

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجيلالي بونعامة بخميس مليانة

Université Djilali Bounaama de Khemis- Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département des Sciences Biologiques



Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Hydrobiologie appliquée

Thème

Aptitude physico-chimique et bactériologique des eaux traitées du
Barrage de Bouroumi à L'A.E.P

présenté par : MEDJDOUB Toufik

Devant les Membres de Jury :

President: Mr. DJEZZAR Miliani MCB U. DBKM

Rapporteur: Mr. BENZAADA Mohamed MCB U. DBKM

Examineur : Mr. BOUDERBALA Abdelkader MCA U. DBKM

Année universitaire : 2019/2020.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce modeste travail :

À mes chers parents

À ma grand-mère, qu'Allah ait pitié d'elle.

À ma famille et mes frères, en particulier ma sœur Hanane et sa fille.

A tous mes amis et collègues, en particulier Youssef, Yassin, Abdelkader, el bachir, azzeddine, Kheir eddine, et Mohamed, merci pour vos conseils. Vos encouragements, et pour les bons moments qui ont rendu ces années inoubliables.

À tous ceux qui m'ont soutenu, même avec la bonne parole à ceux qui m'ont allumé un chemin et m'ont soutenu avec ses prières et la bonté de son cœur, je remercie Allah parce que je vous ai rencontré et j'espère que vous serez heureux et bien.

R e m e r c i e m e n t s

Tout d'abord, Ahmad Allah, et je le remercie pour sa grande grâce et pour sa facilitation pour terminer cet humble travail, et pour la parole de notre Prophète a dit : [Celui qui ne remercie pas Allah ne remercie pas les gens.], je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin en m'aidant et en me dirigeant et parfois En me réprimandant d'avoir Compléter ce mémoire, particulièrement merci :

- J'exprime tous mes remerciements et ma gratitude à ma mère et mon père, qui m'ont toujours aidé, et grâce à eux, j'ai atteint ce niveau d'éducation.

- Je remercie mon directeur de mémoire monsieur **BENSAADA Mohamed** pour son aide et sa patience pour l'élaboration de ce travail

- Mon respect et reconnaissance sont adressés à monsieur **DJEZZAR Miliani** ; qui ma fait l'honneur de présider le jury de soutenance.

- Mes remerciements vont également à monsieur **BOUDERBALA Abdelkader** qui ma fait l'honneur d'examiner ce mémoire

- Je remercie également notre pays d'avoir fourni les capacités nécessaires au développement du parcours éducatif.

- Je remercie sincèrement mes collègues et amis, avec qui j'ai passé un très bon moment, qui m'ont soutenu et qui ont été bon pour moi dans les moments difficiles.

- Je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé à la collecte d'informations précieuses par le biais de livres, d'articles et de mémoires et thèses.

- Je tiens à remercier tous les enseignants de l'école primaire jusqu'à l'université, qui ont contribué à atteindre ce niveau de master

ملخص

الهدف من عملنا هو تقييم جودة المياه في سد وبرومي، حيث نتطرق هذه الدراسة إلى إجراء تحليل فيزيائي، كيميائي، وبكتريولوجي يركز على عدد قليل من العوامل الرئيسية (درجة الحرارة، درجة الحموضة، التوصيل ...) والتي تسمح بتحديد جودة المياه المعالجة التي تأتي من هذا السد.

الكلمات المفتاحية : سد بورومي، المعايير الفيزيوكيميائية، الكيمياء والبكتريولوجية .

R é s u m é

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité des eaux du barrage de Bouroumi. Cette étude a pour but de faire une caractérisation physico-chimique, chimique et bactériologique qui s'attelle sur quelques paramètres principaux ($T^{\circ}\text{C}$; pH ; la conductivité...) qui permettent de définir la qualité des eaux traitées qui proviennent de ce barrage.

Mots clés : Barrage Bouroumi, paramètres physico-chimiques, chimique et Bactériologique.

A b s t r a c t

The objective of our work is to assess the water quality of the Bouroumi dam. The aim of this study is to carry out a physicochemical, chemical and bacteriological characterization which focuses on a few main parameters ($T^{\circ}C$; pH; conductivity....) Which allow to define the quality of the treated water which comes from this dam.

Key words: *Bouroumi dam, physico-chemical, chemical and bacteriological parameters.*

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Plage de valeurs du titre hydrotimétrique (Durand, Royet, et Mériaux 1999)..... | 25 |
| Tableau 2 : Normes de certains paramètres de qualité de l'eau potable (OMS, 2006; OMS, 2006 ;Journal Officiel » 2011)..... | 34 |
| Tableau 3 : Les stations pluviométriques (ANRH, 2017)..... | 42 |
| Tableau 4 : Moyennes annuelles des précipitations (ANRH, 2017)..... | 44 |
| Tableau 5 : Répartition mensuelle de l'évaporation (ANRH,2017)..... | 45 |
| Tableau 6 :Caractéristiques du bassin versant du tarzoult (source ANBT) . | 46 |
| Tableau 7 Résultats d'analyses au point d'eau du barrage de Bouroumi (SEAAL , le : 2017/04/24)..... | 87 |
| Table 8 Résultats d'analyses au point d'eau barrage Bouroumi (ANRH : , 2016)..... | 88 |

Liste des figures

| | |
|---|-----|
| Figure 1 :Situation géographique du barrage.(Google map)..... | 38 |
| Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles de la station de l’oued zeboudj (ANRH, 2017). | 43 |
| Figure 3 : Précipitation moyenne annuelle de station Boumedfaa (ANRH, 2017)..... | 43 |
| Figure 4 : précipitations mensuelles de la station d’Oued zeboudj (1980-2014)(ANRH,2017).... | 44 |
| Figure 5 : précipitations mensuelles de la station BOUMEDFAA (2000-2013) (ANRH,2017). ... | 45 |
| Figure 6 : vue en plan générale du barrage (D R H d’Ain defla). | 48 |
| Figure 7 : tour de prise coupelongitudinale (D R H d’Ain defla). | 50 |
| Figure 8 : Localisation du barrage Bou Roumi (3D) (ARNH, 2013). | 102 |
| Figure 9 : Situation géographique du barrage Bouroumi (ANRH 2013). | 103 |
| Figure 10 : Image du barrage Bouroumi,Alsat-2A, (ASAL2015). | 103 |

Liste des photos

| | |
|---|-----|
| Photo 1 : barrage de Bou Roumi | 39 |
| Photo 2 : La digue | 49 |
| Photo 3 :Turbidimètre | 63 |
| Photo 4 : Conductivimètre | 65 |
| Photo 5 : Ph mètre | 66 |
| Photo 6 : Rampe de filtration | 80 |
| Photo 7 : Image satellitaire (Googl Earth 2020) | 102 |
| Photo 1 : Résultat de la recherche de TAC | 113 |
| Photo 2 : représentant le dosage de nitrite. | 113 |
| Photo 3 : Analysed’ammonium | 113 |
| Photo 4 : Centrifugeuse..... | 113 |
| Photo 5 : spectrophotomètre..... | 113 |
| Photo 6 : Pompe à vide | 113 |

Liste des abréviations

ADE : Algérie des eaux.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

AgNO₃ : Nitrate d'argent.

ANBT : Agence National des Barrage et de transfert

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

ASR : Anaérobie sulfite-Réducteur.

B.E.A : Gélose Bile Esculine Azide.

D/C : Double Concentration.

E.D.T.A : Sel di sodique d'Acide Ethylène-Diamine Tétra acétique.

°F : Degré français.

H₂S : Sulfure d'hydrogène.

ISO : Organisation Internationale de Standardisation.

MES : Matières en suspension.

NA : Norme Algérienne.

NF : Norme Française.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complexe.

TH : Titre hydrométrique.

TTC : chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolieum

µs/cm : Micro-siémens par centimètre.

SOMMAIRE

Sommaire

| | |
|----------------------------|----|
| Résumé..... | 05 |
| Liste des tableaux | 07 |
| Liste des figures..... | 08 |
| Liste de abréviations..... | 09 |
| Introduction | 15 |

Chapitre I: Recherches bibliographiques

| | |
|--|----|
| I.1. Généralités sur les eaux de surface | 17 |
| I.2. Origine des eaux de surface | 17 |
| I.3. Catégorie des eaux de surface | 17 |
| I.3.1. Les eaux de rivière (partie amont) | 17 |
| I.3.2. Les eaux de rivière (partie Aval) | 17 |
| I.3.3. Les eaux de lac | 18 |
| I.3.4. Les lacs de barrage..... | 18 |
| I. 4. Classification des polluants des eaux traitées | 18 |
| I. 4. 1. Les polluants biologique | 18 |
| I. 4. 2. Les polluants chimiques..... | 20 |
| I. 4. 3. Polluants radioactifs..... | 21 |
| I. 5. Les risques sanitaires..... | 21 |
| I. 6. Les barrages..... | 21 |
| I. 6. 1. Définition | 21 |
| I. 6. 2. Le rôle des barrages..... | 21 |
| I. 6. 3. L'impact des barrages sur l'environnement | 22 |
| I. 7. Les critères de choix de la qualité des eaux | 22 |
| I. 7. 1. Les caractéristiques organoleptiques | 22 |
| I. 7. 2. Les paramètres physiques | 23 |
| I. 7. 3. Les paramètres chimiques..... | 25 |
| I. 7. 4. Les caractéristiques bactériologiques..... | 32 |
| I.8. Les paramètres de qualité de l'eau potable | 33 |

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

| | |
|---|----|
| II. 1. Localisation et description de la zone d'étude..... | 38 |
| II. 2. Le cadre géologique et hydrogéologique..... | 39 |
| II. 2. 1. Cadre géologique régional..... | 39 |
| II. 3. Les caractéristiques générales du Climat..... | 41 |
| II. 3. 1. Les précipitations..... | 41 |
| II. 3. 2. L'évaporation..... | 45 |
| II. 3. 3. L'humidité..... | 46 |
| II. 3. 4. Les écoulements..... | 46 |
| II. 4. Les caractéristiques techniques du Barrage..... | 47 |
| II. 4. 1. Situation et objectif..... | 47 |
| II. 4. 2. La description de l'aménagement..... | 47 |
| II. 5. Station de traitement des eaux du barrage de Bouroumi..... | 59 |
| II. 5. 1. La description du système de traitement..... | 59 |

Chapitre III : Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| III. 1. Échantillonnage et mode de prélèvement..... | 62 |
| III. 1. 1. Le prélèvement..... | 62 |
| III. 1. 2. La conservation et le transport des échantillons..... | 62 |
| III. 2. Les méthodes d'analyses physico-chimiques..... | 63 |
| III. 2. 1. La mesure de la turbidité..... | 63 |
| III. 2. 2. La mesure de la température..... | 64 |
| III. 2. 3. La mesure de la conductivité électrique (CE)..... | 64 |
| III. 2. 4. La mesure du potentiel d'hydrogène pH..... | 65 |
| III. 2. 5. teneur en oxygène dissous..... | 66 |
| III. 2. 6. Le dosage des chlorures..... | 66 |
| III. 2. 7. La détermination de l'alcalinité..... | 67 |
| III. 2. 8. Le dosage des nitrites (NO_2^-)..... | 69 |
| III. 2. 9. Le dosage des nitrates (NO_3^-)..... | 69 |
| III. 2.10. La détermination de la matière organique..... | 69 |
| III. 2.11. Le dosage du fer total (Fe^{2+})..... | 71 |
| III. 2.12. Le dosage des Matières en Suspension (MES)..... | 72 |
| III. 2.13. Le dosage des ortho phosphates (PO_4^{3-})..... | 73 |
| III. 2.14. Le dosage de l'ammonium (NH_4^+)..... | 74 |
| III. 2.15. Le dosage des sulfates (SO_4^{2-})..... | 74 |
| III. 2. 16. Le dosage du calcium et magnésium par méthode titrimétrique à l'EDTA..... | 74 |
| III. 2. 17. Le dosage de l'anhydride carbonique libre (CO_2)..... | 76 |
| III. 2. 18. Le dosage de la chlorophylle (a)..... | 77 |

| | |
|---|----|
| III. 3. Les méthodes d'analyses bactériologiques..... | 79 |
| III. 3. 1. Le principe de la technique de filtration à membrane | 79 |

Chapitre IV : Résultats et discussions

| | |
|---|------------|
| IV. 1.1. Echantillonnage..... | 86 |
| IV. 1.2. Présentation des résultats d'analyse | 86 |
| IV.2. Discussions des résultats | 89 |
| Conclusion générale..... | 91 |
| Recommandations..... | 94 |
| Références bibliographiques..... | 96 |
| Annexes..... | 104 |

Introduction générale

Introduction

L'eau étant une ressource naturelle essentielle à la vie, les utilisateurs doivent être redevables quant à son utilisation ou à sa détérioration. L'eau prend une importance croissante dans notre vie. Apprendre à la gérer, c'est apprendre à résoudre ses problèmes, à maîtriser sa rareté mais aussi ses excès, à assurer l'alimentation en eau potable, industrielle et agricole, à l'utiliser pour créer de l'énergie et à maintenir la qualité de notre environnement.

En Algérie, les eaux de surface sont de plus en plus utilisées ces dernières années pour les besoins de l'agriculture, de l'alimentation des populations et de l'industrie.

Ces eaux superficielles sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre. Elles peuvent contenir des quantités non négligeables en matières organiques naturelles et en substances chimiques mais aussi en composés organiques issus de divers rejets urbains, industriels et agricoles (Achour, 2001).

Suite à la crise sanitaire du Covid-19 qui a touché le monde entier, notre tutelle a fixé des dispositions exceptionnelles en matière d'organisation et de gestion pédagogique, de l'évaluation et de la progression des étudiants, la partie pratique a été annulée, le mémoire a été rédigé en se contentant des données d'études anciennes portant sur l'analyse des eaux

Notre travail est scindé en quatre chapitres à savoir :

- Le premier chapitre traite une synthèse bibliographique sur les eaux superficielles, ainsi que les paramètres de qualité et le type de pollutions.*
- Le deuxième chapitre : Présentation de la zone d'étude la présentation des principales conditions géologiques, climatiques ainsi que la description du barrage et ces ouvrages*
- Le troisième chapitre : Matériel et méthodes : ce dernier décrit le matériel et méthodes utilisés pour évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau du barrage de Bouroumi ;*
- Le quatrième chapitre : Résultats et discussions*

Chapitre I

Recherches bibliographiques

I.1. Généralités sur les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface du continent elles sont exposées à toute sorte de pollution que nous pouvons imaginer. Ce sont donc des eaux polluées. Elles contiennent des matières en suspension des micro-organismes provenant du sol, des déchets domestiques et industriels (Dégerment ,2005)

I.2. Origine des eaux de surface

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisée par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrage) caractérisés par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable (Degrémont ,2005)

I.3. Catégorie des eaux de surface

Les eaux de surface peuvent être réparties en trois catégories : les eaux des rivières (parties amont et aval) et les eaux des lacs, et l'eau de barrage que nous détaillons ci-dessous (Raymond Des jardins,1997)

I.3.1. Les eaux de rivière (partie amont)

Dans la partie amont d'un cours d'eau, la population est peu dense, et la forêt et les terres cultivées couvrent une bonne proportion de la région. Les eaux, dont le régime d'écoulement est turbulent, sont bien souvent turbides, étant donné qu'elles transportent de grandes quantités de matières en suspension. L'indice de couleur est faible ainsi que la contamination bactérienne.

La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante (Raymond Des jardins, 1997).

I.3.2. Les eaux de rivière (partie Aval)

Dans la partie aval d'un cours d'eau, la population est plus dense, les terres sont cultivées et des industries sont implantées. Les eaux y sont donc de moins bonne qualité et plus difficile à traiter qu'en amont (Raymond Des jardins, 1997).

I.3.3. Les eaux de lac

C'est un plan d'eau continental (séparé de la mer, dominé par son bassin et développant une personnalité propre), dont la profondeur, la superficie ou le volume sont suffisants pour provoquer un étagement, une zonation ou une régionalisation des processus limniques (Touchart L., 2000).

I.3.4. Les lacs de barrage

La surface d'eaux est en contact avec l'atmosphère et possède une température sensiblement identique. Les parties les plus profondes sont occupées par de l'eau à une densité supérieure à celle de surface. Cette densité peut atteindre le maximum au fond, pour une température de 4°C. Si l'on effectue des mesures de température en fonction de la profondeur, on trouve :

- Une zone où la température décroît faiblement
- Une zone dite de saut thermique où la température baisse rapidement en quelques mètres
- Une zone profonde dans laquelle la température décroît plus lentement et atteint 4°C si le barrage est assez profond

I. 4. Classification des polluants des eaux traitées

I. 4. 1. Les polluants biologique

I. 4. 1. 1. Les organismes libres

Les organismes libres trouvés dans l'eau sont nombreux, les plus importants étant le plancton et les macro-invertébrés.

I. 4. 1. 1. 1. *Zooplancton* et *Phytoplancton*.

- Le Zooplancton comme les copépodes, les rotifères, les cladocères.
- Le phytoplancton comme les champignons et les algues.

Le plancton joue un rôle essentiel dans la caractéristique de l'eau. Pourtant, elles fabriquent des matières toxiques et abritent des microbes pathogènes pour l'homme, et les matières toxiques produites par plusieurs algues dans les réseaux de distribution peuvent avoir des répercussions nocives sur la santé de la population. (OMS, 1986).

I. 4. 1. 1. 2. les macro-invertébrés : formés par des insectes, des crustacés et des gastéropodes, constituent des systèmes de traitement efficaces (OMS, 1986).

I. 4. 1. 2. Les agents pathogènes

Ils comportent : les virus, les bactéries, les champignons et les parasites

I. 4. 1. 2. 1. Les virus

Ils sont une préoccupation majeure en substance de transmission aquatique des maladies infectantes. Ce sont principalement des entérovirus qui entrent dans l'eau principalement par les eaux usées ou par infection direct par les matières fécales.

Les entérovirus peuvent fabriquer un large éventail de syndromes, y compris les éruptions cutanées, la fièvre, la gastro-entérite, la méningite, les maladies respiratoires et l'hépatite. (Valiron et Mongellaz, 1991)

I. 4. 1. 2. 2. Les bactéries

- **Coliformes** ; ils contiennent un certain nombre d'espèces bactériennes Gram négatif, de la famille des entérobactéries, des bactéries présentes dans l'intestin, mais également présentes dans d'autres environnements (Valiron et Mongellaz 1991).
- **Les streptocoques** ; Il se distinguent par leur forme et leur habitat naturel est le système digestif des animaux à sang chaud (Valiron et Mongellaz 1991).

I. 4. 1. 2. 3. Parasites ; Parmi les principaux parasites pathogènes pour l'homme, transmis par l'eau nous citerons les protozoaires et les helminthes (Valiron et Mongellaz 1991).

- **Les protozoaires** ; Ce sont des parasites intestinaux pathogènes pour l'homme, tels que: *Entamoeba histolytique* et *Giardia* sp., et *Balantidium coli* qui transmettent respectivement l'amibiase, la giardiase et la "balantidiose (Valiron et Mongellaz 1991)

Les protozoaires parasites peuvent être ectoparasites (externes) ou endoparasites (internes). Les plus dangereux sont les *psudopodes*, les *flagelés* et les *apicomplexés*.

- **Les helminthes** ; Une variété d'œufs et de larves de vers parasites ont été détectés dans l'eau potable telle que: les trématodes, les cestodes, et les nématodes (Sidibe , 1992)

I. 4. 2. Les polluants chimiques

I. 4. 2. 1. Les sels minéraux

Les plus courants dans la pollution de l'eau sont : les nitrates, phosphates ; sulfates, nitrites et carbonates etc. Les sources essentielles concernés sont:

- Déchets liquides industriels et urbains :
- Le lessivage des terres cultivées contenant des engrais ;

La conséquence la plus inquiétante de la pollution par des sels minéraux est le phénomène d'eutrophisation. Pour que les sels minéraux garantissent une plus grande fertilité pour l'environnement, le phytoplancton et les phanérogames se multiplient de manière chaotique et des masses végétatives mortes s'accumulent au fond de l'eau donc les bactéries aérobies décomposent la matière organique, provoquant un manque d'oxygène dissous dans l'eau (Sidibe , 1992)

I. 4. 2. 2. Composés toxiques

Ils peuvent avoir une origine chimique (nitrites...) ou organique (toxines émises par les bactéries, les champignons, les algues...)

I. 4. 2. 2. 1. Composés métalliques toxiques

Les métaux lourds comprennent (mercure, plomb ... etc.); et leur origine peut être agricole (organochlorés, organophosphorés, minéraux organométalliques); ou industriellement (cyanures, sulfures, etc.) (Sidibe , 1992).

I. 4. 2. 2. 2. Polluants organiques toxiques

Elle est essentiellement due aux pesticides et aux détergents.

Les pesticides sont classés selon leur nature chimique (organique ou minérale), leur origine (végétale, animale ou de synthèse (nicotine, et nicotinamides...) leur utilisation (pesticide de contact, systémique...)

I. 4. 3. Polluants radioactifs

Il existe plusieurs types de rayonnement : il s'agit notamment des rayons alpha, qui ont une faible capacité de pénétration, et des rayons bêta, qui peuvent traverser quelques centimètres de tissu. Ainsi que les rayons gamma, qui sont de nature plus active.

Et les sources de pollution sont principalement les installations nucléaires. La raison de la difficulté environnementale de la contamination radioactive est que le seul moyen d'éliminer la radioactivité est de permettre à l'élément de se décomposer spontanément (Sidibe , 1992)

I. 5. Les risques sanitaires

Les Risques sanitaires liés à l'eau due à l'utilisation d'eau contaminée, comme l'absorption d'eau (boisson, etc.), De matériels vivants ou d'élevage en milieu aquatique (crustacés, etc.) ou de nage dans ces derniers.

