

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945
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.

Spécialité/Option : Santé, Eau et Environnement / Microbiologie de l'environnement

Département : Ecologie et génie de l'environnement.

Caractérisation physico-chimique et bactériologique avant et après traitement de l'eau du barrage de Hammam Debagh-Geulma

Présenté par :

Bouzidi Soumia

Chelihi Zineb

Devant la commission composée de :

Mme Bedioui S.

Mr Gueroui Y.

Mme Torche A.

Mme Benhalima L.

Mr Houhamdi M.

Mme Amri S.

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Membre

Membre

Membre

Université de Guelma

Université de Guelma

Université de Guelma

Université de Guelma

Université de Guelma

Université de Guelma

Juin 2017

Remerciements

Remerciements

Au terme de ce travail nos sincère remerciements vont en premier lieu à Allah, le tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et le courage pour concrétiser ce modeste travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à Monsieur **Gueroui Yacine**, Maitre de conférences au Département de Biologie de l'Université de Guelma, qui nous a fait l'honneur de nous diriger et nous guider avec patience et gentillesse tout au long de la réalisation de ce travail. Ses encouragements, sa disponibilité constante et surtout ses conseils nous ont été d'une précieuse aide.

Nous tenons à remercier **Mme Bedoui** qui nous a honoré d'avoir acceper de présiderle jury, on remercie également **Mme Torche** d'avoir accepter d'examiner ce travail.

Sans oublier de conférer nos plus sincères remerciements à tous le personnel de la station detraitement des eaux potables de Hammam Debagh.

Et enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Résumé

Le barrage de Hammam Debagh, situé dans la Wilaya de Guelma à 25 Km à l'Ouest du chef-lieu, dépend administrativement de la Daïra de Hammam Debagh et de la Commune de Bouhamdane, occupant une superficie de 13000 hectares. Il est alimenté principalement par l'Oued Bouhamdane.

Notre travail consiste à déterminer la qualité de l'eau du barrage Hammam debagh par une analyse physicochimique et bactériologique, réalisée sur l'eau brute et l'eau traitée au niveau du laboratoire de traitement des eaux potables de Hammam Debagh, pendant les mois de Mars et d'Avril et qui doit assurer une qualité supérieure de ces eaux.

L'analyse physicochimique est portée sur la comparaison de la qualité des eaux avant et après traitement on se basant sur la mesure des paramètres physiques (la température, le pH, la conductivité, la turbidité et la MES) par un appareillage différent et le dosage de quelques éléments chimiques (l'Ammonium, Nitrites et Nitrate et le Phosphate) par des réactifs chimiques spécifiques.

Ainsi, nous avons réalisé une série d'analyses bactériologiques basée d'abord sur la recherche des : (Germe totaux, Coliformes totaux et fécaux, Streptocoques fécaux, ASR) et des germes pathogènes (*Salmonella*, *Vibrio*, *Staphylocoques*, *Pseudomonas*) on faisant des tests présomptifs et confirmatifs, et un dénombrement fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP.

D'après les résultats obtenus, on a constaté que les teneurs en nitrates sont moyennes dans l'eau brute et traitée et la valeur maximale notée dans cette dernière (0.85 mg/l) ne dépasse jamais les normes proposées par l'OMS.

Pour les germes d'origine fécale, on a marqué que la teneur en Streptocoques est élevée dans l'eau brute (18 UFC /100 ml), cette pollution fécale a été réduite significativement jusqu'à une élimination totale pour l'eau traitée. Une culture négative pour les ASR ainsi que les bactéries pathogènes est illustrée.

Donc, la bonne qualité de l'eau potable pompée de la station montre l'efficacité de son traitement et le bon rendement du processus et que ces eaux potables conforment à les normes proposées par la législation Algérienne.

Mots clés : Barrage, Station de traitement, Hammam Debagh, Guelma, Eau brute, Eau traitée.

Abstract

The dam of Hammam Debagh, located 25 km west to Guelma city, is administratively dependent on the Daira of Hammam Debagh and Bouhamdane Commune, occupying an area of 13,000 hectares. Mainly Oued Bouhamdane feeds it.

Our work consists in determining the water quality of the Hammam debagh dam by physicochemical and bacteriological analysis carried out on raw water and treated water at the Hammam Debagh's drinking water treatment laboratory during the months of Mars and April and which must ensure a superior quality of these waters.

Physicochemical analysis is carried out on the comparison of the water quality before and after treatment based on the measurement of the physical parameters (temperature, pH, conductivity, turbidity and MES) by a different apparatus and the dosage of some chemical elements (Ammonium, Nitrites and Nitrate and Phosphate) by specific chemical reagents.

Thus, we carried out a series of bacteriological analysis based on the research of: (Total germs, Total and Fecal Coliforms, fecal streptococci, ASR) and pathogenic organisms (*Salmonella*, *Vibrio*, *Staphylococcus*, and *Pseudomonas*) by Presumptive and confirmative tests, and counting which is done according to requirements of the Mac Grady's table NPP.

Based on the results obtained, Nitrate levels were found to be average in raw and treated water and the maximum value recorded in the raw water (0.85 mg / l) never exceeded the standards proposed by WHO.

For Fecal germs, Streptococcus content was reported to be high in the raw water (18 CFU / 100 ml), this fecal pollution was reduced significantly to complete elimination for the treated water. A negative culture for ASR as well as pathogenic bacteria is illustrated.

Therefore, the quality of the pumped drinking water of the station shows the efficiency of its treatment and the good performance of the process and that these drinking waters comply with the standards proposed by the Algerian legislation.

Keywords: Dam, Treatment plant, Hammam Debagh, Guelma, Raw water, Water treated.

ملخص

يقع سد حمام دباغ على بعد 25 كم غرب ولاية قالمة، تابع إداريا لدائرة حمام دباغ وبلدية بوحمدان، ويحتل مساحة قدرها 13000 هكتار. يتغذى بشكل رئيسي من قبل واد بوحمدان.

هدفنا من هذه الدراسة هو تحديد نوعية مياه سد حمام دباغ من خلال التحاليل البكتريولوجية والفيزيوكيميائية التي احريت بمخبر محطة معالجة المياه بحمام دباغ مع الأخذ بعين الاعتبار ان العينات تم اخدها من نقطتين الاولى تمثل المياه الخام والثانية تمثالا لمياه المعالجة خلال شهري (مارس وافريل) علما انه يجب على محطة معالجة المياه بحمام دباغ ضمان جودة أعلى لهذا المياه.

ترتكز التحاليل الفيزيوكيميائية على مقارنة جودة الماء قبل وبعد المعالجة ويستند ذلك على قياس المؤشرات الفيزيائية (درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والناقلية ودرجة النقاوة وكمية المواد المنحلة) من خلال أجهزة مختلفة وكذلك قياس بعض العناصر الكيميائية (الأمونيوم، النترينو النترات والفوسفات) بواسطة كواشف كيميائية معينة.

كما أجرينا سلسلة من التحاليل البكتريولوجية التي تعتمد أساسا على البحث عن: (الميكروبات العامة، والقولونيات العامة والبرازية، العقديات البرازية، الكلوسترديوم المرجعة للسلفيت) ومسببات الأمراض (السالمونيللا، الضمة، المكورات العنقودية، الزائفة) اعتمادا على الاختبار الافتراضي والتأكيدي، ويتم تعدادها وفقا لمتطلبات جدول ماكجراي NPP.

وفقا للنتائج، فقد وجدنا أن مستويات النترات المتوسطة في كل من المياه الخام والمعالجة وان القيمة القصوى (0.85 ملجم / لتر) لم تتجاوز المعايير المحددة من قبل منظمة الصحة العالمية.

اما بالنسبة للبكتيريا البرازية فوجدنا مستويات عالية من العقديات في المياه الخام (18 وتم / 100 مل)، كما لاحظنا انخفاض هذا التلوث البرازي إلى حد كبير بل اختفاه كليا في المياه المعالجة. كما سجلنا غياب بكتيريا الكلوسترديوم المرجعة للسلفيت والبكتيريا المسببة للأمراض.

لذلك، فإن مياه الشرب التي يتم ضخها من محطة المعالجة التابعة لسد حمام دباغ ذات نوعية جيدة مما يظهر فعالية المعالجة والاداء السليم للعملية وأن مياه الشرب تتوافق مع المعايير المقترحة من قبل تشريع الجزائر.

الكلمات المفتاحية: سد، محطة المعالجة، حمام دباغ، قالمة، مياه خام، مياه معالجة.

Liste des abréviations

ADE	: Algérienne Des Eaux.
ANB	: Agence National Des Barrages.
ASR	: Aérobie Sulfite-Réducteurs.
BCPL	: Bouillon Lactose A La Bromocresol-Pourpre
°C	: Degré Celsius.
CMA	: Concentration Maximales Admissibles
CT	: Coliformes Totaux
CF	: Coliformes Fécaux.
Cond	: Conductivité.
D/C	: Double Concentration
DMA	: Dose Maximales Admissibles.
E.P.A	: Eau Peptone Alcalin.
E. Coli	: Escherichia Coli.
GNAB	: Gélose Nutritive Alcaline Biliée.
g/m ³	: Gramme Par Mètre Cube.
h	: Heure.
K°	: Degrés Kelvin
l/s	: Litre Par Seconde
MES	: Matière En Suspension.
mg/l	: Milligramme Par Litre.
ml	: Millilitre.
mm	: Millimètre.
min	: Minute.
NPP	: Nombre Le Plus Probable.
N°	: Numéro.
OMS	: Organisation Mondiale De La Santé.
pH	: Potentiel D'hydrogène.
S/C	: Simple Concentration
SF	: Streptocoques Fécaux.
SM	: Solution Mère.
Staph	: Staphylocoques
TDS	: Taux Des Sels Dissous.

Tab : Tableau
Turb : Turbidité.
T : Température.
UFC : Unité Formant Colonies.
VF : Viande Foie.

Liste des tableaux

Nº	Titre	Page
Tableau 01	Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents responsables	08
Tableau 02	Principale caractéristiques du barrage Hammam Debagh	21
Tableau 03	Températures moyennes mensuelles en °C (2007-2016)	22
Tableau 04	Précipitations moyennes mensuelles en mm (2007-2016)	23
Tableau 05	Résumé des fréquences de prélèvements	27
Tableau 06	Evaluation du nombre de spores des ASR dans les sites de prélèvement	50

Liste des figures

Nº	Titre	Page
Figure 01	Cycle de l'eau dans la nature	03
Figure 02	Bassin du pré chloration	14
Figure 03	Bassin de coagulation	15
Figure 04	Bassin de floculation	16
Figure 05	Bassin de décantation	16
Figure 06	Bassin de Filtration	17
Figure 07	Réservoir de stockage	18
Figure 08	Photo satellitaire du barrage Hammam Debagh	19
Figure 09	Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh	20
Figure 10	Variation de la température : Guelma (2007-2016) A : moyenne mensuelle, B : interannuelle	22
Figure 11	Variation des précipitations : Guelma (2007-2016) A : moyenne mensuelle, B : interannuelle	23
Figure 12	Situation de la région de Guelma dans le Climagramme d'Emberger (2007-2016)	24
Figure 13	Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен, Guelma (2007- 2016).	25
Figure 14	Localisation des stations de prélèvements	26
Figure 15	Résultat de la recherche de l'ammonium	30
Figure 16	Résultat de la recherche de des nitrates (NO_3^-)	31
Figure 17	Résultat de la recherche des ions nitrites (NO_2^-)	32
Figure 18	Evolution spatio-temporelle de la température de l'eau au niveau de la station de Bouhamdane	41
Figure 19	Evolution spatio-temporelle du potentiel hydrogéné au niveau de la station de Bouhamdane	42
Figure 20	Evolution spatio-temporelle de la conductivité de l'eau au niveau de la station de Bouhamdane	43
Figure 21	Evolution spatio-temporelle de la turbidité de l'eau au niveau de la station de Bouhamdane	44

Figure 22	Evolution spatio-temporelle de la MES au niveau de la station de Bouhamdane	45
Figure 23	Evolution spatio-temporelle de la concentration de l'ammonium, des nitrites et des nitrates au niveau de la station de Bouhamdane	46
Figure 24	Evolution spatio-temporelle de la concentration des orthophosphates au niveau de la station de Bouhamdane	47
Figure 25	Variation spatio-temporelle du nombre de germes totaux au niveau de la station de Bouhamdane	48
Figure 26	Variation spatio-temporelle du nombre de coliformes totaux et fécaux au niveau de la station de Bouhamdane	49
Figure 27	Evolution spatio-temporelle du nombre de streptocoques fécaux au niveau de la station de Bouhamdane	50
Figure 28	Résultats de la recherche des ASR	51
Figure 29	Recherche des germes pathogènes	51

Table des matières

Remerciement

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction

1

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau

3

2. Cycle de l'eau

3

3. Différents origines de l'eau

4

3.1. Eau souterraine

4

3.1.1. Eau minérale

4

3.1.2. Eau de source

4

3.2. Eau de surface

4

3.2.1. Eau courante

5

3.2.2. Eau stagnante

5

4. Importance de l'eau

5

5. Pollution

5

5.1. Origine de pollution

6

5.1.1. Pollution domestique

6

5.1.2. Pollution industrielle

6

5.1.3. Pollution agricole

6

5.1.4. Pollution naturelle

6

6. Principaux polluants

7

6.1. Polluants physiques

7

6.2. Polluants chimiques

7

6.3. Polluants biologiques

7

7. Maladies à transmission hydrique	7
8. Critères de choix de la qualité des eaux	8
8.1. Paramètres physicochimiques	9
8.1.1. Température	9
8.1.2. pH	9
8.1.3. Conductivité	9
8.1.4. Turbidité	9
8.1.5. Taux des sels dissous	10
8.1.6. MES	10
8.1.7. Nitrite (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-)	10
8.1.8. Ammonium (NH_4^+)	11
8.1.9. Phosphate (PO_4^-)	11
8.2. Paramètres bactériologiques	11
8.2.1. Coliformes totaux	11
8.2.2. Coliformes fécaux	12
8.2.3. Streptocoques fécaux	12
8.2.4. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs (ASR)	12

Chapitre II : Traitement des eaux potables

1. Procédés de traitement des eaux potables	13
1.1 Prétraitement	13
1.1.1 Dégrillage	13
1.1.2. Dessablage	13
1.1.3. Débourbage	13
1.1.4. Tamisage	13
1.1.5. Aération	13
1.2. Pré chloration (Pré-oxydation)	14
1.3. Coagulation-floculation	14
1.3.1. Coagulation	14
1.3.2. Floculation	15
1.4. Décantation	16
1.5. Filtration sur sable	16
1.6. Désinfection (post-chloration)	17

1.7. Stockage de l'eau	17
------------------------	----

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Description du site d'étude	19
1.1. Situation géographique du Barrage de Hammam Debagh (Bouhamdane)	19
1.2. Localisation de la station de traitement	19
1.3. Caractéristiques du barrage de Hammam Debagh	20
1.4. Aperçu géologique	20
1.5. Réseau hydrographique	20
1.6. Aperçu climatique	22
1.6.1. Température	22
1.6.2. Précipitations	22
1.7 Synthèse climatique	23
1.7.1. Quotient pluviométrique d'Emberger	23
1.7.2. Diagramme pluviométrique de Bagnouls et Gausсен	24
1.8. Cadre biotique	25
1.8.1. Faune	25
1.8.2. Flore	25
2. choix des stations et prélèvement	26
2.1. Choix des stations	26
2.2. Echantillonnage	26
2.2.1. Matériel d'échantillonnage	27
2.2.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons	27
2.2.3. Méthode de prélèvement	27
2.2.4. Transport et conservation des échantillons	28
3. Analyses physico-chimiques	28
3.1. Mesure de température (T°) et du pH	28
3.2. Mesure de la conductivité (Cond)	28
3.3. Mesure de la turbidité (Turb)	29
3.4. Dosage de L'Ammonium (NH ₄₊)	29
3.5. Dosage des nitrates NO ₃ - par la méthode au salicylate de sodium	30
3.6. Dosage des ions nitrites (NO ₂ -)	31
3.7. Dosage des phosphates (PO ₄ ³⁻)	32

3.8. Détermination de la matière en suspension (MES)	33
4. Analyses bactériologiques	33
4.1. Recherche et dénombrement des germes totaux	33
4.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	34
4.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	35
4.4. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR)	36
4.5. Recherche des germes pathogènes	37
4.5.1. Recherche des Salmonelles	37
4.5.2. Recherche des <i>Vibrio</i>	38
4.5.3. Recherche des Staphylocoques pathogènes (<i>Staphylococcus aureus</i>)	38
4.5.4. Recherche des <i>Pseudomonas</i>	39

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. Paramètres physicochimiques	41
1.1 Paramètres physiques	41
1.1.1. Température	41
1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	42
1.1.3. Conductivité électrique	43
1.1.4. Turbidité	43
1.1.5. Matière en suspension	44
1.2. Paramètres chimiques	45
1.2.1. Ammonium, Nitrates et nitrites	45
1.2.2. Phosphate	46
2. Analyses bactériologiques	47
2.1. Germes totaux	47
2.2. Coliformes totaux et Coliformes fécaux	48
2.3. Streptocoques fécaux	49
2.4. <i>Clostridium</i> sulfite-réducteurs	50
2.5. Germes pathogènes	51
Conclusion	52
Références bibliographiques	
Annexes	

INTRODUCTION

L'eau est l'élément essentiel à la vie. Elle représente un taux très important dans la constitution de tous les êtres vivants (Gerard, 1999).

Les ressources en eau, utilisées pour nos divers besoins, proviennent des eaux dites de surface que l'on peut en partie stocker dans des barrages et dans des retenues de diverses tailles (Bahmed, 2004).

Sans cette matière simple et complexe en même temps la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures, et pour cela la technologie moderne nous a permis la conception des stations de traitement des eaux de surface pour pallier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau qui a été préservée pendant des siècles (Henri, 2012). Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme à la santé des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production d'eau potable, la mise en place de traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique (John et Donald, 2010).

