

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

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

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'ORIGINE DE LA CONTAMINATION
FÉCALE DES EAUX DU BARRAGE BOUHAMDANE –GUELMA**

Présenté par : Mlle : HEDAHDIA Asya

Mlle : ALIOUCHE Sarra

Devant les jurys :

| | | | |
|-------------|--------------------|-------|----------------------|
| Président : | Mme. HAMI Manel | M.C.B | Université de Guelma |
| Examineur : | Mr. RAMDANI Kamel | M.A.A | Université de Guelma |
| Encadreur: | Mr. ROUABHIA Kamel | M.A.A | Université de Guelma |

Juin 2016

Remerciements

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

Un travail de recherche, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury Madame **HAMI Manel** et Monsieur **REMDANI Kamel** de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'encadreur Mr **ROUABHIA Kamel**, Pour ses conseils et ses instructions ainsi les bonnes informations. et qu'ils ont mis à notre disposition tous les moyens et les ressources nécessaires à sa réalisation.

Nous remercions les membres des laboratoires du département de Sciences, merci pour votre disponibilité et vos encouragements.

Nous remercions tous les membres de laboratoire d'ADE de barrage Bouhamdane, qui nous ont aidés à effectuer les analyses et les mesures et qui m'ont fait part de leurs connaissances et leur expérience.

Finalement, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémo



Dédicace

A

vant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.

Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement

à

Ma mère et mon père, pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travaille.

« Je vous remercie, mes parents »

Mes sœurs ; Soria, soed, lamia, halima, et nora, fatima

Mes frères ; Ahmed, Nori, Fete, h,

et le prince de la famille ; mouhamed

Mes toutes les fleurs de mon cœur ; Amira ,

Marwa , Saadia, Asya, Sarra, Wasila, Asia, hanna ,

que nous avons adoptées un bon moment certains événements

pleins de bonheur et joie et je pas oublier

les bonne souvenirs dans les 5 Année que je n'oublierai pas.

Et les personnes qui ont aidé dans notre Travail ;

Nesrine, Nadjet, et surtout chouchou

Merci et bonne chance à tous.

SARRA



Dédicace

A vant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.

Je dédie ce travail de fin d'études à ma famille au sens large et à tout mon entourage mais tout particulièrement

à

Ma mère et mon père, pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travaille.

« Je vous remercie, mes parents »

Mes sœurs ; Saliha, Ouanessa, Hiba

Mes frères ; Yahia, Youcef, Rafik,

Mes enfants ; Aridje, Idrise, Rama , Abd rahmane,

Fadi, Douaa, Wissal, Ilyas, Yasser,

Zakaria, Anes ,Bahaa-eddine

Mes toutes les fleurs de mon cœur ; Nesrine, Asma, Basma ,

Salma ,Ikram ,Halima ,Nadjet ,Djema ,

Hannan ,Sarrah, Mabrouka, Nadjah, Asia,

hanna ,Salima, Oussama, Naser -eddine, Islam

que nous avons adoptées un bon moment avec certains événements pleins de

bonheur et joie et je pas oublier les bonne souvenirs dans les 5 Année que je

n'oublierai pas.

Et les personnes qui ont aidé dans notre travail Nesrine, Nadjet, merci et bonne

chance à tous.

Asya

Liste des figures :

| Numéro | Titre de la figure | page |
|---------------|---|-------------|
| 01 | Cycle de l'eau | 03 |
| 02 | Localisation du barrage Bouhamdane | 12 |
| 03 | L'évolution de température de région d'étude (Année 2015) | 15 |
| 04 | L'évolution de pluviométrie de région d'étude (Année 2015) | 15 |
| 05 | L'évolution d'évaporation de la région d'étude (Année 2015) | 16 |
| 06 | Diagramme pluviothermique de la région d'étude (2003-2012) | 16 |
| 07 | Localisation des stations de prélèvement | 17 |
| 08 | Photo de multiparamètre | 19 |
| 09 | La recherche et le dénombrement des micro-organismes revivifiables | 24 |
| 10 | La recherche et dénombrement des coliformes –test de présomption- | 28 |
| 11 | La recherche et dénombrement des coliformes –test de confirmation- | 29 |
| 12 | Recherche et dénombrement des streptocoques –test de présomption- | 32 |
| 13 | Recherche et dénombrement des streptocoques –test de confirmation- | 33 |
| 14 | Recherches et dénombrement des spores clostridium sulfite-réducteurs | 35 |
| 15 | Variations de la température de l'eau de barrage Bouhamdane | 36 |
| 16 | Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de barrage Bouhamdane | 37 |
| 17 | Variations de l'oxygène dissous de l'eau de barrage Bouhamdane | 37 |
| 18 | Variations de la conductivité électrique de l'eau de barrage Bouhamdane | 38 |
| 19 | Variations de la salinité de l'eau de barrage Bouhamdane | 40 |
| 20 | Evolution des coliformes totaux dans l'eau de barrage Bouhamdane | 42 |
| 21 | Evolution des coliformes fécaux dans l'eau de barrage Bouhamdane | 42 |
| 22 | Evolution des streptocoques fécaux dans l'eau de barrage Bouhamdane | 43 |

Liste des tableaux :

| Numéro | Titre des tableaux | Page |
|---------------|--|-------------|
| 01 | Les maladies à transmission hydrique d'origine non bactérienne | 11 |
| 02 | Principales caractéristiques du barrage Bouhamdane | 13 |
| 03 | Présentation des sites et période de prélèvement | 17 |
| 04 | Qualité des eaux en fonction de l'oxygène dissous | 38 |
| 05 | Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique | 39 |
| 06 | Dénombrement des germes revivifiants à 22 °C et à 37 °C | 40 |
| 07 | Rapport CF/SF des eaux du barrage Bouhamdane au cours la période étude | 43 |
| 08 | La température moyenne de la région de Guelma (année 2015) | Annexe I |
| 09 | La précipitation moyenne de la région de Guelma (année 2015) | Annexe I |
| 10 | La précipitation moyenne de la région de Guelma (année 2000-2015) | Annexe I |
| 11 | L'évaporation moyenne de la région de Guelma (année 2015) | Annexe I |
| 12 | La température moyenne de la région de Guelma (année 2000-2015) | Annexe I |
| 13 | Table de Mac Grady (Rodier., 2009) | Annexe II |

Liste des abréviations

μs : Micro-Siemens

ADE : Algérienne Des Eaux

ASR : Anaérobies sulfitoréducteurs

BCPL: Bouillon lactose au pourpre de bromocrésol

CE : Conductivité électrique

CF : Coliforme fécaux

CT : Coliforme totaux

D /C : Double concentration

E.coli : *Escherichia coli*

Eva Litsky : Bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium

Eva : Evaporation

Fig: Figure.

GT : Germes totaux

NPP : Nombre le plus probable

O₂ : Oxygène

P: précipitations moyennes annuelles

pH : Potentielle Hydrogène

ppm : Partie par million

S: Station

S /C: Simple Concentration

SF : Streptocoque Fécaux

T : Température

Tab : Tableau

TGEA : Tryptone-Glucose-Extrait de levure-Agar

Résumé

Le barrage de Bouhamdane situé au nord est algérienne à 20 km à l'ouest de la ville de Guelma, occupant une superficie totale de 700 ha, il constitue un réservoir naturel d'eau douce. Les communes de Guelma, Hammam Debagh, Houari Boumediène, Bendjerah, et plusieurs agglomérations environnantes sont desservies quotidiennement à partir du ce qui emmagasine actuellement 104 millions de m³ d'eau.

Notre travail consiste à caractériser la qualité physico-chimique et bactériologique et déterminer l'origine de pollution fécale, durant la période s'étalant de Février à Avril 2016, où on a effectué des prélèvements mensuels sur deux stations.

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau du barrage Bouhamdane sont dans les normes des eaux superficielles, une température saisonnière et un pH alcalin varie entre 8.31 et 8.87 avec un oxygène dissous et une conductivité électrique qui peut classer les eaux de ce barrage comme des eaux de bonne qualité.

L'étude bactériologique réalisée a montrée qu'il y a une contamination fécale récente remarquée par la présence de 14 Streptocoques fécaux/100 ml et de 160 coliformes fécaux / 100 ml, avec l'absence totale des spores de Clostridium sulfito-réducteur, ce qui signifie l'absence de la contamination ancienne dans ce site.

Le rapport CF/ SF varie entre 08 et 11, indique que cette contamination est d'origine humains.

Les mots clés : Qualité bactériologique, Contamination fécale, Origine de pollution, barrage Bouhamdane, Guelma.

:الملخص

يقع سد بوحمدان شمال شرق الجزائر، على بعد 20 كلم غرب مدينة قالمة، هذا السد يحتل مساحة إجمالية تقدر بـ 700 هكتار، وهو ما يشكل خزاناً طبيعياً للماء العذب، حيث يزود ولاية قالمة ومعظم بلدياتها بماء الشرب .

تهدف هذه الدراسة إلى معرفة و تحديد الخصائص الفيزيولوجية و البكتيريولوجية ، بالإضافة إلى تحديد مصدر التلوث الفضلي لمياه السد خلال فترة الدراسة و هذا بتحليل عينات مأخوذة شهرياً من محطتين . النتائج المتحصل عليها بعد التحليل الفيزيوكيميائي أثبتت أن مياه سد بوحمدان هي مياه مطابقة للمعايير المطلوبة في المياه السطحية، حيث سجلنا درجات حرارة فصلية، درجة حموضة قاعدية تتراوح ما بين 8.31 إلى 8.87، نسبة الأكسجين الذائب و الناقلية الكهربائية يسمحان بتصنيف مياه هذا السد بأنها مياه ذات نوعية جيدة .

أما الدراسة البكتيريولوجية المنجزة فقد بينت وجود تلوث برازي حديث من خلال التعداد 14 مكورة سبحية برازية و 160 بكتيريا قولونية في 100 مل مع غياب أبواغ بكتيريا الكلوستريديوم المرجعة للكبريت والذي يدل على غياب تلوث قديم لمياه السد .

النسبة CF/SF تبين أن مصدر التلوث البرازي هو الإنسان من الدرجة الأولى.

الكلمات المفتاحية: النوعية البكتيريولوجية - التلوث البرازي - مصدر التلوث - سد بوحمدان - قالمة

Abstract

The Bouhamdane dam is a large reservoir of fresh water, occupying a total area of 700 ha, in the Algerian northeast. It is located at 20 km to the West of Guelma. It daily irrigates and supports the livelihood of people of the municipalities of Guelma, Hammam Debagh, Houari Boumediene, Bendjerah, and several surrounding cities (104 million m³ of water). This study aims to characterize the physico-chemical and bacteriological quality and determine the source of fecal pollution of two stations of this dam, during the period from February to April 2016.

The results of physico-chemical analyses showed a seasonal temperature and alkaline pH ranging from 8.31 to 8.87 with a dissolved oxygen and electrical conductivity that classify the waters of this dam as a water of good quality.

The bacteriological study has shown that there is a recent faecal contamination by the presence of fecal 14 Streptocoques / 100ml and 160 fecal coliform / 100 ml, and the absence of the spores of sulfite-reducing Clostridium, which indicates the absence of old contamination in this site. The ratio CF/SF ranged from 08 to 11 confirms that this contamination is of human origin.

Key words: bacteriological quality, Fecal Contamination, origin of pollution, dam Bouhamdane, Guelma.

Sommaire

Liste de figure

Liste de tableaux

Liste d'abréviation

| | |
|--|---|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I: Synthèse bibliographique | |
| 1.Généralités sur l'eau | 3 |
| 1.1.Cycle de l'eau..... | 3 |
| 1.2.Les types des eaux douces | 4 |
| 1.2.1. Les eaux souterraines | 4 |
| 1.2.2.Les eaux de surface | 4 |
| 2.La pollution de l'eau | 4 |
| 2.1.Les types de la pollution | 5 |
| 2.1.1. La pollution physique | 5 |
| 2.1.2. La pollution chimique | 5 |
| 2.1.3. La pollution microbiologique | 5 |
| 2.2.Les sources de pollution | 6 |
| 2.2.1. Source domestique | 6 |
| 2.2.2 Source industrielle | 6 |
| 2.2.3. Source par l'agricole | 6 |
| 2.3.L'impact de la pollution des eaux sur l'environnement | 7 |
| 2.3.1.Impact sur le milieu naturel | 7 |
| 2.3.2. Impact sur la faune et la flore | 7 |
| 2.3.3. Impact sur l'homme | 8 |
| 3. Les maladies à transmission hydrique | 8 |
| 3.1. Les maladies à transmission hydriques d'origines bactériennes | 8 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes | 8 |
| 3.1.2. Gastroentérites aiguës et diarrhées | 9 |
| 3.2. Autres maladies | 11 |

Chapitre II: Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| I. Site d'étude | 12 |
| 1. Présentation du site d'étude | 12 |
| 2. Caractéristiques du barrage..... | 13 |
| 3. Faune et flore du barrage | 14 |
| 3.1. La faune | 14 |
| 3.2. La flore | 14 |
| 4. Etude climatique | 14 |
| 4.1. Température | 14 |
| 4.2. Pluviométrie | 15 |
| 4.3. L'évaporation | 16 |
| 4.4. Diagramme pluviothermique | 16 |
| II. Méthodes de travail..... | 17 |
| 1. Choix des stations de prélèvement | 17 |
| 2. Echantillonnage | 17 |
| 2.1. Matériel d'échantillonnage | 18 |
| 2.2. Méthode de prélèvement | 18 |
| 2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons | 19 |
| 2.4. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse | 19 |
| 3. Analyse physico- chimique..... | 19 |
| 3.1. La température | 20 |
| 3.2. Le pH | 20 |
| 3.3. La conductivité électrique | 20 |
| 3.4. L'oxygène dissous | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.5. La salinité | 21 |
| 4. L'analyse bactériologique | 22 |
| 4.1. La recherche et le dénombrement des micro-organismes revivifiables | 22 |
| 4.2. La recherche et dénombrement des coliformes totaux | 25 |
| 4.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux | 30 |
| 4.4. Recherches et dénombrement des spores Clostridium sulfito-réducteurs | 34 |
| Chapitre III: Résultat et discussion | |
| 1. Résultats des analyses physicochimiques mesurés in situ | 36 |
| 1.1. La température | 36 |
| 1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) | 36 |
| 1.3. L'oxygène dissous | 37 |
| 1.4. La conductivité électrique | 38 |
| 1.5. La salinité | 39 |
| 2. Résultats des analyses bactériologiques | 40 |
| 2.1. Dénombrement des germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C | 40 |
| 2.2. Dénombrement des coliformes totaux | 40 |
| 2.3. Dénombrement de Coliformes fécaux | 41 |
| 2.4. Dénombrement des streptocoques fécaux | 41 |
| 2.5. Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) | 42 |
| 3. l'origine de la pollution fécale..... | 42 |
| Conclusion | 44 |
| Résumés | |
| Références bibliographiques | |
| Annexes | |

Introduction

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel pour tous les êtres vivants qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel.

Elle est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation ; elle l'est également pour ses activités agricoles, économique et la qualité de son environnement en dépend étroitement.