Ces risques sont divisés en plusieurs sections, y compris les risques infectieux (virus, bactéries, parasites, champignons) qui peuvent provoquer des effets bénins tels que des troubles gastro-intestinaux et des mycoses, et certains d'entre eux ont des effets graves tels que l'hépatite, la leptospirose, la typhoïde et le choléra.

Y compris **d'origine chimique** (minérale, organique) certains d'entre eux provoquent un saturnisme et des cancérogènes liés à l'arsenic, au mercure, chrome, nitrates, hydrocarbures, etc.

Y compris **l'origine physique** (thermique, radioactive) (www.eau-poitou-charentes.org).

I. 6. Les barrages

I. 6. 1. Définition

Les barrages sont des ouvrages hydrauliques qui obstruent une partie de la vallée sur toute la largeur et créent ainsi un bassin artificiel développement et de prospérité économique. Son rôle principal est de stocker l'approvisionnement en eau afin de répondre aux besoins vitaux et énergétiques de la population, de les protéger et de protéger le paysage contre les effets destructeurs de l'eau, et enfin de servir de remède dans le cas de Manque d'eau (Schleiss et Pougatsch, 2011).

I. 6. 2. Le rôle des barrages

En construisant des barrages, l'homme affecte l'écoulement normal du ruissellement. Selon (Schleiss et Pougatsch, 2011), il y a quatre raisons principales à cette invention :

- La régulation des apports : dans la plupart des régions du monde, les précipitations sont concentrées sur des périodes courtes. Ces apports sont souvent très irréguliers d'une année à l'autre alors que, les besoins en eau sont répartis de manière beaucoup plus homogène sur l'année. Il s'ensuit donc une succession de périodes de pénurie et d'excès que seule la réalisation d'une retenue permet de compenser. Par ailleurs, la régulation permet de prévenir des inondations en cas de crue.

- La surélévation du plan d'eau d'une rivière : La mise en place d'un barrage en travers d'un cours d'eau a pour effet de surélever le plan d'eau à l'amont. Cet effet est bien entendu utilisé pour la production hydroélectrique, mais également pour gérer la dérivation des eaux d'une rivière vers une prise d'eau, puis un canal d'amenée pour l'irrigation ou l'alimentation en eau potable.

- La création d'une retenue : selon le volume utile de la retenue, le débit des apports et le mode d'utilisation de l'eau stockée, on distinguera les accumulations journalières, saisonnière ou inter saisonnière.

- La création d'un plan d'eau : la réalisation d'un lac artificiel permet de disposer d'une surface qui peut autres être destinée aux loisirs, tourisme, pisciculture, navigation et protection d'incendie.

I. 6. 3. L'impact des barrages sur l'environnement

Selon (Zwahlen 2003), la construction d'un barrage affecte grandement la migration des poissons et d'autres organismes, ainsi que le transport des sédiments: il forme une barrière à l'écoulement naturel d'un cours d'eau. Cela peut avoir un impact sur la nappe phréatique ainsi que sur la qualité de l'eau changée, le système hydraulique en aval qui, entre autres, peut entraîner des variations journalières ou saisonnières des débits.

I. 7. Les critères de choix de la qualité des eaux

I. 7. 1. Les caractéristiques organoleptiques

I. 7. 1. 1 Couleur

La coloration de la majeure partie des eaux de surface est généralement associée à des substances humiques, principalement des acides fulviques dissous. Elle peut aussi résulter de la présence d'ions métalliques naturels (fer et manganèse), de plancton, de particules de tourbe, d'herbe, et de rejets industriels. Bien que la coloration de l'eau puisse être indirectement liée à des

problèmes de santé, sa décoloration se fait surtout pour des raisons d'apparence (Santé et Bien-être social Canada, 1982).

I. 7. 1. 2. Odeur et saveur

Le problème le plus fréquent rencontré dans l'eau potable est celui de la présence de divers goûts et odeurs (Sigworth, 1957). La raison de l'odeur dans l'eau est due à des molécules organiques contenues en très faibles quantités dans les eaux, L'origine de ces molécules peut être naturelle ou artificielle (Sigworth, 1957).

Certains composés naturels tels que: le 2-méthylisobornéol (MIE), la géosmine, le 2-isopropyl-3 méthoxy-pyrazine (IPMP), le 2-isobutyl-3-méthoxypyrazine (IBMP), le mucidone et le 2,3, 6-trichloroanisole (TCA) et certains composés chimiques industriels qui peuvent causer des problèmes organoleptiques tels que: les alkylbenzènes, les chlorobenzènes, les alcanes, le benzaldéhyde et le benzothiazole(Couillard *et al.*, 1992).

I. 7. 2. Les paramètres physiques

I. 7. 2. 1. Température

La température est l'une des caractéristiques physiques les plus importantes, car elle influence plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau tels l'oxygène dissous, nutriment, conductivité électrique, et ph (De villers *et al.*, 2005) . La température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profonde. Elle est mesurée soit avec un thermomètre précis, soit un appareil électro électrique(Rodier *et al.*, 2009). Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit ; hypothermies et hyperthermies (Mebarki, 1982).

I. 7. 2. 2. Conductivité électrique

La conductivité électrique est une propriété physique qui indique la façon dont un matériau donné produit électricité (<https://sciencing.com>). plus l'eau contient des ions comme le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le bicarbonate, le sulfate et le chlorure, plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Durand *et al.*, 1999). L'unité de mesure de la conductivité électrique est le Siemens par mètre.

La conductivité est donc une mesure indirecte de la teneur en ions de l'eau, et selon (Rodier *et al.*, 1996), une conductivité élevée traduit soit des ph anormaux, soit le plus souvent une salinité élevée.

I. 7. 2. 3. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le ph d'une solution est le logarithme commun négatif de l'hydrogène activité ionique (Quality 1996). qui est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques (Khattabi 2002).

La variation des valeurs de ph est en grande partie due à des facteurs physiques tels que la température, et les facteurs chimiques tels que (concentration en O₂, salinité et alcalinité, et d'autres types d'ions présents dans le milieu), et les facteurs biologiques tels que (la photosynthèse et la respiration) (Arfi, 1991) .

Le ph d'une eau favorable à la vie aquatique se situe entre 7 et 9 (Dupieux, 2004), et La plupart de l'eau potable à un ph de 6,5-8,5 (Quality 1996).

I. 7. 2. 4. La turbidité

La turbidité est une mesure de la quantité de lumière diffusée et absorbée par l'eau due à la matière en suspension dans l'eau, comme les fines particules organiques et inorganiques, les composés organiques solubles et colorés, le plancton et autres organismes microscopiques (Couillard *et al.*, 1992). Il est exprimé dans l'unité néfluométrique NTU, et est un indicateur de la qualité de l'eau potable (www.bqua.com).

Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU

I. 7. 2. 5. L'oxygène dissous (O₂)

L'oxygène dissous est produit soit par diffusion de l'air atmosphérique en raison de la différence de concentration d'oxygène dans l'air et dans l'eau afin de maintenir l'équilibre entre les deux milieux. Ou par aération, qui est soit naturelle par le mouvement rapide de l'eau comme les vagues de mer, soit artificielle par pompage de l'air à travers les pompes. ou par procédé photosynthétique de phytoplancton, d'algues, et d'autres plantes aquatiques (www.fondriest.com/).

La température, la pression atmosphérique et la salinité jouent également un rôle essentiel

dans la solubilité de l'oxygène dans l'eau, L' eau de surface contient également un pourcentage plus élevé de concentration d'oxygène, contrairement à l'eau profonde, qui ne peut atteindre que quelques m/l (Rodier *et al.*, 2009).

I. 7. 3. Les paramètres chimiques

I. 7. 3. 1. La dureté

La dureté a une propriété naturelle liée au type de la terre passage et correspond à la quantité en calcium et magnésium (Hakmi, 2006). et les principaux qui les causent dans l'eau douce sont le calcium et le magnésium(Sawyer et McCarty, 1967), des concentrations élevées travaillent sur la formation de dépôts caloriques sur les surfaces internes des tuyaux du réseau de distribution et réduisent leurs qualités (www.watersystemscouncil.org) ont généralement l'eau de surface est moins dureté que l'eau souterraine (Rodier *et al.*, 2009).

Tableau 1: Plage de valeurs du titre hydrotimétrique (Durand *et al.*, 1999).

| TH (F°) | 0 à 7 | 7 à 15 | 15 à 30 | 30 à 40 | +40 |
|---------|------------|-----------|-------------|---------|-----------|
| Eau | Très douce | Eau douce | Plutôt dure | Dure | Très dure |

I. 7. 3. 2. La matière organique (MO)

Les substances organiques contenues dans l'eau sont produites par l'influence de micro-organismes sur les produits décomposés d'origine animale ou végétale (Berné et Jean.C, 1991).

Bien que la matière organique dans l'eau soit une source essentielle de nutriments qui peuvent être utilisés directement par la plupart des organismes vivants, qu'ils soient considérés comme autoalimentés ou hétérogènes (Dussart, 1966).

Cependant, la charge élevée provoque une désoxygénation de l'eau en raison de l'activité des organismes décomposeurs qui, en consommant de l'oxygène dissous dans l'eau, provoque des conditions défavorables pour les animaux aquatiques (Dupieux, 2004).

L'eau est classée en quatre variétés selon la classification de Rodier :

- Une eau est très pure avec des quantités inférieures à 1 mg/l.
- Une eau est dite potable avec des quantités comprises entre 1 et 2 mg/l.

- Une eau est suspecte pour des quantités comprises entre 2 et 4 mg/l.
- Une eau est mauvaise pour des quantités supérieures à 4 mg/l.

L'inconvénient de la matière organique est montré en ce qu'il favorise l'apparition de mauvais goût, Il faut toujours soupçonner que l'eau riche en matières organiques est contaminée par une contamination bactériologique ou chimique (Berné et Jean.C, 1991).

I. 7. 3. 4. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau, Son origine est soit due à la nature, en liaison avec les précipitations, soit produites par des rejets urbains et industriels, les matériaux organiques comprennent les argiles, les limons, les sables, les matières organiques et minérales de faibles dimensions, le plancton et autres micro-organismes de l'eau (Rodier *et al.*, 2009; www.actuenvironnement.com).

Leur impact négatif est dû à soit mécaniquement car elle affecte la transparence de l'eau et de réduire Pénétration de la lumière (photosynthèse). Il peut aussi interférer avec la respiration des poissons en obstruant leurs branchies ou en accumulant chimiquement de grandes quantités de substances toxiques comme les minéraux et les pesticides, et en créant une réserve de pollution potentielle dans les sédiments (Rodier *et al.*, 2009; « www.actuenvironnement.com)

I. 7. 3. 5. La chlorophylle-a

Il est connu que toutes les plantes vertes contiennent de la chlorophylle-a, qui représente en moyenne 1 à 2% du poids sec des algues phytoplanctoniques, et par conséquent le dépistage de cette chlorophylle-a, peut être utilisé comme indicateur de la biomasse des algues. Il faut savoir que les pigments de chlorophylle sont très sensibles à la lumière et au ph (Rodier *et al.*, 2009).

La chlorophylle est la base de la chaîne alimentaire, et constitue un indicateur biologique très important dans l'évaluation de l'état nutritionnel, et ses concentrations dans l'eau sont exprimées par la biomasse du phytoplancton (Clément et Ouimet, 2004).

I. 7. 3. 6. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration de tous les sels minéraux dissous (la somme des cations et anions), tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium,

sodium, potassium, magnésium. Cela dépend avant tout de la géologie de la Terre qui est traversée, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles, Il y a, bien sûr, des variations saisonnières et d'une année à l'autre (Rodier *et al.*, 2009; Bonnin, 1982).

La minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs, et est exprimée en mg/l (Bonnin, 1982).

I. 7. 3. 6. 1. Les cations

I. 7. 3. 6. 1. 1. Le calcium (Ca⁺⁺)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature (Mathieu et Lozet 2011). Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure, etc. (Rodier *et al.*, 2009). Les eaux riches en calcium sont dites eaux dures, des concentrations élevées peuvent affecter négativement la qualité de l'eau potable et ces effets sont organoleptiques ou esthétiques (Windsor, 1987).

Les normes algériennes de potabilité pour le calcium sont fixées à 200 mg de Ca⁺⁺/l (Journal Officiel » 2011).

I. 7. 3. 6. 1. 2. Le magnésium (Mg⁺⁺)

Le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles, Il est considéré comme l'un des éléments les plus communs dans la nature (Rodier *et al.*, 1996).

Le magnésium est présent sous forme de carbonate, Il est présent dans l'eau sous forme de Mg²⁺, et généralement associé au calcium (Mathieu et Lozet, 2011).

Le magnésium est classé comme un élément nutritif indispensable à la vie de la plante, particulièrement en tant que cofacteur de plusieurs enzymes et éléments constitutifs de la chlorophylle, Il joue également un rôle essentiel dans la neutralisation de l'acidité, le maintien de l'activité biologique générale et la structure du sol (Mathieu et Lozet, 2011).

I. 7. 3. 6. 1. 3. Le sodium (Na⁺)

Un élément qui est fixé dans l'eau mais très variable. Elle peut provenir de la dégradation de sels minéraux tels que les silicates de sodium et d'aluminium, de l'utilisation de la fonte des neiges et de nombreuses utilisations industrielles (Rodie *et al.*, 2009), et n'est pas considérée

comme un métal toxique, en général, le goût de l'eau potable est considéré comme désagréable et devient saumâtre lorsque la concentration de sodium dépasse 200 mg/l. L'objectif de qualité esthétique ou organoleptique est donc fixé pour le sodium à 200 mg/L (www.canada.ca ; Tardat-Henry et Beaudry, 1992).

Selon l'OMS les adultes normaux peuvent en consommer jusqu'à 5 g/jour sans effets nocifs apparents. Pour ceux qui souffrent d'hypertension artérielle, il est préférable de consommer de l'eau faible en sodium, en revanche, en cas d'hypotension, l'eau riche en sodium est recommandée (www.canada.ca)

I. 7. 3. 6. 1. 4. Le potassium (K^+)

La présence d'ions potassium est presque constante dans l'eau naturelle, et rarement trouvé dans l'eau potable à des niveaux qui peuvent être préoccupants pour les humains en bonne santé (Hersch, 2012), ses concentrations se situent entre 10 à 15 mg/l, dans cette concentration, ne pose aucun risque pour la santé des consommateurs (Rodier *et al.*, 1996), Et ses concentrations sont généralement 10 fois plus faibles que le sodium (Rodier *et al.*, 2009)

I. 7. 3. 6. 2. Les Anions

I. 7. 3. 6. 2. 1. Les chlorures (Cl^-)

Les teneurs en chlorure dans l'eau sont très diverses et sont principalement liées à la nature des terres transportées (Rodier *et al.*, 2009). et selon (Dib et Chettah, 2010), leur origine peut être due à la pollution par les eaux usées.

Les concentrations de chlorure augmentent généralement avec le degré de minéralisation de l'eau (Tardat-Henry et Beaudry 1992) .

La présence excessive de chlorures dans l'approvisionnement en eau le rend corrosif pour les réseaux de distribution et nocif pour les plantes. La forte fluctuation des chlorures au fil du temps est un indicateur de pollution (Berné et Jean.C, 1991)

Les chlorures rendent la saveur de l'eau désagréable, les normes Algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale admissible de 500 mg/l' (Rodier *et al.*, 2009; Journal Officiel, 2011).

I. 7. 3. 6. 2. 2. Le sulfate (SO_4^{2-})

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable, «la plupart des composés de soufre sont dus à l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels» ([/www.lenntech.fr](http://www.lenntech.fr)).

Dans des terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux peut atteindre 30 à 50 mg/l, Mais dans les terrains qui contiennent du gypse ou quand il est temps de communication avec les roches est élevé et peut dépasser ce rapport Beaucoup (Rodier *et al.*, 2009).

Les concentrations admissibles sont de l'ordre de 400 mg. L-1 (Bouziani 2000). En leur présence à des concentrations élevées, ils peuvent causer des troubles gastro-intestinaux (en particulier chez les enfants). Ils peuvent aussi conférer à l'eau un goût désagréable (Tardat-Henry et Beaudry 1992).

I. 7. 3. 7. Les paramètres indésirables

I. 7. 3. 7. 1. Le fer

Le fer est présent dans l'eau sous deux formes d'ions dissous Fe^{2+} et donne à l'eau un goût désagréable et inacceptable et un ion Fe^{3+} non dissous (Materials, 1976).

Le fer est précipité à la suite du départ de l'anhydride carbonique et par oxydation à l'air, et son augmentation dans les eaux de surface peuvent être causée par origine des terrains traversés ou les pollutions industrielles, dans les eaux de distribution, il provient plus souvent de la corrosion des conduites d'amener, et à des concentrations élevées-il influe sur le caractère organoleptique de l'eau (Rodier *et al.*, 1996).

Le fer contribue à la transmission du sang dans le corps et ne constitue pas un danger pour la santé humaine s'il s'agit de pourcentages normaux, certaines études récentes suggèrent que, dans des concentrations élevées, le fer est nocif pour les reins et le foie, et des taux élevés en fer augmentent les risques de maladies cardiovasculaires et de cancers, de même qu'ils favorisent l'apparition de maladies neuro-dégénératives, telles qu'Alzheimer (Favier et Hininger-Favier 2004).

I. 7. 3. 7. 2. L'Aluminium

Il vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium, et se trouve sous la forme d' Al^{+3} lorsqu'il est dans les milieux acides, et a des concentrations inférieures à 0,2, il ne présente pas de danger pour la santé humaine (Rodier *et al.*, 2009).

Les sels d'aluminium sont habituellement ajoutés sous forme de coagulants pendant le traitement de l'eau pour éliminer la turbidité, la matière organique et les micro-organismes, mais certaines études récentes ont montré qu'à des concentrations élevées, le système nerveux est la cible la plus sensible pour la toxicité de l'aluminium (ATSDR 2008).

I. 7. 3. 7. 3. L'azote ammoniacal (NH_4)

L'azote ammoniacal apparaît souvent dans l'eau à la suite du processus de dégradation incomplète de la matière organique, car il se transforme très rapidement en nitrites et nitrates, L'ammoniac (NH_4) provient des eaux de surface en raison de la présence de matières végétales dans les cours d'eau, les matières organiques animales ou humaines, les matières industrielles ou les engrais (Rodier *et al.*, 2009).

L'ammoniac est un composé picotant, incolore, gazeux, alcalin d'azote et d'hydrogène soluble dans l'eau à un degré élevé (Materials 1976), bien que l'ammoniac soit un gaz soluble dans l'eau, mais suivant les conditions de ph, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée (Potelon et Zisman 1998).

I. 7. 3. 7. Les paramètres de pollution

I. 7. 3. 7. 1. Le phosphate (PO_3^{-4})

Le phosphate est un composé contenant du phosphore, qui joue un rôle prédominant dans l'enrichissement en nutriments des lacs et le risque de flambées de cyanobactéries (www.saint-adolphe.org). Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle (décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux) ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (polyphosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.) (Tardat et Beaudry, 1992; Rodier *et al.*, 1996).

Certaines études ont également montré que des niveaux élevés de phosphate accélèrent l'apparition de signes de vieillissement chez l'homme. Elle peut augmenter la prévalence et la

gravité des complications liées à l'âge, telles que les maladies rénales chroniques et la calcification ou le durcissement des tissus cardiovasculaires. Ils peuvent également provoquer de graves lésions cutanées et musculaires (Ohnishi et Razzaque, 2010). Il convient donc de noter que la concentration maximale admissible de phosphate dans l'eau potable est de 0,5 mg/l (Rodier *et al.*, 1996).

I. 7. 3. 7. 2. Les nitrites (NO_2^-)

Les ions de nitrite présents dans le milieu aqueux représentent une phase de transition résultante du retour des nitrates ou de l'oxydation des éclats d'ammonium et il n'y a pas de source naturelle pour eux (Rodier *et al.*, 2009). Ces éléments améliorent considérablement le développement des algues et engendrent l'eutrophisation des composés N-nitrosés (<https://ecotoxicologie.fr>).

Les nitrites présentent souvent de faibles teneurs dans les eaux naturelles (Cornaz 2004). Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée de nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Bouziani 2000; Savary 2003). Selon l'OMS, les valeurs-limites recommandées pour le nitrite dans l'eau potable devraient être inférieures à 1 mg/l.

I. 7. 3. 7. 3. Les nitrates (NO_3^-)

Le nitrate est un produit chimique naturel qui entre dans le cycle de l'azote, qui est la plus grande source de deux formes d'azote (www.actu-environnement.com).

Les nitrates sont formés par oxydation des ions ammonium résultant de la décomposition naturelle par des micro-organismes de matières organiques contenant de l'azote, telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux (Schuddeboom, 1993). Des taux importants de nitrate sont responsables de l'eutrophisation des eaux et de prolifération végétale appelés blooms ou efflorescences algales (Dupieux, 2004), leur propagation excessive réduit la teneur en oxygène, parfois à des niveaux mortels. Dans certains cas, la floraison des algues conduit à la production de toxines, ce qui peut affecter la santé des organismes aquatiques ou des humains qui les consomment (www.actu-environnement.com). Le seuil d'ingestion de nitrates par l'homme est fixé à 3,65 mg/kg de poids corporel (dose journalière admissible), soit un seuil de 250 mg/jour pour un poids moyen de 70 kg (Philipot *et al.*, 1987).