En Algérie, le risque de contamination des eaux de surface représente un problème environnemental majeur qui remonte très loin dans le temps, où la qualité de ces eaux est également soumise à une forte pression exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle (Remini, 2005).

L'objectif du traitement est de protéger les consommateurs des microorganismes pathogènes et d'impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé. A cet effet, notre recherche est basée sur l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau brute et l'eau traitée au niveau de la station de traitement de Hammam Debagh qui comporte l'eau du barrage de Bouhamdane.

Cette étude est structurée en quatre chapitres interdépendants :

- ✓ **Le chapitre I** consiste à des généralités sur l'eau ;
- ✓ **Le chapitre II** est consacré pour les procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine.

- ✓ **Le chapitre III** comprend une description du site d'étude, les sites de prélèvement et la méthodologie utilisée pour la détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la station du traitement ;
- ✓ **Le chapitre IV** décrit sous forme de graphes et d'histogrammes en exposant les différents résultats obtenus au cours de l'étude.

1. Définition de l'eau

Substance liquide, transparente, sans saveur ni odeur, réfractant la lumière et susceptible de dissoudre un grand nombre de corps. Elle est formée chimiquement de deux molécules d'hydrogène et une molécule d'oxygène. L'eau se trouve dans la nature à trois états, solide, liquide, gazeuse [1].

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre. Environ 98 % de ces eaux sont des eaux marines. Les 2 % restant constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs et les étangs. A cause de leurs utilisations multiples, ces eaux continentales sont d'une grande importance pour les activités humaines : pour les activités domestiques comme la consommation et les loisirs. Pour les activités agricoles et halieutiques et pour les activités industrielles (Gleick, 1993).

2. Cycle de l'eau

La terre est l'unique planète du système solaire, dont la surface est recouverte de grande quantité d'eau à l'état liquide environ 70%. Elle constitue une ressource naturelle essentielle à la vie, vital à l'homme et à la ville qu'il habite.

Sous l'effet du soleil, l'eau des océans s'évapore et monte dans l'atmosphère, à raison de 1000 km³ par jour, l'action du froid rencontré à haute altitude condense cette eau ; les nuages ainsi formés se transforment en pluie, neige rosé ou gelés ; une fois arrivées sur terre, 60 % de cette eau s'évaporent à nouveau, 15 % ruissellent et rejoignent les cours d'eau, les mers et les océans alors que 25 % s'infiltrent et alimentent les nappes souterraines (**Fig. 01**) (Goudjil et Bencheikh, 2011).

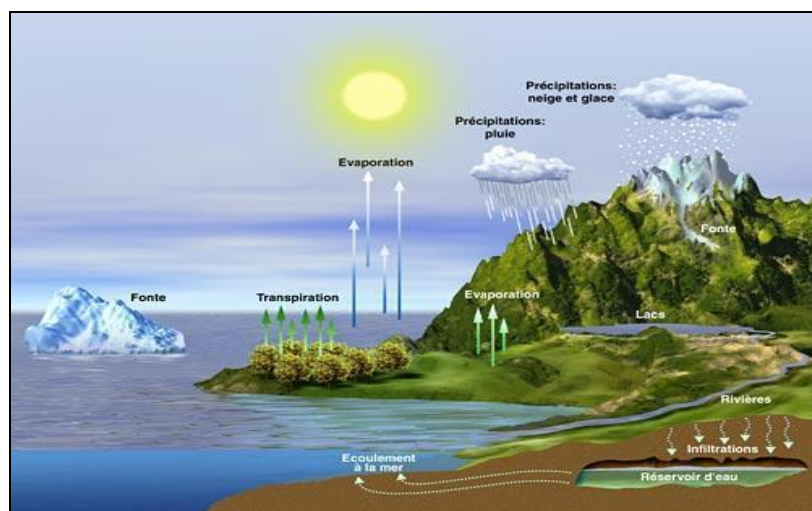


Figure 01 : Cycle de l'eau dans la nature (Goudjil et bencheikh, 2011).

3. Différents origines de l'eau

3.1. Eau souterraine

Les eaux qui ne sont ni rééaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes : nappes profondes, nappes phréatiques et nappes alluvionnaires. Les eaux souterraines sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (Mecheri, 2009).

3.1.1. 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 ; Abda, 2014).

3.1.2. Eau de source

Une source peut être définie comme l'apparition à la surface du sol de l'eau d'une nappe souterraine. Toute source est alimentée par une portion de la nappe qui lui a donnée naissance (Gomella *et al.*, 1974).

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).

3.2. Eau de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (Sari, 2014).

Les eaux de surface sont moins stables, et contiennent des matières minérales et organiques en suspension qui peuvent engendrer des désagréments olfactifs et gustatifs. Elles nécessitent un traitement physico-chimique parfois complexe dans des infrastructures importantes (Sari, 2014).

3.2.1. Eau courante

Les eaux courantes sont les eaux qui subissent constamment un écoulement, de l'amont vers l'aval cours d'eau dévale des pentes jusqu'à terminer sa course dans les mers et océans (Rodier, 1999).

3.2.2. Eau stagnante

Les eaux stagnantes apparaissent quand il y a une entrave à l'écoulement avec un obstacle naturel ou artificiel, plusieurs types stagnants se distinguent :

- Les lacs sont des étendues d'eau naturelle.
- Les plans d'eau artificiels sont dus à l'homme. Leur profondeur est beaucoup plus faible que pour un lac et peut s'élever au maximum à plusieurs dizaines de mètres. (Monod, 1989 ; Cardot, 1999 ; Abda, 2014).

4. Importance de l'eau

L'eau est la plus importante source vitale à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. Cette dernière joue un rôle dans la régulation de la concentration intracellulaire et extracellulaire donc dans les échanges cellulaires qui permettent à leur tour à l'organisme de croître et de se développer (Hubert et Marin, 2001).

L'eau est indispensable à la vie, sans elle il n'y aurait aucune vie possible sur terre. C'est une ressource qui génère et maintient la croissance économique et la prospérité. Elle est également au cœur des écosystèmes naturels et de la régulation climatique. Tout le monde en a besoin, et pas uniquement pour boire. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont de précieuses ressources que nous devons protéger (Hubert et Marin, 2001).

5. Pollution

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques.

La dégradation des ressources en eau, sous l'effet des rejets d'eaux polluées, peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement mais aussi entraîner des risques de pénurie, d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur (Zeghoud, 2014).

5.1. Origine de pollution

Selon l'origine des substances polluantes, quatre catégories de pollutions sont à distinguer (Gilli *et al.*, 2004).

5.1.1. Pollution domestique

Elle provient des habitations et elle est, en générale, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergents. Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (Gaujout, 1995).

5.1.2. Pollution industrielle

Elle provient des usines et elle est caractérisée par la présence d'une grande diversité des polluants, selon l'utilisation de l'eau tels que :

- ✓ les hydrocarbures (raffinerie) ;
- ✓ les métaux (traitement de la surface) ;
- ✓ Les acides, les bases, les produits chimiques divers ;
- ✓ L'eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- ✓ Les matières radioactives (centre nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Il peut y avoir un effet toxique sur les organismes vivants, par l'accumulation de certains éléments dans les denrées alimentaires tels que les métaux et les pesticides (Aissaoui, 2013).

5.1.3. Pollution agricole

Elle provient des fermes ou des cultures et elle se caractérise par les fortes teneurs en sels minéraux (NO₂, P, K,....) et la présence de produits chimiques du traitement (pesticides, engrais....) (Diallo et Kouadio Tanoh, 2015).

5.1.4. Pollution naturelle

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution (éruption volcanique, etc.) (Lounas, 2008).

6. Principaux polluants

6.1. Polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension : les éléments grossiers, les sables, la matière en suspension (MES) (Lounas, 2008).

6.2. Polluants chimiques

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

- Les éléments chimiques minéraux ;
- Les éléments chimiques organiques (Lounas, 2008).

6.3. Polluants biologiques

L'eau peut contenir des microorganismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (Lounas, 2008).

7. Maladies à transmission hydrique

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (Rodier, 1999).

Les maladies à transmission hydrique (MTH) sont n'importe quelle maladie causée par la consommation d'une eau contaminée par des matières fécales animales ou humaines qui contiennent ces microorganismes pathogènes (**Tab.01**).

Ces infections se propagent rapidement dans les pays ne disposant pas de bonnes conditions d'hygiène et de système de traitement des eaux (Bazine, 2011).

Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements. Cette similitude de symptômes ne facilite pas l'établissement d'un diagnostic sûr, c'est pourquoi, pour aider le médecin dans cette tâche, on doit lui fournir le maximum d'indices (pays récemment visités, personnes rencontrées, aliments consommés, précautions prises et risques professionnels). (Sari, 2014).

Tableau 01 : Principales maladies d'origine hydrique et leurs agents responsables
(Bazine, 2011).

Maladies	Agents
<p>Origine bactérienne</p> <p>La typhoïde et paratyphoïde</p> <p>La dysenterie bacillaire</p> <p>Le choléra</p> <p>La Gastro-entérite aigue et la diarrhée</p>	<p><i>Salmonella typhi</i></p> <p><i>Salmonella paratyphi</i> A et B</p> <p><i>Shigella sp.</i></p> <p><i>Vibrio cholerae</i></p> <p><i>Esherichia coli</i> Entérotoxique</p> <p><i>Amylobacter</i></p> <p><i>Yersinia enterocolitica</i></p> <p><i>Salmonella sp.</i></p> <p><i>Shigella sp.</i></p>
<p>Origine virale</p> <p>L'hépatite A et E</p> <p>La poliomyélite</p> <p>La gastro-entérite aigue et Chronique</p>	<p>Virus de l'hépatite A et E</p> <p>Virus de la poliomyélite</p> <p>Virus de Norwalk</p> <p>Rota virus</p> <p>Entérovirus</p> <p>Adénovirus</p>
<p>Origine parasitaire</p> <p>Dysenterie amibienne</p> <p>Parasite gastro-entérite</p>	<p><i>Entomoeba histolytica</i></p> <p><i>Giardia labia</i></p> <p><i>Cryptosporidium</i></p>

8. Critères de choix de la qualité des eaux

La qualité de l'eau est définie par sa conformité à des normes qui portent sur une cinquantaine de paramètres. Les normes de qualité de l'eau potable sont très rigoureuses c'est la garantie d'une eau de qualité. Elles s'appuient en général sur les travaux médicaux établissant les doses maximales admissibles (DMA) autrement dit la quantité de telle ou telle substance qu'un individu peut absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie.

Sur cette base on calcule quelle quantité maximale peut être apportée par l'eau en prenant une confortable marge de sécurité, tout dépassement de la norme ne comporte pas nécessairement un risque pour le consommateur.

En effet une eau qui ne respecterait pas tous les critères de qualité requis, pourrait cependant être potable étant donné la marge de sécurité que les normes intègrent, un dépassement temporaire et modéré est la plupart du temps sans conséquence, il doit déclencher la mise en œuvre d'un programme d'action et de surveillance, en revanche la qualité bactériologique doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance très stricte (Anonyme, 2002).

8.1. Paramètres physicochimiques

8.1.1. Température

Il est très 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, 1996).

8.1.2. pH

Le potentiel hydrogène plus connu sous le nom du pH est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions d'hydrogène présents. Le pH d'une solution aqueuse varie de 0 à 14, un pH de 7 signifie que la solution est neutre, un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique, une solution est neutre lorsqu'il y'a autant de H^{3+} que d' OH^{-} (Rodier, 1996).

8.1.3. Conductivité

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^{2+}), le potassium (K^{+}), le bicarbonate (HCO_3^{-}), le sulfate (SO_4^{2-}), et le chlorure (Cl^{-}), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Hamed *et al.*, 2012).

8.1.4. 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 matières non dissoute (Rejsek, 2002).

Leur origine peut être extrêmement variable : érosion des roches, entrainement des matières minérales ou organique du sol, déversement d'eaux usées domestiques ou industrielles riches en matières en suspensions grossières (Rodier *et al.*, 2005).

8.1.5. Taux des sels dissous

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau qui est appelée le TDS. Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne. La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un multi-paramètre ou un TDS-mètre en mettant une quantité de l'eau à analyser dans une cuve stérile est introduire cette eau dans l'une des appareils (Rodier, 1996).

8.1.6. MES

Ce sont des particules solides très fines et généralement visible à l'œil nu, théoriquement elles ne sont pas ni solubilisé, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau (Hakmi, 1994).

Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par la suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxique (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycyclique...etc) (Lounnas, 2008).

La mesure de la MES permet d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire (Rejsek, 2002).

8.1.7. Nitrite (NO_2^-) et nitrate (NO_3^-)

Les nitrites et les nitrates constituent la forme la plus abondante d'azote dans l'eau, bien que naturellement présents en faible quantité dans les eaux de surface, des concentrations trop élevées de nitrites-nitrates peuvent être toxique pour la faune aquatique et provoque une maladie infantile (méthémoglobinémie) (Tremblay, 1995 ; Mouly *et al.*, 2008).

La présence de nitrates dans l'eau est un indice d'origine agricole (engrais), urbaine (dysfonctionnement des réseaux d'assainissement) ou industrielle (Morabbi, 2013).

La présence des nitrites est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates, sa présence peut indiquer une pollution organique (faible taux d'oxydation) (Benmessaoud, 2007).

8.1.8. Ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organique d'origine agricole, domestique ou industriel (Rodier, 2005).

L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un aliment qui peut permettre à certaines bactéries de se proliférer dans les réseaux de distribution (Tremblay, 1995 ; Mouly *et al.*, 2008).

8.1.9. Phosphate (PO₄⁻)

Les phosphates font parties des anions facilement fixés par le sol, leurs présences dans Les eaux naturelles, proviennent principalement de l'activité agricole, les eaux usées domestique et de l'activité industriel (Morabbi, 2013).

Le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les canalisations de grand diamètre et les eaux des lacs où il contribue à l'eutrophisation (Richard., 1996 ; Ladjel, 2009).

8.2. Paramètres bactériologiques

L'eau ne doit contenir ni bactérie, ni virus qui pourraient entraîner une contamination microbiologique et être la cause d'une épidémie. Les dénombrements bactériens consistent à rechercher des germes aérobies, autrement dit se développant en présence d'oxygène.

Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques. La présence de coliformes fécaux ou de streptocoques fécaux indique une contamination de l'eau par des matières fécales. Dans les deux cas, des mesures doivent être prise pour interdire la consommation de l'eau ou en assurant le traitement (Rodier, 1996).

8.2.1. 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, possédant l'enzyme – galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C (Ceaq, 2006).

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé à l'exception de certaines souches de *Escherichia coli* (Edberg *et al.*, 2000 ; OMS, 2004).

8.2.2. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux sont capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*.

La bactérie *E.coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de ces derniers témoigne habituellement une contamination d'origine fécale.

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir de tryptophane dans le milieu à une température voisine de 42 °C \pm 2 °C (Merzoug, 2009).

L'origine fécale d'*Escherichia coli* est incontestable et sa nature omniprésente peu probable, ce qui valide son rôle précis d'organisme indicateur de contamination tant dans les eaux naturelles que traitées [2].

8.2.3. Streptocoques fécaux

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique « D » de Lance Field. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmatoire avec production de l'acide lactique sans gaz. Il y a 5 espèces reconnues parmi les Streptocoques fécaux : *S. bovis*, *S. equinus*, *S. avium*, *S. faecalis* et *S. faecium* (Marchal, 1982).

8.2.4. Clostridium sulfito-réducteurs (ASR)

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bacilles Gram positif, ils sont capables de former des spores et résistent longtemps dans l'environnement (Labres, 2002).

Les bactéries sulfito-réductrices constituent un des paramètres indicateurs de qualité, témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau lorsque l'eau est d'origine superficielle ou influencée par une eau d'origine superficielle. Ces bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont recherchées par des méthodes normalisées. Parmi les colonies typiques développées, celles issues de spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs devront être confirmées (Rodier, 1996).

1. Procédés de traitement des eaux potables

La station de traitement des eaux potables à Hammam Debagh effectue les procédés de traitement suivants :

- ✓ Prétraitement (dégrillage, dessablage, débouillage, tamisage et aération) ;
- ✓ Pré chloration ;
- ✓ Coagulation-Floculation ;
- ✓ Décantation ;
- ✓ Filtration sur sable ;
- ✓ Désinfection (post-chloration) ;
- ✓ Stockage de l'eau.

Chacune de ces étapes de traitement comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau.

1.1. Prétraitement

Lorsqu'ils sont appliqués, leurs rôle est de soulager le traitement :

1.1.1. Dégrillage

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

1.1.2. Dessablage

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

1.1.3. Débouillage

C'est une opération nécessaire lorsque la concentration en MES est supérieure à 2g/l et consiste en la décantation des sables les plus fines et des limons grossiers.

1.1.4. Tamisage

Permet de retenir des débris d'animaux et végétaux, des algues...etc.

1.1.5. Aération

Elle élimine les gaz excédentaires (H_2S , CO_2) provoque l'oxydation du fer et manganèse et enrichie l'eau en oxygène.

1.2. Pré chloration (Pré-oxydation)

A l'entrée de l'eau brute dans le processus de traitement la première opération qu'elle subit est la pré chloration (pré-oxydation) Cette étape est effectuée dans un bassin de mélange la 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 (**Fig. 02**).

Actuellement, la station utilise dans l'eau des doses entre 2,5 à 3 g/m³ d'hypochlorite de sodium (Reggam, 2010).



Figure 02 : Bassin du pré chloration (Cliché de Bouzidi pris le 17 /03/2017).

1.3. 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, 2010).

1.3.1. 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 décantables ou filtrables.

Le coagulant qui peut être introduit dans un bassin de coagulation est le sulfate d'alumine [(Al₂(SO₄)₃], 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 (**Fig. 03**).



Figure 03 : Bassin de coagulation (Cliché de Bouzidi pris le 17 /03/2017).

1.3.2. Flocculation

C'est une opération complémentaire à la coagulation, elle vise à favoriser la croissance de floccs 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 flocculant.