L'eau représente 80 % de la surface totale de la terre : malheureusement, presque 98 % de l'eau sur notre planète terre est de l'eau salée, impropre à la consommation et moins de 02 % de l'eau est potable sont disponible à l'utilisation. [**Lassoued., et Touhami., 2008**]

En Algérie au cours des derniers décennies par rapport aux décennies précédentes 1940-1970 les ressources renouvelables en eau sont constituées d'eau de ruissellement pour 16milliards de m³ et de 2 milliards de m³d'eau souterraines. [**Aissaoui., 2013**]

La majorité des grandes municipalités du monde s'alimentent en eau potable à partir des eaux de surface, qui englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). Elles sont souvent disponibles en plus grande quantité que les eaux Souterraines mais elles sont aussi plus vulnérables aux sources de pollution naturelles et anthropiques.

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau se pose avec acuité. En effet, L'eau est un moyen de transport idéal des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé publique et provoquent les maladies hydriques. Dans le cas des maladies hydriques, les agents contamineurs proviennent habituellement du tube digestif de l'homme et de l'animal et sont éliminés par les excréments ; on parle alors de contamination fécale.

L'objectif de ce travail consiste à étudier et de déterminer l'origine de pollution fécale du barrage Bouhamdane qu'est situé au Nord Est algérien, à 20 km à l'Ouest de la ville de Guelma. Il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Bouhamdane .

Ce manuscrit est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre, une étude bibliographique présente une généralité sur l'eau, et sur les principales infections d'origines hydriques.
- Le deuxième chapitre, présente une étude expérimentale consacrée aux présentations du site d'étude et du matériel et méthodologie suivie pour la réalisation des analyses bactériologiques et physicochimiques effectuées.
- Le troisième chapitre, mentionne sous forme de tableaux et de graphes les différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique, avec une discussion et une conclusion clôturant le mémoire.

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur l'eau

Nom féminin du latin "*aqua*", l'eau est un corps incolore, insipide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H₂O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologique et le constituant le plus important des êtres vivants (70 % de leurs poids en moyenne). [Aissaoui., 2013]

1.1. Cycle de l'eau :

L'eau est présente autour de nous et constitue l'un des éléments fondamentaux de notre planète. Toute cette eau est transformée et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre.

L'hydrosphère chauffée par énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluies, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement 0.25 % pénètre, 0.25 % ruisselle, quant au 0.25 % restes, il s'évapore à son tour. Le périple sans suite un cours appelé cycle hydrologique ou cycle de l'eau. (Fig.01) [01]

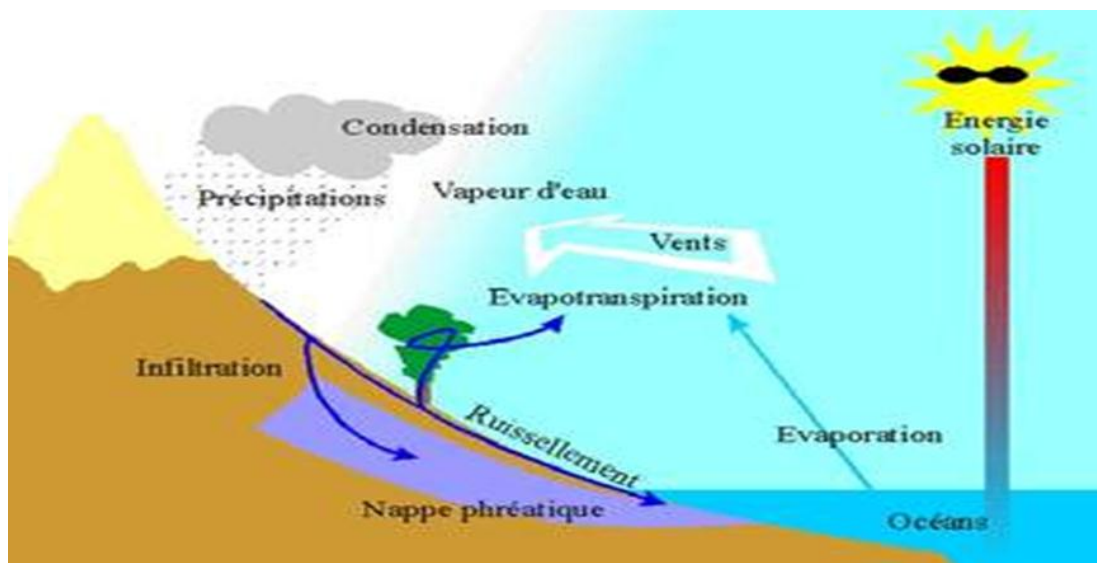


Figure 01. Le cycle de l'eau [2]

1.2. Les types des eaux douces :

Il existe deux types d'eau douce qui sont les eaux souterraines et les eaux de surface

1.2.1. Les eaux souterraines :

Ce sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22 % des réserves d'eau douce, soit environ 1000 milliard de m³. Leur origine est représenté par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface. [Aissaoui., 2013]

1.2.2. Les eaux de surface :

Les eaux de surface se répartissent en eaux véhiculées par les cours d'eaux, ou contenue dans les lacs, ou maintenues derrière les barrages réservoirs. Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux, de rivières, soit des rassemblements des eaux de ruissellement. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains, elle est donc généralement riches en gaz dissous, en matière en suspension et en matière organique ainsi qu'en plancton. Les eaux de surface sont très sensibles à la pollution minérale et organique. [Aissaoui., 2013]

2. La pollution de l'eau

La pollution comprend toute nuisance apportée à un écosystème qu'elle soit une modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau. C'est la contamination de l'eau par les corps et substances étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres ; dues à des déversements, écoulements, rejets, dépôts directs ou indirects de matières de toute nature et, plus généralement, tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques.

2.1. Les types de la pollution:

On distingue plusieurs types de pollution, qui peuvent avoir une origine domestique, agricole ou industrielle :

2.1.1. La pollution physique :

Elle peut être thermique, radioactive ou due au transport de matières en suspension. Ces dernières créent la turbidité qui donne à l'eau un aspect peu agréable, causent des dommages aux poissons et freinent le développement des organismes photosynthétiques. Les pollutions radioactives et thermiques proviennent quant à elles du rejet de radio-isotopes ou d'eaux chaudes ayant servi au refroidissement des centrales électriques et nucléaires. Les conséquences directes de ce rejet, est l'élévation de la température des eaux naturelles, ce qui modifie le taux d'oxygène, augmente l'activité cellulaire et la respiration de la biocénose, diminue la diversité du phytoplancton et peut provoquer la prolifération d'espèces thermophiles. [Debabza., 2005]

2.1.2. La pollution chimique :

Les polluants chimiques sont nombreux et d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques. Ils peuvent être dégradables (substances dont la nature est modifiée ou la quantité réduite par des phénomènes biologiques, chimiques ou physiques) ou non dégradables (ne sont pas modifiés par les processus biologiques qui se déroulent dans les eaux naturelles). Ce sont les engrais agricoles, les pesticides, les composés organochlorés, les hydrocarbures, les détersifs. Certains éléments toxiques (plomb, arsenic, mercure...) dits bio-accumulables, peuvent, à travers la chaîne alimentaire depuis le plancton, atteindre l'Homme, et provoquent des altérations graves de certains organes. [Debabza., 2005]

2.1.3. La pollution microbiologique :

La contamination microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes pathogènes. [3]

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites ; L'élimination de ces bactéries par les matières fécales contamine les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface. [Debabza M., 2005]

2.2. Les sources de pollution :

Il y a trois sources de pollution :

2.2.1. Source domestique :

Provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison (eau des toilettes et des lavages). Celles-ci représentent environ 150 litres par jour et par habitant. On distingue deux types d'eaux usées domestiques :

- les eaux de lavage ou eaux ménagères, qui proviennent des salles de bain et des cuisines et qui sont généralement chargées de graisses, de débris organiques, de détergents, de solvants.
- les eaux vannes, qui viennent des toilettes et sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

La pollution journalière produite par une personne est évaluée à :

- 70 à 90 g de matières en suspension.
- 60 à 70 g de matières organiques.
- 12 à 15 g de matières azotées.
- 3 à 4 grammes de phosphore.
- plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

2.2.2 Source industrielle :

Les effluents industriels peuvent causer des pollutions organiques (industries agroalimentaires, papeteries), chimiques (tanneries, usines textiles, travaux des métaux...) ou physiques (réchauffement par les centrales thermiques, matières en suspension des mines ou de la sidérurgie, radioactivité...).

Ils peuvent avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire au pouvoir d'autoépuration de l'eau, ou causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, pesticides, radioactivité...).

2.2.3. Source par l'agriculture :

Pollution agricole se développe depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'intensification, surtout dans le domaine des cultures labourées (sur fertilisation, traitements excessifs, érosion des sols).

Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires de plus en plus utilisés s'accumulent dans les sols, les nappes phréatiques et la chaîne alimentaire. [4]

2.3. L'impact de la pollution des eaux sur l'environnement :

La pollution des eaux a un nombre d'effets : en outre elle produit des changements complexes dans les eaux réceptrices et affecte les usages ultérieurs de l'eau de différentes manières plus ou moins apparent.

On distingue trois types de désutilités, de gravité croissante : les polluants peuvent d'abord nuire à l'agrément de la vie, ils peuvent ensuite à la santé de l'homme, ils peuvent enfin menacer la survie même de l'espèce. [5]

2.3.1. Impact sur le milieu naturel :

Une eau usée urbaine ou industrielle peut avoir suivant la nature et concentration de ses constituants, un certain nombre d'effet sur le milieu récepteur, même après avoir subi une épuration.

- ❖ Les Matières en suspension, même en concentration faible sont susceptibles de réduire la transparence du milieu.
- ❖ La présence de nitrate et de phosphates et l'effet précipité des matières organiques est la modification des équilibres physico-chimiques du milieu et notamment son interaction avec les formes métalliques par des mécanismes de réduction, de précipitation susceptible d'accroître les effets propres de ses métaux sur l'environnement.

2.3.2. Impact sur la faune et la flore :

Les substances nocives contenues dans les eaux usées déversées dans le milieu naturel peuvent en effet être absorbées et concentrées à plusieurs étapes par des micro-organismes aquatiques.

Ces substances peuvent détruire les êtres vivants et végétaux dans les rivières et les lacs, ainsi que les micro-organismes qui interviennent dans l'épuration biologique des eaux usées.

L'altération que l'on peut constater dans la végétation des certains étangs ou les cours d'eau sont souvent le témoin d'une pollution directe par des produits toxiques, ainsi, l'apport trop important d'élément nutritifs peut induire une prolifération intense d'algues aboutissant au phénomène de l'eutrophisation qui limite les possibilités de vie.

L'équilibre des espèces des poissons peut de ce fait être perturbé par la diminution du taux d'oxygène dissouts.

2.3.3. Impact sur l'homme :

Les causes des maladies à transmission hydriques sont multiples, et c'est essentiellement la pollution des eaux superficielles par les rejets des eaux usées aggravés par une pluviométrie insuffisante et irrégulière.

L'homme peut être affecté par une pathologie cutanée ou par une gastro-entérite après consommation de fruits de mer, tel que typhoïde, choléra grâce à une consommation de fait par une voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécales, ou par des mains sales. [Lambert., 1998]

3. Les maladies à transmission hydrique :

L'eau est essentielle à la vie mais elle peut être contaminée par des déchets humains, et animaux contenant des microorganismes pathogènes pouvant provoquer des épidémies graves connues sous le nom de maladies à transmission hydrique. [06]

Les maladies à transmission hydriques sont l'ensemble des maladies liées à la consommation d'eau ou d'aliments, souillées par des microorganismes pathogènes : des bactéries pathogènes, des virus ou des parasites. [07]

Les maladies hydriques se propagent rapidement dans les pays ne se disposant pas de bonne condition d'hygiène et de systèmes de des sources d'eau douce, contaminant ainsi l'eau potable et les aliments. [08]

3.1. Les maladies à transmission hydriques d'origines bactériennes

3.1.1. Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes :

Ce sont de véritables septicémies dues à des salmonelles : *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* A, B, et C. Elles sont caractérisées par de la fièvre, céphalées, diarrhée, douleurs abdominales, accompagnées d'un abattement extrême (le tufos) et peuvent avoir des complications graves, parfois mortelles : hémorragies intestinales, collapsus cardiovasculaire, atteintes hépatiques, respiratoires, neurologiques.

La contamination se fait par voie digestive à partir d'eaux contaminées par des matières fécales, d'aliments avariés ou encore par des mains sales. [Mouffok., 2001]

La bactérie traverse sans la léser la barrière intestinale et se fixe dans les ganglions mésentériques. Après incubation elle se réplique dans la circulation sanguine ce qui conduit à une septicémie. Elle libère lors de son élimination une endotoxine neurotrope qui lèse le système abdominal provoquant des ulcérations. [Potelon et Zysman., 1998]

La toxine peut être également responsable de troubles plus généraux par atteinte du système nerveux central. La bactérie est retrouvée dans les selles du malade dans 50 % à 80% des cas. [Pilet et al., 1987]

3.1.2. Gastroentérites aiguës et diarrhées :

- *Escherichia coli* :

C'est une bactérie saprophyte du tube digestif de l'homme et des animaux qu'elle envahit dès les premières heures de la vie. Elle se multiplie par milliards dans les matières fécales. Leur extrême abondance et leur résistance dans l'eau sont telles que ces bactéries ont été retenues comme germes-tests de contamination fécale des eaux.

Bien que fort nombreuses, ces bactéries ne sont guère pathogènes : 5 à 6 % des souches seulement chez l'enfant. Ce n'est que dans de très rares cas qu'elles passent dans le sang provoquant une septicémie ou des infections urinaires. [Avril et al., 1992]

- *Campylobacter jejuni* :

Bien qu'étant l'une des causes les plus courantes de gastroentérites, ce n'est que vers la fin des années 1970 que cette bactérie a été reconnue comme agent d'infection gastro-intestinale. Son taux d'infection dans la population est estimé à 1 % et plus de 2.10⁶ de cas par an sont comptabilisés aux Etats-Unis. Il en est de même au Royaume-Uni et dans d'autres nations développées. C'est une infection sporadique apparaissant en été, le plus souvent à la suite de manipulations de nourriture mal cuite, essentiellement de produits avariés.

L'impact de *Campylobacter* dans les pays en voie de développement est de plusieurs fois supérieur à celui observé dans les pays développés et donne lieu à l'apparition de porteurs sains. La plupart des infections surviennent pendant l'enfance et leur fréquence

diminue avec l'âge. Le risque de contamination encouru par les touristes dans les pays à risque varie de 0 à 39 %. [Cristian., 2008]

- *Yersinia enterocolitica* :

De nombreuses espèces animales constituent le réservoir de cette bactérie : porc, lapins, mulots. Le lait, les coquillages, les crèmes glacées et les crudités (carottes râpées, salades, légumes) ont conduit à des milliers d'infections. En ce qui concerne l'eau, sa transmission est oro-fécale. Elle provoque une entérocolite souvent sanglante qui régresse au bout d'une semaine. Des complications abdominales peuvent néanmoins survenir laissant penser parfois à une crise d'appendicite.

- *Salmonella sp* :

Il existe plusieurs centaines de salmonelles dont la classification a été modifiée de nombreuses fois et qui n'est toujours pas bien stabilisée. Leur transmission par voie hydrique est oro-fécale.