I. 7. 4. Les caractéristiques bactériologiques

I. 7. 4. 1. Les Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui incluent des espèces bactériennes qui vivent dans l'intestin des animaux homéothermes, mais aussi dans l'environnement en général (sols, végétation et eau) (www.inspq.qc.ca).

Le terme coliforme fait également référence à des micro-organismes en bâtonnets, non sporogène, à coloration Gram négative, aérobies facultatifs (Hade, 2003).

Ce groupe bactérien a longtemps été utilisé comme indicateur de la qualité de l'eau microbienne parce qu'il peut être indirectement associé à la contamination fécale (www.inspq.qc.ca).

En raison de la possibilité de ce groupe de bactéries du sol naturellement, leur détection dans l'eau ne confirme pas la contamination de l'eau potable par les eaux usées, mais par mesure de précaution, nous indiquons qu'il peut y avoir des agents pathogènes dans l'eau. Presque toutes les espèces de ce groupe sont considérées comme non pathogènes et ne présentent pas de risques directs pour la santé à l'exception de certaines souches d'E. Coli ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (www.inspq.qc.ca).

I. 7. 4. 2. Les Coliformes Thermo-tolérants

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants est une bactérie capable de fermenter le lactose à une température de 44°C et de produire du gaz après 48 heures (Lebres *et al.*, 2002).

En raison de la découverte de scientifiques que certaines espèces de bactéries du groupe des coliformes fécaux peuvent être trouvées dans le sol et non d'origine fécale, mais proviennent de sources d'eau riches en substances organiques, telles que les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation des aliments, de sorte que le nom du groupe a été modifié de coliformes fécaux aux groupes thermo-tolérants et la section fécale a été supprimées parce qu'elle est devenue inexprimée par le nom du groupe (MERZOUG, 2009).

En raison du fait que certains types de bactéries du groupe des coliformes fécaux ne sont pas seulement d'origine fécale, mais peuvent être trouvés dans le sol. Par conséquent, le test de

détection a été remplacé par le test de détection de la bactérie *Escherichia coli*, qui est d'environ 90% des composants des fèces, confirmant que l'échantillon est fécal, et *Escherichia coli* est défini comme un coliforme de thermo tolérant avec la particularité de la production d'indole de tryptophane présent au milieu à une température de $42 \pm 2^\circ\text{C}$ (MERZOUG, 2009; Lebres *et al.*, 2002).

I. 7. 4. 3. Les Streptocoques Fécaux

Les streptocoques fécaux ou les entérocoques intestinaux sont des bactéries qui se présentent sous forme de coccidé à Gram positive, sphériques ou ovoïdes formant des chainettes (Leveau et Bourgeois, 1980), ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 2 heures à 44°C (Labres et Mouffouk, 2008).

Il est caractérisé par une vie plus longue que la bactérie du côlon du pigment fécal gram-négatif, la présence de ce groupe dans l'eau indique la probabilité que des agents pathogènes soient présents dans l'eau en raison de la pollution par les eaux usées, de sorte que l'eau ne soit pas propre à la consommation humaine et potable (www.inspq.qc.ca).

I. 7. 4. 4. Les clostridiums Sulfito-Réducteur

clostridiums sulfito réducteurs jouent un rôle subsidiaire dans l'examen de l'eau, car ils forment des spores qui leur permettent de survivre plus longtemps que les coliformes, *E. coli* ou *Enterococci* et sont donc utilisés comme indicateur de la pollution fécale passée (www.bio-rad.com).

Ils sont classés comme un bacille anaérobie mobile strict, Gram positif, isolé ou séquentiel, qui minimise le sulfure de sodium en sulfure et résiste aux conditions défavorables grâce aux spores (Bourgeois, Zucca, et Mesclé 1988; Rodier *et al.*, 1996).

I.8. Les paramètres de qualité de l'eau potable

Il existe plusieurs normes à respecter notamment en matière d'eau potable, elles ont été élaborées par plusieurs organisation et peuvent différer d'une organisation à l'autre selon les

recherches adoptées dans chacun d'eux. Le Tableau n° 02 ci-dessous définit les normes de qualité de l'eau potable par divers organisations.

Tableau 2: Normes de certains paramètres de qualité de l'eau potable (OMS, 2006 ;Journal Officiel » 2011).

| Paramètres organoleptiques | Unité | Norme (OMS, 2006) | Norme (Algérienne, 2000) |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Couleur | mg/l de platine | 15 | 15 |
| Odeur | Seuil de perception à 25 ° C | 4 | 4 |
| Saveur | Seuil de perception à 25 ° C | 2 | 4 |
| Paramètres physico-chimiques | | | |
| Température | ° C | ≤ 25 | - |
| PH | - | 6,5 à 8,5 | 6,5 à 8,5 |
| Conductivité | μ s/cm | 2800 | Max 2800 |
| Turbidité | Unité NTU | <5 | 5 |
| Résidus secs | mg/l après Séchage | Max 2000 | Max 1500 |
| Alcalinité totale | ° F (degré français) | ≥ 2,5 | - |
| Dureté totale | ° F (degré français) | ≤ 15 | 10 à 50 |
| Chlorure | mg/l de Cl- | 200 | 200 à 500 |
| Sulfates | mg/l deSO4- | 200 | 200à 400 |
| Sodium | mg/l de Na+ | 200 | 200 |

| | | | | |
|------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------------|------------------|
| Paramètres Indésirables | Azote | mg/l | 50 | Au maximum 1 |
| | Fluor | mg/l | 1.5 | 1.5 |
| | Hydrogène Sulfuré | mg/l | 0,05 à 1 | - |
| | Fer | mg/l | 0.3 | Au maximum 0.3 |
| | Manganèse | mg/l | 0.5 | Au maximum 0.5 |
| | Cuivre | mg/l | 2 | Au maximum 2 |
| | Zinc | mg/l | 3 | Au maximum 5 |
| | Argent | mg/l | Pas de valeur Guide | Au maximum 0.1 |
| Paramètres Toxiques | Arsenic | mg/l | 0.01 | Au maximum 0.01 |
| | Cadmium | mg/l | 0.003 | Au maximum 0.03 |
| | Cyanure | mg/l | 0.07 | Au maximum 0.07 |
| | Chrome | mg/l | 0.05 | Au maximum 0.05 |
| | Mercure | mg/l | 0.001 | Au maximum 0.006 |
| | Plomb | mg/l | 0.01 | Au maximum 0.01 |
| | Sélénium | mg/l | 0.01 | Au maximum 0.01 |
| Paramètres de pollution | Nitrates | mg/l | 50 | Au maximum 50 |
| | Nitrites | mg/l | 50 | 0.2 |
| | Ammonium | mg/l | 0.5 | Au maximum 0.5 |
| | Phosphate | mg/l | 0.5 | - |
| Paramètres microbiologiques | | | | |
| Coliformes totaux | N/100 ml | 0 dans 100 ml | 0 dans 100 ml | |
| Coliformes fécaux | N/100 ml | 0 dans 100 ml | 0 dans 100 ml | |
| Streptocoques | N/200 ml | 0 dans 100 ml | 0 dans 100 ml | |
| Fécaux | N/200 ml | - | 0 dans 200 ml | |

| | | | |
|----------------------|----------|---------------|---------------|
| Clostridium | N/51 ml | 0 dans 51 | - |
| Salmonelle | N/100 ml | 0 dans 100 ml | 0 dans 100 ml |
| Staphylocoque | N/101 | 0 dans 101 | 0 dans 101 |
| Pathogène | - | - | - |
| Entérovirus | - | - | - |

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

II. 1. Localisation et description de la zone d'étude

Le barrage de Bouroumi, également appelé Al Moustakbel, est un barrage en terre, il a été mis en service 1985, il s'agit du seul barrage destiné à l'irrigation de la Mitidja Ouest. En juillet 2002 cette retenue d'eau alimentait la ville d'Alger en eau potable.

Le barrage est situé sur l'oued Bouroumi à environ 06 km à l'Est de la ville de Boumedfaa et à 15 km au sud d'El Affroune, il a été mis en service en 1985. Avec une capacité de 181.86 millions de m³, il est destiné essentiellement à l'alimentation en eau potable de la ville d'Hamman Righa et celle de Boumedfaa. Selon l'Agence nationale des barrages, il occupe une capacité d'absorption de 188106 mètres cubes, une hauteur de 100 mètres, et 800 mètres d'empâtement.

Ce barrage est alimenté par les Oueds de Djer, Chiffa et de Harbil ainsi que l'Oued principal de la vallée de Bouroumi, (Khadidja et Sabrina, 2017)



Figure 1 : Situation géographique du barrage.(Google map)



Photo 7 : barrage de Bou Roumi .

II. 2. Le cadre géologique et hydrogéologique

II. 2. 1. Cadre géologique régional

Le site du barrage Bouroumi est installé dans la gorge que le l'oued Bouroumi a entaillée dans un petit massif de schiste, une terre aborigène dans le crétacé supérieur (n'occamien). Ces schistes se connectent à ceux de la gorge de Chiffa en passant sous les nappes de charriage des unités telliennes. Le massif dans lequel la localisation est située sur une superficie d'environ 4 km². La géologie du site est très irrégulière, il est bordé avec le nord et à l'Est par les nappes de charriage, au sud et sur l'Ouest par miocène autochtone. Les couches sont uniformément schistes légèrement de métamorphose noir gris s'est divisé assez par la stratification, schistosité et sur les articulations tectoniques. Rive droite présente de nombreux signes d'instabilité naturelle.

La construction a également été marquée par un glissement important sur cette plage lors des fouilles (Khadidja et Sabrina, 2017)

II. 2. 1. 1. Succession et nature des couches du site

Les couches qui forment le massif du site schistes sont également. Légèrement de métamorphose. Le noir gris et gris bleuté. Ils sont en moyenne durement. Légèrement calcaire et possèdent quelquefois de petits bancs d'un grès de centimètre, à 40 cm de l'épaisseur, discontinue. Les lentilles de silex noir ne sont pas rares, leur côté débiteur dans les frites de 10 centimètres est caractéristique. Il est dû à la juxtaposition de stratification et de sécante schistosité.

La roche montre sur la surface presque partout. C'est très clair sur les reliefs et les pentes raides, surtout au fond de la banque de vallée directement affichée au nord et l'ouest à une couverture d'éboulis plus important.

II. 2. 1. 2. Disposition des couches

Les couches sont disposées régulièrement sur toute la masse rocheuse, suivant la direction Est Ouest avec une chute vers le nord de 40° à 60° (sur le plan horizontal).

Sur la rive droite, les couches tombent de 55 degrés à 60 degrés, et sur la rive A gauche de 45 degrés à 50 degrés. .A l'aval du site les couches ont un pendage moyen de 55° (Khadidja et Sabrina, 2017).

II. 2. 1. 3. La fracturation des couches

II. 2. 1. 3. 1. Les failles

Des niveaux parallèles à la stratification ou à plongement légèrement plus fort sont les seules fractures du site que l'on peut appeler une « faille ».

Ils se manifestent par :

- Des traces de déplacement sur les épontes.
- Un remplissage béchique argileux d'épaisseur changeant quelque centimètre a quelque centimètre. L'épaisseur la plus fréquente était de 10 cm.
- Un broyage des schistes à leur approche : quelquefois la faille ne se manifeste pas par un seul plan, mais par une série de petites cassures qui combinées par différents joints donnent une assez grande fragilité à la roche.
- Une continuité irrégulière dans l'espace. Les failles peuvent disparaître certains mètres et être relayées avec des failles voisines (Khadidja et Sabrina, 2017).

II. 2. 1. 3. 2. La localisation et fréquence des failles

- La rive droite du site a souffert de la proximité de la faille régionale. Les inconvénients des failles parallèles sont nombreux. On peut estimer que les défauts se multiplient tous les 5 mètres, avec des variations différentes.

- La rive gauche est la plus homogène. Certaines failles se trouvent dans les galeries les failles se reproduisent environ tous les 20 mètres, mais souvent avec un très petit remplissage de boue (quelques centimètres).
- Dans les processus de reconnaissance actuels, aucune de grande zone écrasée n'a été observée.

II. 2. 1. 3. 3. L'altération et la décomposition des couches

Le schiste modifié en surface présente un écoulement en frites marquée. C'est de l'argile légèrement et pâteuse, de 5 à 6 mètres d'épaisseur. Contient les failles et les espaces brisés sur un pourcentage relativement important d'argile (vente d'argile plastique) même en profondeur. La décomposition du schiste a été évaluée grâce à des tests de perméabilité de type lugeons réalisés dans des sondages. Il est sensible à une profondeur de quelques dizaines de mètres.

II. 3. 1. 3. 4. La sismicité du site

Pour un site proche de trois lignes tectoniques importantes de la région d'Alger.

- ❖ Bordures de la Mitidja
- ❖ Bassin du Plion-quaternaire Chéelif.
- ❖ Le passage transversal qui relie Chéelif à Mitidja au village de Boumedfaa.

Ces lignes sont principalement apparues à l'époque quaternaire et sont également le site principal des tremblements de terre. L'ensemble des travaux réalisés sur l'activité sismique de l'Algérie indique que l'aménagement Il est concentré dans l'une des zones à fort tremblement de terre.

II. 3. Les caractéristiques générales du Climat

Le climat de la zone dépend du climat de la mer Méditerranée de sorte qu'en été il est sec et chaud, tandis qu'en hiver il est pluvieux et doux. Certaines des caractéristiques climatiques seront traitées en fonction des informations que nous avons pu consulter ci-dessous.

II. 3. 1. Les précipitations

Les conditions climatiques des bassins versants jouent un rôle majeur dans le comportement hydrologique des cours d'eau. Les précipitations sont le principal facteur du total annuel et de sa répartition mensuelle qui affecte directement les systèmes hydrologiques, et ces

différents aspects des précipitations sont modifiés en fonction de l'effet combiné d'autres paramètres physiques et climatiques (température et évapotranspiration). Cependant, contrairement aux paramètres physiques qui permettent une interprétation qualitative du comportement hydrologique du bassin, les précipitations, les facteurs climatiques et les variations aléatoires dans le temps et dans l'espace peuvent expliquer quantitativement les variations du système hydrologique.

II. 3. 1. 1. Les critique des données

En regardant un aperçu du tableau de suivi des précipitations, on constate que l'insuffisance et parfois non fiabilité de certaines données. Les stations sélectionnées pour cette étude souffrent de lacunes dans les processus de surveillance en général, sur une période de plusieurs mois et années. De ce point de vue, pour étudier le système climatique et assurer une bonne représentation de la zone afin d'obtenir une série de précipitations plus ou moins homogènes, des stations pluviométriques ont été choisies : OUED ZEBOUDJ et BOUMEDFAA, qui sont situés à une altitude proche du site du barrage, qui sont considérées comme des stations représentatives.

Tableau 3: Les stations pluviométriques (ANRH, 2017).

| Code de la station | Nom de la station | X m | Y m | Z m |
|--------------------|-------------------|--------|--------|-----|
| 021014 | OUED ZEBOUDJ | 468.05 | 334.8 | 400 |
| 021017 | BOUMEDFAA | 480.05 | 341.25 | 270 |

II. 3. 1. 2. Les variations interannuelles des précipitations

Les précipitations moyennes sur l'ensemble du bassin ont été estimées à 400 mm sur la base de stations de pluviométrie irrégulièrement réparties sur le bassin. De plus, les valeurs annuelles de précipitations réduire plus la distance de la côte sont éloignées. Les précipitations moyennes différer entre 55 et 760 mm dans la région côtière et entre 220 et 400 mm dans le sud (Khadidja et Sabrina, 2017).

- La figure n^o 02 montre les caractéristiques statistiques de la série annuelle de précipitations de la station Wadi Oued ZEBOUDJ sur une période de 33 ans (1980/1981 à 2013/2014).

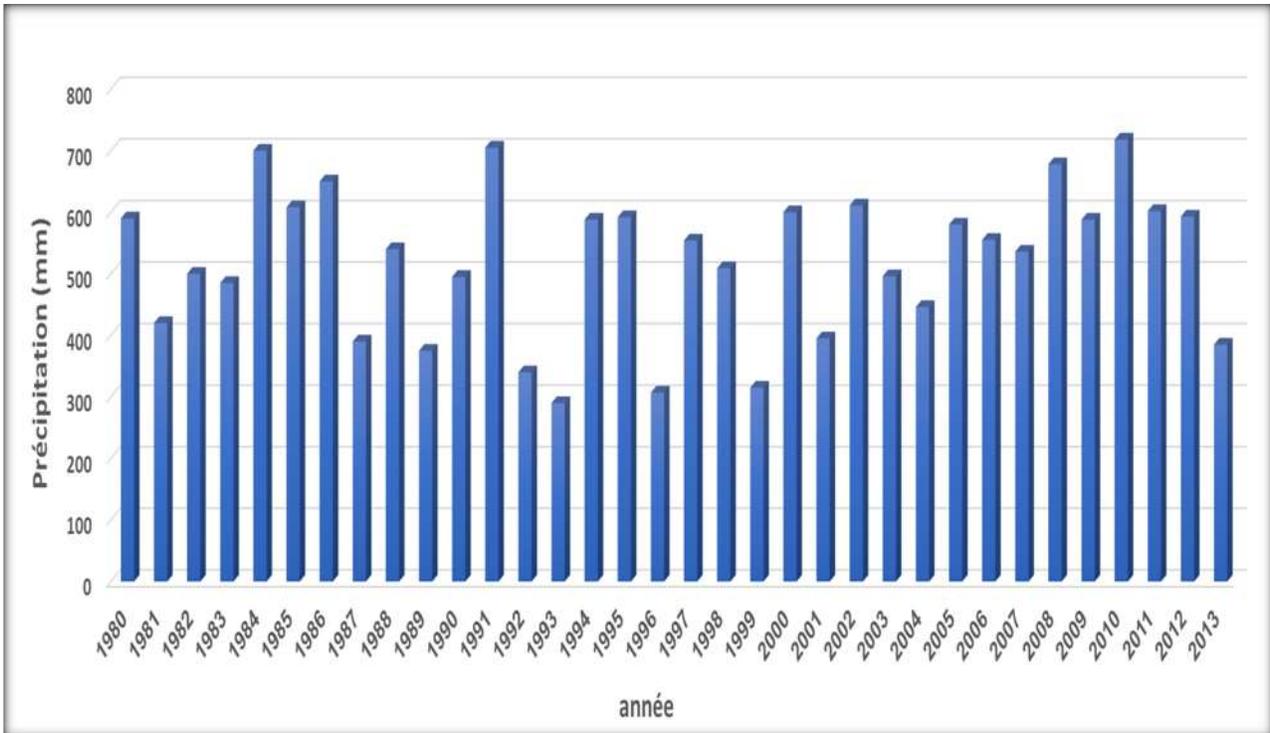


Figure 2 : Précipitations moyennes annuelles de la station de l'oued zeboudj (ANRH, 2017).

Les caractéristiques statistiques de la série pluviométrique annuelle de précipitations à la station de Boumedfaa sur 13 ans (2001/02 à 2012/13) sont présentées dans la figure n° 03.

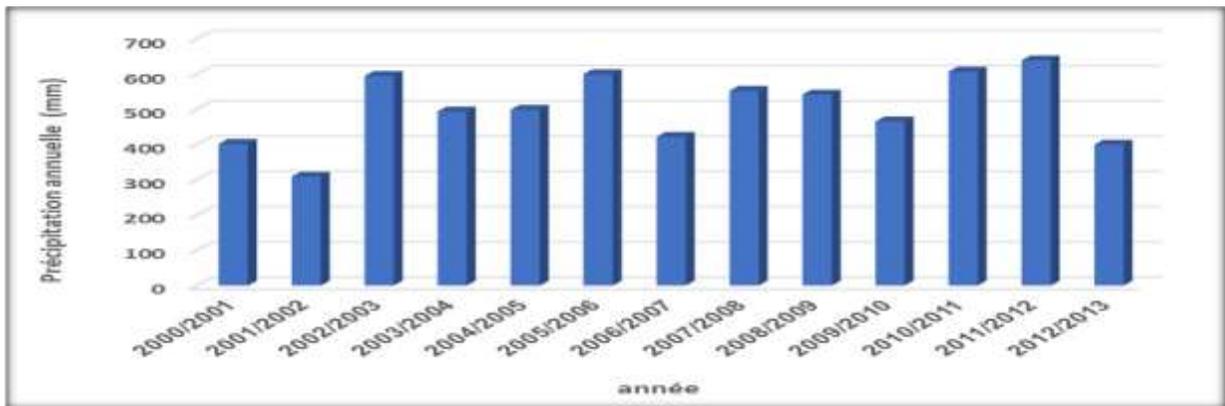


Figure 3 : Précipitation moyenne annuelle de station Boumedfaa (ANRH, 2017).

Tableau 4: Moyennes annuelles des précipitations (ANRH, 2017).

| Station | OUED ZEBOUDJ | BOUMEDFAA |
|-----------------------|--------------|-------------|
| Période d'observation | (1980/2014) | (2001/2013) |
| Moyenne (mm) | 537,13 | 514,87 |

II. 3. 1. 3. Les variations mensuelles des Précipitations

Les précipitations mensuelles sont extrêmement irrégulières. Cela affecte spécialement la vie agricole et les principales ressources naturelles dont dépend la majorité des agriculteurs : l'eau, le sol et la végétation.