Elle complète la phase de coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du flocc et une meilleure vitesse de sédimentation.

L'adjuvant ou le flocculant peut être introduit dans un bassin de flocculation 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-flocculation est de 20 à 30 minutes (**Fig. 04**).



Figure 04 : Bassin de floculation (Cliché Bouzidi pris le 16/03/2017).

1.4. 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 m^3 (**Fig. 05**).

Le temps nécessaire pour la décantation des floccs est deux heures (Reggam., 2010).



Figure 05 : Bassin de décantation (Cliché Bouzidi pris le 15/03/2017).

1.5. 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, les virus et 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 (Reggam, 2010).

Au niveau de cette station nous avons six bassins de filtration, la couche de sable est de hauteur de (1 à 1.2 m). L'opération de lavage de filtre est basée sur l'indicateur de colmatage (turbidité et perte de charge) (**Fig. 06**).



Figure 06 : Bassin de Filtration (Cliché Bouzidi pris le14/03/2017).

1.6. Désinfection (post-chloration)

En raison de la présence occasionnelle des germes (Entérocoque, Escherichia coli....etc), 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, 2010).

1.7. 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 m³ a été créé 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 (**Fig. 07**) (Reggam, 2010).



Figure 07 : Réservoir de stockage (Cliché Bouzidi pris le 17/03/2017).

1. Description du site d'étude

1.1. Situation géographique 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 entre les coordonnées $36^{\circ}27'50.07''\text{N}$ de latitude et $7^{\circ}14'10.10''\text{E}$ de longitude avec une élévation de 363 m. 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. 08**).

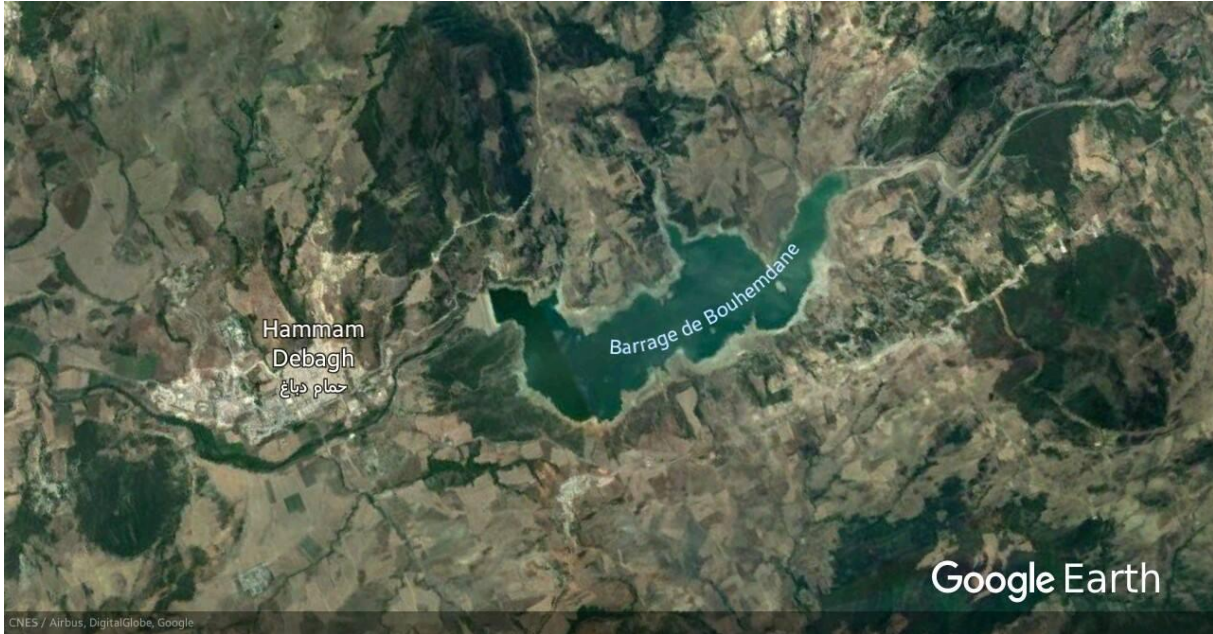


Figure 08 : Photo satellitaire du barrage Hammam Debagh (Google Earth,).

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 $36^{\circ}27'49.04''\text{N}$ et $7^{\circ}15'21.23''\text{E}$. Elévation : 296 m (**Fig. 09**).

La station est alimentée par le barrage Bouhamdane qui possède une capacité théorique de 220 millions de m^3 (ADE).



Figure 09 : Photo satellitaire de la station de traitement de Hammam Debagh (Google Earth,).

1.3. Caractéristiques du barrage de Hammam Debagh

Les principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh sont représentées dans le **(Tab. 02)**.

1.4. Aperçu géologique

La région de Hammam Debagh appartient aux nappes épitelliennes qui résultent d'une poussée vers le sud de la chaîne du djebel Debagh du Grar et du Kef-Hahouner, ou affleure un substratum formé de calcaires Crétacés. C'est sur celui-ci qu'ont été charriées les nappes dites telliennes.

Une autre nappe dite du Flysch Crétacé, recouvre indifféremment les nappes telliennes ou le crétacé autochtone. Elle est composée de schistes noirs et de puissants bancs de grés localement de poudingues (Chaouch *et al.*, 2009).

1.5. 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 est lui-même un affluent principal de l'Oued Seybouse (Chaouch *et al.*, 2009).

Tableau 02 : Principale caractéristiques du barrage de Hammam Debagh (ADE).

Début des travaux	Octobre 1980
Achèvement des travaux	Décembre 1987
Effluents	Oued Bouhamdane
Type	En terre avec noyau centrale
Capacité hydrique	200 h m ³ (1988) 184,347 h m ³ (2004)
Superficies du bassin versant	1070 km ²
Apport annuel moyen	69 h m ³
Profondeur maximale	93 m
Hauteur de l'eau	95m
Envasement moyen annuel	0,53 h m ³
Sources d'approvisionnement en eau	Oued Bouhamdane et ses affluents
Longueur en crête	430 m
Largeur en crête	9 m
Volume de la digue	6500000 m ³
Largeur à la base	516 m
Longueur de couronnement	430 m
Excavations	1.700.000 m ³
Coffrages	6.500.000 m ²
Remblais	130.000 m ²
Aciers	6.000 T
Béton	198.000 m ³
Forages et injections	39.0

1.6. Aperçu climatique

Les caractéristiques climatiques sont prises en considération afin de mieux prendre connaissance des conditions naturelles de la région d'étude (Fustec et Lefevre 2000).

Pour comprendre le climat de la région on s'est référer sur une station météorologique équipée pour calculer le bilan hydrique de la station de Guelma.

1.6.1. Température

La température représente un facteur essentiel agissant sur la vitesse de croissance de la végétation en première partie de saison et déterminant le moment de la floraison. L'évolution la plus régulièrement étudiée concerne la date de début de pollinisation (Besancenot, 2009).

Sur une période s'étalant de 2007 à 2016, nous constatons qu'à l'échelle mensuelle, le mois le plus froid à Guelma est le mois de Janvier avec une température de 10,19 °C et le mois le plus chaud est le mois de Juillet avec une température de 27,35 °C. Quant à l'échelle annuelle, les variations thermiques fluctuent entre 17,5 °C en 2007 à 18,5 °C en 2016 (Tab.03, Fig.10).

Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles en °C (2007-2016).

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Guelma	23,65	20,09	14,78	11,12	10,19	10,39	12,27	15,55	19,00	23,59	27,35	27,16

Source : O.N.M Guelma (2017).

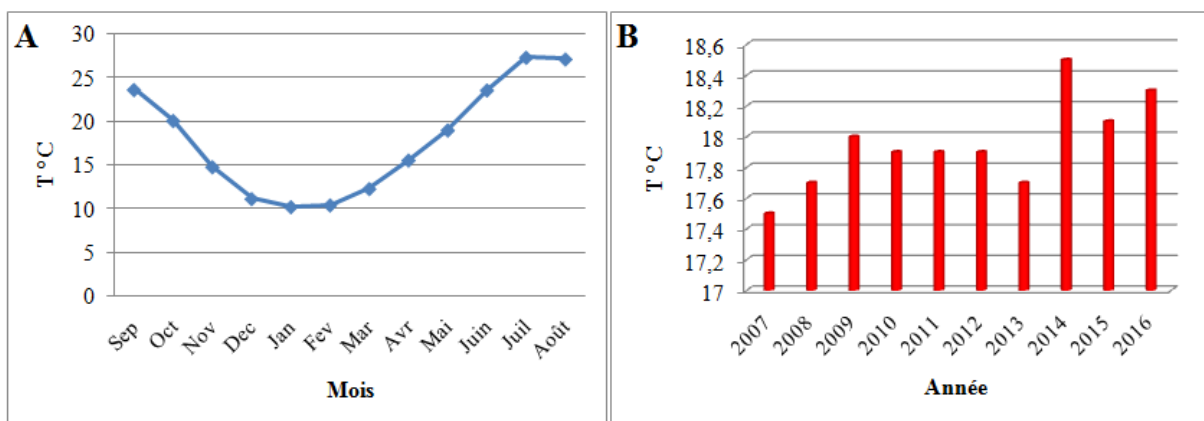


Figure 10 : Variation de la température : Guelma (2007-2016)

A : moyenne mensuelle, B : interannuelle

1.6.2. Précipitations

Le terme précipitation désigne tout type d'eau qui tombe de ciel, sous forme liquide ou solide, C'est un des éléments fondamentaux du bilan hydrique. Les précipitations représentent

l'épaisseur de la couche d'eau qui restait sur une surface horizontal s'il n'y avait ni écoulement, ni évaporation (Bouras, 2013).

D'après les données de la station météorologique de Guelma concernant la période 2007-2016, le mois le plus pluvieux est le mois de Mars avec un taux de précipitations de 98,71 mm, alors que Juillet représente le mois le plus sec avec des précipitations atteignant les 3,78 mm (Tab 04, Fig 11).

Tableau 04 : Précipitations moyennes mensuelles en mm (2007-2016).

Station	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Guelma	51,88	52,67	79,23	52,79	86,57	64,27	98,71	49,47	38,12	11,66	3,78	17,84

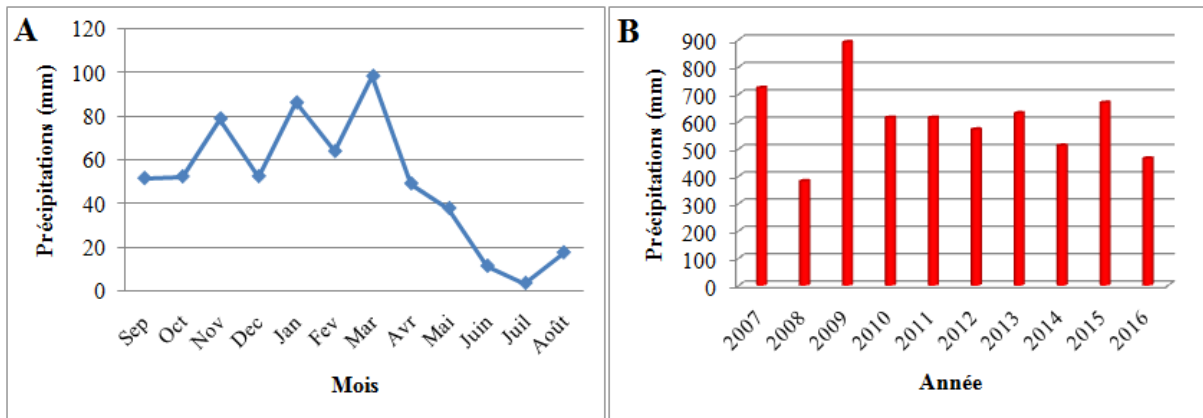


Figure 11 : Variation des précipitations : Guelma (2007-2016)

A : moyenne mensuelle, B : interannuelle.

La figure ci-dessus, illustre les variations interannuelles des précipitations montrant ainsi que, sur la période 2007-2016, l'année 2009 est la plus pluvieuse avec un maximum de 890,3 mm/an. En revanche, l'année la plus sèche est l'année 2008 des précipitations ne dépassant pas les 381,8 mm/an.

1.7 Synthèse climatique

1.7.1. Quotient pluviométrique d'Emberger

Le quotient pluviométrique "Q₂" d'Emberger permet de diviser le climat méditerranéen en cinq étages bioclimatiques. Le calcul de cet indice se fait selon la formule suivant (Emberger, 1955) :

$$Q_2 = P.1000 / \frac{(M + m).(M - m)}{2}$$

D'où :

Q_2 : Quotient pluviométrique d'Emberger.

M : Température maximale du mois le plus chaud (K°).

m : Température minimale du mois le plus froid (K°).

P : précipitation annuelle moyenne (mm).

Dans notre étude le quotient d'Emberger est égal à 58,99. La région Guelma appartient à l'étage bioclimatique de végétation semi-aride (**Fig.12**).

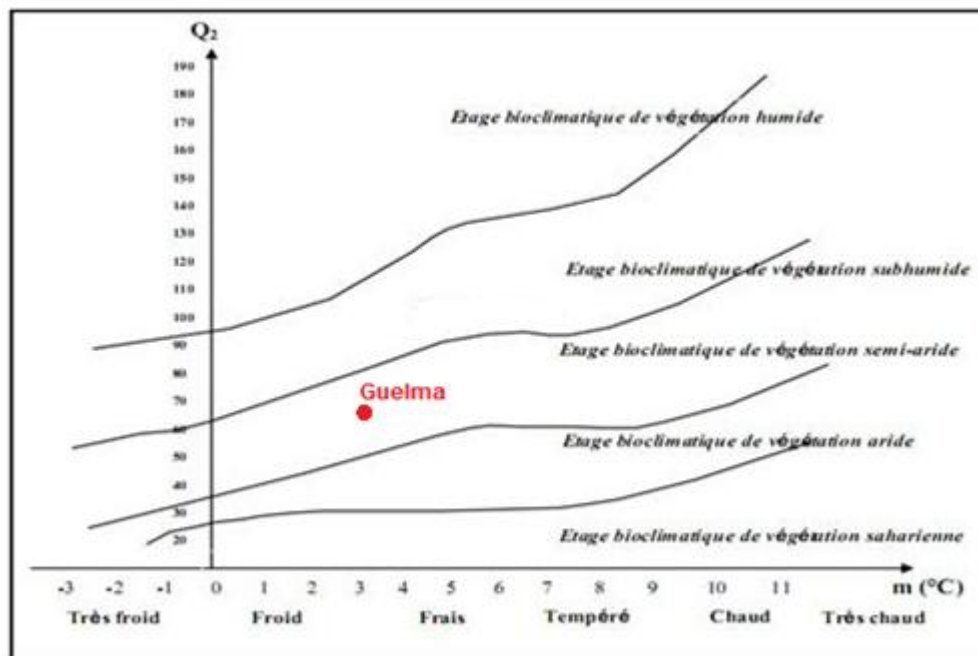


Figure 12 : Situation de la région de Guelma dans le Climagramme d'Emberger (2007-2016).

1.7.2. Diagramme pluviométrique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme pluviométrique de Bagnouls et Gaussen est un moyen graphique, par lequel, la période sèche et humide est déterminée. Il se caractérise par ses deux axes d'ordonnées dont l'un porte les valeurs de précipitations (P) et l'autre les valeurs des températures (T), avec $P = 2T$ (**Fig. 13**).

Selon le diagramme ci-dessous, on peut dire que Guelma a une période froide et humide s'étalant sur sept mois (Octobre à Avril) et une autre chaude et sèche qui s'étale sur cinq mois, (Mai à Septembre).

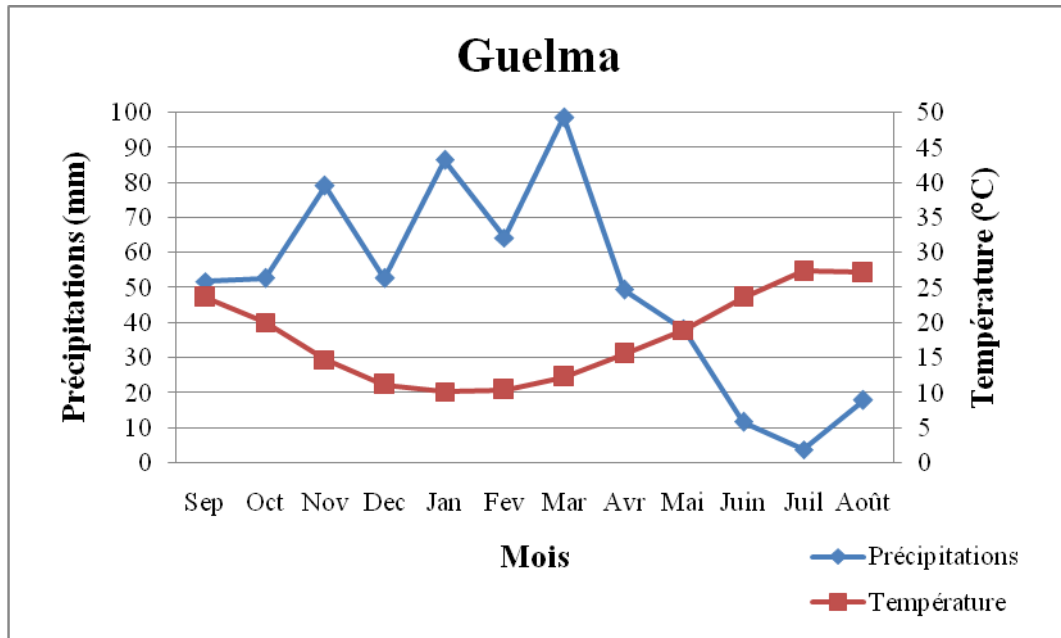


Figure 13 : Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausсен, Guelma (2007-2016).

1.8. Cadre biotique

Au niveau du barrage de Hammam Debagh s'est formé un microclimat avec une faune et une flore assez abondante. Selon la conservation des forêts et la direction de l'environnement il existe beaucoup d'espèces végétales et animales.

