

*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique*

*Université MOULOUD MAMMERY de TIZI-OUZOU
Faculté des sciences biologiques et des sciences
agronomiques*

Département des sciences agronomiques



Mémoire

de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master
En sciences agronomiques
Spécialité : Eau et Environnement

Thème

**Impact des rejets de STEP de la ville de Tizi-Ouzou sur la
qualité biologique des eaux de consommation :**

Cas des forages de Boukhalfa

Présenté par :

**M^{me} BERROUANE Naoual Epse BOUDJEBLA
M^R KHOUMERI Mohamed**

Devant le jury:

M^{me} SMAIL SAADOUN N.

Professeur

UMMTO

Présidente

M^r METAHRI M.S.

Maître de conférences A

UMMTO

Promoteur

M^{me} BOUZID M.

Doctorante

UMMTO

Co-promotrice

M^{me} BOUDIAF NAIT KACI M.

Maître de conférences A

UMMTO

Examinatrice

Promotion : 2017/2018

Remerciements

C'est pour nous un grand honneur et un réel plaisir de rendre hommage, témoigner de notre profonde reconnaissance et formuler des remerciements aux personnes qui, d'une manière ou d'une autre, ont apporté leur soutien et contribué à finaliser ce travail.

Nous tenons à remercier Mr. METAHRI M.S. d'avoir accepté de nous encadré sur ce thème, de nous avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé tout au long de ce travail.

A Mme. BOUZID M. d'avoir accepté de Co-encadrer ce Travail.

Nous tenons également à remercier Mme SMAIL SAADOUN Professeur à l'université Mouloud Maameri, pour l'intérêt qu'elle a accordée à ce travail en acceptant de le juger et de présider le jury.

Nous remercions Mme BOUDIAF NAIT KACI M. Maitre de Conférences à l'université Mouloud Maameri, pour l'intérêt qu'elle a manifestée à ce travail et sa présence en tant qu'examinatrice.

Nos remerciements s'adressent aussi au personnel du laboratoire d'analyses médicales Dr BOUDJEBLA Y. pour l'aide et la disponibilité qu'ils affichaient à notre égard.

A tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de mon Père qui nous a quittés trop tôt, qu'il repose en paix,

A ma mère à qui je dois tout,

A l'homme de ma vie ; mon époux,

A mes trésors ; Anya et Amnay Elias,

A mes frères, mes sœurs et leurs enfants,

A mes beaux-parents,

A toute ma famille,

A mon binôme Mohamed et sa famille,

A tous les enseignants qui ont pris part à ma formation,

A tous ceux qui me sont chers et qui m'ont soutenue

Bien faible témoignage d'affection et d'amour.

Naoual

Table des matières

Résumé

Dédicace

Remerciements

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des symboles

Introduction générale

Partie bibliographique : I Caractéristiques générales de l'eau potable

I.1. Introduction	02
I.2. Principales sources de l'eau	02
I.2.1. Eaux superficielles	02
I.2.2. Eaux souterraines	03
I.3. Eau en Algérie	04
I.4. Caractéristiques de l'eau potable	04
I.4.1. Caractéristiques organoleptiques	05
I.4.1.1. Couleur	05
I.4.1.2. Odeur et Saveur	05
I.4.2. Caractéristiques physicochimiques	05
I.4.2.1. pH	05
I.4.2.2. Minéralisation globale	06
I.4.2.3. Conductivité	06
I.4.2.4. Turbidité	06
I.4.3. Caractéristiques biologiques	07
I.4.3.1. Bactéries	07
I.4.3.1.1. Bactéries indicateurs spécifiques de pollution fécale	07
I.4.3.1.2. Bactéries indicateurs, non réellement spécifiques de pollution fécale	09
I.4.3.1.3. Bactéries pathogènes	09
I.4.3.2. Virus	10
I.4.3.3. Parasite	10
I.5. Définition de la pollution de l'eau	10
I.6. Types de pollution	10
I.6.1. Pollution physique	10

I.6.2. Pollution chimique	11
I.6.3. Pollution microbienne	11

Partie bibliographique: II. Maladies à transmission hydrique

II.1. Introduction	12
II.2. Maladies hydriques d'origine bactérienne	13
II.2.1. Choléra	13
II.2.2. Typhoïde	14
II.2.3. Shigellose ou Dysenterie bacillaire	15
II.3. Maladies hydriques d'origine virale	16
II.3.1. Hépatites virales	16
II.3.2. Poliomyélite	17
II.4. Maladies hydriques d'origine protozoaire	17
II.4.1. Amibiase	17
II.4.2. Giardiasis	18
II.5. Maladies causées par les helminthes	18
II.5.1. Ascariase ou Ascariose	18
II.6. Principaux facteurs influant la transmission des M. T. H en Algérie	19
II.7. Programme national de lutte contre les M T H	20

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

I.1. Objectif de l'étude	21
I.2. Type et durée de l'étude	21
I.3. Situation géographique des forages	21
I.4. Echantillonnage	22
I.4.1. Fréquence d'échantillonnage	23
I.4.2. Matériels utilisés	23
I.4.2.1. Verreries	23
I.4.2.2. Appareillages et outils	23
I.4.2.3. Milieux de cultures	24
I.4.2.4. Réactifs utilisés	24
I.4.3. Préparation du matériel	24

Table des matières

I.4.4 Prélèvement de l'eau	25
I.4.5 Conservation et expédition des échantillons	26
I.5. Analyses bactériologiques	26
I.5.1. Recherche des germes totaux	27
I.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide	29
I.5.3. Recherche des streptocoques fécaux	31
I.5.4. Recherche dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteurs	33
I.5.5. Recherche des Vibrions cholériques	35
I.5.6. Recherche des Salmonelles	36
I.6. Analyses parasitologiques	38

Partie expérimental : II. Résultats et discussions

II.1. Résultats et discussion	40
II.1.1. Résultats d'isolement bactériologique	40
II.1.1. Résultats d'isolement parasitologique	43
Conclusion	44
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Grille normative concernant le pH pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.	5
02	Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie.	6
03	Guide de la conductivité d'une eau destinée à la consommation humaine.	6
04	Quelques maladies véhiculées par l'eau et ses agents	13
05	Liste des forages de BOUKHALFA et leurs capacités	22
06	Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée (prélèvement du 22/04/2018).	40
07	Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée (prélèvement du 08/05/2018)	41
08	Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée (prélèvement du 20/05/2018)	41
09	Résultats des recherches parasitologiques durant la période d'étude	43

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Situation épidémiologique de l'année 2015 en Algérie	12
02	L'incidence du Cholera en Algérie 1981-2001	14
03	Incidence de la Fièvre Typhoïde en Algérie (2000-2015)	15
04	Incidence de dysenterie en Algérie (2000-2015)	16
05	Incidence des Hépatites en Algérie (2001-2015)	16
06	Entamoeba Histolyticas	17
07	Giardia intestinalis	18
08	Ascaris lombricoïdes	19
09	Image satellitaire de site des forages de Boukhalfa.	21
10	Échantillonnage dans les cours d'eau	25
11	Prélèvement de l'eau d'un robinet	26
12	Préparation des dilutions	28
13	Recherche et dénombrement des <i>germes totaux</i>	29
14	Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux	31
15	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	33
16	Recherche des <i>Clostridium Sulfite Réducteurs</i>	35
17	Recherche des <i>Vibrion Chlorique</i>	36
18	Recherche des <i>salmonelles</i>	38

Liste des symboles

µm : micromètre

AEP : Approvisionnement en eau potable

C° : degré Celsius

CO₂ : Dioxyde de carbone

Ca²⁺: calcium

Cl⁻: Chlorure

E. coli: *Escherichia coli*

EPA : Eau peptone alcaline concentrée 10 fois

GNAB : Gélose nutritive alcaline biliée

HCO³⁻ : Bicarbonates

I.N.S.P : Institut National de Santé Publique

JORAD : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique

K⁺ : Potassium

Mn²⁺ : Manganèse

MSPRH: Ministère de la Santé de la Population et de la Réforme Hospitalière

MTH : Maladie à Transmission Hydrique

Na²⁺ : Sodium

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

NPP : Nombre Plus Probable

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PEV: paralysie flasque aiguë

pH : potentiel d'Hydrogène

SO₄²⁻: Sulfates

UC : Unité de couleur

UFC : Unité Formant Colonie

UV: Ultra violet

VF : Gélose viande de foie

VHA : Virus de l'Hépatite A

VHE : Virus de l'Hépatite E

Introduction

Générale

L'eau est indissociable de la vie et en particulier de celles des populations humaines dont elle a influencé l'histoire et conditionné le développement. Elle est aussi un des principaux vecteurs de la transmission de nombreuses maladies qui sont à l'origine d'importantes épidémies humaines ou animales [1]. De nombreux germes infectieux sont ainsi transmis et entraînent une mortalité humaine élevée [2]. Il s'agit de microorganismes pouvant exister à l'état naturel ou être le résultat d'une contamination par des matières fécales d'origine humaine ou animale. Les sources d'eau de surface, comme les lacs, les rivières et les réservoirs sont plus susceptibles d'en contenir que les sources d'eaux souterraines, à moins que ces dernières ne le soient sous l'influence directe des eaux de surface [3].

En 2008, plus de 2,6 milliards de personnes n'avaient pas accès à une eau saine et près de 900 millions de personnes n'avaient pas accès à un meilleur approvisionnement en eau potable selon le rapport récemment publié par le Programme commun OMS-UNICEF de suivi de l'approvisionnement en eau et l'assainissement (JMP) [4].

Lorsqu'elle est accessible, l'eau est souvent sujette à une contamination chimique et/ou bactériologique [5]. Dans les infections hydriques, les deux types de risques prépondérants sont liés aux agents microbiologiques (bactéries, virus, protozoaires et parasites) et aux substances chimiques [1]. Le risque microbiologique provient donc du pouvoir pathogène de ces germes qui est conditionné non seulement par les propriétés de l'agent infectieux mais aussi par la réceptivité de l'hôte [6]. Les infections bactériennes d'origine hydriques posent un réel problème de santé publique, de par leur fréquence et leur gravité. En effet, dans les pays en voie de développement. Les maladies bactériennes d'origine hydrique ont été responsables pendant plusieurs siècles de vastes épidémies de dysenterie, fièvre typhoïde, choléra.... [7]

L'objectif de notre travail est d'étudier l'impact du recyclage court, des effluents secondaires des STEP de la ville de Tizi-Ouzou injectés dans la nappe phréatique du Sébaou, sur la qualité biologique de l'Oued Sébaou, les forages y implantés et l'eau de consommation issue de ces forages distribuée dans quelques citées de la ville de Tizi-Ouzou. Pour mener à bien cette étude nous aborderons d'une part, les qualités requises que doit avoir une eau destinée à l'usage domestique. D'autre part, les risques bactériologiques et parasitologiques à redouter suite à l'usage d'une eau de qualité défectueuse.

