



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master
en sciences biologiques

Spécialité : Microbiologie appliquée

Thème

Etude de la qualité bactériologique et Parasitologique des eaux de consommation des forages de Boukhalfa (Tizi-Ouzou)

Présenté par :

 **DJEBBAR Imane**
 **CHITTI Thileli**

Devant le jury:

M^r MOUALEK I.

M^r METAHRI M.S.

M^{me} BERROUANE N.

M^r SMAIL A.

Maître de conférences A

Maître de conférences A

Doctorante

Maître de conférences B

UMMTO

UMMTO

UMMTO

UMMTO

Président

Promoteur

Co-promotrice

Examineur

Promotion : 2020/2021

Remerciements



*On tient à remercier en premier lieu le Bon **Dieu** tout-puissant pour le courage, la volonté et la santé qu'il nous a donné afin de pouvoir accomplir ce travail.*

*Nous tenons tout particulièrement à témoigner notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à notre promoteur Mr. **METAHRI M.S.** d'avoir accepté de nous encadré sur ce thème et de nous avoir conseillées judicieusement, de nous avoir orientées et encouragées tout au long de ce travail.*

*Nous présentons également nos remerciements à Mme. **BERROUANE N.** d'avoir accepté de Co-encadrer ce Travail, pour la confiance qu'elle avait en nous, pour tous ses conseils judicieux ; sa compétence et sa gentillesse, sa présence continue à nos côtés.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury ; Mr **MOUALEK I.** et Mr **SMAIL A.** qui nous feront l'honneur de juger ce travail.*

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à tout le personnel du laboratoire de traitement des eaux et à l'ensemble de personnel de L'Algérienne Des Eaux (ADE) de Boukhalfa.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos familles ; proches et amis, et tous ce qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.



Dédicaces



C'est avec une profonde gratitude et sincérité, que je dédie ce modeste travail de fin de cycle

A mes très chers parents Mohamed et Djouher

Pour tous les sacrifices que n'ont pas cessé de me donner depuis ma naissance, pour leur amour, leur tendresse, leurs précieux conseils, leurs prières tout au long de mes études, nulle dédicace ne puisse exprimer mes sentiments d'affection.

Que ce travail soit le symbole de mon grand amour, de ma reconnaissance de leurs efforts et leur soutien inoubliable, Que Dieu les préserve et leur procure une longue vie en bonne santé

A mon frère Malek, mes sœurs adorées Ikram et Kaouthar qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de tendresse, de courage et d'amour

Une spéciale dédicace pour ma chères tante Farida et son mari Omar

A ma chère amie et binôme Thileli et sa famille

A toutes mes amies, spécialement mon intime Kenza en souvenir des moments inoubliables passés ensemble.



Imane



Dédicaces



Je remercie "ALLAH", pour m'avoir donné la force dans les moments

Difficiles d'éditer ce mémoire.

*A mes très chers parents pour tous vos sacrifices ; votre soutien ; Patience ;
amour, attention et surtout pour votre confiance en moi.*

*Ma précieuse mère, qui a œuvré pour ma réussite par son amour, son soutien,
tous ses sacrifices bref sa présence dans ma vie, et je souhaiterai que ce
modeste travail soit l'expression de mes sentiments et de mon éternelle
gratitude.*

*Mon précieux père, j'espère que tu sois fier de moi et récolter le résultat de
longues années de sacrifices ; de privations pour m'aider à avancer dans la vie.
Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour toutes les
valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanents que tu m'as offert.*

*Mes chers frères HOCINE et AMINE et ma précieuse sœur THANINA qui n'ont
jamais cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de
générosité. Pour toutes mes chères amies avec lesquelles j'ai dû passer les plus
beaux 5ans de ma vie et qui n'ont jamais cessé de m'encourager.*

*Je remercie mon binôme IMANE pour les efforts faits durant ce trajet et les
beaux moments qui ont facilité le passage de cette merveilleuse expérience.*



Thileli

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Anions et Cations les plus abondants dans les eaux potables

Tableau 02 : Normes bactériologiques des eaux souterraines

Tableau 03 : Principales bactéries responsable d'infections d'origine hydrique

Tableau 04 : Quelques parasites à transmission hydrique

Tableau 05: Principaux virus responsable de pathologie liée à l'ingestion de l'eau contaminé

Tableau 06: La coloration de gram

Tableau 07: Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée

Tableau 08 : Résultats de la galerie biochimique des *vibrio sp*

Tableau 09: Détermination des profils de sensibilité des antibiotiques des *Vibrio sp*

Tableau 10 : Résultats des recherches parasitologiques

Liste des figures

Figure 01 : Disponibilité en eau douce en 2007

Figure 02 : Ressources en eau en Algérie

Figure 03 : Différents types de traitement de l'eau

Figure 04: Situation épidémiologique de l'année 2015 en Algérie.

Figures 05: Représentation microscopique du *Vibrio Cholérique*

Figure 06 : Représentation microscopique de *Salmonella sp*

Figures 07 : Représentation microscopique d'*Escherichia Coli*

Figures 08 : Représentation microscopique des *Clostridium Perfringens*

Figure 09: *Entamoeba Histolytica*

Figure 10: *Ascaris lombricoïdes*

Figure 11 : *Giardia intestinalis*

Figure 12: Représentation microscopique du *Ténia Saginata*

Figure 13 : Virus de l'*Hépatite A*

Figure 14 : Virus de l'*Hépatite B*

Figure 15 : Virus de l'*Hépatite C*

Figure 16 : *Astroviridae (Calcivirus)*

Figure 17 : *Adénovirus(Mastadénovirus)*

Figure 18 : *Virus H1N1* (gauche) et *Coronavirus humain* (droite) observé au microscope électronique

Figure 19: Image satellitaire de site des forages de Boukhalfa

Figure 20: Point de prélèvement : CEM de Boukhalfa ; ADE de Tala Allam

Figure 21: Technique de prélèvement des eaux de robinet

Figure 22: Préparation des dilutions

Figure 23: Recherche et dénombrement des *germes totaux*.

Figure 24: Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (Test Présomptif)

Figure 25: Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (Test de confirmation).

Figure 26: Protocole expérimental de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test Présomptif)

Figure 27 : Protocole expérimental de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test de confirmation).

Figure 28: Protocole expérimental de dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs

Figure 29: Recherche des *Vibrio sp*

Figure 30 : Recherche des *salmonelles* (enrichissement)

Figure 31: Recherche des *salmonelles* (isolement)

Figure 32 : Test de la catalase

Figure 33 : Test de mannitol

Figure 34: Test de mobilité

Figure 35 : Test de TSI (Triple Sugar Iron)

Figure 36 : Test d'indole

Figure 37: Appareil de filtration sur membrane « Sertorius »

Figure 38 : Microscope connecté à l'ordinateur et la caméra

Liste des abréviations

µl : Microlitre.

µm : Micromètre.

ADE: Algérienne Des Eaux.

AEP: Approvisionnement en Eau Potable.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

ASTM: American Society for Testing Material.

BHI : Brain Heart Infusion (Gélose pour infusion cœur-cerveille).

C °: Degrés Celsius.

Ca²⁺: Calcium.

Cl⁻ : Chlorures.

CLSI : Clinical Laboratory Standars Institute.

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DO : Densité Optique.

EPA : Eau Peptonée Alcaline.

Fe²⁺: Fer.

FTU : Formazing Turbidity Unit.

H₂O : Eau Oxygénée.

H₂S : Sulfure d'Hydrogène.

HCO³⁻ : Bicarbonates.

Hm³ : Hectomètre cube.

K⁺: Potassium.

M³ : Mètre cube.

MES : Matières En Suspension.

Mg²⁺: Magnésium.

MTH: Maladies à Transmission Hydrique.

Na⁺: Sodium.

NH⁴⁺: Ammonium.

ND : Non Déterminé.

NO²⁻ : Nitrites.

NO₂⁴⁻ : Nitrates.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PO₄³⁻ : Phosphates.

REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées.

STEP : Station d'Épuration des Eaux Usées.

TSI : Triple Sugar Iron.

UFC: Unité Formant Colonie.

VF: Viande Foie.

Sommaire

| | |
|------------------------------|------|
| Remerciements | II |
| Dédicace | III |
| Liste des tableaux | V |
| Liste des figures..... | VI |
| Liste des abréviations | VIII |
| Introduction générale..... | 1 |

Chapitre I. Généralités sur l'eau

| | |
|--|----|
| I.1- Introduction | 3 |
| I.2- Eau dans le monde | 3 |
| I.2.1- Niveaux de dépendance aux ressources en eau | 4 |
| I.3- Eau en Algérie | 4 |
| I.3.1- Potentialités d'eau en Algérie | 5 |
| I.4. Eau potable..... | 6 |
| I.4.1. Réserves d'eau naturelles..... | 6 |
| I.4.1.1. Eaux superficielles | 6 |
| I.4.1.2. Eaux souterraines | 7 |
| I.4.1.2.1- Nappes | 7 |
| A. Nappe libre | 7 |
| B. Nappe captive | 8 |
| I.4.2. Composition des eaux potables..... | 8 |
| I.4.3. Potabilisation de l'eau | 8 |
| I.4.4. Critères des eaux potables..... | 8 |
| I.4.5. Caractéristiques de l'eau potable | 9 |
| I.4.5.1- Caractéristiques organoleptiques | 9 |
| I.4.5.1.1. Turbidité..... | 9 |
| I.4.5.1.2. Couleur..... | 9 |
| I.4.5.1.3. Odeur..... | 9 |
| I.4.5.2. Caractéristiques physico-chimiques..... | 10 |
| I.4.5.2.1. Température | 10 |

| | |
|---|----|
| I.4.5.2.2. Conductivité (CE) | 10 |
| I.4.5.2.3. Matière En Suspension (MES)..... | 10 |
| I.4.5.2.4. Potentiel Hydrogène (PH)..... | 10 |
| I.4.5.2.5. Demande Biologique En Oxygène (DBO ₅)..... | 10 |
| I.4.5.2.6. Demande Chimique En Oxygène (DCO)..... | 11 |
| I.4.5.2.7. Anions et Cations | 11 |
| I.4.5.3. Caractéristiques microbiologiques | 11 |
| I.4.5.3.1. Bactéries revivifiables..... | 11 |
| I.4.5.3.2. Coliformes totaux..... | 12 |
| I.4.5.3.3. Coliformes fécaux | 12 |
| I.4.5.3.4. Entérocoques intestinaux | 12 |
| I.4.5.3.5. Salmonella..... | 12 |
| I.4.5.3.6. Vibrios sp..... | 13 |
| I.4.5.3.7. Clostridium sulfito-réducteurs..... | 13 |
| I.4.6. Normes de qualité de l'eau..... | 13 |

Chapitre II. Pollution des eaux potables

| | |
|--|----|
| II.1. Pollution de l'eau..... | 16 |
| II.1.1. Type de pollution..... | 16 |
| II.1.2. Origine de la pollution des eaux | 16 |
| II.1.2.1. Pollution domestique | 16 |
| II.1.2.2. Pollution par les eaux pluviales urbaines..... | 16 |
| II.1.2.3. Pollution industrielle..... | 17 |
| II.1.2.4. Pollution agricole..... | 17 |
| II.2. Traitement des eaux potables..... | 17 |
| II.3. Maladies à Transmission Hydrique | 19 |
| II.3.1. Bactéries | 21 |
| II.3.2. Parasites | 23 |
| II.3.2.1. Relation hôte-parasite | 23 |
| II.3.2.2. Classification des parasites | 23 |
| A. Protozoaires..... | 23 |
| B. Helminthes | 23 |
| II. 3.3. Virus | 27 |
| II.4. Principaux facteurs influant la transmission des MTH en Algérie..... | 30 |

| | |
|---|----|
| II.5. Programme national de lutte contre les MTH..... | 30 |
|---|----|

Chapitre III. Matériel et méthodes

| | |
|--|----|
| III.1. Objectif d'étude..... | 32 |
| III.2. Type et durée d'étude..... | 32 |
| III.3. Zone d'étude..... | 32 |
| III.4. Echantillonnage..... | 33 |
| III.5. Matériels utilisés..... | 34 |
| III.5.1. Verreries..... | 34 |
| III.5.2. Appareillages et outils..... | 34 |
| III.5.3. Milieux de cultures..... | 34 |
| III.5.4. Réactifs utilisés..... | 35 |
| III.5.5. Préparation du matériel..... | 35 |
| III.5.6. Prélèvement de l'eau de robinet..... | 35 |
| III.5.7. Conservation et expédition des échantillons..... | 36 |
| III.6. Analyse bactériologique..... | 37 |
| III.6.1. Préparation des dilutions..... | 37 |
| III.6.2. Dénombrement des germes revivifiables..... | 37 |
| III.6.3. Dénombrement des coliformes totaux et Coliformes fécaux..... | 39 |
| III.6.4. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide..... | 40 |
| III.6.5. Dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs..... | 42 |
| III.6.6. Recherche des Vibrios sp..... | 44 |
| III.6.7. Recherche des Salmonelles..... | 45 |
| III.7. Identification des bactéries..... | 46 |
| III.7.1 Etude macroscopique..... | 46 |
| III.7.2 Etude microscopique..... | 47 |
| III.7.3 Etude biochimique..... | 49 |
| III.7.3.1. Test de la catalase..... | 49 |
| III.7.3.2. Test de Mannitol-mobilité..... | 50 |
| III.7.3.3. Dégradation des trois sucres (milieu Triple Sugar Iron: TSI)..... | 51 |
| III.7.3.4. Recherche de l'indole..... | 51 |
| III.8. Réalisation de l'antibiogramme..... | 52 |
| III.8.1. Technique standardisée..... | 52 |
| III.9. Analyses parasitologiques..... | 53 |

| | |
|--|----|
| III.9.1. Matériels et produits utilisés..... | 53 |
| III.9.2. Mode opératoire | 53 |

Chapitre IV. Résultats et discussion

| | |
|---|----|
| IV.1. Résultats d'isolement bactériologique | 56 |
| IV.2. Résultats de la galerie biochimique..... | 59 |
| IV.3. Résultats de l'antibiorésistance | 60 |
| IV.4. Résultats parasitologiques | 64 |
| Conclusion et perspectives | 68 |

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction générale

La combinaison du développement socio-économique et la croissance démographique a entraîné une augmentation de la demande en eau, ce qui a conduit à une utilisation excessive des ressources en eau et à la production et au rejet de grandes quantités d'eaux usées dans le milieu récepteur. Toute vie a besoin d'eau, et l'eau est un élément qui favorise la santé personnelle et le développement socio-économique des communautés humaines (**Ouattara et al, 2016**).

En Algérie, avec l'émergence de certains centres urbains et villages au cours de ces dernières décennies, les espaces naturels et les paysages ont été endommagés, la vitesse de développement et la vitesse d'urbanisation ont considérablement accéléré. Elle entraîne également une production d'eau excessive et de grandes quantités d'eaux usées rejetées, ce qui déséquilibre l'écosystème aquatique, en particulier les grands fleuves des grandes villes du pays. La plupart des Algériens consomment de l'eau potable qui leur est fournie par des réseaux publics de distribution qui doivent satisfaire à des exigences de qualité fixées par des normes nationales. L'ensemble des efforts nationaux pour l'alimentation de la population en eau potable a permis d'atteindre un taux de raccordement des foyers à l'eau potable de 93% en 2008 alors qu'il était de 78 % en 1999 et de 92 % en 2007 (**Rouissat, 2010**).

Diverses études en Algérie ont été portées sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement. Les études réalisées sur les ressources en eau du forage de Boukhalfa par (**Berrouane et al, 2018 ; Khichane et al, 2019**), ont signalé la présence de foyers de pollution de ces eaux souterraines.

Les effluents traités de la STEP Est de Tizi-Ouzou sont généralement déversés dans l'oued Sébaou est un facteur qui pourrait contribuer à dégrader la qualité de ces eaux, occasionnant par conséquent la recrudescence de maladie liées à l'eau. Cette pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu primordiale de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement (**Soudani, 2016**). L'objectif de cette étude est de contrôler la qualité microbiologique des réseaux de consommation d'origine souterraine, distribuée dans la région de Boukhalfa wilayade Tizi Ouzou. Dans une première partie de ce manuscrit sera proposée une « revue bibliographique » qui vise les généralités sur l'eau, et la qualité de l'eau de consommation. La partie « matériels et méthodes » décrit le site d'étude et les différentes techniques analytiques utilisées. Les « résultats » obtenus sont comparés et discutés dans la dernière partie et une « Conclusion » qui fera la synthèse des résultats obtenus.

Chapitre I. Généralités sur l'eau

I.1- Introduction

L'eau est la source de la vie et le vecteur le plus important pour la réalisation du développement durable. La gestion des ressources en eau est parmi les questions les plus soulevées, en particulier dans les pays en développement.

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure qui concerne tous les pays du bassin méditerranéen. Le changement climatique et la croissance urbaine et démographique attendus dans la région, risquent d'aggraver la situation de stress hydrique **(Beaulieu, 2018 ; Benajiba et al, 2013)**.

Le corps d'un être humain adulte est composé de 60% d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour est nécessaire **(Gadin-Goyon, 2002)**.

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques car elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre à la consommation humaine **(Nanfack et al, 2014)**.

La demande en eau potable de bonne qualité est de plus en plus forte et les besoins en eau dans les secteurs industriels et agricoles ne cessent de croître. En effet, les estimations les plus modérées prédisent un déficit de plusieurs millions m³/j dans les années à venir, ce qui se traduira dans certains pays par la baisse de la qualité de vie et pour d'autres à la mise en danger de sa population **(Zouag et Belhadj, 2011)**.

I.2- Eau dans le monde

L'eau recouvre 72 % de la surface du globe terrestre pour un volume total estimé à 1 400 millions de Km³. Au cours des siècles passés, l'homme n'a pas endommagé la disponibilité en eau mais, le monde moderne, les aménagements et la maîtrise de l'eau disponible dans la nature ont altéré cette précieuse source de vie.

Notre planète bleue est ainsi, avant tout, la planète de l'eau salée. L'ensemble des eaux douces représente donc 2,8 % du volume global. Dans ce faible pourcentage, les glaces et les neiges permanentes représentent 2,1 % et l'eau douce disponible 0,7 %. La moitié de ces 0,7 % est constitué des eaux souterraines **(Beaulieu, 2018)**.

Au final, l'homme ne peut utiliser que moins d'1 % du volume total d'eau présente sur Terre, soit environ 0,028 % de l'hydrosphère. Ceci englobe les cours d'eau, les réservoirs naturels ou artificiels (baies côtières, lacs, fleuves, cours d'eau, barrages...) et les nappes d'eau

souterraines (aquifères) dont la faible profondeur permet l'exploitation à des coûts abordables (Beaulieu, 2018).

I.2.1. Niveaux de dépendance aux ressources en eau

On distingue trois niveaux de dépendances (Figure 01) (Beaulieu, 2018) :

- **1^{er} Niveau : pénurie hydrique**

Les ressources sont inférieures à 1000 m³ par habitant et par an. Les pays arabes font face à une pénurie. Le Moyen Orient et l'Afrique du Nord totalisent 4,3 % de la population mondiale et disposent de moins de 1 % des ressources en eau douce renouvelable de la planète.

- **2^{ème} Niveau : stress hydrique**

Les ressources sont comprises entre 1000 et 1500 m³ par habitant et par an.

- **3^{ème} niveau : vulnérabilité hydrique**

Les ressources sont comprises entre 1500 et 2500 m³ par habitant et par an.

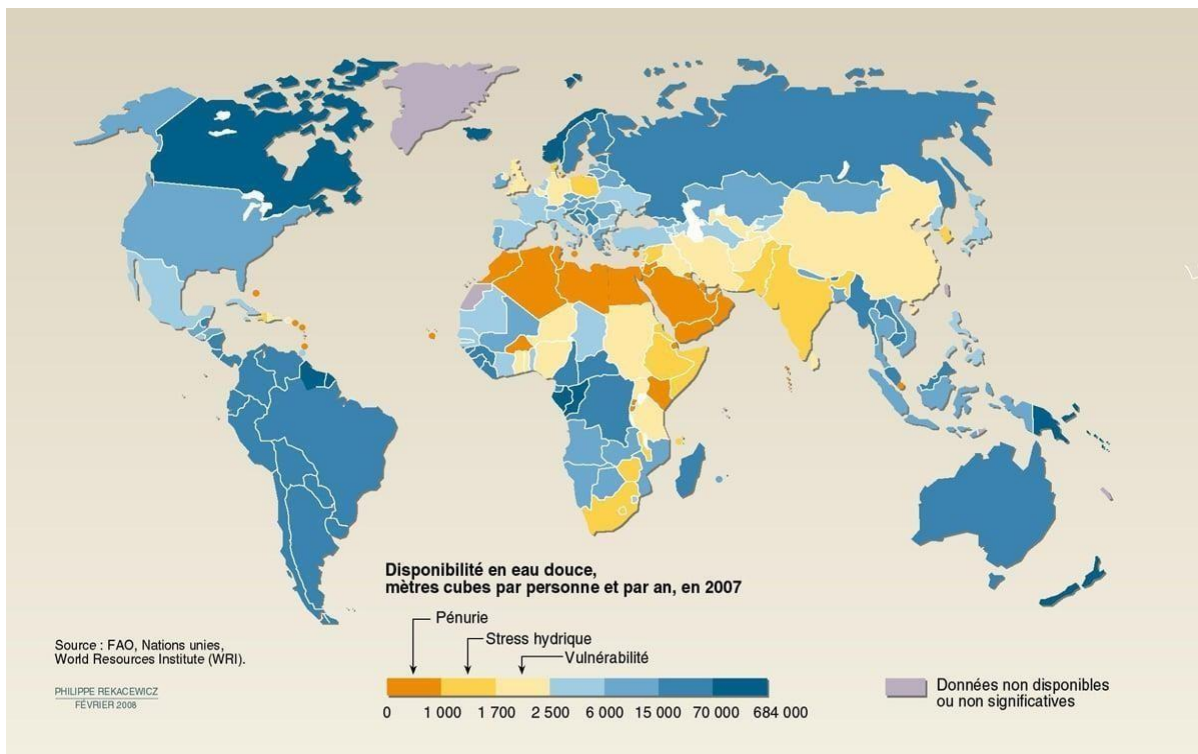


Figure 01 : Disponibilité en eau douce en 2007 (Beaulieu, 2018)

I.3- Eau en Algérie

L'Algérie est l'un des plus grands pays d'Afrique avec une superficie de 2 381 741 km² sur les 30 millions de km² du continent africain, soit près du 1/12 de la surface totale de l'Afrique. C'est le plus vaste des Etats africains, plusieurs facteurs peuvent expliquer la situation de

stress hydrique dont souffre l'Algérie : croissance démographique, évolution de la demande en eau (Djaffar et Kettab, 2015).

Dans ce pays, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et social désordonnés. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large : pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoutent aux conditions naturelles défavorables (Boudjadja et Pauc, 2003).

I.3.1. Potentialités d'eau en Algérie

On trouve plusieurs ressources d'eau en Algérie conventionnelles et non conventionnelles (figure 02). Les ressources en eau conventionnelles sont représentées par 72 Barrages (Capacité totale 7,4 Milliards m³) ; 718 retenues collinaires (Capacité totale 89,7 hm³) et nappes souterraines (Capacité exploitée 7 Milliards m³) par contre celles non conventionnelles sont subdivisées en 25 stations de dessalement d'eau de Mer (Capacité totale 913 hm³/an) et 138 stations d'épurations (STEP) (Capacité 700 hm³/an & REUT de 150hm³/an) (Djaffar et Kettab, 2015).

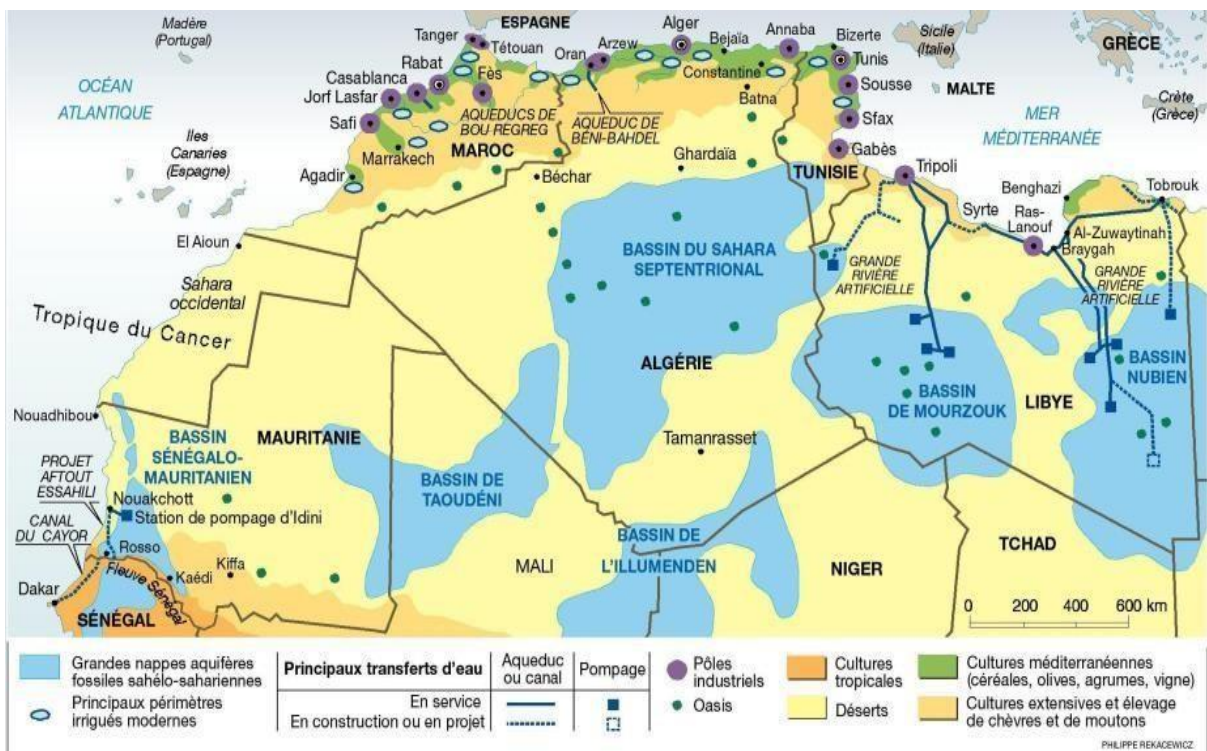


Figure 02 : Ressources en eau en Algérie (Djaffar et Kettab, 2015).