1.8.1. Faune

On note la présence d'une pléthore d'oiseaux : la cigogne blanche (*Ciconia ciconia*), le canard colvert (*Anas platyrhynchos*), la poule d'eau (*Gallinula chloropus*), le héron garde-boeuf (*Bubulcus ibis*), l'épervier (*Accipiter nisus*), le pigeon (*Columba oenas*), le corbeau (*Corvus corax*), la perdrix (*Alectoris barbara*), le merle de rocher (*Monticola saxatilis*).

On rencontre également la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), le carpe à grande bouche (*Aristichthys nobilis*), le sandre (*Stizostedion lucioperca*), le barbeau (*Barbus barbus*), l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), l'ablette (*Alburnus alburnus*), la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*), le crabe (*Carcinus maenas*) ainsi que la tortue d'eau douce (*Emydra subglobosa*). Les reptiles tels que la couleuvre (*Natrix tessellata*), la vipère (*Vipera ursini*), le lézard (*Lacerta lepida*).

1.8.2. Flore

On peut noter les espèces suivantes : le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le pin maritime (*Pinus maritima*), l'eucalyptus (*Eucalyptus australis*), l'oléastre (*Olearia arborescens*),

le chêne liège (*Quercus suber*), le chêne zen (*Quercus faginea*), le frêne oxyphylle (*Fraxinus oxyphylla*), le peuplier noir (*Populus nigra*) (Aidaoui, 2013).

2. choix des stations et prélèvement

2.1. Choix des stations

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de barrage de Hammam Debagh nous avons choisi deux stations au niveau de la station de traitement des eaux potables (**Fig. 14**) :

Station (1) : Le robinet d'eau brute provenant du barrage de Bouhamdane.

Station (2) : Le robinet d'eau traitée destinée à la consommation humaine.



Figure 14 : Localisation des stations de prélèvements (Google Earth,).

2.2. Echantillonnage

Un examen microbiologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005).

2.2.1. Matériel d'échantillonnage

Au niveau de chaque station deux prélèvements d'eau ont été effectués. Pour l'analyse bactériologique et physico-chimique.

- Pour l'analyse bactériologique les échantillons sont prélevés à l'aide de flacons en verre pyrex munis de bouchon métallique à vis, stérile (Derwich *et al.*, 2008).
- Pour l'analyse des paramètres physicochimiques, les échantillons doivent être prélevés dans des récipients propres, et en plastique (Reggam, 2010).

2.2.2. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables (Rodier, 1996).

Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales (Lightfoot, 2002).

2.2.3. Méthode de prélèvement

Les prélèvements sont étalés sur une période de deux mois entre mars et avril, le rythme d'échantillonnage d'un prélèvement par mois (**Tab. 05**).

Tableau 05 : Résumé des fréquences de prélèvements

Date de prélèvement	Station	Heures du prélèvement
12.03.2017	S1	9 ^h 20
	S2	9 ^h 22
10.04.1017	S1	9 ^h 15
	S2	9 ^h 18

Dans le cas du robinet, il est indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn (Rodier, 2005). Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Les prélèvements sont effectués dans les meilleures conditions de stérilisation. Pour procéder aux prélèvements, il y a lieu de suivre les étapes suivantes :

- Se laver très soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool et les laisser sécher.
- Flamber le robinet pendant au moins 1 minute en utilisant par exemple une lampe à souder portative au gaz butane ou une tige en fer enrobée de coton imbibé d'alcool.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 10 minutes avant de faire le prélèvement, tout en gardant la flamme allumée à côté du robinet (Rodier, 2005).

2.2.4. Transport et conservation des échantillons

Les flacons doivent être soigneusement étiquetés et transmis sans retard au laboratoire, il est très important de procéder à l'analyse dans un délai très court, inférieur à 8 heures, 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).

3. Analyses physico-chimiques

3.1. Mesure de la température (TC°) et du pH

- **Principe**

Les mesures de la température et le pH de l'eau sur le lieu du prélèvement de l'échantillon sont une partie intégrante de l'analyse des eaux (kherchiche, 2013) car :

- la température joue un rôle important dans la solubilité de gaz et la vitesse de la réaction dans l'eau.
- Le ph est indissociable de la température, de l'oxygène dissous, de la minéralisation totale.

- **Appareillage**

La température est mesurée au même temps avec le pH par le pH mètre (Rodier, 2005).

3.2. Mesure de la conductivité (Cond)

- **Principe**

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

- **Appareillage**

- Conductimètre à électrode (WTW.LF197).
- Récipient contenant l'eau à analyser.

- **Mode opératoire**

- Avant de commencer la mesure, il faut d'abord rincer l'électrode de l'appareil par l'eau distillée.
- Plonger l'électrode dans le récipient contenant l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergé (Rodier, 2005).

3.3. Mesure de la turbidité (Turb)

- **Principe**

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

- **Appareillage**

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

- **Mode opératoire**

- Remplir la cuve stérile avec l'eau à analyser.
- Appuyer sur le bouton mesure.
- Faire la lecture après la stabilisation du turbidimètre (Rodier, 2005).

3.4. Dosage de L'Ammonium (NH_4^+)

- **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 (Fig.15).

- **Mode-opératoire**

- 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 (III).
- -Compléter jusqu'à la jauge
- Attendre 1h30 min.
- L'apparition de la couleur vert indique la présence de l'ammonium effectuer la lecture à 655 nm ISO 7150/1-1984 (F).



Figure 15 : Résultats de la recherche de l'ammonium (Photo prise par Bouzidi, 2017)

Le résultat est donné directement en mg/l.

3.5. Dosage des nitrates NO_3^- par la méthode au salicylate de sodium

- **Principe**

En présence de salicylate de sodium les nitrates donnent du paranitrosionate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (**Fig. 16**).

- **Réactifs**

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h).
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
- H_2SO_4 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 d' H_2SO_4 .
- Laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium. (NFT 90-012).



Figure 16 : Résultats de la recherche des nitrates NO_3^- (Photo prise par Bouzidi, 2017)

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

3.6. 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)éthylènediaminedichlorohydraté un colorant azotique rouge (**Fig. 17**).

- **Réactifs**

Solution du réactif (Réactif mixte).

- **Mode opératoire**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-
- Effectuer la lecture à 543 nm (ISO 5667).



Figure 17 : Résultat de la recherche des Nitrites (NO_2^-) (Photo prise par Bouzidi, 2017)

Le résultat est donné directement en mg/l.

3.7. 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).

- **Réactifs**

Réactif- mélange ascorbique.

- **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser et 1 ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange
- Attendre 10 mn.
- L'apparition de la coloration bleue indique la présence des (PO_4^{3-}) (ISO 6878).

Le résultat est donné directement en mg/l.

3.8. Détermination de la matière en suspension (MES)

- **Principe**

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

- **Matériel spécial**

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

- **Mode opératoire**

- Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 minutes.
- Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Ensuite les peser : soit P1 = poids des membranes avant filtration.
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Rendre les membranes à l'étuve (à 105°C) afin de sécher pendant 20 minutes.
- Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit P2 = poids des membranes après filtration (Rodier, 1999).

- **Expression des résultats**

$$\text{MES (mg/l)} = (P2 - P1) \times 5 \times 1000.$$

4. Analyses bactériologiques

4.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes totaux se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22 °C et ceux mésophiles soit 37 °C (Gueroui, 2015).

- **Mode opératoire**

- A partir d'une solution mère (l'eau à analyser), porter aseptiquement deux fois une quantité de 1 ml au fond de deux boîtes de Pétri vides, préparées et numérotées à l'avance pour cet usage.
- Compléter ces deux boîtes avec une quantité d'environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue, refroidir à 45°C.

- Maintenir une agitation délicate en utilisant un mouvement circulaire et de va-et vient en forme de (8) pour permettre à l'eau de se mélanger à la gélose.
- Laisser le milieu 10 minutes sur la palliasse pour se solidifier.
- Rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 48h pour la première boîte et à 22 °C pendant 72h (Annexe) tout en assurant :
 - ✓ Une première lecture à 24 heures ;
 - ✓ Une deuxième lecture à 48 heures ;
 - ✓ Et une troisième lecture à 72 heures.

Les germes totaux se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. Pour le dénombrement de ces derniers, on prend en considération les remarques suivantes :

- ✓ Dénombrer seulement les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies ;
- ✓ Les résultats sont exprimés en unités formatrices de colonies (UFC) par ml d'eau à analyser à 22 °C et 37 °C.

4.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

- **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser porté aseptiquement :

- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 3 fois 0.1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures, seront considérés comme positif + ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

- **Lecture**

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (Annexe).

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzi est basé sur la recherche des coliformes fécaux parmi les quels on redoute surtout la présence d'*Escherichia Coli*.

Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches et bien mélanger le milieu l'incubation se fait à 44°C pendant 24 h, seront considérés comme positif ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

- **Lecture**

La lecture se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP (Annexe), en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteurs de gaz et d'indole à 44 °C.

4.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

- **Test de présomption**

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :
- 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C.
- 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.
- 3 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

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

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe).

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption, Les tubes de Rothe positifs, après l'agitation, prélevée de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Eva Litsky Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de Streptocoques fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé (Annexe).

4.4. Dénombrement des spores des anaérobies sulfite réducteurs (ASR)

- **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfite réductrices éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.

- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 45 °C, additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C, pendant 48 heures (Annexe).

4.5. Recherche des germes pathogènes

Les germes recherchés sont choisis, dans les limites des moyens disponibles.

Les germes recherchés sont *Salmonella*, *Vibrio*, Staphylocoques pathogènes et *Pseudomonas*.

4.5.1. Recherche des Salmonelles

- **Principe**

La méthode de recherche de cette bactérie, découle de deux données :

D'une part leur présence en nombre relativement faible dans les eaux, ainsi que leur difficulté d'y survivre, d'autre part, l'existence habituelle d'un nombre important de germes d'accompagnement d'origine fécale ou non fécale. Ces constatations entraînent obligation d'utiliser des milieux d'enrichissement sélectifs dans le but d'inhiber le développement des autres bactéries (Rodier, 1996).

- **Mode opératoire**

- **Enrichissement**

Introduire 1 ml de l'échantillon d'eau dans 10 ml de S.F.B .Incuber à 37°C pendant 24h (Ait Hamlet, 1998).

- **Isolement**

À partir du bouillon d'enrichissement, effectuer des isolements sur le milieu Hektoen.

Incuber à 37°C pendant 24h à 48h (Rodier, 1996).

- **Identification**

Après l'incubation les colonies qui sont Lactose négatif sur Hektoen vont subir une observation macroscopique, une coloration de Gram et enfin une identification biochimique (API 20 E).

4.5.2. Recherche des *Vibrio*

- **Mode opératoire**

- **Enrichissement**

Ajouter 1ml de l'eau à analyser dans un tube de 10 ml d' E.P.A.

Incuber à 37°C pendant 3h. Prélever en surface et ensemer un nouveau milieu d'enrichissement. Incuber à 37°C pendant 3h (Annexe).

- **Isolement**

Prélever de la surface du dernier milieu d'enrichissement et ensemer une boîte de GNAB. Incuber à 37 °C pendant 24 h (Marchal, 1982).

- **Identification**

Les colonies de *Vibrio* sont fines, blanches sur gélose GNAB. L'identification est faite comme suit :

- Etat frais.
- Coloration de Gram.
- Test oxydase.
- Une galerie biochimique API 20 NE.

4.5.3. Recherche des Staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*)

- **Mode opératoire**

- **Isolement**

Le milieu Chapman permet l'isolement sélectif de *Staphylococcus* sur la base d'une tolérance à une forte teneur en NaCl, et la différenciation de l'espèce *Staphylococcus aureus*

par la mise en évidence de la dégradation du mannitol et l'élaboration fréquente d'un pigment (Marchal, 1982). Ensemencer une boîte de milieu Chapman. Incuber à 37 °C pendant 24 h.

- **Identification**
- **Test catalase**

Une goutte d'eau oxygéné plus une colonie prélevée du milieu Chapman déposer sur une lame et le dégagement immédiat de bulles gazeuses ce traduit par la présence d'une catalase (Marchal, 1982).

- **Test Staphylocoagulase**

A partir des colonies suspectes (*Staphylococcus aureus*) sur milieu Chapman ensemencer un bouillon coeur-cerveau et incuber à 37°C pendant 18h. Puis mélanger dans un tube stérile 0,5 ml du plasma de lapins oxalatés est incubés à 37° C pendant 24h (Diagnostiques Pasteur, 1987).

- Une galerie biochimique API staph.

4.5.4. Recherche des *Pseudomonas*

Le genre *Pseudomonas* est fait de bacilles Gram négatif, droits et fins, aux extrémités arrondies, mobiles (à ciliature polaire), aérobies stricts, oxydase positive et se caractérise par la pigmentation bleu-vert de ses colonies. *P. aeruginosa* (ou bacille pyocyanique) est mésophile tandis que la majorité des espèces sont psychrotrophes.

La bactérie est très répandue dans l'eau et les milieux humides. Elle peut aussi coloniser l'homme (Nauciel *et al.*, 2005).

- **Culture**

P. aeruginosa cultive facilement sur milieux ordinaires en développant une odeur de seringa (fleur de la famille des Philadelphacées encore appelée « jasmin des poètes»). La température optimale de croissance est de 30 °C. A partir de prélèvement polymicrobiens, il est nécessaire d'avoir recours à un milieu sélectif contenant du Cétrimide. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 heures (Denis, 2007).

- **Identification**

Considérer comme colonie caractéristique toute colonie présentant une fluorescence, du fait de la sélectivité du milieu Cétrimide, on peut suspecter les colonies présentes d'être *Pseudomonas*.

Dans tous les cas, il faudra réaliser une identification de l'espèce :

- Coloration de Gram.
- Examen directe entre lame et lamelle (état frais), il permet d'observer la mobilité des germes
- Test oxydase : Sur une lame propre et stérile déposer un disque d'oxydase ensuite préparer une suspension bactérienne à partir de la colonie voulue et déposer une goutte de la suspension sur le disque. On considère comme oxydase + toute colonie qui change la couleur du disque en Violet.
- Recherche de la pyocyanine : pigment bleu caractéristique de (*Pseudomonas aeruginosa*) responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A.
- Recherche de la pyoverdine : présente une teinte vert fluorescent (*P. fluorescens*) est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B.
- Une galerie biochimique API 20 NE.

1. Paramètres physicochimiques

1.1 Paramètres physiques

1.1.1. Température

La température est un facteur écologique très important qui a une grande influence sur les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques. Elle conditionne les possibilités de développement et la durée du cycle biologique des espèces aquatiques (Merzoug, 2009).

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, à l'hydrologie et surtout au climat.

Les résultats présentés dans **la figure 18** montrent que les températures varient entre 13.7 °C température la plus basse enregistrée sur l'eau brute et 14.9 °C la température la plus élevée consignée pour l'eau traitée lors du prélèvement 1 du mois de Mars.

Les températures enregistrées durant la période d'étude indique que les eaux de barrage Hammam Debagh sont de bonne qualité et ceci selon la grille d'appréciation de la qualité des eaux superficielles (Monod, 1989).

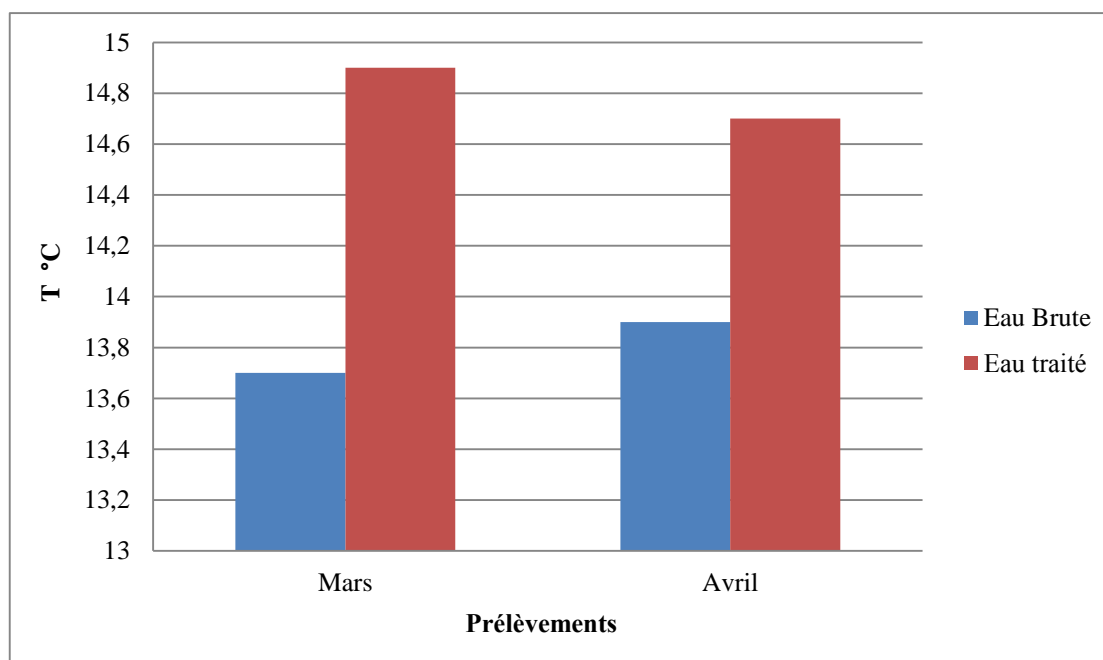


Figure 18 : Evolution spatio-temporelle de la température des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

1.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, il est lié à la nature géologique des terrains traversés, à pH égale à 7 l'eau est dite neutre, à un pH inférieur à 7 l'eau est dite acide et à un pH supérieur à 7, elle est dite basique (Cardot, 1999).

Le pH doit être compris entre 5 et 9 pour permettre un développement de la faune et de la flore.

