène :	37
3. La turbidité :	38
4. La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :	39
5. La salinité (SAL) :	40
6. Sels dissous (TDS) :	40
7. Matières en suspension (MES) :	41
8. Résidu sec :	41
II. Les paramètres de pollution :	42
1. Les nitrites (NO_2^-) :	42
2. Les Nitrates :	43
3. Les phosphates (PO_4^{3-}) :	44
4. L'ammonium (NH_4^+) :	45
5. Sulfate :	46
6. Le fer :	46
Conclusion	48

Références bibliographiques

Introduction

INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel, indispensable à la vie des êtres vivants et surtout à celle de l'Homme. Elle est certainement la substance qui nous est la plus familière. La terre est une "planète bleue" qui, vue de l'espace, apparaît couverte par les océans et par les neiges. Même la biosphère, dont nous faisons partie, est composée principalement de l'eau, puisqu'elle représente 70% de la masse totale des organismes vivants **(Teixeira, 2006)**.

Depuis la fin des années 90, le cadre européen de la gestion de l'eau a été renforcé avec le vote par la commission Européenne de la directive Eau potable (1998) et de la directive cadre sur l'eau (2000 et modifiée en 2008). Ces deux directives ont permis d'établir un cadre afin d'assurer la sécurité sanitaire pour les eaux destinées à la consommation humaine et d'impulser une politique de gestion et de protection des ressources en eau à l'échelle du bassin versant **(Stéphanie Piel, 2013)**

En Algérie, les sources d'eau potable sont soit d'origine souterraines soit de surface, la plupart des algériens consomment de l'eau potable qui provient généralement des eaux de surface que l'on peut stocker dans des barrages et après les traiter dans des stations de traitement pour fournir une eau qui respecte les normes algériennes de potabilité **(Kahoul et Touhami, 2014)** ;**(Ouahchia et al., 2015)** .

L'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable. Le but de notre travail est de réaliser une étude comparative sur la qualité physico-chimique de l'eau de barrage de Bouhamdane traitée et de l'eau des forages désinfecté, qui sont destinés à la consommation au niveau de la station de traitement de Hammam Debagh.

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

Cette étude est structurée en trois chapitres interdépendants :

- **Le chapitre I :** se rapporte sur une description du site d'étude, généralité sur l'eau potable et ses paramètres physicochimiques. Ensuite, les différents types de pollution aux milieux aquatique.

- **Le chapitre II** : décrit les sites de prélèvement et la méthodologie utilisée pour la détermination de la qualité physico-chimique de l'eau de chaque station.
- **Le chapitre III** : se focalise sur les résultats obtenus et leur discussion.

En fin, une conclusion.

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique

Chapitre 01 : Synthèse bibliographique :

I. Généralité sur l'eau :

1. Définition de l'eau :

L'eau liquide (H_2O) est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité (Graini ,2011).

Il 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 (Baziz, 2008).

2. Composition de l'eau :

La molécule d'eau est une molécule exceptionnelle dont les propriétés particulières liés à sa nature dipolaire, ont permis la vie sur la terre .la formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète.

La molécule d'eau, de formule H_2O est composé d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence .sa masse molaire est de 18g (Schriver & Mazzuoli, 2012).

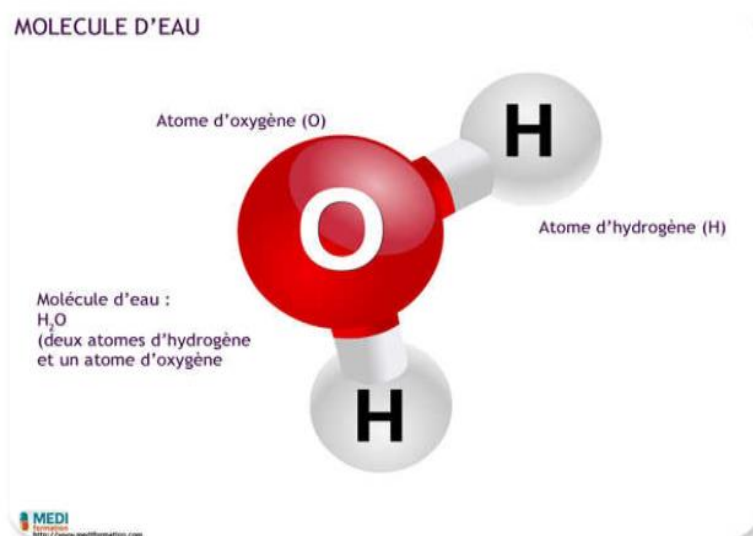


Figure. 1: La molécule de l'eau [1]

3. Le cycle de l'eau :

La quantité totale d'eau existante dans le monde est de l'ordre de grandeur de 1350 millions de Km³, dont plus de 97% constituent la masse des océans. Toute eau vient des océans et y retrouve tôt ou tard, par un cycle hydrologique continu (**Duvignaud, 1980**).

Le cycle de l'eau est la suite des procès autorisant le passage de l'eau d'un état à l'autre et d'un endroit à l'autre (**Touchart, 2003**). Ce cycle naturel en perpétuel mouvement, impliquant toutes les composantes de la synthèse climatique globale, l'atmosphère, les océans, les terres immergées et la biosphère continentale (**Drissi, 2008**).

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature (**Figure 02**).

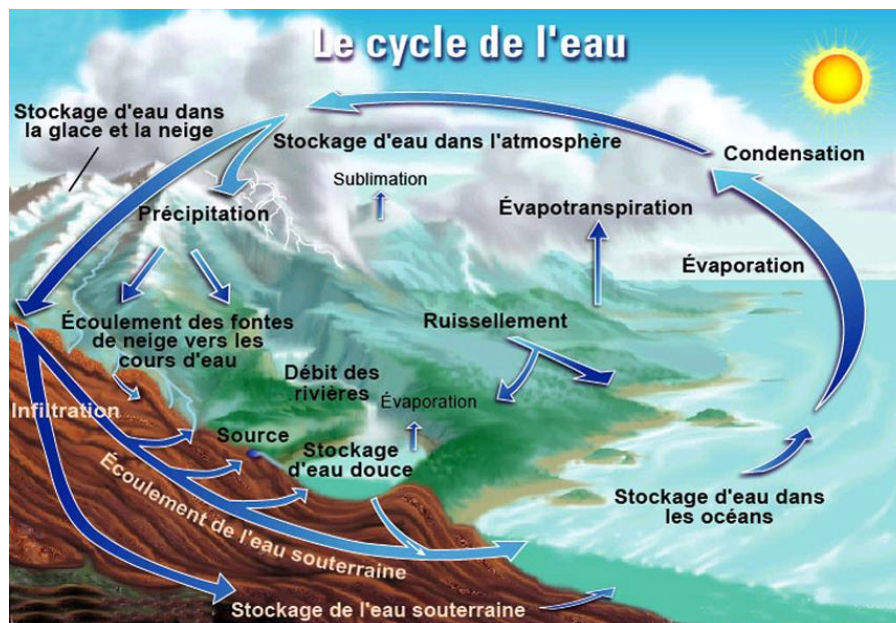


Figure. 2: Schéma général du cycle de l'eau [2]

- **Evapotranspiration :**

C'est la somme des pertes par transformation de l'eau en vapeur (**Boeling, 2006**). Sous l'action du soleil, l'eau de mers, des lacs et des rivières s'évaporent. Les végétaux transpirent et rejettent eux aussi de la vapeur d'eau (**Drissi, 2008**).

- **Précipitations**

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent des précipitations sous forme de pluies, de neige ou de grêles. Les précipitations qui constituent l'origine de presque

toutes nos réserves en eau douce, sont variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont des facteurs essentiels (**Boeglin, 2006**).

- **Ruissellement :**

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à la surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers), c'est le ruissellement de surface (**Boeglin, 2006**).

- **Infiltration :**

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et le sous-sol (**Boeglin, 2006**). L'infiltration joue un rôle essentiel dans les écosystèmes terrestres puisqu'elle permet la réhydratation des sols. Elle assure aussi l'alimentation des nappes phréatiques et des rivières souterraines (**Geny et al, 1992**).

4. Etat et répartition de l'eau dans le monde :

L'eau constitue une ressource très mal répartie à l'échelle de la planète, ces inégalités dépendent évidemment du climat, notamment des précipitations et des écoulements qu'elles engendrent, (Tableau 01) on peut ajouter également un déséquilibre lié au développement des populations humaines et de leurs activités (**Rouyrre, 2003**). Ainsi 9 pays partagent 60% des ressources renouvelables d'eau douce dans monde : le Brésil, la Russie, les Etats Unies, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie et le Pérou, tandis que certains ne disposent que de ressources extrêmement faibles (**UNESCO 1996 in Tamrabet, 2011**).

Tableau. 1 : Volume et pourcentage d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse (**Rouyrre, 2003**).

	Volume (Km3)	(%)
Océans	1 348 000 000	97,39
Icebergs, glaciers	27 820 000	2,01
Nappe, humidité du sol	8 062 000	0,58
Lacs, rivières	225 000	0,02
atmosphère	13 000	0,001
Total	1 384 120 000	100,00
Eau douce	36 020 000	2,60

5. Les substances contenues dans l'eau :

La quantité et la nature des sels dissous dépendent essentiellement de la nature géochimique des terrains que l'eau a traversée pendant son cycle. Il est donc évident que la composition de l'eau peut être très différente d'un endroit à un autre.

a. Matières en suspensions :

Les substances en suspension, généralement visibles à l'œil nu, déterminent la turbidité.

b. Matières colloïdales :

Ce sont des éléments présents dans l'eau dans un état intermédiaire entre l'état dissous et l'état solide (invisible à l'œil nu).

Doté à leur surface de charge électrique qui les maintient en suspension.

- Elles ne sont pas séparées par décantation ni par filtration.
- Leur élimination nécessite de neutraliser au préalable les charges électriques et les rassembler en particules plus grosses décantables et filtrables par ajout de coagulants ou flocculants (Zaoui 2013 ; Ghaoui, 2013)

c. Matières organiques dissoutes :

Elles sont souvent à l'origine de la coloration de l'eau ou des mauvais goûts. On peut en apprécier globalement l'importance par la quantité de permanganate de potassium qu'elles sont susceptibles de décolorer.

d. Sels minéraux :

Ils proviennent de la dissolution des roches rencontrées par l'eau au cours de son infiltration. Cette dissolution s'accompagne d'une transformation de la matière dissoute phénomène d'ionisation.

- Un sel minéral est constitué par l'association de deux groupes particules : Le 1er a pour origine les acides et le 2ème a pour origine les métaux.
- Le sel est électriquement neutre. Les eaux naturelles contiennent des sels minéraux sous formes d'ions.

Tableau. 2 : les sels minéraux sous forme des ions. (Zaoui ; Ghaoui, 2012).

Désignation	Symbole	Désignation	Symbole
Hydroxyde	OH ⁻	Hydrogène	H ⁺
Carbonate	CO ₃ ⁻²	Calcium	Ca ⁺²
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	Magnésium	Mg ⁺²
Chlorures	Cl ⁻	Sodium	Na ⁺
Sulfates	SO ₄ ⁻²	Potassium	K ⁺
Phosphates	PO ₄ ⁻³	Ammonium	NH ⁺⁴
Nitrates	NO ₃	Fer	Fe ⁺²
Nitrites	NO ₂ ⁻	Zinc	Zn ⁺²
Silicates	HSiO ₃ ⁻	aluminium	Al ⁺³
Fluorures	F ⁻		

6. Différentes origines de l'eau de consommation :

6.1. Eau souterraine :

De point de vue hydrogéologique, les couches aquifères se divisent en :

- Nappes phréatiques ou alluviales : elles sont peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- Nappes captives : elles sont plus profondes que le premier et séparées de la surface par une couche imperméable, alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leur bordure. La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en générale aux normes de potabilité. Pourtant ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants (Salghi, 2000 ; Abda, 2014).

Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage. Elles doivent être traitées avant distribution toutes les fois que la concentration d'un ou de plusieurs éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements de vigueur (Monod, 1989, Kettab, 1992, Abda, 2014).