I.4. Eau potable

Une eau potable se définit comme étant une eau exempte de germes pathogènes qui provoquent des maladies à transmission hydrique, de substances toxiques et ne contenant pas de matières minérales et organiques en quantités excessives. Elle doit par ailleurs, être incolore et ne doit pas présenter aucun goût ou odeur désagréables. Les qualités requises sont d'ordre physique, chimique et bactériologique (**Bras, 2005 et Blais et al, 2015**).

C'est une eau propre à la consommation humaine que l'on peut utiliser à des fins domestiques et industrielles (agroalimentaire surtout) sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale, eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (AEP) ou encore dans des citernes pour un usage industriel (**Boutaba, 2019**).

I.4.1. Réserves d'eau naturelles

Les réserves d'eau naturelle sont constitués des eaux superficielles et des eaux souterrains (**Degremont, 2005**). 62 % de l'eau potable provient des eaux souterraines (nappe phréatique superficielle et profonde), les 38 % restants proviennent des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs) (**Beaulieu, 2018**).

I.4.1.1. Eaux superficielles

Les eaux de surface ou superficielles représentent 40 % du volume total des eaux produites. Elles englobent toutes les eaux, circulantes ou stockées qui existent à la surface du continent. Ces eaux qui se trouvent à la surface terrestre peuvent être des eaux courantes ou stagnantes (**Boutaba, 2019**). De ce fait, elles sont exposées, par leur contact, à toute sorte de pollution. Sur le plan bactériologique, elles sont contaminées plus ou moins par des bactéries (dont certaines pathogènes) et des virus (**Berne et Jean, 1991**). Elles sont riches en composés organiques et autres substances chimiques, alors elles sont dirigées vers des stations de traitement en vue de leur purification et de leur potabilité (**Maraza, 2015**). Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers (**Ouahchia et al, 2015**). Les caractéristiques des eaux superficielles sont (**Guilbert, 2000 ; DGSESC, 2006 et UNICEF, 2007**) :

- Les variations saisonnières (climatiques), des paramètres physiques : température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal.

- Le développement plus ou moins important de phytoplanctons (algues), de zooplanctons et dans certaines conditions, d'une vie aquatique intense.
- La présence fréquente de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux morts.
- La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole.

D'après **Molinie (2009)** ces eaux superficielles doivent subir un traitement en plusieurs étapes pour être utilisées pour la boisson et les usages domestiques. Elles ne peuvent pas être utilisées sans traitement.

I.4.1.2. Eaux souterraines

Selon **Zouag et Belhadj (2017)** les eaux, qui ne se sont ni évaporées ni retournées à la mer par ruissellement, s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (**Hamel, 2013**).

Contrairement à l'eau de surface l'eau souterraine n'est pas rassemblée comme un ruisseau ou une rivière, elle circule plutôt en profondeur dans les formations géologiques qui constituent l'espace souterrain (**Guergazi et Achour, 2005**). Le niveau de l'eau souterraine, au-dessous duquel les roches ou sédiments sont saturés, est appelé nappe phréatique (**Diane Myrand, 2008**).

I.4.1.2.1- Nappes

L'aquifère ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau. Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue (**Boucenna, 2009**). On distingue :

A. Nappe libre

Est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain perméable siège d'une nappe aquifère n'est pas couvert par une couche imperméable (**Nanfack et al, 2014**).

B. Nappe captive

Lorsque la couche perméable est emprisonnée entre deux couches imperméables, la nappe ne peut se développer vers le haut et est alors appelée nappe captive. Les nappes captives peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes (**Khoumeri et Berrouane, 2018 ; Boucenina, 2018**) :

- Les nappes phréatiques ou nappes de puits : elles reposent non loin du sol (quelques dizaines de mètres) et sont peu protégées, donc soumises à la contamination biologique.
- Les nappes profondes : elles sont situées à quelques centaines de mètres de profondeur et reposent sur des couches d'argile imperméables, profondes. L'eau de pluie est ainsi filtrée à travers plusieurs couches de terre avant de constituer la nappe.

I.4.2. Composition des eaux potables

A la différence de l'eau de source qui est généralement potable au moment de son puisage, la plupart des eaux que nous consommons contiennent à l'état brut, des substances minérales et organiques dont certaines peuvent être nocives pour la santé. Ces substances proviennent d'une part, des roches et des couches sédimentaires, et d'autre part, des rejets provoqués par les activités humaines ou encore la décomposition de la biomasse (**Beaulieu, 2018**).

I.4.3. Potabilisation de l'eau

On entend par eau potable, l'eau naturelle ou traitée qui convient à la consommation, à la cuisson d'aliments, à la préparation de mets et au nettoyage d'objets entrant en contact avec les denrées alimentaires ; elle peut être souterraine microbiologiquement irréprochable, provenant d'une ou de plusieurs sources naturelles ou de captages Souterrains artificiels ou bien conditionnée directement à la source, non traitée ou uniquement traitée au moyen des procédés admis pour l'eau minérale naturelle. Dans tous les cas ; elle doit subir plusieurs traitements et répondre à de nombreux critères avant d'être considérée comme potable. (**Riguet, 2019**)

I.4.4. Critères de potabilité

Pour être jugée propre à la distribution, l'eau doit être potable ; Une exigence qui impose à l'eau de ne contenir aucun germe, ou substance toxique en quantités dangereuses pour l'organisme ; Une eau est considérée comme potable selon des critères de qualité non

seulement organoleptiques, mais encore, sur des critères physico-chimiques et microbiologiques; Cette potabilité est définie techniquement par les concentrations maximales admissibles d'environ 70 paramètres de qualité (Normes OMS) (**Soudani, 2016**).

I.4.5. Caractéristiques de l'eau potable

I.4.5.1. Caractéristiques organoleptiques

I.4.5.1.1. Turbidité

Les unités utilisées pour exprimer la turbidité proviennent de la normalisation ASTM (American Society for testing Material): unité FTU (Formazing Turbidity Unit) (**Rejsek, 2002**). La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence des matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérales (**Hamek et Mokrane, 2018**). Elle est liée à la transparence et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur (**Andriamiradis, 2005**).

I.4.5.1.2. Couleur

La couleur de l'eau peut être causée par la présence des minéraux naturels comme le fer le manganèse mais aussi à la présence de planctons, d'herbages et de composés organiques comme les substances humiques et les polyphénols (lignines) (**Hamek et Mokrane, 2018**). C'est un paramètre qui traduit une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut avoir une origine naturelle, industrielle, chimique ou biologique. Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (Unité de couleur) à partir duquel le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau (**Dahel, 2009**).

I.4.5.1.3. Odeur

Les eaux peuvent être polluées et chargées en matières organiques particulières et en décomposition (**WHO, 2011**). L'odeur d'une eau est généralement un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition en quantité souvent si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (**Mokeddem et al, 2005**).

I.4.5.2. Caractéristiques physico-chimiques**I.4.5.2.1. Température**

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température notamment la conductivité électrique, permet aussi la détermination du pH et la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (**Metahri, 2012**).

I.4.5.2.2. Conductivité

C'est une appréciation des matières minérales en solution. En effet, dans les eaux naturelles qui constituent des solutions peu concentrées en sels minéraux, pratiquement tous les éléments dissous sont ionisés et contribuent donc à la conductibilité d'une eau (**Hamek et Mokrane, 2018**). La conductivité a, la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains ou une origine d'activité humaine (agricole ou domestique) contribuant aussi à l'accroissement de la conductivité. Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (**Bremaude et al, 2006**). Elle est très utile pour mettre en évidence la qualité de l'eau. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (**Rejsek ; 2002**).

I.4.5.2.3. Matière En Suspension

Ces matières en suspension (**MES**) représentent l'un des paramètres globaux de pollution les plus facilement perceptibles mais l'un des plus difficilement mesurable, en fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètres supérieur à 100 μm) et les matières en suspension (**Hamek et Mokrane, 2018**).

I.4.5.2.4. Potentiel Hydrogène

Il joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. Cependant, un pH faible (eau acide) augmente le risque de présence de métaux sous forme ionique plus toxique. Ainsi, Un pH inférieur à 5 ou supérieur à 9 réduit considérablement le nombre d'espèces végétales et animales (**Benaouir, 2017**).

I.4.5.2.5. Demande Biologique En Oxygène

La DBO₅ est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes présents dans un milieu pour oxyder (dégrader) les substances organiques contenues dans un échantillon d'eau

maintenu dans l'obscurité, pendant 5 jours. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable (Khelili et al, 2015).

I.4.5.2.6. Demande Chimique En Oxygène

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière biodégradable ou non ; contenue dans l'eau à l'aide du bichromate de potassium à 150 °C. Le rapport DCO/DBO indique la biodégradabilité d'un effluent en définissant son origine (Metahri, 2012).

I.4.5.2.7. Anions et Cations

Les anions et les Cations les plus abondants dans les eaux potables sont cités dans le tableau ci- dessous:

Tableau 01 : Anions et Cations les plus abondants dans les eaux potables
(Boutaba, 2018 et Maraza, 2015)

| Anions | Cations |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Sulfates (SO_4^{2-}) | Calcium (Ca^{2+}) |
| Phosphates (PO_4^{3-}) | Magnésium (Mg^{2+}) |
| Nitrates (NO_2^{4-}) | Potassium (K^+) |
| Nitrites (NO^{2-}) | Sodium (Na^+) |
| Chlorures (Cl^-) | Ammonium (NH_4^+) |
| Bicarbonates (HCO_3^-) | Fer (Fe^{2+}) |

I.4.5.3. Caractéristiques microbiologiques

I.4.5.3.1. Bactéries revivifiables

Les bactéries revivifiables sont des bactéries aérobies, c'est-à-dire qu'elles ont besoin d'oxygène pour se développer, telles que les moisissures et les levures. La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits « revivifiables » permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une

contamination bactériologique. La méthode de référence pour l'analyse consiste en un dénombrement du nombre de germes pour 1ml d'eau (**Khichane et Khouas, 2019**) :

- Germes totaux à 22 °C : comptage des colonies obtenues après incubation à 22 °C pendant 24h à 48h.
- Germes fécaux à 37 °C : comptage des colonies obtenues après incubation à 37 °C durant 24h à 48h.

I.4.5.3.2. Coliformes totaux

Sous le terme « coliformes » se regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae. Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C. Les coliformes comprennent les genres : *Esherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (**Debabza, 2005 et Merah, 2019**).

I.4.5.3.3. Coliformes fécaux

Ce sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés et caractéristiques des coliformes totaux après incubation à la température de 44°C (**Khichane et Khouas, 2019**).

I.4.5.3.4. Entérocoques intestinaux

Ce sont des grams positifs, commensales du tube digestif (**Bougattoucha et Boudelaa, 2010**)
Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de Lance Field. Ils sont définis comme étant des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37 °C et ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz ; ils sont anaérobies facultatifs (**Mohamed et Ait Kaci, 2008**).

I.4.5.3.5. Salmonella

C'est une entérobactérie responsable de gastro-entérite, toxi-infection alimentaire et des fièvres typhoïdes et paratyphoïde (*S.typhi* et *S.paratyphie*). La transmission de ces deux derniers se fait surtout par l'eau potable lors des épidémies étendues. Le contact direct ou les

aliments peuvent également être une cause de propagation (Blais et al, 2015). Le contrôle bactériologique strict des eaux de consommation ainsi que la surveillance du réservoir de germes expliquent la diminution spectaculaire des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes dans les pays à haut potentiel hygiénique (Brands et al, 2005).

I.4.5.3.6. *Vibrio* sp

Ce sont des petits bacilles, de formes fréquemment incurvées dites 'en virgule', l'espèce la plus connue du vibrio est *vibrio cholerae* : agent responsable du choléra. (Hervio-Heath et al, 2002). La transmission se fait par voie orale à partir du milieu extérieur (eaux ou aliments) souillés par les selles, le vibrio cholérique a une extraordinaire capacité de multiplication (Khichane et Khouas, 2019).

I.4.5.3.7. Clostridiiums sulfito-réducteurs

Ce sont des bactéries à Gram positif produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens* (Maiga, 2005). Sont très répandues dans la nature, elles peuvent provoquer des maladies mortelles. La plupart des espèces de clostridium sont des bactéries telluriques, mais sont également isolées dans l'intestin et les selles de l'homme et de divers animaux. Ainsi la présence de clostridium dans les eaux ou les aliments par exemple est le signe en général d'une contamination fécale (Leyral, 2007). L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistants aux traitements de désinfection (Hélène, 2000).

I.4.6. Normes de qualité de l'eau potable

D'après Alouane (2012), afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

En Algérie, il existe des réglementations locales pour la qualité de l'eau de boisson citées le Journal Officiel de la République Algérienne qui représente les différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la qualité de l'eau de consommation humaine avec des valeurs limites (JORA, 2011). Ainsi pour notre étude, nous nous référons aux normes

Algériennes présentées dans le tableau 1 ; qui présente les normes bactériologiques des eaux sou terraines ; selon le journal officiel de la République Algérienne, N°18 de 23 Mars 2011.

Tableau 01 : Normes bactériologiques des eaux souterraines (**Riguet, 2019**).

| Paramètre | Concentration selon le journal officiel de la République Algérienne, N°18 de 23 mars 2011 |
|--------------------------------|--|
| Germes totaux | 20 UFC/ml |
| Coliformes totaux | 0 UFC/100ml |
| Coliformes fécaux | 0 UFC/100ml |
| Clostridium sulfito-réducteurs | 0 UFC/20ml |
| Stréptocoques fécaux | 0 UFC/100ml |

Chapitre II. Pollution des eaux potables

II.1. Pollution de l'eau

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances exogènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeurs vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature ou la quantité de polluants (**Attallah et Ghennai, 2018**).

II.1.1. Type de pollution

Plusieurs critères peuvent être utilisés, selon les besoins, pour classifier les pollutions. Il s'agira par exemple de l'origine des substances, qui renseigne globalement sur leur nature et leur mode de transfert, ou l'effet des pollutions, qui s'intéresse au mode de réaction des écosystèmes selon la nature et la dynamique d'apport des substances, ou encore du mode d'apport, qui détermine les moyens d'étude et de traitement (**Genin, 2003**).

II.1.2. Origine de la pollution des eaux

La distinction de quatre types de pollution peut être faite selon leur origine :

II.1.2.1. Pollution domestique

Elle est généralement véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de foyer ou centre d'activité, vers une station de traitement des eaux usées, elle se caractérise par de fortes teneurs en matières organiques ; en sels minéraux dont l'azote et le phosphore ; en détergents et en germes fécaux (**Attallah et Ghennai, 2018**).

II.1.2.2. Pollution par les eaux pluviales urbaines

Apparue depuis qu'il existe des réseaux de collecte spécifiques, avec des points de concentration des rejets, elle engendre de graves perturbations, surtout lorsqu'elle prend une importance relative plus grande (rejets domestiques mieux traités). Ces rejets sont caractérisés par (**Attallah et Ghennai, 2018 ; Haijoubi et al, 2017**) :

- Une teneur importante en matières minérales en suspension (sables, graviers, poussières)
- La présence de nombreux détritiques solides ou flottants de petite taille
- Une concentration forte en matières toxiques et hydrocarbures (lessivage de parking, résidus de corrosion des équipements métalliques, etc.).

II.1.2.3. Pollution industrielle

Elle est caractérisée par une très grande diversité suivant l'utilisation de l'eau dans les processus (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution,.....etc.) et l'activité de l'usine (chimie, traitement de surface,...etc.). On peut donc retrouver dans l'eau, qui est un bon solvant, tous les sous-produits possibles de l'activité humaine (**Attallah et Ghennai, 2018**) :

- Matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, abattoirs et équarrissages)
- Hydrocarbures (raffineries)
- Acides, bases, produits chimiques (industries chimiques et pharmaceutiques)
- Eau chaude (centrales thermiques)
- Matières radioactives (centrales nucléaires, centres de recherche, hôpitaux)

II.1.2.4. Pollution agricole

Elle comporte une composante domestique, issue des sièges d'exploitation souvent non raccordés à un réseau (habitat rural dispersé), et une composante plus spécifique mais complexe, qui se caractérise principalement par (**Genin, 2003**):

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium), provenant des engrais et des effluents d'élevage (fumiers, lisiers)
- Des substances oxydables issues de sous-produits d'élevage et des lavages d'aires (matières organiques, ammoniacque)
- La présence de produits chimiques de traitement des cultures (produits phytosanitaires)
- La présence épisodique dans les effluents d'élevage de produits sanitaires (bactéricides, antibiotiques)

II.2. Traitement des eaux potables

Comme nous l'avons vu plus haut, l'eau puisée à l'état naturel doit subir plusieurs traitements avant d'être acheminée dans les circuits de distribution pour arriver enfin jusqu'à nos robinets. Les traitements dépendent de la qualité de l'eau puisée (figure 03). C'est pourquoi, elle est systématiquement contrôlée au moment de son captage de manière à lui appliquer le traitement de potabilisation adapté.

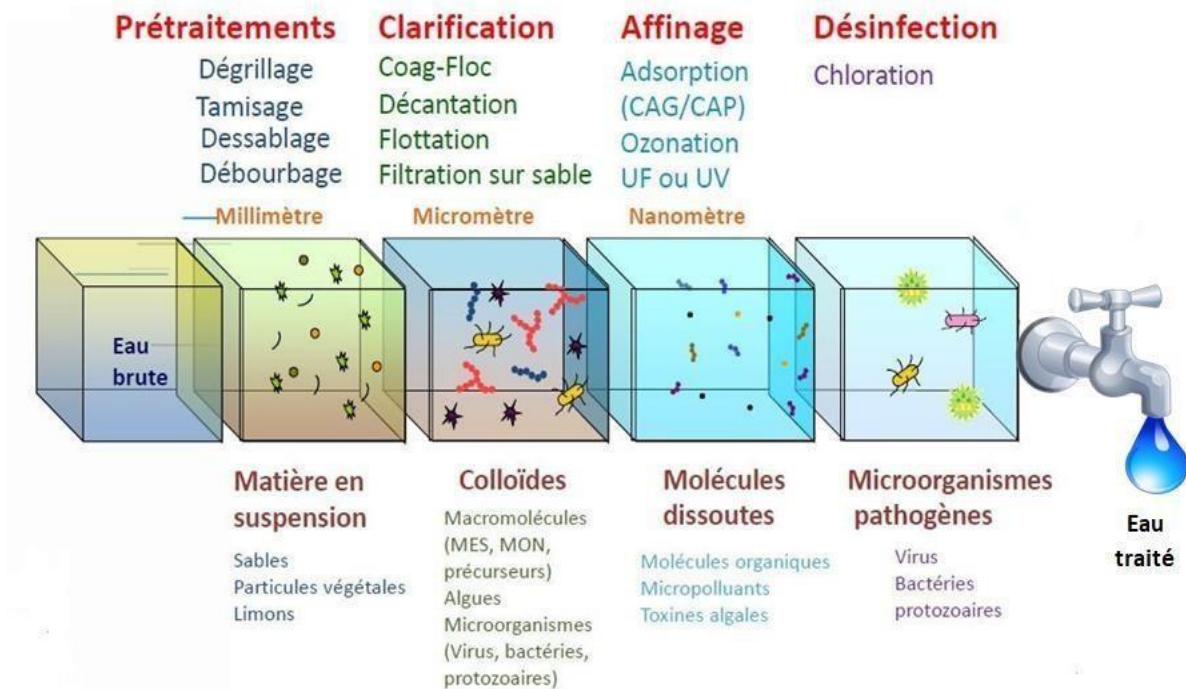


Figure 03 : Les différentes étapes de traitement de l'eau (Soudani, 2016).

Les différentes étapes de traitement de l'eau potable sont (Beaulieu, 2018) :

- ✓ **Le captage** : l'eau est prélevée par captage dans un forage ou un puits. Le sol servant de filtre naturel permet d'assurer une bonne qualité de l'eau. Mais un traitement s'impose pour offrir une eau potable, totalement débarrassée de ses impuretés. Pour se faire, l'eau est conduite dans une usine de production.
- ✓ **Le dégrillage** : à son entrée dans l'usine, l'eau transite par des grillages (dont les interstices mesurent environ 5 cm) qui la débarrassent des plus gros déchets (cailloux, plastiques, branches, feuilles...).
- ✓ **Le tamisage** : l'eau passe ensuite par un tamis avec des grilles nettement serrées, permettant de retenir les petits déchets (petits cailloux, mégots de cigarettes, brindilles...).
- ✓ **La floculation-coagulation (ou décantation)** : cette étape consiste à verser un produit coagulant dans l'eau afin que les impuretés se regroupent en grappes puis coulent au fond du bassin de décantation. L'eau devient alors plus claire.

- ✓ **La filtration sur sable** : l'eau passe à travers un filtre composé d'une épaisse couche de sable qui intercepte les dernières petites particules visibles.
- ✓ **L'ozonation** : les impuretés invisibles quant à elles sont éliminées par un gaz, l'ozone. En oxydant toutes les substances organiques, l'ozone inactive les pesticides et les microorganismes pathogènes.
- ✓ **La filtration** : l'eau ainsi clarifiée passe à travers un filtre composé de grains de charbon actif. Ces grains contiennent des bactéries qui éliminent les composants toxiques par absorption.
- ✓ **La chloration** : l'eau de distribution est désinfectée par du chlore afin de garantir sa qualité durant son parcours dans les canalisations de l'usine jusqu'aux consommateurs.
- ✓ **Le contrôle qualité et le contrôle sanitaire** : au terme de toutes ces étapes, l'eau traitée est contrôlée par le Service des eaux suivant des normes de qualité et de sécurité sanitaire pour la consommation humaine.

II.3. Maladies à Transmission Hydrique

On appelle maladies hydriques ou MTH (maladie à transmission hydrique) toute maladie causée par la consommation d'eau contaminée (**Tourab, 2013**). La contamination microbiologique est une forme de pollution de l'eau engendrée par la présence de microorganismes comprenant, par ordre de taille croissant, des virus, des bactéries, des parasites, et les helminthes (**Aubry et Gaüzère, 2012**). Ils proviennent dans leur immense majorité des matières fécales ; on distingue alors la flore entérique normale et les microorganismes pathogènes. Ils ont des effets divers sur la santé : ils sont la cause d'infections bénignes ou de maladies mortelles (**Bouziane, 2000 ; Sy et al, 2011**).

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), plus d'un milliard de personnes à travers le monde n'ont pas accès à une eau salubre et près de 5 millions d'enfants dans le monde sont morts de maladies à transmission hydrique (**N'diaye Mali, 2008**).

Dans son rapport du 26 juin 2008, l'OMS estimait que l'eau sale est à l'origine de 9,1 % des maladies et de 6 % des décès enregistrés chaque année dans le monde. Les enfants sont les premières victimes, Il y a une forte inégalité entre les pays riches et les pays pauvres : l'eau est à l'origine de moins de 1 % de la morbidité dans les pays développés, cette proportion atteint

10 % dans les pays en développement. En 2009, 1,1 milliard de personnes n'ont aucun accès à une source d'eau salubre. La conséquence directe est que 1,6 million de personnes meurent chaque année de maladies diarrhéiques (RGS, 2003).

Les MTH représentaient en Algérie 25.1 % des maladies déclarées en 2015. Ce groupe de maladies reste largement dominé par les toxi-infections alimentaires collectives, en seconde position on retrouve l'hépatite virale A (figure 04) (REM Annuel, 2015).

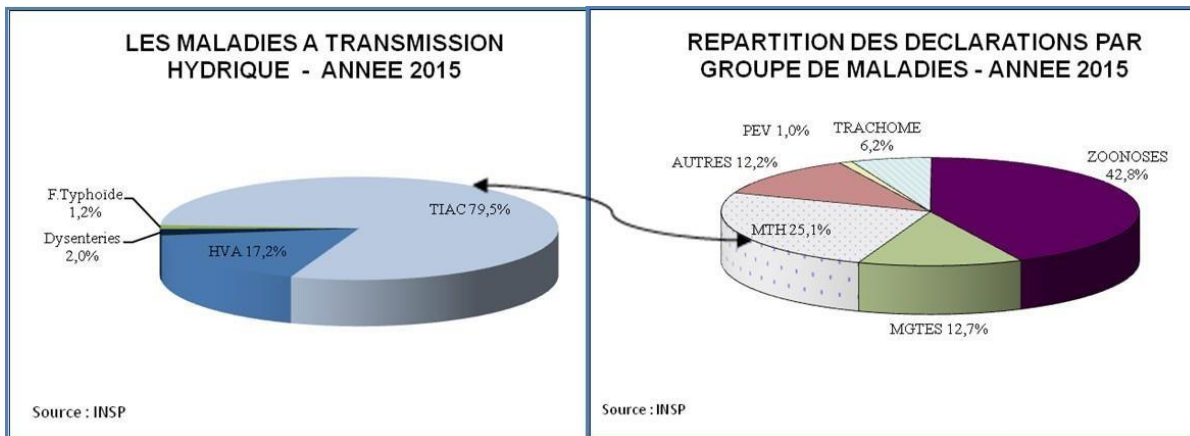


Figure 04: Situation épidémiologique de l'année 2015 en Algérie (REM Annuel, 2015).

Le pouvoir pathogène c'est-à-dire la propriété que possèdent certains germes à provoquer une maladie, est en effet la résultante de l'action d'un micro-organisme sur l'hôte. Il n'est pas conditionné uniquement par les propriétés de l'agent infectieux, plusieurs catégories de faits peuvent convaincre (Haslay et Leclerc, 1993) :

- Certains micro-organismes considérés comme de redoutables agents pathogènes tels : le bacille diphtérique, le méningocoque responsable de méningite cérébro-spinale épidémique, *Salmonella typhi* (agent de la fièvre typhoïde).
- D'autres au contraire naturellement saprophytes, ou faisant partie des flores normales de l'individu, peuvent dans certains conditions devenir pathogènes quand les mécanismes de défense de l'hôte sont diminués.
- D'autres facteurs sont susceptibles d'intervenir, telle que l'adaptation de certains microorganismes à l'espèce *Salmonella typhi*, les *shigella*, ne sont pas pathogènes que pour l'homme.