On trouvera ci-après les fluctuations mensuelles des précipitations au cours de la période (1980-2014) à la station de OUED ZEBOUDJ ;

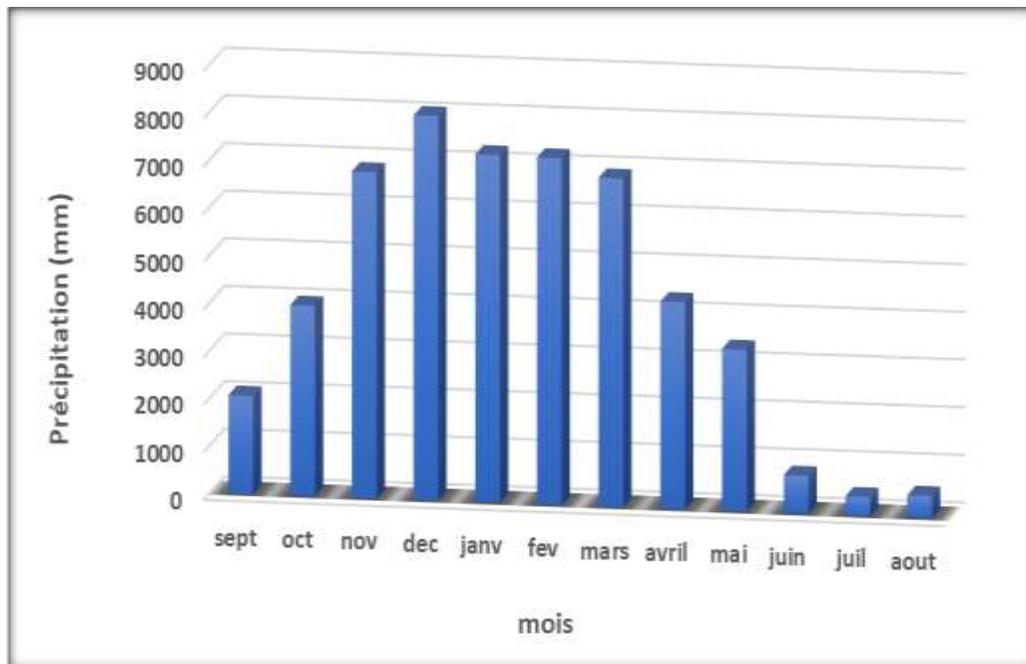


Figure 4 : précipitations mensuelles de la station d'Oued zeboudj (1980-2014)(ANRH,2017)

- La fluctuation pluviométrique mensuelle pendant la période (2001-2013) pour la station BOUMEDFAA apparaissant dans la figure suit :

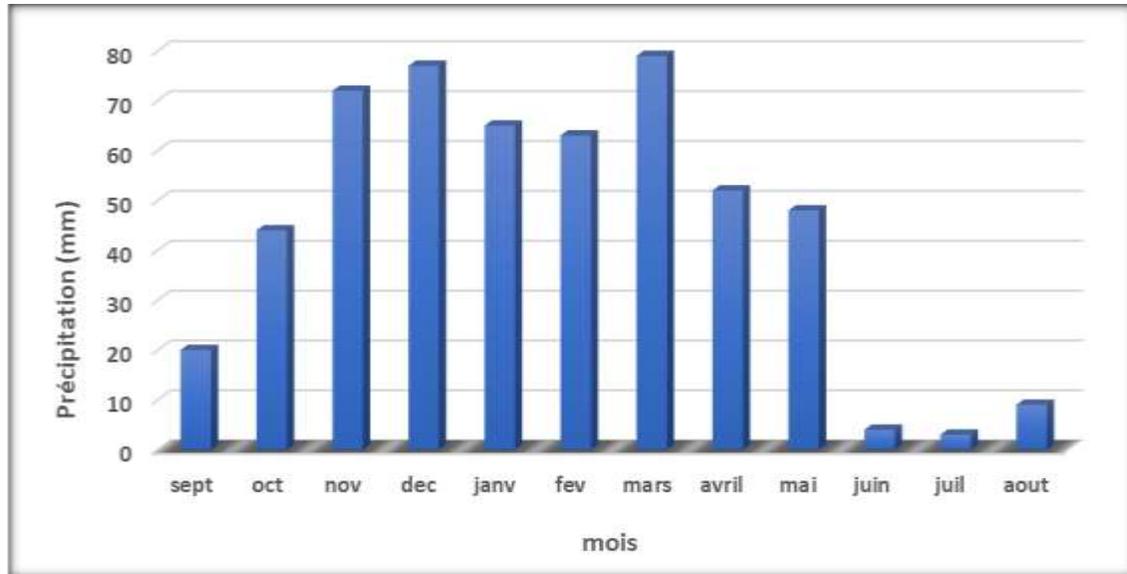


Figure 5 : précipitations mensuelles de la station BOUMEDFAA (2000-2013) (ANRH,2017).

II. 3. 2. L'évaporation

L'évaporation est le facteur qui détermine l'abondance ou la rareté de l'eau pour les plantes. Et l'étudier est considéré comme l'un des moyens les plus importants pour un développement réussi, la pratique de l'agriculture ou tout autre projet visant à protéger l'environnement et à l'agrandir Exploiter maximum le potentiel naturel.

Quant au site du barrage de BOUROUMI, seuls 3 ans de mesures hydrométriques sont disponibles. Les données sur l'évaporation n'existent pas. Cependant, il existe des valeurs enregistrées dans la région utilisable de 1454,9 mm / an. Pour le réservoir de BOUROUMI, qui a une superficie de 6,2 km² au niveau d'un réservoir normal, la perte par évaporation dans le cas d'un réservoir plein est de 7,8 m³ / ans.

Le Tableau n ° 05 montre la variance mensuelle de l'évaporation potentielle de l'ETP extraite des cartes d'évaporation développées par l'ANRH Blida en 2002.

Tableau 5: Répartition mensuelle de l'évaporation (ANRH,2017).

| Mois | Sept | Oct | Nov | Déc | Jan | Fév | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Année |
|-------------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|---------|-------|---------------|
| Évaporation | 146.5 | 90.0 | 52.4 | 35.3 | 38.4 | 85.7 | 85.7 | 123.2 | 166.4 | 206.0 | 225.4 | 199.9 | 1454,9 |

II. 3. 3. L'humidité

La cause essentielle des valeurs d'humidité élevées en été est due à l'effet des températures élevées en cette saison chaude, à partir d'une coupe transversale de Bousmail, Blida, Sharia, Medina et Djelfa, il a souligné que l'humidité relative n'était jamais faible. Environ 50% (moyenne annuelle) (Khadidja et Sabrina, 2017).

II. 3. 4. Les écoulements

Les données hydrométriques (enregistrement des débits) ne couvrent que trois saisons d'hiver, de 1969 à 1972, et uniquement la station de Tarzoult en aval du site, reconstituant les hydrogrammes des crues de cette période. Par conséquent, ce n'est que grâce aux mesures effectuées à Tarzoult et aux données pluviométriques que les caractéristiques des deux bassins versants du site ont été estimées.

II. 3. 4. 1. Les données du bassin versant

La nature géologique du terrain au niveau du bassin versant est entièrement schisteuse du Crétacé, cependant la formation est imperméable, il n'y a pratiquement pas de réservoirs d'eau souterraine, les sources sont rares (Khadidja et Sabrina, 2017).

Tableau 6:Caractéristiques du bassin versant du Tarzoult.

| | |
|-------------------|---------------------|
| Surface | 215 km ² |
| Périmètre | 75 km |
| Altitude moyenne | 500m |
| Altitude maximale | 1108 m |
| Altitude minimale | 120m |

II. 3. 4. 2. Les venues d'eau

Il n'y a aucune trace de source d'eau douce associée à l'eau souterraine. Cette lacune est due à l'étanchéité des roches rocheuses et parce que le site n'est pas connecté à une forte masse perméable. Des débits d'eau saline ont également été observés sur la rive droite de la gorge. Lorsque vous approchez de la grande faille, lors du creusement du site en amont.

II. 3. 4. 3. Les source d'alimentation (cours d'eau)

Selon l'ANBT, le volume d'eau de barrage de Bouroumi arrive par l'intermédiaire de quatre oueds essentiels sont :

- ❖ Oued Chiffa: 50 Mm³/an;
- ❖ Oued Bouroumi: 20 Mm³/an;
- ❖ Oued Djer: 20 Mm³/an;
- ❖ Oued Harbil: 35 Mm³/an.

II. 4. Les caractéristiques techniques du Barrage

II. 4. 1. Situation et objectif

Le barrage Bouroumi est installé dans la limite au ouest de la wilaya de Blida, à l'est du village de Boumdefaa, à 8 km. Il est situé dans le cortège rocheux qui traverse l'oued de Bouroumi avant d'atteindre la plaine de Mitidja. Avec une capacité générale de 220 millions de mètres cubes, dont l'objectif est d'assurer l'irrigation de la partie occidentale de la plaine Mitidja et le développement d'une agriculture moderne et prospère (Khadidja et Sabrina, 2017)

II. 4. 2. La description de l'aménagement

Le barrage de Bouroumi contenir les structures suivantes :

- Un barrage en sol de 100 m de haut avec une crête à la cote 330 m.
- La tour de prise d'eau à un incliné de 45 degrés abrite également la vidange de fond
- Une galerie de restitution et de vidange de fond, d'un diamètre de 6 m et d'une longueur de 860 m.
- Les doubles évacuateurs de crues se composent chacun d'une tour, avec une galerie de 6 mètres de diamètre, un coursier se terminant par une cuillère à dispersion.

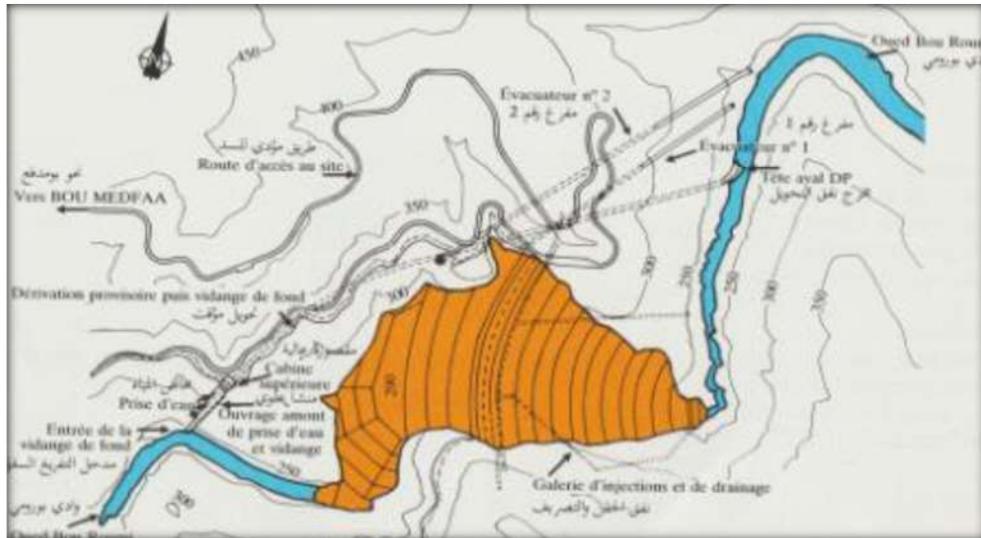


Figure 6 : vue en plan générale du barrage (D R H d'Ain defla).

II. 4. 2. 1 La digue

- Elle constituait une quantité de remblais en éléments argileux et argilo graveleux de l'ordre de 400000 m³.
- Les recharges amont et aval sont existés d'argile et d'alluvions graveleuses des emprunts situés dans la cuvette amont.
- Le noyau, en argile, est appelé « épais » puisque sa largeur sur le plan de l'oued est de l'ordre de l'altitude de l'ouvrage.
- Une protection en enrochements habille le talus amont de la digue sous un tapis dégrave lavées pour répondre aux conditions de vidange vite de la retenue.
- Les techniques drainant de l'aval de ce noyau et un filtre amont sont former des éléments criblés et rincer répondant à des conditions granulométriques bien précis (Khadidja et Sabrina, 2017)



Photo 8 : la digue

➤ **Caractéristiques de la digue**

- Type: digue en terre
- Oued: Oued Chiffa, Oued Harbil, Oued Bou roumi ET Oued Djer.
- Capacité :188 Million de m³
- Longueur en crête: 330 m
- Hauteur maximale:100 m
- Largeuren crête :10 m
- Empattement de la base :800 m
- Cote retenue normale: 323,30 m
- Cote des plus hautes eaux : 327,30 m
- Capacité à retenue normale : 188 millions m³
- Surface de lac à RN : 660 ha

II. 4. 2. 2 Les ouvrages de restitution

La Tour de prise est considérée comme le centre névralgique du barrage, et sa partie inférieure contient les vannes de vidange et de soutirage de l'eau inférieure ainsi que l'entrée du drainage inférieur au niveau de 242 m. Le niveau est incliné à un angle de 45° par rapport à trois entrées d'eau aux niveaux 270 m, 290 m et 310 m s'écoulant dans un seul puits et des passages pour barrages. L'aménagement intérieur comprend trois puits descendants, des soupapes de sécurité, un puits d'accès avec une cabine d'ascenseur et un puits de ventilation. La cabine supérieure est le cerveau qui permet la commande et le contrôle des manœuvres fondamentales et l'enregistrement des informations hydrologiques. Il assure également la réception, la distribution et le contrôle de l'énergie électrique.

Une galerie de récupération, d'un diamètre de 6 mètres et d'une longueur de 860 mètres,

est située au pied de la tour de sortie, et s'ouvre vers le cours du barrage et assure la restauration ainsi que le drainage inférieur du barrage (Khadidja et Sabrina, 2017).

➤ Caractéristiques

- Écoulement libre aéré en galerie.
- Débit maximum de restitution par les prises d'eau de 20 m³/s avec une vitesse d'écoulement capable atteindre 20 m/s.
- Débit maximum de vidange de fonds de 160 m³/s pour le plan d'eau normal a la cote 323.30 m par une vitesse d'écoulement de l'ordre de 30 m/s.

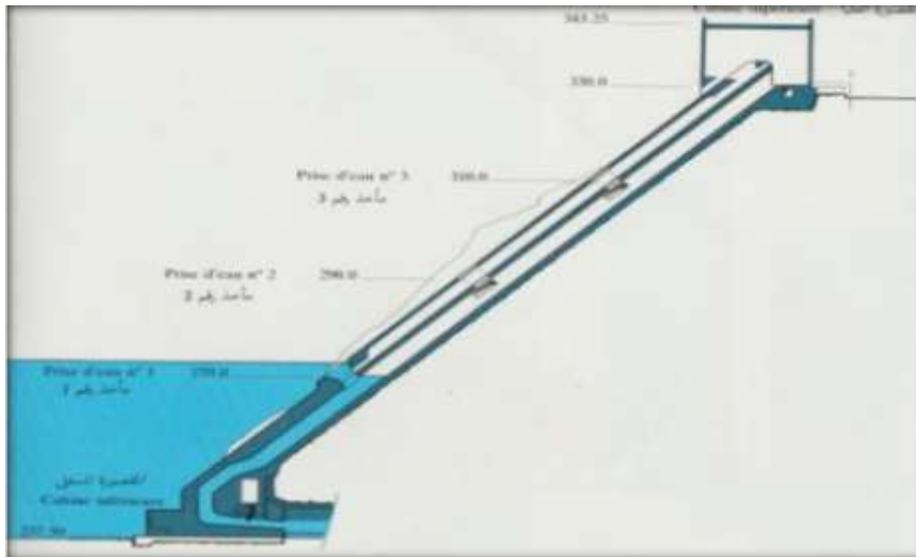


Figure 7 : tour de prise coupelongitudinale (D R H d'Ain defla).

II. 4. 2. 3 Les évacuateurs de crues :

Chaque évacuateur comporte :

- une tour de 23 m de haut environ, de 6 m de diamètre, couronnée d'un déversant et surmontée d'un bloc reniflard qui doit dépasser les plus hautes eaux.
- Une galerie bétonnée de 6m de diamètre intérieur fini, de 220 m de longueur pour l'un et 260 m pour l'autre.
- Un coursier de 130 m de longueur se présenter comme un canal rectangulaire et conservant par une forte pente la chute du flot jusqu'à l'ouvrage dispersé.

- Une cuillère du type «saut-de-ski » permettant la projection du jet assez loin dans l'oued à l'aval et dans une certaine mesure sa dispersion (Khadidja et Sabrina, 2017)).

➤ **Caractéristiques**

Chaque évacuateur de crues est capable d'absorber 400 m les plus hautes eaux l'aptitude de laminage entre la retenue normale et les plus hautes eaux représentent 25 millions de m³ et permettent l'amortissement des crues correspondant à une période de retour de 10000 ans (Khadidja et Sabrina, 2017).

II. 4. 2. 4 Galeries de drainage et voile d'étanchéité

L'injection et le forage de drains dans les fondations rocheuses ont été effectués dans des salles d'exposition sous la forme de Le fer à cheval à un diamètre de 3 mètres. Deux galeries d'accès, l'une sur la rive gauche et l'autre sur la rive droite à environ 240 niveaux, ont permis l'installation d'un réseau augmentant de drainage dans les rives. Une galerie inclinée avec un palier, située de 20 à 40 mètres transversalement sous les remblais a servi, a été utilisée pour réaliser un voile d'étanchéité profond et traiter auréolaire superficiel au contact du noyau rocher

➤ **Caractéristiques:**

❖ **Galleries:**

- ✓ 1200 ml de galerie Ø 3 m représentant :
 - 85 000 m³ d'excavation.
 - 37000 m³ de béton.

❖ **Injections:**

- ✓ L'ensemble de ces travaux correspond à :
 - 32000 ml de forage.
 - 3300 m³ de coulis d'injection.
 - 100 t de bentonite.

II. 4. 2. 5 Equipement hydromécanique

❖ Equipement de vidange de fond :

- Une vanne wagon de garde
- Une vanne secteur principale de réglage
- Un batardeau

❖ Equipement de prise d'eau :

- Trois vannes wagon de prise
- Une vanne secteur de réglage auxiliaire
- Trois batardeaux

❖ Equipement de télécommande à distance.

➤ **Caractéristiques:**

❖ **Vannes wagons:**

- De vidange de fond: $2 \times 2,6$ m au seuil 239,88.
- Vitesses d'ouverture 0,19 m /min, pression de service 115 kg / cm².
- De prise d'eau : $1 \times 2,83$ m aux seuils 270 – 290 – 310, vitesse d'ouverture 0,3 m /mn. Vitesse de fermeture 3 m /min, pression de service 125 kg/cm².

❖ **Vannes secteurs:**

- De vidange de fond : $2 \times 2,4$ m au seuil 239,69.
- Vitesse d'ouverture 0.35m /min, vitesse de fermeture 0,27 m /min, pression de service 110 kg / cm².
- De prise d'eau : $0,8 \times 1,20$ m au seuil 239,67.
- vitesses d'ouverture 0,30 m /min, vitesse de fermeture 0,20 m /min, pression de service 115 kg/cm² (Khadidja et Sabrina, 2017).

II. 4. 2. 6 Envasement de la cuvette

Envasement de la cuvette évaluation des apports provient du rapport S.E.S./LICITRI, corrigés en ce qui concerne la quantité des vases en matières solides. Et considérant en effet que 1 tonne de matériaux érodés ($d = 2.5$ m³, soit 0.4 m³) est en suspension dans l'eau (0.6 m³) pour donner 1 m³ de vase dont le masse est de 1.6 t. Les apports solides du Bouroumi et ceux proportionnels aux débits dérivés vers le réservoir du Bouroumi correspondent dans ces conditions aux volumes suivants :

- Oued Bouroumi 0.8 Mm³/an
- Oued Chiffa 0.3 Mm³/an
- Oued El Harbil 0.4 Mm³/an (Khadidja et Sabrina, 2017).

II. 4. 2. 7 La végétation

La végétation est également un facteur important affectant le ruissellement superficiel. Non uniquement il limite les crues en réduisant et en ralentissant le ruissellement de superficie, mais il est également un facteur affectant la qualité physique de l'eau du cours d'eau et est moins chargé en solides.

La région de la vallée de la Borromée est dominée par ;

Les diversités de forêts : Pin d'alep, Amande, Acacia, Cyprès, Genévrier, Amande, Lentisque, Cyprès, Arbousier, Saule, Olives, Fugues, Cyprès.

II. 4. 2. 8 Alimentation en eau potable

- ❖ Capacité de production de la station : 9500 M³/j
 - ✓ Boumedfaa: 500 M³/j
 - ✓ Hammam Righa 3000 M³/j
 - ✓ Ain Beniane: 1500 M³/j
- ❖ Communes desservies:
 - ✓ Boumedfaa: 19883 Hab.
 - ✓ Hammam Righa: 9416 Hab.
 - ✓ Ain Beniane: 6100 Hab.
- ❖ Fréquence de distribution:
 - ✓ Boumedfaa:
 - H 24: 70%
 - Quotidien: 30% (8h à 10h)
 - ✓ Hammam Righa:
 - Quotidien : 100% (8h à 10h) (A.D.E, 2017).

II. 5. Station de traitement des eaux du barrage de Bouroumi

II. 5. 1. La description du système de traitement

L'eau brute collectée en milieu naturel (barrage de Bouroumi) n'étant pas propre à la consommation, elle est dirigée à travers un tube vers la station d'épuration, et est traitée jusqu'à ce qu'elle devienne potable. Des échantillons d'eau sont analysés périodiquement pour s'assurer que l'eau potable qui s'écoule dans le réseau d'approvisionnement répond à toutes les normes régissant la qualité de l'eau

II. 5. 1. 1. La pré-chloration

Des réactifs de pré-chloration (chlore, sulfate d'alumine) sont injectés afin de réduire la coagulation, la floculation et la filtration ; Ils fonctionnent en oxydant divers corps dans l'eau sûre :

- les microorganismes : bactéries, algues et plancton, qui peuvent se développer dans les structures et par exemple provoquer une fermentation anaérobie ;
- l'ammoniac : en le convertissant en chlorémie (monochloramine et dichloramine).
- la matière organique oxydante ;
- le fer et manganèse; (Khadidja et Sabrina, 2017).