La valeur maximale du pH est de 8,4 enregistrée pour l'eau brute lors du prélèvement 1 du mois de Mars, alors que la valeur minimale est de l'ordre de 8,23 enregistrée pour l'eau traitée lors du prélèvement 2 du mois d'avril. Les valeurs obtenues indiquent que les deux sites de prélèvement sont de nature légèrement alcaline et cela durant les deux campagnes d'analyses effectuées en mois de Mars et Avril (**Fig. 19**).

Donc, le pH de l'eau de barrage de Hammam Debagh est de nature alcaline (supérieur à 7), l'eau brute est un réceptacle de tous les déchets et détritits principalement les déchets industrielle et des produits alcalin qui change la structure chimique et le pH de cette eau.

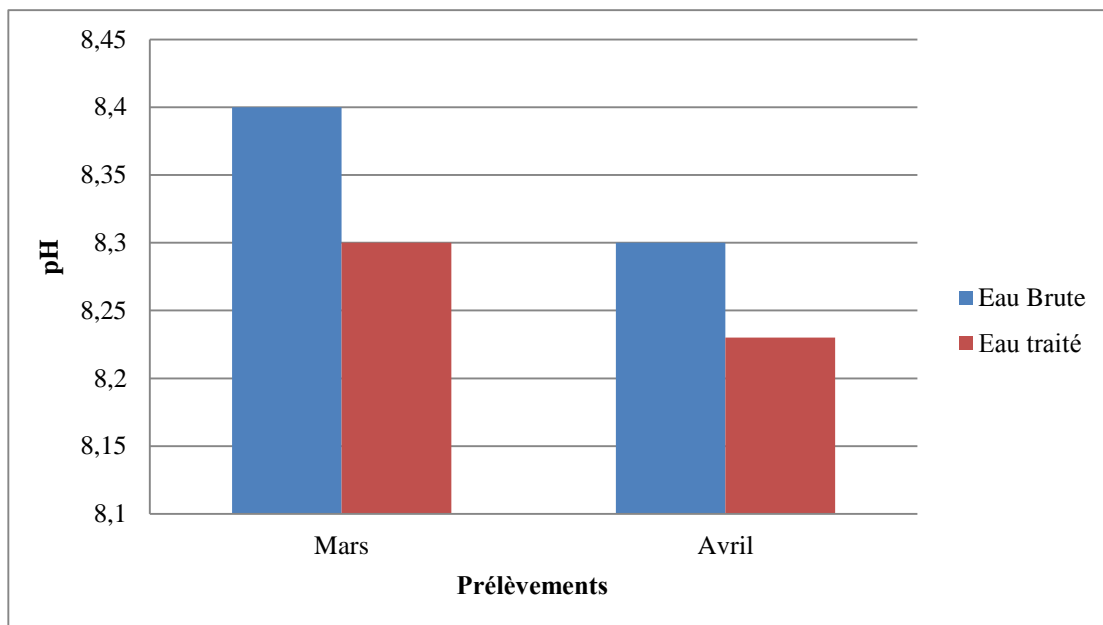


Figure 19 : Evolution spatio-temporelle du potentiel d'hydrogène des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité traduit la minéralisation d'une eau, autrement dit la concentration en sels dissous, par conséquent aux valeurs fortes de conductivité électrique correspond à des valeurs élevées de la concentration en sels dissous (Rodier, 2009).

La conductivité est également influencée par la température car la dissolution des sels minéraux dépend de celle-ci.

La figure 20 illustre bien la variation de la conductivité électrique sur les 2 sites de prélèvement, les valeurs de la conductivité mesurées au cours du mois de Mars jusqu'au mois d'Avril varient entre 725 et 726 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximale de l'eau traitée enregistrée dans le mois de Mars et entre 707 et 710 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximale de l'eau brute enregistrée dans le mois d'Avril.

Ces valeurs traduisent la minéralisation de notre eau et surtout de la typologie de la région de Bouhamdane qui influence directement sur la composition minérale de cette eau. Donc, selon la grille de la qualité des eaux superficielles, la qualité de l'eau de barrage Hammam Debagh est bonne.

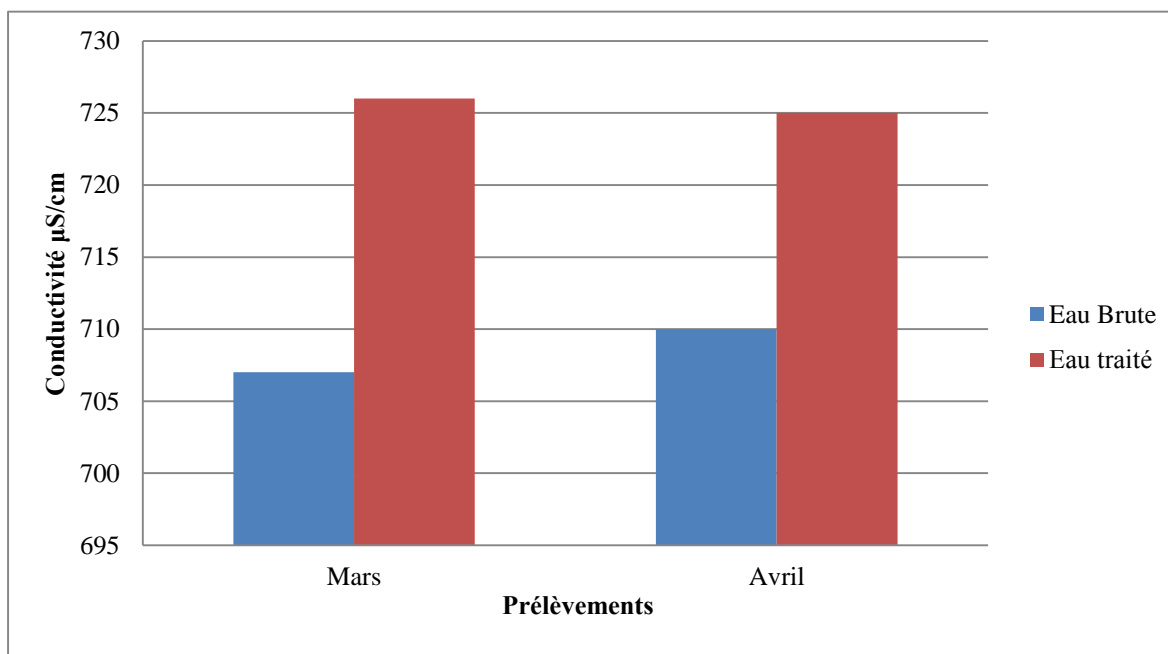


Figure 20 : Evolution spatio-temporelle de la conductivité des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

1.1.4. Turbidité

La turbidité est liée à la présence de particules en suspension minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, La turbidité de l'eau à des effets notable d'une part sur l'eau elle-même et ses substances et d'autre part sur la population. Les effets de la turbidité sur l'eau

concernant une réduction de la luminosité, l'augmentation de la température et la sédimentation (Aberkane, 2011).

Les valeurs de la turbidité représentées dans **la figure 21** indiquent que les eaux brutes sont légèrement trouble avec des valeurs comprises entre 5.82 et 6.16 NTU tandis que les valeurs des eaux traitées sont généralement basses voir très basses et varient entre 1.05 et 1.09 NTU ce qui donne l'aspect clair à ces eaux.

Donc selon la grille de la qualité des eaux superficielles de Monod, les eaux de barrages de Hammam Debagh sont légèrement troubles.

Les valeurs élevées de ce paramètre dans l'eau brute sont synonymes de pollution par des particules qui augmentent la turbidité ensuite le processus de traitement diminue progressivement ces valeurs pour atteindre les valeurs normales en fin de processus.

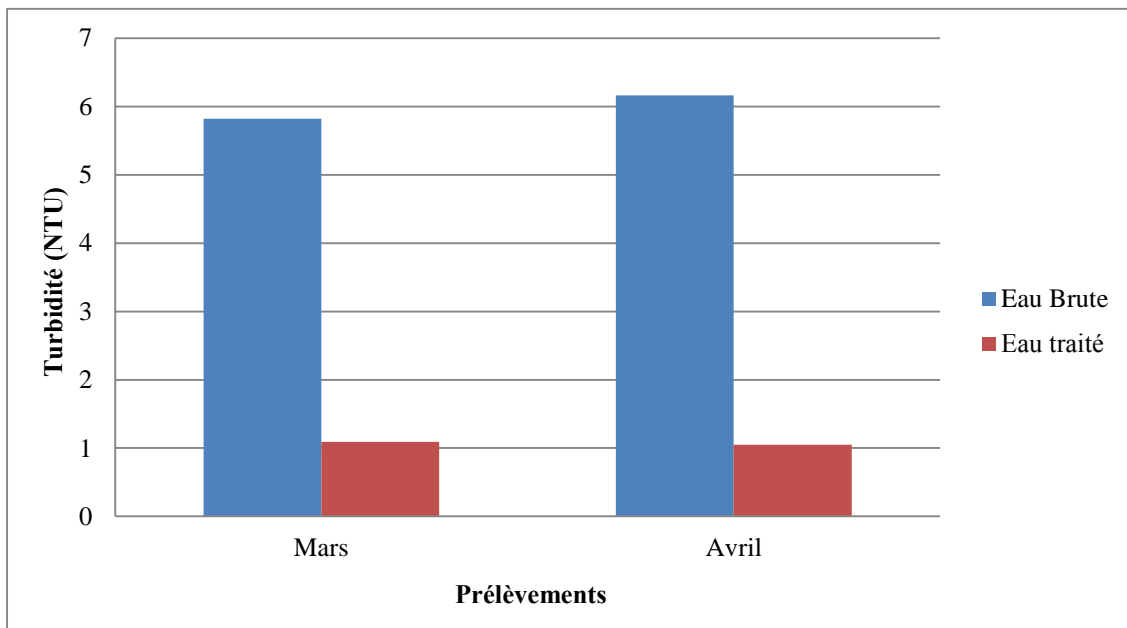


Figure 21 : Evolution spatio-temporelle de la turbidité des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

1.1.5. Matières en suspension

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau. Elle est en fonction de la nature des terrains traversés, de la pluviosité ainsi que des rejets liquides (Mebarki, 2006).

Les résultats obtenus sont reportés dans l'histogramme qui suit (**Fig. 22**).

Les valeurs de la matière en suspension pour l'eau brute sont enregistrées avec un maximal de 6 mg/l lors du prélèvement 2 du mois d'avril, et un minimum de 4 mg/l enregistrée lors du prélèvement 1 du mois de mars cela peut s'expliquer par le facteur de charriage des matériaux et des matières en suspension lors des fortes pluies.

Par ailleurs, elles sont nulles dans les eaux traitées ce qui explique l'efficacité du traitement et le bon rendement du processus.

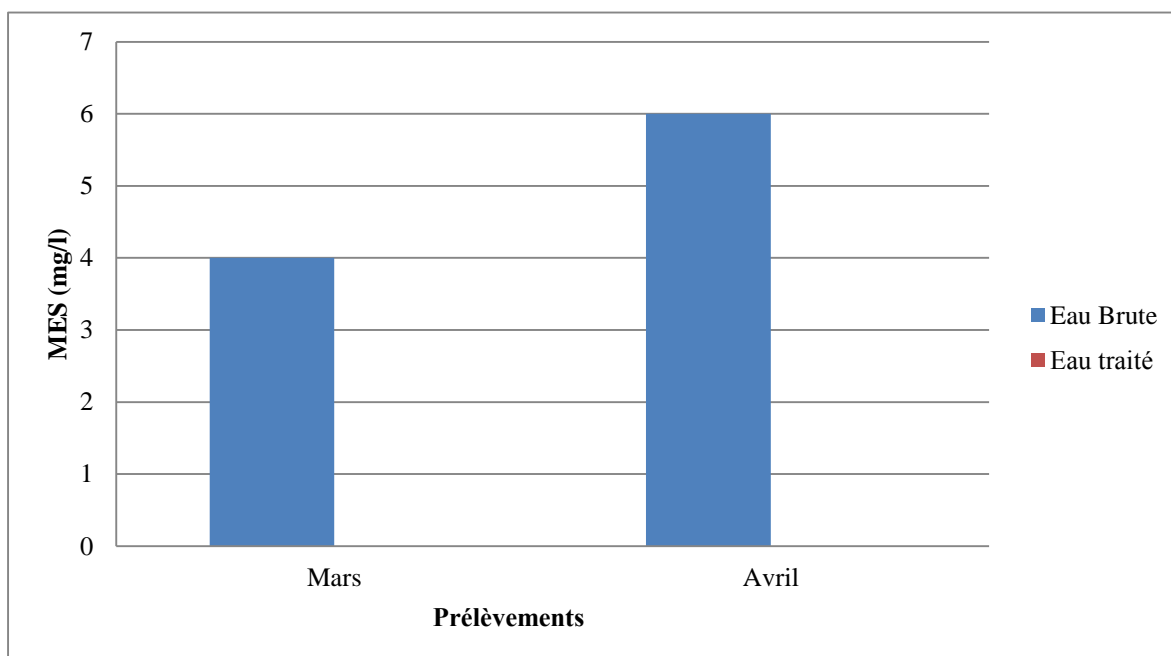


Figure 22 : Evolution spatio-temporelle de la MES des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

1.2. Paramètres chimiques

1.2.1. Ammonium, Nitrates et nitrites

L'un des paramètres chimiques les plus importants est l'azote sous ces trois formes minérales, ammonium, nitrite et nitrates. Ces trois paramètres se transforment par les microorganismes du milieu par la dégradation (Abda, 2014).

Les valeurs constatées durant notre étude sont quasi nulles pour les nitrites et l'ammonium où les valeurs correspondent à 0.096 mg/l et 0.11 mg/l respectivement.

Nos résultats de concentration des nitrates représentent une valeur maximale de 0.85 mg/l noté dans les eaux traitées pendant le mois de Mars (**Fig. 23**).

Les nitrates sont relativement supérieurs dans l'eau brute et traitée mais la valeur maximale enregistrée ne dépasse jamais les normes proposées par l'OMS, (2011) (Annexe).

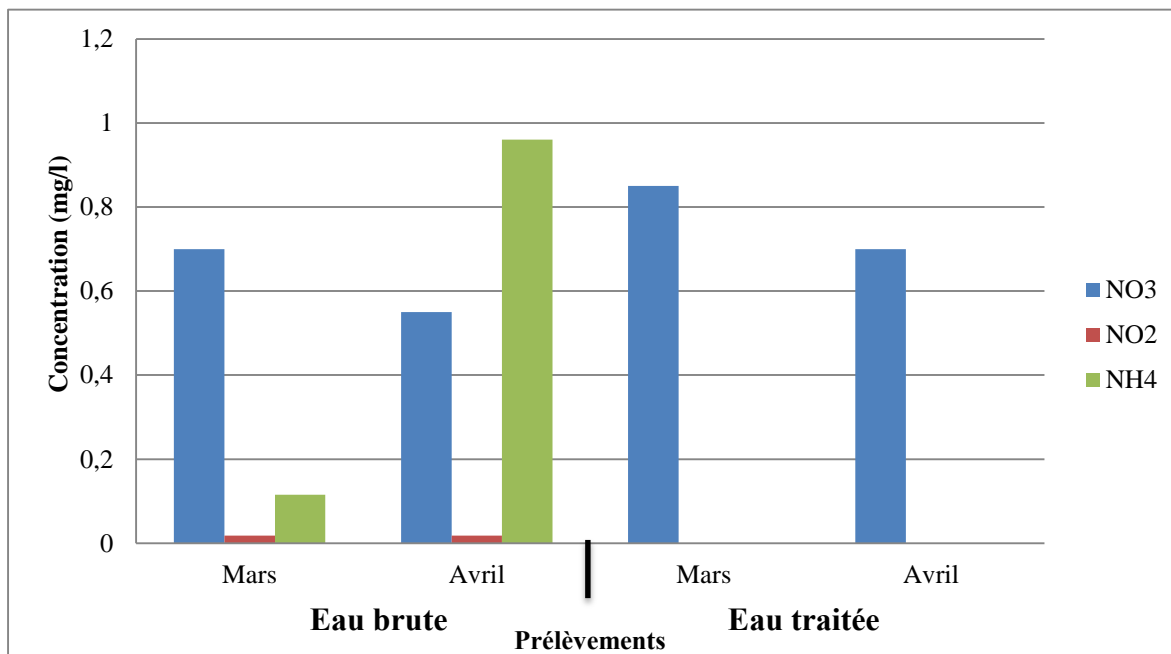


Figure 23 : Evolution spatio-temporelle de la concentration de l'ammonium, des nitrites et des nitrates des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

1.2.2. Phosphates

La majorité des apports de phosphore dans les eaux de surface provient de source ponctuelle : rejets urbains ou industriels, des déjections animales provenant d'élevages industriels (Abda, 2014).

Avant traitement, la teneur de l'eau brute (à l'entrée de la station) en PO_4^- effectuée durant le mois de Mars et Avril varie entre 0.05 mg/l et 0.86 mg/l qui présentent des taux de PO_4^- relativement faible et inférieure à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes (5 mg/l) (Annexe).

Nous supposons que les valeurs élevées en orthophosphates dans les eaux brutes du barrage correspondent au phénomène de lessivage surtout que la région est à vocation agricoles et l'utilisation des engrais est une nécessité pour le rendement des terres agricoles, néanmoins la station diminue constitutivement la teneur en phosphate de ces eaux.

Pour les eaux traitées, la concentration en Orthophosphates pour le mois de Mars et Avril est nulle ce qui indique l'efficacité du traitement au niveau de la STEP (**Fig. 24**).