II.3.1. Bactéries

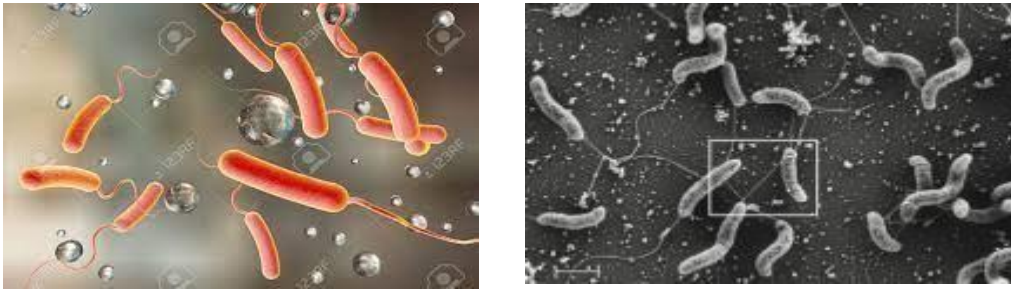
Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau, doués de métabolisme et capable de croître et se diviser aux dépens de substances nutritives, Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g (Metahri, 2012). Les principales bactéries responsables d'infections d'origine hydrique sont résumées dans le tableau 03 et les figures 5,6, 7 et 8 ci-dessous.

Tableau 03 : Principales bactéries responsable d'infections d'origine hydrique

(Hamek et Mokrane, 2018).

| Bactéries | Maladies induites | Mode de transmission |
|--|---|-------------------------------------|
| <i>Aeromonas</i> | Gastro-entérite, syndrome cholériforme | |
| <i>Clostridium perfringens</i> | Gastro-entérite | Contamination fécale peu spécifique |
| <i>Entérocooccus</i> | Contamination fécale | |
| <i>Escherichia coli entérotoxiques et entéroinvasifs</i> | Gastro-entérite et autres maladies | Contamination Fécale |
| <i>Compylobacter jejuni ou coli</i> | Gastro-entérite | |
| <i>Légionella pneumophila</i> | Pneumopathie, fièvre | |
| <i>Leptospira</i> | Leptospirose, ictère- hémorragique | Maladie professionnelle |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Infection cutanée, pus | |
| <i>Salmonella typhi et paratyphi A</i> | Fièvre typhoïde et paratyphoïdes | |
| <i>Salmonella (autres)</i> | Gastro-entérite | |
| <i>Shigella dysnteriae</i> | Dysenterie bacillaire | |
| <i>Shigella (autres)</i> | Gastro-entérite | |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Infection cutanée | |
| <i>Vibrio</i> | Choléra, Gastro-entérite, infection cutanée | |

❖ Quelques bactéries présentes dans les eaux



Figures 05: Représentation microscopique du *Vibrio Cholérique* (Sandrine B; 2013)

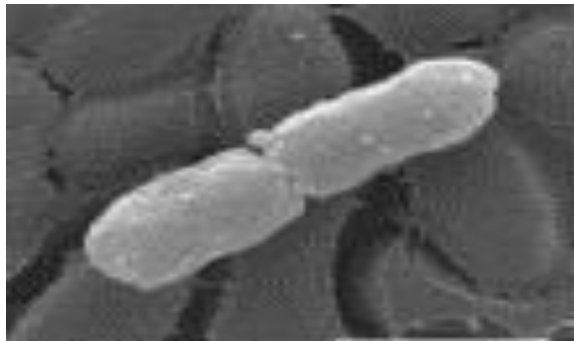
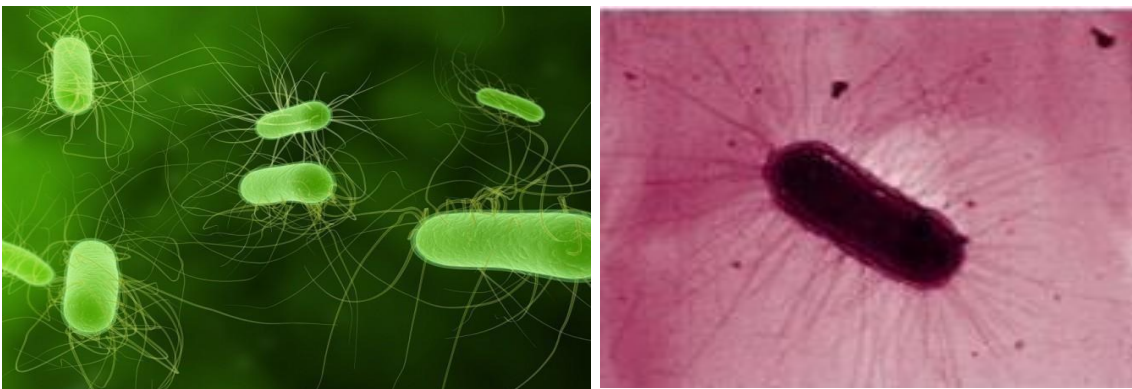
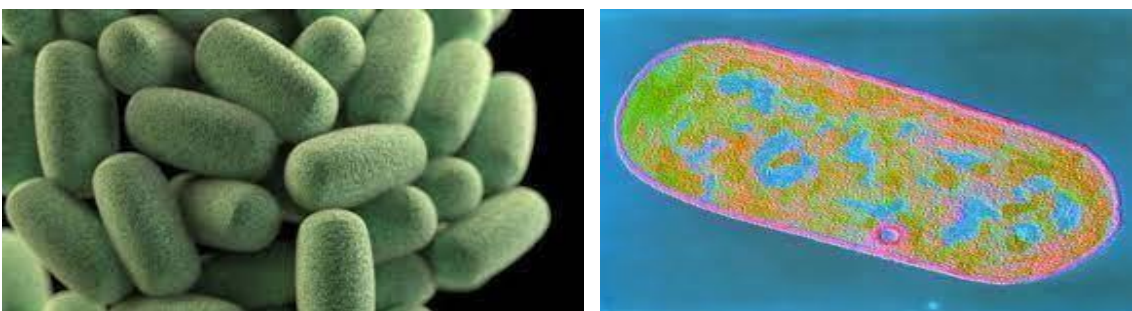


Figure 06 : Représentation microscopique de *Salmonella spp* (Shiowshuh et al, 2015)



Figures 07 : Représentation microscopique d'*Escherichia Coli* (James B et al, 2004)



Figures 08: Représentation microscopique des *Clostridium Perfringens* (ICMSF, 1996)

II.3.2. Parasites

Le mot parasite vient du grec parasitos, il se définit comme étant un organisme vivant et qui vit aux dépens de son hôte. Selon sa spécificité il peut avoir comme hôte exclusif (l'homme) ou bien d'autres animaux (**Lafferty, 2008**).

II.3.2.1. Relation hôte –parasite

Une interaction biotique désigne un processus impliquant des échanges ou relations réciproques entre deux ou plusieurs éléments (espèces, groupes..) dans un écosystème ou entre deux ou plusieurs individus d'une même population. Il existe plusieurs types de relations rendant les individus plus ou moins interdépendants, dont les principales sont (**Mougou, 2009**):

- Mutualisme : association entre deux espèces vivantes, à bénéfices réciproques ; dans le cas d'une association obligatoire, la relation est appelée symbiose.
- Commensalisme : association entre deux espèces dont une seule tire profit sans pour autant nuire à l'autre.
- Parasitisme : Interaction durable entre deux organismes d'espèces différentes dont l'un tire bénéfice (le parasite) au détriment de l'autre hôte.

II.3.2.2. Classification des parasites

Les parasites appartiennent à 4 groupes taxonomiques :

- Protozoaires.
- Champignon.
- Helminthes.
- Arthropodes.

On peut citer :

A. Protozoaires

Ce sont des organismes eucaryotes unicellulaires, sous forme de ciliés ou flagellés, vivent principalement dans l'eau ; ils sont parfois la source de maladies aiguës ou chroniques. On distingue 4 groupes (**Moulinier, 2002**) :

- ✓ Rhizopodes ou amibes : mobilité assurée par des pseudopodes cytoplasmiques.
Exemple : *Entamoeba histolytica*.
- ✓ Flagellés : mobilité assurée par une ciliature périphérique.

- ✓ Exemple : *Trichomonas vaginalis*
- ✓ Ciliés : mobilité assurée par une ciliature périphérique.
- ✓ Exemple : *Balantidium coli*
- ✓ Sporozoaires : immobiles, et de ce fait, occupent chez l'hôte une citation obligatoirement intracellulaire
- ✓ Exemple : *Plasmodium falciparum*.

B. Helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. Peuvent survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols et les plantes cultivées. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs (Faby, 1997). On distingue trois groupes (Belkadi et Ouelhocine, 2019) :

- ✓ Trématodes : ou douves ou distomes, sont des plathelminthes à corps foliacé, non segmenté, à tube digestif sans anus, et munis d'un ou plusieurs ventouses. Ils sont hermaphrodites, sauf ceux de genre de *Schistosoma*. Exemple : *Fasciola hepatica*.
- ✓ Nématodes : sont des vers cylindriques pourvus d'un tube digestif complet, les sexes sont séparés, sauf *Strongyloide* qui est parthénogénétique. Exemple: *Ascaris lumbricoïde*.
- ✓ Cestodes : sont des plathelminthes de forme rubanée, pourvus d'organe de fixation, segmentés en anneaux, dépourvus de tube digestif, chaque anneau étant hermaphrodite.
Exemple : *Ténia saginata*.

Les principaux parasites responsables d'infections d'origine hydrique sont présentés dans le tableau 4 et les figures 9, 10,11 et 12 suivantes :

Tableau 04 : Quelques parasites à transmission hydrique (Guillaume, 2007)

| Parasitoses | Formes parasitaires | Parasites |
|----------------------|-------------------------|------------------------------|
| Protozooses | | |
| Giardiose | Kystes | <i>Giardia intestinalis</i> |
| Amoebiose | Forme végétative /kyste | <i>Entamoeba Histolytica</i> |
| Helminthiases | | |
| Oxyurose | Adulte /œuf | <i>Enterobius</i> |
| Ascariadiase | Adulte /œuf | <i>Ascaris lumricoides</i> |
| Trichocéphalose | Adulte/œuf | <i>Trichuris trichuria</i> |
| Téniasis | Anneaux emryophores | <i>Ténia saginata</i> |
| Bilharziose | Œuf | <i>Schistosoma mansoni</i> |

❖ Quelques parasites présents dans les eaux

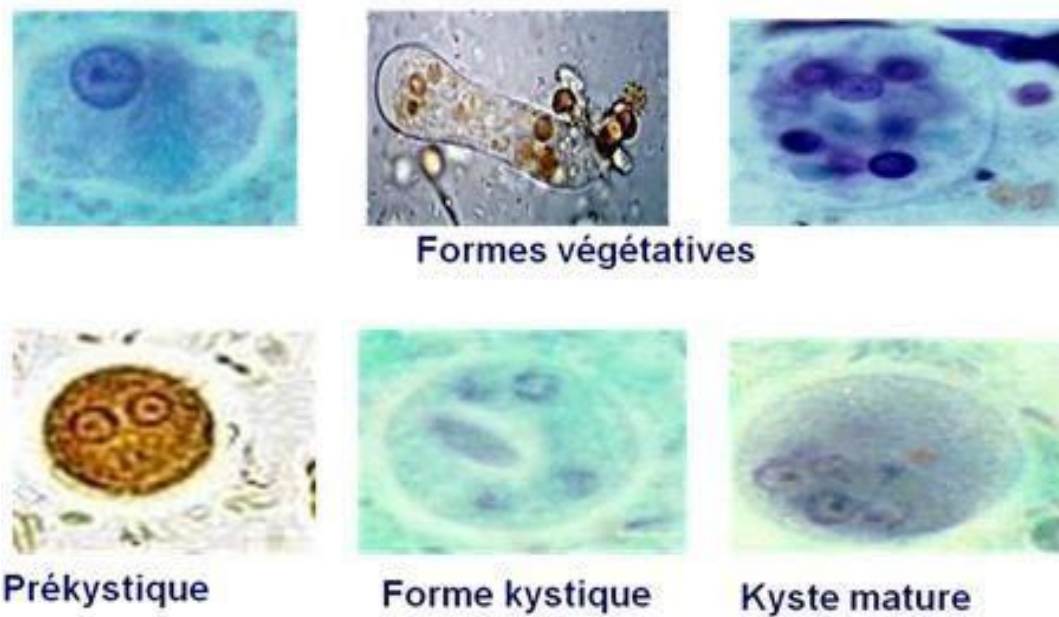


Figure 09: *Entamoeba Histolytica* (François et al, 2005)



Figure 10: *Ascaris lombricoïdes* (Benayada, 2012)

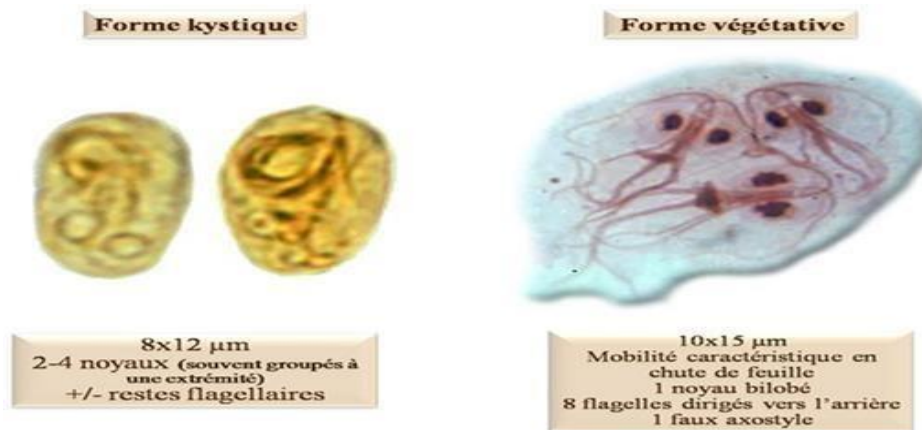


Figure 11 : *Giardia intestinalis* (Benayada, 2012)

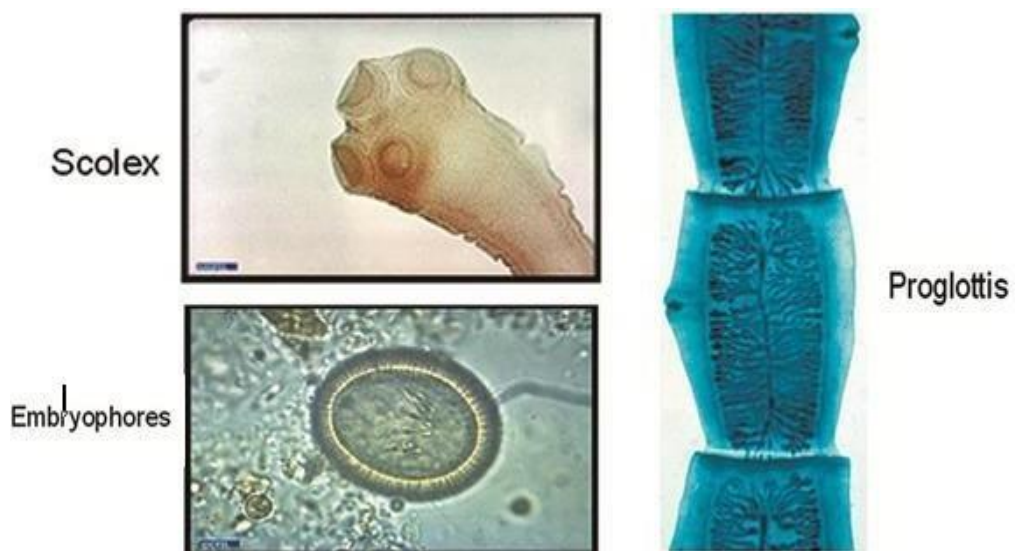


Figure 12 : Représentation microscopique du *Ténia Saginata* (ANOFEL, 2014)

II.3.3. Virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligatoires de très petite taille, qui ne peuvent se multiplier que dans leur cellule hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin contrairement aux bactéries (Hamek et Mokrane, 2018). L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (Fournier et Quilici, 2002 ; et Dutta et al, 2013).

Les principaux virus responsables de pathologie liée à l'ingestion de l'eau contaminée sont présentés dans le tableau 5 et les figures 13, 14,15, 16, 17 et 18 suivantes :

❖ Quelques virus présents dans les eaux

- Entérovirus

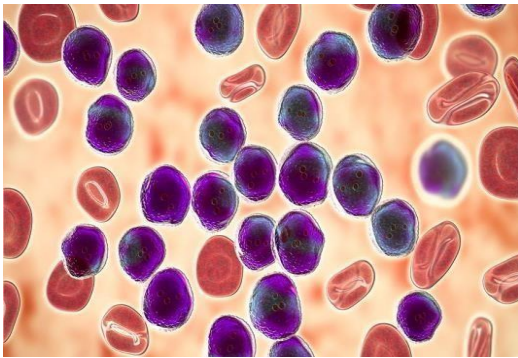


Figure 13: Virus de l'Hépatite A (Lataud, 2015)

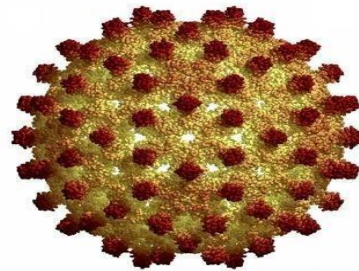


Figure 14 : Virus de l'Hépatite B (Lataud, 2015)



Figure 15 : Virus de l'Hépatite C (Lataud, 2015)

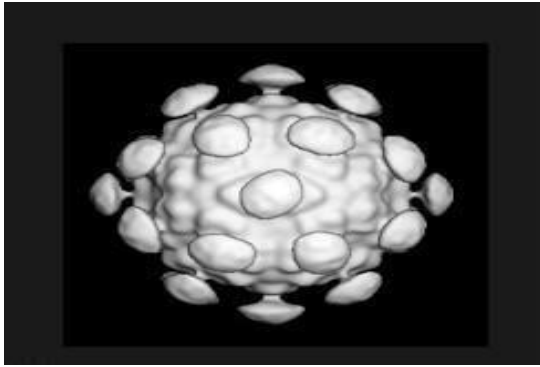


Figure 16: *Astroviridae (Calcivirus)*
(Andrew M Q et al, 2011)

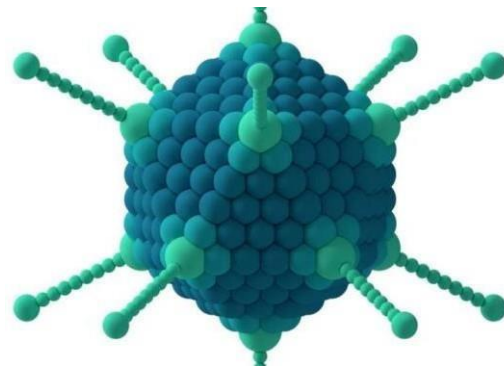


Figure 17: *Adénovirus (Mastadénovirus)*
(Graciano, 2019)

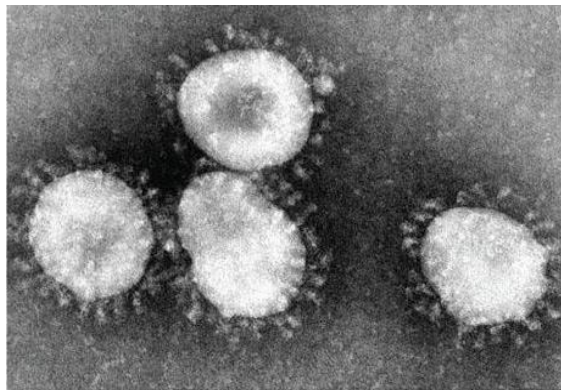
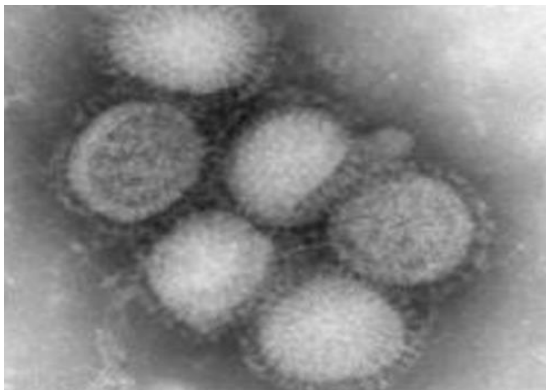


Figure 18 : Virus H1N1 (gauche) et Coronavirus humain (droite) observé au microscope électronique. (Swan, 2014 et Segondy, 2020).

Tableau 05: Principaux virus responsables de pathologie liée à l’ingestion de l’eau contaminée (Rejsek, 2002).

| Famille | Genre | Espèce | Maladies provoquées | Contamination |
|-----------------------|----------------|---|---|---|
| Picornaviridae | Entérovirus | Virus de poliomyélite Virus Cocksackies A Virus Cocksackies B Echovirus Virus de l’hépatite | Poliomyélite, paralysie, méningite. Méningite, infection respiratoire Myocardite, éruption cutanée Méningite, infection respiratoire Hépatite infectieuse | Ingestion Ingestion Ingestion Ingestion Ingestion |
| Reoviridae | Rotavirus | Rotavirus humains | Gastro-entérite | Ingestion |
| Calciviridae | Calcivirus | Calcivirus humains Virus de Norwalk Virus de l’hépatite E Astrovirus | Gastro-entérite Gastro-entérite Gastro-entérite Hépatite infectieuse | Ingestion Ingestion Ingestion |
| Adenoviridae | Mastadénovirus | Adénovirus | Gastro-entérite, Pharyngite, Conjonctivite | Ingestion et contacte |
| Coronaviridae | Coronavirus | Coronavirus humains Coronavirus like | Entérocolite Gastro-entérite | Ingestion Ingestion |
| Papoviridae | Papillomavirus | Papillomavirus humains | Verrues | Contacte |

II.4. Principaux facteurs influant la transmission des MTH en Algérie

Les principaux facteurs influant la transmission des MTH en Algérie sont (**Khoumeri et Berrouane, 2018**) :

- ✓ La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des connexions entre les réseaux d’approvisionnement en eau potable (AEP) et l’assainissement.
- ✓ L’accroissement des besoins en eau qui est liée d’une part à une forte poussée démographique et d’autre part au développement économique et industriel.
- ✓ Les facteurs sociaux, comme l’exode rural massif des populations, la multiplication autour de grandes villes du pays: Alger, Tizi-Ouzou, Annaba, Constantine, Oran
- ✓ Urbanisation anarchique.
- ✓ La dégradation de l’environnement.

II.5. Programme national de lutte contre les MTH

Plusieurs facteurs ont permis l’éclosion de nombreux foyers endémo-épidémiques des MTH et la multiplication de nombreux processus épidémiques de typhoïde et de choléra durant les saisons estivales. Devant cette grave situation épidémiologique, le gouvernement a mis en place dès 1987 un programme national de lutte contre les maladies hydriques.

Ce programme comprend des actions relevant du secteur de l’hydraulique (réseau de distribution et d’assainissement, épuration des eaux..), des actions qui doivent être menées par les services de santé (surveillance épidémiologique, contrôles systématiques des aliments et de l’eau de boisson) et des actions qui sont prises en charge par les communes (entretien et protection des ouvrages d’adduction d’eau, l’assainissement et le control des puits (**Khoumeri et Berrouane, 2018**)).

Chapitre III. Matériel et méthodes

III.1. Objectif d'étude

La qualité biologique de l'eau est la première préoccupation de santé publique à l'échelle mondiale et, vu que les principaux risques sanitaires à court terme liés à l'eau sont généralement d'ordre infectieux, alors notre présente étude s'inscrit dans le cadre de la vérification de la qualité microbiologique et parasitologique des eaux destinées à la consommation issues des forages de Boukhalfa de la wilaya de Tizi-Ouzou ; dont les prélèvements ont été effectués dans les deux points de distribution suivant :

- CEM de Boukhalfa
- L'Algérienne Des Eaux (ADE) de Tala Allam.

III.2. Type et durée d'étude

La partie expérimentale de l'étude a été réalisée au sein du laboratoire de traitement des eaux, relevant de la faculté des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou. Dans notre travail, le prélèvement des échantillons d'eaux s'est effectué durant la période allant du 18-04-2021 au 18- 06-2021, il s'agit d'une étude descriptive transversale.

III.3. Zone d'étude

Le site des forages est localisé dans la wilaya, daïra et commune de Tizi-Ouzou au niveau de l'Oued Sébaou ; située à 04 km du chef-lieu de wilaya et se trouve au nord-ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Un vaste bassin versant de 2900 Km² avec un exutoire principal représenté par l'Oued Sébaou, s'écoulent du sud est vers le nord-ouest sur une distance de 75 Km (figure19). L'apport annuel moyen enregistré est de l'ordre de 750 millions de mètres cube/an. D'une capacité de 500 m³/j d'eau potable produite, il permet l'alimentation en eau potable des habitants des communes frontalières, entre autres Boukhalfa, Tala Allam ; Sidi Naaman et Mdouha.



Figure 19: Image satellitaire de site des forages de Boukhalfa

Notre étude s'est initiée, par des prélèvements successifs sur différents points de distribution des eaux de consommation à Boukhalfa ; plus exactement au niveau de l'établissement du CEM de Boukhalfa et au niveau de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de Tala Allam (figure 20).



Figure 20: Point de prélèvement : CEM de Boukhalfa ; ADE de Tala Allam

III.4. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon est une opération très délicate à laquelle un grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques de l'eau (**Benaouira, 2017**). Pour obtenir un échantillon d'eau représentatif, les conditions suivantes doivent être respectées (**Berrouane et Khoumeri, 2018**) :

- Sélectionner convenablement le point d'échantillonnage
- Respecter strictement les procédures d'échantillonnage
- Une fois fini, conférer une conservation adéquate de l'échantillon.

III.5. Matériels utilisés

III.5.1. Verreries

Avant chaque utilisation, des bouteilles en verre de 500ml, des tubes à essai, des béchers ; doivent être soigneusement lavés, rincés, séchés et stérilisés au four Pasteur à 180 °C pendant 15 à 30 minutes; afin d'être utilisés pour le prélèvement.

III.5.2. Appareillages et outils

- Bec benzène
- Autoclave marque (Wisd)
- Agitateur
- Four pasteur de marque (nuve).
- Spectrophotomètre marque (Biotech engineering Management CO.LTD). (UK)
- Microscope optique marque (OPTIKA)
- Etuves réglées à 22 °C 44 °C marque (nuve).
- Etuve réglée à 37 °C marque (J.P. Serlecta)
- Bain-marie marque (Mettler).

III.5.3. Milieux de culture

Des milieux de cultures solides et liquides sélectifs ont été utilisés pour la recherche et l'isolement de différentes flores présentes dans l'eau à analyser.