6.2. Eau minérale :

Ce sont des eaux profondes, naturelles qui possèdent des propriétés thérapeutiques reconnues (**Cardot, 1999**). L'embouteillage de ces eaux est assuré après parfois une étape de traitement pour éliminer ou diminuer la concentration de certains éléments qui sont en concentration supérieure à la concentration autorisée pour une eau potable (**Monod, 1989 ; Mefi, 1997 ; Abda, 2014**).

6.3. Eau de source :

Ce sont des eaux naturelles potables, contrairement aux eaux minérales doivent répondre aux critères de potabilité et les seuls traitements pouvant appliquer sont l'aération, la décantation et la filtration (**Monod, 1989 ; Cardot, 1999 ; Abda, 2014**).

6.4. Eau de surface :

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrage).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**Salghi, 2000 ; Abda, 2014**). De plus elles peuvent présenter plusieurs pollutions d'origine :

- Urbaine,
- Industrielle,
- Agricole (**Kettab, 1992 ; Abda, 2014**).

7. Les paramètres de l'eau potable :

7.1. Les paramètres organoleptiques :

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certains odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage.

7.1.1. L'odeur :

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore en effet, toute odeur est un signe de pollution, il est peut-être défini comme : L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée chacune de ces substances (**Rodier et al., 1996**).

7.1.2. La couleur :

La coloration d'une eau dit vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réels et apparents sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**Rodier et al., 1996**).

7.1.3. La saveur :

Le gout n'a aucun appareil pour le mesurer. C'est un ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique communes perçues l'aliment ou la boisson set dans la bouche selon les physiologistes, il existe trois saveurs principales :

- Le salé,
- Le sucré,
- L'amer.

La saveur peut être définie comme : L'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bougeons gustatifs. La qualité de cette sensation particulière provoquée par ces substances.

8. Les paramètres physico-chimiques :

8.1. La température (T°) :

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du PH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température dès l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde (**Hamed et al., 2012**).

8.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH (potentiel hydrogène) mesure la concentration en ion H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 10. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteur multiple, dont l'origine de l'eau. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH -mètre ou par coloration (**Haslay et al., 1993**).

8.3. La turbidité :

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité, inférieure à 5 NTU (**Jean, 1992**).

8.4. La conductivité électrique :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm elle est l'inverse de la résistivité électrique l'unité de conductivité est le micro siemens sur centimètre (µs/cm) (**Desjardins, 1990**).

8.5. La salinité (SAL) :

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde. La majorité des eaux d'irrigation dans la région saharienne en Algérie est d'origine souterraine. Les eaux des nappes phréatiques sont toujours très salées avec plus de 4 à 5 g/l de résidus sec et bien souvent trois fois plus (**Masmoudi, 2011**).

8.6. Sels dissous (TDS) :

On appelle TDS on (minéralisation totale) la masse totale des minéraux dissous (anions et cations) et non dissous (la silice) exprimés en mg /l (**Guiraud et al., 1980**).

9. Les paramètres de pollution :

9.1. Les nitrites (NO₂⁻) :

Les nitrite constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés , ils s'insèrent dans le cycle de l'azote .entre l'ammoniaque et les nitrites sa présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque soit à la réduction des nitrates ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrate , la présence des nitrites d'origine naturelle est très rare on en a signalé l'existence dans l'eau de fonte des neiges et dans des nappes aquifères profondes. (**Degrement, 1984**).

9.2. Les phosphates (PO₄³⁻) :

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

En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante Concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/l (**Jean, 1992**).

9.3. L'ammonium (NH₄⁺) :

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe, il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (**Desjardins, 1997**).

10. Les paramètres volumétriques :

10.1. Le calcium (Ca²⁺) :

C'est un élément dominant dans les eaux potables et il traduit la dureté de l'eau, il est trace dans les eaux de pluie, les quantités susceptibles d'être ingérée sous forme de poison sont inférieures aux quantités nécessaires à l'organisme, estimée approximativement à 0.7g/j (**Desjardins, 1997**).

10.2. Titre hydrométrique (TH) :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontiums etc. présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau (**Guilbert, 2000**). Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une « douce ».

10.3. Titre alcalimétrique simple :

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en alcalis libres et carbonates alcaline caustique. Donc c'est la teneur en hydroxyde (OH^-) et la moitié de la teneur en carbonate (CO_3^{2-}) (**Rodier et al., 1996**).

10.4. Titre alcalimétrique complet :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC c'est le volume d'acide (exprimé en ml à 0.02mol.l^{-1} en ions H_3O^+ nécessaire pour doser 100ml d'eau en présence de méthylorange le TAC s'exprime en F° . Le TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

10.5. Chlorures (Cl^-) :

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains salés.
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- Activités humaines et industrielles.

Les normes algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200mg/l et une concentration maximale admissible de 500mg/l une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution (**Berne, 1972**).

11. La pollution des eaux aquatiques :

La pollution est définie comme l'introduction dans un milieu naturel de substances provoquant sa dégradation. La pollution des ressources en eau au niveau des stations d'épuration provient de diverses sources, notamment les formes relatives aux activités humaines (**Hadj, 1999**). Actuellement, la pollution des eaux est devenue un problème universel qui menace gravement l'environnement et qui nécessite une lutte soutenue, car de nombreux produits agricoles et industriels sont de plus en plus responsables de l'apparition de cette forme de pollution.

12. Les différents types de pollution en milieu aquatique :

12.1. Pollution organique :

Cette forme de pollution constitue la fraction la plus importante. En effet, elle résulte de l'introduction dans le milieu de substances organiques provenant de diverses activités : industrielles (hydrocarbures), agricoles (engrais azotés et phosphatés) et/ou domestiques (phosphates, matières fermentescibles, etc.).

L'introduction des matières organiques biodégradables dans un cours d'eau va provoquer à l'aval du point de rejet une modification du milieu naturel. Cette dernière se traduira notamment par une baisse de l'oxygène dissous liée à la dégradation de la matière organique, peut entraîner par conséquent la perturbation de la vie aquatique (**Gaujous, 1995**).

12.2. Pollution chimique :

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple : les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autre sel, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses (**Djoudi, 2003**).

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories : Les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autre éléments toxiques (**Bouziani, 2000**).

12.3. Pollution physique :

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau ; qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières

décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (**Bouziari, 2000**).

12.4. Pollution biologique :

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces micro-organismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire.

12.5. Pollution bactérienne :

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite fécale.

Parmi les germes teste de contamination fécale qui se trouvent d'une façon presque constante dans les matières fécales humaines et animales appartiennent aux espèces suivantes :

- Coliformes : coliformes totaux et coliformes fécaux (*E-coli*).
- Streptocoques du groupe D: dite streptocoques fécaux.
- Clostridium-sulfio- réducteurs (**Bennana, 2013**).

II. Présentation de la zone d'étude :

1. Situation géographique de la zone de Guelma :

La zone d'étude est située au Nord Est algérien, à 116 km à l'Est de Constantine, à 65 km au sud-ouest d'Annaba, à 77 km à l'ouest de Souk Ahras et à 537 km à l'Est d'Alger, c'est une partie intégrante du bassin versant de l'Oued Seybouse d'une superficie de 1796 Km², ses limites naturelles sont :

- Au Nord : la mer méditerranée,
- Au Sud : les monts de Mahouna, Ain Larbi et Sedrata,
- A l'Ouest : le massif de l'Edough, les monts de Houara et Débagh,
- A l'Est : les monts de Nador N'bail.

Sur le plan administratif la wilaya de Guelma forme un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba et Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum El Bouaghi, Souk Ahras et Tébessa). Elle occupe une position médiane entre le Nord de l'Algérie, les hauts plateaux et le Sud (Bouaicha, 2018) (Fig. 1).

Elle regroupe une population estimée à 506 007 habitants dont 25 % sont concentré au niveau du chef-lieu de wilaya avec une densité de 135 habitants par km² (URBACO, 2012) et s'étend sur une superficie de 3 686,84 km²

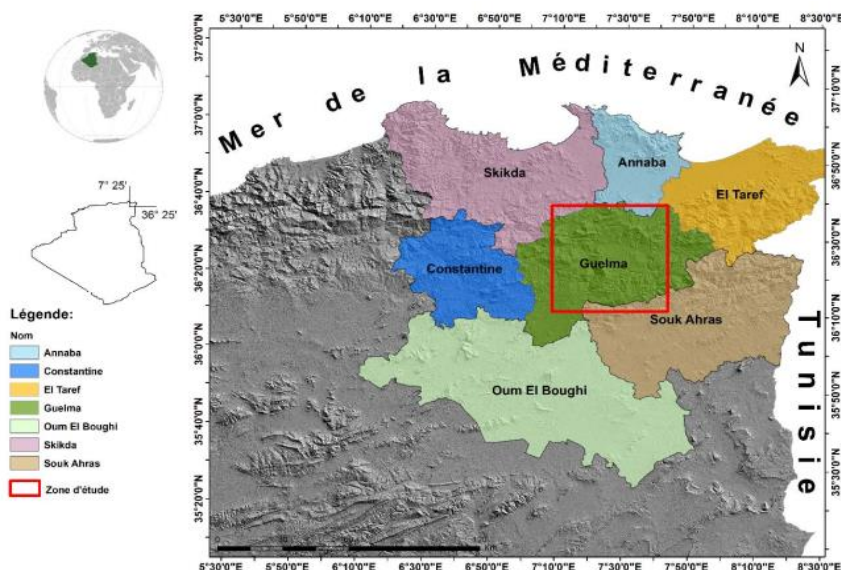


Figure. 3 :carte de situation de la zone d'étude (Bouaicha, 2018).

1.1. Localisation du barrage de Hammam Debagh (Bouhamdane) :

Le barrage de Hammam Debagh est situé dans la wilaya de Guelma à 25 Km à l'ouest du chef-lieu. Il dépend administrativement de la Daïra de Hammam Debagh et de la commune de Bouhamdane, occupant une superficie totale de 700 hectares. Il est alimenté principalement par Oued Bouhamdane ANB (**Fig.02**).

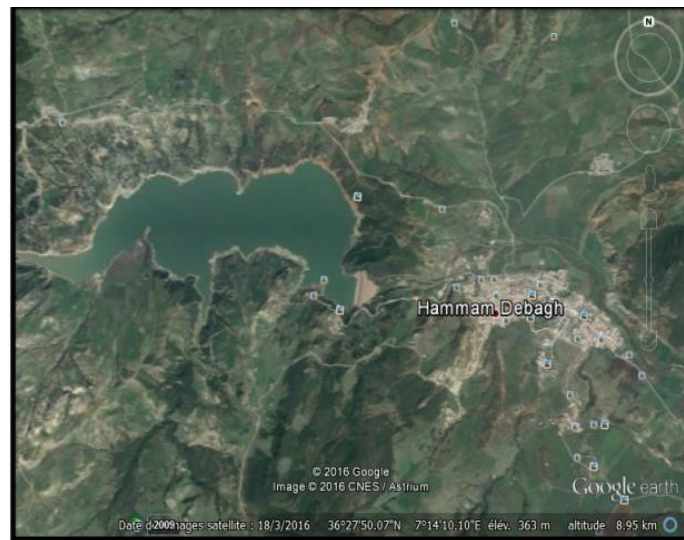


Figure. 4 : Photo satellitaire du barrage Hammam Debagh (**Google Earth 2016**)

Coordonnées géographiques du barrage :

- Latitude : 36°27'50.07"N.
- Longitude : 7°14'10.10"E.
- Elévation : 363 m.

1.2. Localisation de la station de traitement :

La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh est située à 1 km à l'amont de la localité du barrage de Hammam Debagh, à environ 2 km au Nord-ouest de l'agglomération du chef-lieu de la commune et existent sur la rive droite d'Oued Bouhamdane à 40 km, elle est mise en service en 2003, leur surface est de 3 hectares, elle est située entre 36°27'49.04"N et 7°15'21.23"E. Elévation : 296 m. La station est alimentée par le barrage Bouhamdane qui possède une capacité théorique de 220 millions de m³ (ADE).



Figure. 5 : Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh
(Google Earth 2016).