Partie
Bibliographique

I.1. Introduction

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 la vie et pour d'autres à la mise en danger de sa population.

En Algérie, la conjugaison de la croissance démographique, du développement des secteurs industriels et agricoles, ont entraînés un accroissement spectaculaire des besoins en eau. Cet accroissement nettement plus important par rapport aux quantités et aux qualités mobilisées, au point où le déficit entre l'offre et la demande en eau risque de persister. Ce déficit peut constituer à long terme, un handicap insurmontable au développement et un impact négatif sur le plan socioéconomique [8].

I.2. Principales sources de l'eau

L'homme a recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins en eau et permettre son usage dans ses diverses activités industrielles et agricoles, à deux types de ressources hydriques conventionnelles et non conventionnelles qui peuvent être d'origines:

- Eaux souterraines,

- Eaux de surface (rivières, fleuves et lacs naturels ou artificiels ; eaux de mer et saumâtres).

L'eau à l'état naturel n'est jamais pure ; c'est un milieu vivant qui se charge d'éléments très divers en fonction des formations géologiques traversées [7].

I.2.1. Eaux superficielles

Les eaux de surface sont constituées par les eaux des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs, des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement [19,20].

Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échanges eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé [8]. Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais, malheureusement, fragile et vulnérable, qui doit être protégée contre les divers facteurs de pollution qui la menacent. Ces facteurs résultent, pour la plupart, de l'activité

Partie bibliographique : I. Caractéristiques générale de l'eau potable

humaine et industrielle, mais aussi de processus naturels (eutrophisation : développement excessif d'algues et de plancton) qui peuvent dégrader la qualité de l'eau [10].

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants ou hydrologiques. Au cours de son cheminement, l'eau dissout et se charge des différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (oxygène, gaz carbonique, azote) [8].

Ce qui caractérise les eaux superficielles ce sont [3]:

- Les variations saisonnières (climatiques) et à degré moindre, journalières des paramètres physiques: température, turbidité et coloration. Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes, tout en étant aléatoires, suite à des pluies soudaines, des orages et des pollutions accidentelles.
- Le développement plus ou moins important de phytoplancton (algues), de zooplancton 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 après leur mort.
- La fragilité de la ressource, très vulnérable à la pollution urbaine, industrielle et agricole.

Cette source est caractérisée par des pollutions microbiennes et chimiques maximales. C'est la raison pour laquelle elles sont l'objet d'un classement permettant théoriquement d'éliminer les plus contaminées et de sélectionner les plus pures d'entre elles pour en faire des eaux d'alimentation. Ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de populations ou très industrialisées [22].

I.2.2. Eaux souterraines

Les eaux qui ne se sont pas évaporées, 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 de sa porosité et de sa structure géologique qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes [7]. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique, elles se réunissent en nappes ; il en existe plusieurs types [6] :

I.2.2.1- Nappes

L'aquifère ou encore la nappe d'eau souterraine est un gisement d'eau souterraine utilisable comme source d'eau [8]. Une nappe est constituée par l'ensemble de l'eau qui occupe les interstices de

Partie bibliographique : I. Caractéristiques générale de l'eau potable

roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendue ; on distingue [9] :

a. Nappe libre

C'est une nappe qui peut se développer librement vers le haut puisque le terrain est perméable, siége d'une nappe aquifère, n'est pas couvert par une couche imperméable.

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 [10]. Les nappes peuvent être classées en nappes phréatiques et nappes profondes.

- Les nappes phréatiques sont celles qui reposent sur la première couche imperméable proche du niveau du sol, sont toujours libres et souvent contaminées.
- Les nappes profondes dites subordonnées reposent sur une couche perméable plus profonde et peuvent être libres ou captives [11]

Nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Beni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes [12].

I.3. Resource hydrique

L'Algérie est un pays semi-aride et aride, dans lequel les ressources en eau sont généralement faibles et surtout extrêmement irrégulières et localisées :

- Dans le Sahara, les lits d'oueds recèlent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'Zab, Saoura, etc. Sinon, ce sont des nappes profondes, semi fossiles ou fossiles, et qui sont très peu utilisées.
- Dans le nord d'Algérie l'apport principale vient du ruissellement. Le régime d'un oued est caractérisé par le fait que durant des mois, voire des années, le lit mal délimité est parcouru par un filet d'eau trompeur et que, tout à coup, et pendant un temps bref, il roule jusqu'à 5000 m³/second provoquant une crue dévastatrice. En effet, elles sont croissantes d'Ouest en Est et affectent successivement les Monts de Tlemcen, le versant nord de l'Ouarsenis, le massif de la Kabylie, le nord Constantinois et enfin le massif des Aurès [13].

I.4. Caractéristiques de l'eau potable

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts fixée par le ministre de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur. Il existe plusieurs critères pour une eau

Partie bibliographique : I. Caractéristiques générale de l'eau potable

propre à la consommation. Ces critères, décidés selon le principe de précaution maximal qui permet de protéger les personnes dont la santé est la plus fragile [14].

I.4.1. Caractéristiques organoleptiques

Ces paramètres concernent les qualités sensibles de l'eau : la couleur, la saveur, l'odeur, la transparence. Ils n'ont pas de valeur sanitaire directe, une eau de consommation doit être inodore, incolore [15].

I.4.1.1. Couleur

Paramètre qui traduit une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut avoir une origine naturelle, industrielle chimique, ou biologique [15]. 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 [14].

I.4.1.2. Odeur et Saveur

Ces deux propriétés sont extrêmement difficile de les distinguer l'un de l'autre, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Les problèmes de goût et d'odeur sont la cause principale des plaintes formulées par les usagers. Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable [16].

I.4.2. Caractéristiques physicochimiques

I.4.2.1. pH

Le pH d'une eau indique son acidité ou son alcalinité, le pH n'a pas d'effet direct sur la santé mais il présente certain inconvénients. Les législations Algériennes et européennes précisent pour l'eau destinée à la consommation humaine un pH moyennement neutre comme niveau guide (voir Tableau n° 01) [17].

Tableau 01: Grille normative concernant le pH pour estimer la qualité de l'eau en Algérie [16].

Qualité de l'eau	Bonne	Mauvaise	Très mauvaise
pH	6,5 - 8,5	>6, - <9	>5, - <9

I.4.2.2. Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que les carbonates, les bicarbonates HCO_3^- , les chlorures Cl^- , les sulfates SO_4^{2-} , le calcium Ca^{2+} , le sodium Na^{2+} , le potassium K^+ , le manganèse Mn^{2+} . Une minéralisation excessive donne un goût salé [18].

La grille suivante (tableau 02) été établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques algérienne pour limiter les concentrations des paramètres physicochimiques dans les eaux de boissons.

Tableau 02 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie [16].

Qualité de l'eau	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Minéralisation globale mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600

I.4.2.3. Conductivité

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau [15]. La conductivité a, la plus part 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 très utile pour mettre en évidence la qualité de l'eau [14]. Le tableau 03 fixe les valeurs limites de la conductivité.

Tableau 03: Guide de la conductivité d'une eau destinée à la consommation humaine [19].

Conductivité à 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	Qualité excellente
400 à 750	Bonne qualité
750 à 1500	Qualité médiocre mais eau utilisable
>1500	Minéralisation excessive

I.4.2.4. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matières en suspension (grains de silice, matière organique, limons...) ; éveille la méfiance et la répugnance du

consommateur [14]. La consommation d'une eau très trouble peut constituer un risque pour la santé car une turbidité excessive peut protéger des microorganismes pathogènes ou stimuler la croissance des bactéries dans les réseaux. Pour cette raison, réduire la turbidité est l'un des buts primordiaux du traitement [20].

I.4.3. Caractéristiques biologiques

L'eau doit présenter également une potabilité du point de vue microbiologiques ; généralement, toutes les ressources d'eaux soit des lacs, des rivières, des fleuves, aussi bien des nappes phréatiques un peu profondes, contient trois type des germes typiquement aquatique, tellurique (due par ruissellement) et des germes de contamination humaine ou animale (contamination fécal); que ce soit le type du germe il peut engendrer des maladies infectieuses chez l'homme [20].

En définitive, la majorité des microorganismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires) pouvant causer des maladies susceptibles de se trouver dans l'eau, proviennent de déjections humaines ou animales, l'importance de la pollution microbiologique nous oblige de faire un traitement avant d'être distribuée au public [21].

L'analyse microbiologique de l'eau distribuée à la consommation est basée sur la recherche des "**microorganismes indicateurs de contamination fécale**". Ces indicateurs sont spécifiques à la flore intestinale, ils ne sont pas nécessairement pathogènes, mais leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel [20].

I.4.3.1. Bactéries

Le contrôle bactériologique réalisé dans ce contexte, porte sur la quantification des germes indicateurs de contamination fécale: les coliformes et les streptocoques fécaux. D'autres indicateurs non spécifiques ont été utilisés comme complémentaires: les germes totaux et les *Clostridium* sulfite réducteurs [20]. Implique aussi la recherche de certains germes pathogènes: *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio*, *Pseudomonas aeruginosa* et les *Staphylocoques* [14].

A. Bactéries indicatrices spécifiques de pollution fécale

Comme les indicateurs de contamination fécale, les bactéries du groupe coliformes sont choisies comme bactéries de référence. Le principal représentant de ce groupe de bactéries est appelé *Escherichia coli*. La raison du choix de ce groupe de bactéries comme indicateur de contamination de l'eau est due aux facteurs suivants [21]:

Partie bibliographique : I. Caractéristiques générale de l'eau potable

- a. On les trouve dans les excréments des animaux à sang chaud, y compris les humains;
- b. Elles sont facilement détectables et quantifiables par des techniques simples et économiquement viables, sur n'importe quel type d'eau;
- c. Sa concentration dans l'eau contaminée à une relation directe avec le degré de contamination fécale de cette dernière;
- d. Elle a la durée de survie la plus importante chez les bactéries pathogènes intestinales, car elles sont moins exigeantes sur le plan nutritionnel et sont incapables de se multiplier dans le milieu aquatique ou se multiplient moins que les bactéries entériques;
- e. Elles sont plus résistantes aux désinfectants et aux agents tensioactifs que les bactéries pathogènes.

Trois indicateurs sont à noter: les Coliformes totaux, Coliformes fécaux, et les streptocoques fécaux.