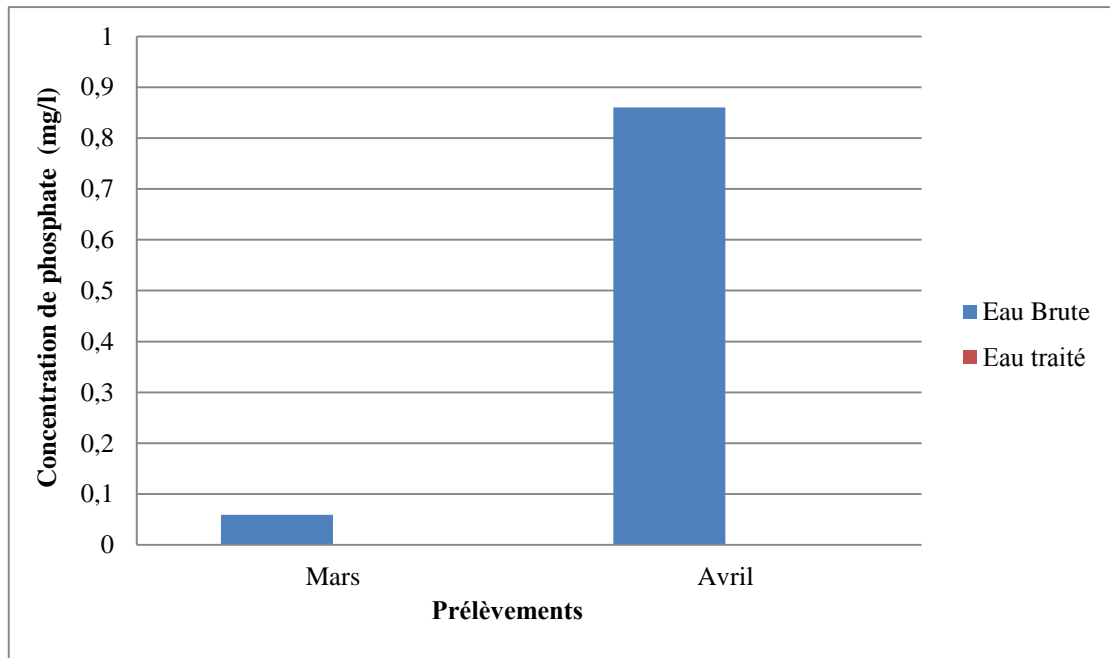


Figure 24 : Evolution spatio-temporelle de la concentration des orthophosphates des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

2. Paramètres bactériologiques

2.1. Germes totaux

Les variations des nombres de germes totaux lors des deux prélèvements effectués au niveau de la station sont représentées dans **la figure 25**, montrant des différences très significatives entre l'eau brute et l'eau traitée.

Les résultats représentés montrent que la charge bactérienne pour les eaux brutes varie de manière très importante entre les deux mois, la charge bactérienne la plus élevée est enregistrée pendant le mois d'Avril (131 GT/ml) et les plus basses sont notées au cours du mois de Mars (119 GT/ml). Ces valeurs montrent que la densité de la flore totale énumérée à 22 °C et à 37 °C n'est pas assez importante, ceci peut être expliqué qu'une grande partie de ces bactéries, dans les environnements naturels, ne se développent pas sur les milieux de culture et à des températures habituellement utilisées pour l'isolement au laboratoire, Elle peut également être due à la présence de prédateurs bactériens tels que les protozoaires, comme elle peut être liée aux rejets de produits toxiques d'origine industrielle (Goni-Urriza *et al.*, 1999., Servais *et al.*, 1985., Aboukacem *et al.*, 2007).

Le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée est nul ce qui explique l'efficacité du traitement réalisé et la bonne acceptabilité pour la consommation.

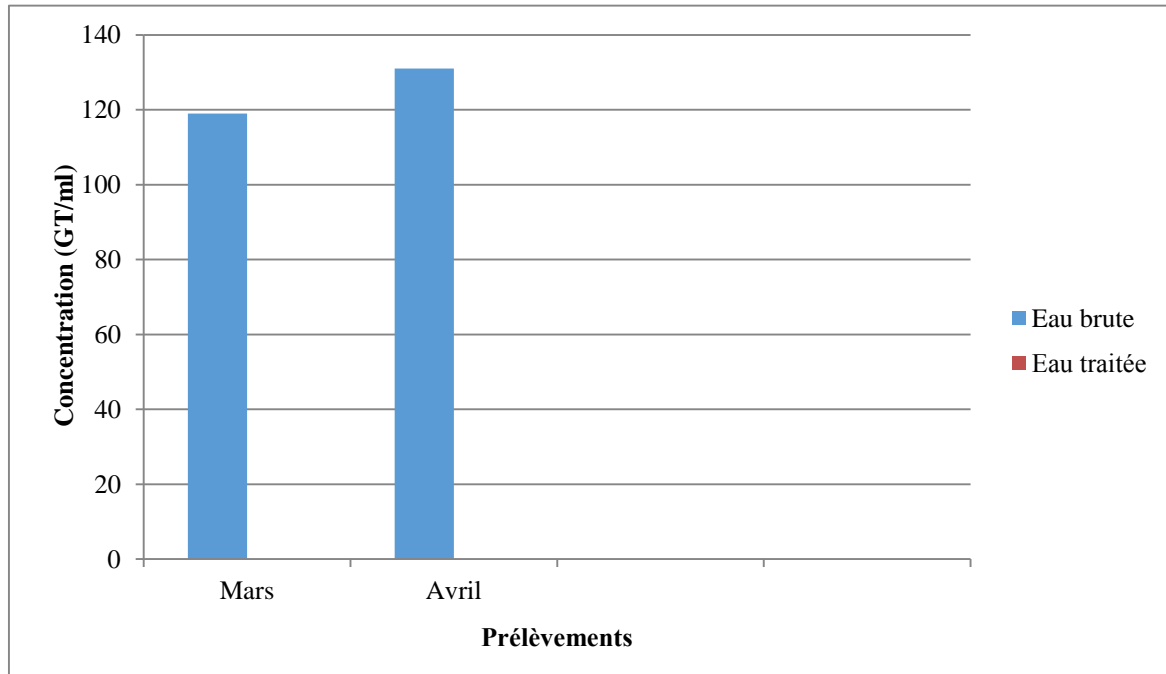


Figure 25 : Variation spatio-temporelle du nombre des germes totaux des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

2.2. Coliformes totaux et coliformes fécaux

Les variations des nombres de coliformes totaux lors des deux prélèvements effectués au niveau de la station sont représentées dans **la figure 26**, montrent des différences très significatives entre l'eau brute et l'eau traitée.

Pour les eaux brutes, la charge bactérienne varie de manière très importante entre les deux mois, dont la plus élevée est enregistrée pendant le mois de Mars (42 CT/100 ml) et les plus basses sont notées au cours du mois d'Avril (10 CT /100 ml).

Le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée est nul autrement dit ne dépasse pas les normes de potabilité de l'OMS (Annexe) et même les normes Algériennes qui fixent des concentrations maximales admissibles de 00 CF/100ml ce qui explique la bonne acceptabilité pour la consommation.

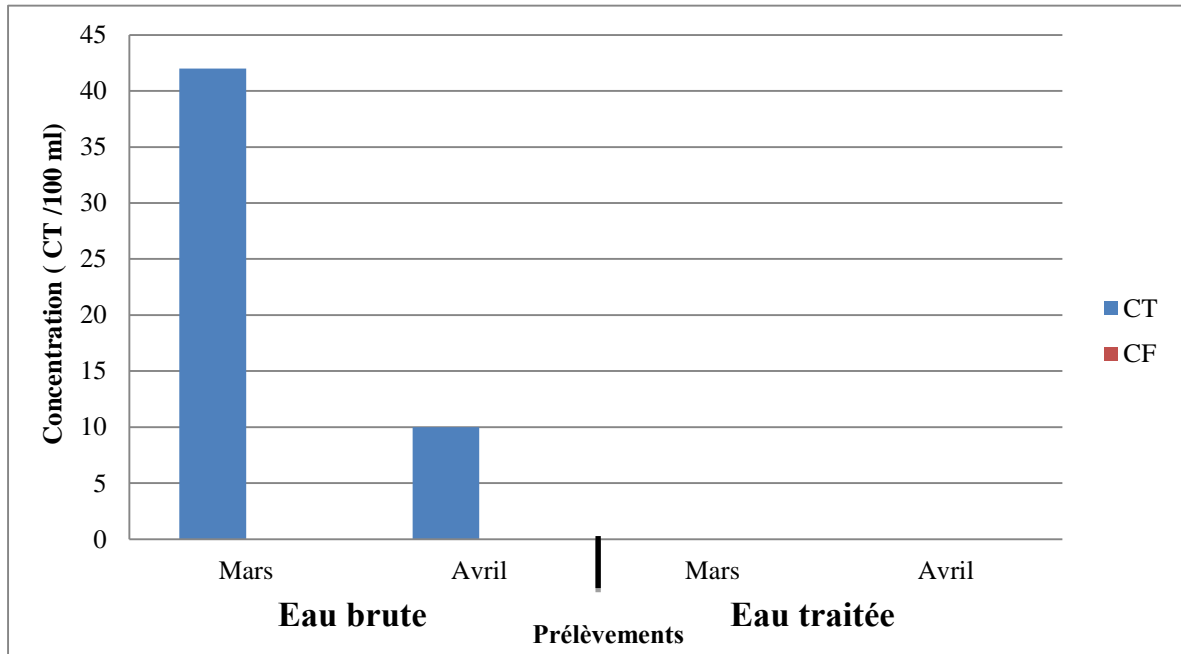


Figure 26 : Variation spatio-temporelle du nombre de coliformes totaux et fécaux des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

2.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux (Rodier, 2009).

Les résultats de dénombrement de ces derniers sont présentés dans **la figure 27** montrent que la teneur en streptocoques fécaux est élevée dans le mois d'Avril lors du prélèvement 02 de l'eau brute (18 SF/100ml) tandis que une absence totale pour le prélèvement 01 réalisé en mois de Mars.

Cette légère contamination par les streptocoques fécaux est due probablement au cheptel bovin (origine animale) qui fréquente certaines parties du barrage pour s'alimenter donc peuvent contaminer le site par la matière fécale.

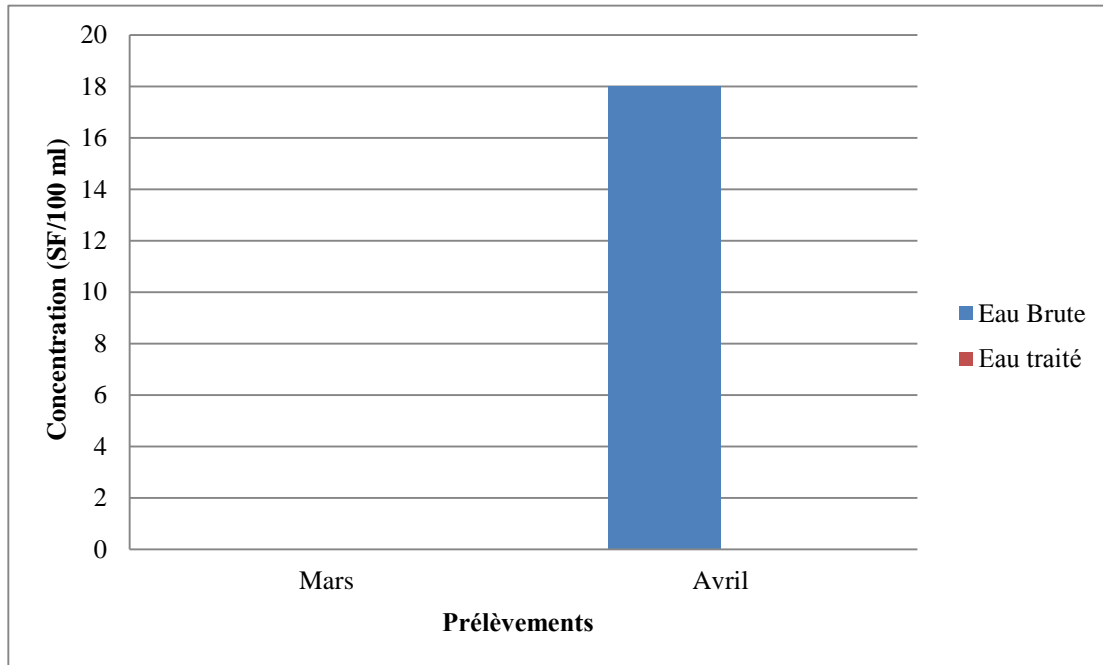


Figure 27 : Evolution spatio-temporelle du nombre de Streptocoques fécaux des eaux au niveau de la station de Hammam Debagh.

2.4. *Clostridium* sulfito-réducteurs

Ce sont des formes résistantes d'organismes anaérobies strictes (qui n'ont pas besoin d'oxygène pour survivre), dont les plus fréquentes et les plus faciles à mettre en évidence sont les Clostridies (Aissaoui, 2013).

La recherche des anaérobies sulfito-réducteurs au niveau de la station de traitement des eaux du barrage de Bouhamdane nous a permis de constater une absence totale de ces bactéries synonyme d'une contamination fécale ancienne, d'autant plus que ces microorganismes sporulants et résistants dans les eaux de surfaces impliquent que la station a un rendement de traitement selon les normes. Nous constatons que les ASR subissent une fluctuation surtout après la période de pluies (**Tab.06, Fig. 28**).

Tableau 06 : Evaluation du nombre de spores des ASR dans les sites de prélèvement

Lecture	Prélèvement 1	Prélèvement 2
24 h	Culture négative	Culture négative
48 h	Culture négative	Culture négative

NB : la culture négative concerne les eaux brutes de même les eaux traitées.



Figure 28 : Résultats de la recherche des ASR (Photo prise par Bouzidi, 2017).

2.5. Germes pathogènes

Pour l'eau brute, l'étude biochimique des germes pathogènes à l'homme a permis d'identifier des espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et une espèce non *Enterobactériaceae*, on cite : *Citrobacter fereundii*, *Pasteurilla multocida* 2, *Aeromonas salmonicida*.

Pour l'eau traitée, l'identification biochimique des germes pathogènes à l'homme a donnée des résultats négatifs (Fig. 29). Ces valeurs impliquent une bonne qualité des eaux de consommation du barrage de Bouhamdane qui ne contiennent aucun germe pathogène néfaste à la santé publique.

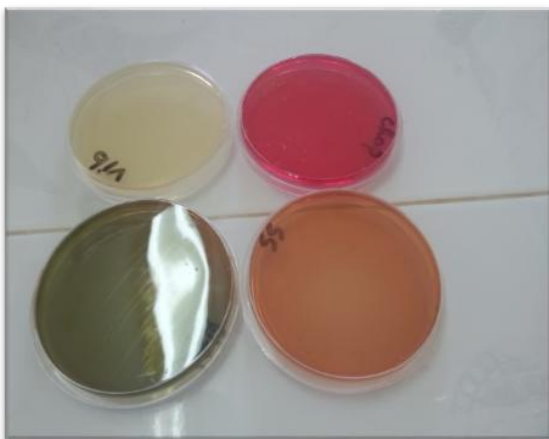


Figure 29 : Recherche des germes pathogènes (Photo prise par Bouzidi, 2017).

CONCLUSION

Notre étude a été réalisée dans le but de déterminer les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de l'eau brute et celle de l'eau traitée de la station de traitement des eaux potables de la wilaya de Guelma.

Les résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques obtenus dans cette étude confirment clairement que tous les paramètres sont retenus au-dessous des valeurs guides. On peut alors conclure que l'eau traitée est de bonne qualité après comparaison aux normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) et à celle de la législation Algérienne.

Malgré la faible fréquence des bactéries indicatrices de contamination fécale au niveau des eaux brutes, ces germes n'ont pas été détectés au niveau des eaux traitées grâce du bon rendement du processus de traitement de la station de Hammam Debagh.

D'un point de vue bactériologique, l'eau de consommation de la wilaya de Guelma est de bonne qualité ce qui indique l'efficacité du traitement. Mais malheureusement il y'a un manque des normes concernant l'eau brute ce qui conduit à une difficulté pour connaître la qualité de ce dernier.

D'un point de vue physicochimique, les valeurs pour les paramètres mesurés (T°C, pH, Cond, Tur, MES...etc.) indiquent que la qualité d'eau de barrage de Bouhamdane est acceptable vue que ses eaux sont légèrement troubles, mais grâce aux processus de traitement la pollution est diminuée et l'eau devient potable

Enfin, nous pouvons conclure avec certaines recommandations pour une meilleure gestion des ressources hydrologiques au niveau de la wilaya de Guelma et une bonne appréciation de la qualité de ces eaux sur plusieurs angles :

- ✓ Élargir l'éventail de recherche des germes tests, d'intérêt sanitaire, tel que les virus, les levures et les moisissures, en instaurant un protocole de suivi continu de ces barrages pour assurer la santé des consommateurs.
- ✓ Compléter par une étude hydrochimique et toxicologique qui révélerait la présence des métaux lourds et de substances toxiques déversés par les petites usines de la région.
- ✓ Améliorer le protocole de contrôle pour un suivi systématique et continu qui permet une intervention rapide en cas de pollution sévère de l'eau de contamination.

Références Bibliographiques

-A-

Abda, A. (2014) : Traitement des eaux de surfaces et les risques génotoxiques des Sous-produits de chloration. Thèse de doctorat, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie, p220.

Aboukacem, A., Chahlaoui, A., Soulaymani, A., Rhazi-Filali, F. et Benali, D. (2007) : Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des Oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc). Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. N1, p10-11.

Aidaoui, A et Harkett, S. (2009) : Evaluation de la qualité de l'eau du lac souterraine : Bir Osman Hammam Debagh-Guelma. Memoire de master, Université 08 Mai 1945, p43-46.

Aissaoui, A. (2013) : Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région de oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, p6.

Anonyme. (2002) : Traitement des eaux de surface, Edition Algérienne des eaux.

-B-

Bahmed, L., Djebabra, M., Abibsi, A. (2004) : Démarche d'intégration du concept qualité – sécurité - environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable, Larhyss Journal, n°3, p115-128.

Bazine, N et Bourenane, A. (2011) : Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de l'oued Messida (Parc National d'El Kala, et d'El-Taref). Mémoire de master, Université 08 Mai 1945, Guelma, p17-18.