II.5. 1. 2. Cascade d'aération

Cette étape est largement utilisée pour s'éliminer des gaz (CO_2 , H_2S) et des odeurs désagréables. La cascade augmente également la teneur en oxygène pour rendre l'eau agréable à boire et pour éviter la corrosion des tuyaux métalliques.

II. 5. 1. 3. Coagulation-floculation

C'est un procédé physico-chimique pour clarifier l'eau, et l'ajout d'un coagulant tel que le sulfate d'alumine $[\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3]$ avec une agitation rapide pour son homogénéité et sa dispersion dans l'eau conduit à une déstabilisation de la matière en suspension. Là où la formation de floccs est obtenue par injection d'un flocculant appelé polymère (polyacrylamide) avec une agitation lente qui permet d'augmenter la taille des floccs et de ne pas détruire ces derniers.

II. 5. 1. 4. Décantation

Au niveau de l'eau de décantation, l'eau vient de bas en haut à travers les plaques lamellaires, et les particules déposées s'accumulent au fond du bassin de décantation en utilisant leurs propres poids.

II. 5. 1. 5. Filtration

En la sortie du décanteur, l'eau est déjà relativement claire, mais contient encore des particules en suspension qui n'ont pas été décantées. La filtration fonctionne en faisant passer l'eau à travers un matériau poreux (filtre), composé de trois couches, sable : 40 à 50 cm d'épaisseur et Gravier : 10 cm d'épaisseur.

Le filtre se colmate petit à petit jusqu'à ce qu'il soit nécessaire de le nettoyer, et le processus se fait en retournant de l'eau et de l'air.

II. 5. 1. 1. Désinfection

À ce stade, l'eau est parfaitement claire, mais elle peut contenir des bactéries qui pourraient être pathogènes, et le but de la désinfection est d'éliminer les bactéries et d'empêcher leur prolifère lors du passage de l'eau de la station d'épuration au consommateur.

Chapitre III

Matériels et méthodes

III. 1. Échantillonnage et mode de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est un processus délicat et le plus grand soin doit être apporté lors de son exécution ; parce qu'il définit les résultats de l'analyse et de l'interprétation à présenter. Ainsi, l'échantillon doit être homogène et représentatif et obtenu sans modifier les propriétés physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau.

Pour les échantillons préparés pour l'analyse physique, ils sont réalisés manuellement à l'aide d'un dispositif de prélèvement relié à une corde pour déterminer la profondeur, et des flacons en polyéthylène de 1 litre sont utilisés pour l'échantillonnage et le rinçage avec l'eau d'échantillon. Afin d'éviter toute contamination pouvant affecter les échantillons, l'échantillon est prélevé au milieu du barrage via un flacon en verre de 250 contenances destiné à l'analyse bactériologique.

III. 1. 1. Le prélèvement

L'étape d'extraction par concentration est importante et nécessaire pour calculer les micropolluants organiques ; à partir d'un petit volume ou directement sur le site, au moyen d'appareils automatiques continus ; dans ce cas, l'échantillon peut correspondre à une concentration de plusieurs centaines de litres prélevés sur plusieurs jours. Afin de pouvoir prélever différents échantillons d'eau brute en plusieurs points du barrage, on utilise une bouteille de prélèvement qui prélève des échantillons de 1 litre à 12 litres aux profondeurs requises, et sélectionne également plusieurs points de prélèvement selon le principe de faire une grille (prélèvements prélevés à chaque point et à différentes profondeurs à prendre en compte hétérogénéité verticale et horizontale).

III. 1. 2. La conservation et le transport des échantillons

Les échantillons sont stockés et transportés dans une glacière pour réduire le développement physico-chimique de l'eau à analyser et pour garantir une conservation satisfaisante des prélèvements. Les analyses bactériologiques doivent commencer moins de 6 heures après l'échantillonnage, et le transport doit avoir lieu dans une glacière à une température inférieure à 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes garantissant un stockage satisfaisant au cas où le transport dépasse 6 heures ou la température extérieure est au-dessus de

10°C. les échantillons sont également placés au froid une fois arrivé au laboratoire avant de démarrer les analyses (NA 762, 1990).

III. 2. Les méthodes d'analyses physico-chimiques

III. 2. 1. La mesure de la turbidité

La turbidité est un indicateur de la pureté de l'eau et de la quantité de matière en suspension, et elle est mesurée de plusieurs façons, que ce soit sur le terrain ou en laboratoire, et parmi ces méthodes, il y a l'utilisation de l'effet Tyndall pour mesurer une faible turbidité comme l'eau potable ou une mesure d'opacimétrie pour l'eau à forte turbidité comme les eaux usées et il existe d'autres méthodes (Ladjel, 2009)

➤ **Le principe**

Par la mesure est au moyen d'un turbidimètre, qui jette de la lumière sur l'échantillon d'eau à mesurer et mesure la lumière déviée, et la lumière est soit infrarouge, soit des rayons visibles normaux, et à cette fin, la solution de formaline est utilisée, qui est un polymère en suspension dans l'eau qui provoque la dispersion de la lumière lorsqu'elle traverse la solution.

➤ **Mode opératoire** : un récipient de mesure propre est rempli de l'échantillon à analyser de manière homogène, en vérifiant l'absence de bulles, puis en mesurant rapidement. Et La valeur est obtenue directement en NTU (Ladjel, 2009).



Photo 9 : Turbidimètre.

III. 2. 2. La mesure de la température

La température de l'eau joue un rôle important dans l'intensité de la sensation d'eau. Elle est considérée comme le paramètre le plus précieux pour l'eau destinée à la consommation d'humanité (Crini et Badot 2007).

La température de l'eau est mesurée sur place à l'aide d'un thermomètre numérique. Les résultats sont donnés en (C°).

III. 2. 3. La mesure de la conductivité électrique (CE)

➤ Le principe

La conductivité électrique est l'inverse de la résistance électrique et est une mesure du courant transporté par les ions dans l'eau, où une colonne d'eau est connectée entre deux électrodes métalliques d'une surface de 1 cm² et séparée de 1 cm. Il utilise un conductimètre multielement

➤ Mode d'opération

- Les verreries doivent être complètement propres et rincées à l'eau distillées avant utilisation.

- La cellule de conduction est rincée plusieurs fois à l'eau distillée puis immergée dans un récipient contenant l'eau à tester.

- La mesure est effectuée dans un deuxième récipient, en veillant à ce que les électrodes en platine soient complètement immergées.

- Le liquide est agité (barreau magnétique) de sorte que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Le résultat est déterminé immédiatement en unités $\mu\text{s} / \text{cm}$ (Rodier *et al.*, 2009).



Photo 10 : conductimètre.

III. 2. 4. La mesure du potentiel d'hydrogène pH

➤ Le principe

Le pH est l'une des mesures les plus courantes à prendre, et il est lié à la teneur en ions H^+ ainsi qu'à l'acidité et à l'alcalinité de l'échantillon.

➤ Mode opératoire

- Le pH-mètre est d'abord connecté, puis laissé reposer pendant quelques minutes, puis les électrodes sont installées à l'entrée correspondante de l'appareil.

- L'appareil est étalonné à l'aide d'une solution tampon. Ensuite l'électrode est rincée à l'eau distillée et l'échantillon à analyser ;

- L'échantillon d'eau à analyser doit être à la température requise ;

- L'électrode est immergée dans l'échantillon à analyser et la valeur pH est lue ;

- et après chaque détermination du pH, l'électrode est retirée et rincée et à la fin de l'expérience, on la laisse tremper dans de l'eau distillée (Rodier *et al.*, 2009)



Photo 11 : pH mètre.

III. 2. 5. teneur en oxygène dissous

➤ Principe

Le dosage se fait par la Method de winkler , En utilisant un oxymètre, l'oxygène dissous est déterminé par la méthode hydroélectrique, grâce à quoi la réduction de l'oxygène à la cathode appropriée crée un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution et la concentration en oxygène dissous est exprimée à la température de mesure, en mg L^{-1} (Rodier *et al.*, 2009)

➤ Mode opératoire

Les électrodes sont plongées dans l'eau pour analyse. La mesure est basée sur la réduction de l'oxygène traversant la membrane, il est nécessaire d'effectuer une agitation douce et régulière pendant la mesure, afin d'éviter un appauvrissement en oxygène à la périphérie de la membrane qui peut conduire à une mauvaise mesure.

III. 2. 6. Le dosage des chlorures

➤ Principe

La réaction des ions chlorure avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble (AgCl) qui est déposée quantitativement. Ajout d'un léger excès d'ions argent et formation de chromate d'argent brun-rouge avec ajout d'ions chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur. Le ph est maintenu entre 5 et 9,5 pour permettre la précipitation.



➤ **Mode opératoire**

On prélève 100 ml de l'échantillon à analyser (volume V_a), puis avec une pipette 1 ml de chromate de potassium ($K_2 CrO_4$) est ajouté ce qui donne une couleur jaunâtre. Ensuite, le titrage est effectué avec addition graduelle d'une solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) jusqu'à obtention d'une couleur brun rougeâtre.

➤ **Expression des résultat**

$$[Cl] = \frac{(V_S - V_B) C \times f}{V_a}$$

Avec:

V_S : le Volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

V_B : le volume en millilitres de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage du blanc.

V_a : le volume en millilitres, de l'échantillon pour essai.

C : la concentration réelle exprimée en mole par litre, de la solution de nitrate d'argent, 0.02 mol/L.

f : 35453 (masse molaire du Cl x 1000).

III. 2. 7. La détermination de l'alcalinité

➤ **Principe**

Déterminer les volumes successifs d'acide fort dans la solution diluée nécessaire pour neutraliser le volume d'eau à analyser. Titre alcalimétrique (TA) est calculée par neutralisation à ph 8,3 et titre alcalimétrique totale (TAC) est calculée par neutralisation à ph 4,3. mesuré selon (NF T90-036).

➤ **Mode opératoire**

Apportez 100 ml d'eau à analyser à pH 4,3 ; Il reste alors V2 qui est le volume total d'acide utilisé. Si le pH est supérieur à 8,3 ; l'acide chlorhydrique est versé lentement pour obtenir cette dernière valeur. La lecture V1 est observée et enregistrée sur la dose en suivant les instructions d'utilisation du pH-mètre. et les résultats sont donnés en mg/l.

Le titre alcalimétrique TA, et le titre alcalimétrique complet exprimé en mg / L par litre, sont respectivement donnés par les expressions :

$$\begin{aligned} \text{TA} &= (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V \\ \text{TAC} &= (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V \end{aligned}$$

Avec

- La Masse molaire des bicarbonates = 61 mg.

- La Masse molaire des carbonates = 60 mg.

- Si l'eau contient des bicarbonates seulement.

$$\begin{aligned} \text{TA} &= 0 \\ \text{TAC} &= (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} = V_1 \times 61. \end{aligned}$$

- Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates.

$$\begin{aligned} \text{TA} &= (\text{CO}_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2. \\ \text{TAC} &= (\text{HCO}_3^-) \text{ mg/l} + 2\text{TA}. \end{aligned}$$

Avec :

V : le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V₁ : le volume d'acide chlorhydrique lu au dosimat.

V₂ : le volume d'acide chlorhydrique en millilitres lu au dosimat.

N : la normalité de la solution acide

III. 2. 8. Le dosage des nitrites (NO_2^-)

➤ Principe

Le nitrite réagit avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque à un pH de 1,9, après avoir été combiné avec du dichlorure de N-1-naphtyléthylènediamine, donne une coloration rose mesurée à 543 nm. mesuré selon (ISO 6777/1994).

➤ Mode opératoire

40 ml d'eau à analyser sont introduits dans une fiole jaugée puis 1 ml de réactif coloré est ajouté. Ensuite, nous attendons au moins 20 minutes. Après la couleur rose montrant la présence de NO_2^- , la lecture est effectuée avec un spectrophotomètre à 543 nm. Les résultats sont présentés directement en mg / l (mg L⁻¹).

III. 2. 9. Le dosage des nitrates (NO_3^-)

➤ Principe

En présence du salicylate de sodium, le nitrate de sodium donne du paranitrosanilate de couleur jaune et permet de déterminer le colorimétrique, mesuré selon (NF ISO 13395).

➤ Mode opératoire

10 ml d'eau est insérée dans une capsule de 60 ml (pour une teneur en nitrate supérieure à 10 mg/l, agissant comme dilution), puis en ajoutant 2 à 3 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium, puis en ajoutant 1 ml de salicylate de sodium, puis en complétant la dose de courbe d'étalonnage, et en prenant des lectures sur l'échelle du spectre optique à la longueur à une vague de 415 nm, et les résultats apparaissent directement en mg/l.

III. 2.10. La détermination de la matière organique

➤ Principe

Un échantillon est chauffé pendant 10 minutes en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique, puis une partie des permanganates sont réduites par des substances oxydantes dans l'échantillon.

L'excès de permanganate est déterminé par l'ajout d'une solution d'oxalate suivie de l'étalonnage de l'excès d'oxalate par les permanganates mesurés selon la norme (ISO 8467 1993).

➤ Mode opératoire

- 100 ml de l'échantillon est transféré dans un dorsal de 250 ml, en ajoutant 20 ml d'acide sulfurique à 2 mol/l et en remuant doucement.

- Mettre la tasse sur une plaque chaude à ébullition.
- Ajouter 20 ml de solution standard 2 m de permanganate de potassium.
- Le temps d'ébullition est fixé pendant 10 minutes ± 2 minutes. Après 10 minutes, 20 ml de solution de 5 m/mol d'oxalate de sodium standard est ajouté à l'aide d'une pipette et en attendant que la solution change de couleur.

- Le processus d'étalonnage est fait alors que la solution est encore chaude, avec une solution d'étalonnage du permanganate de potassium 2 m mol/l jusqu'à ce que la couleur rose pâle dure 30 secondes.

Nous avons la volume V_1 de permanganate de consommation.

- Un test vide est effectué en même temps de sélection, en utilisant la même procédure, mais en remplaçant la partie d'essai par 100 ml d'eau distillée (de préférence à partir du purificateur)

La volume V_0 solution de permanganate consommé est enregistré.

- le blanc titré est conservé pour vérifier la recherche de permanganate de potassium :
- 20,00 ml de solution d'oxalate de sodium 5 m mol/l et ajouté au le blanc titré ;
- Chauffer de 1 à 2 minutes (environ 90°C) puis retirer avec 2 m mol/le de perm, jusqu'à ce que le rose semble constant pendant 30 secondes.

- La volume V_2 est enregistré à partir de la solution permanganate grand public, qui doit être comprise entre 19 et 21 ml. Si non, on prépare 20 m mal/l de solution permanganate.

➤ **Exploitation et interprétation des résultats**

L'indice périminat, IMn , est calculé avec des milligrammes d'oxygène par litre, selon la formule :

$$IMn = \frac{(V_1 - V_0)}{V_2} \times f$$

Avec :

V_0 : le volume en millilitres de la solution de permanganate consommé dans le dosage blanc.

V_1 : le volume, en millilitres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.

V_2 : le volume, en millilitres, de la solution de la vérification de la solution titrant.

f : le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litres ; f est égal à 16.

Ce facteur est calculé comme suit :

$$F = \frac{V_4 \times C_{(Na_2C_2O_4)} \times M_0 \times 1000}{1000 \times V_5}$$

Avec :

V_4 : le volume en ml, de la solution étalon d'oxalate de sodium consommé pour la détermination lors de l'étalonnage : $V_4 = 20 \text{ ml}$.

$C_{(Na_2C_2O_4)}$: la concentration, en m mol par litre, de la solution étalon d'oxalate de sodium :

$$C_{(Na_2C_2O_4)} = 5 \text{ m mol/l}$$

1000 (numérateur) : le coefficient correcteur pour exprimer $C_{(Na_2C_2O_4)}$ de m mol/l à mol/l.

M_0 : la masse molaire de l'oxygène, en milligrammes d'oxygène par m mol, $M_0 = 16$.

V_5 : le volume d'échantillon utilisé, en millilitres, $V_5 = 100 \text{ ml}$

1000 (dénominateur) est le coefficient correcteur pour exprimer le volume d'échantillon de ml à l. Compte tenu des valeurs ci-dessus : $f = 16$.

REMARQUE :

Les échantillons avec un indice de permanganate supérieur à 10 mg / L doivent être dilués et reprendre l'analyse, qui est la plage de test optimal minimal de 0,5 mg / L.

III. 2.11. Le dosage du fer total (Fe^{2+})

➤ Principe

La solution phénanthroline-1.10 est ajoutée à l'essai et à la mesure optique du composé rouge orange avec une longueur d'onde de 510 nm. Le composé (fer-phénanthroline-1,10) est Tableau dans la gamme de ph de 2.5 à 9 où l'intensité de la couleur correspond à la quantité de fer présente.

➤ Mode opératoire

50 ml de l'échantillon à analyser est prélevé dans 100 ml d'Erlenmeyer et 1 ml d'acide chlorhydrique est ajouté à 10%. Ajouter ensuite 5 ml de peroxosulfate de potassium. L'échantillon est ensuite placé sur la plaque chauffant à ébullition douce pendant 40 minutes, en

veillant à ce que le volume soit d'au moins 20 ml. 2 ml de solution tampon l'acétate sont ajoutés pour le pH entre 3,5 et 5,5. Puis ajouter 2 ml de solution de phénanthroline et stocker pendant 15 minutes dans l'obscurité, et la lecture est prise. Où les résultats apparaissent en mg /L.

III. 2.12. Le dosage des Matières en Suspension (MES)

➤ Principe

L'eau à analyser est filtrée par décharge sur le filtre en fibre de verre, puis sèche à 105°C, puis pèse. ISO 11923.

➤ Mode opératoire

• *Test à blanc (test de perte de masse du filtre)*

L'objectif est de vérifier la perte de masse du filtre en filtrant 150 ml d'eau distillée. Il est recommandé de laver les filtres en vrac en immersion dans de l'eau distillée pendant environ 4 heures. L'eau de lavage est laissée sèche, puis les filtres sont séchés à 105°C pendant au moins une heure, de préférence toute la nuit avant l'essai. La perte de masse dans l'essai vide doit être inférieure à 0,017 mg/cm² ou égale à celle-ci (pour le diamètre le plus commun : 47 mm), ce qui correspond à la perte de masse inférieure ou égale à 0,3 mg).

• *Le dosage d'échantillon*

- Attente que les échantillons atteignent la température ambiante. Le filtre pesait alors à 0,100 mg. Évitez d'ingérer le filtre avec de la poussière.

- Le filtre (partie lisse en bas) est placé dans l'entonnoir et inséré l'entonnoir dans la rotation de décharge.

- La bouteille contenant l'échantillon est fermement secouée et 200 ml est transférée immédiatement dans une fiole jaugée. Pour être exact, le résultat des résidus secs (après filtration) doit obtenir au moins 2 mg.

- 200 ml de l'échantillon est inséré dans l'entonnoir, puis rincer la fiole jaugée avec un peu d'eau distillée, et aussi le verser dans l'entonnoir.

- Le processus de filtration est initié par l'exploitation de la pompe d'aspiration. Une fois l'échantillon filtré, les parois intérieures de l'entonnoir sont rincées avec un peu d'eau distillée et filtrées.

- L'appareil est libéré sous décharge lorsque le filtre est pratiquement sec.

- Le filtre est soigneusement retiré de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités plates, puis placé dans le creuset et séché au four à une température (105 ± 2) °C pendant au moins deux heures.

- Tout est sorti du four et placé dans une sécheuse pendant 30 minutes, puis pesé (Masse M_1).

➤ **Exploitation et interprétation des résultats**

Le contenu des matières en suspension est exprimé en milligrammes après expression :

$$P = \frac{(M_1 - M_0) \times 1000}{V}$$

Avec :

p : teneur en matières en suspension, en milligrammes par litre ;

V : volume, en millilitres, de la prise d'essai ;

M_0 : masse, en milligrammes, de la capsule vide ;

M_1 : masse, en milligrammes, du creuset et de son contenu après séchage à 105 °C et dessiccation.

III. 2.13. Le dosage des ortho phosphates (PO_4^{3-})

➤ **Principe**

L'antimonyl-phosphomolybdate est formée par l'interaction des ions d'orthophosphate avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine, puis réduite par l'acide ascorbique pour former un nouveau composé de molybdène (bleu de couleur élevée) et ensuite mesurée l'absorption de ce composé pour déterminer la concentration d'ortho photographe mesurant la longueur du spectre de 880 nm. mesuré selon (ISO 6878).

➤ **Mode opératoire**

40 ml d'eau est pris pour être analysé et ensuite ajouté 1 ml d'acide ascorbique à un taux de 100 g/l et 2 ml d'heptamolybdate d'ammonium. Ensuite, il est secoué pendant quelques secondes. Après 10 à 30 minutes au fur et à mesure que la couleur se développe, les lectures du spectromètre sont effectuées directement en mg/L.

III. 2.14. Le dosage de l'ammonium (NH^+_4)

➤ Principe

Utilisation de du spectromètre pour le complexe bleu composé par la réaction de l'ammonium avec des ions salicylate et hypochlorite en existence du nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont produits in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium mesuré selon (ISO 7150/1).