2. Relief :

La géographie de la wilaya se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau. Les mouvements tectoniques du PlioQuaternaire ont joué un rôle important dans la morphogénèse de la région. **(Benmarce, 2007)**.

Ce relief est composé de :

- Montagnes : 37,82 % dont les principales sont:
 - Mahouna (Ben Djerrah) : 1 411 m d'altitude;
 - Houara (Ain Ben Beidha) : 1 292 m d'altitude;
 - Taya (Bouhamdane) : 1 208 m d'altitude;
 - Dbagh (Hammam Debagh) : 1 060 m d'altitude.
- Plaines et Plateaux : 27,22%,
- Collines et Piémonts : 26,29%,
- Autres : 8,67% **(Doubabi , Rahli 2018)**.

3. Analyse et caractéristique géologique de la région :

3.1. Les principaux Oueds :

Le réseau hydrographique est très dense. Il est composé de trois Oueds majeurs qui sont :

- L'Oued Bouhamdane, qui draine la partie Ouest du territoire, dont l'écoulement général est d'Ouest en Est.
- L'Oued Cherf, qui draine la partie Sud du territoire, dont l'écoulement général est du Sud vers le Nord.
- L'Oued Seybouse, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit presque la totalité de la wilaya de Guelma, avec une superficie de 6 471 km², pour rencontrer la mer Méditerranée à l'Est de la ville d'Annaba. (**Benmarce, 2007**).

Ces oueds, qui drainent les eaux pluviales vers la mer, sont alimentés par un important chevelu hydrographique composé de petits oueds et de quelques affluents importants. Notamment, en ce qui concerne l'Oued Seybouse (57,15 km), ses principaux affluents sont d'amont en aval : l'Oued Bouhamdane (45,37 km), l'Oued Cherf (36,46 km), l'Oued Boussora, l'Oued Mellah, l'Oued Halia et l'Oued Cheham. (**Doubabi & Rahli 2018**).

3.2. Réseau hydrographique :

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

4. Cadre climatique :

La wilaya de Guelma est soumise à un climat de type méditerranéen, caractérisé par deux périodes différentes, l'une pluvieuse humide, l'autre sèche. Avec une pluviométrie de 570 mm/an et une température moyenne annuelle d'ordre de 18°C.

Le territoire de la Wilaya se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud (figure 4). Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été. Quant à la pluviométrie, on enregistre :

- 654 mm/an à la station de Guelma.
- 627 mm/an à la station d'Ain Larbi.
- 526 mm/an à la station de Medjez Amar.

Cette pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 1000 mm/an au Nord.

Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre à Mai).

La zone d'étude y est marquée par un réseau hydrographique constitué par l'Oued principal Seybouse qui parcourt la plaine, présentant l'axe de drainage d'un bassin versant de 6471 km².

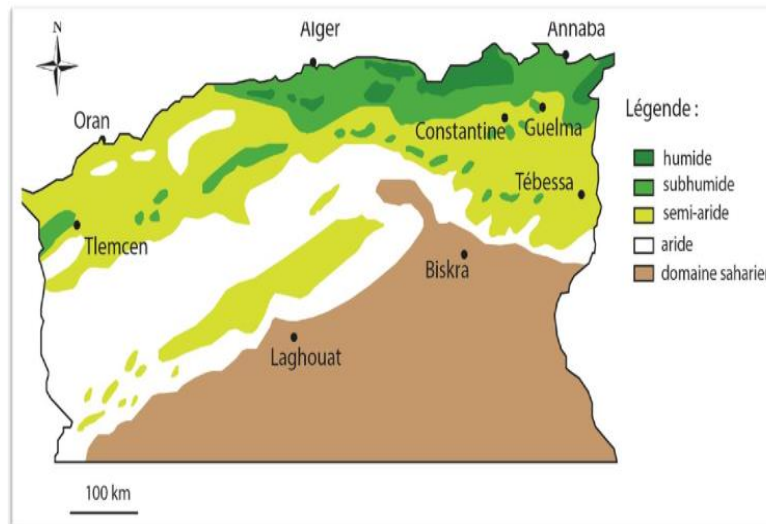


Figure. 6 : Carte bioclimatique du nord de l'Algérie (Nedjraoui & Bedrani, 2008).

5. Cadre biotique :

La région de Guelma recèle des écosystèmes différents (Forêt, Oueds, couvert végétal,...), on y trouve une biodiversité significative (URBACO, 2012).

5.1. La faune :

La faune dans cette région est très diversifiée. Parmi les espèces existantes, on peut citer :

- **Les mammifères :** le Sanglier, le Chacal, le Renard, le Lièvre, le Lapin, le Gerboise, le Cerf de Barbarie qui est une espèce protégée dans la réserve nationale de Béni Salah,
- **Les oiseaux :** Les rapaces,
- **Les reptiles :** la Tortue, le Lézards et la Couleuvre (URBACO, 2012).

5.2. La flore :

La couverture forestière de la wilaya de Guelma est constituée principalement par le chêne liège *Quercus suber* et le chêne vert *Quercus ilex* avec une superficie de 17 680,5 ha soit 54%, suivie par le pin d'Alep *Pinus halepensis* avec une surface de 5 715,5 ha soit 18%, l'Eucalyptus avec une superficie de 3530 ha soit 11%. Les superficies des autres essences, sont assez significatives

(chêne zen 2201 ha, pin maritime *Pinus pinaster* et pin pignon Pin parasol 1638 ha, cyprès 1019 ha, et liège privé 804,55 ha) (URBACO, 2012).

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Chapitre 02 : Matériel et méthodes :

I. Choix des stations et prélèvement :

1. Choix des stations :

Deux stations ont été choisies :

Station (1) : Le robinet d'eau traitée provenant du barrage Bouhamdane destinée à la consommation humaine.

Station (2) : Le robinet d'eau provenant du forage destiné à la consommation humaine.

2. Prélèvements de l'eau :

Notre étude a été effectuée durant la période du mois de Février et le mois de Mars, la fréquence de prélèvement des échantillons s'était une fois par semaine au niveau de chaque station (pendant 06 semaines successives) (**Annexe 01**).

✓ Technique de prélèvement de l'eau :

Pour prélever de l'eau, on a utilisé des bouteilles de 1L. Tout d'abord, la bouteille doit se rincer trois fois puis elle se remplit jusqu'au bord avec l'eau à analyser.

3. Transport et conservation des échantillons :

Les bouteilles doivent être soigneusement étiquetées et transmises sans retard au laboratoire, il importe de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures. En aucun cas l'analyse ne doit être effectuée lorsque le délai dépasse 24 heures. Si le transport doit dépasser une heure, il faut utiliser une boîte isotherme munie d'éléments réfrigérants (**Guiraud, 1998**), (**Photo 01**).



Photo 1 : Milieu de conservation des échantillons (**Zerdoudi & Segouali ,2022**).

II. Les analyses physico-chimiques :

1. Mesure de la température, la conductivité électrique et la salinité, TDS :

✓ Principes :

- Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH d'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et leur origine (**Rodier J, 1996**) .
- La mesure de la conductivité permet de connaître la proportion de sels sous forme d'ions dissous. La conductivité est également fonction de la température de l'eau ; elle est importante lorsque la température augmente [03].
- La salinité est un facteur écologique propre aux biotope aquatique (mais aussi au sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autre sel dissous dans les eaux (**Ramade ,2011**).
- La TDS ou minéralisation totale correspondant à la masse des minéraux dissous (anions et cations) et non dissous (la silice) exprimées en mg /l (**Guiraud et al., 1980**).

✓ Matériel :

-Eau à analyser,

-Bécher à 250 ml,

-Eau distillée

Appareil de mesure Multi paramètre (**Photo02**)

✓ Mode opératoire :

-Remplissez le bécher avec de l'eau à analyser

-Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée

-Plonger l'électrode dans le bécher et cliquer sur le bouton : On

-L'Appareil affiche directement les résultats

-Noter la valeur de TDS et cliquer sur le bouton (x) pour changer le paramètre,

-Laisser un moment jusqu'à l'affichage de la valeur de conductivité électrique, puis la température, et ensuite la salinité.

- Noter les résultats (**Atamenia & Ziaya, 2020**).

✓ **Appareillage :**

-Appareil de mesure Multi-paramètre

**Photo 2 :** Multi paramètre WTW (Zerdoudi & Segouali, 2022)**2. Mesure du pH :**✓ **Principe :**

La mesure du pH d'une solution est effectuée par la mesure d'un potentiel d'une électrode à hydrogène du pH mètre plongée dans la solution (NA751) (**Photo 03**).

Tableau. 3 : Classification des eaux d'après leur pH [03]

pH<5	Acidité forte	Présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelle
pH=7	pH neutre	Eau potable
7<pH<8	Neutralité approchée	Majorité des eaux de surface
5,5<pH<8	Neutralité approchée	Majorité des eaux souterraine
pH=8	Alcalinité forte	Evaporation intense

✓ **Matériel :**

- Eau à analyser
- Bécher à 250 ml
- Eau distillée
- pH-mètre à électrode en verre (**photo 03**).

✓ **Mode opératoire :**

- Remplissez le bécher avec de l'eau à analyser,
- Rincez bien l'électrode avec de l'eau distillée,
- Plonger l'électrode dans le bécher,
- Cliquer sur le bouton AR ensuite sur ENTRER,
- Attendez quelques secondes que le résultat apparaisse,
- Noter le résultat du pH. (**NA751**) et classer les eaux selon le tableau 03.

✓ **Appareillage :**

- PH-mètre à électrode en verre (**Photo 03**).



Photo 3 : pH mètre WTW (Zerdoudi & Segouali, 2022)

3. Mesure de la turbidité :✓ **Principe :**

La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organique, argile, organismes microscopiques). Une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre ((HACH 2100 N) [03])

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau (**Tableau 04**)

Tableau. 4 : Classes de turbidité usuelle (NTU.nephelometric turbidity unit) [03]

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

✓ **Matériels :**

- L'eau à analyser
- Bécher à 250 ml
- L'eau distillée
- Turbidimètre (HACH 2100 N) et une cuvette de mesure (**Photo 04**)

✓ **Mode opératoire :**

- Rincer bien la cuvette avec de l'eau distillée
- Remplissez la cuvette avec de l'eau à analyser jusqu'au trait jaugé
- Vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure
- Mettez la cuvette dans l'appareil de mesure et cliquer sur ENTRER (Photo 04)
- L'appareil affiche directement le résultat en NTU
- Noter le résultat de la turbidité (**ISO 7027 ,1999(F) ; Norme ISO5667 ,2004(F)**).

✓ **Appareillage :**

- Turbidimètre (HACH 2100 N) et une cuvette de mesure (**Photo 04**).



Photo 4 : Turbidimètre HACH 2100 N (Zerdoudi & Segouali, 2022)

4. Détermination le des résidus secs (RS) :

✓ Principe :

-Evaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matière fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu (Norme NA6945 ; Norme ISO, 2004(F)).

✓ Matériel :

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

✓ Mode opératoire :

- Peser le bécher à vide, et noter le poids PV
- Prélever 200 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et la déverser dans un bécher
- Porter ce dernier à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures (Rodier, 1999).
- Laisser refroidir pendant 1/4 d'heure au dessiccateur
- Peser immédiatement et rapidement, et noter le poids Pp

✓ **Expressions et résultats :**

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

Avec :

Pp : Poids du bécher plein en mg

PV : Poids du bécher après évaporation en mg [04]

5. Détermination des matières en suspension (MES) :✓ **Matériel spécial :**

- Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe)
- Membranes de filtration.

✓ **Principe :**

La méthode gravimétrique repose sur le calcul de la masse de matière sèche (mg/l) obtenue après séparation de MES de l'eau puis déshydratation à 105°C. La séparation de MES se fait à l'aide d'un équipement de filtration sous vide ou sous pression qui permet le passage de l'eau à analyser sur le filtre en fibres de verre. Les MES sont retenues sur le filtre qui est ensuite séché à 105°C, de manière à éliminer l'eau retenue dans le filtre. La masse du résidu retenue est déterminée par pesée (**Rodier, 1999**).