L'origine des salmonelles remonte à la nuit des temps. En effet, elles auraient divergé du genre *Citrobacter* après l'apparition des amphibiens et des reptiles, il y a 300 millions d'années. Puis la sous-espèce I se serait différenciée à l'émergence des animaux à sang chaud, il y a 200 millions d'années engendrant les fièvres typhoïdes.

Estimées à 841 espèces par Kaufman-White, c'est la sous espèce *enterica* qui est responsables des affections des animaux à sang chaud. Elles sont responsables de 8.6 % des diarrhées infantiles hospitalisées dont 88 % chez des enfants de 1 à 5 ans. Les sérotypes *Typhi*, *Paratyphi A*, *B*, *C* sont responsables des salmonelloses humaines les plus graves, parfois mortelles. D'autres sous-espèces d'origines animales peuvent être responsable de gastroentérites autolimitées avec fièvre de l'ordre de 2 jours et diarrhées n'excédant pas 7 jours. De mêmes sous-espèces peuvent être saprophytes d'animaux à sang froid. [Avril et al., 1992]

- *Shigella dysenteriae* :

Les dysenteries bacillaires sont dues à des bactéries du genre *Shigella* et ne représentent que 0.7 % des gastroentérites de patients hospitalisés, dont 80 % sont des enfants de 1 à 15 ans. Elles caractérisées par un syndrome gastro-intestinal comportant des douleurs abdominales, des expulsions de selles non fécales nombreuses (de 4 à 20 par

jours) sanguinolentes et glaireuses. Elles s'accompagnent d'un amaigrissement et de dégradation de l'état général. Leur début est brutal avec élévation brutale de température accompagnée de douleurs abdominales et émission d'importantes selles aqueuses suivies, 1 à 2 jours plus tard, par des volumes moindres de matières fécales contenant beaucoup de sang et de mucus. La shigellose se traduit par l'invasion et la destruction de la muqueuse superficielle avec ulcération.

L'espèce *Shigella dysenteriae* peut provoquer une forme particulièrement sévère de dysenterie dont la mortalité peut atteindre 20 %. Les autres genres ne provoquent qu'une dysenterie passagère, rarement fatale, sauf pour les personnes âgées et les enfants dénutris.

L'examen des selles est indispensable pour faire la distinction entre dysenterie bacillaire et dysenterie à protozoaires. L'affection cède à l'antibiothérapie ce qui permet d'éviter des complications comme arthrites ou phlébites ou encore l'apparition de formes hypertoxiques, de type choléra, à mortalité parfois élevée. [Denis et al., 2007]

3.2. Autres maladies :

Il existe des autres maladies d'origine virale et protozoaire qui sont classées dans le tableau suivant :

Tableau 01. Les maladies à transmission hydrique d'origine non bactérienne [Pierre et al., 2008]

| Origine des maladies | Pathogènes | Pathologies |
|----------------------|-------------------------------|---|
| Virales | Hépatite A et E | Infection hépatiques |
| | Adenovirus | Diarrhée ; infection oculaires et problèmes respiratoires |
| | Norovirus | Diarrhée /Gastro-entérite |
| | Rotavirus | Diarrhée /Gastro-entérite |
| | Astrovirus | Diarrhée |
| Protozoaires | <i>Entamoeba histolytica</i> | Dysenterie amibienne |
| | Naegleria | Méningo-encéphalite |
| | <i>Giardia lamblia</i> | Diarrhée chronique |
| | <i>Cryptosporidium parvum</i> | mortelle chez les immuno-déprimés |

Matériel et méthodes

I. Site d'étude

1. Présentation du site d'étude :

Le barrage Bouhamdane est situé dans la Wilaya de Guelma à 25 km à l'Ouest du chef-lieu, il dépend administrativement de la Daïra de Hammam Debagh et de la Commune de Bouhamdane, occupant une superficie totale de 700 hectares. Il est alimenté principalement par Oued Bouhamdane. (Fig.02) [ANB]

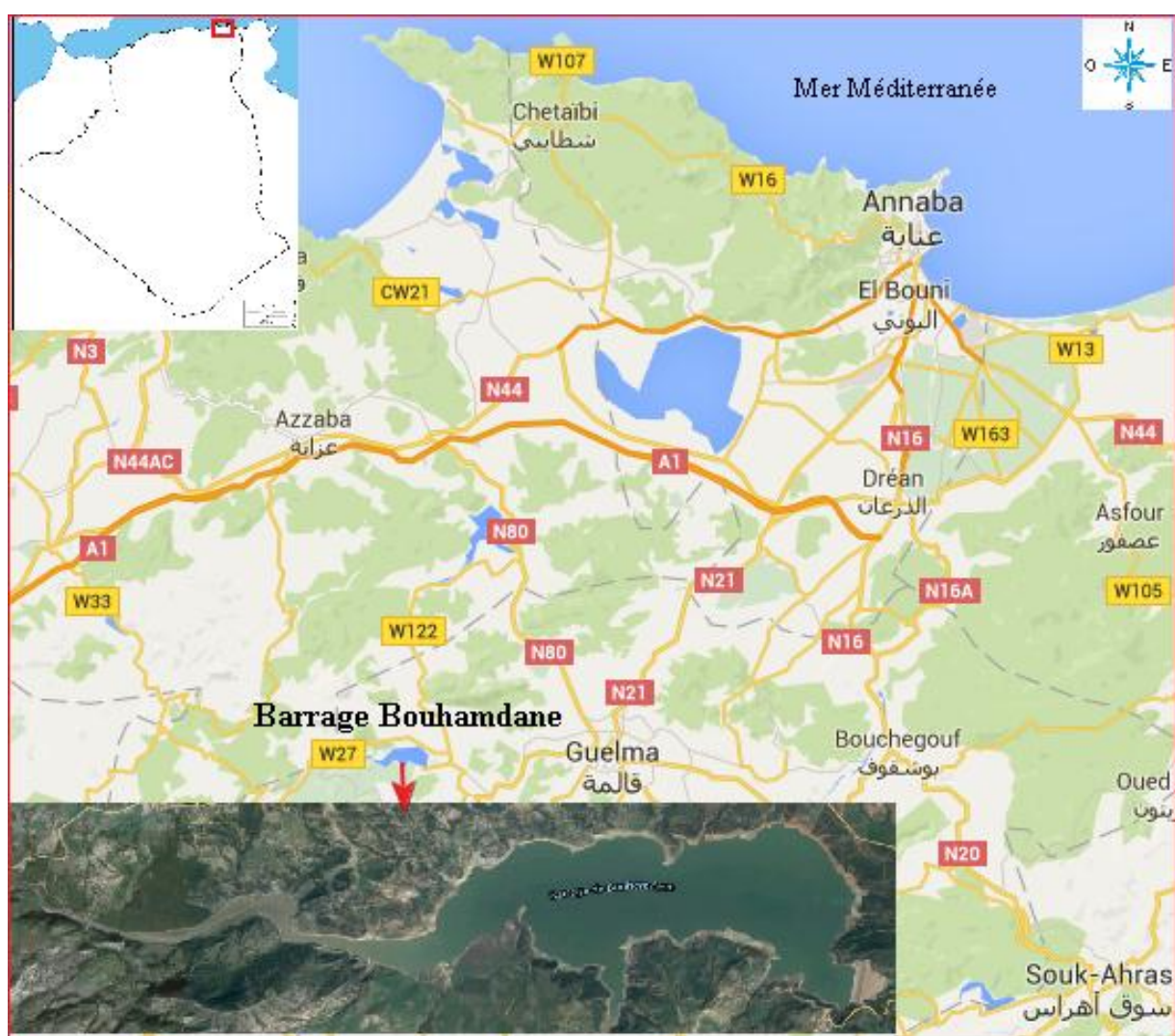


Figure 02. Localisation du barrage Bouhamdane. [Google earth 2016]

2. Caractéristiques du barrage:

Les principales caractéristiques du barrage Bouhamdane sont représentées dans le tableau suivant. (Tab.02)

Tableau 02. Principales caractéristiques du barrage Bouhamdane. [ANB]

| | |
|------------------------------------|--|
| Début du travaux | Octobre 1980 |
| Achèvement du travaux | Decembre 1987 |
| Localité | Bouhamdane (Guelma) |
| Une latitude | 36° 27' N |
| Une longitude | 7° 14' E |
| Une d'élévation de | 418,31m |
| Effluents | Oued Bouhamdane |
| Type | En terre avec noyau central |
| Capacité hydrique | 200 hm ³ (1988) 184,347 hm ³ (2004) Après levée bathymetrique |
| Superficies du bassin versant | 1070 Km ² |
| Apport annuel moyen | 63 hm ³ |
| Profondeur maximale | 93 m |
| Hauteur de l'eau | Minimal : 5m, maximal :60m |
| Envasement moyen annuel | 0,53 hm ³ |
| Sources d'approvisionnement en eau | Oued Bouhamdane et ses affluents |
| Longueur en crête | 340 m |
| Larguer en crête | 9 m |
| Volume de la digue | 6500000 m ³ |
| Largeur à la base | 516 m |
| Longueur de couronnement | 430 m |
| Excavations | 1700000 m ³ |
| Coffrages | 430 |
| Remblais | 130000 m ³ |
| Aciers | 6000 T |
| Béton | 198000 m ³ |
| Forages et injections | 390 |

3. Faune et flore du barrage:

Le barrage Bouhamdane forme un microclimat avec une faune et une flore assez abondante. Selon l'administration des forêts et la direction de l'environnement il existe une variété d'espèces végétales et animales:

3.1. La faune :

On note la présence d'une pléthore d'oiseaux: la Cigogne blanche (*Ciconia cconia*), le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), la Poule d'eau (*Gallinula chloropus*), l'Heron garde Boeufs (*Bubulcus ibis*), L'Epervier (*Accipiternisus*), le Pigeon (*Columba oenas*), Le Corbeau (*Curvus corax*), la Perdrix (*Alectoris barbara*) et enfin, le Merle de rocher (*Monticola saxactilis*).

On rencontre également la Carpe argentée (*Hypophthalmi chtysmolitrix*), la Carpe a grande bouche (*Aristi chthysnobilis*), la Carpe commune (*Cyprinus ecarpio*), la Carpe herbivore (*Ctenopha ryngodonidella*), Sandre (*Stizostedion lucioperca*), le Barbeau (*Barbus*), l'Anguille. Européenne (*Anguilla anguilla*), l'Ablette (*Alburnus alburnus*), les Crabes (*Carcinus maenas*), les Tortues aquatiques (*Emydura subglobosa*). Les Reptiles tel que la Couleuvre (*Natrix tessellata*), la Vipère (*Viper aursini*), le Lézard (*Lacert alepida*). [Sehailia et Noureddine., 2014]

3.2. La flore :

On rencontre le pin d'Alep (*Pinushal pensus*), le Pin maritime (*Pinus maritima*), l'Eucalyptus (*Eucalyptus australis*), l'Oléastre (*Oleariaar borescens*), le Chêne liège (*Quercus suber*), le Chêne zen (*Quercus faginea*), le Frêne oxyphylle (*Fraxinus oxyphylla*). Et enfin le Peuplier blanc (*Populus nigra*). [Sehailia et Noureddine., 2014]

4. Etude climatique :

Le territoire de la wilaya se caractérise par un climat doux et pluvieux en hiver et chaud en été.

4.1. Température :

L'interprétation des données météorologiques fait ressortir que la température annuelle moyenne est de 17,9 °C avec 27,7 °C en août (le mois le plus chaud) et 10 °C en janvier (le mois le plus froid). Les extrêmes absolus enregistrés varient entre -3,5 °C au mois de janvier à 47 °C au mois de juillet. Les amplitudes mensuelles ne sont pas très

contrastées comparées aux amplitudes annuelles qui dépassent les 31,6 °C. Ce qui distingue la période chaude de la période froide. L'amplitude diurne varie entre 15,4 et 20,4 °C pendant les saisons fraîches. (Voir annexe I) [Alouane., 2012]

A partir des données climatiques de l'année 2015, la température maximale 30,46°C dans le mois Juin et avec une valeur minimale 6,99 °C pendant le mois de Février.(Fig. 03)

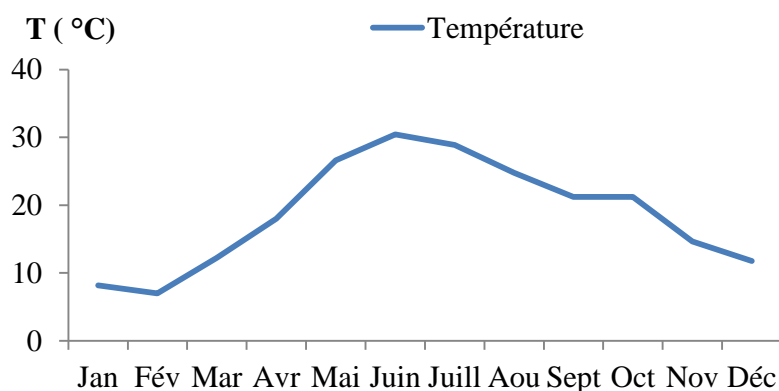


Figure 03. L'évolution de température de région d'étude (Année 2015)

4.2. Pluviométrie :

Les précipitations sont marquées par une durée de sécheresse durant l'été, avec un minimum de 2,6 mm enregistré en juillet. Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables. (Voir annexe I) [Alouane., 2012]

La précipitation maximale sont 8,9 mm enregistré dans le mois de Février pendant de l'année 2015. (Fig.04)

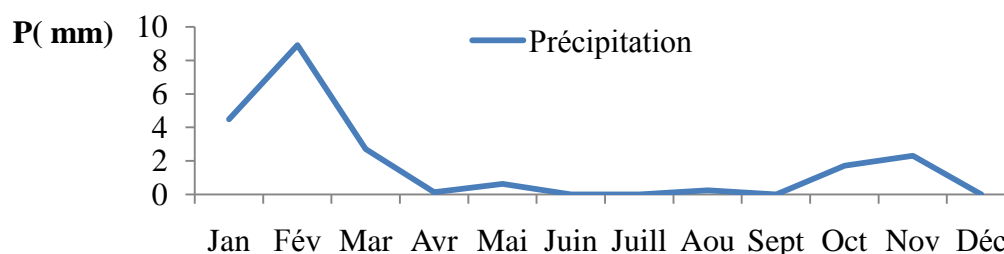


Figure 04. L'évolution de pluviométrie de région d'étude (Année 2015)

4.3. L'évaporation :

L'évaporation mensuelle atteint un maximum de 0,031 mm au mois de juillet et un minimum de 0,003 mm en Janvier. (Voir annexe I) [Alouane., 2012]

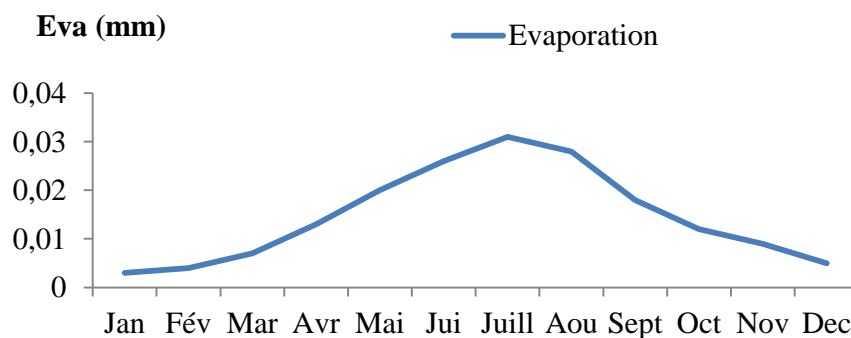


Figure 05. L'évolution d'évaporation de la région d'étude (Année 2015)