➤ Mode opératoire

40 ml de l'échantillon à analyser sont prélevés puis 4 ml de réactif coloré homogène sont ajoutés, puis 4 ml de réactif dichlorisocyanurate de sodium est ajouté et homogénéisé. Ensuite, après au moins 60 minutes, attendez que la couleur se développe. Ensuite, effectuez des mesures spectrales à une longueur d'onde de 655 nm. Les résultats Afficher en mg / L.

III. 2.15. Le dosage des sulfates (SO^{2-}_4)

➤ Principe

En présence du chlorure de baryum ($Ba Cl_2$), les ions précipitent à l'état de sulfate de baryum. mesuré selon (NF ISO 22743).

➤ Mode opératoire

Le teneur SO_4^{2-} est détermine comme suit :

On prélève 20 ml de l'échantillon à analyser, puis on ajoute 5 ml de solution de stabilisation et on agite (agitation mécanique lente), puis 2 ml de chlorure de baryum est ajouté avec 100 ml d'eau distillée. Ensuite, il est laissé une minute sous une agitation mécanique rapide. Ensuite, la cellule se remplit rapidement de l'échantillon en cours d'analyse. Les lectures sont effectuées sur un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. Les résultats sont donnés en mg / L.

III. 2. 16. Le dosage du calcium et magnésium par méthode titrimétrique à l'EDTA

➤ Principe

Titrage par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution EDTA et le ph doit être de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une coloration rose en existence d'ions calcium et magnésium. En maintenant l'agitation pendant le titrage avec EDTA, la solution devient bleue. mesuré selon (ISO 6058 NA 1655).

➤ **Mode d'opérateur.**

✓ **Ca²⁺ (V₁):**

50 ml d'eau à analyser sont introduits dans une fiole conique de 250 ml, puis 2 ml de solution d'hydroxyde 2 N et avec l'ajout d'une petite quantité d'indicateur (Murexide), et le tout est bien mélangé lors du titrage avec la solution EDTA à versant lent. Le tournant est atteint lorsque la couleur devient visiblement violette. La couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de solution EDTA.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en calcium exprimé en mg. L⁻¹, est donnée par l'équation :

$$[\text{Ca}^{2+}]\text{mg/l} = (C_1 \times V_1 \times A \div V_0) \times f_c \times 1000 \times F$$

Avec :

*C*₁ : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01.

*V*₀ : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml.

*V*₁ : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

A : est la masse atomique du calcium (40,08 g).

*f*_c : facteur de correction du titre (1).

F : facteur de dilution.

✓ **Ca²⁺ + Mg²⁺ (V₂):**

50 ml d'eau à analyser sont introduits dans une fiole conique de 250 ml, puis 2 ml de solution de NH₄ OH (10.1) et un peu d'emboiter noir sont ajoutés. Et tout est bien mélangé pendant le titrage avec une solution EDTA à versant lent. Le virage est atteint lorsque la couleur devient bleu clair. La couleur ne doit pas changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de solution EDTA.

➤ **Expression des résultats**

La teneur en calcium *C*_{mg} exprimé en mg. L⁻¹, est donnée par l'équation :

$$[\text{Mg}^{2+}]\text{mg/l} = [C_1 \times (V_2 - V_1) \times A \div V_0] \times f_c \times 1000 \times F$$

Avec :

C_1 : concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0,01.

V_0 : est le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50 ml.

V_1 : est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA, utilisé pour le dosage.

V_2 : Volume total d'EDTA.

A : est la masse atomique du magnésium (24,3 g).

f_c : facteur de correction du titre (1).

F : facteur de dilution.

III. 2. 17. Le dosage de l'anhydride carbonique libre (CO_2)

➤ Principe

L'eau est recueillie sur une quantité d'hydroxyde légèrement supérieure à la quantité nécessaire pour neutraliser le dioxyde de carbone libre, puis l'excès d'hydroxyde de sodium est déterminé en présence de phénophtaléine avec une solution standard d'acide chlorhydrique, qui est mesurée selon (NFT 90-011).

➤ Mode opératoire

- 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium N/40 est placé dans une fiole Jaugée de volume de 200 mm plus six à huit gouttes de phénophtaléine.

- L'eau à analyser est placée jusqu'à la marque de mesure ($V = 190$ ml) sans mouvement ni bulles d'air.

- la fiole à Fermé avec un bouchon en caoutchouc bien propre ; le retourné pour homogénéiser.

La solution devient rose, si elle n'est pas activée avec une plus grande quantité d'hydroxyde de sodium N/40.

- La fiole est placée sur l'agitateur après avoir placé une feuille blanche sur elle en premier.

- L'étalonnage se fait à l'aide d'une burette remplie de solution d'acide chlorhydrique jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse.

- La taille (A) de l'acide chlorhydrique (N/40) est enregistrée consommée.

- Un test vide est effectué dans les mêmes conditions de mesure et la taille de l'acide chlorhydrique (B) est enregistrée.

➤ **Exploitation et interprétation des résultats**

- La quantité obtenue dans l'eau est donnée en milliéquivalents par litre par expression :

$$Co_2 = (B-A/10) \times (1000/V) \times 2$$

Soit :

$$Co_2 = 200 \times (B - A / V)$$

Avec :

V : volume en millilitre de la prise d'essais.

A : nombre de millilitre d'acide N/10 utilisé pour le dosage.

B : nombre de millilitre d'acide N/10 utilisé pour le dosage à blanc

III. 2. 18. Le dosage de la chlorophylle (a)

➤ **Principe**

- Filtration membranaire de l'échantillon pour isoler et concentrer le phytoplancto
- Extrait par acétone 90% (v/v) de chlorophylle et de phéno-pigments
- Mesurer l'absorption de l'extrait à des longueurs d'onde spécifiques
- Les concentrations de chlorophylle a sont calculées dans une équation trichromatique corrigée de SCOR-UNESCO mesurée selon (NF T90-117).

➤ **Mode opératoire**

✓ **Filtration**

Homogénéité du contenu des flacons, puis filtrez à travers le filtre. L'espace requis pour la mise en candidature doit être aussi faible que possible, et le temps de mise en filtration ne doit pas dépasser 10 minutes. Le volume du filtre varie selon que l'eau est chargée de phytoplancton et/ou de matériel suspendu ou non, il est : 100 ml d'eau très lourde

-1000 ml d'eau très légère.

- Jusqu'à 5 litres, chlorophylle a faible teneur en eau.

✓ **Extraction**

- Le filtre est placé dans le tube de centrifugeuse contenant 10 ml à 20 ml d'acétone à 90 ml, et le tube est enveloppé avec du papier d'aluminium, puis agité jusqu'à ce que le filtre se dissout (environ 30 secondes).

- Les extraits sont centrifugés pendant 10 minutes à environ 3 500 tours /min.
- Le surnageant est transféré dans une fiole jaugée et compense le volume initial du solvant (10 ml à 20 ml) par de l'acétone pure.
- la fiole est conservée dans l'obscurité et mesurée à quelques minutes de la centrifugeuse.

✓ **Mesure**

- La ligne de base du spectromètre (caler le zéro) est dessinée à l'aide d'une solution de référence composée d'un filtre à acétate de cellulose dissous de 15 ml à 20 ml d'acétone à 90%, puis centrifugé

- L'extrait d'échantillon est transféré dans la cuve du spectromètre.
- L'extrait est mesuré à des longueurs d'onde de 750 nm ($A_0 750$), 663 nm ($A_0 663$), 645 nm ($A_0 645$), 630 nm ($A_0 630$), 430 nm ($A_0 430$), 410 nm ($A_0 410$) à l'aide d'une cuve munie d'un bouchon, de parcours optique de 1 cm.

➤ **Exploitation et interprétation des résultats**

- La concentration de chlorophylle brute a (C) est donnée en $\mu\text{g} / \text{L}$:

$$C = \frac{v}{L \times V} \times [11,64 (A_0 663 - A_0 750) - 2,16(A_0 645 - A_0 750) - 0,10 (A_0 630 - A_0 750)]$$

- Indice de dégradation (ID)

$$ID = \frac{A_0 430 - A_0 750}{A_0 420 - A_0 750}$$

- Pourcentage de chlorophylle a dans l'échantillon d'eau (P)

$$P = 59,0 + 137,6 \ln ID$$

- Concentration en chlorophylle a (Ca) en $\mu\text{g/l}$ dans l'échantillon d'eau :

$$Ca = C \times P/100$$

Avec :

A_{0750} : Absorbance à 750 nm

A_{0663} : Absorbance à 663 nm

A_{0645} : Absorbance à 645nm

A_{0630} : Absorbance à 630 nm

A_{0430} : Absorbance à 430 nm

A_{0410} : Absorbance à 410 nm

V : Volume de solvant initial utilisé pour l'extraction (15 ou 20 ml).

v : Volume d'eau filtrée (en litres).

L : Parcours optique de la cuve utilisée (1 cm).

III. 3. Les méthodes d'analyses bactériologiques

Il existe trois méthodes d'analyse pour détecter la présence de bactéries fécales :

- ✓ La méthode des tubes multiples fermentés
- ✓ La méthode de Membrane filtre
- ✓ La méthode de détection des enzymes.

La méthode de filtration membranaire est la méthode la plus courante et la moins coûteuse, de sorte qu'elle ne sera expliquée et réalisée que sans le reste des méthodes.

III. 3. 1. Le principe de la technique de filtration à membrane

Il est le plus utilisable en laboratoire et s'applique à toute l'eau, en particulier celles contenant une petite quantité de matières en suspension et nombre relativement peu de germes. Le filtrage est effectué par le dispositif de filtration membranaire. La membrane est faite d'esters de cellulose, avec une porosité de 0,45/0,22 micromètre, capable de retenir les bactéries. Lorsqu'un échantillon de 100 ml d'eau est filtré à travers cette membrane, et déposé à la surface d'un milieu gélosé. après incubation, le nombre de colonies exprimées en CFU / 100 ml (Rodier *et al.*, 2009)



Photo 12 : Rampe de filtration.

III. 3. 1. 1. Le dénombrement des coliformes totaux et fécaux (NF en ISO 9308-1)

➤ Mode opératoire

- La Versée de 100 ml de l'échantillon est filtrée de manière stérile à travers une membrane filtrante poreuse de 0,45 micromètre. Cette membrane est déposée sur le milieu gélosé Tergitol 7 TTC.

- Incuber des coliformes totaux à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures.

- Les plats E. Coli sont incubés à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures. **Logigramme 2** (Annexes).

- Lire les résultats:

Après la période d'incubation, les boites avec des colonies distinctives sont considérés jaune-orange avec un halo jaune positif.

- Confirmation (recherche et recensement des coliformes fécaux) :

5 colonies bien définies (ou un nombre représentatif) sont placées sur le milieu de la TSA (Trypticase-Soy-Agar) en stries. L'incubation a lieu à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures.

- **Résultats de lecture** : après la période d'incubation, le test d'oxydase est effectué. La colonie est déposée sur le disque d'oxydase, et une réaction positive est considérée s'il y a une apparence floue de couleur violette après 30 secondes.

- Objectif de ce test :

- Évaluer l'efficacité de la désinfection de l'eau.

- Estimer le niveau de propreté et de sécurité des réseaux d'eau.
- la probabilité de présence d'agents pathogènes à la suite de l'échec du traitement et de la désinfection.

III. 3. 1. 2. La recherche et le dénombrement d'*Escherichia coli* :

➤ Mode opératoire

5 colonies sont cultivées au milieu du bouillon de tryptophane incubé à $44 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures.

- **lecture** : Quelques gouttes de KOVACS sont ajoutées qui indiquent la production d'indole où l'apparition de l'anneau rouge confirme la présence d'*Escherichia coli* en produisant l'indole.

Logigramme 1 (Annexes)

➤ **Explication des résultats** : Toutes les colonies qui ont une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes. D'autre part, toutes les colonies qui ont une réaction négative à l'oxydase, mais positive pour l'indole sont *Escherichia coli*.

➤ **Expression des résultats** : le nombre des bactéries coliformes fécales et *Escherichia coli* est exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A \times C}$$

Avec :

a : nombre de bactéries coliformes ou *Escherichia coli*.

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

A : nombre de colonies caractéristiques repiquées (au moins cinq colonies).

C : nombre totale de colonies caractéristiques (jaunes) trouvées dans la boîte.

III. 3. 1. 3. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux

Stréptométrie par filtration (ISO 7899-2)

➤ Mode opératoire

- 100 ml d'eau sont filtrée à travers une membrane poreuse de 0,45 micromètre.

- Le filtre est placé sur une gélose SLANETZ BASE contenant plus de l'azote de sodium pour supprimer la croissance des bactéries Gram négative et 2, 3, 5 chlorures de triphenyltetrazolium, qui est réduit au formazan rouge par le streptocoque fécal.

L'incubation se produit à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures. **Logigramme 2** (Annexes).

- **Lire** : les colonies typiques sont bombées, rouges, brunes ou roses au centre ou dans toute la colonie.

- **Confirmation** : le filtre est ensuite transféré dans un sur la gélose contenant de l'esculine (B.E.A) et est incubé à 44°C pendant 2 heures.

- **Dénombrement** : la boîte de Pétri est enlevée et compter de colonies entourées d'un halo noir indique que l'esculine est positive.

- **Exprimer les résultats** : le nombre de colonies est calculé et exprimé en 100 ml d'eau.

III. 3. 1. 4. La recherche et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfite réductrices (ASR) :(ISO 6461- 2)

➤ Mode opératoire

- Avant l'essai, l'échantillon d'eau doit être chauffé dans un bain-marie à 75°C pendant 15 minutes à partir du moment où il a atteint cette température. Une autre bouteille remplie d'autres eaux qui fonctionne pour contrôler la température.

- Le refroidissement se fait instantanément sous l'eau du robinet, puis passe l'échantillon en filtrant 100 ml à travers la membrane 0,22 micromètres.

- Après filtration, la membrane est enlevée avec des pinces stériles et placée de sorte que le côté supérieur est orienté vers le bas, au fond de la boîte de Pétri, en s'assurant qu'il n'y a pas de bulles d'air sous le filtre.

- Le milieu de culture de Vf liquéfiée est ensuite soigneusement versé avec l'ajout de l'additif réfrigéré à environ 45°C au bord de la boîte de Pétri. L'incubation a lieu à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 et 44 ± 4 heures. **Logigramme 3** (Annexes).

Dénombrement :

- la première lecture après 16 heures, puis 20 ± 4 heures et doit être faite en marquant les colonies.

- En présence d'une grande colonie, la propagation des halos peut conduire à une couleur noire uniforme de la membrane, ce qui rend le dénombrement impossible en 48 heures.

- Toute colonie noire est entourée d'un halo est considérée comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfite réductrice.

Exprimer les résultats : Le résultat est exprimé par le nombre de spores de germes anaérobies sulfite réducteurs dans 100 ml.

III. 3. 1. 5. La recherche des *Salmonelles* par filtration**➤ Mode opératoire**

- L'entonnoir est stérilisé à l'aide d'un poêle à bec bunsen, puis refroidi soit avec l'eau à analyser, soit avec de l'eau distillée stérile.

- Une façon avec une membrane de 0,45 micromètre est placé entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide de pinces stériles, puis fixé à l'aide des pinces correspondantes.

- L'entonnoir stérile est rempli de 100 ml d'eau à analyser.

- La pompe à vide est allumée pour permettre à l'eau de passer à travers la membrane jusqu'à ce que l'entonnoir remplît 5 litres d'eau à analyser.

- La membrane est enlevée à l'aide de pinces stériles et placée dans un flacon contenant bouillon de sélénite d/c, qui est incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- Après 24 heures, il est isolé sur la gélose Hektoen qui sera incubée à 37°C pendant 24 heures.

- Après 24 heures, les colonies caractéristiques sont procédées, puis passer à une identification classique, puis identification l'antigène. **Logigramme 4** (Annexes).

III. 3. 1. 6 Recherche des vibrions cholériques

➤ **Principe**

Après l'enrichissement par le passage d'un milieu très salin, après avoir isolé la colonie sur un milieu non sélectif, d'autre part sur le milieu sélectif, où la détermination dépend principalement des épreuves immunologiques (Rodier *et al.*, 2009)

➤ **Mode opératoire**

Les épidémies de choléra sont recherchées en quatre étapes :

- Jour 1: Le premier enrichissement.

Le premier est enrichi au centre de 10 fois l'eau peptonée alcaline de (EPA) distribuée à un taux de 50 ml par flacon, à laquelle 250 ml d'eau à analyser ajoutés sceptiquement au moment du prélèvement. Ce dernier est ensuite incubé à 37°C pendant 18-24 heures.

- Jour 2 : Deuxième enrichissement et isolement.

Ce flacon fera l'objet de :

- D'une part, enrichir le second sur le milieu EPA dans un tube à raison de 1 ml.
- D'autre part, l'isolement sur gélose GNAB1. L'incubation est donc à 37°C pendant 24 heures.

- Jour 3 : Lecture les boîtes et identifié :

Le tube EPA est isolé sur GNAB2. et la boîte de gélose GNAB1 est lue.

La lecture se limite à la présence ou à l'absence de certaines colonies, en gardant à l'esprit que les vibrions existent souvent en forme que grandes colonies lisses et transparentes.

Logigramme 5 (Annexes).

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV. 1.1. Echantillonnage

Les prélèvements d'eau ont été effectués au centre du barrage par les services de L'ANBT et du personnel du laboratoire de la S E A A L.

La position des points de prise de prélèvements est à 10 m de la tour de prise pour le 1er point et au centre du barrage pour le 2 -ème point.

IV. 1.2. Présentation des résultats d'analyse

Les analyses physico-chimiques ont été analysées au sein du laboratoire chimie de l'eau de la station de MAZAFRAN et la S E A A L de Douira).

Les résultats sont présentés au tableau ci-dessous

Tableau n° 07 : Résultats d'analyses au point d'eau du barrage de Bouroumi (SEAAL, le 24/04/2017).

| Point d'eau | Profondeur m | T° C° | pH | Ce µS/cm | Tur NTU | Sal % | Ca ²⁺ mg/l | Mg ²⁺ mg/l | TA F° | TH F° | Hco ₃ Mg/l | Na ⁺ mg/l | K ⁺ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SO ₄ ⁻ mg/l | TDS Mg/l | CO ₃ mg/l | O ₂ Mg/l | NO ₃ ⁻ mg/l | NO ₂ ⁻ mg/l | NH ₄ ⁺ mg/l | PO ₄ ³⁻ mg/l | MES mg/l | R,S mg/l | Fer Mg/l | Alim Mg/l |
|-------------|-----------------|----------|-----|-------------|------------|----------|--------------------------|--------------------------|----------|----------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 15 | 19 | 7,9 | 1012,0 | 13 | 0,4 | 104,0 | 106 | 15 | 70 | 183 | 75 | 11 | 57 | 575 | 506 | 0 | 7 | 7 | 0 | <0,02 | 0,11 | 9 | 886 | <0,05 | 0 |
| | 30 | 19 | 8,3 | 1024,0 | 5 | 0,4 | 113,6 | 114 | 20 | 76 | 244 | 98 | 8 | 85 | 389 | 512 | 8 | 7 | 6 | 0 | 0 | 0,5 | 4 | 966 | <0,05 | 0 |
| 2 | 15 | 19 | 7,9 | 1010,0 | 6 | 0,4 | 110,4 | 87 | 19 | 64 | 232 | 74 | 12 | 53 | 488 | 505 | 0 | 7 | 5 | 0 | <0,02 | 0,09 | 4 | 910 | <0,05 | 0 |
| | 30 | 20 | 7,9 | 790,0 | 4 | 0,4 | 96,0 | 89 | 17 | 73 | 207 | 83 | 7 | 43 | 405 | 485 | 0 | 7 | 5 | 0 | <0,02 | 0,62 | 3 | 810 | <0,05 | 0 |

Tableau n° 08 : Résultats d'analyses au point d'eau barrage Bouroumi (ANRH, 2016).

| Code | Date | Volume hm ³ | T° C° | pH | Ce µS/cm | Tur NTU | Ca ²⁺ mg/l | Mg ²⁺ mg/l | TH F° | Na ⁺ mg/l | K ⁺ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SO ₄ ⁻ mg/l | HCO ₃ mg/l | NO ₃ ⁻ mg/l | NO ₂ ⁻ mg/l | NH ₄ ⁺ mg/l | PO ₄ ³⁻ mg/l | M,O mg/l | R,S mg/l | DCO mg/l | DBO ₅ mg/l |
|--------|------------|---------------------------|----------|-----|-------------|------------|--------------------------|--------------------------|----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 021510 | 18/01/2016 | 33 | 13,0 | 8,3 | 1 420 | / | 121 | 48 | 51 | 72 | 5 | 92 | 360 | 198 | 0 | 0,377 | 0,190 | 0,061 | 5,0 | 1 104 | 10 | 2,0 |
| 021510 | 15/02/2016 | 33 | 12,0 | 8,3 | 1 420 | / | 99 | 41 | 42 | 78 | 6 | 104 | 346 | 183 | 0 | 0,041 | 0,050 | 0,009 | 4,5 | 819 | 9 | 2,0 |
| 021510 | 07/03/2016 | 34 | 12,0 | 8,3 | 1 526 | / | 96 | 48 | 44 | 75 | 5 | 88 | 346 | 214 | 0 | 0,082 | 0,176 | 0,089 | 5,4 | 961 | 10 | 6,0 |
| 021510 | 12/04/2016 | 53 | 16,0 | 8,3 | 1 348 | / | 94 | 42 | 41 | 74 | 11 | 81 | 324 | 153 | 0 | 0,720 | 0,360 | 0,018 | 4,3 | 831 | 9 | 2,0 |
| 021510 | 11/05/2016 | 53 | 20,0 | 8,1 | 1 445 | / | 87 | 40 | 38 | 76 | 10 | 82 | 323 | 153 | 0 | 0,343 | 0,090 | 0,040 | 2,7 | 856 | 20 | 3,0 |
| 021510 | 06/06/2016 | 50 | 24,0 | 8,0 | 1 250 | / | 77 | 57 | 43 | 77 | 10 | 88 | 328 | 229 | 0 | 0,377 | 0,070 | 0,024 | 3,7 | 795 | 27 | 3,0 |
| 021510 | 12/07/2016 | 40 | 17,0 | 8,2 | 1 512 | / | 93 | 55 | 46 | 78 | 8 | 97 | 278 | 198 | 0 | 0,000 | 0,080 | 0,003 | 7,5 | 908 | 37 | 3,0 |
| 021510 | 10/08/2016 | 32 | 25,0 | 8,1 | 1 385 | / | 84 | 46 | 40 | 116 | 8 | 99 | 354 | 116 | 0 | 0,172 | 0,035 | 0,040 | 2,8 | 828 | 7 | 3,0 |
| 021510 | 07/09/2016 | 26 | 25,0 | 8,4 | 1 452 | / | 92 | 58 | 47 | 108 | 10 | 110 | 357 | 116 | 3 | 0,172 | 0,040 | 0,073 | 5,5 | 858 | 20 | 7,0 |
| 021510 | 11/10/2016 | 21 | 20,0 | 8,3 | 1 282 | / | 82 | 31 | 33 | 120 | 7 | 111 | 338 | 177 | 0 | 0,926 | 0,025 | 0,018 | 2,0 | 1 001 | 20 | 1,0 |
| 21 510 | 07/11/2016 | 19 | 18,0 | 8,1 | 1 250 | / | 112 | 44 | 46 | 118 | 10 | 106 | 412 | 204 | 0 | 0,010 | 0,060 | 0,050 | 4,0 | 994 | 33 | 1,0 |
| 21 510 | 07/12/2016 | 18,63 | 16,0 | 7,0 | 1 220 | / | 105 | 47 | 46 | 109 | 7 | 124 | 375 | 122 | 0 | 0,090 | 0,120 | <0,01 | 4,5 | 980 | 41 | 1,0 |

IV.2. Discussions des résultats

Du point de vue global ces résultats montrent que les paramètres de salinité enregistrés au niveau des prélèvements ont une minéralisation forte Avec un contenu ne dépassant pas les normes de chlorure.