✓ **Mode opératoire :**

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser : soit M0 = masse des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans le dispositif de filtration sous vide et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (105°C) à fin de sécher pendant 20 minutes (Photo 05).
- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit M1 = masse des membranes après filtration (**Rodier, 1999**).

✓ **Expressions et résultats :**

$$MES \text{ (mg/l)} = [(M1 - M0) / V] \times 1000$$

Avec :

M1 : masse de membrane filtrante avant l'utilisation en mg

M0 : masse de membrane filtrante après l'utilisation en mg

V : volume d'eau à analyser en ml

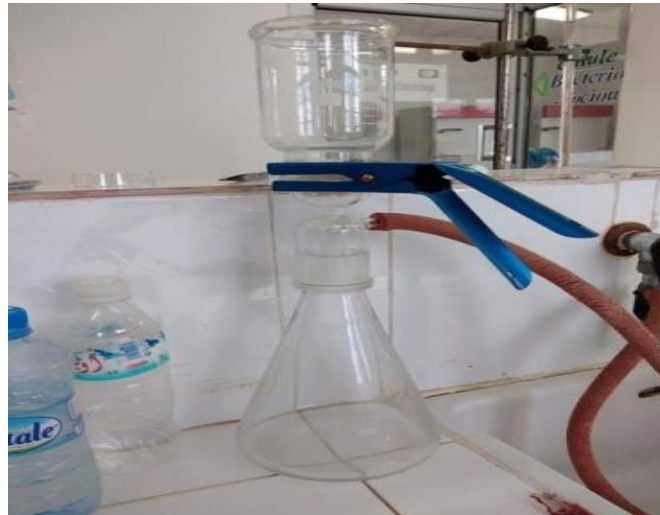


Photo 5 : Le dispositif de filtration sous vide. (Zerdoudi & Segouali, 2022).

6. Détermination de la matière organique (MO) :

✓ Matériel :

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

✓ Principe :

L'opération consiste à mesurer, en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans une eau (ISO 8467 NA 2064).

✓ Réactifs :

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

✓ Mode opératoire :

- Introduire dans un erlenmeyer de 500 ml, 100 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 10 ml d'acide sulfurique à 50%,
- Ajouter 10 ml de solution de permanganate de potassium N/80,
- Porter l'échantillon à l'ébullition ménagée pendant 10 minutes à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent avec la surface du liquide,
- Ajouter ensuite 10 ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer, prévenir immédiatement à la teinte rose faible,
- Retirer alors le béccher de la plaque et le poser sur l'agitateur,
- Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium N/80 jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30 secondes,
- Noter le volume V1 de la solution de permanganate consommé,
- Faire un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillée,
- Noter le volume V0 de la solution de permanganate consommé (**ISO 8467 NA 2064**).

✓ Expressions et résultats :

$$MO \text{ (g/l)} = V_{\text{échan}} - V_{\text{blanc}}$$

7. Dosage de L'Ammonium (NH₄⁺) :**✓ Matériel :**

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

✓ Principe :

La mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de Nitropentacyanoferrate (III) de sodium (**ISO 7150/1-1984 (F)**).

✓ Mode-opérateur :

- Prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml.
- Ajouter 4 ml (réactif I), puis ajouter 4 ml de la solution de réactif II,
- Compléter jusqu'à la jauge,
- Attendre 1h30 min,
- L'apparition de la couleur vert (Photo 06) indique la présence de l'ammonium effectué la lecture à 655 nm (**ISO 7150/1-1984 (F)**).

-

✓ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

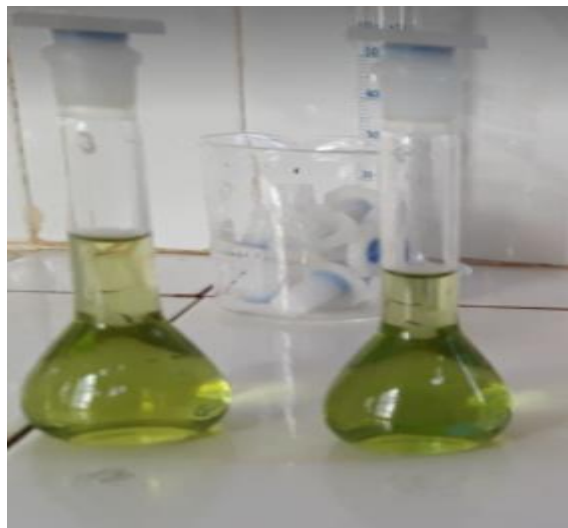


Photo 6 : Dosage de L'Ammonium NH_4^+ (**Zerdoudi & Segouali, 2022**)

8. Dosage des ions Nitrites (NO_2^-) :**✓ Principe :**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ($\text{pH}=1,9$) avec la sulfamilade en formant du sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl) éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge (**ISO 6777 NA 1657 ; Norme ISO 5667 ,2004(F)**).

✓ Matériel :

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes)
- Spectrophotomètre

✓ Réactifs :

Solution du réactif (Réactif mixte).

✓ Mode opératoire ;

-Prendre 50 ml d'eau à analyser

- Ajouter 1 ml du réactif mixte.

- Attendre 10mn.

- L'apparition de la coloration rose (Photo 07) indique la présence des NO₂-

-Effectuer la lecture à 543 nm (ISO 6777 NA 1657 ; Norme 5667, 2004 (F)).

✓ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.



Photo 7 : Dosage des ions Nitrites NO₂) (Zerdoudi & Segouali, 2022)

9. Dosage des nitrates NO₃⁻ par la méthode au salicylate de sodium :**✓ Principe :**

-En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (Rodier, 1978).

✓ Matériel :

-Balance analytique de laboratoire

-fioles de 100 ml

-Pipettes 10 ml, 5 ml, 2 ml, 1 ml et poires à pipeter

✓ **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
- H₂SO₄ concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.

✓ **Mode opératoire :**

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain Marie ou à l'étuve 75 - 88° C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps).
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄.
- Laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium. **(Rodier, 1978).**
- Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm)
(Photo 08)

✓ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.



Photo 8 : Dosage des nitrates NO₃⁻ (Zerdoudi & Segouali, 2022).

10. Dosage des phosphates (PO_4^{3-}) :**✓ Principe :**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm) (**ISO 6878**).

✓ Matériel :

-Matériel courant de laboratoire : verrerie (fioles et pipettes)

-Spectrophotomètre

✓ Réactifs :

Réactif- mélange ascorbique.

✓ Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser 1 ml d'acide ascorbique

-Ajouter 2 ml du réactif-mélange

- Attendre 10 mn.

-L'apparition de la coloration bleue (Photo 09) indique la présence des $\text{PO}_3\text{-4}$. (**ISO 6878**).

✓ Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.



Photo 9 : Dosage des phosphates PO_4^{3-} (Zerdoudi & Segouali, 2022).

11. Dosage de sulfate SO_4^{2-}

✓ Principe :

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum (**Norme ISO 5667,2004(F)**).

✓ Matériel :

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

✓ Réactifs :

- Solution –mère de sulfates à **1 g/l** à partir de Na_2SO_4
-Peser *4.43g* de Na_2SO_4 et *1 000 ml* d'eau distillée.

- Solution stabilisante contient de :

-Acide chlorhydrique (*60 ml*)

-Ethanol (*200 ml*)

-Chlorure de sodium (*150 ml*)

-Eau distillée (*600 ml*)

- Solution de chlorure de baryum contient de :

-Chlorure de baryum (*150 g*)

-Acide chlorhydrique (*5 ml*)

-Eau distillée (*1 000 ml*).

✓ Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum
- Agiter énergiquement pendant 1 mn (Photo 10)
- Passer au spectrophotomètre à $\lambda = 420 \text{ nm}$ (**Norme ISO 5667,2004(F)**).

✓ Expression des résultats :

$\text{Mg/l SO}_4^{2-} = \text{La valeur lue sur le spectro-} \times \text{la dilution.}$

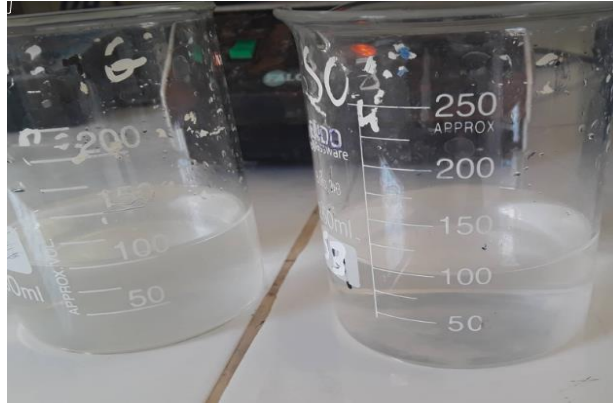


Photo 10 : Dosage de sulfate SO_4^{2-} (Zerdoudi & Segouali, 2022)

12. Dosage de fer :

✓ Principe :

Le complexe fer (II) – phénanthroline –1,10 est stable dans l'intervalle de pH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510nm (coefficient d'absorption $11 \times 10^3/\text{mol.cm}$) (ISO 6332 ; ISO 5667).

✓ Matériel :

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

✓ Réactifs :

- Tampon d'acétate
- Chlorhydrate d'hydroxylamine
- Solution de phénanthroline-1,10

✓ Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml
- Ajouter 1 ml de la solution Chlorhydrate d'hydroxylamine
- Ajouter 2 ml de la solution Tampon d'acétate
- Ajouter 2 ml de la solution de phénanthroline

- Attendre 15 mn.

-Enfin passer au spectro pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm. (ISO 6332 ; ISO 5667). (Photo 11)

✓ **Expression des résultats :**

Le résultat est donné en mg/l.

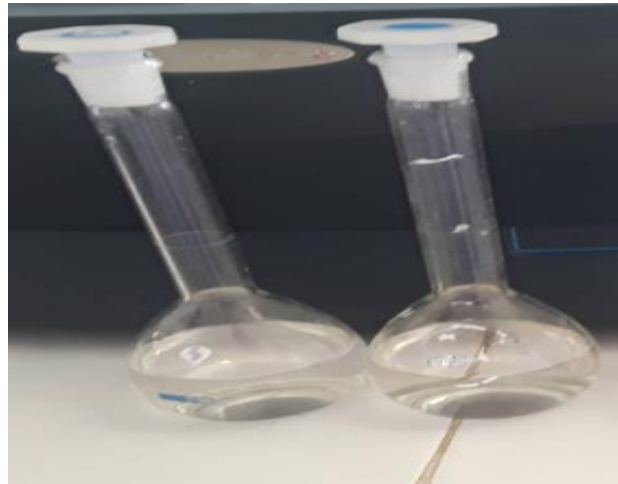


Photo 11 : Dosage de fer (Zerdoudi & Segouali, 2022).

Chapitre 03 : Résultats et discussion

Chapitre 03 : Résultats et discussion :

I. Les paramètres physico-chimiques :

1. La température (T°) :

La mesure de la température est nécessaire puisqu'elle joue un rôle important dans la solubilité des gaz, la dissociation des sels dissous et la détermination du pH et sur la vitesse des réactions chimiques en général (Rodier *et al.*, 2009).