- Gélose TGEA : Gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure, préconisée pour le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale.
- Bouillon de ROTH : utilisé pour effectuer le test présomptif de recherche et de dénombrement des entérocoques dans les eaux d'alimentation, les produits surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable.
- Bouillon Eva Litsky à l'éthyle-violet: utilisé pour le test confirmatif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux potables par la méthode du nombre le plus probable.

- Bouillon SFB : utilisé pour effectuer l'enrichissement des Salmonelles dans les eaux d'alimentation.
- Gélose glucosée viande foie: utilisée pour le dénombrement des spores de *Clostridia* sulfitoréducteurs dans les eaux (selon le cadre normatif NFT 90-415).
- Gélose Hecktoen (*Salmonella* ; *Shigella*) : utilisée pour l'isolement des salmonelles et des shigelles après enrichissement préalable.

III.5.4. Réactifs utilisés :

- | | |
|---|----------------------|
| - Alun de fer | - Ethanol 95 %. |
| - Sulfite de sodium. | - Huile à immersion. |
| - Colorants de Gram (Violet de Gentiane, Lugol, Fushine). | - Réactif du kovacs |
| | - Chlorure du Fer |

III.5.5. Préparation du matériel

Préparation du matériel nécessaire à savoir : bouteilles stérilisées ; marqueur permanent ; glacière et blocs réfrigérants ; appareil photo. Des flacons de 500 ml en verre sont utilisés, ces flacons ont été soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée. Ils sont ensuite séchés puis fermés et stérilisés à l'autoclave à 121 ± 1 °C durant 15 min.

Le chlore peut au cours du transport, continuer à exercer son action sur les bactéries éventuellement présentes. Il est donc nécessaire d'ajouter dans les flacons de prélèvement avant sa stérilisation quelques gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium pour inhiber l'action du chlore.

III.5.6. Prélèvement de l'eau de robinet

La procédure pour les prélèvements de l'eau des robinets est la suivante (figure 21):

- Se laver les mains;
- Nettoyer le robinet avec du coton imbibé d'alcool à 70 % ou avec de l'hypochlorite de sodium à 100 mg/l; ou le flamber;
- Ouvrir le robinet et laisser couler l'eau pendant 1 ou 2 minutes;
- Collecter l'échantillon d'eau;
- Remplir environ au $\frac{3}{4}$ du volume;
- Marquer le flacon avec le numéro d'échantillon correspondant au point de collecte.

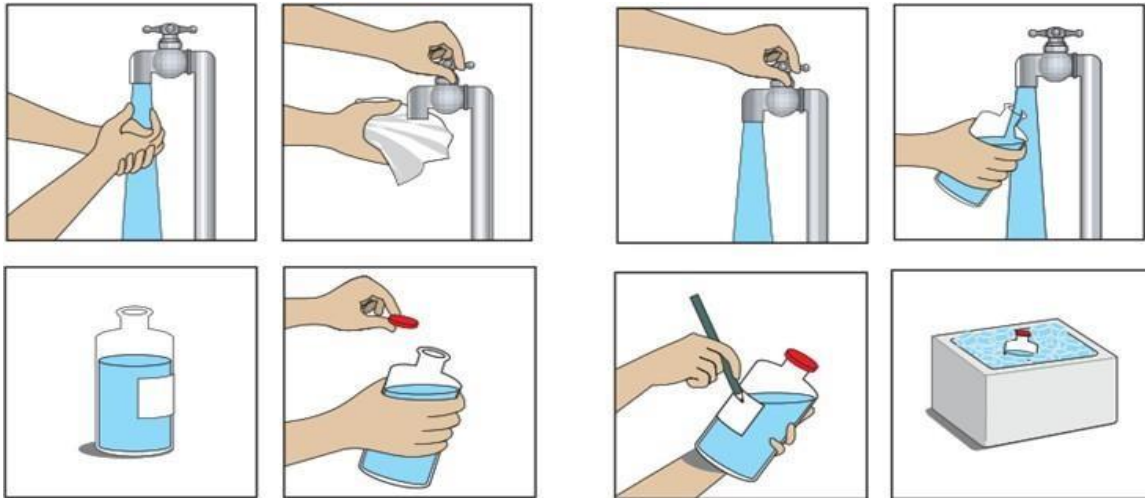


Figure 21 : Technique de prélèvement des eaux de robinet

III.5.7. Conservation et expédition des échantillons

Afin d'obtenir des résultats représentatifs, il est impératif de préserver l'intégrité des prélèvements d'eau entre le moment de l'échantillonnage et l'analyse en laboratoire. Pour ce faire, les échantillons doivent être conservés à l'obscurité et à une température de 4 °C, dans une glacière, en attendant leur acheminement au laboratoire. Les analyses bactériologiques doivent commencer au maximum 24 heures après le prélèvement.

Après prélèvement et transports des échantillons on procède à l'analyse bactériologique et parasitologique qui doit être faite dans les 24h suivant l'échantillonnage.

Les analyses bactériologiques ont été effectuées selon les étapes suivantes :

- Isolement et dénombrement des germes et bactéries à partir des échantillons d'eau prélevés.
- Identification biochimique des bactéries.
- Identification et l'anti-bio résistance des bactéries.

L'analyse bactériologique consiste en la recherche, dénombrement et isolement des germes suivants :

- Les mésophiles aérobies totaux à 22 °C et à 37 °C **ISO 6222**
- Les coliformes totaux **ISO 9308-2** et fécaux **ISO 9308-1**
- Les streptocoques fécaux **ISO 7899-2**
- Les germes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridium) **ISO 6461-2**
- Les salmonelles **ISO 6340**
- Les vibrio sp **ISO 21872-1**

III.6. Analyse bactériologique

Les manipulations sont réalisées dans une zone aseptique près du bec Benzène. Avant de procéder aux analyses des échantillons, tous les milieux de culture et le matériel nécessaire ont été préalablement préparés.

III.6.1. Préparation des dilutions

Avant d'ensemencer les milieux de culture, des dilutions ont été effectués en cascade de 10^{-1} à 10^{-3} . Nous prélevons du flacon contenant d'eau à analyser 1 ml que nous déposons dans un des tubes contenant les 9 ml de l'eau physiologique (figure 22); la première dilution est marquée par le chiffre 10^{-1} , nous homogénéisons le tube par un léger mouvement, puis nous prélevons 1 ml de ce dernier tube pour le mettre dans un deuxième tube contenant également 9 ml de l'eau physiologique ; deuxième dilution marquée par le chiffre 10^{-2} , nous répétons la même action pour obtenir la dilution 10^{-3} . Il faut noter que la pipette ne doit pas entrer en contact, ni avec la paroi des tubes, ni avec l'eau physiologique.

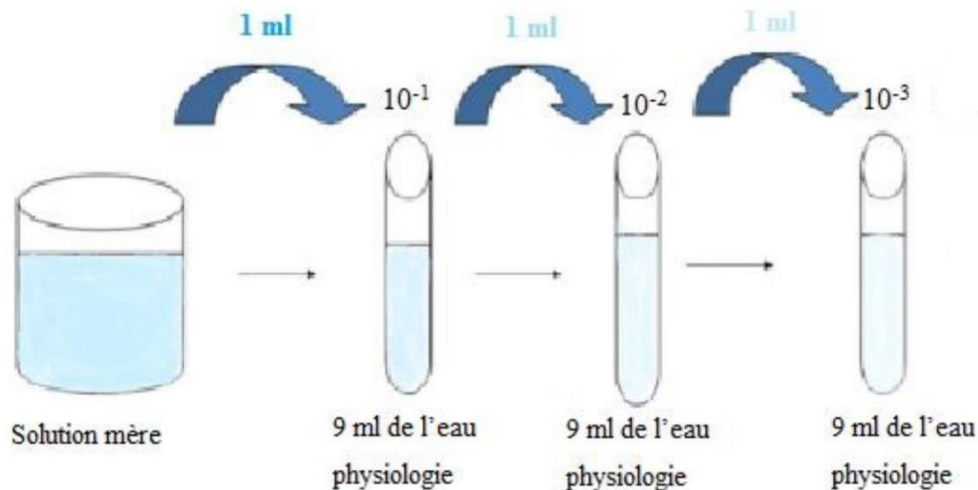


Figure 22: Préparation des dilutions.

III.6.2. Dénombrement des germes revivifiables

A partir de l'échantillon à analyser et de série des dilutions déjà préparées, porter des gouttes dans des boîtes de pétri vides préparées à cet usage et numérotées.

Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 15 ml de gélose TGEA et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier. Retourner les boîtes et incuber une série de boîtes à 37°C et une autre série à 22°C pendant 24h à 48h (figure 23). La lecture se

fait après chaque 24 heures ou on calcule le nombre de colonies formées présentes dans 1 millilitre d'échantillon. Les résultats sont exprimés en nombre de germes par millilitre (germes/ml). (Voir annexe 4).

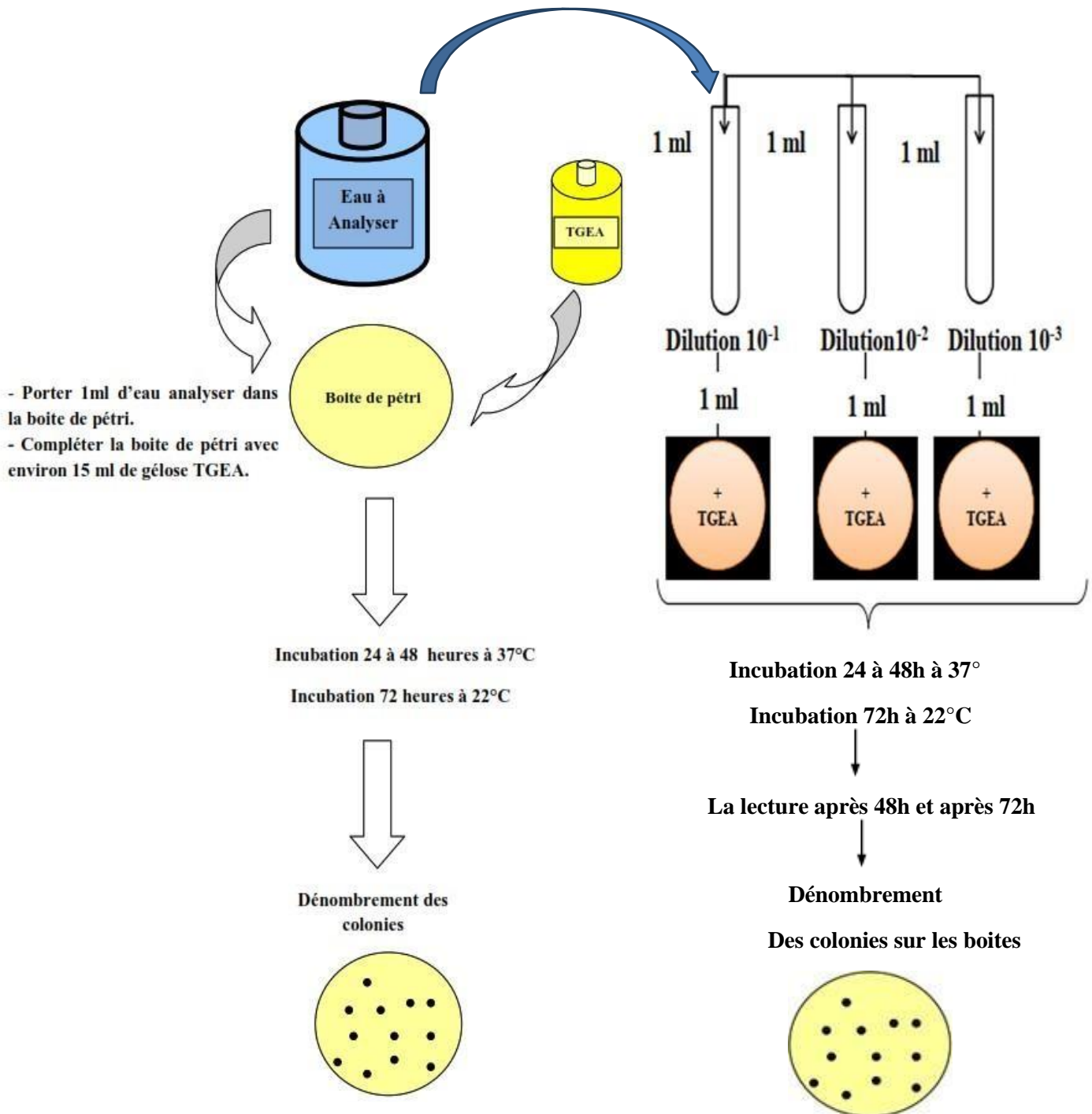


Figure 23: Recherche et dénombrement des germes totaux.

III.6.3. Dénombrement des coliformes totaux et Coliformes fécaux

➤ Test présomptif

A partir de l'échantillon d'eau à analyser, on ensemence 9 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL(S/C) (figure 24), comme suit :

- On ensemence trois tubes contenant chacun 10 ml de milieu BCPL (S/C) muni d'une cloche de Durham avec 1 ml de la dilution 10^{-1} .
- Le même protocole est suivi pour les dilutions (10^{-2}) et (10^{-3}).

On chasse le gaz éventuellement présent dans les cloches et on incube à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs (+) les tubes présentant à la fois un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu). La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de MacGrady NPP (Annexe 1).

Test Présomptif

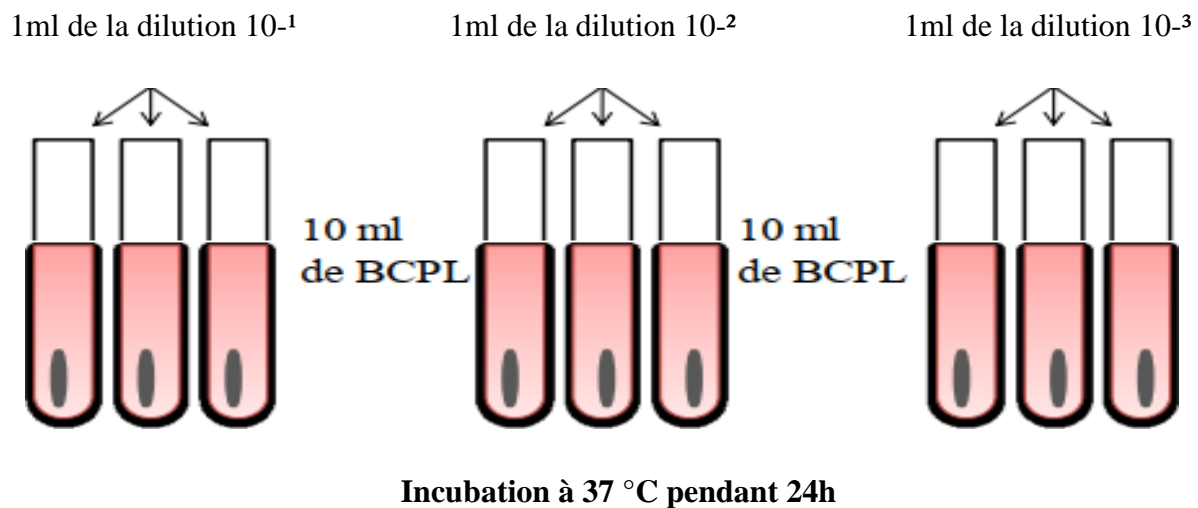


Figure 24: Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux

(Test Présomptif)

➤ Test de confirmation

Après l'agitation prélever de chacun des tubes positifs quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche Durham dont on chasse le gaz éventuellement présent. L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures (figure 25).

Seront considérés comme positifs (+) les tubes présentant à la fois un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et un anneau rouge en surface après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli*. La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table de MacGrady NPP.

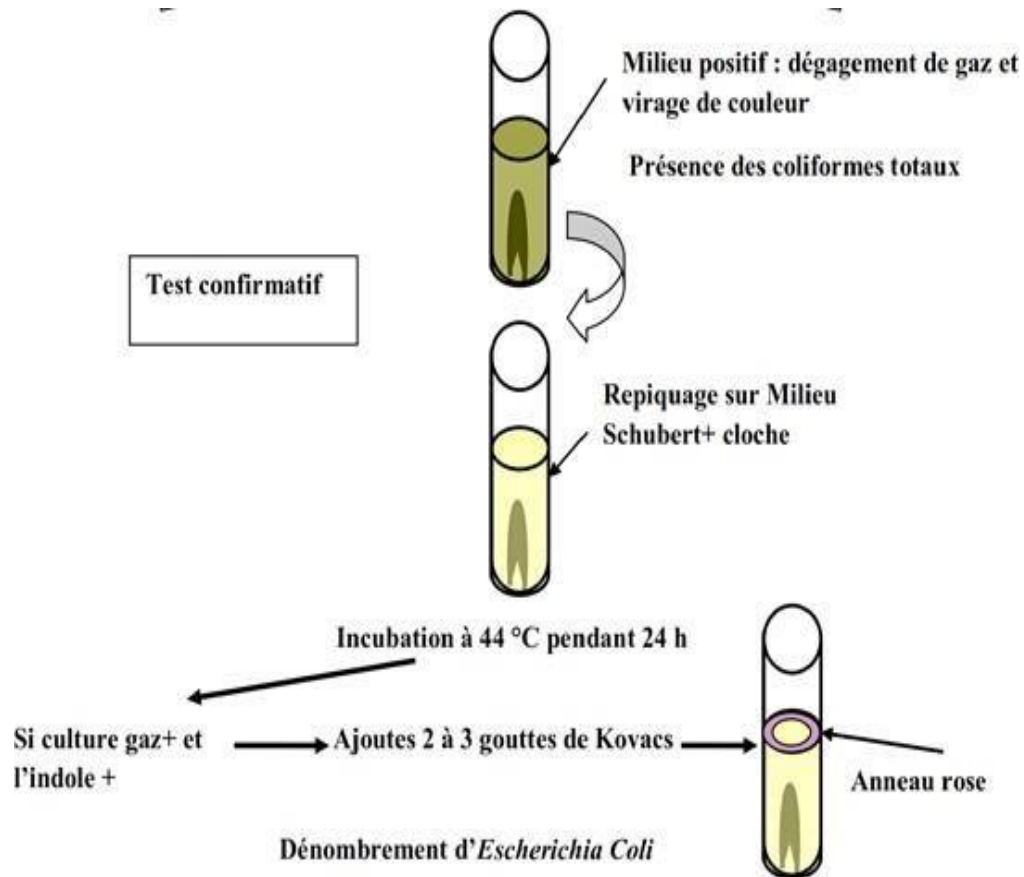


Figure 25: Protocole expérimental de dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (Test de confirmation).

III.6.4. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

➤ Test présomptif

A partir de l'échantillon d'eau à analyser, On ensemence 9 tubes contenant 10ml de milieu ROTHE (S/C) (figure 26), comme suit :

- On ensemence trois tubes contenant chacun 10 ml de milieu ROTHE (S/C) avec 1 ml de la dilution 10^{-1} .
- Le même protocole est suivi pour les dilutions (10^{-2}) et (10^{-3}).

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Sont considérés comme positifs (+) les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir de streptocoque fécal. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe 01.

Test Présomptif

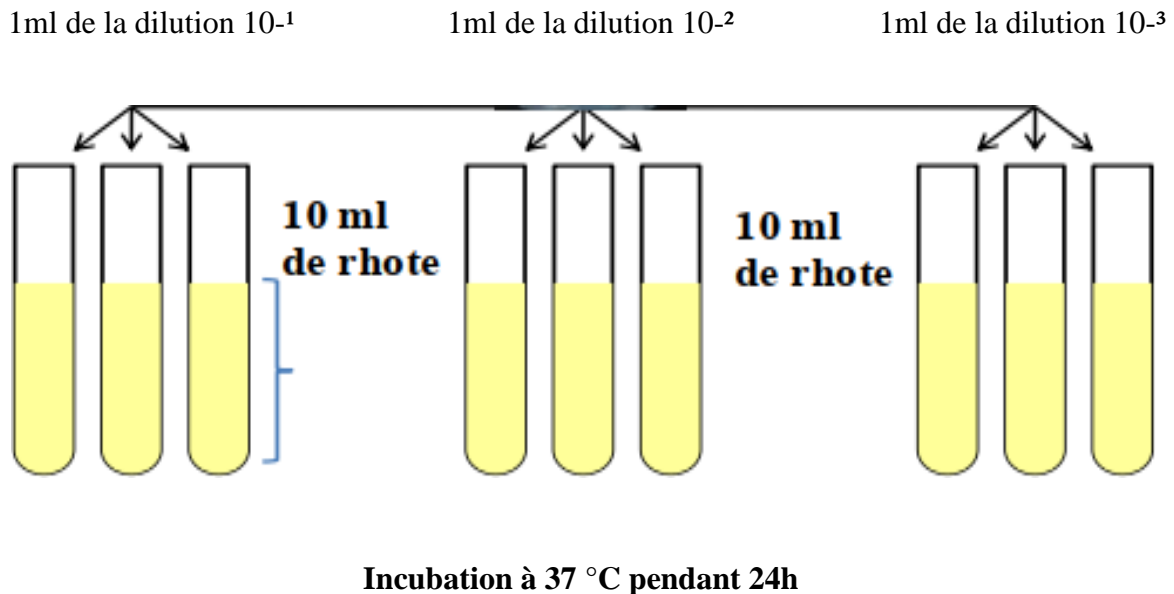


Figure 26: Protocole expérimental de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test Présomptif)

➤ Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Prélever de chacun des tubes de ROTHE positifs après l'agitation quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur, et faire un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 à 48 heures (figure 27).

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois un trouble microbien et une pastille blanchâtre (un dépôt) au fond des tubes. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoques fécaux sont par 100 ml de l'échantillon analysé (Voir annexe 4).

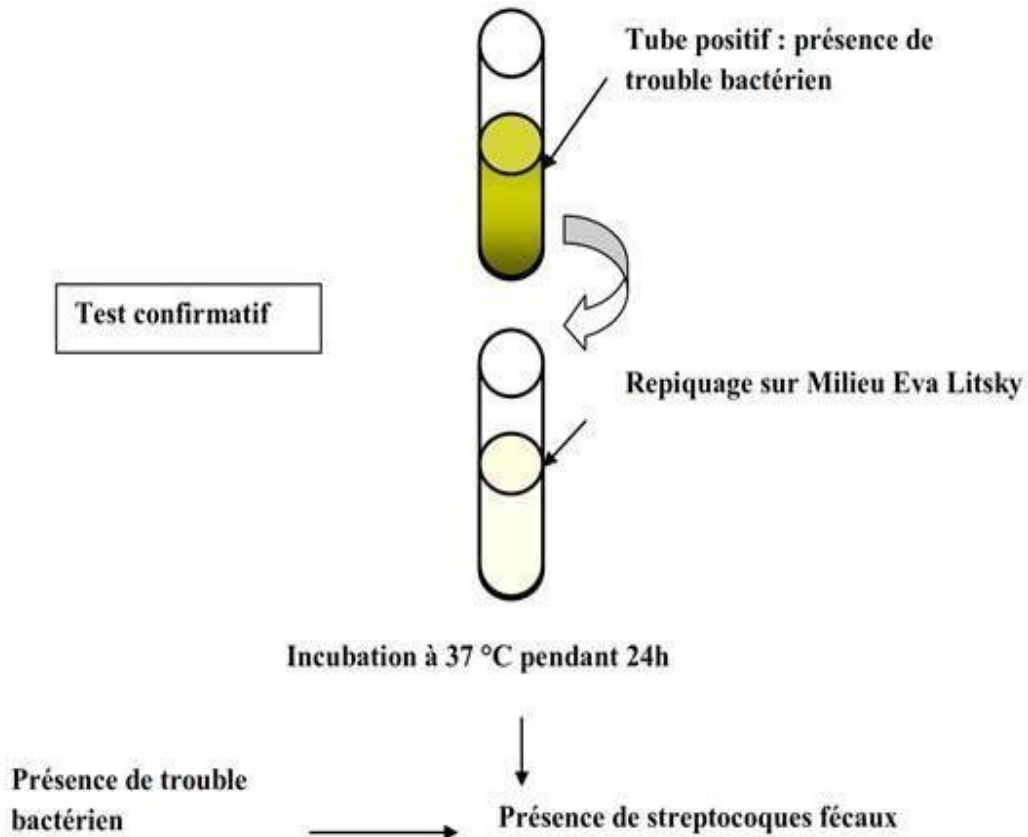


Figure 27: Protocole expérimental de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (Test de confirmation).

III.6.5. Dénombrement des Clostridiiums sulfito-réducteurs

Pour la recherche des Clostridiiums sulfito-réducteurs, il suffit de prendre 20 ml de l'eau à analyser qu'on verse dans un flacon stérile. Ce dernier sera par la suite soumis à un chauffage à 80 °C pendant 8 à 10 minutes pour détruire toutes les formes végétatives (les ASR éventuellement présentes et reste seulement la forme sporulée des bactéries sulfito-réductrices). Après chauffage, il faut refroidir immédiatement le flacon en question, sous l'eau du robinet (choc thermique), répartir ensuite le contenu de ce flacon dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube ; puis ajouter environ 20 ml de gélose viande foie, fondue puis refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$, et 1 ml d'Alun de fer et 4 gouttes de Sulfite de sodium et on couvre par une couche de paraffine pour assurer l'anaérobie. Mélanger avec précaution et doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène. Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (figure 28).

Seront considérés comme positifs (+) les tubes contenant des colonies noires qui correspondent aux clostridiiums sulfito-réducteur. La première lecture doit absolument être faite après 16h d'incubation car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes ; auquel on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi le dénombrement et l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voir 10^{-3} . La deuxième lecture se fera après 24h et la troisième et dernière lecture après 48h . Les résultats sont exprimés par le nombre des clostridiiums sulfito-réducteurs dans 20 ml de l'échantillon à analyser (Voir annexe 4).