B. Coliformes totaux

Sous le terme de coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des *Enterobacteriaceae*, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro-anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37 C°, ils sont sensibles au chlore [40]. Ils se repartissent en deux catégories [22]:

- Les germes thermophiles ;
- Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène).

Leur intérêt plus moindres pour détecter une contamination d'origine fécale .

C. Coliformes fécaux (coliformes thermo-tolérants)

Les coliformes fécaux sont un sous groupe de coliformes totaux, l'existence de ces germes peut être une indication de la présence des microorganismes entéropathogènes, comme les salmonelles.

Un autre test peut fournir les mêmes indications que celles fournies par le dénombrement des coliformes fécaux, c'est le dénombrement des *E. coli* présumés qui correspondent à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C [20].

- ***E. coli***: l'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés. L'OMS, n'énonce que la présence d'*E.coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente [18].

- **Intérêt de la recherche et de dénombrement d'*E.coli***: Selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait *E. coli*, en raison de son abondance

Partie bibliographique : I. Caractéristiques générale de l'eau potable

dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et de sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20 °C varie d'une semaine à un mois) [20].

D. Streptocoques fécaux

Ce sont les streptocoques du groupe D. Elles sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négatif et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous groupes : *Enterococcus* et *Streptococcus* [41]. L'apport d'entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles. Leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne [34].

E. Bactéries indicatrices, non réellement spécifiques de pollution fécale

E.1. *Clostridium* sulfito-réducteurs

Ce sont des bactéries à Gram positif mesurant 4 à 6 µm de long et 1 à 2 µm de large produisant des spores dont le plus caractéristique est *Clostridium perfringens*. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique [34]. L'intérêt de la recherche de tels indicateurs réside dans la propriété de sporuler, ce qui les rend particulièrement résistant aux traitements de désinfection [42].

E.2. Bactéries aérobies revivifiables (germes totaux)

Sa recherche vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes, le dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22 °C et 37 °C s'effectue dans la gélose glucosée à l'extrait de levure ou PCA. La charge mésophile totale n'est pas un paramètre d'appréciation de la qualité bactériologique mais quand même peut nous renseigner sur le degré de potabilité des eaux et tous produits alimentaire [43].

E.3. Bactéries pathogènes

Les bactéries pathogènes jouent le rôle de signal d'alarme. En fait, seules les *Salmonella* et les *Shigella* sont des bactéries fréquemment recherchées, en dehors de cas d'épidémies. Ces dernières années cependant, une certaine importance a été attribuée aux *Yersinia*, *Campylobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila*, *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio cholerae* [20].

I.4.3.2. Virus

Parmi les virus présent dans l'eau, on compte le virus de l'hépatite A; le virus de l'hépatite E plutôt confiné dans les milieux tropicaux, le virus commun des gastroentérites, les Adénovirus, les Réovirus. Le plus souvent les virus sont adsorbés aux matières en suspension et décantent avec elles, aussi bien la désinfection au rayon UV est efficace pour les détruire [44].

I.4.3.3. Parasite

Les protozoaires constituent un groupe diversifié de microorganismes. Ce sont, pour la plupart des organismes libres, qui peuvent vivre dans l'eau de surface et l'eau usée. Elles ne présentent aucun risque pour la santé humaine. Cependant, certains protozoaires entériques, comme *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum* ; sont pathogènes et ont été associés à des éclosions de maladies liées à l'eau potable. Ils peuvent se retrouver dans cette eau à la suite d'une contamination par la matière fécale d'humains ou d'animaux [45,47]. Résistent aux conditions environnementales sous des formes particulières: kyste, oocyste, une fois ingérés, ils entrent en phase de germination, se reproduisent et entraînent diverses maladies telles que Giardiase, Amibiase, gastro-entérites...l'OMS en 1996 a estimé l'incidence mondiale de la Giardiase à 200 millions de cas par année [45].

I.5. Définition de la pollution de l'eau

La pollution ou la contamination de l'eau est sa dégradation en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels la rendant impropre à sa vocation établit [23].

Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- Urbaine (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- Agricole (engrais, pesticides)
- Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

I.6. Type de pollution

I.6.1. Pollution physique

Partie bibliographique : I. Caractéristiques générale de l'eau potable

Elle peut être thermique, radioactive ou due au transport des matières en suspension. Ces dernières créent la turbidité qui donne à l'eau un aspect peu agréable, causent des dommages aux poissons et freinent le développement des organismes photosynthétiques. Les pollutions radioactives et thermiques proviennent quant à elles du rejet de radio isotopes ou d'eaux chaudes ayant servi au refroidissement des centrales électriques et nucléaires [24,25].

Les conséquences directes de ce rejet, est l'élévation de la température des eaux naturelles, ce qui modifie le taux d'oxygène, augmente l'activité cellulaire et la respiration de la biocénose, diminue la diversité du phytoplancton et peut provoquer la prolifération d'espèces thermophiles [24].

I.6.2. Pollution chimique

Les polluants chimiques sont nombreux et d'origines diverses : déchets industriels minéraux et organiques. Ils peuvent être dégradables (substances dont la nature est modifiée ou la quantité réduite par des phénomènes biologiques, chimiques ou physiques) ou non dégradables (ne sont pas modifiés par les processus biologiques qui se déroulent dans les eaux naturelles).

Les engrais agricoles, les pesticides, les composés organochlorés, les hydrocarbures, les détergents font aussi partie des polluants chimiques. Certains éléments toxiques (plomb, arsenic, mercure...) dits bioaccumulables, peuvent, à travers la chaîne alimentaire depuis le plancton, atteindre l'Homme, et provoquent des altérations graves de certains organes [7,30].

I.6.3. Pollution microbienne

La pollution microbienne est principalement liée aux eaux usées urbaines. Ces dernières sont très chargées en coliformes, bactéries pathogènes, virus et parasites [15]. Le réservoir majeur des bactéries responsables des maladies à transmission hydrique se trouve être l'appareil digestif de l'Homme et des animaux. L'élimination de ces bactéries par les matières fécales contamine les égouts urbains, les eaux résiduaires hospitalières et les eaux de surface [7,26].

II.1. Introduction

Les maladies à transmission hydrique appelées par contraction (MTH) sont des infections dues à l'ingestion d'eau contaminée par certains germes, comme les bactéries, les virus ou les parasites issues d'une fèces humaine ou animale [45].

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 [46].

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 [47].

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 01) [51].

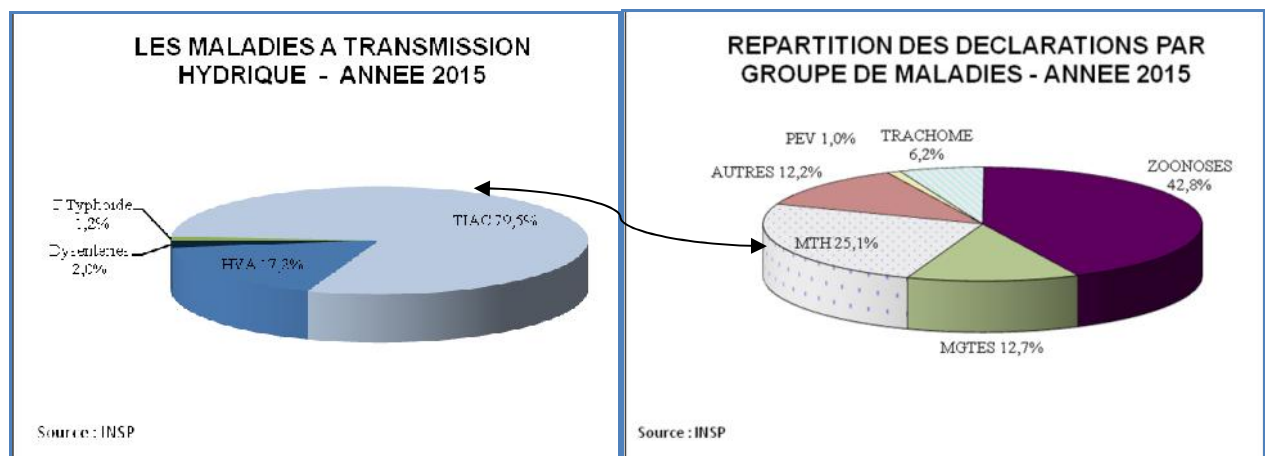


Figure 01 : Situation épidémiologique de l'année 2015 en Algérie [51].

Dans le tableau suivant (tableau 04) sont listées quelques maladies véhiculées par l'eau et ses agents :

Tableau 04 : Quelques maladies véhiculées par l'eau et ses agents [21]

Maladies	Agents pathogènes
D'Origine bactérienne la Typhoïde et la paratyphoïde La dysenterie bacillaire le choléra la Gastro-entérite aiguë et la diarrhée	<i>Salmonelle typhique</i> <i>Salmonelle parathyphique A et B</i> <i>Shigella sp</i> <i>Vibrio cholerae</i> <i>Escherichia coli Entérotoxique</i> <i>Campylobacter</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Salmonelle</i> <i>Shigella sp</i>
D'Origine virale L'hépatite A et E La polio La Gastro-entérite aiguë et chronique	Virus de l'hépatite A et E Virus de la poliomyélite Virus Norwalk Rotavirus Enterovirus Adenovirus
D'Origine parasitaire dysenterie amibienne parasite gastro-entérite	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium</i>

II.2. Maladies hydriques d'origine bactérienne

Parmi les infections hydriques dues à des germes pathogènes, ou potentiellement pathogènes dont l'impact est important, on distingue surtout les maladies hydriques d'origine bactérienne dites maladies de canalisations notamment: le choléra, la fièvre typhoïde, la dysenterie, la gastroentérite, les maladies diarrhéiques, etc [46]. Généralement transmises à l'Homme par voie digestive liée à la consommation d'eau ou d'aliments contaminés [34].

II.2.1. Choléra

C'est une maladie à transmission orofécale due au *Vibrio cholerae* qui libère une exotoxine thermolabile et entraîne une hypersécrétion d'eau. Le volume d'eau éliminé peut atteindre 15 à 20 l par jour. La dose infectante est importante, de l'ordre de 10^8 bactéries [45]. L'OMS a estimé dans

Partie bibliographique: II. Maladies à transmission hydrique

l'année 2000 près de 140 000 cas dont 5000 morts furent déclarés à l'OMS, l'Afrique comptait 87 % de ces cas [46].

• Evolution des épidémies de choléra en Algérie

En 1971 est constaté 1332 cas et 110 décès, en 1986 le pic choléra considéré comme une catastrophe épidémiologique national 8000 cas clinique de choléra et 450 décès, le nombre de cas de cette maladie a diminué sensiblement depuis le début des années 1990 (figure 02)[46].