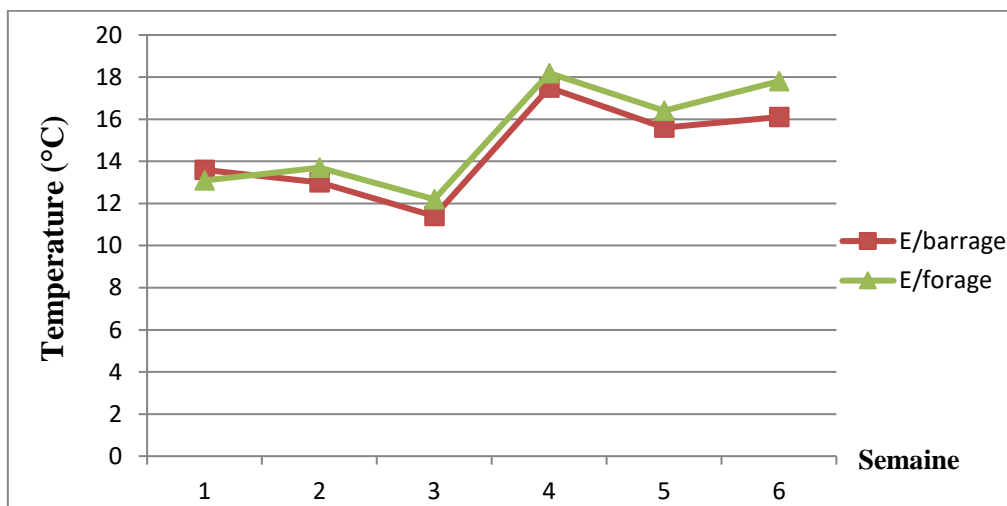


Figure. 7 : Les variations des valeurs de la Température dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

La figure (07) représente la variation spatiotemporelle de température dans les eaux de barrage et de forage. Le résultat obtenu montre que les valeurs de Température des eaux, de barrage et de forage, analysées durant les 06 semaines se varient entre une valeur minimale de 11,4 et une valeur maximale de 17,5 pour les eaux de barrage ; et une valeur minimale de 12,2 et maximale de 18,19 pour les eaux de forage.

En effet, les valeurs mesurées de la Température sont conformes aux normes algériennes et normes de l'OMS qui est (25°C).

2. Le potentiel d'hydrogène :

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Le traitement de l'eau potable peut modifier sensiblement le pH qui contrôle l'action de désinfectant (chlore) (Chaden, 2014).

La figure suivante montre la variation spatiotemporelle de valeurs de pH dans les eaux de barrage et de forage.

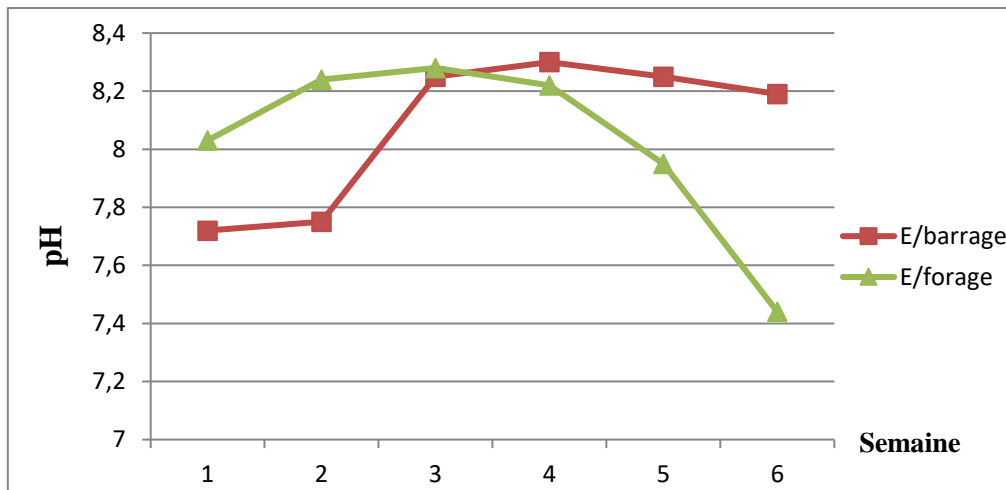


Figure. 8 : Les variations des moyennes de pH dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les valeurs relatives de pH enregistrés durant notre étude sont situées entre 7,72 et 8,3 pour les eaux de barrage, entre 7,44 et 8,22 pour les eaux de forage (Figure. 08).

Le pH de ces eaux s'est avéré proche de la neutralité dans toutes les eaux du barrage et de forage, et leurs valeurs se situaient dans la norme algérienne (le pH variait de 6,5 et 9,5) (**Bouteldjaoui, 2014**).

3. La turbidité :

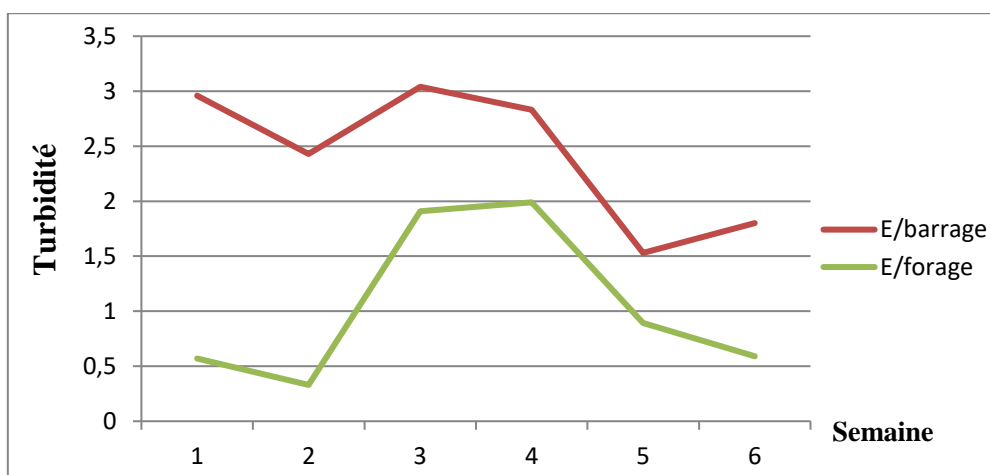


Figure. 9 : Les variations des moyennes de la turbidité dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc... (**Coulibaly, 2005**).

Le graphique ci-dessus (figure 09), illustre la fluctuation spatiale et temporelle des valeurs de turbidité dans les eaux de barrage et de forage.

Les eaux du barrage présentent une turbidité qui varie de 1,53 NTU à 3,04 NTU. Pour les eaux de forage les valeurs se varient de 0,33 NTU à 1,99 NTU.

Les résultats des mesures de turbidité ont révélé que toutes les valeurs de ce paramètre ne dépassent pas les normes nationales 5 NTU (**Bouteldjaoui, 2014**).

4. La conductivité électrique CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$) :

Selon (**Rodier et al., 2009**), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

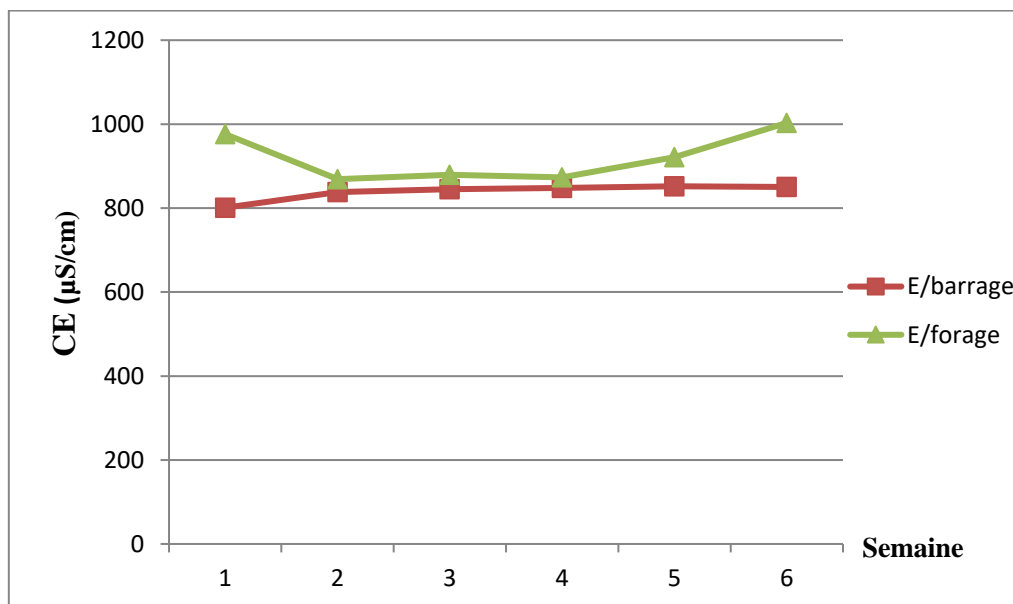


Figure. 10 : Les variations des moyennes de la CE dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

La figure au-dessus (figure 10), illustre la variation des valeurs de la conductivité électrique dans les eaux de barrage et de forage.

Les valeurs de la conductivité enregistrées dans notre travail varient entre 801 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 852 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux de barrage et entre 869 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1003 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour les eaux de forage.

Toutes les valeurs ne dépassent pas la norme algérienne de potabilité fixée à 2800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (**Bouteldjaoui, 2014**), les eaux sont donc moyennement minéralisées.

5. La salinité (SAL) :

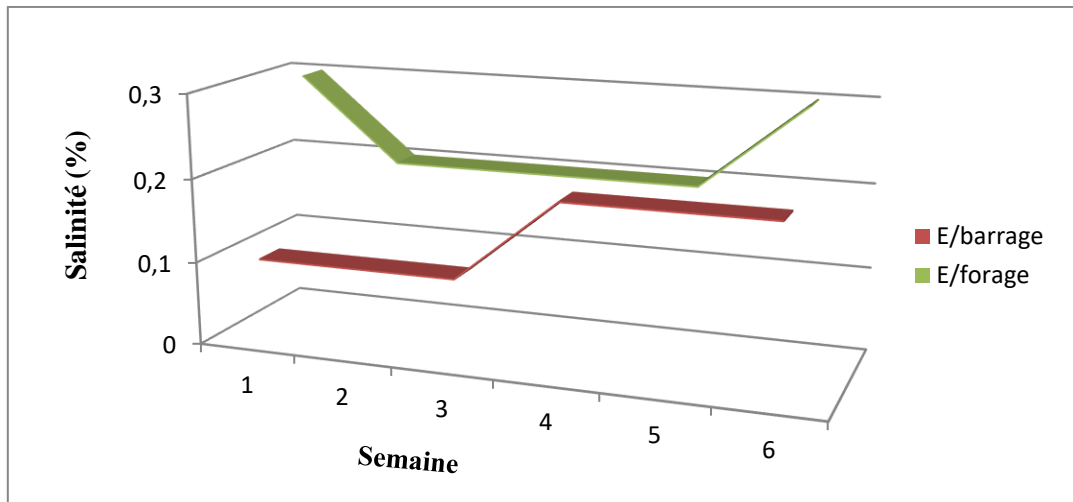


Figure. 11 : Les variations des valeurs de la salinité dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les valeurs trouvées dans les eaux analysées se varient entre 0,1% à 0,3% pour les eaux de barrage et de forage. La salinité de ces eaux est convenue dans la norme algérienne qui est fixée à 1,5 %.

6. Sels dissous (TDS) :

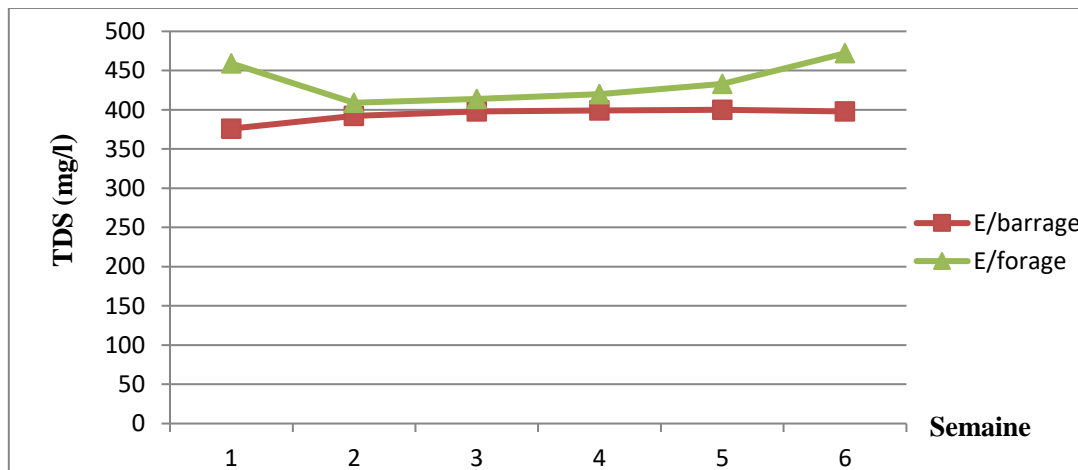


Figure. 12 : Les variations des valeurs de TDS dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les valeurs de TDS enregistrées dans notre travail varient entre 376 mg/l et 400 mg/l pour les eaux de barrage et entre 409 mg/l et 472 mg/l pour les eaux de forage.