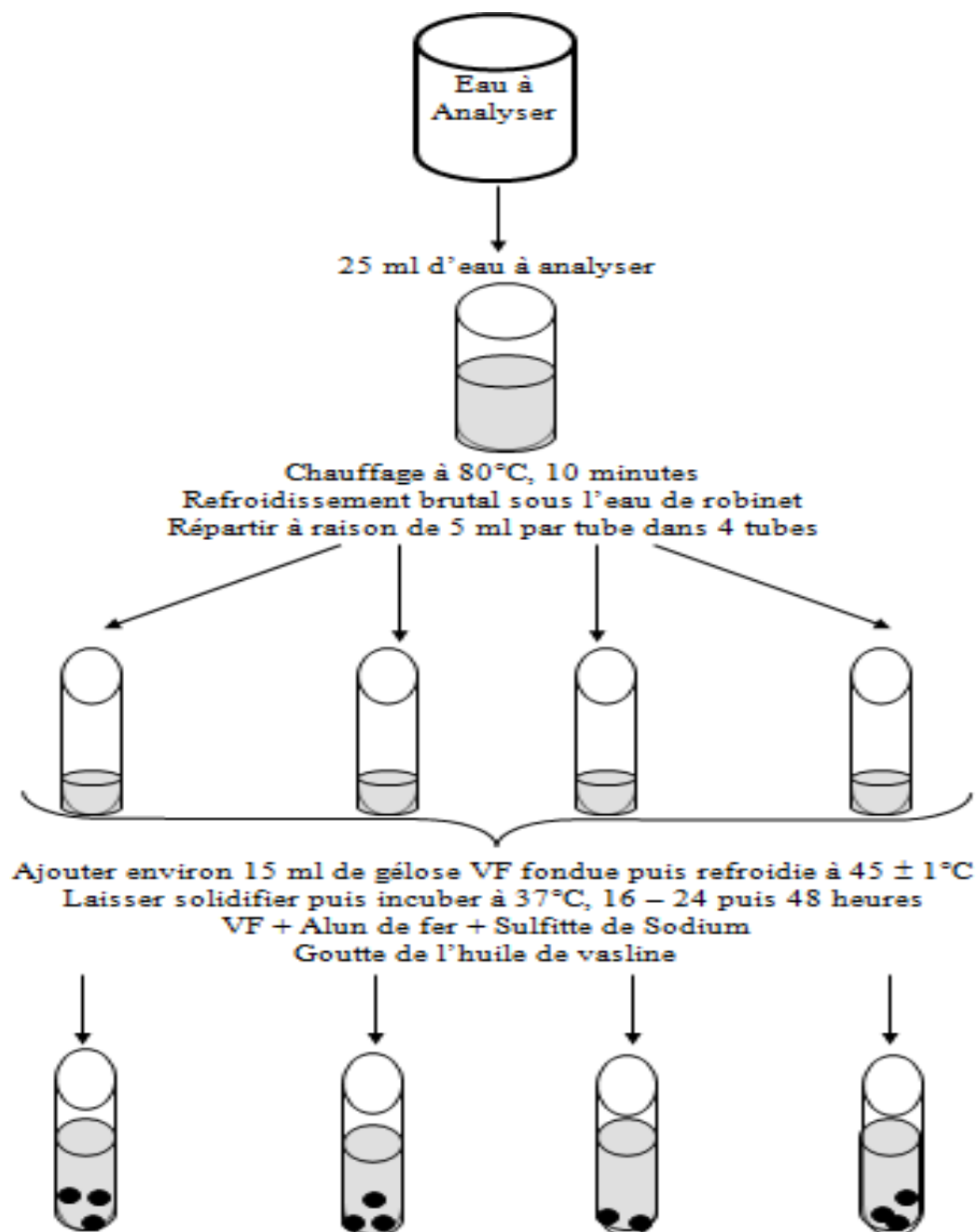


Figure 28: Protocole expérimental de dénombrement des Clostridiiums sulfito-réducteurs.

III.6.6. Recherche des *Vibrio* sp

La recherche des *vibrio* sp passe par deux étapes :

- ✓ **Phase de prélèvement et du pré-enrichissement** : Mettre 450 ml d'eau à analyser directement dans un flacon contenant 50 ml du milieu de culture (EPA concentrée 10 fois). Incuber pendant 24 h à 37 °C (figure 29).
- ✓ **Phase d'enrichissement** : A partir du premier enrichissement (EPA1) on effectue un premier isolement sur gélose GNAB1. On réalise un deuxième enrichissement en portant 1ml de flacon d'enrichissement sur eau peptonée (EPA2). On incube pendant 24 h à 37°C. On effectue un deuxième isolement à partir du deuxième enrichissement sur gélose GNAB2 et on incube pendant 24h à 37°C (figure 29). Les colonies des *vibrio* ont 1 à 1,5 mm de diamètre et sont transparentes, lisses et d'aspect légèrement bombé.

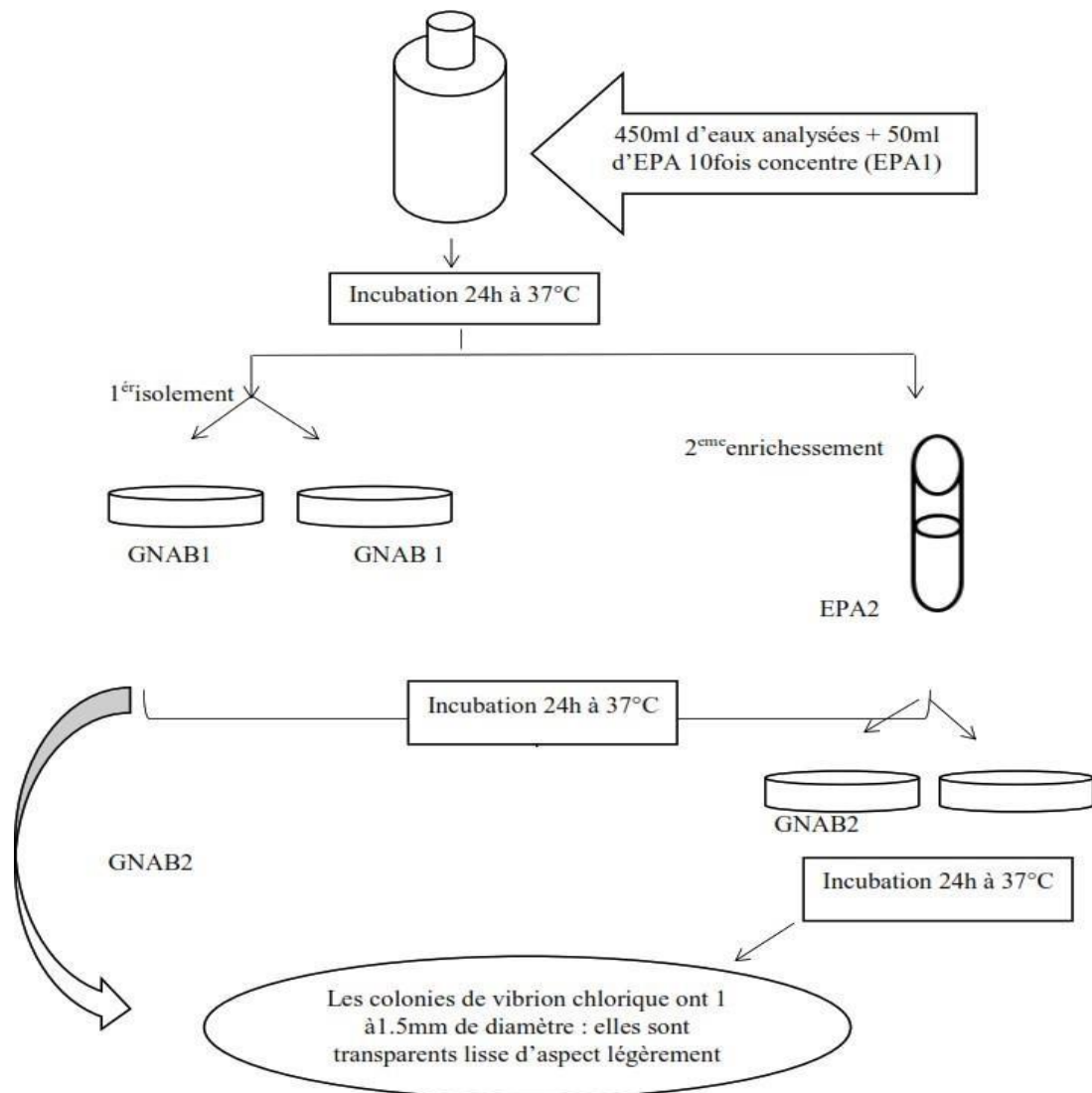


Figure 29: Recherche des *Vibrio* sp

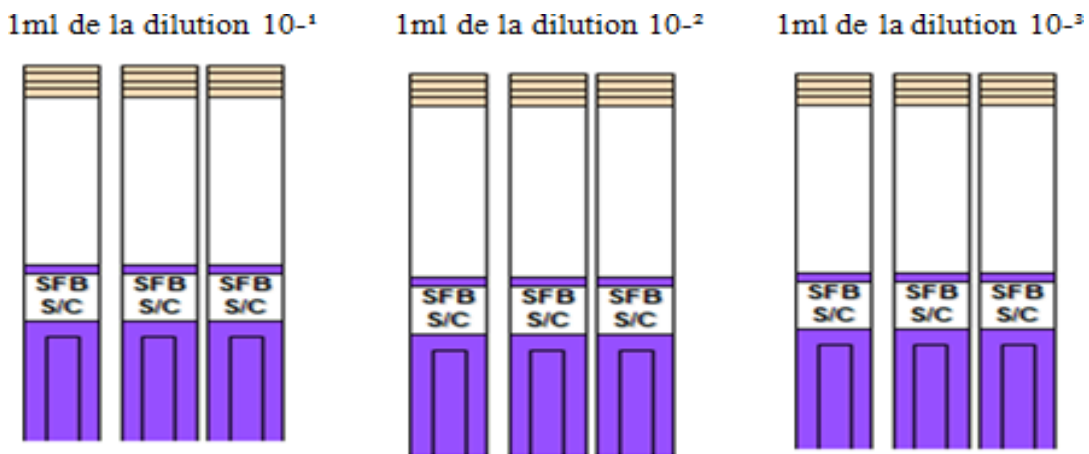
III.6.7. Recherche des Salmonelles

✓ Phase d'enrichissement :

A partir de l'échantillon d'eau à analyser on ensemence 9 tubes contenant 10ml de milieu SFB (S/C) (figure 30), comme suit :

- On ensemence dans trois tubes contenant chacun 10 ml de milieu SFB (S/C), 1 ml de la dilution 10^{-1} .
- Le même protocole est suivi pour les dilutions (10^{-2}) et (10^{-3}).

Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (figure 30). Seront considérés comme positifs (+) les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu en jaune.



Incubation à 37°C pendant 24h

Figure 30: Recherche des salmonelles (enrichissement)

✓ Phase d'isolement :

A partir des tubes positifs (+) effectuer un isolement sur deux boîtes d'Hektoen. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h (figure 31). Sur Hektoen, les colonies de salmonelles sont de tailles moyennes, lisses colorées en vert (couleur du milieu) avec un centre généralement noir exprimé par 100 ml.

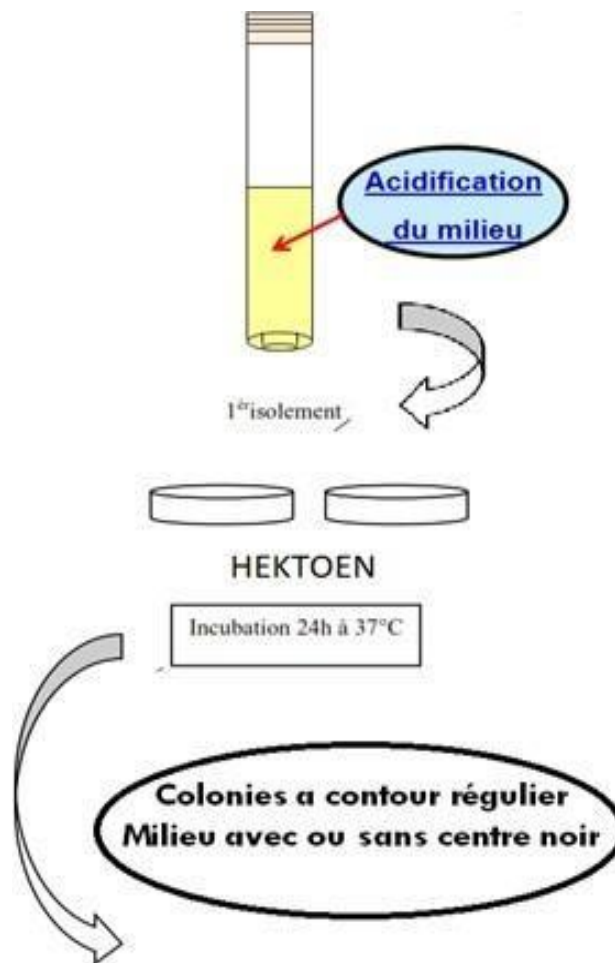


Figure 31: Recherche des *salmonelles* (isolement)

III.7. Identification des bactéries

L'identification est basée sur la détermination des caractères morphologiques et biochimiques :

- Etude macroscopique.
- Etude microscopique.
- Etude biochimique.

III.7.1. Etude macroscopique

Cette technique consiste à effectuer une observation à l'œil nu des colonies des souches bactériennes isolées afin de déterminer les caractères suivants :

- | | |
|---------------|-----------|
| - Forme | - Surface |
| - Relief | - Opacité |
| - Contour | - Couleur |
| - Consistance | - Centre |

III.7.2. Etude microscopique

L'arrangement spécifique des bactéries et la composition pariétale de ces dernières. Pour cela on procède à l'établissement d'un frotti bactérien comme suite :

III.7.2.1. Coloration de Gram**1. Prélèvement**

- A partir d'une culture liquide : prélever un aliquote de suspension à l'anse (ou à la pipette stérile) après avoir homogénéisée le milieu.
- A partir d'un milieu solide : réaliser une suspension en eau physiologique à partir d'une culture jeune et prélever un aliquote de suspension à l'anse de platine (ou à la pipette stérile).
- A partir de produits alimentaires ou biologiques : prélever un aliquote du produit (Dilué ou non) à l'anse (ou à la pipette stérile) après avoir homogénéisée le milieu.

2. Réalisation du frottis

Etaler sur 1 à 2 cm par un mouvement circulaire en partant du centre de la lame. Le frottis réalisé doit être :

- MINCE et HOMOGENE, étendu sur la lame sans toucher les bords.
- Réalisé sur une lame propre et dégraissée, une goutte d'eau déposée en surface doit s'y étaler complètement.

3. Séchage

A la température du laboratoire, si possible ou bien à chaleur douce : platine chauffante à 37°C ou au-dessus de la veilleuse du bec benzen, à hauteur suffisante. Ne jamais chauffer brutalement.

4. Fixation

Le but de cette étape est de tuer les bactéries, fixer leur structure cytologique et les faire adhérer à la lame soit par chaleur ou par l'utilisation d'alcool.

- Fixation par la chaleur :

Cette méthode est utilisée seulement pour les frottis effectués à partir de cultures bactériennes. On fait passer la lame-frottis situé sur le dessus dans la flamme chauffante, lentement 3 à 4 fois de suite (attention de bien tenir la lame avec une pince) et laisser refroidir.

- Fixation par l'alcool :

Cette méthode par contre est utilisée quel que soit le produit traité. On Recouvre la lame pendant 5 min avec de l'alcool puis rincer à l'eau déminéralisée et égoutter le frottis avant coloration.

5. Coloration de gram

La coloration de gram (tableau 06) permet de distinguer les bactéries GRAM + des GRAM R (annexe 05) grâce à leurs différences de nature de paroi (**Diakite et Mounkoro, 2015**).

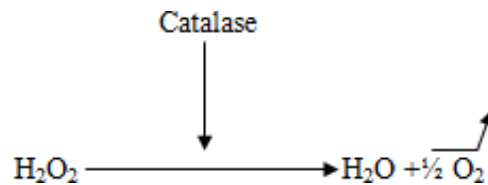
Tableau 06: Coloration de gram

| ETAPES | MODE OPERATOIRE | TEMPS | PRINCIPE |
|------------------------------|--|---------------------------|---|
| COLORATION PRIMAIRE | <ul style="list-style-type: none"> - Recouvrir la lame de crystal violet ou violet de gentiane - Rincer à l'eau distillée et récupérer le cristal violet dans un bêcher (ne pas le jeter dans le bac à coloration) | 1 minute | Le colorant violet pénètre dans les cellules bactériennes |
| MORDANÇAGE | <ul style="list-style-type: none"> - Recouvrir de Lugol - Rincer à l'eau distillée et l'égoutter | 2 fois 45 secondes | Il se forme un complexe chimique entre le violet et le Lugol qui fixe le violet et colore le cytoplasme de toutes les bactéries en violet. |
| DECOLORATION | <ul style="list-style-type: none"> -Tenir la lame inclinée et faire couler pendant quelques secondes de l'alcool à 95° jusqu'à écoulement incolore. - Rincer immédiatement à l'eau distillée et égoutter | 30 Secondes environ | L'alcool dissout le violet de gentiane, si la paroi bactérienne est perméable à l'alcool (les lipides sont dissous par l'alcool), celui-ci pénètre dans les bactéries et décolore leur cytoplasme : les bactéries deviennent incolores. Si les bactéries ont une paroi imperméable à l'alcool (épaisse et sans lipides), elles restent colorées en violet et elles sont dites GRAM + ou positif. |
| COLORATION SECONDAIRE | <ul style="list-style-type: none"> - Recouvrir la lame de fuschine - Rincer à l'eau distillée | 1 minute | La fuschine recolore en rose les bactéries précédemment décolorées : les bactéries Gram R ou négatif. |
| SECHAGE | -Egoutter entre 2 morceaux de papier-filtre et laisser sécher | | |

III.7.3. Etude biochimique

III.7.3.1. Test de la catalase

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes, aéro-anaérobies facultatives. La fonction principale de la catalase dans les cellules est de prévenir l'accumulation de niveaux toxiques de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) formé au cours des réactions d'oxydation. Cette enzyme catalyse la conversion du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène qui se dégage selon la réaction (Singleton, 2005).



Sur une lame propre, on dépose une colonie prélevée à l'anse à laquelle on ajoute une goutte d'eau oxygénée et on observe immédiatement le résultat (figure 32) :

- L'apparition de bulles d'air (dégagement d'oxygène O_2) est le résultat de la dégradation de l'eau oxygéné H_2O_2 en eau H_2O . La bactérie est dite catalase (+) ou possède une catalase.
- L'absence des bulles d'oxygène prouve la non dégradation de l'eau oxygénée H_2O_2 en eau H_2O , et la bactérie est dite catalase (-), ou ne possède pas de catalase (Annexe 6).

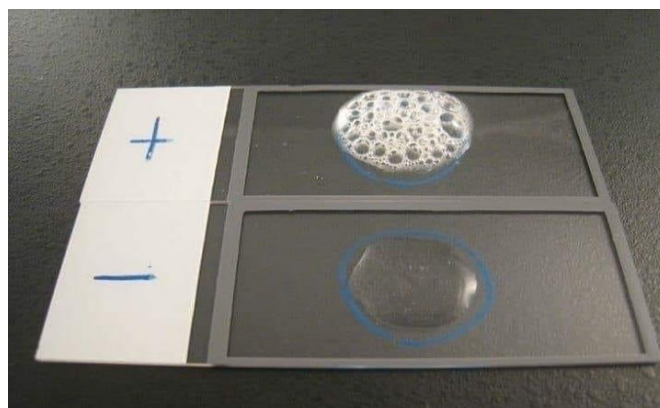


Figure 32 : Test de la catalase

III.7.3.2. Test de Mannitol-mobilité

Le Mannitol est un polyalcool dont la dégradation conduit à la formation du fructose qui est lui-même dégradé en acides à chaînes courtes. Le milieu Mannitol-mobilité permet de rechercher simultanément la mobilité et l'utilisation du Mannitol. Les bactéries mannitol (+) acidifient le milieu qui vire au jaune (virage d'un indicateur coloré : le rouge phénol) (figure 33), et du fait de la faible teneur en agar du milieu (gélose molle), les bactéries mobiles peuvent s'y déplacer (Singleton ; 2005).

Le test se fait par ensemencement du milieu par piqûre centrale jusqu'au fond du tube avec la souche à tester à l'aide d'une anse de platine (fil droit). L'incubation se fait à 37 °C durant 18 heures. La souche est Mannitol(+) s'il y a acidification du milieu, traduit par l'apparition d'une coloration jaune ; par contre si la souche est Mannitol (-) le milieu reste rouge (pas d'acidification).



Figure 33 : Test de mannitol

Caractère mobilité se traduit par la répartition des colonies dans toute la gélose si les bactéries sont mobiles ou bien elles se développent uniquement dans la piqûre centrale dans le cas où elles sont immobiles (figure 34).

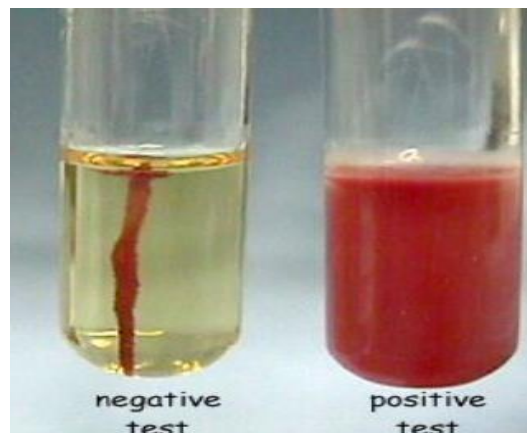


Figure 34 : Test de mobilité

III.7.3.3. Dégradation des trois sucres (milieu Triple Sugar Iron: TSI)

La gélose TSI permet l'identification des entérobactéries par la mise en évidence rapide de la fermentation du lactose, du glucose (avec ou sans production de gaz) du saccharose et de la production du sulfure d'hydrogène H₂S. Les fermentations sucrées se traduisent par une acidification du milieu qui fait virer au jaune l'indicateur ph (rouge de phénol) (Singleton, 2005). La pente du milieu TSI est ensemencée par stries serrées et le culot par pique centrale, et incubation à 37°C pendant 24 h, capsules desserrées de manière à favoriser les échanges gazeux. Les résultats sont traduits par :

- Fermentation de glucose : culot jaune (glucose fermenté glucose (+)), pas de virage de couleur ; lactose et saccharose non fermentés (lactose et saccharose (-))
- Production d'H₂S ; formation d'une coloration noire entre le culot et la pente ou le long de la pique (Figure 35).

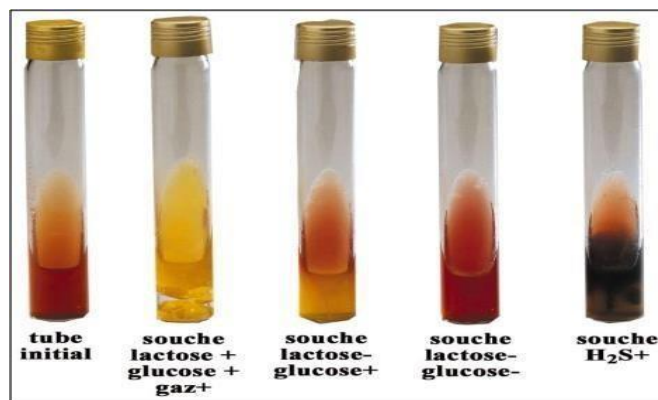


Figure 35 : Test de TSI (Triple Sugar Iron)

III.7.3.4. Recherche de l'indole

Il existe des acides aminés qui peuvent être décomposés selon des réactions métaboliques particulières, comme le cas du tryptophane. Certaines bactéries dégradent le tryptophane grâce à une tryptophanase formant de l'indole. Après addition du réactif de Kovacs, le diméthyl-amino-benzaldéhyde contenu dans le réactif réagit avec l'indole qui se traduit par un anneau rouge en surface du milieu. La recherche d'indole se fait dans un tube à part, contenant le milieu eau peptonée exempte d'indole, incubé 24 h à 37 °C. La souche est urée (+) s'il y a une coloration rouge, et urée (-) s'il n'y a pas de coloration donc la souche est urée (-), voir la figure 36 (Singleton, 2005).

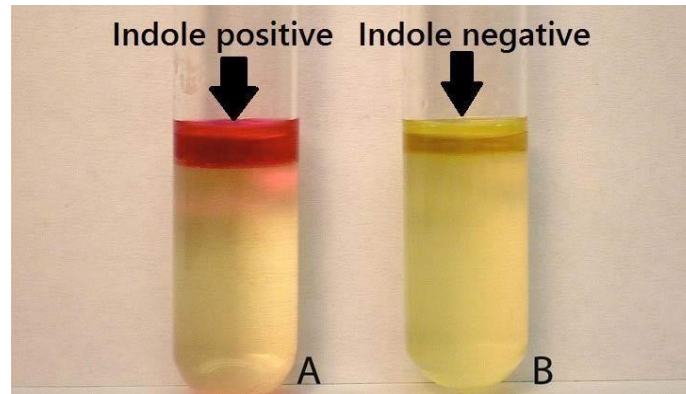


Figure 36: Test d'indole

III.8. Réalisation de l'antibiogramme

L'étude de la sensibilité d'une bactérie vis-à-vis d'un ou de plusieurs antibiotiques consiste en la réalisation d'antibiogramme et surtout à la détermination de la concentration minimale inhibitrice (CMI) qui a toute son importance en médecine. L'antibiogramme en milieu solide est une méthode basée sur le principe de la diffusion de l'antibiotique en milieu gélosé à partir d'un disque imprégné avec une concentration définie de cet antibiotique. Des disques imprégnés des antibiotiques à tester sont déposés à la surface d'un milieu gélosé (milieu de Mueller-Hinton) préalablement ensemencé avec une dilution calibrée de la souche à étudier, ensuite observer les conséquences sur le développement et la survie de celle-ci (Eddara, 2011 et Singleton, 2005).