4.4. Diagramme pluviothermique :

Le diagramme pluviothermique établi, montre l'existence deux saisons bien distinct :

- Une saison sèche et chaude qui s'étale du mois de Mai , jusqu'au mois de Septembre . Cette saison n'exède pas cinq mois.
- Une saison humid plus longue qui dure environ sept mois et s'étale du mois de Septembre jusqu'au mois de Mai.(Fig.06)

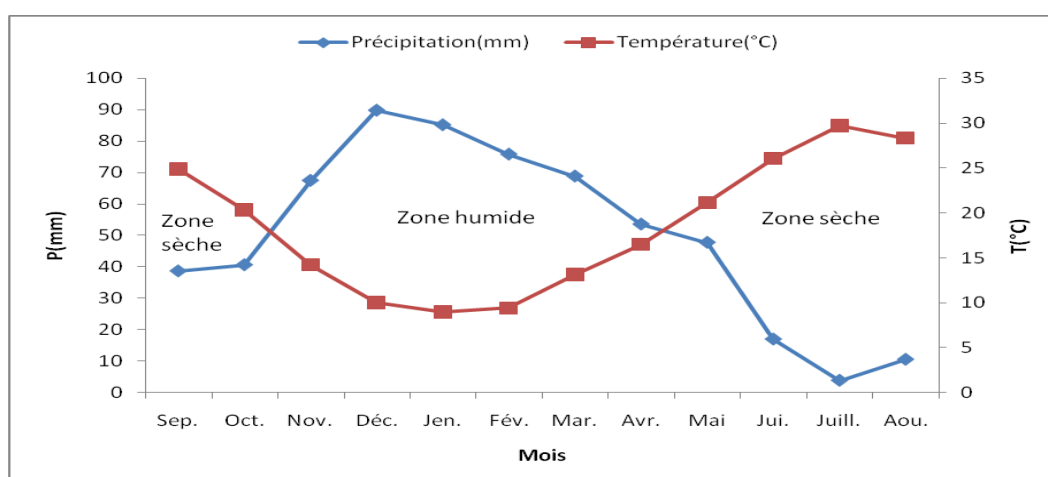


Figure 06. Diagramme pluviothermique de la région de Guelma (1990- 2015)

II. Méthodes de travail

1. Choix des stations de prélèvement :

Pour contribuer à l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau de barrage de Bouhamdane nous avons choisi deux points de prélèvement.

La totalité de nos analyses bactériologiques ont été réalisés au niveau du laboratoire de station de traitement des eaux de Hammam Debagh.

Tableau 03. Présentation des sites et période de prélèvement.

| Points de prélèvement | Période de prélèvement | Heure de prélèvement | Types des analyses Effectuées |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Station 1 | 29 /02/2016 | 09 : 20 | Mesure in situ |
| | 16 /03/2016 | 14 :05 | |
| | 17 /04/2016 | 11 :00 | |
| Station 2 | 29 /02/2016 | 10 :15 | Analyses bactériologique |
| | 16 /03/2016 | 14 :50 | |
| | 17 /04/2016 | 11 :45 | |



Figure 07. Localisation des stations de prélèvement [Google earth 2016]

2. Echantillonnage :

Un examen bactériologique 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 et al., 1996]

2.1. Matériel d'échantillonnage :

La verrerie destinée aux prélèvements d'eau doit être munis d'un nettoyage avec un détergent puis rinçage avec l'eau propre (eau douce), puis un rinçage final avec l'eau distillée. [Lightfoot., 2002]

Il faut utiliser de préférence des flacons en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à vis métallique stérilisés soit à l'autoclave (120 °C) durant 15 minutes, soit au Four Pasteur (170 °C) durant 1 heure. [Rodier et al., 2009]. Le récipient utilisé doit assurer, une fois bouché, une protection totale contre toute contamination. [Rodier et al., 1996]

Pour éviter les risques de contamination, les flacons choisis pour l'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'eau et une fois l'opération est effectuée, ils doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse.

2.2. Méthode de prélèvement :

Nos prélèvements ont été effectués au niveau des eaux de barrage de Bouhamdane. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction du but recherché et de la nature de l'eau à analyser.

Pour une eau de surface (eau superficielle), les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels.

Le prélèvement de nos échantillons a été effectué manuellement sur des points de prélèvement fixes en utilisant des flacons stériles de 250 ml.

Rinces au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, les flacons sont ouverts sous l'eau, goulot dirigé à contre-courant, ensuite le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Les récipients ne seront jamais remplis complètement. Toujours laisser un espace d'air d'au moins 2,5 cm entre la surface du liquide et le bouchon, ce qui facilite l'homogénéisation et un mélange correct de l'échantillon au moment de son analyse en laboratoire. [Rodier et al., 1996]

2.3. Enregistrement et étiquetage des échantillons :

Il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables. Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales. [Lightfoot., 2002]

2.4. Transport et conservation des échantillons avant l'analyse :

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant de la glace et transportés ensuite au laboratoire.

Si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans ces conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon. [Rodier et al., 2009]

3. Analyse physico- chimique

Les mesures des paramètres physico-chimiques sont réalisées sur place (*in situ*), tels que la température, pH, l'oxygène dissous, la conductivité électrique, et la salinité à l'aide d'un multi paramètre, (**Fig.08**) en plongeant directement les sondes dans l'eau.

Ces paramètres sont très variables aux conditions du milieu et ils permettent une estimation de la qualité générale de l'eau. En effet ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site. [Sayad., 2008]



Figure 08. Muli paramètre (HANNA Hi 9829) [photo prise par Aliouche Sarra]

3.1. La température :

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre.

➤ Mode opératoire :

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

3.2. Le pH :

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

➤ Mode opératoire :

- Etalonner l'appareil avant la mesure, avec des solutions tampons à pH=7, pH=4 et pH=9. Après avoir rincé l'électrode en verre avec de l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bécher, mettre une agitation doucement puis tremper l'électrode dans le bécher. Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation et noter pH. [Kherchiche et Bouzidi., 2013]

3.3. La conductivité électrique :

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations.

Selon Rejsek F.(2002), la température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité.

La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu S/cm$).

➤ **Mode opératoire :**

D'une façon générale, rincez plusieurs fois la sonde avec l'eau distillée puis en la plongeant dans l'échantillon à examiner. [Kherchiche et Bouzidi., 2013]

3.4. L'oxygène dissous :

La teneur en oxygène dissous des eaux de surface est mesurée à l'aide d'une sonde munie d'une électrode sensible à cette molécule.

La concentration en oxygène dissous dans l'eau est communément exprimée en milligramme par litre (mg/l) ou en pourcentage de saturation. [CRE Laurentides., 2009]

3.5. La salinité :

La présence de sel dans l'eau modifie certaines propriétés (densité, compressibilité, point de congélation, température du maximal de densité), d'autre (viscosité, absorption de la lumière) ne sont pas influencées de manière significative. Enfin certains sont essentiellement déterminés par la qualité de sel dans l'eau (conductivité, pression osmotique). On utilise le même multi-paramètre pour mesurer la salinité. [Bousaaroura., 2011]

➤ **Mode opératoire :**

D'une façon générale, opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée. Tout d'abord, rincez plusieurs fois l'électrode avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans l'échantillon à examiner. [Kherchiche et Bouzidi., 2013]

4. L'analyse bactériologique

Les matières fécales sont la voie principale de transmission des microorganismes pathogènes pour l'homme. Elles peuvent provoquer des pathologies digestives, respiratoires.

On trouve naturellement dans les eaux de surface une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. [Hébert et Légaré., 2000]

Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastroentérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux (coliformes thermo-tolérants) et les *Escherichia coli* (*E. coli*), sont utilisées pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux.

Au laboratoire, on a utilisé le matériel classique d'un laboratoire de microbiologie :

- Appareil de stérilisation (four Pasteur, autoclave), des appareils d'incubation (des étuves à 37 °C, à 22 °C et à 44 °C), bec Bunsen.
- Les géloses employées sont : Viande foie (VF), Tryptone Glucose-Extrait de levure-Agar (TGEA).

Pour le dénombrement des germes de contamination fécale on a utilisé les milieux liquides de dénombrement (BCPL, Rothe) et les milieux liquides de confirmation. (Bouillon Litsky, bouillon Schubert et/ou eau peptonée exempte d'indole). [Aouissi., 2009]

4.1. La recherche et le dénombrement des micro-organismes revivifiables :

Les germes totaux (GT) dit revivifiables sont la totalité des bactéries, levures et moisissures aéro-anaérobies, capables de former des colonies dans ou sur un milieu de culture.

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des microorganismes dans les eaux minérales embouteillées destinés à la consommation humaine par comptage des colonies à 22 °C et à 37 °C.

➤ **Mode Opérateur :**

- À partir de l'eau à analyser porter aseptiquement 1 ml en double dans deux boîtes de Pétri vides, numérotées.
- Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose TGEA fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes.
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale.
- Laisser solidifier les boîtes sur pailleasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose ou de gélose blanche. Cette double couche, a un rôle protecteur contre les contaminations externes diverses.
- Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :
 - 1) La première série sera incubée à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures ;
 - 2) La seconde série sera incubée à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 44 ± 4 heures.

➤ **Lecture et interprétation :**

Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. **(Fig.09)**

Calculer ensuite le nombre totale, des microorganismes revivifiables à $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ à part et celle du nombre des microorganismes revivifiables à $36^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ à part.

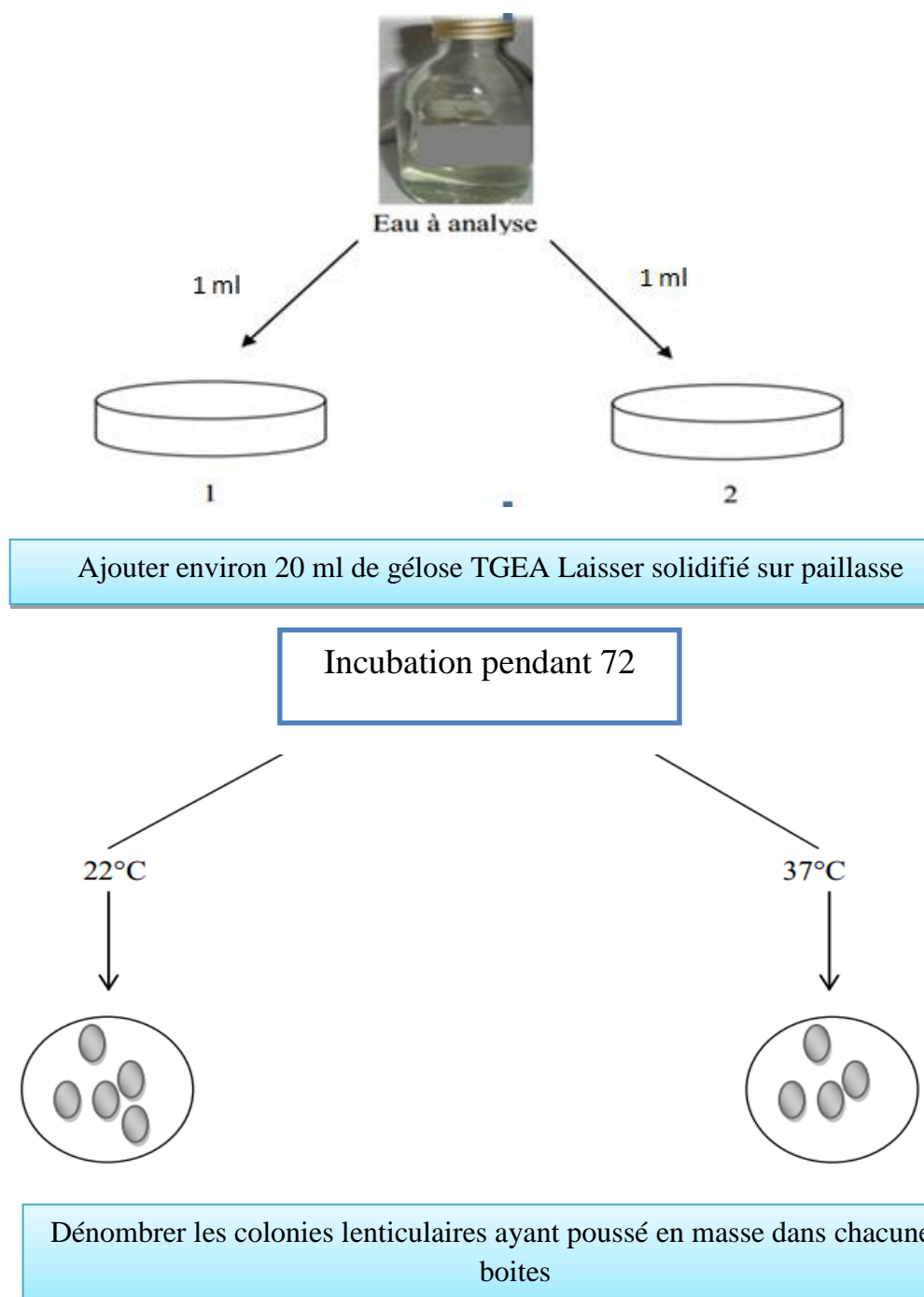


Figure 09. La recherche et le dénombrement des micro-organismes revivifiables

4.2. La recherche et dénombrement des coliformes totaux :

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles.

E. Coli est le seul membre du groupe des coliformes totaux que l'on trouve exclusivement dans les intestins des mammifères, dont les humains. La présence d'*E. Coli* dans de l'eau indique une contamination récente par des matières fécales, et peut indiquer la présence possible de pathogènes responsables de maladies, comme des bactéries, des virus et des parasites.

Même si la plupart des souches d'*E. Coli* sont inoffensives, certaines souches, comme l'*E. Coli* O157:H7, peut causer des maladies.