Toutes les valeurs de TDS enregistrés sont moins de 1000 mg/l, ce qui est cohérent avec les normes algériennes.

7. Matières en suspension (MES) :

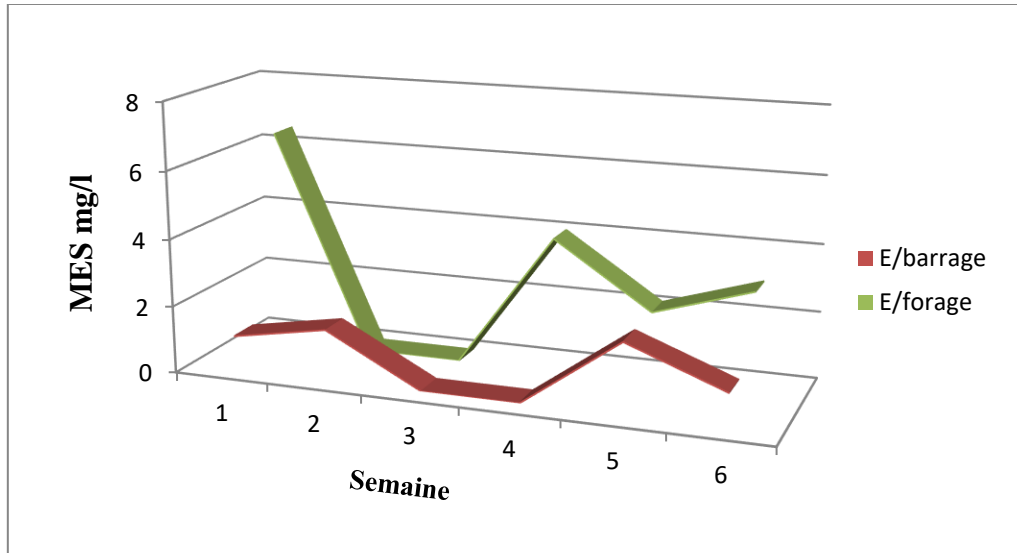


Figure. 13 : Les variations des valeurs de MES dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Dans les eaux superficielles, les MES peuvent provenir soit des effets de l'érosion naturelle du bassin versant suite à de violentes précipitations, soit des rejets d'eaux résiduaires urbaine ou industrielles. Leurs effets sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont très néfastes. En effet, elles peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminué l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique (**Rodier, 1976**).

Les valeurs de MES enregistrées dans notre travail varient entre 0 et 2,1 pour les eaux de barrage et entre 0 et 6,5 pour les eaux de forage. Selon (**ANRH, 1999**), les eaux sont de bonne qualité.

8. Résidu sec :

Le résidu sec est la quantité de la matière solide dans l'eau, autrement dit : la somme des matières en solution et en suspension, Ces dernières profèrent à l'eau sa couleur brunâtre et parfois sombre, ce qui conditionne la pénétration de la lumière dans le milieu et qui influence ainsi la faune et la flore aquatique (**Rodier, 2005**).

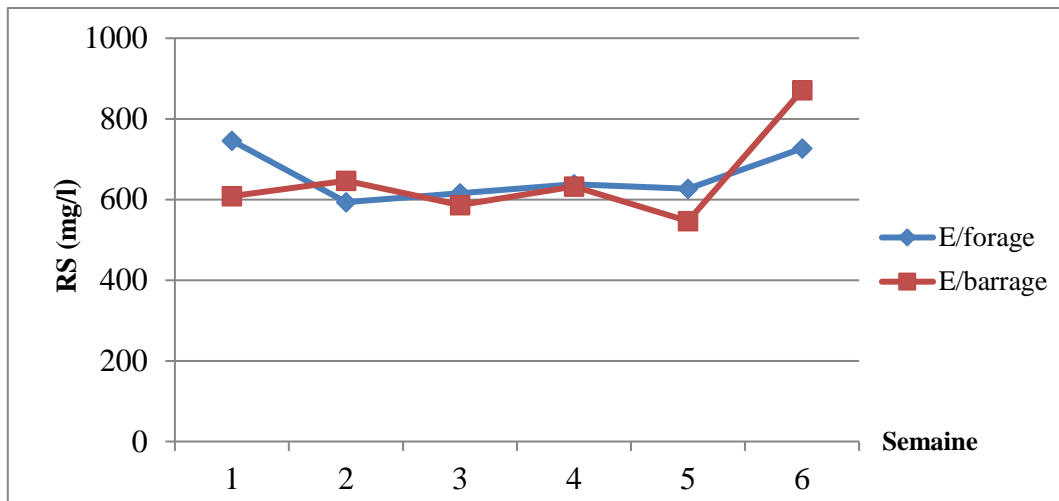


Figure. 14 : Les variations des valeurs des résidus secs dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les valeurs des RS enregistrées dans notre travail varient entre 546,5 mg/l et 871 mg/l pour les eaux de barrage et entre 593,5 mg/l et 746 mg/l pour les eaux de forage (figure 14). Ces valeurs ne dépassent pas les normes algériennes qui sont fixées à 1500 mg/l (**Bouteldjaoui, 2014**). Les eaux analysées sont de bonne qualité.

II. Les paramètres de pollution :

1. Les nitrites (NO_2^-) :

Selon Rodier (1976), en l'absence de pollution, il n'y a pas ou il y a très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active. Si la pollution est sensible, celle-ci devient significative au-delà de 1 mg/L. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte.

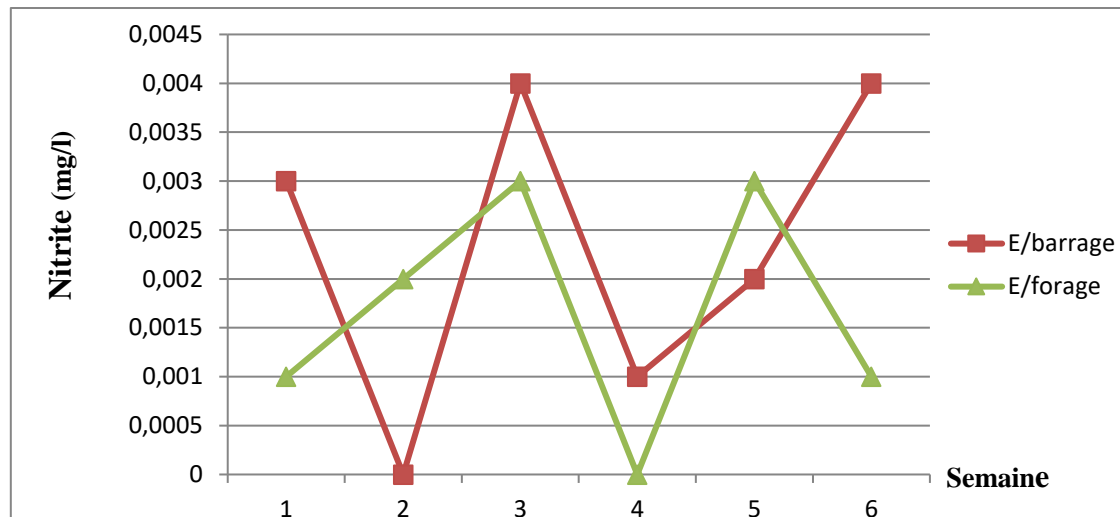


Figure. 15 : Les variations des valeurs de Nitrite dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Comme il est indiqué sur la figure, les valeurs de nitrite dans les eaux de barrage varient de 0 mg/l au 0,004 mg/l, les mêmes valeurs sont trouvées dans les eaux de forage (figure 15).

Ces valeurs n'ont pas dépassé les normes nationales et internationales (0.2 mg/l) (OMS, 2006 ; Jora, 2011).

Selon (Rodier *et al.*, 2009). les Nitrites pouvant apparaître comme sous-produits lors de la chloration de l'eau, cette disposition permet de maintenir la chloration tout en garantissant un niveau adéquat de protection pour les consommateurs.

2. Les Nitrates :

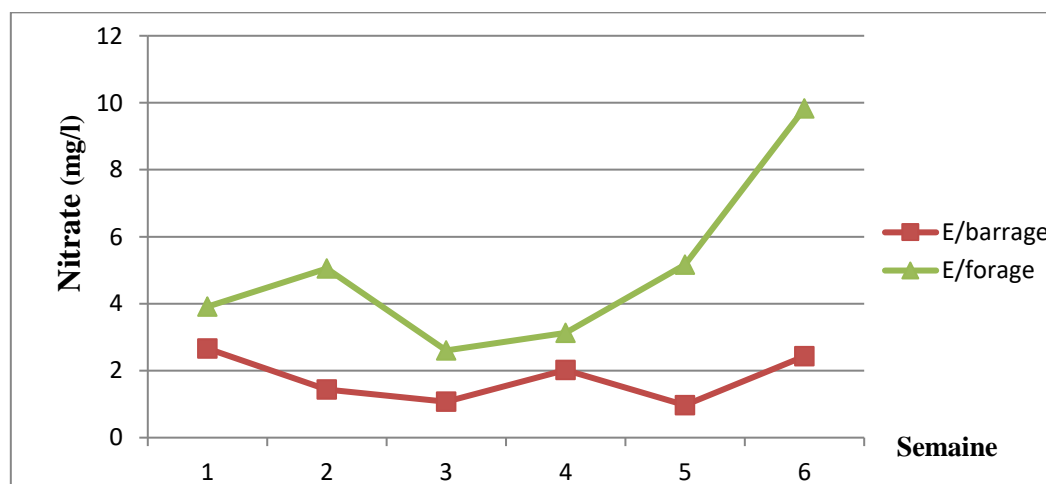


Figure. 16 : Les variations des valeurs de Nitrate dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les nitrates existent à l'état naturel, dans les sols, les eaux tant de surface que souterraines et toutes les matières végétales. Ils parviennent aux rivières par les nappes d'eau souterraines et par le ruissellement des terres agricoles en hivers. Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution (**Djermakoye, 2005**).

Les valeurs de nitrate enregistrées dans notre travail varient entre 0,97 mg/l et 2,66 mg/l pour les eaux de barrage et entre 2,603 mg/l et 9,83 mg/l pour les eaux de forage (Figure. 16). Il est à souligner que les valeurs enregistrées sont dans les normes nationales et traduit une eau de bonne qualité (**Bouteldjaoui, 2014**).

3. Les phosphates (PO_4^{3-}) :

Le phosphore joue un rôle très important dans le développement des algues, avec les nitrates, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les écosystèmes aquatiques ou il contribue à l'eutrophisation. En effet, les phosphates peuvent avoir pour origine le lessivage des terres cultivées enrichies en engrais phosphatés ou traités par certains pesticides (**Rodier et al., 2009**).