III.8.1. Technique standardisée

La première étape de la réalisation d'un antibiogramme consiste en un repiquage à partir du milieu sélectif de différentes souches sur milieu BHI (Bain Heart Infusion), et de les incuber à 37°C pendant 18h afin d'obtenir des souches jeunes. Après 18h, il faut réaliser une suspension bactérienne en prélevant à l'aide d'une pipette pasteur stérile une colonie à partir du milieu BHI, puis l'introduire dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Ensuite ajuster l'inoculum à environ 10⁷ UFC par ml correspondant à une densité optique comprise entre 0.08 et 0.1 (l'absorbance à 625 nm) ajuster si nécessaire la DO par prise d'une nouvelle colonie pour concentrer l'inoculum ou par ajout d'un volume d'eau physiologique pour diluer jusqu'à l'obtention de la DO voulue. On plonge un écouvillon stérile dans la suspension ajustée puis on ensemence la boîte en frottant l'écouvillon sur toute la surface de la gélose et en tournant la boîte trois fois afin d'obtenir un tapis de colonies jointives. Déposer les disques

fermement à l'aide d'une pince stérile à la surface de la gélose inoculée. Le contact avec la surface doit être étroit, et les disques une fois déposés ne peuvent être déplacés car la diffusion des antibiotiques est très rapide. Incuber à 37°C pendant 24h. Le diamètre d'inhibition obtenu autour du disque d'antibiotique est comparé à deux diamètres critiques correspondant aux concentrations critiques, ces derniers sont proposés par le comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie (CLSI-2015) (Helsens, 2019). Trois catégories cliniques ont été retenues pour l'interprétation des tests de sensibilité in vitro ; Les bactéries sont ainsi définies comme résistantes, sensibles ou intermédiaires (si le diamètre est compris entre les deux valeurs critiques) (Singleton, 2005):

1. Souche sensible (S)

Les souches catégorisées S sont celles pour lesquelles la probabilité de succès thérapeutique est forte dans le cas d'un traitement par voie générale ou orale.

2. Souche résistantes (R)

Les souches catégorisées R sont celles pour lesquelles il existe une forte probabilité d'échec thérapeutique quel que soit le type de traitement et la dose d'antibiotique utilisée.

3. Catégorie intermédiaire (I)

Les souches catégorisées I sont celles pour lesquelles le diamètre est supérieur au diamètre critique bas et inférieur ou égale au diamètre critique haut.

III.9. Analyses parasitologiques

III.9.1 Matériel et produits utilisés

- Lame porte-objets et lamelles
- Pipettes pasteur
- Lugol à 1%
- Microscope photonique
- Caméra et Logiciel (futur Win Joe)
- Filtre de 0.22 µm
- Appareil de filtration

III.9.2. Mode opératoire

Tout au long de notre étude on a utilisé la méthode de filtration sur membrane, puisqu'elle représente la technique de concentration la plus adéquate ; le dispositif utilisé est de marque «Sartorius» (figure 37), composé d'un réservoir cylindrique en verre gradué de 250 ml, d'un support métallique formant une sorte de cuvette conique dont le bord supérieur reçoit une plaque poreuse destinée à supporter une membrane filtrante. La partie inférieure de la cuvette est prolongée par un tube creux, muni d'un robinet permettant le passage d'une

aspiration par pompe à vide et l'évacuation du liquide filtré, un dispositif d'assemblage des deux pièces précédentes, sous forme d'une pince amovible permet de solidariser le réservoir et le support en évitant toute fuite du liquide contenu dans le réservoir et un matériel de liaison qui relie l'appareil de filtration au dispositif d'obtention du vide. La filtration se fait sur membrane en esters de cellulose, de porosité de 0.22 μm susceptibles de retenir les microorganismes. Déposer cette membrane stérile sur la plaque poreuse et placer l'entonnoir-réservoir au-dessus de la membrane.



Figure 37: Appareil de filtration sur membrane « Sertorius »

Après avoir fixé le dispositif, agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser et verser l'eau stérilement dans le réservoir, et actionner la pompe à vide. Dès que la membrane paraît sèche fermer, prélever la membrane avec une pince. Racler à l'aide d'une anse la surface puis le déposer sur la lame où on a déposé préalablement une goutte d'eau physiologique. Étaler le culot de concentration prélevé tous le long de la lame.

Après avoir étalé le culot de concentration prélevé tous le long de la lame pour une analyse parasitologique sous microscope, on procède à la coloration au Lugol ; cette technique permet de repérer plus facilement les kystes des protozoaires, en soulignant leurs caractéristiques morphologiques. Dans une solution iodée, le cytoplasme des kystes se colore en jaune ou en brun clair et les noyaux en brun foncé (Annexe 7, planches 1 ; 2 et planches 4 ;5).

Au cours de notre analyse on a utilisé un microscope photonique muni d'une caméra qui permet une meilleure visualisation des parasites, ce microscope est connecté à un ordinateur et par un logiciel appelé « futur Win Joe » on est arrivé à enregistrer les images des parasites

trouvés. La lecture se fait aux grossissements ($G \times 10$) et ($G \times 40$) en faisant des mouvements en zigzag (figure 38).



Figure 38 : Microscope connecté à l'ordinateur et la caméra.

Chapitre IV. Résultats et discussion

Résultats et discussion

Afin de déterminer la qualité bactériologique et parasitologique de l'eau de consommation de Boukhalfa ; nous avons procédé aux prélèvements de deux échantillons d'eau destinée à l'AEP provenant de la chaîne de distribution de Boukhalfa à savoir le CEM de Boukhalfa et L'ADE de Tala Allam. Et ce afin de quantifier le risque sanitaire lié à la présence susceptibles des microorganismes pathogènes, et de contrôler l'efficacité des traitements de potabilisation. Les résultats des analyses obtenus révèlent que l'eau de robinet du réseau de distribution de Boukhalfa est impropre à la consommation humaine (eau redoutable).

IV.1. Résultats de l'isolement bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques sont représentés dans le tableau 7 ; que nous avons comparé aux normes algériennes et aux normes de l'OMS qui définissent les concentrations maximales admissibles et la quantité maximale des substances tolérées, étant donné que des teneurs supérieures peuvent porter préjudice pour la santé du consommateur et de l'environnement.

Tableau 07: Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée

| Eau Germes | Prélèvement du 16 /05/2021 | | Prélèvement du 06 /06/2021 | | Norme Algérienne | Norme OMS |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| | CEM (Boukhalfa) | ADE (Tala Allam) | CEM (Boukhalfa) | ADE Tala Allam | | |
| GR à 37 °C | 42 | 80 | 117 | 106 | 10/ml | 20/ml |
| GR à 22 °C | 41 | 158 | 171 | 105 | 10/ml | 100/ml |
| Coliformes Totaux | 0 | 0 | 0 | 0 | <10/100ml | <10/100ml |
| Coliformes Fécaux | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/100ml | 0/100ml |
| <i>Streptococcus sp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/100ml | 0/100ml |
| <i>Salmonella et Shigella</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Clostridium sp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0/20ml | 0/20ml |
| <i>Vibrio sp</i> | 0 | ND | 0 | 221 | 0 | 0 |

ND : non déterminé

Les analyses microbiologiques montrent que cette source est loin d'être contaminée par les rejets industriels, ou urbains, car généralement, les taux de germes indicateurs de pollution, ainsi que les germes pathogènes ne dépassent pas la norme. Sauf dans certains cas où il peut y avoir présence de quelques germes pathogènes (*vibrio sp*), ou de germes de contamination fécale. La numération des germes aérobies mésophiles ou germes totaux, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable, la plupart ne sont pas pathogènes (Boutaba, 2019). Cependant, certaines espèces peuvent être pathogènes opportunistes et causent des infections chez les personnes dont le système immunitaire est affaibli. En effet, la forte concentration en germes totaux génère des problèmes d'ordre organoleptique et sanitaire (Khichane et Khouas, 2019).

Les résultats portés sur le tableau 07 montrent que les teneurs en germes totaux de tous les échantillons sont supérieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne et l'OMS (≤ 10 UFC/ml à 37 °C et ≤ 100 UFC/ml à 22 °C).

Au niveau de CEM de Boukhalfa, le nombre de germes revivifiables à 22°C passe de 41 UFC/ml (prélèvement du mois de Mai) à 171 UFC/ml (prélèvement du mois de Juin) ce qui est peut-être dû à la période estivale ; diminution du niveau d'eau et donc augmentation des risques de contamination. Par contre au niveau de l'ADE de Tala Allam nous avons remarqué que le nombre de germes passe de 158 UFC/ml à 105 UFC/ml.

Pour les germes mésophiles à 37 °C, les concentrations passent de 42 UFC/ml au mois de Mai à 117 UFC/ml au mois de juin pour le CEM; par contre au niveau de l'ADE les concentrations enregistrées varient de 80 UFC/ml au mois de Mai à 106 UFC/ml pour le mois de juin. On peut déduire donc que la consommation de ces eaux peut engendrer des risques sur la santé des consommateurs.

Pour les coliformes totaux et fécaux, les concentrations est de 0 UFC/100ml dans le CEM de Boukhalfa et l'ADE de Tala Allam et sont conformes aux normes algériennes et OMS.

La présence des *streptocoques fécaux* doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation. Nos résultats montrent l'absence totale des streptocoques fécaux et totaux dans tous les échantillons. Ce qui confirme l'absence de la contamination fécale. Par ailleurs, nous avons constaté que les résultats d'analyses concernant les salmonelles sont négatifs dans l'ensemble des compartiments étudiés.

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont des témoins d'une pollution ancienne ; plus difficilement tués par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection ; les résultats révèlent l'absence totale des colonies noires dans l'ensemble des

tubes des échantillons d'eau analysée ce qui confirme l'absence total des CST.

En ce qui concerne les *vibrio sp* ; les résultats obtenus sont négatifs (0 UFC/ml) au niveau de CEM de Boukhalfa par contre les teneurs en *vibrio* dans les échantillons de Tala Allam sont supérieurs aux normes prescrites par les normes Algériennes et l'OMS, ils sont indénombrables au mois de Mai et de l'ordre de 221 UFC/ml au mois de Juin. L'eau de nos échantillons n'est pas conforme aux réglementations Algériennes et Européennes qui stipulent qu'une eau destinée à la consommation humaine doit être exempte des germes pathogènes comme les *salmonelles* ; les *shigelles* et *vibrios sp* dans 100 ml d'eau, ce qui rend notre eau impropre à la consommation car elle peut provoquer de graves maladies (ex : choléra).

Enfin, les résultats de l'analyse microbiologique ont montré que l'eau destinée à la consommation humaine de la ville de Tizi-Ouzou (chaîne de Boukhalfa) renferme des germes de contamination et quelques germes pathogènes , ce qui ne répond probablement pas aux normes Algériennes, de l'OMS et des différentes organisations internationales de la santé. En effet, l'examen bactériologique est le moyen le plus sûr pour détecter les pollutions récentes ou anciennes et d'apprécier par conséquent la qualité de l'eau du point de vue sanitaire.

IV.2. Résultats de la galerie biochimique

Dans le tableau 8, nous avons énuméré les résultats des essais de l'antibiorésistance des souches des *vibrios sp* isolées.

Tableau 08 : Résultats de la galerie biochimique des *vibrios sp*

| Test | | Résultats |
|-------------------|------------------|---|
| Aspect de colonie | | Bambée lisse transparente de 1 à 1.5 mm de diamètre |
| Mannitol–mobilité | Mannitol | - |
| | Mobilité | - |
| Catalase | | + |
| TSI | Glucose | - |
| | Saccharose | - |
| | Lactose | - |
| | H ₂ S | - |
| | Gaz | - |
| L'indole | | - |

Les résultats obtenus révèlent quelques caractéristiques biochimiques des *vibrio sp* isolées au niveau de CEM de Boukhalfa et de l'ADE de Tala Allam tels que le test de la catalase, de l'indole, mannitol mobilité et le TSI.

La souche est catalase positive (+) car elle produit une réaction d'oxydation (formation de l'eau oxygénée H_2O_2 à partir de l'eau H_2O), elle est Indole (-) ; Mannitol mobilité(-) et TSI (-). Cela affirme que la souche ne produit pas du tryptophane à partir d'Indole coexistant dans le milieu Urée Indole. Elle ne dégrade pas le mannitol du milieu (pas de formation du fructose), le milieu reste basique avec une forte teneur en Agar du moment que la bactérie est immobile. En ce qui concerne le milieu TSI ; la bactérie n'a pas dégradé le glucose ni le lactose, le saccharose non plus ; le milieu ne s'acidifie pas ; il n'y a pas non plus de dégagement gazeux ni la production d' H_2S .

IV.3. Résultats de l'Antibiorésistance

Dans le tableau 9, nous avons énuméré les résultats des essais de l'antibiorésistance. Les distributions de diamètres d'inhibitions sont présentées dans l'annexe 03.

Tableau 09: Détermination des profils de sensibilité des antibiotiques des *Vibrios sp*

| Milieux | Famille | ATBs | Diamètres observés (mm) | Normes CLSI-2015 | Résultats |
|------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-----------|
| L'ADE Tala Allam (Boukhalfa) | Quinolones | Ofloxacin | 22 | 16-22 | S |
| | Phénicolés | Chloramphénicol | 11 | 12-18 | R |
| | Céphalosporine | Céphalotine | 6 | ND | R |
| | β -lactamines | Ampécilline | 6 | 13-17 | R |
| | Aminoside | Tobramycine | 20 | 14-16 | S |
| | Aminopénicilline | Amoxicilline | 6 | 13-18 | R |
| | β -lactamines | Cefoxitine | 6 | 14-18 | R |
| | Céphalosporine | Cefotaxime | 6 | 22-26 | R |
| | Polymyxines | Colistine sulfate | 6 | / | R |

R : Résistant ; S : Sensible ; ND : non déterminé

D'une manière générale, plus le diamètre de la zone d'inhibition de la croissance sera faible plus la souche sera résistante à l'antibiotique testé. Au contraire, plus le diamètre de la zone d'inhibition de croissance sera grand, plus la souche sera sensible à l'antibiotique. En étudiant les diamètres d'inhibition ; la souche bactérienne isolée (*vibrio sp*) des eaux de consommation de la chaine de Boukhalfa est résistante aux **Céphalosporines, β -lactamines, polymyxines** et aux **Aminopénicillines** et ça est dû à l'absence de la zone d'inhibition autours des disques d'antibiotiques.

En outre, la présence de différentes zones d'inhibition de 20 à 22 mm autour des disques d'antibiotiques révèle la sensibilité de notre souche bactérienne vis-à-vis les **Quinolones** et les **Aminosides**. Par contre la présence d'une zone d'inhibition de 11mm autour de disque qui contient les **phénicolés** prouve que la bactérie (*vibrio sp*) est résistante d'après les normes de CLSI qui indiquent que la souche est résistante lorsque le diamètre de la zone d'inhibition est inférieur à 12 mm.

Dans ce contexte, la maîtrise des bactéries multi résistantes des eaux reste un enjeu de santé publique dans notre pays, car ces souches bactériennes sont à l'origine de nombreuses infections. Il est important de mettre en place un système de surveillance et de suivi de la qualité microbiologique de ces eaux.

Le taux des germes revivifiables obtenus dans notre étude est 86.50 UFC/ml à 37 °C et de 118.75 UFC/ml à 22 °C, plusieurs études ont rapporté des taux différents au fil des années. Makhloufi et Abdelouahid (2011) ont rapporté un taux de 15.09 UFC/ml à 37 °C et un taux de 10,31 UFC/ml à 22 °C pour les eaux de consommation de Debdaba à Bechar. En revanche, H Bousbia et A Biad (2018) ont annoncé un taux de 52 UFC/ml à 37 °C et 23UFC/ml à 22 °C à la région de Tassoust-Jijel. Tandis que Boutaba I A (2019) a annoncé un taux de 14.73×10^3 UFC/ml de germes totaux dans l'eau embouteillée de la marque Guedila (Biskra). Bendaoud K et Lassoued F (2019) ont obtenus des résultats de l'ordre de 10 UFC/ml à 37 °C au niveau de Tiksebt El Oued. D'après Ben Mammarm S et Bougoufa S (2017) le dénombrement des germes totaux est de l'ordre de 182.9 UFC/ml dans l'eau de consommation à Bordj Bou Arreridj. Le nombre des germes obtenus lors de l'analyse des eaux des quatre quartiers de la ville de Biskra établie par Soudani S en 2016 est de 2 UFC/ml au niveau de Cors, 3 UFC/ml à l'ancien Biskra, 1 UFC/ml cité l'oued et absence totale de germes à Alia Nord.

La flore revivifiable isolée par Ghaleb Z et Mokrani K (2018) est de 2.9×10^7 UFC/ml à 22 °C et de 3.05×10^4 UFC/ml à 37 °C à Boukhalfa (Tizi-Ouzou). Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux de l'eau souterraine dans la région Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj réalisées par Benkhadra N et Kahoul S en 2017 sont de l'ordre de 189.2 UFC/ml. Les germes totaux identifiés par Hamel L A en 2013 à sidi Bouyashak (Tlemcen) sont de 81 germe/ml à 22 °C et de 96 germe/ml à 37 °C. Selon Khichane S et Khouas D (2019) les résultats obtenus pour les germes totaux isolés de la STEP Est de Tizi-Ouzou sont de 1.29×10^7 UFC/ml à 22 °C et de 9.68×10^4 UFC/ml à 37 °C. Les analyses bactériologiques des eaux mises en distribution de la ville de Tizi-Ouzou (Barrage de Taksebt) réalisées par Abdennour N et Ait namane T en 2015 ont enregistré des valeurs de l'ordre de 50.5 UFC/ml à 22 °C et de 01 UFC/ml à 37 °C. Absence totale des germes revivifiables dans l'analyse des eaux potables de la ville d'Ain-Maâbed (Djelfa) étudiées par Amara D et Guebla S en 2019 ; de même pour les eaux de distribution du barrage Taksebt (Tizi-Ouzou) étudiées par Saadi B et Mechache R en 2017 ainsi pour Dahmane A et Djadj S qui ont effectué leurs études sur les eaux brutes et traitées de la station de souk el djamaa (Daïra de Ain el hammam) en 2016. L'ensemble de ces valeurs reste nettement plus élevées comparées à nos résultats. A l'exception pour l'étude de Boutaba qui a lié les résultats des eaux embouteillées obtenues à la mauvaise protection des sources et la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène ce qui est confirmé par Ayad et Kahoul (2017).

Par ailleurs nos résultats obtenus pour les coliformes, les streptocoques, les clostridium et les salmonelles sont négatifs et concordent avec ceux de Bousbia et Biad (2018) qui apportent les mêmes résultats dans l'eau de consommation des régions de Tassoult-Jijel ; Bendaoud K et Lassoued F (2019) au niveau de Tiksebt El Oued ; Soudani S (2016) dans les quatre quartiers de la ville de Biskra ; Amara D et Guebla S en 2019 dans les eaux potables de la ville d'Ain-Maâbed (Djelfa) ; Saadi B et Mechache R (2017) au niveau du barrage Taksebt (Tizi-Ouzou) ; Abdennour N et Ait namane T (2015) dans l'eau de distribution de la ville de Tizi-Ouzou (Boukhalfa) ; Limani M en (2016) dans les eaux de sources potables de la région de Makouda ; Dahmane A et Djadj S qui ont effectué leurs études sur les eaux brutes et traitées de la station de souk el djamaa (Daïra de Ain el hammam) en 2016 ; ainsi que Boutaba I A (2019) pour les eaux embouteillées «Guedila » ce qui correspond aux résultats de notre étude(2021) effectuée sur les eaux de consommation au niveau des réseaux de distribution de Boukhalfa qui est toujours 0 UFC/ml.

Ces résultats divergent de ceux obtenus par Khoumeri et Berrouane (2018) qui ont obtenu des valeurs qui varient entre 13 à 35 UFC/ml pour les coliformes totaux et 1 UFC/ml pour les coliformes fécaux et les streptocoques avec présence des salmonelles et des clostridiums (indénombrables) à la cité garçon et la mosquée de Boukhalfa qui sont alimentées par la même source (forages de Boukhalfa). Nos résultats ne coïncident pas aussi avec les résultats des travaux de Makhloufi et Abdelouahid (2011), dont les taux pour les coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques sont respectivement de 0,12 UFC/ml, 0,9 UFC/ml et 0,021 UFC/ml pour les eaux de consommation de Debdaba à Bechar. En outre, Kaboré Aminata et al ; 2017 ont annoncé des valeurs de 0,33 UFC/ml pour des streptocoques fécaux et 0,95 UFC/ml pour coliformes fécaux dans les eaux de boisson en milieu scolaire du Centre-Nord au Burkina Faso. Robert Ndjouenkeu et al (2018) ont constaté une valeur de 64,93 UFC/ml pour les salmonelles à l'Ouest-Cameroun.

Ben Mammarm et Bougoufa (2017) ont obtenu une valeur de 2.33 UFC/ml pour les coliformes totaux et une valeur de 0.48 UFC/ml des coliformes fécaux et 0.13 UFC/ml des streptocoques fécaux dans les eaux de consommation à Bordj Bou Arreridj. D'après Ghaleb et Mokrani (2018) les résultats sont de l'ordre de 63 UFC/100ml pour les coliformes totaux et 16 UFC/100ml pour les coliformes fécaux, 110 UFC/100ml des salmonelles et des résultats négatifs pour les streptocoques et les clostridiums à Boukhalfa (Tizi-Ouzou). Benkhadra et Kahoul en 2017 ont apporté des valeurs de 2.64×10^2 UFC/ml des coliformes totaux et de 00 UFC/ml des coliformes fécaux ; 14.58 UFC/ml des streptocoques fécaux et une valeur de 36.25 UFC/ml des clostridiums dans l'eau de consommation dans la région Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj. Khichane et Khouas (2019) ont constaté des valeurs de 1.58 UFC/100ml des coliformes totaux et 0.91 UFC/100ml des coliformes fécaux et des valeurs nulles pour les streptocoques fécaux et les clostridiums de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Hamel (2013) a obtenu des résultats comme suit : 4 germes/100ml des coliformes totaux et fécaux, 22 germes /100ml des streptocoques fécaux et 00 spores/20ml des clostridiums sulfito-réducteurs à sidi Bouyashak (Tlemcen). Ces résultats restent hors normes selon les critères normatifs Algériennes et Mondiales (OMS).

En ce qui concerne les *Vibrio sp* ; les résultats obtenus montrent qu'ils sont indénombrables au mois de Mai et sont de l'ordre de 221 UFC/ml au mois de Juin pour nos échantillons de l'ADE de Tala Allam ; et sont négatifs pour tous nos échantillons du CEM. Ghaleb et Mokrani (2018) ont constaté une valeur de 154 UFC/100ml à Boukhalfa (Tizi-Ouzou).

Selon Hamaidi-Chergui et *al* (2020) les *vibrio sp* sont de 00 UFC/ml dans les eaux de consommation au niveau d'Ouadi Mazafran Blida. Ouahchia et *al* (2015) ont aussi constaté des résultats négatifs au niveau de la station de Sidi Amar commune de Tipaza.

Ainsi, au terme de cette étude, bien que dans nos deux prélèvements, la qualité bactériologique de l'eau de consommation de Boukhalfa, s'est montrée salubre et propre à l'utilisation agricole et ne présente pas un risque pour l'homme et les animaux.

A propos de l'antibiorésistance de notre souche isolée (*vibrio sp*), nous avons enregistré un taux de sensibilité très élevé vis-à-vis les Quinolones et les Aminosides. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Hamek et Mokrane (2018) ; qui ont trouvé une résistance de *vibrios sp* vis-à-vis de l'Ampicilline, Amoxicilline, pénicilline et Erythromycine isolées des eaux usées de la STEP Est de Tizi-Ouzou. Tandis que les céfotoximes qui sont des antibiotiques appartenant à la famille des β -lactamines ne présentent pas un effet inhibiteur sur notre souche bactérienne, contrairement aux résultats enregistrés par Hamek et Mokrane (2018) dont ils inhibent l'action de la bactérie.

Notre souche présente aussi une résistance relativement élevée vis-à-vis des Céphalosporines, des Aminopénicillines et des polymyxines. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus par Rkia Eddabra (2011).

Au cours de cette étude, la comparaison des pourcentages de résistance montre que la potabilisation des eaux potables ne modifie pas significativement le degré de résistance des souches de *vibrio* ; alors on peut conclure que la résistance des souches de *Vibrio* aux β -lactamines est médiée par un plasmide codant en même temps pour de nombreux autres antibiotiques.

IV.4. Résultats parasitologiques

Les résultats de la recherche parasitologique dans nos échantillons ont permis de mettre en évidence des kystes de protozoaires, des amibes, des œufs d'helminthes, des nématodes intestinaux et des cestodes (tableau 10) et (annexe 07).

Tableau 10 : Résultats des recherches parasitologiques

| Parasites | | | Eau | | Prélèvement du 16 /05/2021 | | Prélèvement du 15/06/2021 | |
|--------------|----------------------|--------------------------------|-----|----------------|----------------------------|----------------|---------------------------|--|
| | | | CEM | ADE Tala Allam | CEM | ADE Tala Allam | | |
| Protozoaires | Amibe | <i>Entamoeba Histolytica</i> | + | + | + | + | | |
| | | <i>Entamoeba Coli</i> | - | - | - | - | | |
| | Coccidies | <i>Isospora hominis</i> | - | - | - | + | | |
| | | <i>Cyclospora cayetanensis</i> | - | - | + | - | | |
| | Flagellé intestinaux | <i>Giardia dudinalis</i> | - | + | + | + | | |
| Helminthe | Plathelminthe | <i>Ténias</i> | + | + | + | + | | |
| | | <i>Fasciola hepatica</i> | - | - | - | - | | |
| | Nématode | <i>Ankylostome</i> | + | + | + | + | | |
| | | <i>Strongyloide</i> | + | + | + | + | | |
| | | <i>Trichuris</i> | - | - | - | + | | |
| | Céstodes | <i>Hymenolepis nana</i> | - | + | - | + | | |
| | | <i>Echinococcus granulosus</i> | + | - | + | + | | |
| | Trématodes | <i>Shistosoma haematobium</i> | + | + | + | + | | |

Nous avons constaté la présence de différents parasites dans les échantillons étudiés ; les espèces les plus fréquemment rencontrées sont : *Entamoeba histolytica*, *Giardia dudinalis*, *Ankylostome*, *Strongyloides*, *Shistosoma haematobium* et de *Ténia* (ouefs). Notre recherche parasitologique a permis aussi de mettre en évidence la présence de *Trichiris trichuria* ; *Isospora hominis* ; *Cyclospora cayetanensis* ; *Hymenolepis nana* et *Echinococcus granulosus*

dans l'ensemble des échantillons étudiées (CEM et l'ADE de Tala Allam) au niveau de Boukhalfa. Ces résultats montrent la présence de risques sanitaires majeurs à cause de la présence d'espèces pathogènes tels que *Giardia duedinalis*, *Entamoeba histolytica*, les œufs de Ténia...etc, Nos résultats sont similaires à ceux constatés par Khomeri et Berrouane (2018) à la cité garçon et la mosquée de Boukhalfa dont l'eau est du même réseau de distribution et la même source à savoir les forages de Boukhalfa. Notre étude comparative se poursuit avec les résultats de Djender et Ihaddadene en 2005 pour l'eau de source de la région de Mekla et Fréha (Tizi-Ouzou) et les résultats rapporté par Wallis et *al* en 1996 après avoir analysé 1760 échantillons d'eau potable d'origine souterraine prélevées dans les territoires canadiens qui ont montré la présence de quelques parasites tels *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* ce qui diffèrent aux résultats trouvés par Toudert L et Yosri K en 2015 sur l'étude des parasitoses à transmission hydrique dans la région de Tizi-Ouzou qui ont montré l'absence des parasites dans le réseau hydrique de Tizi-Ouzou.