Benmessaoud, F. (2007) : Qualité physico-chimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire du bou regreg et impact sur la biologie et la démographie de *Venerupis decessaia* (LINNE, 1758) et *Ccardium edule* (LINNE, 1767). Thèse de Doctorat d'état, Université Mohammed v-agdal, p20.

Besancenot, J.P. (2009) : Pollens et pollinoses à l'épreuve du changement climatique. Allergol Pratique, p89,5-10.

Bouras,Z et Sekfali,S.(2013) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles (cas de'Oued Zénati).Memoire de master,Université 08 Mai 1945 de Guelma, p9-10-20.

-C-

Cardot, C. (1999) : Génie de l'environnement des traitements de l'eau : procédés physicochimiques et bactériologiques. Edition Ellipses, p247.

Ceaq, J. (2006) : Centre d 'Expertise et Analyse Environnemental du Québec : recherche et dénombrement des Entérocoques : méthode par filtration sur membrane, MA.700-6-Ent 1.0 Rév. 3, Ministère du développement durable l'environnement des parcs du Québec, 23p.

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 Bouhamdanne. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie, Université 08 Mai 1945, Guelma, p56.

-D-

Derwich E, Beziane Z, Benaabidate L et Belghyti D,(2008) – Evaluation de la qualité des eaux de surface des oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraichère au Maroc. Larhyss Journal. (7). 59-77.

Diagnostique Pasteur, (1987) – milieu et réactifs de laboratoire pasteur : microbiologie, immunologie. 3^{ème} édition.

Diallo, M., Kouadio, Tanoh, M. (2015) : Evaluation du niveau contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de sources de la région du haut Cheliff. Mémoire de master, Université Djilali Bounaama de khemis Miliana, p15.

Denis, S. (2007) : Bactériologie médicale, techniques usuelles. Masson, p384.

-E-

Edberg, S.C., Rice E.W., Karlin, R.J et Allen M.J.(2000) : *Escherichia Coli* : The best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of applied microbiology, 88:106S-116.

Emberger,L et Gausсен,H.(1963) : Carte bioclimatique de la zone Méditerranéenne,UNESCO FAO,Paris.

-F-

Fustec, E et Lefeuvre, J. (2000) : Fonction et valeur des zones humides, Dunod, Paris, p42.

-G-

Gaujout, D. (1995) : la pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire, 2ème Edition TEC & DOC, Paris, p520.

Gerard, G. (1999) : L'eau, milieu naturel et maîtrise. Edition INRA, Volume 1, p204.

Gilli, E., Mangan, C et Mudry, J. (2004) : Epuration des hydrologies : objet, méthode et application. Edition Dunod, Paris, p352.

Gleick P. H. (1993): water resource: A long-range global evaluation, Ecology Law Quarterly, Vol. 20, n°, p141-149.

Gomella, G., Guerree H et Neveux M. (1974) : La distribution de l'eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Edition Eyrolles,

Goudjil, B et Bencheikch, S. (2011) : Etude de la population minérale et organique des eaux souterraines de la cuvette d'Ouargla Sud-est Algérien. Mémoire de master, Université Kasdi Marbah Ouargla, p11.

Gueroui, Y (2015) : Caractérisation Hydrochimique et Bactériologique des eaux souterraines de l'Aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka (Nord-Est Algerien). Thèse de doctorat. Université 08 Mai 1945 Guelma, p69-111.

Guiraud J.P. (1998) – Microbiologie alimentaire. Dunod. 615p.

-H-

Hakmi, A.(1994) : Traitement de l'eau de source Bousfer,Oran. Memoire de licence traitement des eaux, Université des sciences et de la Technologie, Oran, p48.

Hamed, M., Guettache, A. et Bouamer, L. (2012) : Etude des propriétés physicochimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djofra-Tourba Bechar. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Biologie, Option : Contrôle de qualité et d'analyse, Université de Bechar, 134p.

Henri, L. (2012) : L'eau Potable. Edition réimprimée, p190.

Hubert, P et Marin, M. (2001) : Quelle eau boirons-nous demain ? Edition Fabienne Travers, p64-124.

-J-

John, P et Donald, A. (2010) : Microbiologie, 3^{ème} Edition, p1216.

-K-

Kherchiche,A. (2013) : Impact de la pollution agricole et urbaine sur la qualité des eaux de surfaces : cas de barrage de Hammam Debagh Guelma.Memoire de master, Université 08 Mai 1945 Guelma.p16-15-39.

-L-

Ladjel, S. (2009) : Control des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, les cahiers techniques du stage T7, centre de formation en métiers de l'eau, Tizi-Ouzou, p101.

Lightfoot, F. (2002) : Analyse microbiologique des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité, France, p387.

Lounnas, A. (2008) : Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda, Algérie. Mémoire de magister, Université du 20 Aout 1955 Skikda, p120.

-M-

Marchal. (1982) : Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biologique des bactéries, biologie appliquée. Edition Douin, Paris, p50.

Margat, J. (1992) : L'eau dans le bassin méditerranéen, Situation et perspective. Edition: Harmattan.

Mecheri, B. (2009) : Influence de la nappe phréatique sur les ouvrages hydraulique et Génie civile. Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah d' Ourgla, p11.

Merzoug, F. (2009) : Etude de la qualité microbiologique et chimiques de l'eau de l'écosystème lacustre Gara et Hadj Tahar Ben-Azzouz Skikda. Mémoire de magister, Université 08 Mai 1945, Guelma, p113.

Monod, I. (1989) : Technique de l'eau, Tome I, 9^{ème} Edition du Cinquantenaire, p 1200.

Morabbi, A et Souabni, O. (2013) : Caractérisation la qualité des ressources en eau dans le sous-bassin. Ksob (Région d'Essaouira, Maroc. Mémoire de licence, Université Cadi Ayyed, p27-28.

Moulay,D .,Jilin, E., Roosil,C., Beaudeau,T., Zeghnoun, A., Olszowski-Ortar, A et Minoz, J.F. (2008) : Rapport d'étude des sous-produit de chloration dans l'eau destinée à la consommation humaine France – Compagne d'Analyse des quatre systèmes de distribution d'eau et modélisation de l'évolution des trialomthanes, Saint-Maurice (Fra. Institut de veille sanitaire).

-N-

Nauciel et Vildé, J.L. (2005) : Bactériologie médicale 2^{ème} Edition, p257.

-O-

O.M.S (2011): Organisation Mondiale de la Santé: Guide line for drinking water quality, 4 phedn.World Health Organisation, Geneva.

O.M.S (2004): Organisation Mondiale de la Santé: Guide line for drinking water quality Vol.1.Recomendation, 3rd Edn. World Health Organisation, Geneva.

-R-

Reggam, A. (2010) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables : cas de la station de traitement de Hammam Debagh, Université de Guelma. Mémoire de master, p34.

Rejsek, F. (2002) : Analyse des eaux –Aspects règlementaires et techniques biologie technique CRDP d'aquitaine, p358.

Richard, C (1996) : Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed scientifique et medical Elservier, Paris, p115.

Rimini, B. (2005) : Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux potables cas de la station de traitement de Hammam Debagh de Guelma. Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 Guelma, p91.

Rodier, J. (1999) : L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Paris, 7^{ème} édition, Dunod.

Rodier, J., Bazine, C., Broutin, J-P., Chambon, P., Champsaur, H et Rodi, L (2005) : L'Analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eaux de Mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, Ed Dunod, paris, p384.

-S-

Sari, H. (2014): Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de la source Attar de Tlemcen. Mémoire de Master en sciences des aliments, Université Abou-Bekr Belkaid, Tlemcen. p9-10-35-59.

-T-

Tremblay, J. (1995) : Caractérisation physicochimique des bois raméaux fragmentés et leur effet sur la croissance des plantes. Mémoire de maîtrise, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec. p173.

-Z-

Zeghoud, M. (2014) : Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire de master, Université d'el-Oued. P20.

Webographie

- [1]. www.larousse.fr/dictionnaires/francais/eau/27209_23. (Consulter le 14.04.2017).
- [2]. http://www.europedirectplr.fr/wp-content/uploads/L_eau_une_ressource_pour_la_vie.pdf. (Consulter le 25.05.2017).
- [3]. Google earth, (2017) .Europa Technologies. Tele Atlas. www.googleearth.com. (Consulter le 28.05.2017).

Annexe 01: Composition des milieux de culture

- **Eau peptone exempte d'indole :**

Peptone bactériologique.....10g.

Chlorure de sodium..... 5g.

Eau distillée.....1000ml.

pH = 7.2, autoclavage 15 minutes à 121°C.

- **B.C.P.L (bouillon lactose à la bromocresol-pourpre simple concentration)**

Peptone.....5g.

Extrait de levure.....2g.

Lactose.....5g.

Pourpre de bromocresol.....0.025g.

Agar.....15g.

Eau distillée.....1000ml.

pH = 6, autoclavage à 120°C pendant 20 minutes

- **Milieu schubert :**

La formule de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

Tryptophane0.2

Acide glutamique.....0.2

Sulfate de magnésium (anhydre).....0.7

Sulfate d'ammonium0.4

Citrate de sodium0.5

Chlorure de sodium2

Peptone10

Mannitol7.5

Phosphate disodique4
Phosphate mono potassique0.6

pH = 7.6

- **Milieu Chapman :**

Peptone.....10g.
Extrait de viande de boeuf.....1g.
Chlorure de sodium.....75g.
Mannitol.....10g.
Rouge de phénol.....0.025g.
Agar.....15g.
Eau distillée.....1000ml.

pH = 7.5, autoclavage à 120°C pendant 20 minutes.

- **Milieu Hektoen :**

Protéase peptone.....12g.
Extrait de levure.....3.0g.
Saccharose.....12.0g.
Lactose.....2.0g.
Solicine.....2.0g.
Chlorure de sodium.....5.0g.
Thio sulfate de sodium.....5g.
Citrate ferrique ammoniacal.....5g.
Sels biliaires.....9.0g.
Bleu de bromothymol.....0.064g.
Fuchsine acide.....0.04g.

Eau distillée.....1000ml.

pH = 7.7±0.1, bouillir pendant 1 minute.

- **Gélose nutritive :**

Peptone.....5g.

Extrait de viande.....1g.

Extrait de levure.....2g.

Chlorure de sodium.....5g.

Agar.....15g.

Eau distillée.....1000ml.

pH = 7.4, autoclavage à 121°C pendant 15 minutes.

- **Milieu Roth (bouillon glucose d'acide de sodium) :**

Peptone.....20g.

Glucose.....5g.

Chlorure de sodium.....5g.

Monohydrogénophosphate de potassium.....2.7g.

Diohydrogénophosphate de potassium.....2.7g.

Acide de sodium.....0.2g.

Eau distillée.....1000ml.

pH = 6.8, autoclavage 15 minutes à 121°C.

- **Milieu Eva-Litsky :**

Peptone.....20g.

Glucose.....5g.

Chlorure de sodium.....5g.

Phosphate bi potassique.....2.7g.

Azospbate de sodium.....0.3g.

Ethyle-vliote.....5g.

Eau distillée.....1000 ml.

pH = 7, autoclavage 20 minutes à 120°C.

- **TGEA (gélose numération : gélostryptone-glucose-Extrait de levure) :**

Tryptone.....5g.

Glucose.....1g.

Extrait de levure.....2.5g.

Gélose.....15g.

Eau distillée.....1000ml.

pH = 7, autoclavage 20 minutes à 120°C.

- **Milieu Viande foie (VF) :**

Base viande foie.....30g.

Glucose.....2g.

Amidon.....2g.

Agar.....1g.

Eau distillée.....1000ml.

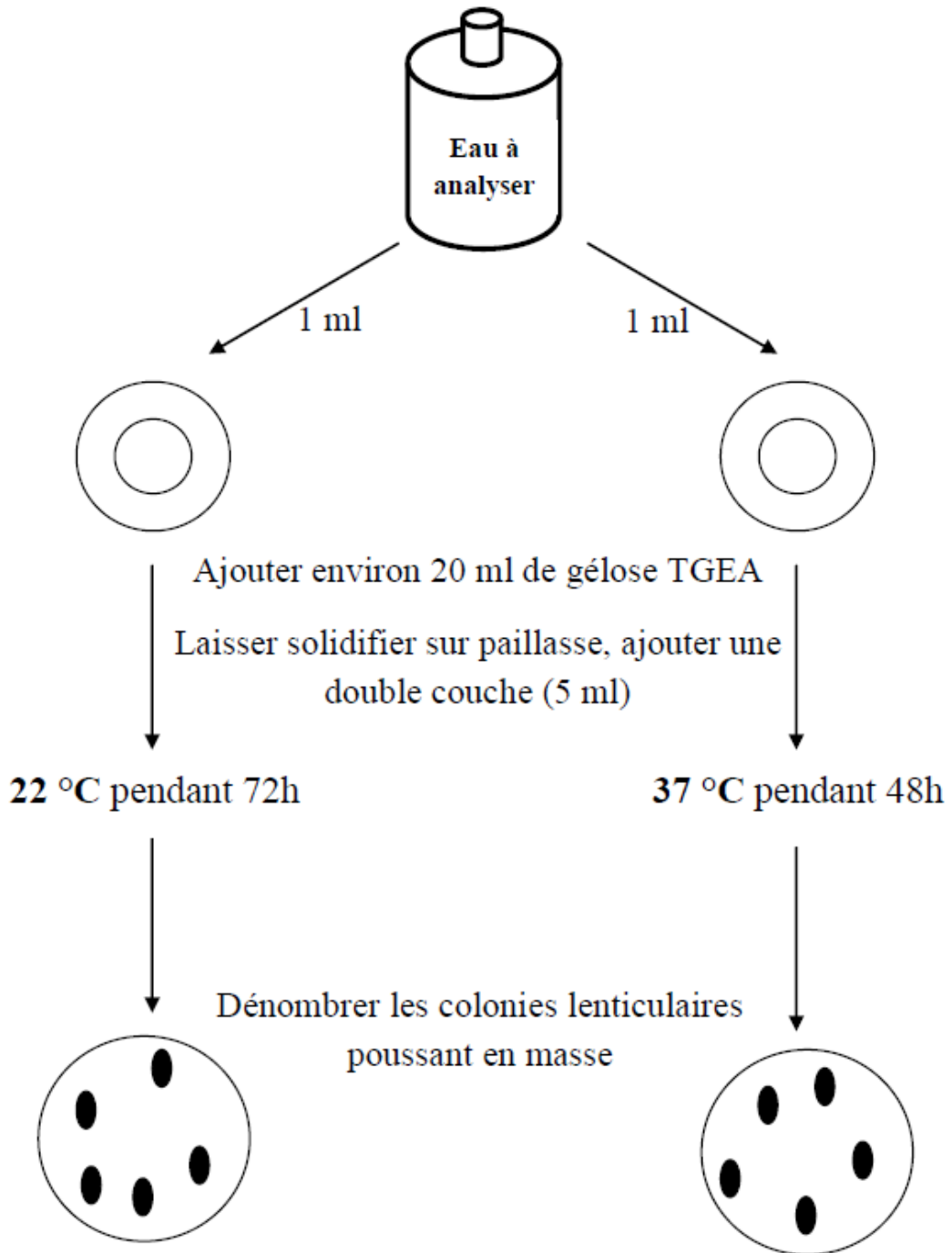
2. Réactifs :

- **Réactif TDA :** pour la recherche de tryptophane désaminase :

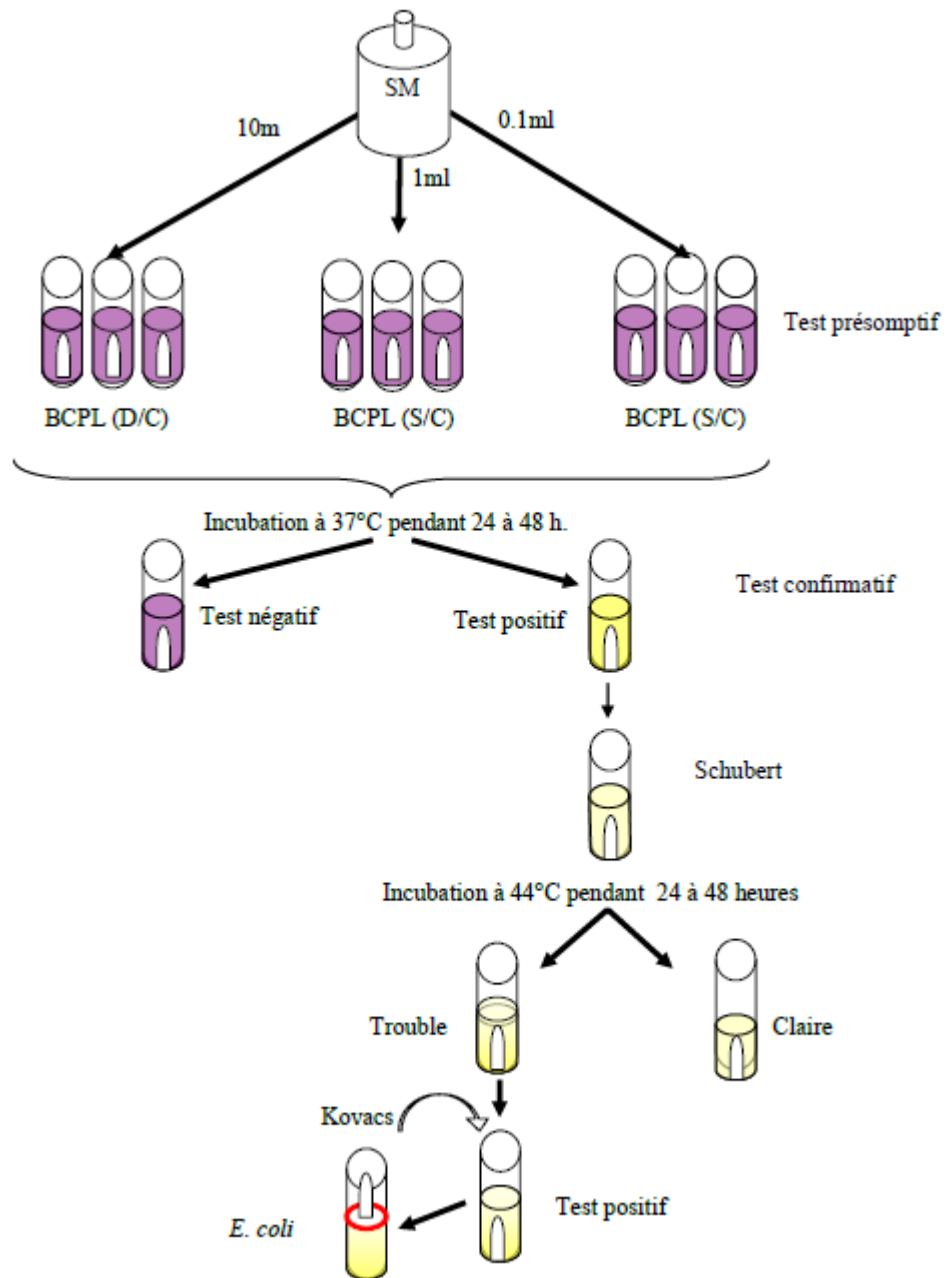
Perchlorure de fer.....3.4g.