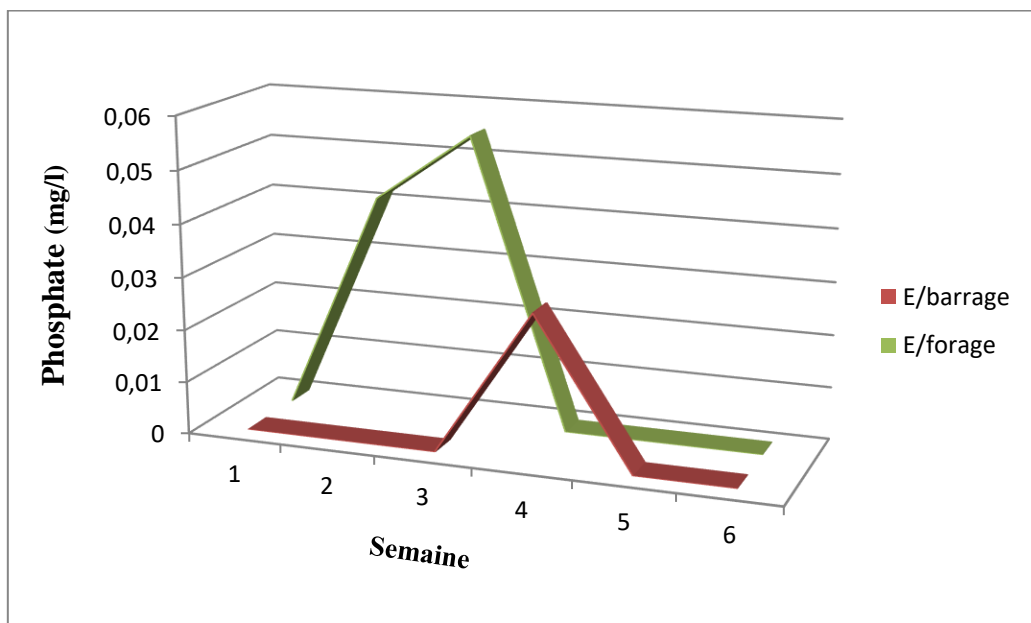


Figure. 17 : Les variations des valeurs de Phosphate dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Comme il est indiqué dans la Figure. 11, les valeurs de PO_4^{3-} dans les eaux de barrage varient de 0 mg/l à 0,028 mg/l, et de 0 mg/l au 0,055 dans les eaux de forage. La qualité des eaux analysées est de très bonne et conforme aux normes algériennes qui donnent une valeur limite de 5 mg/l pour le Phosphore (**Bouteldjaoui, 2014**).

4. L'ammonium (NH₄⁺) :

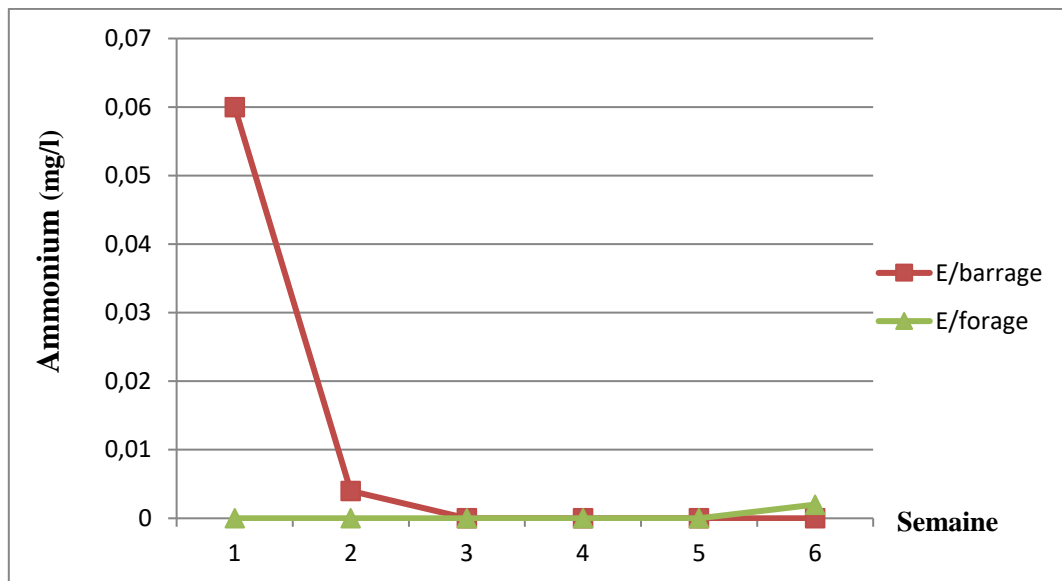


Figure. 18 : Les variations des moyennes de NH₄⁺ dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les résultats obtenus à partir des analyses d'ammonium des eaux de barrage et de forage sont représentés dans la figure, ces résultats varient entre 0,004 mg/l et 0,06 mg/l dans les eaux de barrage ; les valeurs dans les eaux de forage sont 0 mg/l dans les 05 premières semaines et 0,002 mg/l pour la 6^{ème} semaine. Les teneurs en Ammonium des eaux analysées sont acceptables et répondent aux normes de potabilité nationales (0.2 mg/l) (**Bouteldjaoui, 2014**).

L'élimination des ions Ammonium de l'eau est réalisée par deux types de procédés :

-Physico-chimique : en utilisant le chlore qui va former des chloramines avec l'ammonium, puis avec des doses plus fortes va détruire les chloramines.

-Biologique : en utilisant de bactéries nitrifiantes se développant sur un support et qui vont utiliser les ions ammonium pour leur métabolisme et les oxydés en nitrates par un processus de nitrification (**Rejsek, 2002**).

5. Sulfate :

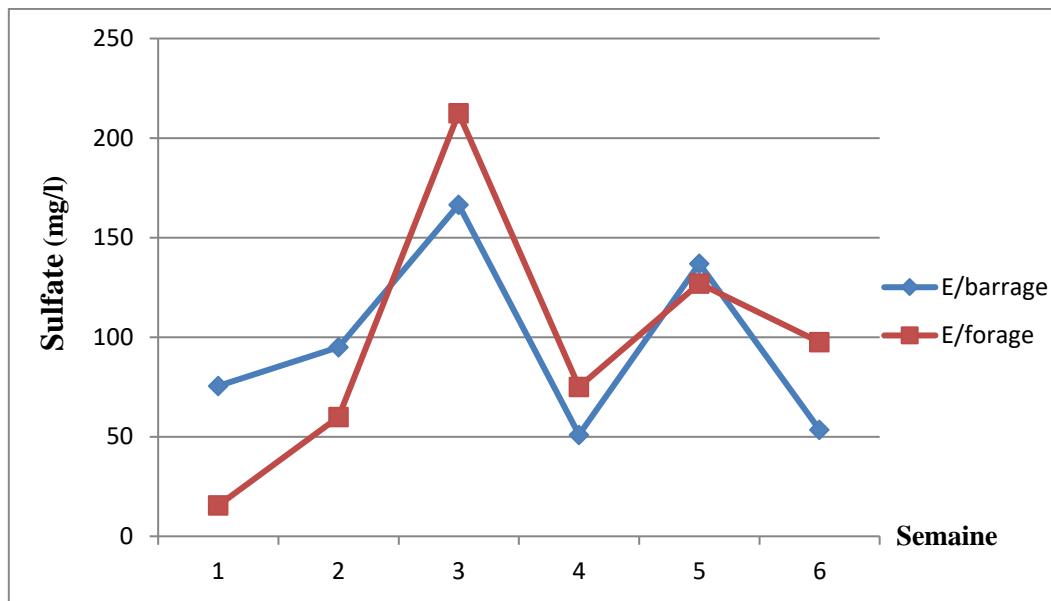


Figure. 19 : Les variations des valeurs de Sulfate dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Les résultats obtenus à partir des analyses de sulfate des eaux de barrage et de forage sont représentés dans la Figure. 13. Pour les eaux de barrage, ses valeurs varient entre 51 mg/l jusqu'au 166,5 mg/l, ainsi que les valeurs dans les eaux de forage varient entre 15,5 mg/l et 212,5 mg/l. il est à signaler que les valeurs sont conformes aux normes algériennes (400 mg/l), les eaux sont de bonne qualité (**Bouteldjaoui, 2014**).

6. Le fer :

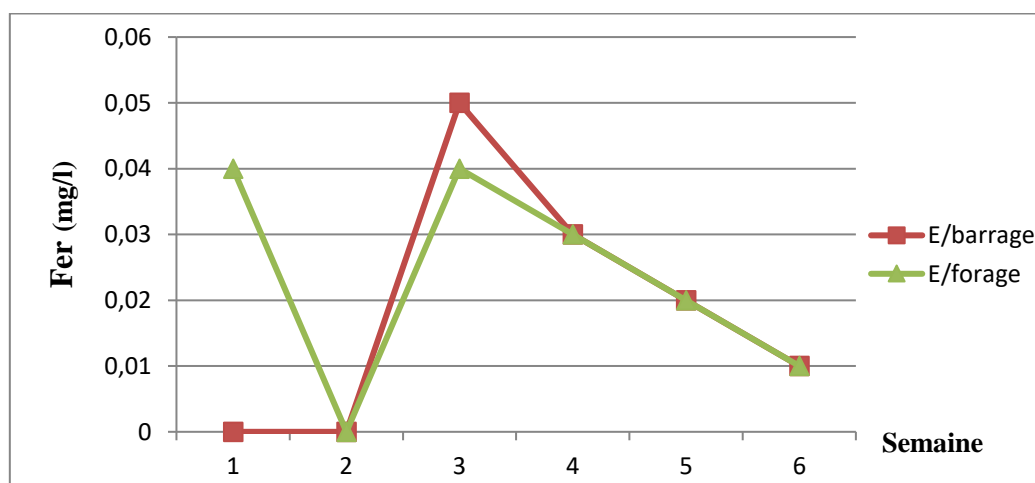


Figure. 20 : Les variations des valeurs de Fer dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

Le résultat obtenu montre que les valeurs de Fer des eaux, de barrage et forage, analysées durant les 06 semaines se varient entre une valeur minimale de 0 mg/l et une valeur maximale de 0,05 mg/l pour les eaux de barrage ; et une valeur minimale de 0 mg/l et maximale de 0,04 mg/l pour les eaux de forage. Les normes algériennes de potabilité exigent une valeur limite de 0,3 mg/l (Bouteldjaoui, 2014), les eaux sont de bonne qualité.

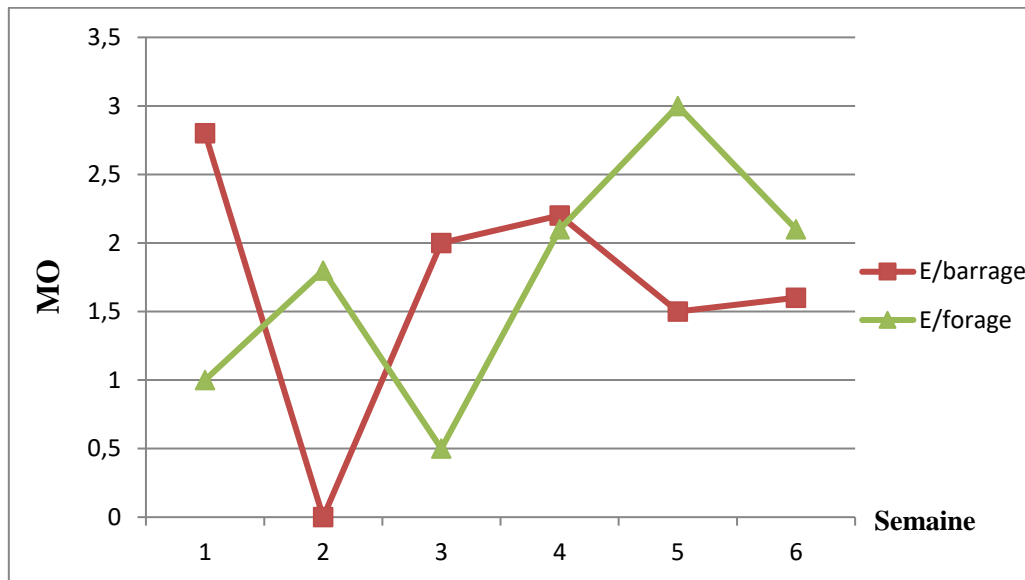


Figure. 21 : Les variations des valeurs de la matière organique dans les eaux des différents points d'échantillonnage.

La figure 15 montre les valeurs de la matière organique dans les eaux de barrage qui varient de 0 mg/l à 2,8 mg/l ; et de 0,5 mg/l à 3 mg/l dans les eaux de forage.

Conclusion

Conclusion

A l'issue de notre étude, nous nous sommes intéressées à l'analyse de certains paramètres physico-chimiques et paramètres de pollution des eaux de barrage Bouhamdane et des eaux de forage, de la wilaya de Guelma, conçus pour la consommation d'eau potable afin d'évaluer leur qualité à l'aide de normes de potabilité basées sur les normes algériennes.