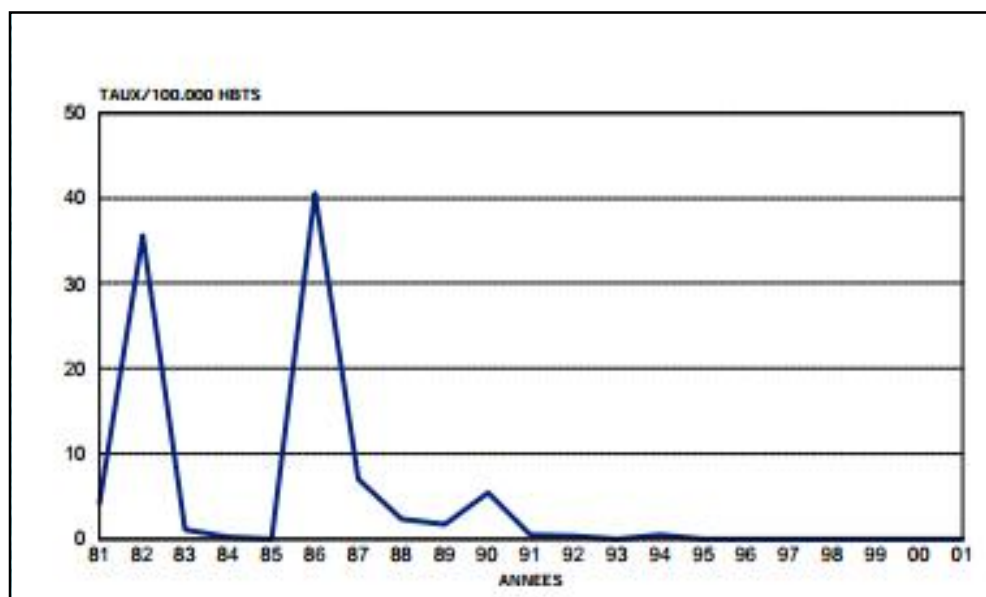


Figure 02 : Incidence du Cholera en Algérie (1981-2001) [46].

II.2.2. Typhoïde

La fièvre typhoïde et paratyphoïde dues à des salmonelles (*salmonella typhus* et *paratyphus*) peuvent à partir de l'intestin envahir les tissus de l'hôte et provoquer une septicémie accompagnées de fièvre élevée, une céphalée, une diarrhée, des douleurs abdominales [48].

• Evolution de la fièvre typhoïde

Les typhoïdes touchent dans le monde 500 000 personnes et provoquent 25 000 morts par an particulièrement fréquentes dans les pays en voie de développement [46].

En Algérie, la situation épidémiologique de la fièvre typhoïde s'est nettement améliorée au cours de ces dernières années. Le taux d'incidence de la fièvre typhoïde est stable, il est passé de 0,62 % en 2010 à 0,59 cas pour 100 000 habitants en 2011 et 0,24 cas pour 100.000 habitants en 2015. Elle représente 1,2 % de l'ensemble des cas de MTH (figure 03) [48, 51].

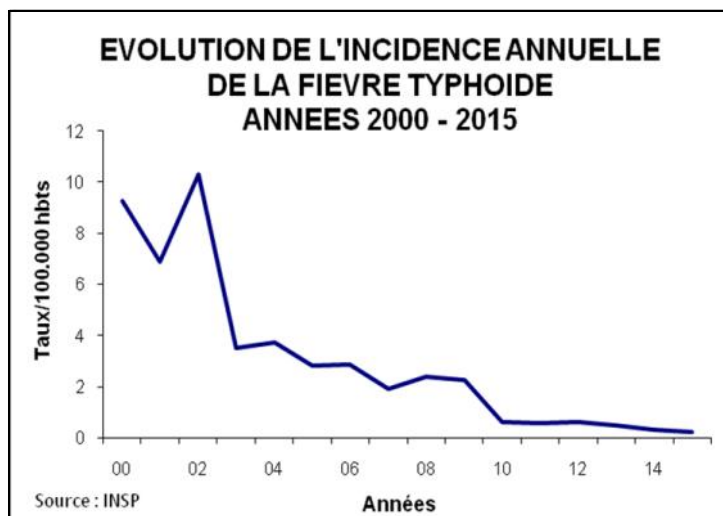


Figure 03 : Incidence de la Fièvre Typhoïde en Algérie (2000-2015) [51]

II.2.3. Shigellose ou Dysenterie bacillaire

Les shigelles sont responsables de toute une variété de signes cliniques allant de la diarrhée aqueuse légère, jusqu'à la dysenterie sévère. Elles sont résistantes aux effets destructeurs des acides qui facilitent la propagation digestive intraluminale de la bactérie [49].

- **Situation épidémiologique de la Shigellose**

Pour les pays pauvres, la shigellose constitue un véritable défi de santé publique, c'est la plus meurtrière des maladies diarrhéiques: elle provoque le décès de 700 000 à 1million de personnes dans le monde chaque année [49]. En Algérie, la situation épidémiologique concernant les dysenteries s'est nettement améliorée avec une nette diminution du taux d'incidence passée de 1,57 % en 2010 à 1,44 cas pour 100 000 habitants en 2011 et 0,40 cas pour 100 000 habitants en 2015. Pendant l'année 2011 la dysenterie représentait 7,4 % de l'ensemble des cas de MTH (figure 04) [48, 51].

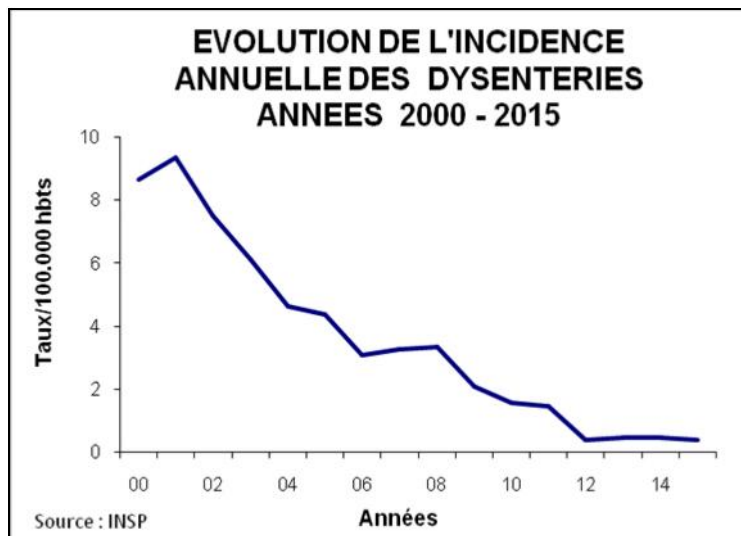


Figure 04 : Incidence de dysenterie en Algérie (2000-2015) [51].

II.3. Maladies hydriques d'origine virale

II.3.1. Hépatites virales

Les deux principaux virus responsables d'hépatites virales aiguës sont le virus de l'hépatite A (VHA) et le virus de l'hépatite E (VHE). Tous deux sont transmis par voie féco-orale et peuvent provoquer de grandes épidémies. L'eau joue un rôle majeur dans leur transmission. Toutefois, ils correspondent à deux modèles épidémiologiques différents. Les épidémies ne s'observent que dans les pays à niveau d'hygiène insuffisant et sont généralement liées à une contamination massive de l'eau. Elles se caractérisent par un taux de létalité élevé (figure 05)[47,51].

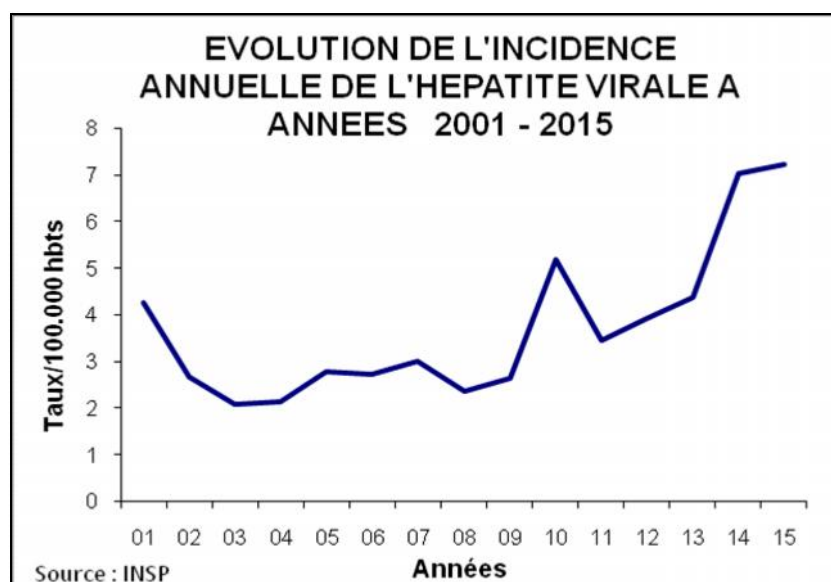


Figure 05 : Incidence des Hépatites en Algérie (2001-2015) [51]

II.3.2. Poliomyélite

La poliomyélite est une infection entérovirale due *enterovirus poliovirus*, la polio se diffuse par contact d'homme à homme, entrant généralement dans le corps par la bouche à cause de la contamination par des fèces de l'eau ou de la nourriture. La maladie est généralement mortelle si les cellules nerveuses du cerveau sont attaquées (poliomyélite bulbaire), entraînant une paralysie des muscles essentiels, tels que ceux contrôlant l'ingestion, les battements du cœur et la respiration [48]. Les cas de polio ont diminués de plus de 99 % depuis 1988. La réduction est le résultat d'un effort global pour éradiquer cette maladie [46]. L'Institut National de Santé Publique (I.N.S.P) estimait à un taux d'incidence de 5,6 % pour la poliomyélite parmi les MTH en 2011[47, 51].

II.4. Maladies hydriques d'origine protozoaire

II.4.1. Amibiase

L'amibiase est une parasitose cosmopolite causée par l'amibe dysentérique et provoque la dysenterie amibienne. De nombreuses espèces d'amibe vivent dans le gros intestin de l'homme, seule l'une d'elles; *Entamoeba histolytica* (figure 06), est susceptible de déclencher une amibiase, c'est la seule qui possède en effet la capacité de traverser la muqueuse de l'intestin et d'en détruire la paroi ; se nourrit exclusivement d'hématies et provoque une nécrose locale et des ulcères.

Ce parasite est présent sous sa forme enkystée dans l'eau ou les aliments souillés qui sont très résistants. Les symptômes habituels de la maladie sont la diarrhée, la fièvre et des crampes abdominales, l'infection peut se compliquer; l'amibe change alors de biotope, gagne d'autres organes elle entraîne diverses manifestation intestinales et extra intestinales (hépatique, pulmonaire,..) [50].