Eau distillée.....100ml.

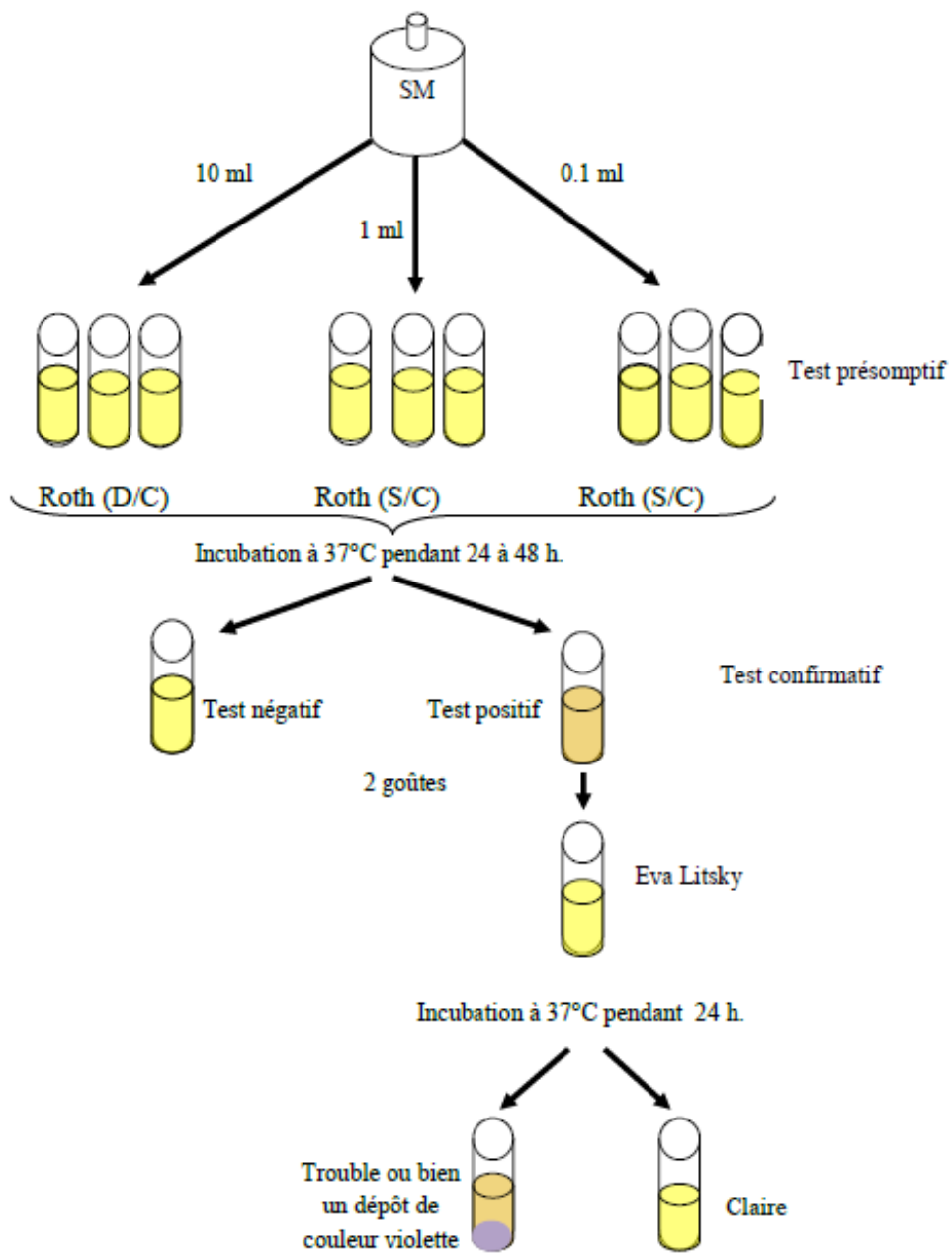
Annexe 02 : Recherche et dénombrement des germes revivifiables.



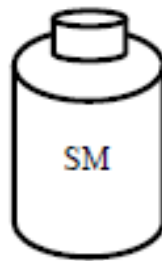
Annexe 03 : Recherche et dénombrement des *E. coli* et des coliformes dans l'eau.



Annexe 04 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.



Annexe 05 : Recherche et dénombrement des ASR dans l'eau.



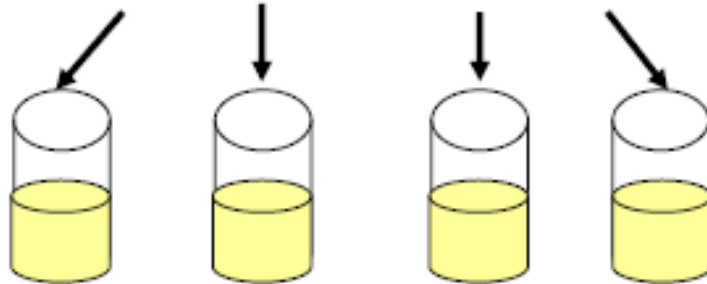
25 ml d'eau à analyser



Chauffage à 75°C pendant 15 minutes

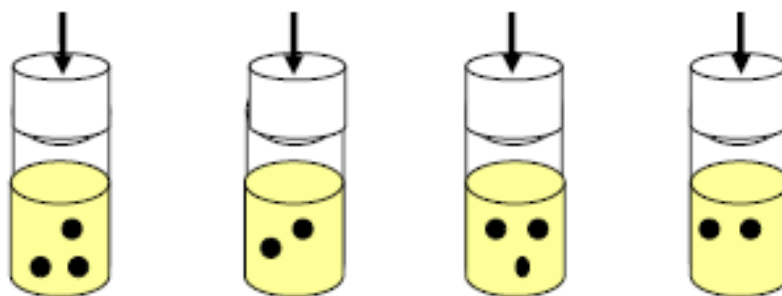
Refroidissement sous l'eau de robinet

Répartir à raison de 5 ml par tube dans 4 tubes

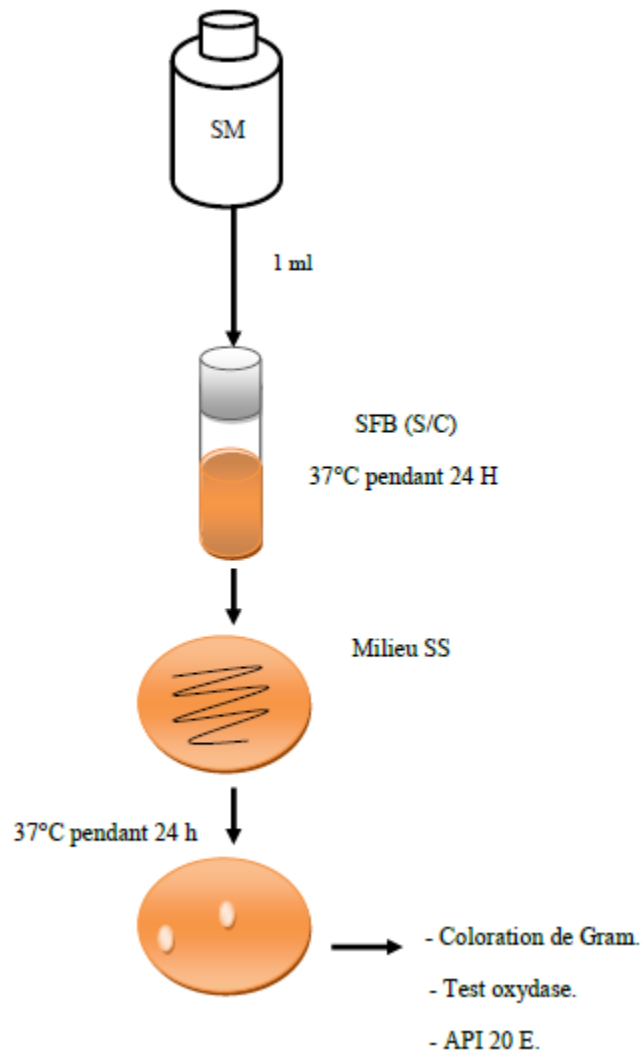


Ajouter 20 ml de gélose VF fondu puis refroidie à 47 ± 1 °C.

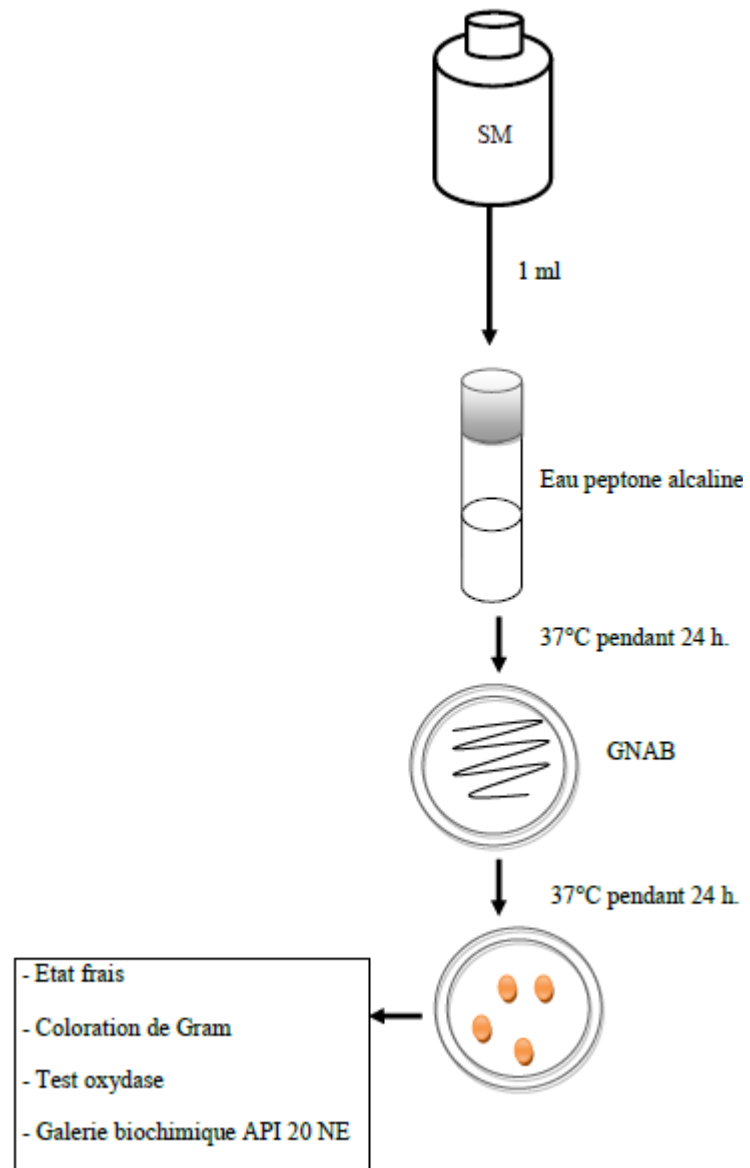
Laisser solidifier puis incuber à 37°C pendant 24 à 48 h.



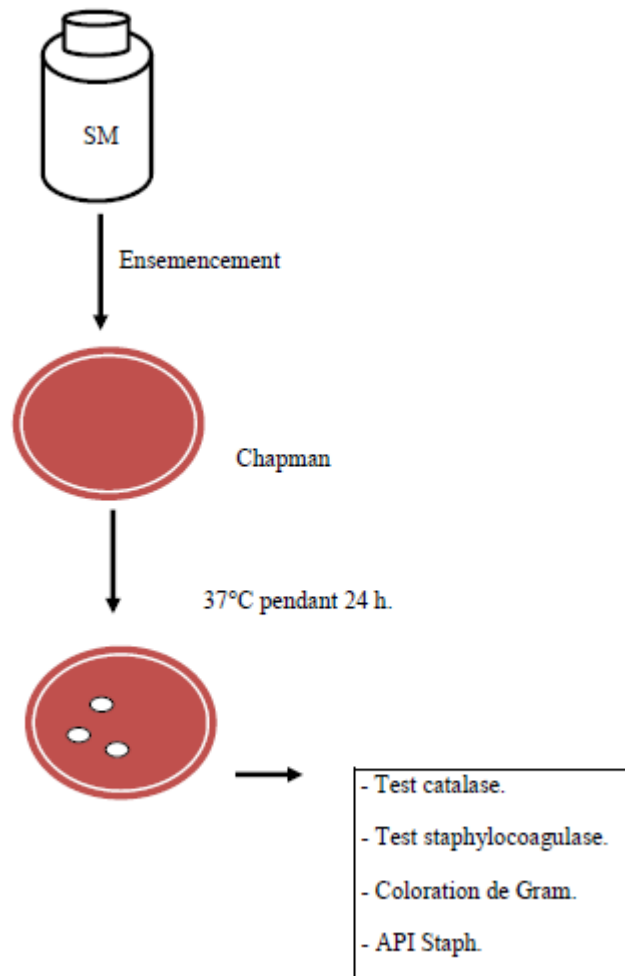
Annexe 06 : Recherche et identification des salmonelles.



Annexe 07 : Recherche et identification des Vibrio dans l'eau



Annexe 08 : Recherche et identification des Staphylocoques pathogène (*S. aureus*)



Annexe 09 : Table de Mac-Grady.

Nombre caractéristique			Nombre de cellules
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0.1 ml	NPP dans 100 ml
0	0	1	3
0	1	0	3
0	1	1	6
0	2	0	6
1	0	0	4
1	0	1	7
1	0	2	11
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
1	2	1	15
1	3	0	16
2	0	0	9
2	0	1	14
2	0	2	20
2	1	0	15
2	1	1	20
2	1	2	30
2	2	0	20
2	2	1	30
2	2	2	35
2	2	3	40
2	3	0	30
2	3	1	35
2	3	2	40
3	0	0	25
3	0	1	40
3	0	2	65
3	1	0	45
3	1	1	75
3	1	2	115
3	1	3	160
3	2	0	95
3	2	1	150
3	2	2	200
3	2	3	300
3	3	0	250
3	3	1	450
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Annexe 10 : Normes physicochimique de potabilité de l'eau.

Paramètres	Unités	Valeurs maximales admissibles		
		Algérie ⁽¹⁾	France ⁽²⁾	OMS ⁽³⁾
Couleur	mg/l de platine Pt/Co	15	15	15
Turbidité	NTU	5	2	1
Saveur	Taux de dilution à 25 °C	4	3	/
Odeur	Taux de dilution à 25 °C	4	3	/
Résidu sec	mg/l	1500	1500	/
Température	°C	25	25	/
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 8,5
Conductivité	µS/cm à 20 °C	/	≥ 180 et ≤ 1000	400
TDS	mg/l	/	/	< 600
Dureté totale (TH)	Degré français °F	200 (mg/l en CaCO ₃)	15	10
Calcium	mg/l en CaCO ₃	200	100	/
Magnésium	mg/l de Mg ²⁺	/	50	/
Sodium	mg/l	200	200	200
Potassium	mg/l	12	12	12
Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500	/	/
Chlorures	mg/l	500	250	250
Sulfates	mg/l	400	250	250
Nitrates	mg/l de NO ₃ ⁻	50	50	50
Nitrites	mg/l NO ₂ ⁻	0,2	0,1	3
Ammonium	mg/l	0,5	0,1	0,5
Phosphore	mg/l	5	/	5
Fluorures	mg/l	1,5	1,5	1,5
Silices	mg/l	/	/	≤ 10

⁽¹⁾ : Selon le décret du 22 mars 2011 (J.O.R.A.), Algérie.

⁽³⁾ : Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), 2011.

Annexe 11 : Normes microbiologiques de potabilité des eaux

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeurs limites		
		Algérie ⁽¹⁾	France ⁽²⁾	OMS ⁽³⁾
Germes aérobies revivifiables à 22 °C et à 37 °C	UFC/ml	/	/	/
Coliformes totaux	CT/100 ml	/	/	10
Coliformes fécaux	CF/100 ml	0	0	0
Streptocoques fécaux	SF/100 ml	0	0	0
Anaérobies sulfito-réducteurs	ASR/20 ml	0	0	0

⁽¹⁾ : Selon le décret du 22 mars 2011 (J.O.R.A.), Algérie.

⁽³⁾ : Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.), 2004.

Annexe 12 : Grille de qualité des eaux en Nitrate. (Merzoug, 2009)

Teneur en nitrate (NO ₃ ⁻)	Qualité des eaux
<10	Bonne
10 < NO ₃ ⁻ < 20	Moyenne avec signe de pollution
20 < NO ₃ ⁻ < 40	Polluée avec une pollution nette
> 40	La pollution est importante

Annexe 13 : Grille de qualité des eaux en Ammonium. (Merzoug, 2009)

Teneur en azote	Qualité des eaux	Classe
<0.07	Normale	1A
0.07 < NH ₄ < 0,38	Bonne	1B
0.38 < NH ₄ < 1,54	Passable	2
1,54 < NH ₄ < 6,2	Médiocre	3
<6,2 NH ₄	Mauvaise	4