Les analyses physico-chimiques montrent que ces eaux présentent généralement des eaux conformes à celle des normes algériennes avec :

- Le pH de ces eaux est proche à la neutralité, Une conductivité électrique traduit une minéralisation moyenne, la température est acceptable.
- Les valeurs des matières en suspension et résidus sec sont dans les normes, traduisent une eau de bonne qualité.
- Les teneurs en matière azoté (ammonium, nitrite, nitrate) reflétant une eau de bonne qualité.
- Les teneurs en phosphate, en sulfate et le fer sont relativement faible reflète une eau de très bonne qualité.
- Les variations de la présence de la matière organique sont dans la norme reflétant une eau non polluée.












Les résultats des analyses des paramètres physico-chimiques et de pollution de l'eau de consommation révèlent une conformité parfaite par rapport aux normes algériennes.

En effet, L'analyse des données obtenues nous a permis de tirer la conclusion suivante :

- Les eaux superficielles (Barrage Bouhamdane) et les eaux souterraines (eau de forage) sont de meilleure qualité, ces eaux doivent être réservées surtout pour les besoins domestiques.

À la lumière de la pertinence et de la complexité du problème traité, nous croyons que d'autres études pourront compléter et enrichir ce petit effort à l'avenir.

Références bibliographiques


-  **Abda A. (2014)** – Traitement des eaux de surfaces et les risques génotoxiques des sous-produits de chloration, thèse de doctorat. Université de Guelma.
-  **Atamenia N, Ziaya W. (2020)**. Traitement et analyses des eaux du barrage de Hammam Debagh. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université de 8 Mai 45 Guelma, 94p.
-  **BAZIZ N. (2008)**. Étude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire magister. Université colonel ElHadj Lakhdar Batna, P154.
-  **Benmarce K. (2007)**. Caractéristiques Physico-chimiques Et Isotopiques Des Eaux Souterraines Dans La Région De Guelma (NE algérien). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba.
-  **BENNANA M. (2013)**. Étude de la pollution de l'eau et du littoral du lac de Hassi ben Abdellah, Université Kasdi Marbah Ouargla. Faculté des sciences et de la technologie et science de la matière, P 7.
-  **BERNE F. (1972)**. Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Édition TECHNIP, P 207.
-  **Boeglin J.C. (2006)**. Contrôle Des Eaux Douces Et De Consommation Humaine. Dans: Techniques De L'ingénieur W1: Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.P4 210, Pp : 1-24.
-  **Boeglin J.C. (2006)**. Propriétés Des Eaux Naturelles. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 : Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap.G1 110, Pp: 1-8.
-  **Boucha F. (2018)**. Le géothermalisme de région de Guelma .Thèse de doctorat. Université de 8 Mai 45 Guelma .191p
-  **Bouteldjaoui F. (2014)**. Normes de qualité des eaux potables. Exposé, université Ziane Achour de Djelfa. Lien de téléchargement : <https://sites.google.com/site/normesdequalitedeseauxpotable2/geographie-d-algerie>
-  **Bouzaini M. (2000)**. L'eau de la pénurie maladie. Ed. IBN-KHALDOUN. , Oran: 59-64, Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O. PADV de Hassi ben abdallâh Phase1 :rapport d'orientation. P 1 4.

- 📖 **Cardot C. (1999).** Génie de l'environnement, des traitements de l'eau : procédés physicochimiques et bactériologiques. Edition Ellipses, P247.
- 📖 **Chaden, M. H. (2014).** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99
- 📖 **Chaouch R. Moumed S. et Mebarki F. (2009).** Suivi de quelques paramètres physicochimiques et bactériologiques dans les eaux du barrage et de l'Oued de Bouhamdane. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université de 8 Mai 45 Guelma, 56p.
- 📖 **Coulibaly K. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat en Médecine de Pharmacie et D'Odonto Stomatologie. Université de Bamako. Pp 33.
- 📖 **Desjardins R. (1997).** Le traitement des eaux, 2^{ème} édition revue et corrigée. Raymon. P302-304.
- 📖 **Djermakoye Moussa Moumouni H. (2005).** Les eaux résiduelles des tanneries et des teintureries: caractéristiques physico-chimiques; bactériologiques et impact sur les eaux souterraines et les eaux de surface. Thèse de doctorat.
- 📖 **Doubabi S. Rahli N. (2018).** Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin versant mahouna (Guelma). Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université de 8 Mai 45 Guelma, 55p.
- 📖 **Drissi S. (2008).** Qualité Des Eaux De Quelques Sources Dans La Région De Souk-Ahras. Mémoire De Magister. Centre Universitaire De Souk Ahras. 69 P.
- 📖 **Duvigneaud P. (1980).** La Synthèse Ecologique, 2^{ème} édition, Doin Editeurs, Paris. 380 P.
- 📖 **GAUJOUS-D, 1995,** La pollution des milieux aquatiques Technique et documentation. Ed. Lavoisier. Paris, P 220.
- 📖 **Gény P. Waechter P. et Yatchinovsky A. (1992).** Environnement Et Développement Rural: Guide De La Gestion Des Ressources Naturelles, Editions Frison-Roche (Ministère De La Coopération Et Du Développement, Agence De Coopération Culturelle Et Technique). 418 P.

- 📖 **Graini L. (2011).** Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire Magister Option : Optique appliquée. UNIVERSITE FERHAT ABBAS-SETIF. P 2
- 📖 **Guilbert L. (2000).** Chimie Dans La Buanderie, Projets d'Intégration des Sciences et des Technologies en Enseignement au Secondaire. p 21.
- 📖 **Guirad J. et Galzy P. (1980).** Analyse microbiologique dans l'industrie alimentaire ,les édition de l'usine nouvelle ,paris , 533p.
- 📖 **Guiraud J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod. 615p.
- 📖 **Guiraud J. ET Galzy P. (1980).** Analyse microbiologique dans l'industrie alimentaire, Les éditions de l'usine nouvelle. Paris. P 64-89.
- 📖 **Degrement, (1984).** TOME 1, Mémento technique de l'eau, 9^{ème} édition. Lavoisier, Paris.
- 📖 **Hadj S. (1999).** Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Thèse de Doctorat de l'Université de Nice –Sophia Antipolis, Nice, France, 1999
- 📖 **HAMED M, GUETTACHE A, BOUAMER L. (2012).** Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar, Mémoire d'Ingénieur d'état en biologie. Université de Bechar. P 7- 9.
- 📖 **Haslay C et Leclerc H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentations. P 400
- 📖 **Ilala A, Cherfaoui S. (2017).** *Contribution à l'évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouira .* Mémoire d'ingénieur d'état en biologie.Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira .60p
- 📖 **ISO 5667 :** Qualité de l'eau – échantillonnage.
- 📖 **ISO 6332 :** Qualité de l'eau –Dosage du fer – Méthode spectrométrique à la phénatroline – 1 ,10.
- 📖 **ISO 6777 NA 1657 :** Dosage des nitrites –Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire
- 📖 **ISO 6878 :** Détermination du phosphate PO_4^{3-} , Algérienne des eaux.
- 📖 **ISO 7027 ,1999 (F) :** Qualité de l'eau-Détermination de la turbidité (troisième édition).

- 📖 **ISO 7150/1-1984 (F)** : Dosage de l'ammonium méthode spectrométrique manuelle, Algérienne des eaux.
- 📖 **ISO 8467 NA 2064**) : qualité de l'eau –détermination de l'oxydabilité au KMnO₄ (Indice de permanganate)-Méthode à chaude en milieu acide.
- 📖 **Jean Claude B. (1992)**. Chimie des Eaux. 2ème Edition. Les éditions du griffon d'Argile. P 213-215.
- 📖 **Kahoul, M et Touhami M. (2014)**. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, pp.129-138.
- 📖 **Kettab A. (1992)** - Traitement des eaux (eaux potables). Ed. Office des publications universitaires.
- 📖 **Louis Schriver M. (2012)**. La gestion durable de l'eau : ressource, qualité, organisation. P 18.
- 📖 **Masmoudi A. (2011)**. Effet de la salinité des eaux et la fréquence d'irrigation sur le sol et le végétal. Université Mohamed Khider – Biskra. P 61.
- 📖 **Monod I. (1989)**. Mémento technique de l'eau Tome I 9ème édition du cinquantenaire, p1200.
- 📖 **Nouaria Z. (2018)**. Le stress hydrique en Algérie : cas de la wilaya de Guelma. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université de 8 Mai 45 Guelma, 77p.
- 📖 **OMS. (2006)**. Water and Sanitation Related Diseases fact.JORA, 2011). JORA. (2011). « journal officiel de la république algérienne ». N °18. P7-9.
- 📖 **Ouahchia, C., Hamaidi-Chergui, F., Hamaidi, M. S., Saidi, F. (2015)**. Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentés par la station de Sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-barrage de Boukourdane. Larhyss Journal. ISSN 1112-3680. n°23. Pp 139-154.
- 📖 **Ramad F. (2011)**. Introduction à l'écotoxicologie, les substances chimiques et l'écosphère à l'homme, Edition, Lavoisier, Paris, 828p.

- 📖 **Rejesk, F. (2002).** Analyse des eaux, 1^{er} Ed. CRDP Aquitaine. Bordeaux. ISBN : 2-86617-420-8. P360.
- 📖 **Rodier J. (1976).** L'analyse de l'Eau. Dunod, Paris (6^{ème} édition).
- 📖 **Rodier J. (1978).** RODIER J. (1978). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 6^{ème} édition
- 📖 **Rodier J. (1996).** Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8^{ème} édition, *Dunod* Paris 1130p.
- 📖 **Rodier J, Bazin C., Broutin J, Chambon P, Chapsaup H, Rodi L, (1996).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Ed. Dunod, Paris. P 30-31-204-205-380-500-1086-1335.
- 📖 **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. (2005).** L'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8^{ème} Ed. Dunod. Paris. P 1384.
- 📖 **Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009).** L'analyse de l'eau, Ed. Dunod, 78- 1368.
- 📖 **Rouyrre C. (2003).** Guide de l'eau, Comment moins polluer. Comment préserver.
- 📖 **Tamrabet L. (2011).** Contribution A L'étude De Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage. Thèse De Doctorat, Option Hydraulique. Université Hadj Lakhdar – Batna.
- 📖 **Salghi, R. (2000).** Différentes filières de traitement des eaux. Thèse d'habilitation. Université ibn zohr p 22.
- 📖 **Stéphanie P. (2013).** la qualité de l'eau de la ressource au robinet :proposition d'une méthodologie pour l'identification de situation à risque à l'échelle du bassin versant. Thèse de doctorat. Université Européenne de Bretagne. 368P
- 📖 **Teixeira J. (2006).** Les Mystères De L'eau. Dans : Techniques De L'ingénieur W1 Technologie Des Eaux. Techniques De L'ingénieur. Chap. Re 53, Pp : 1-8.
- 📖 **Touchart L. (2003).** Hydrologie : Mers, Fleuves Et Lacs. Armand Colin. Vuf. 190 P.
- 📖 **URBACO. (2012).** Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Guelma, Direction de programmation et de suivi budjitaire de la wilaya de Guelma. 187p.

 **Zaoui I. Ghaoui R. (2012)** . Conception de la station de traitement d'eau potable De Hammam Debagh-Guelma. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Université de 8 Mai 45 Guelma, 93p.

Références webographiques

[01] : **Infirmiers. (2022).** Cours ifsi - Biologie fondamentale - les molécules du vivant (partie 1). Lien : <https://www.infirmiers.com/etudiants-en-ifs/cours/cours-ifs-biologie-fondamentale-les-molecules-du-vivant-partie-1.html>

[2] : **Guide de l'eau, Français environnement. (2022).** Petite histoire de cycle de l'eau. Lien : <https://www.revue-ein.com/article/petite-histoire-du-cycle-de-l-eau>

[3] : **REFEA. (2022).** Centre Télématique Francophone sur l'Eau. Lien : https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm

Annexe

Tableau récapitulatif qui résume des fréquences de prélèvements.

<i>Date de prélèvement</i>	<i>Station</i>	<i>Heures du prélèvement</i>
22.02.2022	S1	9h30
	S2	9h10
27.02.2022	S1	9h25
	S2	9h30
07.03.2022	S1	9h05
	S2	9h30
14.03.2022	S1	9h15
	S2	9h10
23.03.2022	S1	9h08
	S2	9h12
28.03.2022	S1	9h10
	S2	9h30