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose à avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C. [Carbonelle et al., 1998; Camille., 2003]

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiell*. [Roux., 2003]

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. [Carbonelle et al., 1998; Archibald., 2003; Camille., 2003]

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermo-tolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température voisine de 42°C ± 2°C. [Bourgeois et Leveau., 1980 ; Denis et al., 2007]

➤ **Mode opératoire :**

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E coli* ont été effectués par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés être disséminés dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (lois de Poisson qui détermine la probabilité d'apparition aléatoire des événements rares). [Rejsek., 2002]

Cette technique se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes ;
- Le test confirmatif : réservé à la recherche des coliformes fécaux et *E.coli*. [Lebres., 2002 ; Chaouch., 2007; Lebres. et Mouffok., 2008]

a. Test de présomptif :

Il est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre de bromocrésol à simple concentration (BCPL S/C). Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu [Mouffok., 2001; Lebres., 2002]

Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulle d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats [Joffin et Joffin., 1999]

A partir de l'eau à analyser, il faut préparer de manière aseptisée :

- 50ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C.
- 05 fois 10ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C.
- 05fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. (Fig.10)

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

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} 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).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans la condition opératoire décrite. [Labres et Mouffok., 2008]

La lecture finale se fait selon la prescription de la table du NPP (Annexe II).

b. Test de confirmation (test de Mac Kenzie) :

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermo-tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham. Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci au bain Marie à 44°C pendant 24 heures. [Labres. et Mouffok., 2008]

Sont considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux et ;
- Un anneau rouge en surface, témoignant de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. (Fig.11)

La lecture finale s'effectue également selon la prescription de la table du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois productrices de gaz et d'indole à 44°C, pendant 24 heures [Labres et Mouffok., 2008]

Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. Les résultats sont exprimés en germes par 100 ml d'eau analysé. [Labres et Mouffok., 2008]

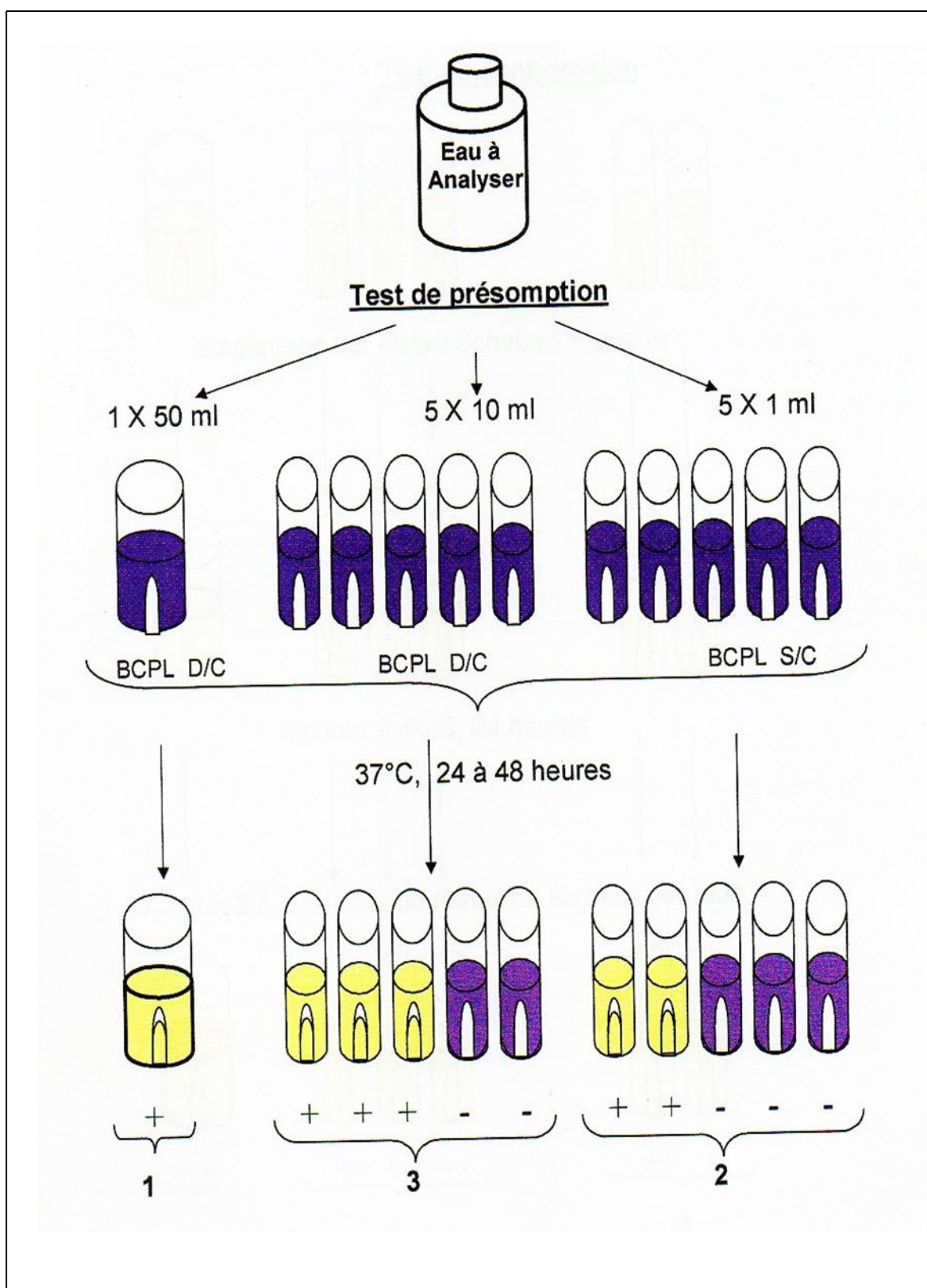


Figure 10. La recherche et dénombrement des coliformes –test de présomption-[ANB]

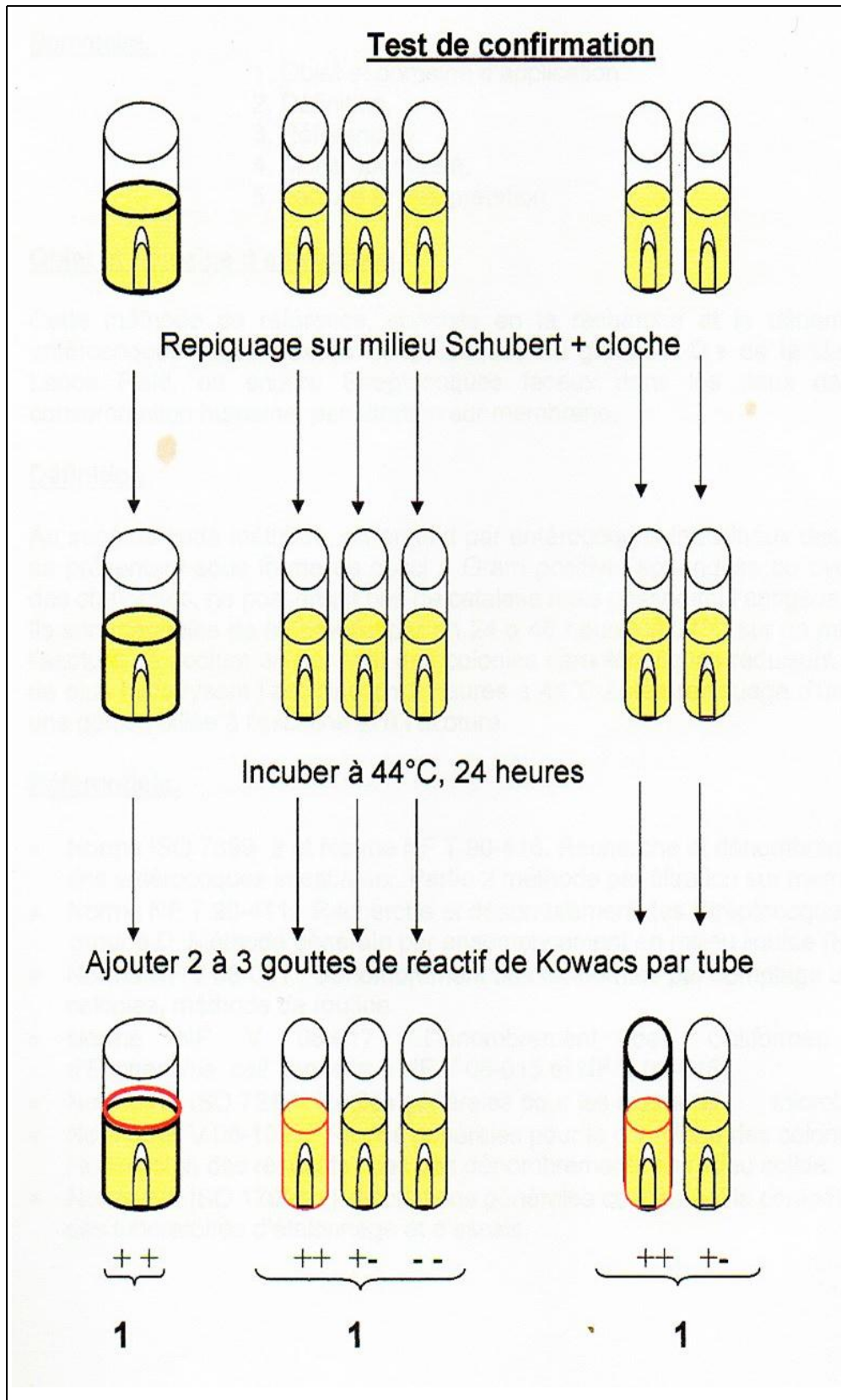


Figure 11. Recherche et dénombrement des coliformes – test de confirmation-[ANB]

4.3. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux :

Les Streptocoques fécaux ou streptocoques du groupes « D » de la classification de lance Field, sont considérés, d'une manière globale, comme étant des témoins de pollution fécale [Mouffok., 2001], du fait qu'ils ont tous un habitat fécale. [Rodier., 2009]

➤ Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux ; en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test présomptif : Réservé à la recherche des streptocoques ;
- Le test confirmatif : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption. [Chaouch., 2007]

a. Test de présomptif :

La recherche se fait en bouillon Rothe S/C (Bouillon à l'acide de sodium simple concentration). [Bricha., 2007; Mouffok., 2001]

A partir de l'eau analysée, porter aseptiquement :

- 50ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 10ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C.
- 5fois 1 ml dans 5 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. [Labres et Mouffok., 2008]. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant Un trouble microbien. (Fig.12)

b. Test de confirmation:

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. [Labres., 2002 et Roux., 2003]

Après agitation des tubes positifs ; prélever sur chacun d'eaux successivement bouclés (de 03 mm de diamètre) ou quelques gouttes par une pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky à l'ethyle violet et acide de sodium.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum .Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures [Lebres., 2002].Seront considérés positifs les tubes présentant :

- Un trouble dû au développement bactérienne.
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube [Lebres., 2002] Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette. [Rodier et al., 2009]. (Fig.13)

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe [Lebres., 2002]

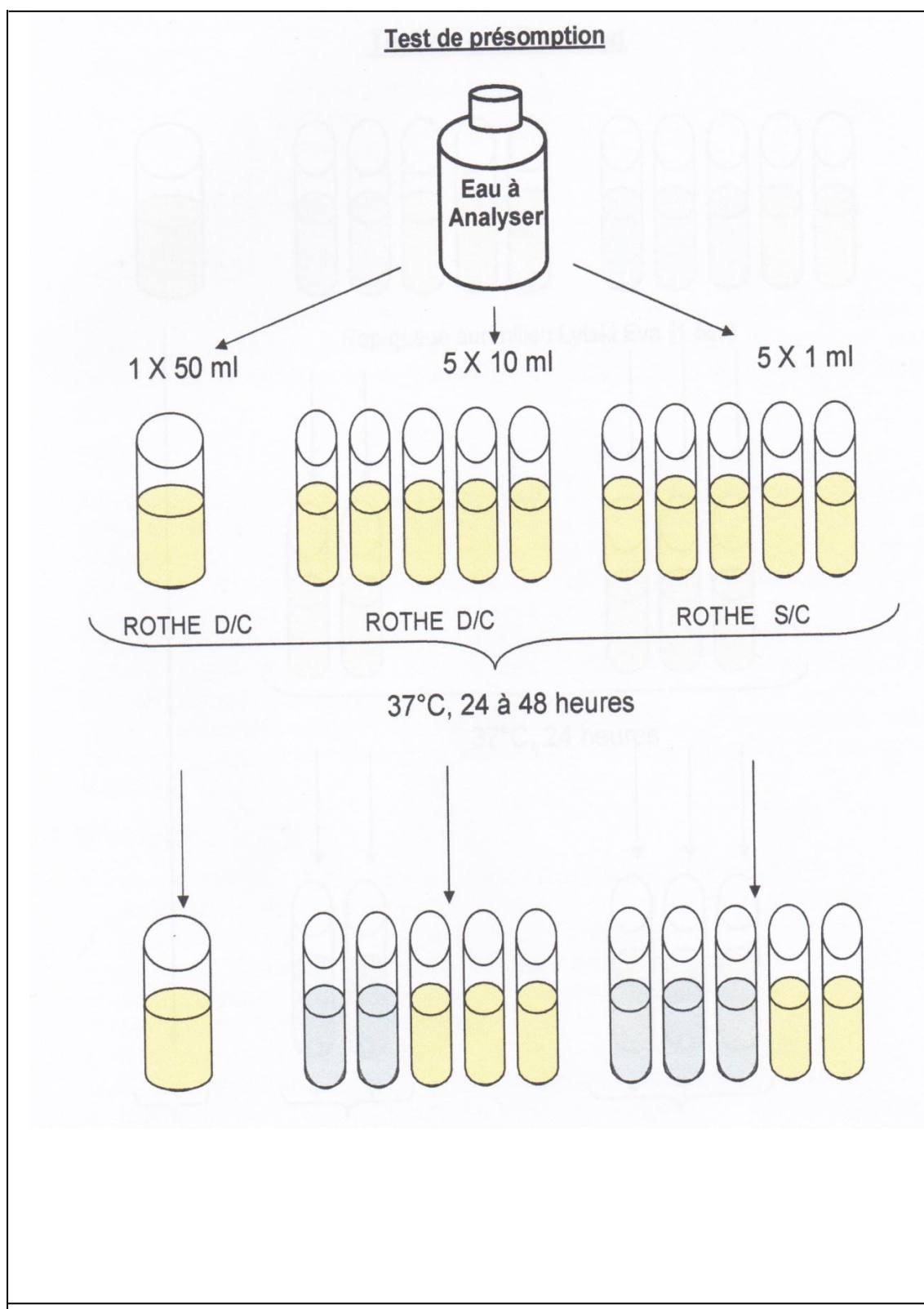


Figure12. Recherche et dénombrement des streptocoques – test de présomption-[ANB]