D'après nos résultats, nous avons constaté une nette amélioration de la qualité bactériologique et parasitologique des eaux de consommation au niveau des forages de Boukhalfa (Tizi-Ouzou). Après les avoir comparés du point de vue bactériologique avec les recherches étudiées par Khichane et Khouas en 2018 et ceux de Ghaleb et Mokrani en 2019 qui se manifestent par une élimination progressive à travers les années de différents germes citant les coliformes totaux et fécaux et les streptocoques fécaux et ça dû aux différents traitements appliqués sur les réseaux de distribution afin d'obtenir une eau propre à la consommation humaine. De point de vue parasitologique nos résultats sont comparés à ceux de Khoumeri et Berrouane en 2018 d'où on a constaté une légère différence qui est prévue sur certains parasites tels *Fasciola hepatica*, *Giardia lamblia* et *Oxyure* qui ont été observés lors de la recherche effectuée par ce derniers et qui sont absent lors de notre recherche.

D'autres parasites ont été marqués lors de notre étude et qui n'ont pas été retrouvés précédemment tels *Echinococcus granulosus*, *Shistosoma haematobium*, *Giardia dudinalis* par contre certains types de parasites persistent dans les eaux potables tels que *Entamoeba coli*, *Ténias* et *Trichuris Trichurias*.

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce modeste travail, nous pouvons conclure que l'eau distribuée dans la région de Boukhalfa est de qualité suspecte de point de vue parasitologique et bactériologique suite à la présence de divers germes et des parasites sur différents stades évolutifs ; certains sont néfastes et d'autres saprophytes à la santé humaine ; une amélioration remarquable par rapport aux années précédentes est prise en compte.

Conclusion

L'eau c'est la vie, elle rentre dans la composition de tous ; à commencer par l'unité fondamentale de l'être vivant, la cellule baigne toujours dans l'eau. La question de la qualité de l'eau au sein des programmes humanitaires se pose essentiellement en termes de consommation humaine et d'irrigation. Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Ce problème découle de l'existence de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires, parasites) transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Du point de vue bactériologique ; les résultats obtenus montrent une absence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale tels que les Coliformes totaux ; fécaux, les Streptocoques fécaux ; les Clostridium sulfito-réducteurs et les Salmonelles ; du même la présence de germes totaux à 37°C et 22°C ainsi que certains *vibrio sp.*

Ces résultats ont montré aussi que les teneurs en germes totaux de tous les échantillons de cette eau ainsi qu'en *vibrio sp* sont supérieures aux normes prescrites par les réglementations nationales et internationales.

Pour une meilleure identification biochimique ; une étude de l'antibiorésistance a été entamée pour notre souche isolée (*vibrio sp*) ; qui a révélé une résistance marquée vis-à-vis des différents antibiotiques tels que la famille des B-lactamines ; les Céphalosporines ; les Aminopénicillines...en outre une sensibilité vis-à-vis d'autres comme les Quinolones et les Aminosides.

La réalisation d'une galerie nous a permis de mettre en évidence ; la composition biochimique de notre souche et ses réactions biochimiques et enzymatiques envers chaque milieu étudié.

Par ailleurs, les résultats des analyses parasitologiques révèlent une présence importante de parasites dans les échantillons prélevés des eaux destinées à la consommation, où nous avons observé une contamination globale par des œufs de *Ténia*, de *Trichuris Trichuria*, d'*Entamoeba histolytica*, d'*Entameaba coli*...etc. Cette étude révèle l'existence de plusieurs parasites sous différentes formes de leur stade évolutif.

Pour conclure ce travail, il convient de rappeler que l'objectif principal de ce travail est de déterminer la pollution bactérienne des eaux et d'identifier les bactéries pathogènes dans l'eau potable. La qualité actuelle de l'eau au niveau de la zone étudiée, doit faire l'objet d'une surveillance permanente, au risque de générer des faits préjudiciables à la santé publique ; alors que la préservation de la santé de la population est primordiale.

Les analyses doivent s'effectuer de manière régulière en utilisant un tableau de bord d'indicateurs ; cette surveillance exige un programme d'enquêtes systématiques, pouvant

comprendre des inspections, des analyses physico-chimiques, bactériologiques et parasitologiques régulières, des traitements complémentaires de filtration et de coagulation floculation doivent être envisagés pour l'élimination des parasites.

L'inspection sanitaire doit couvrir l'ensemble du réseau de distribution d'eau de boisson, y compris les sources et les activités de captage, les infrastructures de transport, les usines de traitement et les réservoirs de stockage. En outre la protection du périmètre le plus proche de l'émergence de l'eau pour éviter les risques de contaminations et la recherche de l'origine de la contamination bactérienne et parasitaire sont nécessaires.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdenmour Nadia et Ait namane Theresa, 2015. Etude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux mises en distribution de la ville de Tizi-Ouzou (Barrage de Taksebt). Mémoire de Master en Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- Ait Kaci Malik et Hamdi Mohamed Salim, 2008. Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous". Mémoire de Master. Institut national des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral.
- Alouane H, 2012. Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine, 49 p.
- Amara Djamel et Guebla sofiane, 2019. Evaluation des qualités physicochimique et microbiologique de l'eau de la ville d'Ain-Maâbed. Mémoire de Master en Agroalimentaire et Contrôle de qualité, Université Ziane Achour Djelfa, 100 p.
- Andrew King M Q, Michael J. Adams, 2012. Virus Taxonomy Books. Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses, 953-959.
- Andriamiradis L, 2005. Mémento technique de l'eau, 2ème édition, Degremont. 8 p.
- Anie B, 2005 Evaluation des risques sanitaires des oocystes de *Cryptosporidium* dans l'eau destinée à la consommation humaine distribuée dans la zone métropolitaine de Port-au Prince, Haïti. Université de Quisqueya.
- ANOFEL, 2014. Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie. Taeniasis et Cysticercose. Université Médicale Virtuelle Francophone.
- Arnaud Briet, 2018. Etude de la flore bactérienne et de sa résistance aux antibiotiques des produits de la pêche et de l'aquaculture. Thèse de doctorat. Université Littoral Côte d'Opale.
- Aubry P, Gaüzère B A, 2012. Les maladies liées à l'eau. Médecine Tropicale, 7p.
- Ayad W et Kahoul M, 2017. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch: Microbiologie appliquée. Thèse de doctorat, université Badji Mokhtar, Annaba, 156 p.

Belkadi S et Ouelhocine O, 2019 Impact des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou sur la contamination parasitologique de la ressource hydrique du moyen Sébaou destinée pour l'AEP, Mémoire du Master en Microbiologie Appliquée, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Ben Mammarm Seghira et Bougoufa Soumia, 2018. L'analyse physicochimique et microbiologique de l'eau de source dans différentes régions de Bordj Bou Arreridj. Mémoire de Master en Analyse et Contrôle des denrées alimentaires, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arreridj.

Benajiba M, Saoud H, Lamribah Y, Ahrikat M, Amajoud N, Ouled-Zian, 2013. Evaluation de la qualité microbienne des eaux de la nappe phréatique de Martil au Maroc. Revue des Sciences de l'Eau /Journal of Water Science, 26 (3) : 223-233.

Benaouira F, 2017 Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées épurées destinées à l'irrigation. Mémoire du Master en Sciences du Sol et Environnement, Université Mohamed Boudiaf - M'sila ,64p .

Benayada L, 2012. Maladies à transmission hydrique: problématique et mode de gestion, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Algérie.

Bendaoud Khaoula et Lassoued Fariha, 2019. Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau potable dans la région souf. Station Nord d'Afrique, Tiksebt El Oued. Mémoire de Master en Toxicologie Appliquée. Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED.

Benkhadra Nedjoud et Kahoul Saida, 2018. Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau souterraine (Sources et Puits) collecté dans la région d'Ouled Brahem Bordj Bou Arreridj. Mémoire de Master en Microbiologie Appliquée. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi Bordj Bou Arreridj.

Berne F et Jean C, 1991, traitement des eaux, éditions TECH NIP, p306.

Blais M A, C. Cote, R. Villemur, M. Généreux, P. Cantin et M. Villion, 2015. Revue des méthodes de détermination de sources de contamination fécale de l'eau. Rapport présenté au ministère du développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques, Canada, 39p.

Boucennina H, 2018 Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de Mila. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.

Boucenna F, 2009 Mémoire de Magister, Cartographie par les différentes méthodes de vulnérabilité à la pollution d'une nappe côtière cas de la plaine alluviale de l'Oued Djendjen, Université de Badji Mokhtar, Annaba.

Boudjadja A, Messahel M et Pauc H, 2003. Assessment of Water Resources in Northern Algeria
Volume 16, numéro 3, 2003 Revue des sciences de l'eau Journal of Water Science généré le 15 mai
2021 10:21.

Bougattoucha W et Boudelaa Y, 2010 L'examen cytobactériologique des urines .Ecole de formation paramédicale de Skikda Algérie - Laborantin diplômé d'état.

Bousbia Hadda, Biad Amina, 2018. Analyse sensorielle, microbiologique et physicochimique de l'eau de consommation provenant du citernage de la région de Tassoust-Jijel. Mémoire de master en biologie. Université Mohammed Seddik Benyahia (Jijel).

Bouziani M, 2000.L'eau de la pénurie aux maladies. Edition IBN-KHALDOUNE.

Brands et al, 2005 Genotypes and Antibiotic Resistance of Salmonella Newport Isolates from U.S Market Oysters.

Bremaude C, Claisse J R, Leulier F, Thibault J et Ulrich R, 2006. Alimentation,santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale, Edition Educagri,Dijon, France, p: 220-221.

CLSI, 2016. Methods for antimicrobial disk susceptibility testing of bacteria isolated from aquatic animals; approved guideline. CLSI supplement M100S. Wayne, PA: Clinical Laboratory Standard Institutes.

Cyriaque Dégbey, Michel Makoutode, Edgard-Marius Ouendo, Benjamin Fayomi, Christophe de Brouwer, 2008. La qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin Environnement, Risques & Santé – Vol. 7, n°4.

Dahel Zanat, 2009 Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule Perna perna, Université BadjiMokhtar, Annaba, 2009, p: 69.

Dahmane Assia et Djadj Souhila, 2016. Evaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques (Bactérie et algues) des eaux brutes et traitées de la station de souk el djamaa (Daïra de Ain El Hammam). Mémoire de Master en Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Debabza M, 2005 Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba.Université Badji-Mokhtar- Annaba. Thèse de Magister.

Degremont G, 2005. Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2Ed Lavoisier Tec & Doc SAS. Pp : 4- 509 Degremont. (1989).Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1.

Diakite Amadou, MOUNKORO Pierre ; 28 Juin 2015. Recherche et Etude de *Vibrio cholerae* dans les eaux usées de l'Oued Boumerzoug. Mémoire de Master. Université des Frères Mentouri Constantine.

Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs DGSESC, 2006. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique: Micro-organismes préoccupants courants et émergents. Santé Canada Février 2006.

Djaffar S;et Kettab A, 2015. Simulation IMULATION Strategique, Laboratoire deRecherches en Sciences de l'Eau (LRS-EAU) Ecole Nationale Polytechnique, 10 Avenue Hassen Badi, B.P. N°182, El Harrach, 16000, Alger, Algérie.

Djender et Ihaddadene, 2005. Etude de la qualité de l'eau de sources et souterraine de la région de Mekla et Fréha (Tizi-Ouzou). Mémoire de Master en Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Dutta D, Chowdhury G, Pazhani G P, Guin S, Dutta S, Ghosh S, Rajendran K, Nandy R K, Mukhopadhyay A K, Bhattacharya M.K., Mitra U., Takeda Y., Nair G.B., Ramamurthy T, 2013. *Vibrio cholera* non-O1, non-O139 serogroups and cholera-like diarrhea, Kolkata, India. Emerg Infect Dis19: 464-467.

El Houcine Haijoubi et al, 2017. Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. Pan African Medical Journal ISSN: 1937- 8688.

Elsevier Masson SAS, 2008. L'eau destinée à la consommation humaine. EM consulte 69 - N° 3 - 496-505.

Emmanuel Lataud, 2015. Etude de la perméabilité de Kératinocyte aux entérovirus responsables du Syndrome Pieds-Mains-Bouche. Thèse pour le diplôme de docteur en Médecine ; Université de Poitiers Faculté de Médecine et Pharmacie ; 23 Octobre 2015.

Faby, 1997. L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 p.

Federico Graciano, 24 October 2019. Researchers find four new strains of adenovirus. Duke University.

Fournier J.M., Quilici M.L, 2002. Infections à vibrions non cholériques. *EncyclMédChir, Ed. Scientif. Méd.Elsevier*, Paris, Maladies infectieuses. 8-026-F-15, 7 p.

François DURAND, Marie-Pierre BRENIER-PINCHART, Hervé PELLOUX, 2005. Parasitoses digestives : lambliaze, taeniasis, ascaridiose, oxyurose, amibiase, hydatidose (100). *Corpus Médical R Faculté de Médecine de Grenoble Avril 2004 (Mise à jour juin 2005)*.

Genin B, 2003, *cours d'eau et indices biologiques, pollution, méthodes IBGN (Indice biologique global normalisé)*, édition Educagri.

Ghaleb Zahia et Mokrani Kahina, 2019. Amélioration de la qualité physico-chimique et bactériologique par filtre élaboré des eaux de forages de Boukhalfa. Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Gillet.P. Potters. P. Jacobs. J, 2008. Livre de parasitologie humaine tropicale. Nationalestraat, 155 B R 2000 Antwerpen. 138 pages.

Guergazi S. et Achour S, 2005. Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. *Pratique de la chloration, hydraulique* : pp.119-127.

Guilbert, 2000. Chimie dans la buanderie projets d'intégration des sciences et des technologies en enseignement.

Guillaume .V, 2007. Fiches pratiques parasitologie : Auto-évaluation Manipulations Poche 30 mars 2007.

Hajjoubie H., Benyahya F., Bendahou A., Essadqui F. Z., El Behhari M., El Mamoune A .F, GhailaniN.N. , Mechita M.B., Barakat A., 2017. Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. *The Pan. African. Medical Journal* (26): 13.

Hamaidi-Chergui Fella, Kouba Raihana, Ouahchia Célia, Demiai Afafe., 2020. Evaluation of the Bacteriological pollution of the Mazafran Wadi Waters and Study of the Resistance Profile of Escherichia Coli. *Journal of Water Sciences & Environment Technologies* ISSN: 2508-9250. JOWSET, 2020 (04), N° 02, 507-512.

Hamel Latifa Amel, 2013. Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Bouyashak» destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

Haslay C et Leclerc H., 1993, Microbiologie des eaux d'alimentation, édition TAC et DOC paris.

Hélène, 2000. Thèse d'Ingénieurs du génie sanitaire Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL, l'Ecole Nationale de la Santé Publique de LanguedocRoussillon(France), 81 p.

Hervio-Heath D., Colwell R. R., Derrien A., Robert-Pillot A., Fournier J. M. and Pommeypuy M., 2002. Occurrence of pathogenic vibrios in coastal areas of France. Journal of Applied Microbiology (92): 1123-1135.

Ikram Aya Boutaba, 2019 Analyse physicochimique et microbiologique de quelques marques d'eaux embouteillées (Baniane, Bouglez, El-kantara, Manbaa al-ghezlane et Guedila). Mémoire de Master Université Mohamed Khider de Biskra.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). Microorganisms in Foods 5, 1996. Characteristics of Microbial Pathogens. Blackie Academic and Professional, New York. 112-125.

-125. **James B. Kaper, James P. Nataro & Harry L. T. Mobley**; February 2004. Pathogenic Escherichia coli. Nature Reviews Microbiology volume 2, 123-140.

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), 2011. Décret exécutif n° 11125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, pp. 7-25.

Kahoul M., Touhami M., 2014. Evaluation de la qualité physicochimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba(Algérie). Larhyss journal. n°19,129-138.

Kettab Ahmed, 2001. Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision. Université de Bouira. Article in Desalination 136 (2001) 25R33.

Khawla Attallah et Amina Ghennai, 2018. Contribution à l'étude bactériologique de l'oued El Kebir Skikda. Mémoire de Master Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.

Khelili R, Lazali .D, 2015. Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Harraza (Wilaya de Ain Defla).

Khichane S, Khouas D, 2019 Evaluation de l'impact bactériologique des rejets de la STEP Est Tizi-Ouzou sur l'ensemble hydraulique récepteur (Oued, Nappe, Forage et réseaux de distribution). Mémoire de master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Khoumeri M et Berrouane N, 2018 Impacte des rejets de STEP de la ville de Tizi-Ouzou sur la qualité biologique des eaux de consommation. Cas des forages de Boukhalfa. Mémoire de Master. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Lafferty.K.D., 2008. General Ecology: Parasites. P. 505-509.

Leyral, 2007 Microbiologie et toxicologie des aliments Hygiène et sécurité alimentaire. Biosciences et techniques, 4^{ème} Edition.

Limani Mimissa, 2016. Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de sources potables de la région de Makouda. Mémoire de Master en Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Linda Feghoul, 2017. Mécanismes d'action des Adénovirus C au Brincidofovir. Virologie. Université Sorbonne Paris Cité.

Louis L. Ngalamulume, 2020. Analyse microbiologique de l'eau de boisson de différentes sources consommées par la population de la Province du Kasai Central : Cas de la Zone de Santé Rurale de Mutoto Institut Supérieur des Techniques Médicales de Dimbelenge, République Démocratique du Congo.

Maiga, 2005. Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière, Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali p77.

Makhloufi A et Abdelouahid Dj, 2011. Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau potable dans la ville de Bechar. Sud-Ouest Algérie. 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011(ouargla).

Maraza Z, 2015. Etude de l'effet de différents coagulants et adsorbants sur la qualité de l'eau potable de la station de Skikda: science de la matière .Thèse doctorat, Université 20 Août 1955, Skikda, 181 p.

Merah Abdelkader, Juin 2019. Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau des puits de la region El (W. Mostaganem). Master en biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

Metahri, 2016 Agriculture & Food ISSN 1314-8591, Volume 4, Journal of International Scientific Publications.

Metahri, M., 2012. Elimination simultanée de la pollution azotée phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammerie, Tizi-Ouzou, 5 p : 148.

Mokeddem. K, Ouddane. S., 2005. Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie Mascara : Pp 18-22.

Molinie L, 2009. Dispositifs rustiques d'alimentation et de Traitement de l'eau potable pour des services de petites tailles en régions défavorisées, Agro Paris Tech, Montpellier, Cedex, pp.4-7.

Mougou.H.A, 2009. Interaction Chêne-oïdium : Caractérisation moléculaire et adaptation locale du parasite, résistance génétique de l'hôte. Thèse de doctorat. L'université Bordeaux I.paris.

Moulinier.C, 2002. Parasitologie et mycologie médicale : élément de morphologie et de biologie. Paris.

Mounia Abouelouafa, Hassan El Halouani, Mohammed Kharboua et Abdelbasset Berrichi, 2002. Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes de la ville d'Oujda: canal principal et Oued Bounaïm. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc) 2002, Vol. 22 (3): 143-150.

N'diaye A, 2008. Thèse Diplôme d'Etat (Docteur en Pharmacie) Etude bactériologique des eaux de boissons vendues en sachet dans quatre communes d'Abidjan, Université de Bamako Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie (Mali).

Nanfack N.A, Carine, F.F, Anyangwe, V.K.P, Katte B, Fogoh J. M., 2014. Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun.

Nathalie Gadin-Goyon, 2002. Qualité bactériologique de l'eau et l'impact en élevage bovin laitier université claud bernard-lyon 1.

Nicolas Helsens, 2019. Étude de la résistance aux antibiotiques de souches de *Vibrio parahaemolyticus* isolées de produits de la pêche. Thèse Doctorat en Pharmacie. Université de Rennes sous le sceau de l'Université Bretagne Loire.

Nour el Houda Riguet, 2019. Contribution à l'étude de qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de sources (Guedila, Manbaa et El-Kantara); cas d'étude la région de Biskra.

OMS, 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

Orelie, Frantzy, 2017. Etude de la qualite de l'eau destinee a la consommation humaine dans le sous-bassin versant de Ravine Diable. Mémoire de Master. Communauté française de Belgique. Liège Université.

Ouahchia. C, Hamaidi Chergui F., Hamaidi M. S., Saidi F, 2015 Qualité bactériologique de l'eau potable des différents réservoirs et chez les consommateurs de la commune de Tipaza alimentes par la station de Sidi Amar à partir de l'eau de surface du lac-arrage de Boukourdane. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°23, p. 139-154.

Ouattara A, Méité A, Dally T, Ouattara H, Kati-Coulibaly S, 2016. Étude de la qualité des eaux de consommation dans la localité de N'Zianouan s/p de Tiassalé et des quartiers précaires de trois communes du District d'Abidjan (Koumassi, Treichville, Attécoubé). Journal of Applied Biosciences, 102: 9708-9715. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v102i1.5>

Philippe Beaulieu, 2018. Département de qualité- santé du C.I.eau le centre d'information sur l'eau. Médecin, thérapeute cognitivo-comportemental en libéral à Paris 16^{ème}.

Rabiha Hamek et Fatima Mokrane, 2018. Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la ville de Tizi-Ouzou : Analyse Physicochimique, Bactériologique, Parasitaire et Antibiorésistance. Mémoire de Master.

Recherche et Gestion des savoirs RGS/AGC/SS, Revue de presse thématique n° 27 : Les maladies hydriques, Mars 2003.

Rejsek F, 2002. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques. Ed CRDP, Aquitaine. France. 358 p.

REM Annuel, 2015 Vol XXVI, Le relève épidémiologique mensuel situation épidémiologique provisoire de l'année 2015 sur la base des cas déclarés à l'I.N.S.P. (Algérie).

Ressources en eau en Algérie à l'horizon, 2030. Laboratoire de Recherches en Sciences de l'Eau (LRS-EAU) Ecole Nationale Polytechnique, 10 Avenue Hassen Badi, B.P. N°182, El Harrach, 16000, Alger, Algérie.

Rkia Eddara, 2011. Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usées des stations d'épuration du grand Agadir : Isolement, Caractérisation moléculaire et antibiorésistance des espèces du genre *Vibrio*. Thèse de doctorat N° d'ordre : 1236. Université Ibn Zohr, Agadir (Maroc) et Université de Strasbourg (France).

Robert Ndjouenkeu, Ngassoum Martin, 2018. Pollution De L'eau De Consommation Humaine Et Risques Sanitaires A Court Terme : Cas Du Bassin Versant De La Menoua (Ouest-Cameroun). ResearchGate Article. University of Ngaoundere.

Rodier J., Legube B., Merlet N, 2009. L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod, 1579 p.

Rouagha Sabrina, 2020. Suivi de la qualité physico-chimique des eaux des forages du champ captant d'Oued El Hai. Ville de Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed khider R Biskra.

Rouissat B, 2010. La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique. Revue de l'économie et le management, 10, Université de Tlemcen,

Saadi Boussad et Mechache Riad, 2017. Suivi de la qualité bactériologique des eaux de consommation avant et après distribution du barrage Taksebt (Tizi-Ouzou). Mémoire de Master en Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Sandrine Borgeaud, Melanie Blokesch, 2013. Overexpression of the tcp Gene Cluster Using the T7 RNA Polymerase/Promoter System and Natural Transformation-Mediated Genetic Engineering of *Vibrio cholera*. Article in PLoS ONE.

Segondy M, 31 October 2020. HCoV: Human coronavirus. US National Library of Medicine National Institutes of Health Search database. Rev Francoph Lab. 2020 Nov; 2020(526): 32-39.

Shiowshuh Sheen, Jennifer Cassidy, Butch Scullen, Joseph Uknalis, Christopher Sommers, 2015. Inactivation of Salmonella spp. in ground chicken using high pressure processing. Journal Food Control Volume 57, November 2015, Pages 41-47.

Singleton.P, 2005 Bactériologie, 6^{ème} édition. DUNOD, Paris.154-488.

Soudani S, 2016. Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra. Spécialité : HYDRAULIQUE. Université Mohamed Khider R Biskra.

SOUDANI Soumia , 2016. Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider R Biskra.

Swan FIRGUET, 17 décembre 2014. Inactivation virale par méthodes physiques. Thèse de Doctorat de l'Université LILLE 2.

Toudert Lila et Yosri Kahina, 2015. Contribution à l'étude des parasitoses à transmission hydrique dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire de Master en Eau et Environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Tourab, 2013 Mémoire de fin Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux souterraines dans la plaine du Haouz, Université des Sciences et Techniques Cadi Ayyad, FST Marrakech (Maroc), 2013, p: 82

UNICEF, 2007. Atteindre l'OMD relatif à l'eau potable et à l'assainissement le défi urbain et rural de la décennie. Programme Conjoint OMS/UNICEF de Surveillance de l'Approvisionnement en Eau et de l'Assainissement, 48 p.

Wallis, Jean-Claude et al, 1996. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé publique du Québec.

WHO (World Health Organization), 2011. Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition. Geneva. 564p.

Zouag B et Belhadj Y. Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk. Thèse de Doctorat, Tlemcen, 121p.