Pour les matières en suspensions, la teneur en eau augmente dans les sédiments lorsque ces matières augmentent. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau présentent des variations saisonnières assez marquées.

L'accumulation des métaux lourds tels que le Chrome, le Cuivre, le Zinc et le Plomb dans les sédiments sont assez importants par rapport à ceux relatifs à l'eau. S'ajoute à ceci d'autres phénomènes, un support biologique qui est représenté par les poissons, permet d'estimer la fraction bio- disponible en métaux dans le milieu, qui mettent en évidence la contamination (bio-indicateurs) et un support géologique qui est représenté par les sédiments et les eaux (origine géologique).

Conclusion générale

Conclusion générale

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que les eaux du barrages de Bouroumi sont destinées à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation,

L'alimentation en eau potable de la ville de Hammam Righa et de Boumedfaa, à l'irrigation de l'Ouest de la Mitidja et depuis peu au transfert des eaux du barrage Ghrib pour l'alimentation complémentaire d'Alger Sud.

Les résultats des analyses ont montré que les eaux du barrage sont caractérisé par :

- Une température inférieure à 26°C qui est saisonnière, influencée par la température de l'air
- Un pH à tendance faiblement alcaline oscille entre 7 et 8.3
- Une CE généralement ne dépassant pas les normes, traduisant une minéralisation excessive entre 1220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1526 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Des taux importants du résidu sec et des MES révélant une pollution organique marquée par de fortes charges organiques et minérales
- Des teneurs en Cl^- (81 mg/l, 124 mg/l), SO_4^- (286 mg/l, 536 mg/l) traduisant une salinité importante
- Une DBO5 (les valeurs enregistrées sont entre 1-4 mg/l) et la DCO oscillent entre une valeur minimale de 9 mg/l d'O₂ et une valeur maximale de 20 mg/l qui reflètent une eau de bonne qualité
- Des teneurs en matières azotées (nitrates) variant de 0 mg/l à 3 mg/l, reflétant une eau de bonne qualité.
- Des teneurs en matières azotées (nitrite) reflétant une eau de mauvaise qualité entre 0,01 mg/l et 0,08 mg/l.
- Des teneurs relativement élevés pour les phosphates avec une teneur élevée de 2,228 mg/l, signe également d'une eau de mauvaise qualité.
- Les changements de concentration des éléments chimiques (calcium, magnésium, chlorure) sont liés à l'effet des précipitations, de l'évaporation et de l'irrigation.
- Le barrage de Bouroumi contient de faibles concentrations de matière organique, atteignant un maximum de 3,9, et cela peut être dû à une augmentation de la température (22 ° C) ou à la décomposition des plantes et des animaux aquatiques et à une faible pollution provenant de

Conclusion générale

sources externes (déchets urbains et pratiques agricoles). Les concentrations de suspension varient de 5 à 9 mg / L et culminent en février (9 mg / L).

Cette augmentation peut s'expliquer par le flux de divers déchets pendant les périodes de ruissellement et la charge en matières en suspension des déchets liquides.

- Les niveaux d'oxygène sont plutôt faibles, entre 5,00 et 7,50 mg / litre, carence plus importante en été en raison de la forte consommation d'oxygène des microorganismes et de la grande activité photosynthétique des plantes aquatiques.

- Les niveaux d'ortho phosphate sont très faibles, atteignant 0,18 mg / L comme valeur la plus élevée, ce qui reflète une bonne qualité de l'eau.

- La qualité bactériologique de l'eau du barrage de Bouroumi, qui est plutôt satisfaisante, révèle la présence d'une contamination humaine dans cet écosystème aquatique (coliformes totaux et fécaux ainsi que streptocoques fécaux), mais ne dépasse pas le seuil des normes approuvées, permettant leur utilisation dans l'approvisionnement en eau potable et d'irrigation.

R e c o m m a n d a t i o n s

Pour préserver la qualité des eaux des barrages, il devient nécessaire que l'état impose son autorité au secteur industriel pour qu'il respecte la réglementation en vigueur en matière de protection et de respect de l'environnement afin d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution. Il est également nécessaire d'adopter une politique de recyclage des déchets et ordures dans le but de réduire leur impact sur les écosystèmes aquatiques, réceptacles ultimes des diverses pollutions.

On propose :

- Un suivi régulier de tous les paramètres physico-chimiques et de pollution organique pour alimenter une banque de données permettant d'évaluer l'évolution de la qualité et des aptitudes de ces réservoirs d'eau

- De réaliser un suivi de l'évolution de la contamination des eaux et surtout des sédiments par les éléments traces métalliques (ETM) qui s'accumulent dans les sédiments, vu les problèmes d'envasement que connaissent les barrages en Algérie.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

A

Achour, S. (2001). Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Hydrauliques. Université de Tizi-Ouzou, Algérie. 231 p

Ammari Abdelhadi. 2012. « Doctorat en sciences en : HYDRAULIQUE Option : Sciences HYDRAULIQUES Vulnérabilité à l' Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois) Ammari Abdelhadi Devant le jury composé de » : Université Mohamed Khider – Biskra.

Arfi, R. 1991. « Etang de Berre 1990 : Suivi exceptionnel du milieu ». *Qualité des eaux : hydrologie, matériel particulaire et plancton, Rapp. Conv. Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse ed., Marseille*, pp 12-55.

ATSDR. 2008. « Toxicological profile for aluminum ». *Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Department of Health and Human Services, Division of Toxicology and Environmental Medicine, Atlanta, Georgia, EUA.*

B

Berné, François, et JEAN.C. 1991. *Traitement des eaux.* TCHNIP. Editions OPHRYS, p 306.

BIRANE, SELMA, et MERABET Nesrine. 2018. « Etude de la qualité des eaux de physico-chimique et bactériologique barrages Ghrib et Bouroumi ». Université Saad Dahlab de Blida, pp 39-64.

Bliefert, Claus, et Robert Perraud. 2001. *Chimie de l'environnement. Air, eau, sols, déchets _ 2ème édition.*

Bonnin, Jacques. 1982. *Aide-mémoire d'hydraulique urbaine.* Eyrolles, p 25.

Bourgeois, C M, J Zucca, et J F Mescle. 1988. *Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaires.* Paris : Technique et Documentation, p 260-261.

Bouziani, Mustapha. 2000. « L'eau de la pénurie aux maladies », 247 p.

Brière, François G. 2012. *Distribution et collecte des eaux.* 3^e éd. Presses inter Polytechnique.

C

Cardot, Claude. 1999. *Les traitements de l'eau. Procédés physico-chimiques et biologiques.* Ellipses Edition Marketing SA.

Clément, V, et G Ouimet. 2004. « Programme d'évaluation et de surveillance des lacs. Rapport synthèse ». *Labelle (Québec) : Biofilia, consultants en environnement*, p 11.

Cornaz, Sophie. 2004. *Evaluation du statut trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origines diffuses et ponctuelles : le cas du Grand Canal de la plaine du Rhône*. Université, IGUL Institut de géographie, p180.

Couillard, Denis, Pierre Lafrance, et Sylvie Lessard. 1992. « Évaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East-Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement. » INRS-Eau, p 6,37.

Crini, Gregorio, et Pierre-marie Badot. 2007. *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique*. Presses Univ. Franche-Comté, p 356.

D

DEGRÉMONT, S A. 1989. *Mémento technique de l'eau, édition du cinquantenaire, 9 e édition*. LAVOISIER (Éditeur), Paris, France, tomes. Vol. 1.

Desjardins, Raymond. 1990. *Le Traitement des Eaux. 2e Edition Revue. 2^e éd.* Ecole Polytechnique de Montreal, pp 3-111.

Dib, Imene, et Wahid Chettah. 2010. « L'IMPACT DE L'ACTIVITE AGRICOLE ET URBAINE SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DEGADAINE-AIN YAGHOUT. (BATNA-EST ALGERIEN). », 127 p.

Dupieux, N. 2004. *Une proposition de protocole commun pour la description et le suivi des Annexes hydrauliques du bassin de la Loire. Programme Loire nature, mission scientifique. Document de travail*. Paris : mission scientifique, p 18,52.

Durand, Jean-Maurice, Paul Royet, et Patrice Mériaux. 1999. *Technique des petits barrages en Afrique sahélienne et équatoriale*. Quae. Editions Quae, pp 64-70.

Dussart, Bernard. 1966. *Limnologie : l'étude des eaux continentales...* Vol. 566. Paris : Gauthier-Villars, pp 32-676.

E

Edberg, S C L, E W Rice, R J Karlin, et M J Allen. 2000. « Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection ». *Journal of applied microbiology* 88 (S1): 106S-116S.

F

Favier, M, et I Hininger-Favier. 2004. « [Is systematic iron supplementation justified during pregnancy?]. » *Gynecologie, obstetrique & fertilité* 32 (3) : 245-50.

J

Jour-Nal Officiel. 2011. *JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 18*, 1-35.

H

Hade, André. 2003. *Nos lacs : les connaître pour mieux les protéger*. Les Editions Fides.

Hakmi, Abdellatif. 2006. « Traitement des eaux [traitement de l'eau de source bousfer ORAN] ». *Université des sciences et de la technologie Oran*. Oran, p 48.

Herschy, Reginald W. 2012. « Water quality for drinking: WHO guidelines ». *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, 876-83.

K

Khadidja, KERFAH, et BAHLOUL Sabrina. 2017. « Etude de la qualité physico-chimique des eaux barrage de BOUROUMI (EL MOSTAKBAL) ». Université Djilali Bounaama, pp 20-42.

Khattabi, Hicham. 2002. « Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Étueffont (Belfort, France) ». Besançon, p 250.

L

Labres, E, et F Mouffouk. 2008. « Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson ». *Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53p.* • Lemkeddem C et Telli, n° 2014 : 53.

Labres, E, D Azizi, A Hamza, F Taleb, et B Taouchichet. 2002. « Manuel des travaux pratiques ». *Institut pasteur d'Algérie* 20 : 20.

Leveau, J Y, et C M Bourgeois. 1980. *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro alimentaires. Tech et Doc, Lavoisier*. Apria.

M

Materials, Hazardous. 1976. *Quality criteria for water*. US Environmental Protection Agency, p 16,152.

Mathieu, Clément, et Jean Lozet. 2011. *Dictionnaire encyclopédique de science du sol : avec index anglais-français*. Lavoisier, p 99,352.

Mebarki, Azzedine. 1982. « Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie) : hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau ». Université de Nancy 2, p 303.

MERZOUG, Seyf Eddine. 2009. « Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda) ». Mémoire de Magister, Université 8 mai 1945, Guelma, 119 p.

MOKEDDEM, K, et S OUDDANE. 2005. « Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem) ». *Mémoire d'ingénieur institut de biologie-Mascara*, p 18-22.

O

Ohnishi, Mutsuko, et M. Shawkat Razzaque. 2010. « Dietary and genetic evidence for phosphate toxicity accelerating mammalian aging ». *The FASEB Journal* 24 (9) : 3562-71.

OMS. (2006), Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau Potable, mises à jour en 2006, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

P

Potelon, Jean-Luc, et Karine Zisman. 1998. *Le guide des analyses de l'eau potable*. France : Éditions de la Lettre du cadre territorial.

Q

Quality, Drinking-water. 1996. « pH in Drinking-water Background document for development of ». *pH in Drinking-water 2*: 7.

R

Rodier, J, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll. 2009. *L'analyse de l'eau. 9e édition*. DUNOD (éditeur), Paris, Fr. 9^e éd. Paris, p 1579.

Rodier, J, C Bazin, J P Broutin, P Chambon, H Champsaur, et L Radi. 1996. « L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ieme édition DUNOD ». *Paris, France*, p 1335.

Philipot, J. M., J. Sibony, et J. C. Dernaucourt. 1987. « L'Élimination Des Nitrates Dans Les Eaux Potables. » *Water Supply* 5 (3 /4) : 1-71.

S

- SANTE ET BIEN-ETRE SOCIAL CANADA (1982).** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa, Canada, 646 pages
- Savary, Patrick. 2003.** *Guide des analyses de la qualité de l'eau*. Éd. Techni. Cités.
- Sawyer, Clair N, et Perry L MCCARTY. 1967.** *Chemistry for sanitary engineers*. 2^e éd. New York: McGraw-Hill.
- Schleiss, Anton J, et Henri Pougatsch. 2011.** *Les barrages : du projet à la mise en service*. PPUR Presses polytechniques, p 714.
- Schuddeboom, L J. 1993.** *Nitrates et nitrites dans les denrées alimentaires*. Council of Europe, p 11.
- Sidibe Moriba. 1992.** « Etude de quelques aspects physico-chimiques de la pollution du fleuve Niger à Bamako et à Koulikoro ». Direction nationale de l'enseignement supérieur, pp 7-12.
- Sigworth, E A. 1957.** « Control of odor and taste in water supplies ». *Journal (American Water Works Association)* 49 (12): 1507-21.

T

- Tardat-Henry, Monique, et Jean-Paul Beaudry. 1992.** « Chimie des eaux ». Éditions Le Griffon d'argile. pp 213-215.
- Touchart L., 2000,** Qu'est-ce qu'un lac ? Bulletin de l'Association de Géographes Français, 77(4) : 313-322.

V

- Valiron, François, et Josiane Mongellaz. 1991.** *Manuel d'assainissement spécifique pour les pays à faible revenu*. Agence de coopération culturelle et technique. ISBN : 92.9028.108.4.
- VILLERS, Juliette DE, Marianne SQUILBIN, et Catherine YOURASSOWSKY. 2005.** « Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles" », p 1,2.

W

- Windsor, De. 1987.** « Le calcium » 1978 (15).

Z

Zwahlen, Robert. 2003. « Identification, assessment, and mitigation of environmental impacts of dam projects ». In *Modern Trends in Applied Aquatic Ecology*, p 281-370.

Sites Internet

- <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/coliformes-totaux>.
- <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>.
- <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/enterocoques>.
- <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/e-coli>.<https://ecotoxicologie.fr/eutrophisation-milieux-aquatiques>.<https://sciencing.com/calculate-length-cable-drum-7390394.html>.<http://www.saint-adolphe.org/guides/phosphates.html>.
- <http://www.eau-poitou-charentes.org/risques-sante-maladies-eau.html>.<https://www.lenntech.fr/sulfates.htm#Introduction>.https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/matiere_en_suspension_mes.php4.https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/nitrate_no3.php4.<http://www.bqua.com/ما-هي-العكارة-تعريف-عكارة-المياه> .
- <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-pour-qualite-eau-potable-canada-document-technique-sodium.html>.
- <https://www.bio-rad.com/en-fr/product/standard-media-for-sulfite-reducing-anaerobes-clostridium-water-testing?ID=LW4BNTC4S>.
- https://www.watersystemscouncil.org/download/wellcare_information_sheets/potential_groundwater_contaminant_information_sheets/1683274HARDNESS.PDF.

Annexes

Annexese I:

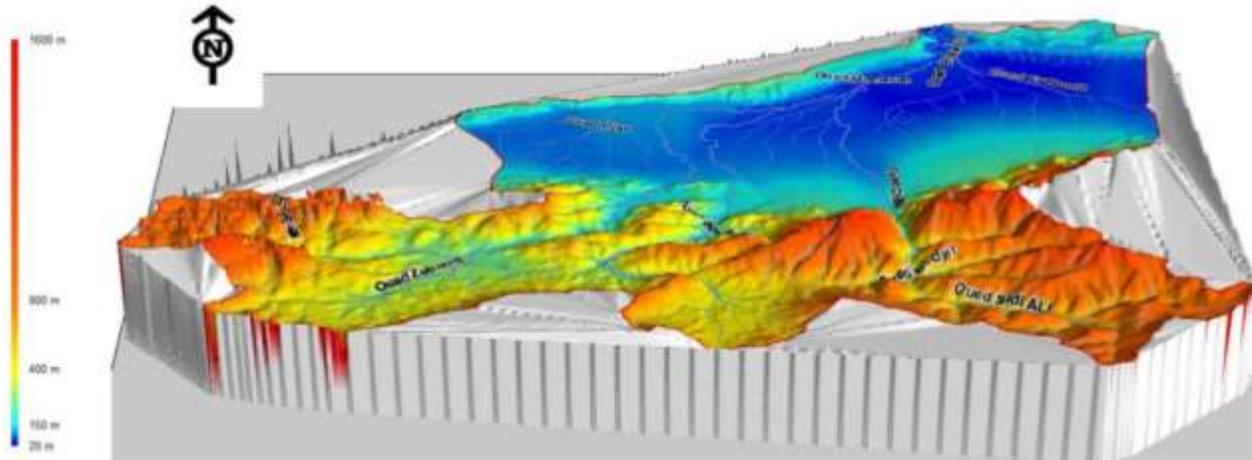


Figure 8 : Localisation du barrage Bou Roumi (3D) (ARNH, 2013).



Photo 13. Image satellitaire (Google Earth, 2020) :

Annexese II

❖ Matériels pour échantillonnage

- Bouteille en plastique
- flacon stérile en verre
- Glacière

❖ Réactifs utilisés dans les analyses physico-chimiques

- Acide ascorbique
- Dichloroisocyanurate de sodium
- Sulfate de zinc
- Acide acétique
- Éther

❖ Matériel pour les analyses physicochimiques

➤ Appareils

- ✓ Spectrophotomètre (HACH) DR 2800 et 4000
- ✓ Centrifugeuse avec accessoires
- ✓ Four a moufle
- ✓ Dessiccateur
- ✓ Incubateur
- ✓ Etuve BINDER à 105°C
- ✓ Pompe à vide
- ✓ Dispositif de filtration
- ✓ Papiers filtres à 0.45 µm
- ✓ pH mètre
- ✓ Microscope optique
- ✓ Balance de précision du laboratoire
- ✓ Thermostat

➤ Verreries

- ✓ Entonnoir
- ✓ Eprouvette 1l, 100ml.
- ✓ Tubes à essai

- ✓ Becher
- ✓ Pissette
- ✓ Boite de pétri
- ✓ Lames
- ✓ Lamelles
- ✓ Pipettes 1ml, 2ml, 5ml
- ✓ portoir
- ✓ bec bensen
- ✓ pince stérile, membrane filtrante
- ✓ des creusets

❖ **Matériel pour les analyses microbiologiques**

❖ **Milieu de culture**

- ✓ Gélose SLANETZ et BERTLEY avec TTC
- ✓ Gélose B.E.A
- ✓ Bouillon au sélénite de sodium cystéine (SFB)
- ✓ Gélose Hektoen
- ✓ Eau Peptonée Alcaline (EPA)
- ✓ Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)

❖ **Appareillage**

- ✓ Bain marie
- ✓ Bec-bensen
- ✓ Boîtes de pétri
- ✓ Fioles 250ml, 500ml
- ✓ Incubateurs à 37°C et 44°C $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Lamelles
- ✓ Lames
- ✓ Microscope optique
- ✓ Pipettes pasteur
- ✓ Lampe à ultraviolets d'une longueur d'onde de 365 nm
- ✓ Ampoules de milieu de culture Colilert et Enterolert
- ✓ Compateur Colilert

❖ **Composition des différents milieux de culture**

➤ **□ Gélose SLANETZ et BERTLEY avec TTC**

- Glucose
- Azide de sodium
- TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolieum)
 - **□ Bouillon au sélénite de sodium cystéine (SFB)**
- Peptone pancréatique de caséine
- Lactose
- Monohydrogénosélénite de Na
- 1-Cystéine
- Eau distillée
- Ajuster le Ph à 7 ± 0.2

➤ **□ Gélose Hektoen**

- Peptone pepsique de viande
- Extrait de levure
- Sels biliaires
- Lactose
- Saccharose
- Salicine
- Chlorure de sodium
- Hyposulfite de sodium
- Citrate de fer ammoniacal
- Bleu de bromothymol
- Fushine acide
- Gélose
- Diluer, chauffer, refroidir le milieu à 45-50°C puis couler en boites de pétri.