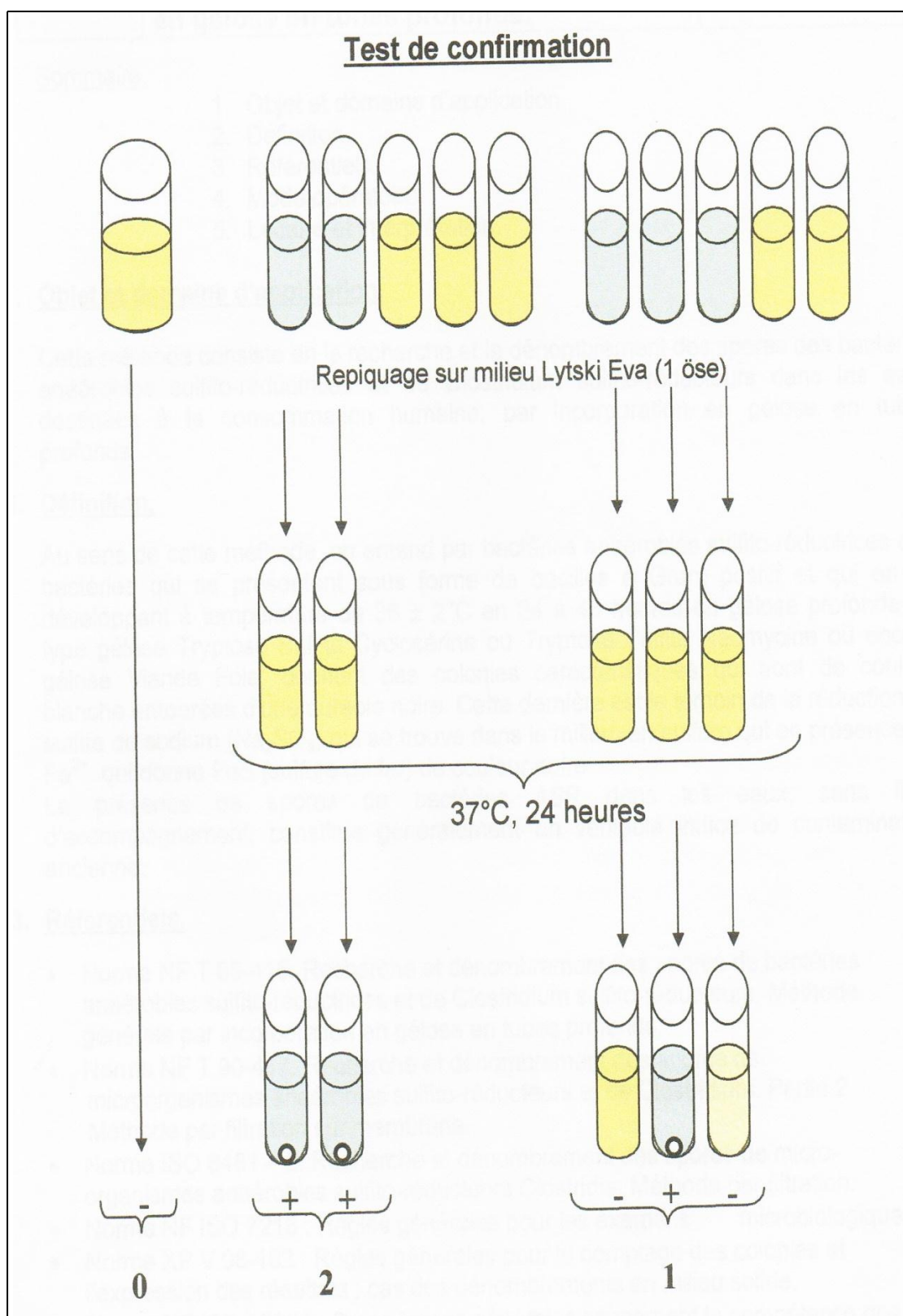


Figure13. Recherche et dénombrement des streptocoques – test de confirmation-[ANB]

4.4. Recherches et dénombrement des spores *Clostridium sulfito-réducteurs* :

Les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) présentent sous forme de gram positif, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose VF en donnant des colonies typiques réduisant du sulfite de sodium (Na_2SO_3), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{+2} qui donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire (**Fig. 14**).

Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. [Labres., 2006]

➤ Mode opératoire

La recherche et dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose sur tube profonds :

- Prendre environ 25 ml à partir de l'eau à analyser, dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 20 ml de gélose Viande Foie, fondue, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium, puis refroidie à 45 ± 1 °C.
- L'incorporation se fait dans un tube et non dans une boîte afin de limiter la surface de contact entre le milieu et l'air.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant la formation des bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C, pendant 24 à 48 heures. [Labres et Mouffok., 2008]

➤ Lecture et démembrement :

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice toute colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spore par 20 ml d'eau à analyser. [Labres., 2006]

La première lecture doit absolument être faite à 16 heures et la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière

Dénombrer toute colonie noire de 0.5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser.

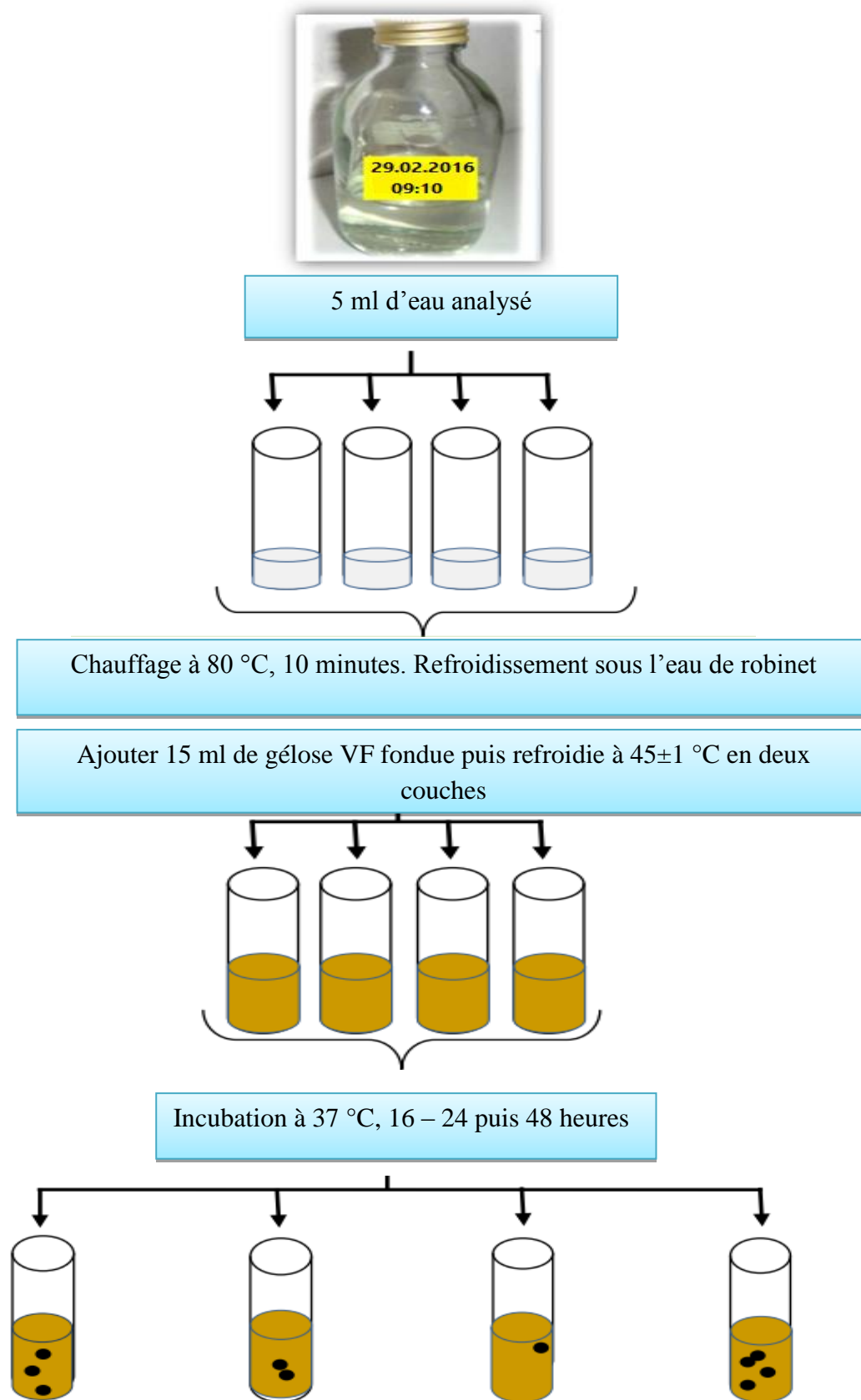


Figure 14. Recherches et dénombrement des spores clostridium sulfito-réducteur

Résultat et discussion

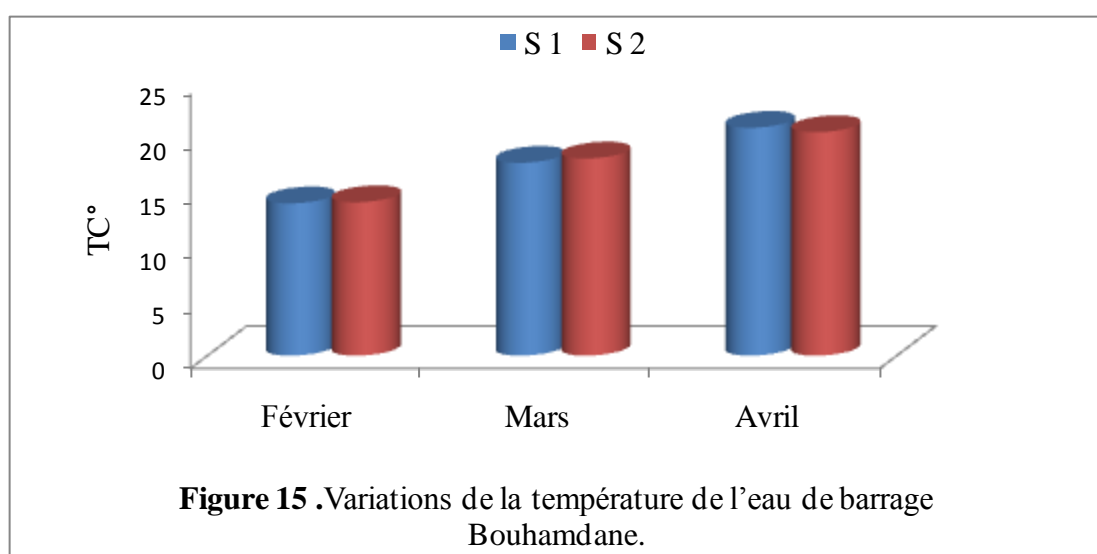
1. Résultats des analyses physicochimiques mesurés in situ :

1.1 La 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. [Aberkan *et al.*, 2011]

D'après les résultats, la température minimale obtenue est de 13,9 °C enregistrée dans la station 1 pendant le mois de Février. La température maximale est de 20,8 °C noté dans la station 1 pendant le mois d'Avril. (Fig.15)

Selon la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température, notre eau est de qualité normale (< 20 °C) à bonne (20°C – 22 °C). [Sayad L., 2008]



1.2 Le potentiel d'hydrogène (pH) :

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

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Il donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut

provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau. [Aouissi., 2009]

La valeur minimale est 8,31 mesurée dans la station 02 pendant le mois de Mars et la valeur maximale est de 8,87 obtenue dans la station S1 pendant le mois de Février avec une moyenne de 8,53. Le pH de l'eau de barrage de Bouhamdane est plus au moins neutre ce qui est le cas de la majorité des eaux de surface douces. (Fig.16)

Cette gamme de pH favorise la multiplication et la croissance des microorganismes

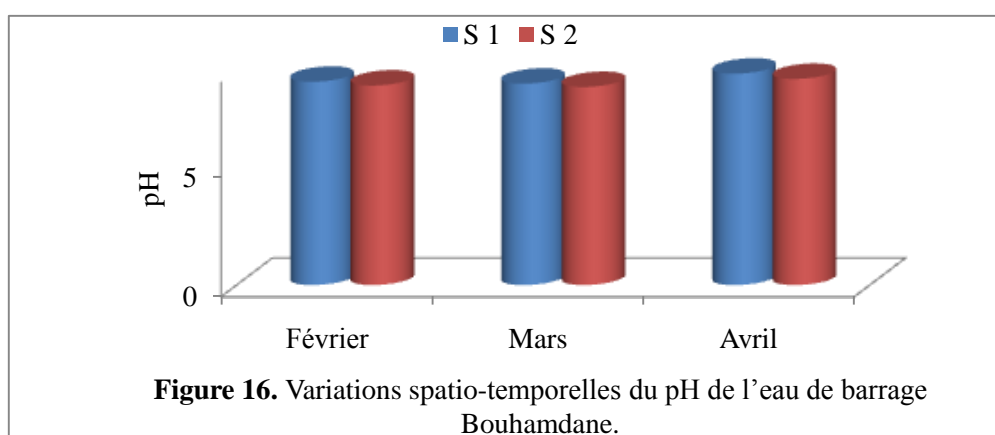
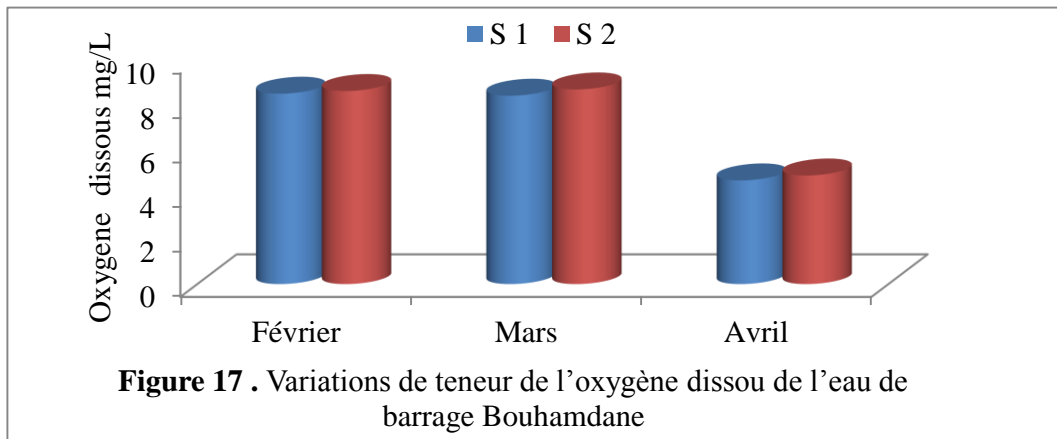


Figure 16. Variations spatio-temporelles du pH de l'eau de barrage Bouhamdane.

1.3 L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des micro-organismes aquatiques. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeur. [Rodier., 1996]

Selon les résultats enregistrés durant notre période d'étude qu'au les deux mois de Février et Mars des valeurs d'oxygène dissous est très élevé avec des valeurs entre 8,45 à 8,71 mg/l dans les deux stations, à cause de forte agitation des masses d'eau. Au mois d'avril les valeurs enregistrées moins élevée de 4,64 à 4,86 mg/l, à cause de la température et la présence d'une très dense végétation. (Fig.17)



Selon le tableau suivant de la qualité de l'eau en fonction de l'oxygène dissous, notre eau est de la classe 1A.

Tableau 04. Qualité des eaux en fonction de l'oxygène dissous. [ANRH., 2001]

| l'oxygène dissous (mg/l) | l'oxygène dissous (%) | qualité des eaux | Classe |
|--------------------------|-----------------------|------------------|--------|
| >7mg/l | 90 % | Normal | 1A |
| Entre 5et7mg/l | 70 % à 90 % | Bonne | 1B |
| Entre 3à5mg/l | 50 % à 70 % | Moyenne | 2 |
| <3mg/l | <50 % | Médiocre | 3 |

1.4. La conductivité électrique :

Elle est proportionnelle à la quantité des sels minéraux dissous dans l'eau donc, la mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement la minéralisation globale de l'eau [Rodier et al., 1996]

Une conductivité électrique élevée est synonyme de pollution de l'eau. Elle permet d'avoir une idée sur la de l'eau .une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. [Rodier et al., 2009]

La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle s'exprime en micro siemens par centimètre [Detay., 1993].