Annexes

ANNEXE 01
Table MAC CREDY POUR 3 TUBES PAR DILUTION

| Nombre Caractéristique | Nombre de Micro-organismes | Nombre Caractéristique | Nombre de Micro-organismes |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 000 | 0,0 | 222 | 3,5 |
| 001 | 0,3 | 223 | 4,0 |
| 010 | 0,3 | 230 | 3,0 |
| 011 | 0,6 | 231 | 3,5 |
| 020 | 0,6 | 232 | 4,0 |
| 100 | 0,4 | 300 | 2,5 |
| 101 | 0,7 | 301 | 4,0 |
| 102 | 1,1 | 302 | 6,5 |
| 110 | 0,7 | 310 | 4,5 |
| 111 | 1,1 | 311 | 7,5 |
| 120 | 1,1 | 312 | 11,5 |
| 121 | 1,5 | 313 | 16,0 |
| 130 | 1,6 | 320 | 9,5 |
| 200 | 0,9 | 321 | 15,0 |
| 201 | 1,4 | 322 | 20,0 |
| 202 | 2,0 | 323 | 30,0 |
| 210 | 1,5 | 330 | 25,0 |
| 211 | 2,0 | 331 | 45,0 |
| 212 | 3,0 | 332 | 110,0 |
| 220 | 2,0 | 333 | 140,0 |
| 221 | 3,0 | | |

ANNEXE 02

Représentant des **Antibiotiques en disque** utilisés pour l'identification et leurs charges

| Les antibiotiques utilisés pour l'identification des bactéries | Familles | abréviation | Charge du disque (µg) |
|---|------------------|--------------------|------------------------------|
| Ofloxacine | Quinolones | OFX | 5µg |
| Chloramphénicol | Phénicolés | CS | 10µg |
| Céphalotine | Céphalosporine | KF | 30µg |
| Ampicilline | β-lactamines | AMP | 25mcg |
| Tobramycine | Aminoside | TOB | 10µg |
| Amoxicilline | Aminopénicilline | AMC | 10/20 µg |
| Cefoxitine | β-lactamines | FOX | 30µg |
| Céfotaxime | Céphalosporine | CTX | 30µg |
| Colistin Sulfate | Polymyxines | CX | 10µg |



ANNEXE 03

**Boites correspondante aux tests d'antibiogramme des
vibrio sp**

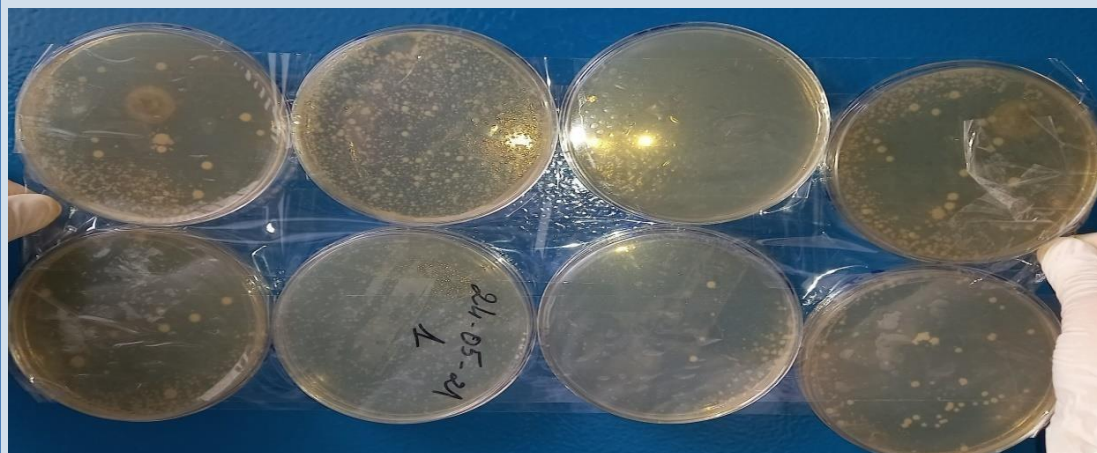


ANNEXE 04

Résultats des observations bactériologiques macroscopiques

| Microorganismes isolés | CEM (Boukhalifa) | ADE Tala Allam (Boukhalifa) |
|---|--|---|
| Streptococcus fécaux (sur milieu ROTH à 37°C) |  |  |
| Coliformes totaux (sur milieu BCPL à 37°C) |  |  |
| Clostridium Sulfite-réducteurs (sur le milieu Gélose Viande-foie à 37°C) |  |  |

à 37°C :



Flore mésophile
aérobie totale (sur
milieu TGEA)

à 22°C :



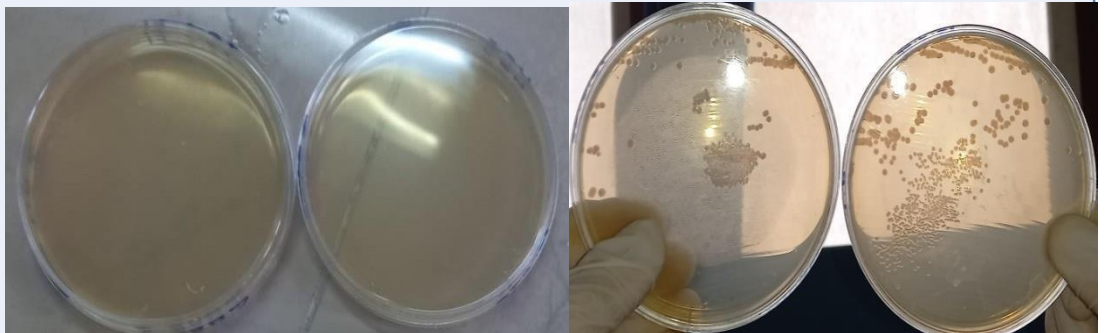
Salmonella
(sur milieu SFB
à 37°C)



1^{er} enrichissement :

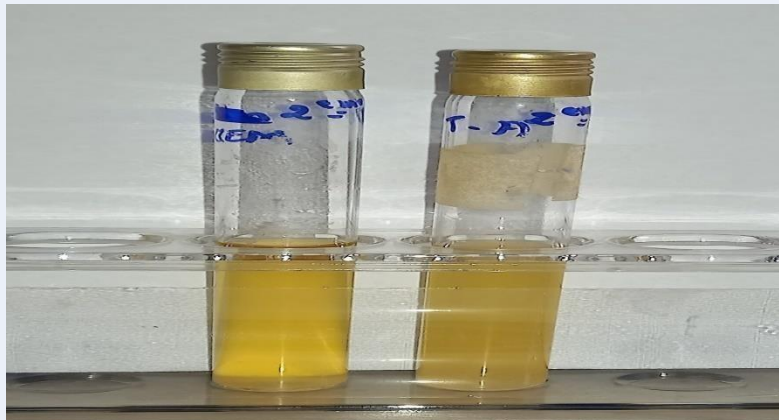


Isolement sur GNAB :

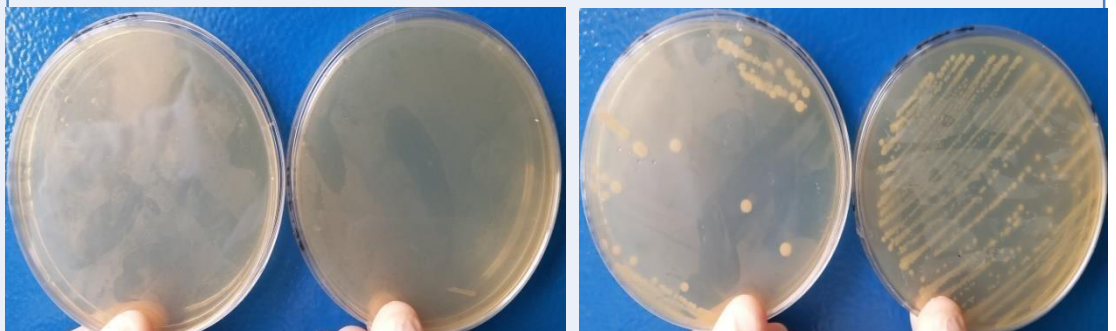


Vibron sp
(enrichissement
sur EPA puis
isolement sur
milieu GNAB à
37°C)


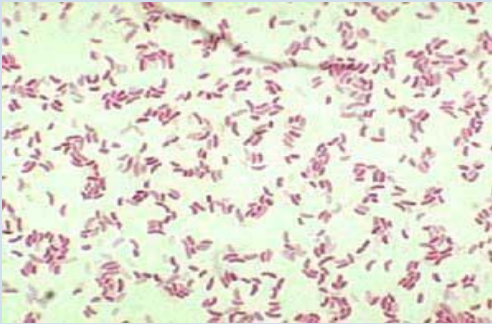
2^{ème} enrichissement sur EPA :







Isolement sur GNAB :



ANNEXE 05
Résultats d'observation bactériologique microscopique
(Coloration de Gram)

| Microorganismes isolés | Aspect microscopique (coloration de Gram) |
|---|--|
| Flore mésophile aérobie totale (sur milieu TGEA) |  <p style="text-align: center;">Bacilles à Gram positif</p> |
| Vibrio sp (sur milieu GNAB) |  <p style="text-align: center;">Bacilles à Gram négatif</p> |

ANNEXE 6
Résultats d'observation de la galerie biochimique
(Souche étudiée : vibrio sp)

| | |
|--|--|
| <p>Test de Catalase</p> |  <p>Catalase positive</p> |
| <p>Test de Mannitol-mobilité</p> |  <p>Test Mannitol-mobilité négatif</p> |
| <p>Test Triple Sugar Iron (TSI)</p> |  <p>Test TSI négatif</p> |
| <p>Test d'urée indole</p> |  <p>Test Urée indole négatif</p> |

ANNEXE 7

Résultats d'observation parasitologique

• Planche I

I. Au niveau de CEM Boukhalfa



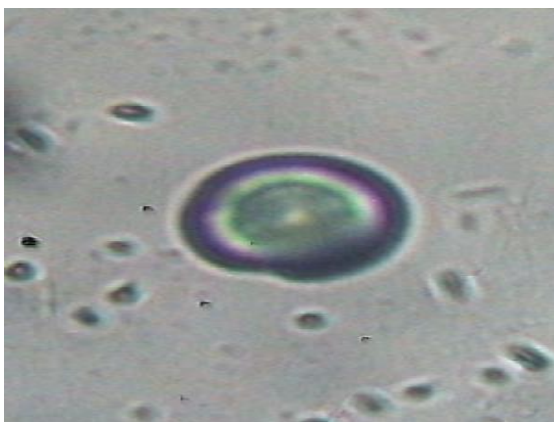
Shistosoma haematobium



Echinococcus granulosus



Kyste de Giardia duodinalis

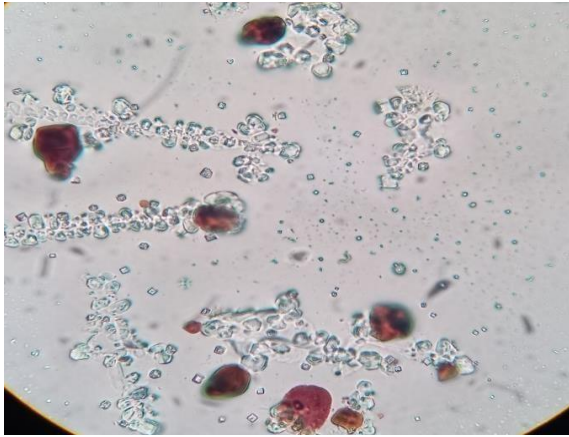


Œuf de Ténia saginata



Chilomastix mesnili

• Planche II



Cyclospora cayetanensis



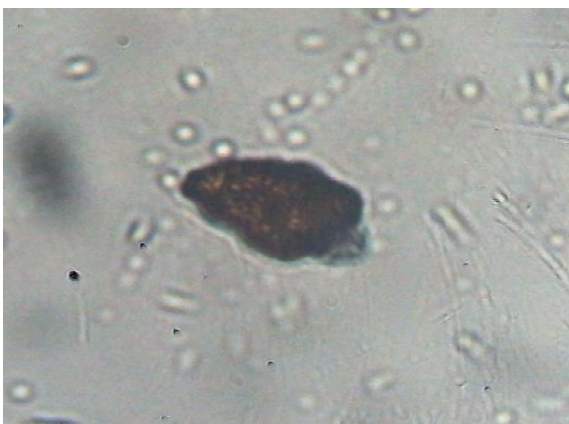
L'œuf d'Ankylostome



Strongyloides stecoralis



Schistosoma haematobium

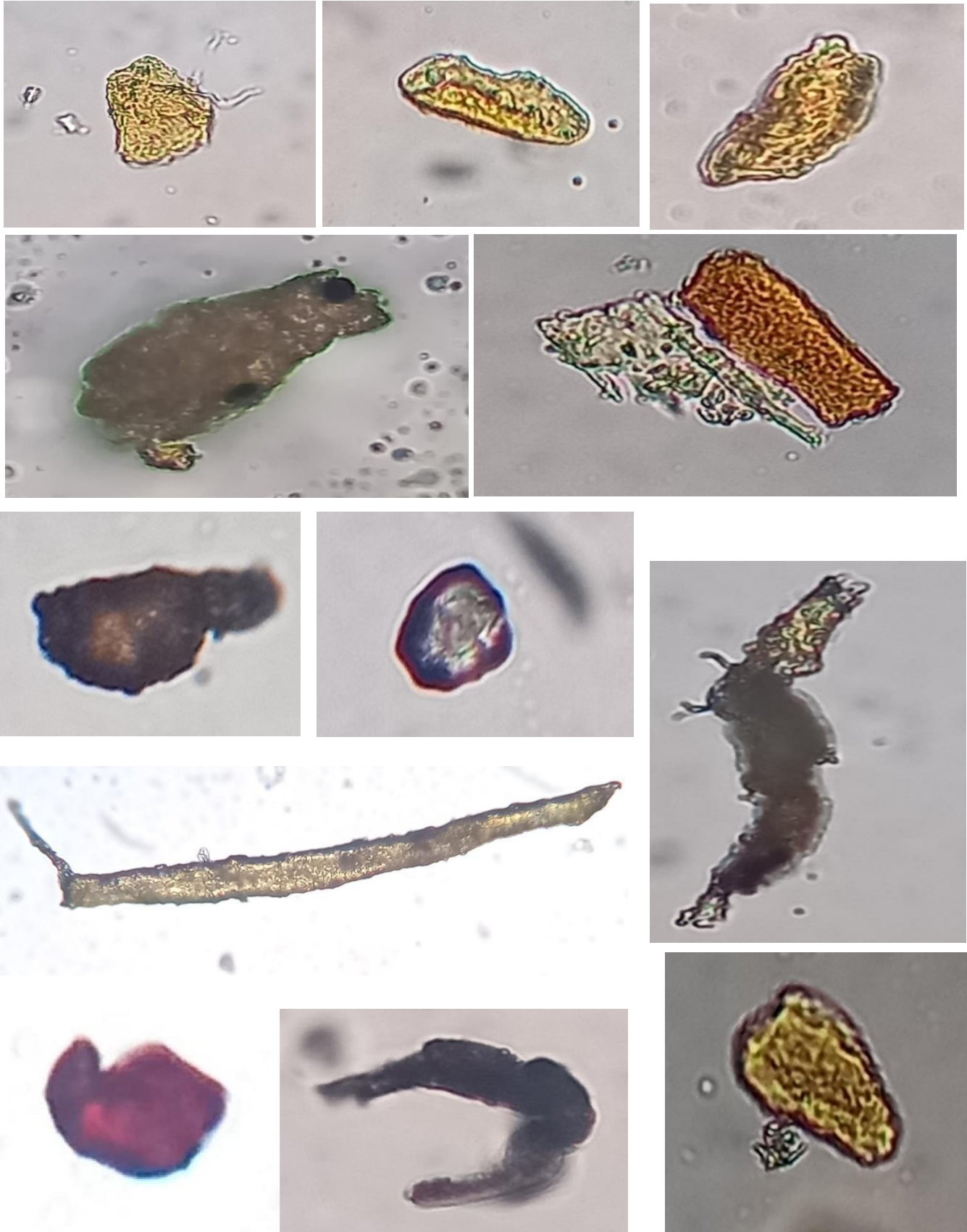


Entamoeba histolytica



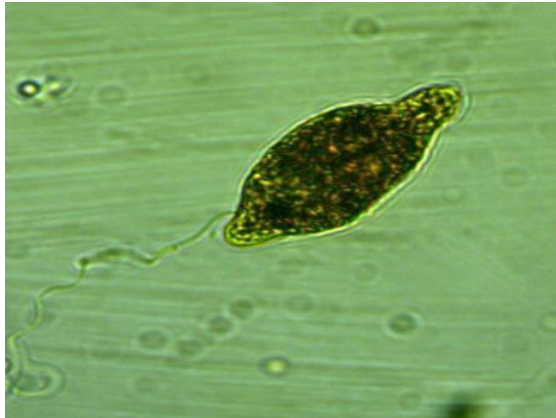
Le mal d'Ankylostome

- Planche III
- ❖ Parasites non identifiés

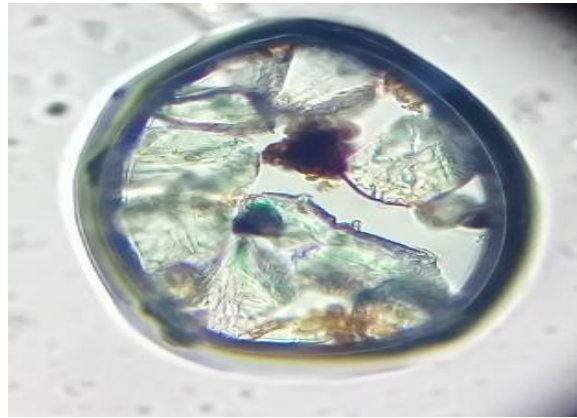


• Planche IV

II. Au niveau de L'ADE de Tala Allam



TRICHURIS TRICHIURA



Dicrocoelium dendriticum segmenté



Larve strongyloïde



Embryophore d'Hymenolepis nana

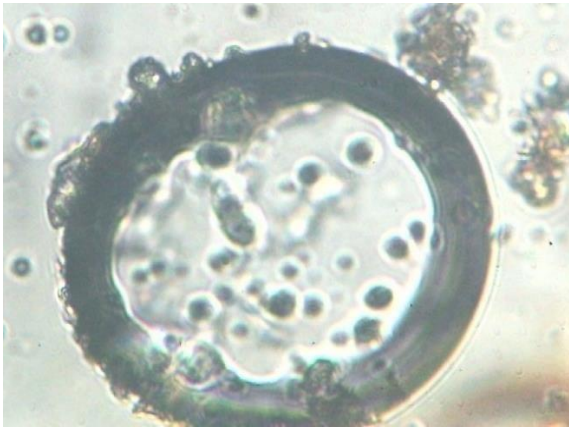


Strongyloides stecoralis



Larve de moustique

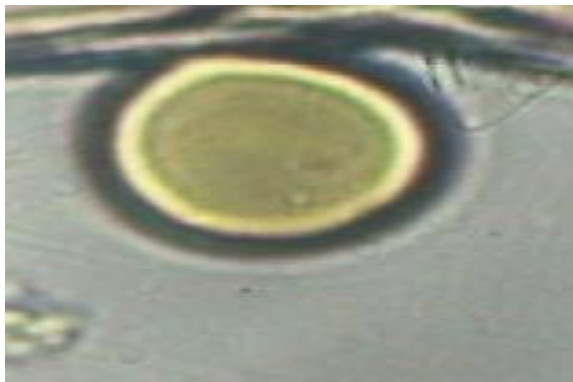
• Planche V



Kyste Isospora hominis



Shistosoma haematobium



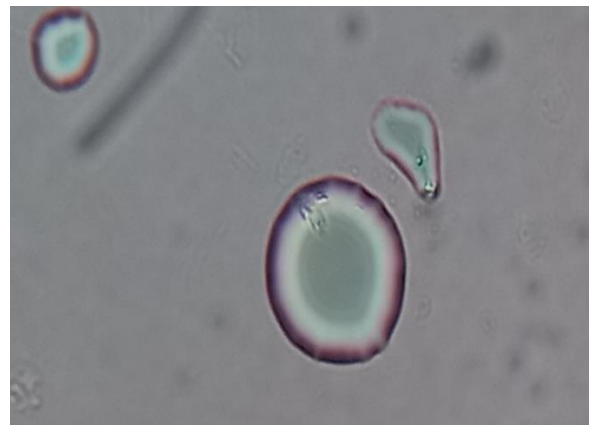
Toxocara canis



Kyste de Giardia duodenalis



Œuf d'Ankylostome



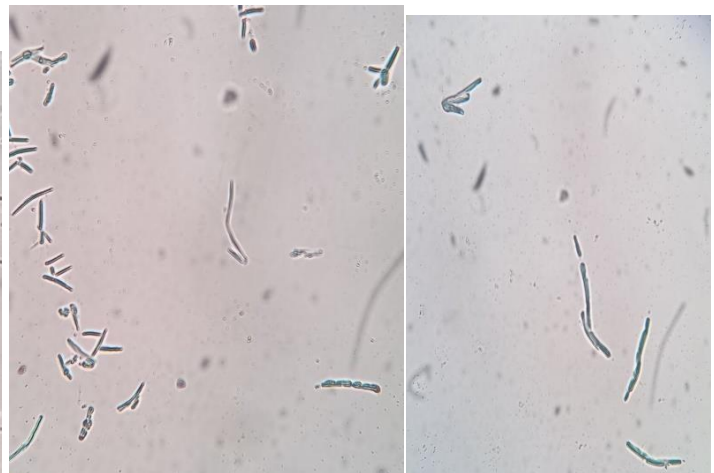
Œuf de Ténia saginata

• Planche VI

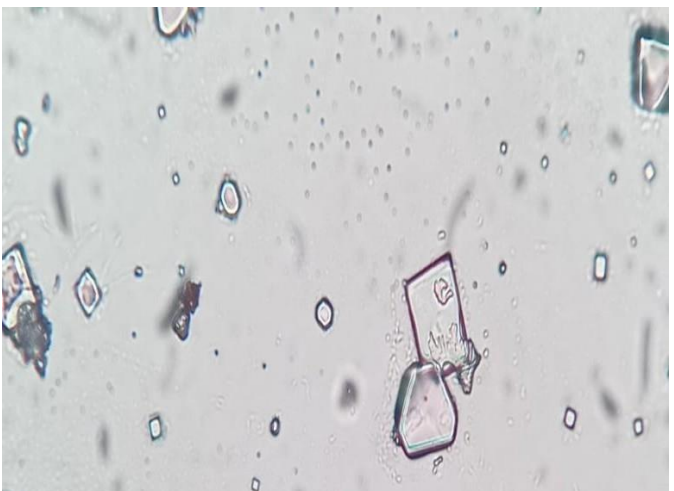
❖ Parasites non identifiés



- Planche VII
 - ❖ Des Cristaux



•Planche VIII



RESUME

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation à des fins alimentaires nécessite une excellente qualité microbiologique et parasitaire. Les forages de Boukhalfa représentent une ressource importante d'alimentation en eau potable pour les habitants de la rive nord-ouest de la commune de Tizi-Ouzou. Le présent travail a pour objectif d'étudier la qualité microbiologique de l'eau de ces forages à travers deux points d'échantillonnage : CEM de boukhalfa et l'ADE de Tala Allam, dans le but d'apprécier sa potabilité selon la réglementation Algérienne en vigueur et celle de l'OMS, étant donné que la population de Tizi-Ouzou la consomme et la considère comme eau «potable ». Des analyses ont été effectuées sur les échantillons en recherchant les: Germes totaux, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et Clostridium sulfite-réducteurs ainsi que la recherche des parasites. Les résultats des analyses effectuées ont fait ressortir que ces eaux sont de qualité bactériologique moyenne du moment qu'elles contiennent un taux de germes totaux considérable en addition de quelques vibrio. Les résultats de la recherche parasitologique ont montré que les eaux analysées renferment divers parasites sous différentes formes (œufs et kystes). L'analyse montre la présence de pollution bactériologique et parasitologique dans tous les échantillons étudiés. Cette pollution constitue un danger non négligeable pour la santé des populations consommatrices de ces eaux, qui ne sont pas totalement propre à la consommation humaine.

Mots clés : Forages de Boukhalfa, analyse microbiologique, qualité bactériologique, qualité parasitologique, normes de potabilité, eaux de distribution, antibiorésistance.

ABSTRACT

Water is a precious and essential natural resource for multiple uses. Its use for food purposes requires excellent microbiological and parasitic quality. The Boukhalfa boreholes represent an important source of drinking water supply for the inhabitants of the north-western shore of the municipality of Tizi-Ouzou. The objective of this work is to study the microbiological quality of the water in these boreholes through two sampling points: CEM from boukhalfa and ADE from Tala Allam, in order to assess its potability according to Algerian regulations. In force and that of the WHO, given that the population of Tizi-Ouzou consumes it and considers it "drinking" water. Analyzes were carried out on the samples by looking for: Total germs, Total coliforms, Faecal coliforms, Faecal streptococci and sulfite-reducing clostridium as well as the search for parasites. The results of the analyze carried out showed that these waters are of average bacteriological quality as long as they contain a considerable rate of total germs in addition to a few vibrio. The results of parasitological research have shown that the waters analyzed contain various parasites in different forms (eggs and cysts). The analysis shows the presence of bacteriological and parasitological pollution in all the samples studied. This pollution constitutes a non-negligible danger for the health of the populations consuming this water, which is not entirely suitable for human consumption.

Keywords: Drilling Boukhalfa, microbiological analysis, bacteriological quality, parasitological quality; standards of portability, drinking water, ant bio-resistance

ملخص

الماء مورد طبيعي ثمين وضروري لاستخدامات متعددة. يتطلب استخدامه للأغراض الغذائية جودة ميكروبيولوجية وطفيلية ممتازة. تمثل آبار بوخالفة مصدرا هاما لإمدادات مياه الشرب لسكان الشمال الغربي لبلدية تيزي وزو. الهدف من هذا العمل هو دراسة الجودة الطفيلية والبيكتريولوجية لمياه الشرب من هذه الآبار من خلال أخذ عينات من متوسطة بوخالفة والجزائرية للمياه في تالا علام، من أجل تقييم صلاحيتها للشرب حسب إحصائيات منظمة الصحة العالمية، باعتبار أن سكان تيزي وزو يستهلكونها ويعتبرونها مياه "صالحة للشرب". تم إجراء التحاليل على العينات من خلال البحث عن الجراثيم غير المرغوب فيها: الجراثيم الكلبية، القولونيات الكلبية، القولونيات البرازية، العقديات البرازية والمطثيات المقلصة للكبريتيت وكذلك البحث عن الطفيليات. أظهرت نتائج التحليلات التي أجريت أن هذه المياه ذات جودة بيكتريولوجية متوسطة طالما أنها تحتوي على نسبة كبيرة من الجراثيم الكلبية بالإضافة إلى عدد قليل من الضمات. أظهرت نتائج البحث الطفيلي أن المياه التي تم تحليلها تحتوي على طفيليات مختلفة بأشكال مختلفة (بيض وأكياس). أظهر التحليل وجود تلوث جرثومي وطفلي في جميع المصادر المدروسة. يشكل هذا التلوث خطراً كبيراً على صحة السكان الذين يستهلكون هذه المياه، وهو غير مناسب تماماً للاستهلاك البشري.