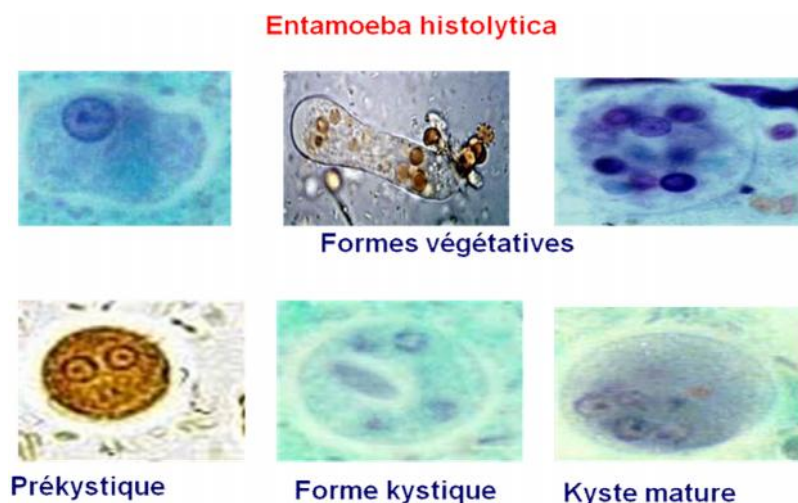


Figure 06 : Entamoeba Histolyticas

II.4.2. Giardiasis

La Giardiasis est une parasitose de l'intestin grêle, due à un protozoaire flagellé: *Giardia intestinalis* (figure 07), la transmission du parasite se fait principalement par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés par les formes kystiques du parasite.

On sait actuellement que c'est un parasite, touchant 10 à 20 % des populations vivant en climat tempérés et chauds ; il semble que la présence des *Giardia* entraîne des troubles dans l'absorption de divers aliments ou vitamines, si son ingestion est peu importante, elle peut rester latente.

Après incubation de 10 à 15 jours, le début de la maladie est brutal avec des symptômes gastroentérite aigüe, des douleurs abdominales, ballonnement, nausées, anorexie, vomissements, et diarrhée aqueuse [50].

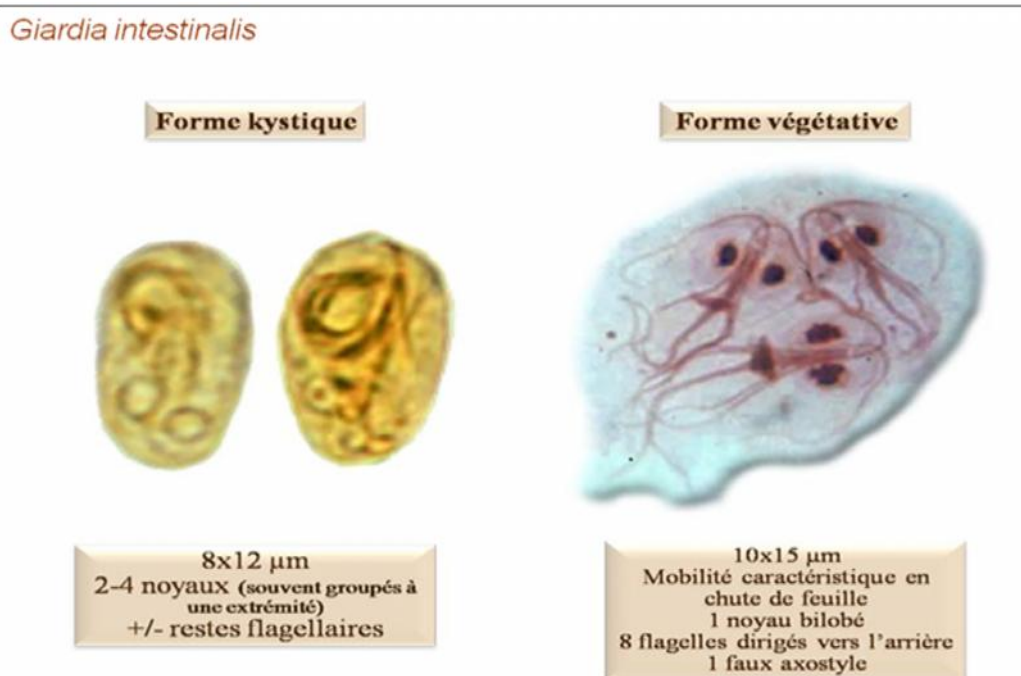


Figure 07 : *Giardia intestinalis*

II.5. Maladies causées par les helminthes

II.5.1. Ascariadiase ou ascaridiose

L'ascaridiose est due à un nématode (ver rond): *Ascaris lumbricoïdes* (figure 08). C'est une parasitose cosmopolite, l'une des plus communes et des plus répandues [46].

Dans les années 1970, une personne sur quatre dans le monde en était atteinte, ce chiffre a probablement légèrement diminué depuis. On la rencontre principalement dans les pays tropicaux. La contamination est provoquée par l'ingestion d'œufs d'*ascaris* souillant l'eau, les fruits et légumes,

Partie bibliographique: II. Maladies à transmission hydrique

ou par les mains sales.

Après éclosion dans le tube digestif, les vers gagnent le foie, les poumons puis l'intestin grêle, où ils deviennent adultes, la femelle pond des œufs rejetés dans les selles. Le cycle évolutif est direct à un seul hôte, l'homme. L'œuf, très résistant, évolue dans le milieu extérieur, s'embryonne en trois semaines au moins, et devient infectieux [48].

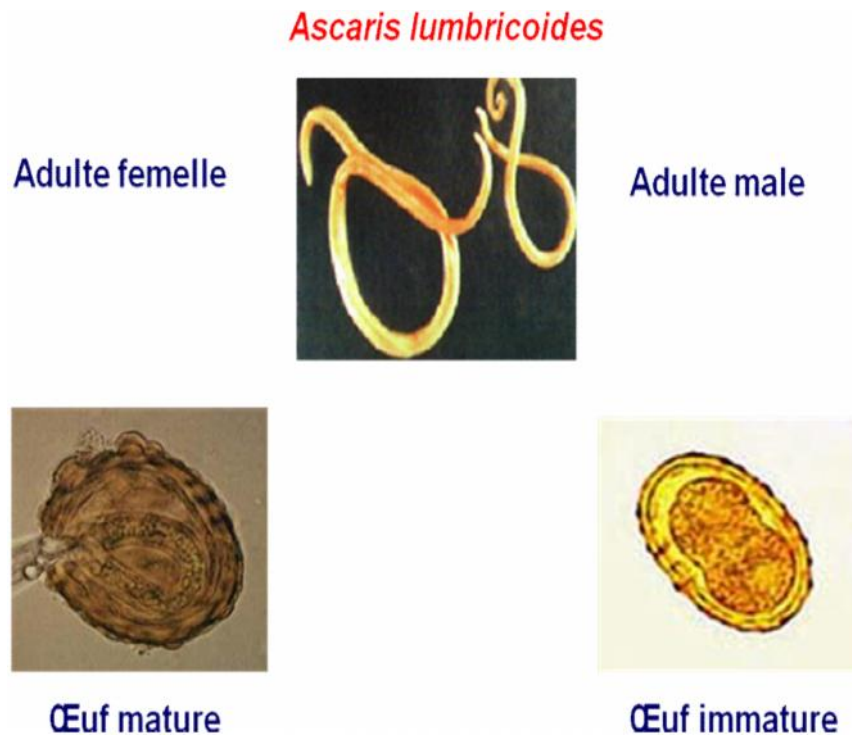


Figure 08 : *Ascaris lumbricoides*

II.6. Principaux facteurs influant la transmission des MTH en Algérie

Les principaux facteurs influant la transmission des MTH en Algérie sont [46] :

- ✓ 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.7. Programme national de lutte contre les MTH

Plusieurs facteurs ont permis l'écllosion 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, contrôle 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) [46].

Annexes

ANNEXE 1 : Table MAC CREDY
Nombre le plus probable et intervalle de confiance 1-5-5

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

ANNEXE 2 : Coloration de Gram

1. Prélèvement

- x A partir d'une culture liquide : prélever un aliquote de suspension à l'anse (ou à la pipette stérile) après avoir homogénéisée le milieu
- x 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)
- x 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

- à la température du laboratoire, si possible
- ou bien à chaleur douce : platine chauffante à 37° ou au-dessus de la veilleuse du bec bunsen, à hauteur suffisante. NE JAMAIS CHAUFFER BRUTALEMENT

4. Fixation

But : tuer les bactéries, fixer leur structure cytologique, et les faire adhérer à la lame.

- x Fixation par la chaleur :
 - à utiliser seulement pour les frottis effectués à partir de **cultures bactériennes**
 - passer la lame-**frottis situé sur le dessus** dans la flamme chauffante, LENTEMENT et 3 à 4 fois de suite (attention de bien tenir la lame avec une pince) et laisser refroidir.
- x Fixation par l'alcool : employé **quel que soit le produit traité.**

- recouvrir la lame pendant 5 min avec de l'alcool puis rincer à l'eau déminéralisé et égoutter le frottis avant coloration.

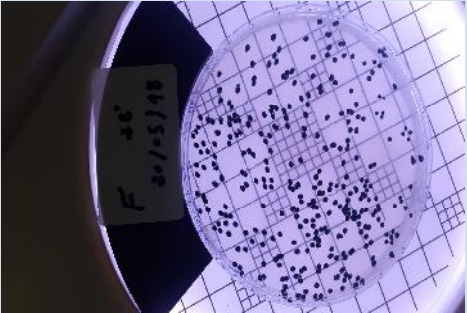


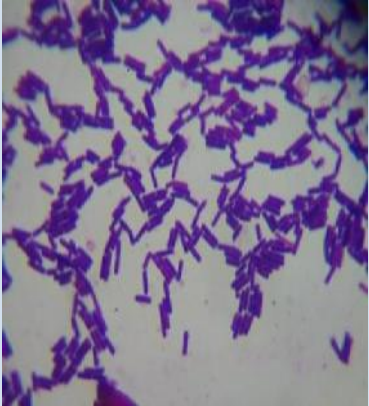
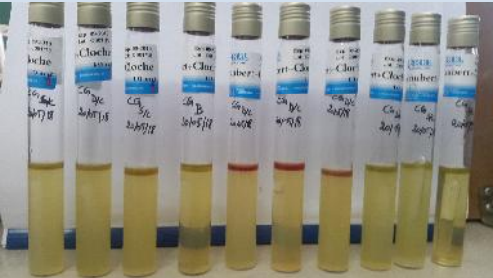

5. Coloration


Principe: La coloration permet de distinguer les bactéries GRAM + des GRAM – grâce à leurs différences de nature de paroi.