La conductivité électrique est presque constante dans la période d'étude dans les deux stations S1 et S2, il augmente dans le mois d'Avril avec une valeur 713 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dans la station 2 à cause de l'augmentation de la température. (Fig.18)

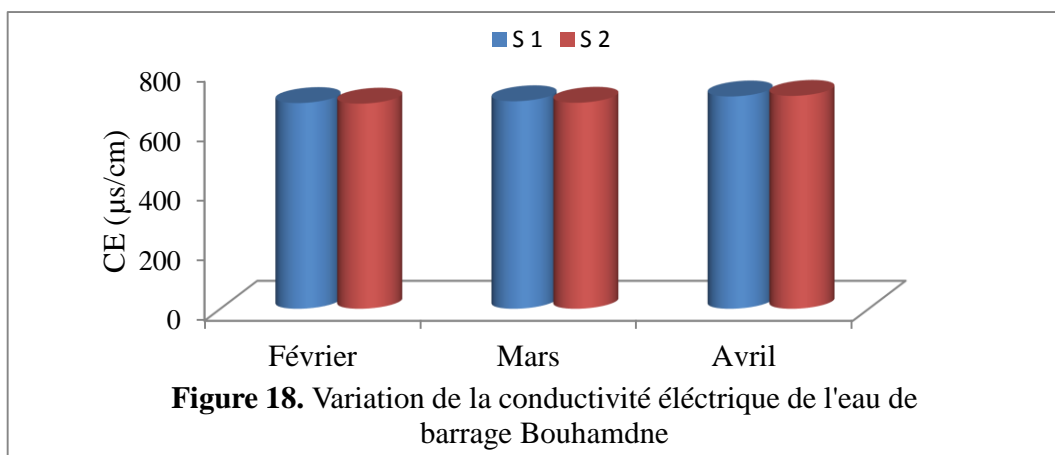


Figure 18. Variation de la conductivité électrique de l'eau de barrage Bouhamdne

Selon le tableau suivant de la qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, notre eau est de la qualité bonne dans la classe 1B.

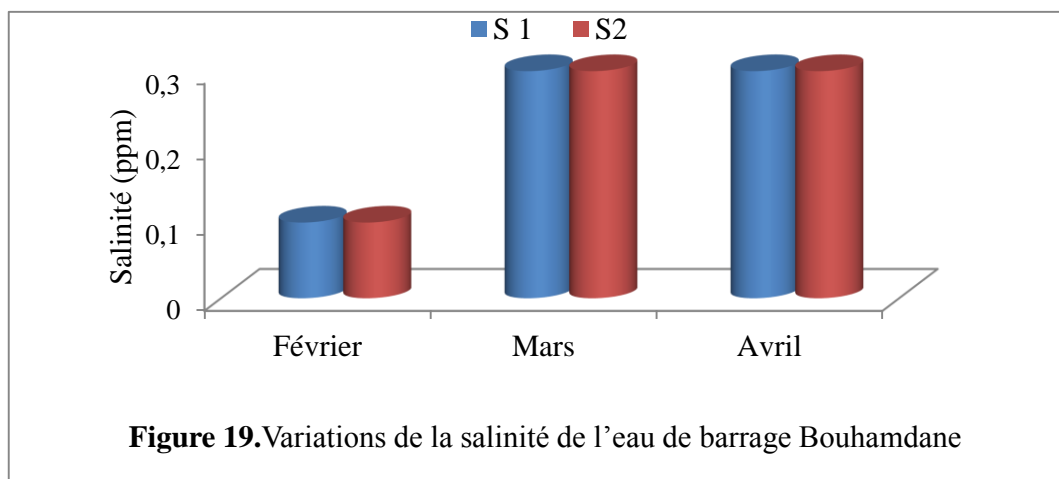
Tableau 05. Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique [Monod., 1989].

| conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$) | qualité des eaux | Classe |
|---|------------------|--------|
| $CE < 400$ | Bonne | 1A |
| $400 < CE < 750$ | Bonne | 1B |
| $750 < CE < 1500$ | Passable | 2 |
| $1500 < CE < 3000$ | Médiocre | 3 |

1.5. La salinité :

L'eau est dite douce lorsque sa salinité est inférieure à 1 g/L. On retrouve majoritairement les eaux douces sur les continents. On estime qu'uniquement 2,5 % de l'eau retrouvée sur la terre est douce et donc susceptible de servir à notre consommation. [9]

La salinité minimum mesurer est 0,1 ppm dans le mois de Février dans les deux stations, et à maximum de 0,3 ppm pendant la période de Mars et Avril dans les deux stations. (Fig.19)



2. Résultats des analyses bactériologiques :

2.1 Dénombrement des germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C GT/ml :

Nos résultats ont montrés que le nombre des germes totaux incubés à 22 °C en mois d'Avril est plus élevé indénombrable, qu'en mois de Février et Mars dans les deux stations du barrage Bouhamdane, avec une valeur minimum 78 GT/ml dans la station S2 en mois de Février, et la même chose est observé pour incubés à 37 °C.

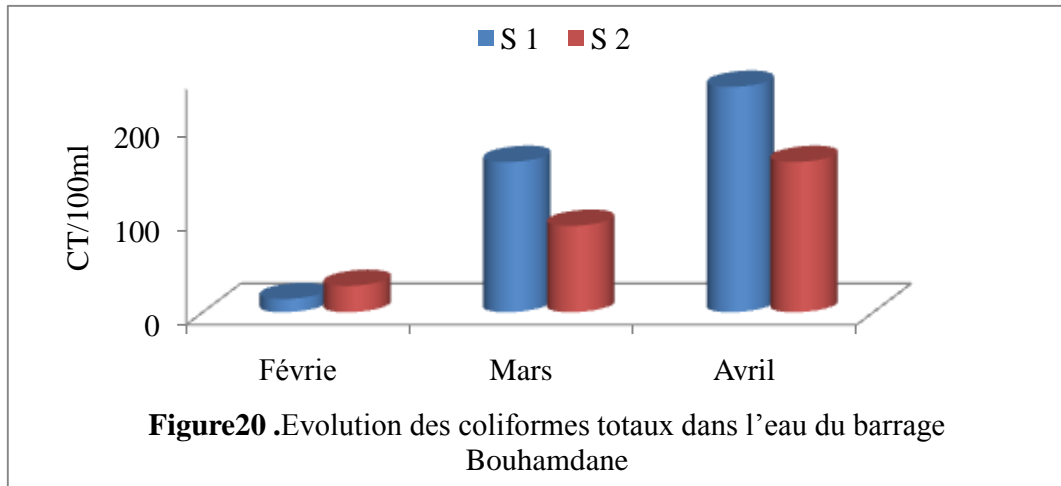
Tableau 06. Dénombrement des germes revivifiables à 22 °C et à 37 °C GT/ml

| Période | Température | Station 1 | Station 2 |
|---------|-------------|---------------|---------------|
| Février | 22 °C | 116 GT/ml | 78 GT/ml |
| | 37 °C | 33 GT/ml | 35 GT/ml |
| Mars | 22 °C | 240 GT/ml | Indénombrable |
| | 37 °C | 34 GT/ml | 29 GT/ml |
| Avril | 22 °C | Indénombrable | Indénombrable |
| | 37 °C | Indénombrable | Indénombrable |

2.2 Dénombrement des coliformes totaux :

Ces micro-organismes vivent en abondance dans la matière fécale de l'homme et des animaux à sang chaud, constituant ainsi des indicateurs fécaux de première importance. Leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de germes pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement. [Merzoug S., 2009]

Le nombre des coliformes totaux sont 240 CT /100ml cette valeur maximale a été enregistrée durant le mois d'avril dans la station 1. la valeur minimal varie entre 14 et 28 CT/100ml enregistrée durant le mois Février dans les deux stations. (Fig.20)

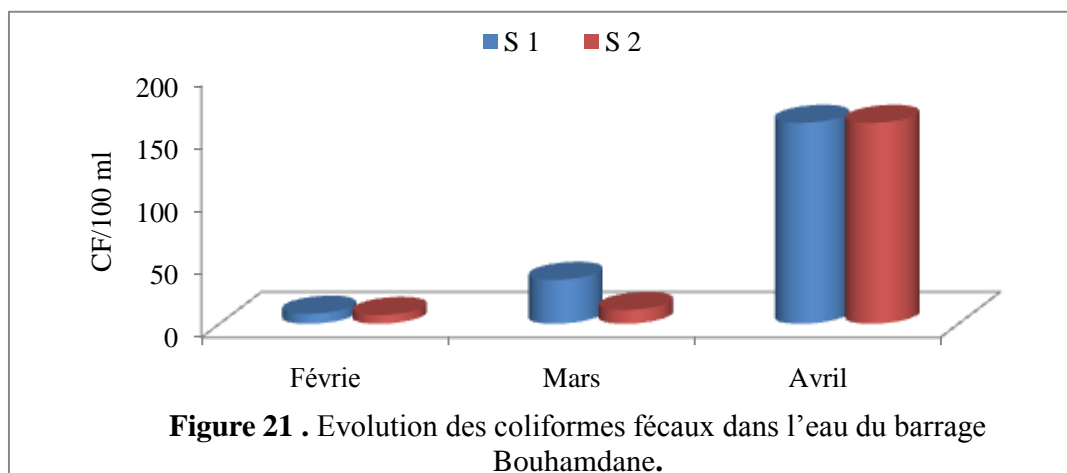


2.3 Dénombrement de Coliformes fécaux :

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

Le nombre des coliformes fécaux sont 160 CF /100ml cette valeur maximale a été enregistrée durant le mois d'avril dans les deux stations. Cette contamination est due à une pollution d'origine fécale. la valeur minimal varie entre 7 et 35 CF/ml enregistrée durant les deux mois Février et Mars. **(Fig.21)**

Les coliforme fécaux inférieur à celui des coliformes totaux car les coliformes fécaux préfèrent des températures plus élevée.

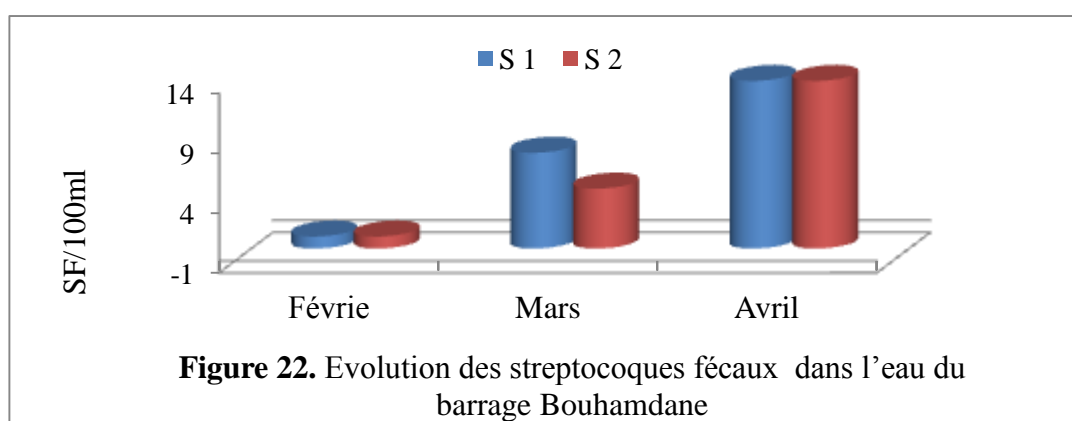


2.4 Dénombrement des Streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux [Rodier *et al.*, 2009].

Les streptocoques fécaux ou les entérocoques, sont des germes très sensibles aux variations physicochimiques du milieu et ne résistent pas dans l'eau (ils s'adaptent difficilement en dehors de leur milieu habituel qui est l'intestin). Mais leur présence est étroitement liée à la quantité et à la concentration de la matière fécale dans l'eau. [Abdellioui *et al.*, 2012]

Notre étude a montré que les valeurs les plus élevées sont observées dans les deux stations sont 14 SF/ml. Par contre le minimum 1 SF/ml enregistré durant le mois de Février dans les deux stations. (Fig.22)



2.5 Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR) :

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des indices de contamination. La forme sporante beaucoup plus résistante que les formes exclusivement végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de détecter une pollution fécale ancienne, bien que l'on puisse pas être toujours le cas, car les clostridies sulfito-réductrices ont une origine tellurique. [Aouissi *et al.*, 2007]

Les anaérobies sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des indices de contaminations anciennes.

Nos résultats montrent l'absence totale d'un halo noir dans les tube contenant le milieu viande fois (VF) ce qui explique L'absence de spore des anaérobies sulfito-réducteurs dans le site de prélèvement pendant la période d'étude.

3. L'origine de la pollution fécale :

En plus, le rôle principal des streptocoques fécaux était de faire partie du rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux utilisé comme indicateur de la nature de la source fécale.

Donc la détermination pratique de l'origine de la pollution fécale est indiquée par le rapport CF/SF :

a. Si le rapport CF/SF est supérieur ou égal à 4 ($CF/SF \geq 4$), la source probable de contamination est les déchets humains.

b. Si le rapport CF/SF est inférieur ou égal à 0,7 ($CF/SF \leq 0,7$), la source probable de contamination est les déchets de bétail ou de basse-cour.

c. Si le rapport CF/SF est compris entre 0,7 et 4 ($0,7 < CF/SF < 4$), la source probable de contamination est à la fois les déchets humains et animaux [Debabza., 2005]

Tableau 07. Rapport CF/SF des eaux du barrage Bouhamdane au cours la période d'étude

| | Février | Mars | Avril |
|-------------------------------|---|--|---|
| Station 1 | 8 | 4.38 | 11.43 |
| L'origine de pollution | la source probable de contamination est les déchets humains | la source probable de contamination est les déchets humains | la source probable de contamination est les déchets humains |
| Station 2 | 7 | 2.2 | 11.43 |
| L'origine de pollution | la source probable de contamination est les déchets humains | la source probable de contamination est à la fois les déchets humains et animaux | la source probable de contamination est les déchets humains |

Conclusion

Le risque de contamination des eaux de surface par des microorganismes d'origine fécale existe depuis très longtemps, dès que l'eau a été utilisée comme facteur d'hygiène d'élimination des déchets.

Avec le développement de l'urbanisation, les problèmes d'hygiène et de sante publique liés à la contamination bactérienne de l'eau sont devenus de plus critiques et constitue un problème environnemental croissant.

En Algérie, la qualité des eaux est soumise à une forte pression exercée par l'accroissement de la population et par l'activité industrielle.

Dans ce contexte notre étude a été basée sur l'analyse bactériologique ainsi que quelques paramètres physico-chimiques mesures *in situ* des eaux de barrage Bouhamdane (Guelma). Cette étude est basée sur le suivi de deux stations, sur une période de trois mois (Février Mars et Avril 2016) dans le but à déterminer les flores microbiennes fécale.

L'analyse physique durant la période d'étude révèle une température moyenne de 17,45 °C qui conditionne les possibilités de développement et la durée de cycle biologique des espèces aquatique, un pH légèrement alcalin (8,53) et une conductivité électrique varie entre 680 et 713 $\mu\text{S}/\text{cm}$, qui permet de classer ce barrage par les eaux de bonne qualité

Du point bactériologique, Les analyses ont portées principalement sur la quantification des bactéries indicatrices de contamination fécale, à savoir les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux. Les résultats obtenues permettre de conclure qu'il y a une présence d'un nombre importante d'organismes de contamination fécale.

L'effectif des coliformes totaux a atteint son maximum en mois d'Avril 160 CF/100 ml. Par contre le minimum est observé dans le mois de Février avec 7 CF/100 ml. Pour les streptocoques fécaux, notre étude a montré que les valeurs les plus élevés sont observées pendant le mois d'avril sont 14 SF/100 ml. Avec un minimum 1 SF/100 ml enregistré durant le mois de Février.