➤ **□ Eau Peptonée Alcaline (EPA)**

ANNEXES

- Peptone
- Lactose
- Monohydrogénophosphate de Na
- Dihydrogénophosphate de K
- Eau distillée
- Ajuster le pH à $7,2 \pm 0,1$, autoclaver à $121 \pm 1^\circ\text{C}/15$ min.

➤ □ **Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB)**

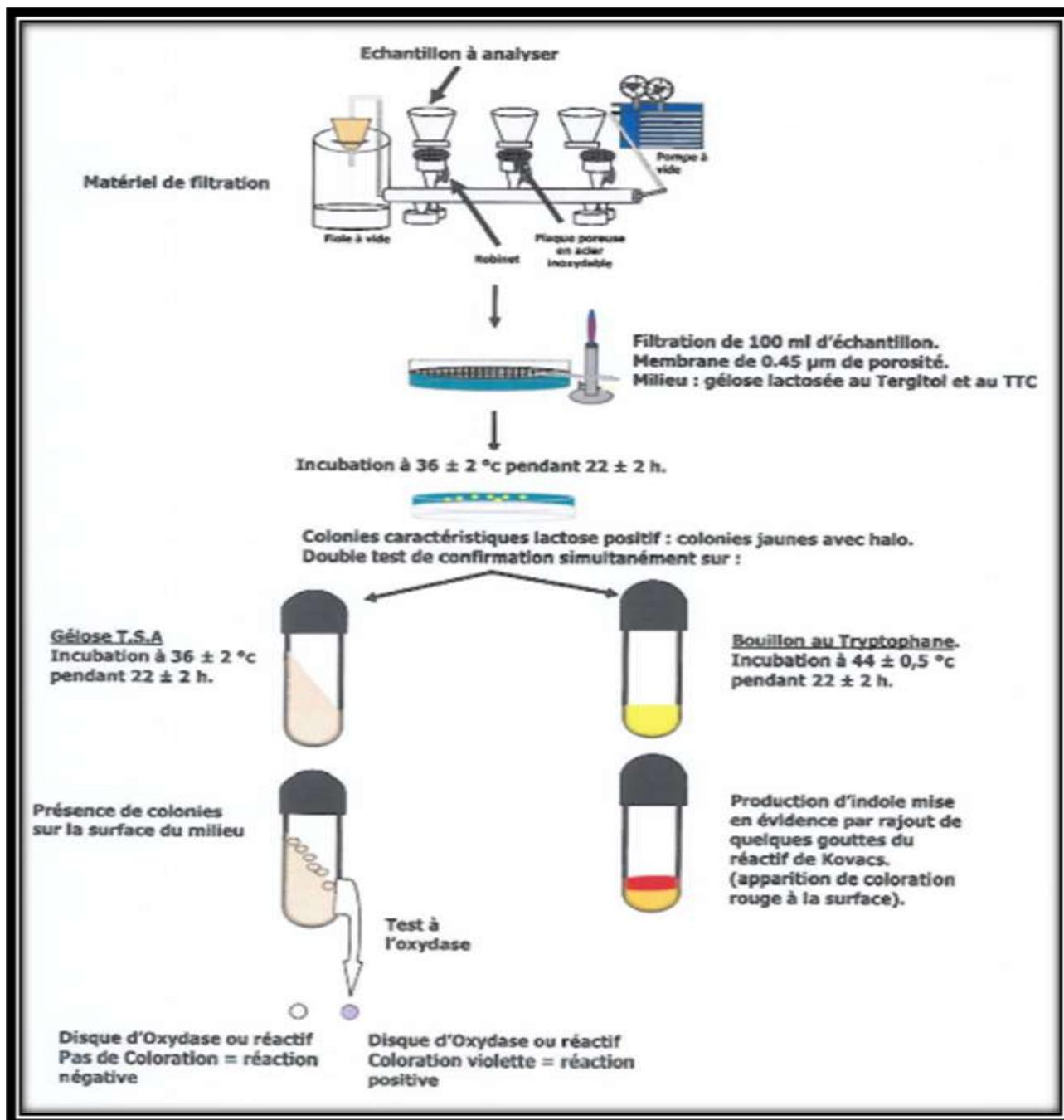
- Peptone
- Extrait de viande
- Chlorure de sodium
- Agar
- Eau distillée
- Dissoudre, ajuster le pH à 9, stériliser à l'autoclave à $121^\circ\text{C}/20$ min

Annexese III

Méthodes d'analyses bactériologiques d'eau

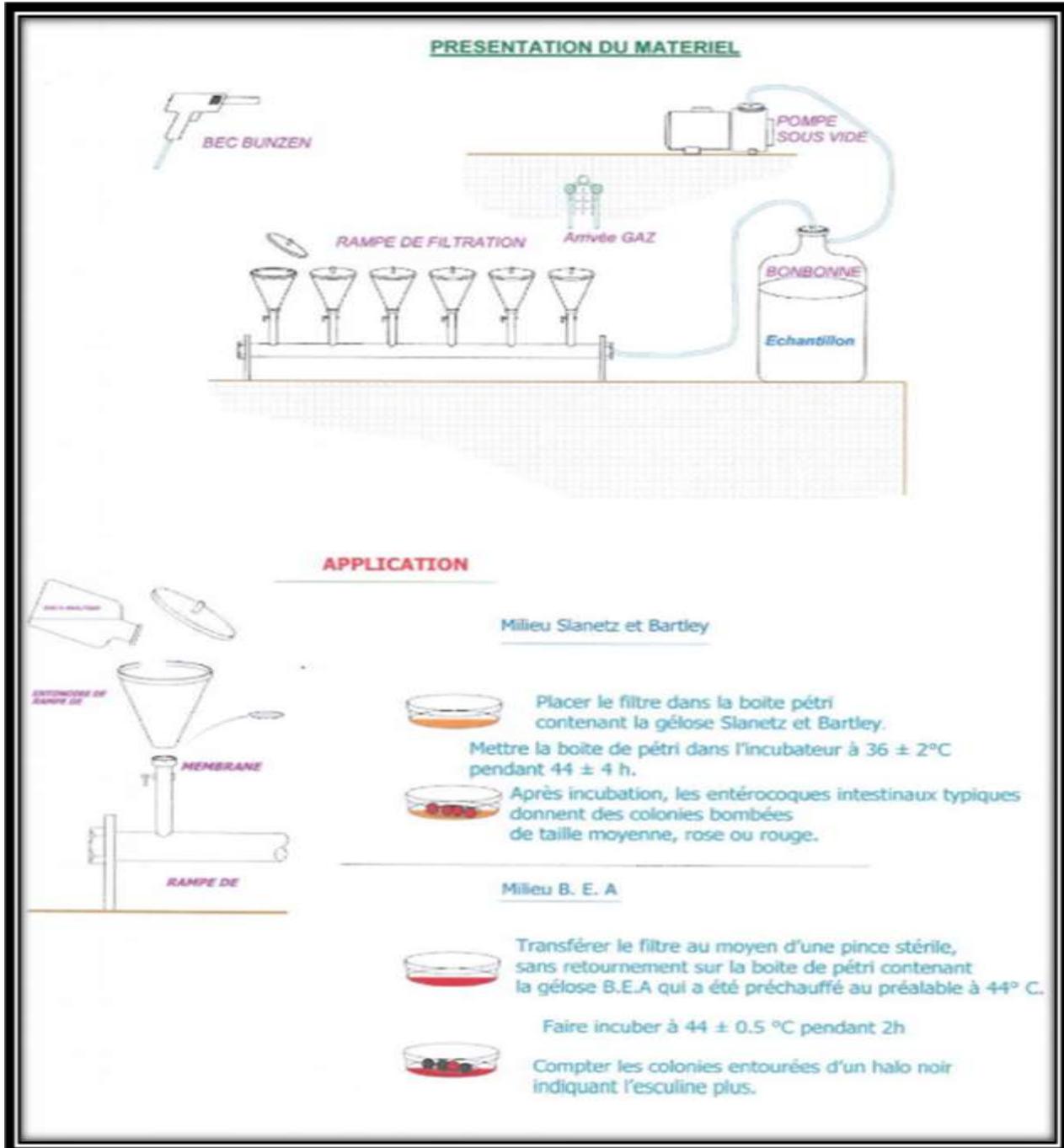
Logigramme 1: Recherche et dénombrement des Bactéries coliformes et d'Escherichia coli

Méthode par filtration sur membrane.



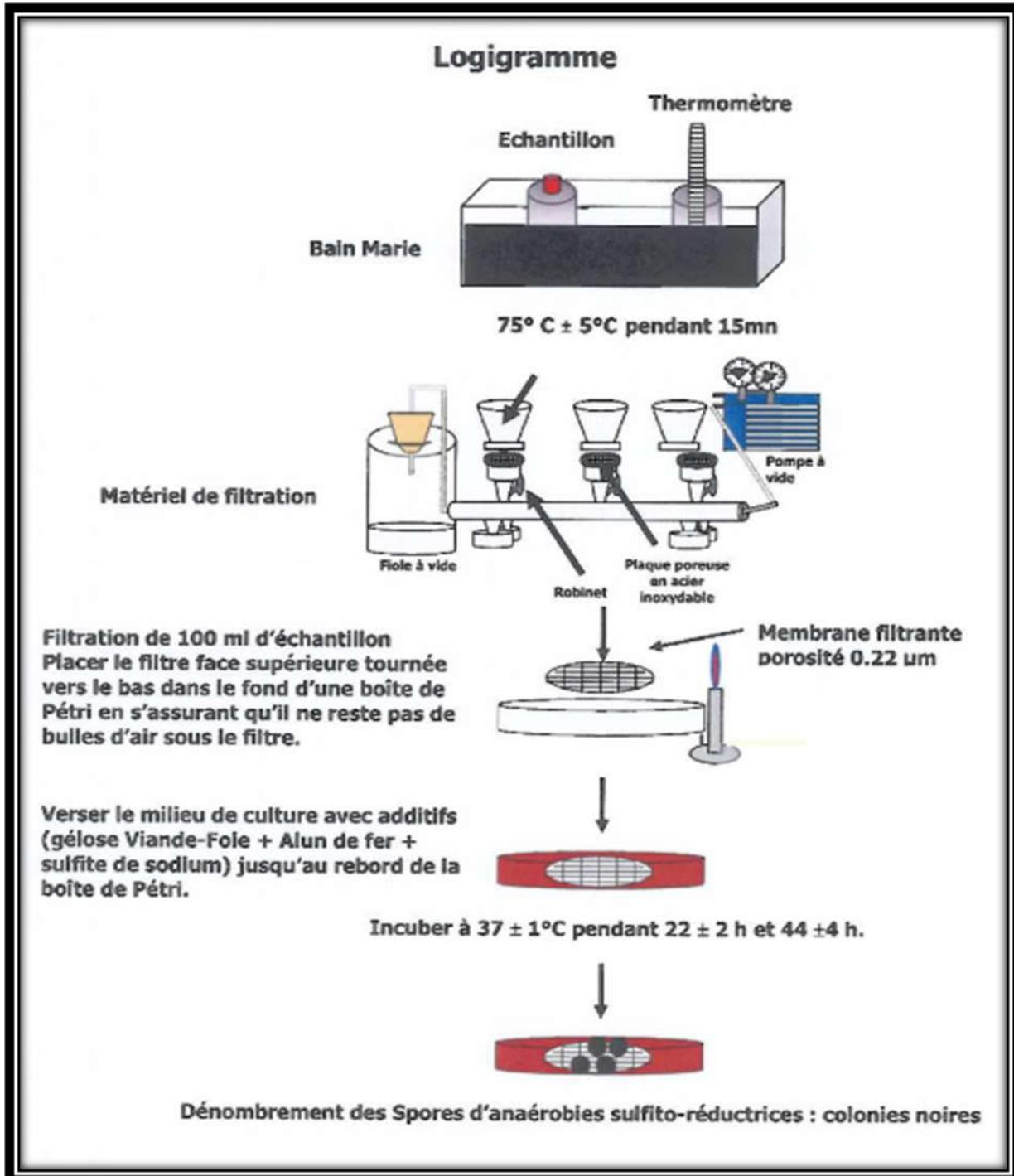
ANNEXES

Logigramme 2 : Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux Méthode par filtration sur membrane.



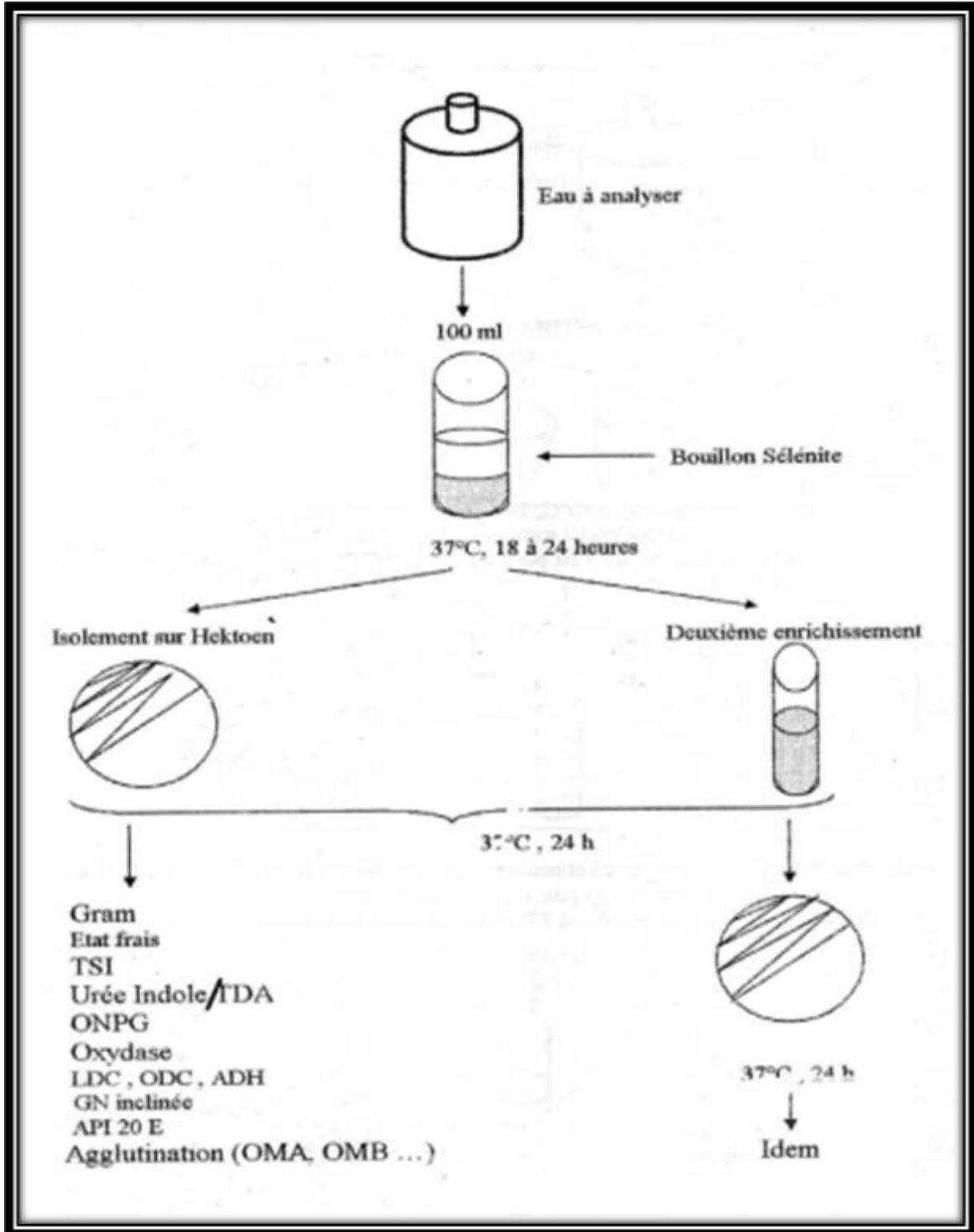
ANNEXES

Logigramme 3 : Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices Méthode par filtration sur membrane.



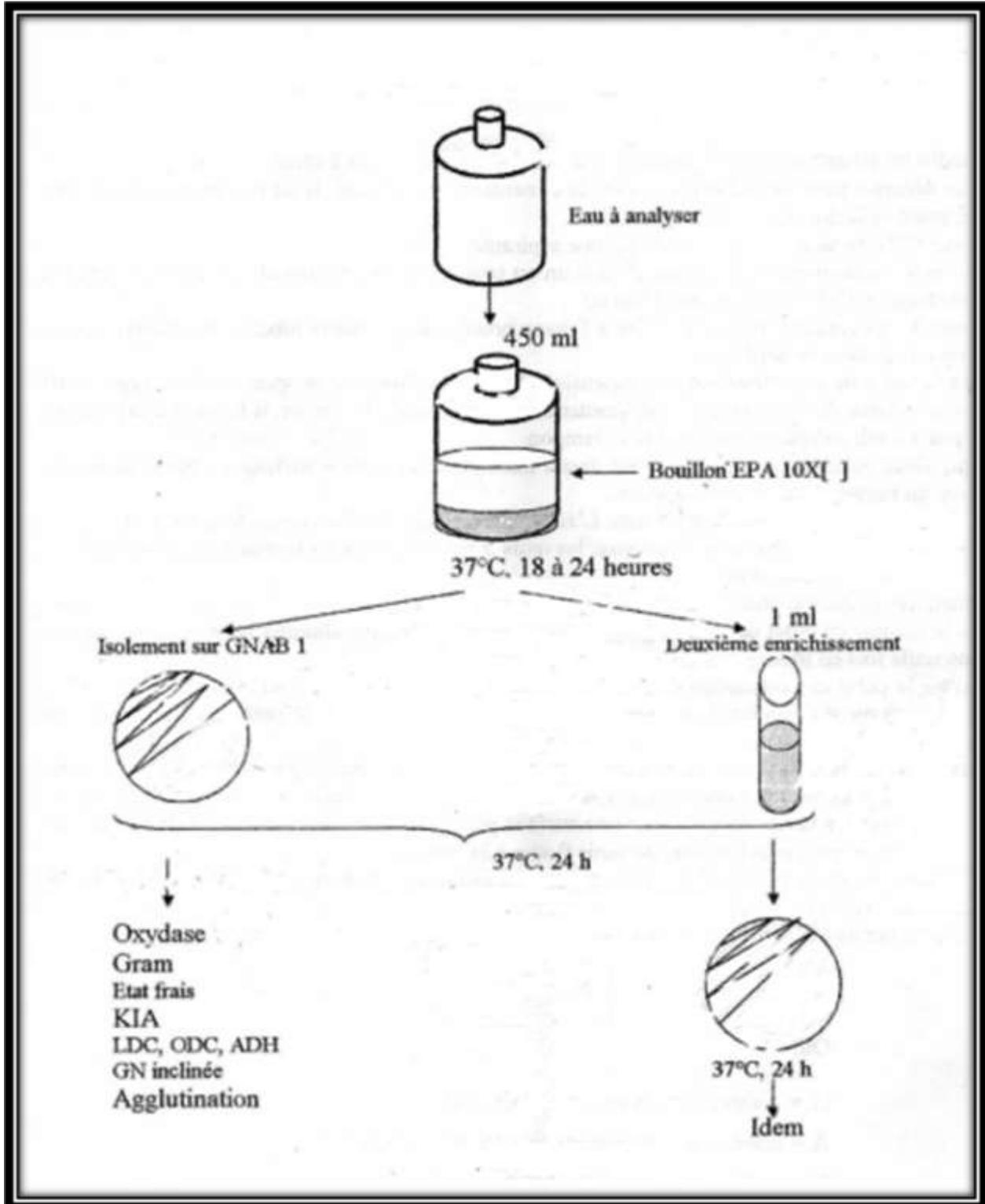
ANNEXES

Logigramme 4: Recherche des salmonelles.



ANNEXES

Logigramme 5 : Recherche des vibrions cholériques.



ANNEXES

- Image des Matériels utilisées



Photo 14 : Résultat de la recherche de TAC

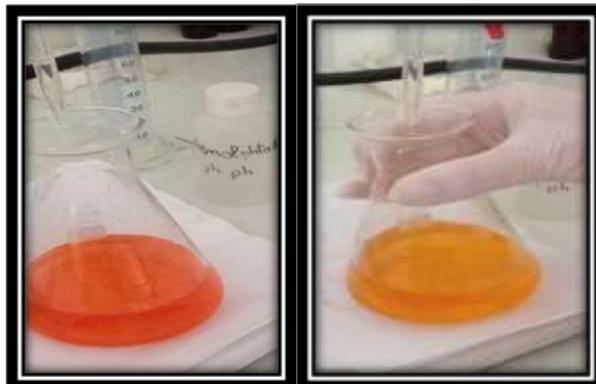


Photo 15 : représentant le dosage de nitrite



Photo 10 : Analyse d'ammonium.



Photo 11: Centrifugeuse.



Photo 12 : spectrophotomètre



Photo 13 : Pompe à vide.