ETAPES	MODE OPERATOIRE	TEMPS	PRINCIPE
COLORATION PRIMAIRE	- Recouvrir la lame de crystal violet ou violet de gentiane - Rincer à l'eau distillée et récupérer le cristal violet dans un bûcher (ne pas le jeter dans le bac à coloration)	1 minute	Le colorant violet pénètre dans les cellules bactériennes
MORDANÇAGE	- Recouvrir de Lugol - Rincer à l'eau distillée et l'égoutter	1 minute	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	-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	5 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	- Recouvrir la lame de fuschine - Rincer à l'eau distillée	1 minute	La fuschine recolore en rose les bactéries précédemment décolorées : les bactéries Gram – ou négatif.
SECHAGE	- Egoutter entre 2 morceaux de papier-filtre et laisser sécher		

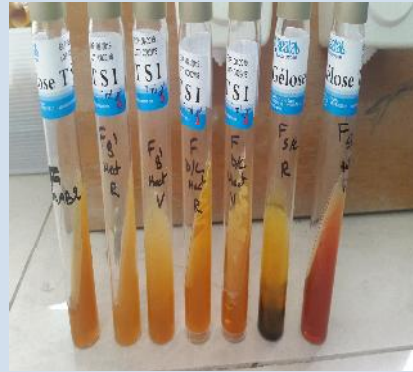
ANNEXE 3

Résultats d'observation bacteriologique macroscopique et microscopique

Microorganismes isolés	Aspect macroscopique	Aspect microscopique (coloration de Gram)
Flore mésophile aérobie total (sur milieu TGEA)	 <p>Développement sur boîtes de Pétri ND</p>	 <p>Bacille à Gram +</p>
Coliformes totaux (sur milieu BCPL à 37°C)	 <p>Milieu BCPL trouble</p>	 <p>Bacille à Gram+</p>
Coliformes fécaux (sur milieu BCPL puis Schubert)	 <p>Anneau rouge</p>	 <p>Galerie API 10 S E. COLI</p>

<p>Streptococcus fécaux (sur milieu ROTH puis Eva Litsky)</p>	 <p>Milieu ROTH trouble</p>	<p>Milieu Eva Litsky trouble Résultat positif</p>
<p><i>Clostridium</i> sp (sur milieu Viande Foie)</p>		<p>Noircissement des tubes</p>
<p><i>Salmonella</i> sp et <i>Shigella</i> sp (sur milieu SFB pour enrichissement)</p>	 <p>Milieu SFB trouble</p>	<p>Résultat positif</p>
<p><i>Salmonella</i> sp et <i>Shigella</i> sp (sur milieu Hectoen)</p>	 <p>Développement sur boites de Pétri</p>	<p>Résultat a confirmé avec galerie biochimique</p>

Salmonella sp et Shigella sp
(sur milieu TSI)

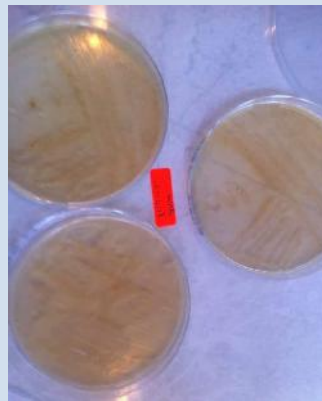


Result

Reaction on TSI			Result	Example
Bull color	Slant color	H ₂ S		
Red	Red	Negative	AMH+ (No action on sugars)	Non fermenter eg. Pseudomonas
Yellow	Red	Negative	AMH- (Glucose fermented without H ₂ S)	LF eg. Shigella
Yellow	Red	Positive (acid in butt)	AMH+ (Glucose fermented with H ₂ S)	LF eg. Salmonella & Proteus
Yellow	Yellow	Negative	AMH- (Three sugars are fermented)	LF eg. E. coli, Klebsiella, Enterobacter



Vibrio cholerae
(Sur milieu GNAB)



Développement bactérien

Résultat a confirmé avec galerie biochimique

ANNEXE 4 : Galerie API 10 s

Inoculation de la galerie API 10 s

- Avec la suspension bactérienne et la pipette ayant servi au prélèvement, **remplir tubes et cupules** des

CTI	VP	GEL
-----	----	-----

 tests
- Remplir uniquement les tubes (et non les cupules) des autres tests.
- Créer une anaérobiose dans les tests **ADH**, **LCD**, **ODC**, **URE**, **H₂S** en remplissant leur cupule d'huile de paraffine.
- Refermer la boîte d'incubation et la placer dans l'étuve à 35 - 37° C pendant 18 à 24 heures

Tableau d'identification de la galerie API 20 E

TUBE	REACTIONS		COMMENTAIRES
	POSITIVE	NEGATIVE	
ONPG	Jaune	Incolore	Une teinte jaune pâle est souvent obtenue, la considérer comme une réaction négative.
ADH	Rouge ou Jaune	Jaune	
LDC	Rouge ou Jaune	Jaune	
ODC	Rouge ou Jaune	Jaune	
CIT	Turquoise ou bleu foncé	Vert pâle ou jaune	La lecture se fait dans la partie supérieure de la cupule (en aérobie)
H ₂ S	Dépôt noir	Aucun dépôt noir	
URE	Rouge ou Jaune	Jaune	
TDA	Brun-rouge	Jaune	Ajouter 1 goutte de chlorure de fer à 10%. Lire immédiatement la réaction
IND	Anneau rouge	Jaune	Ajouter 1 goutte du réactif de James. Lire la réaction immédiatement
VP	Rose foncé ou	Incolore ou rose	Ajouter 1 goutte de KOH à 40%

Partie

Expérimentale

Matériels et méthodes

I.1. Objectifs de l'étude

L'arrivée répétée dans nos robinets d'eau de qualité douteuse, nous a orienté vers le choix de ce thème. L'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité microbiologique de l'eau potable distribuée aux consommateurs dans la ville de Tizi-Ouzou issue des forages de Boukhalfa sis sur la nappe phréatique du Sébaou, alimenté en permanence par les effluents secondaires des STEP de cette même ville.

I.2. Type et durée de l'étude

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire de traitement des eaux, de la faculté des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou du 22/04/2018 au 22/06/2018. Il s'agit d'une étude descriptive transversale.

I.3. Situation géographique des Forages

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 (figure 09). L'apport annuel moyen enregistré est de l'ordre de 750 million de mètre cubes/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, Thala Allam ; Sidi Naaman et Mdouha.

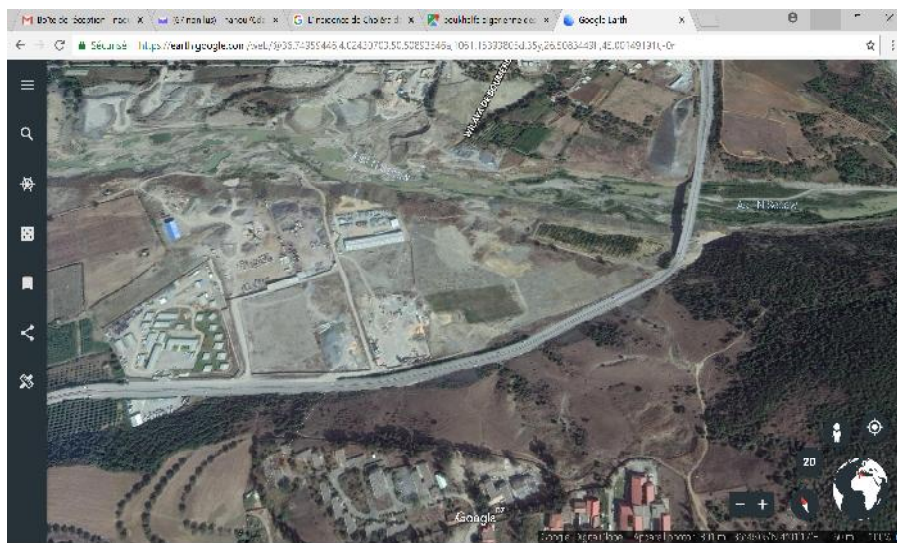


Figure N° 09 : Image satellitaire de site des forages de Boukhalfa (Google Earth).

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

La station de Boukhalfa est composée de dix forages dont un n'est pas en fonction pour cause de manque de ressource, les forages se présentent comme suit (Tableau 02):

Tableau N° 05 : Liste des forages de BOUKHALFA et leurs capacités

FORAGE	CAPACITE (m ³ /h)	ALTITUDE (m)
BK1	100	109.9
BK2	25	109.9
BK3	35	109.9
BK4	100	109.9
BK5	100	109.9
BK6	70	109.9
BK7	57	109.9
BK8	55	109.9
BK9	100	109.9
BK10	0	109.9

NB : Les forages sont regroupés en un seul forage.

I.4. Échantillonnage

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants [22]:

- la sélection convenable du point d'échantillonnage.
- le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- la conservation adéquate de l'échantillon.

Concernant l'échantillonnage pour les analyses biologiques ; et comme la densité des microorganismes indicateurs peut varier de façon importante au cours d'une même journée et d'une journée à l'autre. Il est préférable que l'échantillonnage soit réalisé en été lors de la

période intensive d'usage de l'eau. De plus, plusieurs études démontrent que la qualité bactériologique de l'eau s'améliore généralement au cours d'une même journée en raison de l'action désinfectante des rayons ultraviolets du soleil et d'un certain taux de mortalité dû à la prédation (USEPA, 2010). Ainsi, pour avoir une approche préventive, les prélèvements d'eau devraient toujours se faire au même moment de la journée, de préférence le matin.

I.4.1. Fréquence d'échantillonnage

Pour avoir un meilleur portrait de la qualité bactériologique de l'eau, il est recommandé de prélever des échantillons au moins trois fois par été, et ce, pendant quelques années consécutives (deux ou trois ans). Idéalement, ce scénario de trois tournées d'échantillonnage devrait comporter une tournée après plusieurs jours de temps sec et deux tournées à la suite de pluies suffisamment abondantes pour provoquer le ruissellement (pluie de 10 mm et plus). Cette façon de procéder permet de vérifier s'il y a une différence de qualité bactériologique de l'eau lorsque les conditions météorologiques sont radicalement différentes. Des résultats d'analyse élevés obtenus lors des premières tournées d'échantillonnage peuvent aussi motiver l'ajout d'un certain nombre de tournées. Finalement, une fréquence accrue d'échantillonnage peut être justifiée lorsque les résultats de la qualité de l'eau obtenus s'avèrent variables.