Le rapport (CF/SF) varie entre 08 et 11.Ce rapport indique que cette pollution est d'origine humaine dans la première station à cause des rejets domestiques des

agglomérations et liée aussi à l'activité de l'élevage au tour de barrage. Par contre dans la deuxième station, cette contamination est d'origine mixte, humains et animale.

Pour résoudre le problème de la pollution et mieux comprendre la bio-surveillance de ce barrage, beaucoup d'études peuvent être faites notamment :

- L'installation des systèmes d'évacuation des eaux usées.
- L'analyse périodique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques à partir de plusieurs points de prélèvements.
- Recherche des germes pathogènes et dosage des métaux lourds et produits chimiques toxiques.

Annexe I

Tableau 08. La température moyenne de la région de Guelma (année 2015).

| | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill. | Aou | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---------------------------------|------|------|-------|-------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Température Moyenne (°c) | 8.18 | 6.99 | 12.23 | 17.98 | 21.66 | 26.6 | 30.46 | 28.87 | 24.75 | 21.24 | 14.63 | 11.77 |

Tableau 09. La précipitation moyenne de la région de Guelma (année 2015).

| | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aou | Sept | Oct | Nov | Déc |
|-----------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|-----|
| précipitation moyenne (mm) | 4.47 | 8.9 | 2.7 | 0.14 | 0.62 | 0 | 0 | 0.25 | 0 | 1.72 | 2.31 | 0 |

Tableau 10. La précipitation moyenne de la région de Guelma (année 2000-2015).

| | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Jui | Juill | Aou | Sept | Oct | Nov | Déc |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----|
| Précipitation (mm) | 22.73 | 18.43 | 16.37 | 14.18 | 12.00 | 5.25 | 1.77 | 5.26 | 10.29 | 10.93 | 12.42 | 19 |

Tableau 11. L'évaporation moyenne de la région de Guelma (année 2015).

| | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aou | Sept | Oct | Nov | Déc |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l'évaporation moyenne (mm) | 0.003 | 0.004 | 0.007 | 0.013 | 0.020 | 0.026 | 0.031 | 0.028 | 0.018 | 0.012 | 0.009 | 0.005 |

Tableau 12. La température moyenne de la région de Guelma (année 2000-2015).

| | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai | Jui. | Juill. | Aou. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc |
|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Température (°C) | 8.84 | 6.31 | 11.67 | 16.24 | 19.93 | 25.49 | 29.15 | 28.17 | 24.24 | 20.33 | 15.07 | 10.13 |

Annexe II

Tableau 13. Table de Mac Grady (Rodier., 2009)

| 1X50 ml | 5X10 ml | 5X1 ml | Nombre caractéristique | Limites de confiance | |
|---------|---------|--------|------------------------|----------------------|------------|
| | | | | Inférieure | Supérieure |
| 0 | 0 | 0 | <1 | | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | <0.5 | 4 |
| 0 | 0 | 2 | 2 | <0.5 | 6 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | <0.5 | 4 |
| 0 | 1 | 1 | 2 | <0.5 | 6 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | <0.5 | 8 |
| 0 | 2 | 0 | 2 | <0.5 | 6 |
| 0 | 2 | 1 | 3 | <0.5 | 8 |
| 0 | 2 | 2 | 4 | <0.5 | 11 |
| 0 | 3 | 0 | 3 | <0.5 | 8 |
| 0 | 3 | 1 | 5 | <0.5 | 13 |
| 0 | 4 | 0 | 5 | <0.5 | 13 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | <0.5 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 3 | <0.5 | 8 |
| 1 | 0 | 2 | 4 | <0.5 | 11 |
| 1 | 0 | 3 | 6 | <0.5 | 15 |
| 1 | 1 | 0 | 3 | <0.5 | 8 |
| 1 | 1 | 1 | 5 | <0.5 | 13 |
| 1 | 1 | 2 | 7 | 1 | 17 |
| 1 | 1 | 3 | 9 | 2 | 21 |
| 1 | 2 | 0 | 5 | <0.5 | 13 |
| 1 | 2 | 1 | 7 | 1 | 17 |
| 1 | 2 | 2 | 10 | 3 | 23 |

Annexe

| | | | | | |
|---|---|---|------|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 12 | 3 | 28 |
| 1 | 3 | 0 | 8 | 2 | 19 |
| 1 | 3 | 1 | 11 | 3 | 26 |
| 1 | 3 | 2 | 14 | 4 | 34 |
| 1 | 3 | 3 | 18 | 5 | 53 |
| 1 | 3 | 4 | 21 | 6 | 66 |
| 1 | 4 | 0 | 13 | 4 | 31 |
| 1 | 4 | 1 | 17 | 5 | 47 |
| 1 | 4 | 2 | 22 | 7 | 59 |
| 1 | 4 | 3 | 28 | 9 | 85 |
| 1 | 4 | 4 | 35 | 12 | 100 |
| 1 | 4 | 5 | 43 | 15 | 120 |
| 1 | 5 | 0 | 24 | 8 | 75 |
| 1 | 5 | 1 | 35 | 12 | 100 |
| 1 | 5 | 2 | 54 | 18 | 140 |
| 1 | 5 | 3 | 92 | 27 | 220 |
| 1 | 5 | 4 | 160 | 39 | 450 |
| 1 | 5 | 5 | >240 | | |

Annexe III

Tableau 14. Les normes Algérienne du qualité des eaux superficielles destinées à l'alimentation en eau potable des populations.

| | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Paramètres microbiologiques | Escherichia coli | n/100ml | 20.000 | 20 |
| | Entérocoques | n/100ml | 10.000 | 20 |
| | Salmonelles | - | Absence dans 1000 ml | Absence dans 5000 ml |

➤ **B.C.P. L(bouillon lactosé au bromocrésol- pourpre)**

Le bouillon lactosé au bromocrésol- pourpre est utilisé en bactériologie alimentaire, principalement au cours de l'analyse de l'eau. Il permet de rechercher et de dénombrer les coliformes, par la fermentation du lactose et la production de gaz.

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

| | |
|------------------------------|--------|
| Peptone | 05g |
| Extrait de viande | 03g |
| Lactose | 05g |
| Pourpre de bromocrésol | 0.025g |

pH final : 6.7

Préparation :

- Mettre 12g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée.
- Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution.
- Ajuster, si nécessaire, le pH à 6.9.
- Répartir en tube, avec cloche de Durham, à raison de 10 ml par litre, puis stériliser à l'autoclave à 115 °C pendant 20 minutes.

➤ **Bouillon de Rothe**

Le milieu de Rothe est utilisé pour la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux.

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

Milieu simple concentration :

| | |
|--------------------------------|-------|
| Peptone | 20g |
| Glucose | 05g |
| Chlorure de sodium | 05g |
| Phosphate bipotassique | 02.7g |
| Phosphate monopotassique | 02.7g |
| Azohydrate de sodium | 0.2g |

pH final= 6.8-7

Milieu double concentration :

| | |
|--------------------------------|-------|
| Peptone | 40g |
| Glucose | 10g |
| Chlorure de sodium | 10g |
| Phosphate bipotassique | 5.4g |
| Phosphate monopotassique | 05.4g |
| Azohydrate de sodium | 0.4g |

pH final= 6.8-7

Préparation :

- Pour obtenir le milieu de Rothe « simple concentration », mettre 35.6g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.
- Pour obtenir le milieu de Rothe « double concentration », mettre 71.2g de milieu déshydraté dans 1 litre d'eau distillée.
- Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution.
- Ajuster, si nécessaire, le pH à 6.8-7. Répartir à raison de 10 ml par tube. Stériliser à l'autoclave à 115 °C pendant 15 minutes.

➤ **Milieu de Litsky**

Le milieu de Litsky est utilisé pour la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux dans les eaux. Cette recherche comprend deux temps : présomption et confirmation. Le milieu de Rothe sert au test présomptif, le milieu de Litsky au test confirmatif.

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

| | |
|--------------------------------|---------|
| Peptone | 20g |
| Glucose | 05g |
| Chlorure de sodium | 05g |
| Phosphate monopotassique | 02.7g |
| Azothydrate de sodium | 0,3g |
| Ethyl-violet | 0.0005g |

pH final = 6.8 – 7

Préparation :

- Mettre 35,7 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée.
- Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution.
- Ajuster, si nécessaire, le pH à 6,8-7. Répartir à raison de 10 ml par tube.
- Stériliser à l'autoclave à 115 °C pendant 20 minutes.

➤ **TGEA Gélose tryptone –glucose-Extrait de levure**

Formule (en gramme par litre d'eau distillée) :

| | |
|---------------------------------|-----|
| Tryptone..... | 05g |
| Extrait de viande de boeuf..... | 03g |
| Glucose..... | 01g |
| Agar..... | 15g |

pH final à 25 °C: 7.0 ± 0.2

Références bibliographiques

- **Abdellioui S., Boukhdim A. & Hamzaoui H., 2012.** Qualité microbiologique d'un écosystème lotique Cas de l'Oued El Kebir Ouest (Skikda, Nord-Est Algérien) , Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 Guelma.
- **Aberkan M., Harkat R. & Mkhalfi M., 2011.**Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Garaet Hadj Tahar (Skikda). Mémoire de Master, Université 08 Mai 1945 Guelma.
- **Aoussi A., 2009 :** Microbiologie et physico-chimie de l'eau de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).Mémoire de Magister, Université 08mai 1945, Guelma.141p.
- **Aouissi A., Fouzari A. & Meziane N., 2007.** Qualité bactériologique de l'eau d'oued Seybouse. Mémoire d'ingénieur. Université 08 Mai 1945 Guelma. 57 p.
- **Aissaoui A., 2013.** Evolution du niveau de contamination des eaux de barrage Grouz de la région de Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles.pp.4.
- **Alouane H., 2012.** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.Université Mentouri Constantine. pp. 7.
- **ANRH., 2001.** Agence nationale des ressources hydrique.
- **Avril J. L., Dabernat H., Denis F. & Montiel H., 1992.**Bactériologie clinique. 2^{ème} édition. Ellipses. Paris, 522 p.
- **Agence Nationale des Barrages « ANB ».** Barrage de Hammam Debagh. Document dactylographié.
- **Archibald F., 2003.** Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec. Canada. pp.03.
- **Boukrouma N., 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (Wilaya d'Oum el Bouaghi). Mémoire de Magister. Université 08 Mai 1945 Guelma.64 p.
- **Bousaaroura A., 2011.** Etude de la qualité bactériologique et physico-chimique du Lac Tonga. Mémoire de master II. Université de 8 Mai 1945 Guelma. pp.20 ,53 ,52.

- **Bourgeois. & Leveau., 1980.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Tome 03. Lavoisier : Tec & Doc .331 p.
- **Carbonelle D., Kouyoumdjian S., & Audurier A., 1988.** Bactériologie médicale techniques usuelles .Med.Mal.Inf. France.251p.
- **Camille D., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses .Lavoisier : Tec &Doc .France .156p.
- **Chaouch R., 2007.** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba : aspect physicochimique et bactériologique des eaux. Mémoire de Magister .Université de Badji Mokhtar, Annaba (Algérie).105p
- **CRE Laurentides., 2009.** L'oxygène dissous. pp.4
- **Cristian C., 2008.** Microbiologie Hygiène. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. p72 à 109.
- **Detay M., 1993.** le Forage D'eau, Réalisation, Entretien et Réhabilitation Masson .393p.
- **DEBABZA M., 2005.** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba, Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes.
- **Denis F., Ploy M., Martin C., Bingen E. & Quentin R., 2007.** Bactériologie médicale : techniques usuelles. Elsevier Masson. 594 p.
- **Hébert S. & Légaré S., 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau. Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, no ENV 2001 0141, rapport no QE 123, 24 p.
- **Joffin C. & Joffin J., 1999.** Microbiologie alimentaire. CRDP d'Aquitaine, 5^{ème} édition. Doin. France. 185p.
- **Kherchiche A. & Bouzidi A., 2013.** impact de la pollution agricole et urbaine sur la Qualité des eaux de surface : cas du barrage de Hammam Debagh-Guelma Mémoire de master II, Université 08 Mai 1945 Guelma. pp24-25.
- **Lightfoot N., 2002.** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. 387 p.
- **Lambert M., 1998.** Cours pratique sur la des infections et le contrôle de la qualité de l'eau potable .73p.
- **Labres E., 2002.** Cours national d'hygiène et des microbiologies des aliments «Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer». Institut Pasteur d'Algérie .pp34.

- **Labres E., & mouffok F., 2008.** Les cours national d'hygiènes et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53 p.
- **Lassoued K., & Touhami N., 2008.** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh. Mémoire de master II. Université de 8 Mai 1945 Guelma.pp01.
- **Marzuog S., 2009.** Structure du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans les zone humides du littoral Est de l'Algérie : Statut et description des habitats Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 69 p.
- **Debabza M., 2005.** Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université Badji-Mokhtar- Annaba .85p.
- **Monod T., 1989.** Méthodes géographiques .France. Loisire .233p.
- **Mouffok F., 2001.** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger. 40 p.
- **Sehailia N. & Noureddine N., 2014.** étude des peuplements de cyanobactérie et de paramètres physico-chimique de l'eau du barrage Bouhamdane – wilaya de Guelma- Mémoire de master II. Université 08 Mai 1945 Guelma. pp 27-28.
- **Potelon. E. & Zysman., 1998.** Le guide d'analyse de l'eau potable. France. pp 79, 213.
- **Roux., 2003.** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Univ. Paris 19 p.
- **Pilet C., Bourdon L., Toma B., Marchal N., Balbastre C. & Person M., 1987.** Bactériologie médicale et vétérinaire. Systématique bactérienne. Doin. France. 371p.
- **Pierre S., Gilles B., Tamara G., Isabelle G., Alexandre G. & sylvie T., 2009** .la contamination microbienne du bassin de la seine. 50p.
- **Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux : aspect réglementaires et techniques. Ce régional de documentation pédagogique d'aquitaine, bordeaux. 358p.
- **Rodier J., Bazin C., Broutin J. p., Chambon P., Champsaur H. & Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Dunod. Paris.1383 p.
- **Rodier J., Legube B., Marlet N. & coll., 2009).** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Dunod. Paris. 1579 p.

- **Sayad L., 2008.** Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'écosystème lacustre Lac des Oiseaux (Wilaya de Taraf). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. Algérie. 125 p.

SITES WEB :

[01] : <http://www.eaurmc.fr/juniors/cahiers-pedagogiques/cycle-eau.php>.

[02] : <http://www.cieau.com/tout-sur-l-eau/le-cycle-naturel-de-l-eau>.

[03] : www.cobamil.ca/sites/default/files/files/prob_A.pdf

[04] : <http://www.septiemecontinent.com/pedagogie/lesson/les-pollutions-leau-maison-agriculture-industrie/17.02.2016>.

[05]: http://www.futura-sciences.com/fr/question-reponse/t/pollution/-de-l'eau_quels_sont-les-indicateur_1414 /Consulté le 07/03/2016.

[06] : <http://www.un.org/french/events/waterday/2006> journée mondiale de l'eau 2006.

[07]: <http://www.lentch.com/fran/E7ais/maladie.hydrrique/maladie.hydrrique.htm>.

[08]: <http://www.cite-sciences.fr/français/ala-cite/exposition/eau-pour-tous/maladie-hydrrique.php> ? Rub.

[09] : <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1342.aspx>