I.4.2. Matériels utilisés

I.4.2.1. Verreries

Avant chaque utilisation, la verrerie doit être soigneusement lavée, rincée, séchée et stérilisée au four Pasteur à 180 °C pendant 30 minutes ou 15 minutes dans un autoclave à 120 °C.

I.4.2.2. Appareillages et outils

- Bec benzène.
- Microscope optique marque (OPTIKA).
- Centrifugeuse marque (Hepaus-christ GMBH).
- Bain-marie marque (*memmert*).
- Etuves réglées à 22 °C; 37 °C et 44 °C marque (J.P. Selecta).
- Boîtes de Pétri stériles.

I.4.2.3. Milieux de cultures

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 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 Hectoen (*Salmonella* ; *Shigella*) : utilisée pour l'isolement des salmonelles et des shigelles après enrichissement préalable.

I.4.2.4. Réactifs utilisés

- Alun de fer.
- Sulfite de sodium.
- Colorants de Gram (Violet de Gentiane, Lugol, Fushine).
- Ethanol 95%.
- Huile à immersion.

I.4.3. Préparation du matériel

Préparation du matériel nécessaire, soit: Bouteilles stérilisées; Marqueur permanent; Glacière; Blocs réfrigérants ou glace; Appareil photo; Bottes imperméables aux genoux. 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 minutes.

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

Le chlore peut au cours du transport, continuer à exercer son action sur les bactéries éventuellement présentes. Il est donc nécessaire de détruire ce chlore. Pour cela, on ajoute dans le flacon de prélèvement avant sa stérilisation quelques gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium.

I.4.4. Prélèvement de l'eau

Le prélèvement se fait en immergeant la bouteille, l'ouverture vers le bas jusqu'à 30 cm sous la surface de l'eau, puis en la remontant en exécutant un mouvement en U. Lorsque le prélèvement est effectué en eau peu profonde, il faut éviter la récolte des particules déposées en surface ainsi que celles provenant des sédiments.

Les cours d'eau peu profonds (moins d'un mètre de profondeur) peuvent facilement être échantillonnés à gué. Il s'agit de vous rendre dans le courant principal pour ne pas échantillonner l'eau qui serait influencée par les rives et de se placer face au courant. Pour éviter de contaminer le prélèvement, attendre quelques minutes pour que les sédiments soulevés par les déplacements dans le cours d'eau soient entraînés par le courant (figure 10).

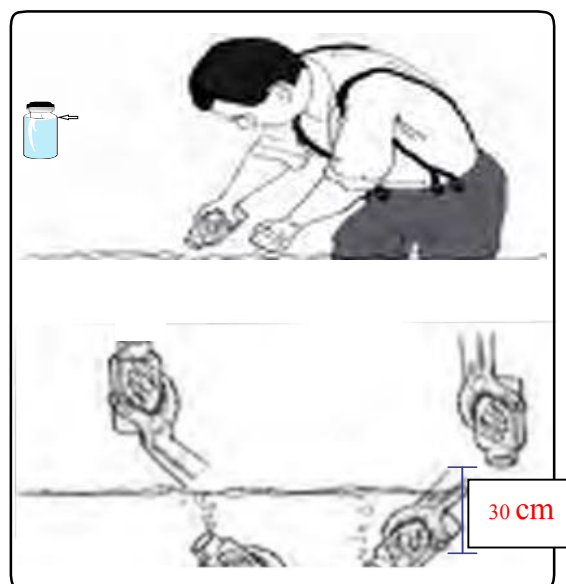


Figure N° 10 : Échantillonnage dans les cours d'eau

La procédure pour les prélèvements de l'eau des robinets est (voir figure 11):

- Se laver les mains;

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

- 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;

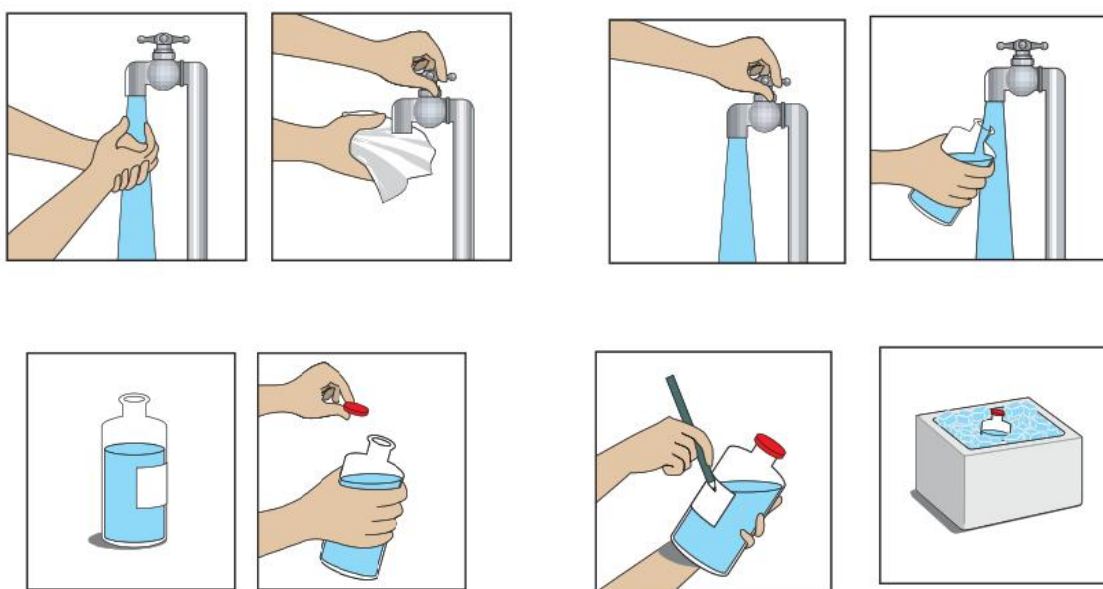


Figure N° 11 : Prélèvement de l'eau d'un robinet

I.4.5. Conservation et expédition des bouteilles

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 moins de 6 heures après le prélèvement.

I.5. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative [38].

Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

échantillon ayant respecté un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles ; correctement transporté au laboratoire et analysé après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

L'analyse bactériologique de l'eau brute est basée sur les paramètres suivants :

- ❖ Recherche et dénombrement des germes totaux ;
- ❖ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux ;
- ❖ Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux ;
- ❖ Recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs*.
- ❖ Recherche des salmonelles.
- ❖ Recherche des vibron-chloriques.

Les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux ont été dénombrés dans les différents échantillons d'eau par la méthode du milieu liquide de cultures.

I.5.1. Recherche des germes totaux

Selon les normes internationales, les micro-organismes reviviscibles se définit comme étant la totalité des bactéries, levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifié dans les conditions d'essai décrites ci-dessous [9].

- ❖ **Milieu de culture** : Gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA).
- ❖ **Mode opératoire** :

Préparation des dilutions

Avant d'ensemencer les milieux de culture, des dilutions ont été effectués en cascades de la 10^{-1} à la 10^{-4} . Nous prélevons du flacon contenant l'eau à analyser 1 ml que nous déposons dans un des tubes contenant les 9 ml de l'eau physiologique (figure 12); 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 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 les dilutions 10^{-3} et 10^{-4} .

Il faut noter que la pipette ne doit pas entrer en contact, ni avec la paroi des tubes, ni avec l'eau physiologique. Il est nécessaire par sécurité d'utiliser une poire en caoutchouc.

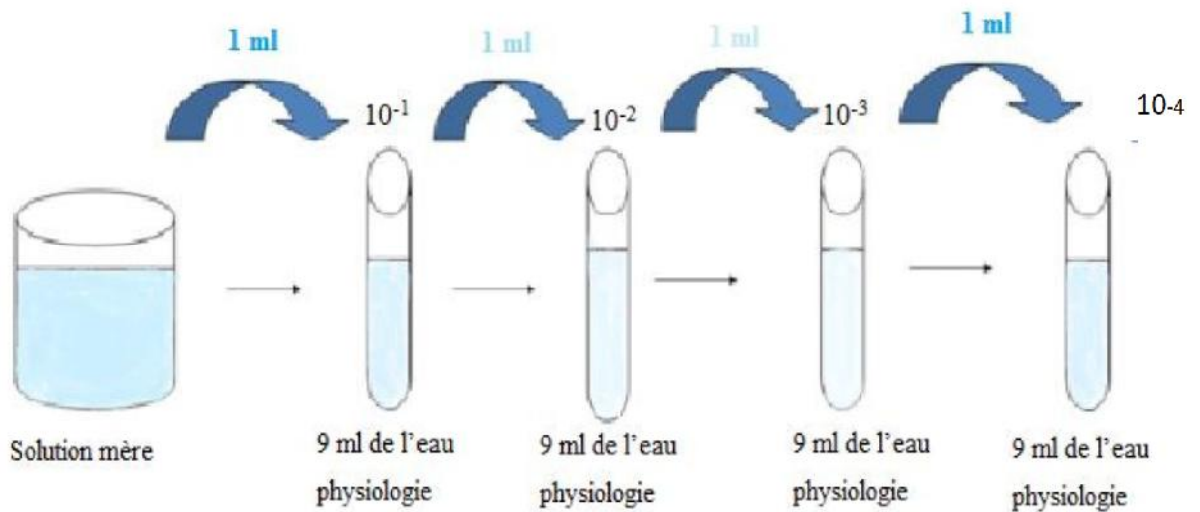


Figure 12 : Préparation des dilutions.

Inoculer 2 séries de boîtes de pétri vides préparées à cet usage et numérotées (figure N°13) avec 1 ml des différentes dilutions. Compléter ensuite chacune des boîtes avec environ 15 ml de gélose TGEA fondu dans un bain marie à 100 °C puis refroidie à environ 40 °C et mélanger avec précaution en mouvement rotatoire puis laisser solidifier.

- ❖ **Incubation et lecture** : Retourner les boîtes et incuber, une série à 37 °C pendant 24 h à 48 h, l'autre à 22 °C pendant 72 h. On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon. Une coloration de gram a été réalisée (voir annexe 2 pour la méthode de coloration et annexe 3 pour le résultat).
- ❖ **Expression des résultats** : Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1ml).

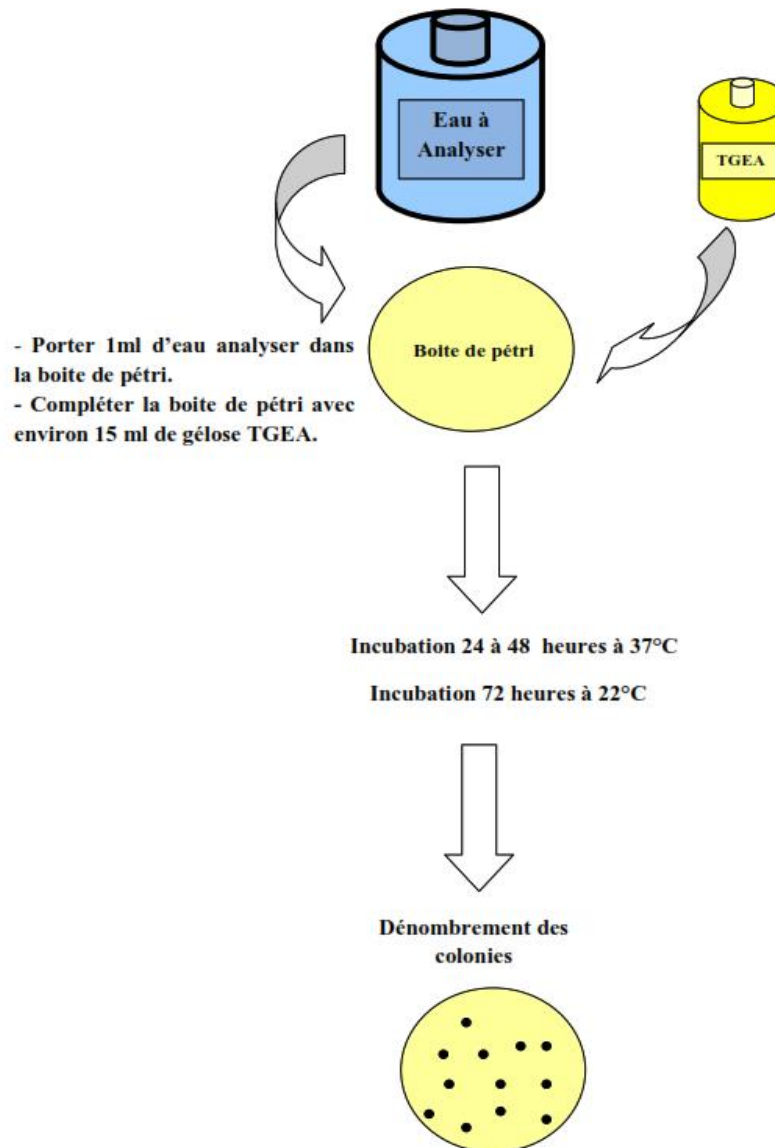


Figure 13 : Recherche et dénombrement des *germes totaux*.

I.5.2. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides

La colométrie consiste à déceler et à dénombrer les germes coliformes parmi lesquels les coliformes fécaux. Elle compte deux temps: la recherche présomptive puis la recherche confirmative des coliformes fécaux.

❖ **Milieux de culture et réactifs :**

- ✓ Bouillons lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL) à double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).
- ✓ Milieu de confirmation Schubert muni d'une cloche de Durham.
- ✓ Réactif de Kovacs pour la recherche d'indole

I.5.2.1. Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes

- ❖ **Mode opératoire:** Il est effectué en utilisant le bouillon (BCPL). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu.
- ❖ **Ensemencement :** On utilise :
 - ✓ Un flacon contenant 50 ml de BCPL (D/C) avec 50 ml d'eau à analyser.
 - ✓ 5 tubes de 10 ml de bouillon BCPL (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser.
 - ✓ 5 tubes de 10ml de bouillon BCPL (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser.
 - ✓ L'incubation se fait à 37 °C ; la cloche ne devant pas contenir de gaz au départ.
- ❖ **Lecture :** La lecture se fait 48 h après l'incubation. Tous les tubes présentant un aspect trouble de couleur jaune témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu avec de gaz dans la cloche (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) sont considérés comme positif (+) c'est-à-dire qu'ils renferment des coliformes totaux.
- ❖ **Expression de résultats :** On note le nombre de tubes positifs dans chaque série et se reporte à la table de Mac Grady NPP pour obtenir le nombre de coliformes totaux contenus dans 100 ml d'eau analysée (voir l'annexe N°1).

I.5.2.2. Test confirmatif

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

- ❖ **Mode d'opérateur:** A partir de chaque tube BCPL positif (+) pour la recherche de coliformes totaux, ensemencer 2 à 3 gouttes dans un tube de milieu indole mannitol (milieu de Schubert) muni d'une cloche Durham. Chassez le gaz présent éventuellement dans la cloche et bien mélanger le milieu. Incuber à 44 °C pendant 24 h ; puis ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs aux tubes contenant le bouillon de Schubert avec la cloche de Durham positif (+) (figure 14).
- ❖ **Lecture:** Tous les tubes présentant un dégagement de gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche) et une réaction indole positive (anneau rouge en surface) sont considérés comme positifs (+). La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP
- ❖ **Expression des résultats:** Le dénombrement des coliformes fécaux s'effectue de la même manière que celui des coliformes totaux. Une coloration de gram a été réalisée (voir annexe 2 pour la méthode de coloration et annexe 3 pour le résultat).

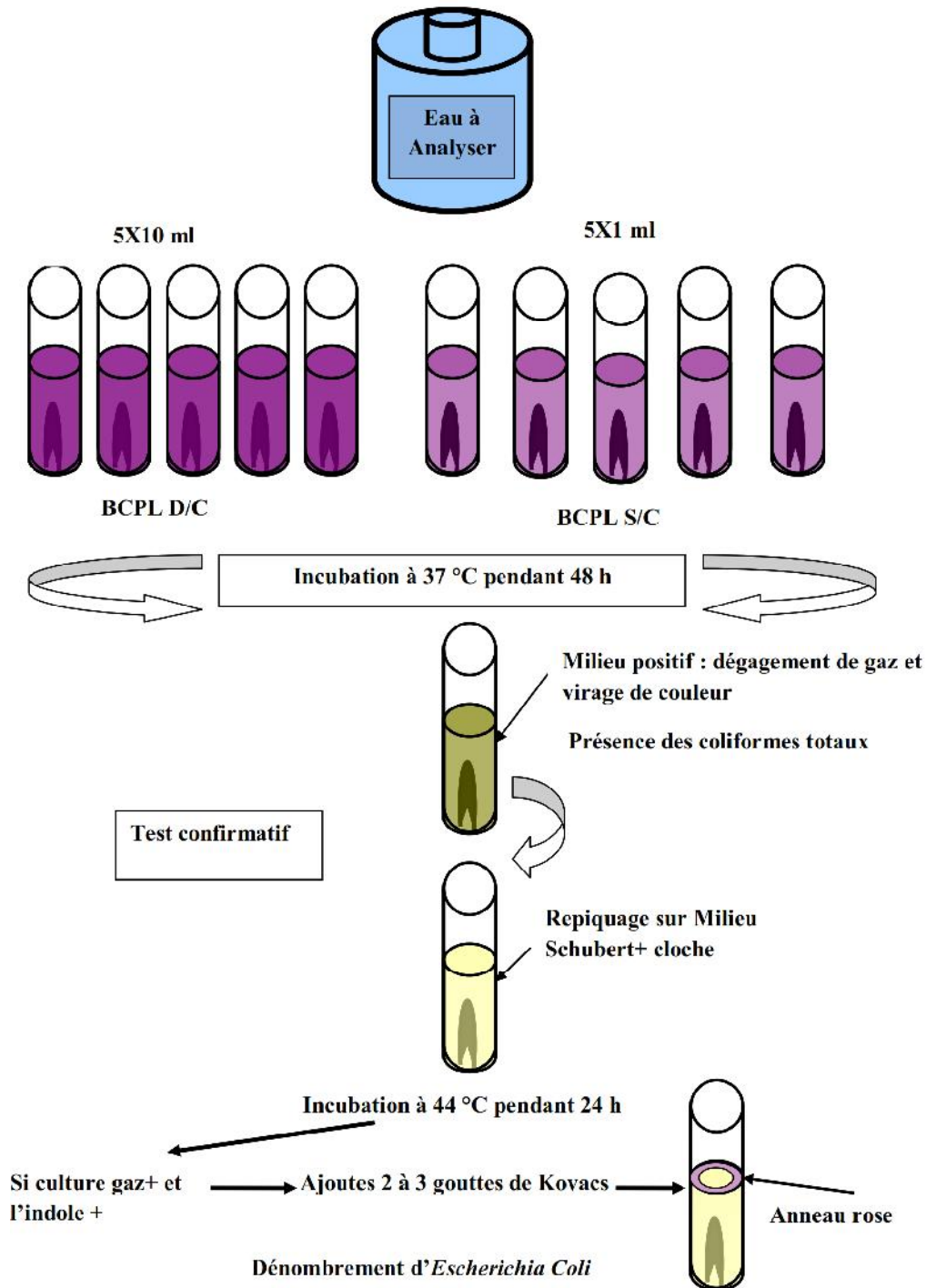


Figure N° 14 : Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux.

I.5.3. Recherche des Streptocoques fécaux en milieu liquide

Rechercher et dénombrer les streptocoques fécaux considérés comme des témoins de pollution fécale. Elle se fait en deux temps :

- La recherche présomptive du streptocoque.

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

- La recherche confirmative des streptocoques fécaux.
- ❖ **Milieu de culture :**
- ✓ Milieu de ROTH à double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).
- ✓ Milieu d'Eva Litsky.

I.5.3.1 Test présomptif

- ❖ **Mode opératoire :** La recherche se fait en bouillon à l'Azide de Sodium (bouillon de ROTH) simple et double concentration.
- ❖ **Ensemencement :** On utilise (figure 15) :
- ✓ 1 flacon contenant 50 ml de bouillon de ROTH double concentration avec 50 ml d'eau.
- ✓ 5 tubes de 10 ml de bouillon de ROTH double concentration avec 10 ml d'eau.
- ✓ 5 tubes de 10 ml de bouillon de ROTH simple concentration avec 1 ml d'eau.
- ✓ Bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incubation pendant 48 h à 37 °C.
- ❖ **Lecture :** Les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu sont considérés comme susceptibles de contenir un streptocoque fécal. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP. Le test confirmatif est obligatoire.

I.5.3.2 Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoque fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. Les tubes de ROTH positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur donc faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu EVA LITSKY. Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures (figure 15) :

- ❖ **Lecture :** Les tubes présentant une culture et un jaunissement sont considérés comme positifs (+). On note généralement la présence d'une pastille violette (blanchâtre) dans le fond des tubes. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.
- ❖ **Expression des résultats :**

Noter le nombre de tubes positifs (+) dans chaque série et se reporter aux tables du NPP pour connaître le nombre de streptocoques fécaux contenus dans 100 ml d'eau.

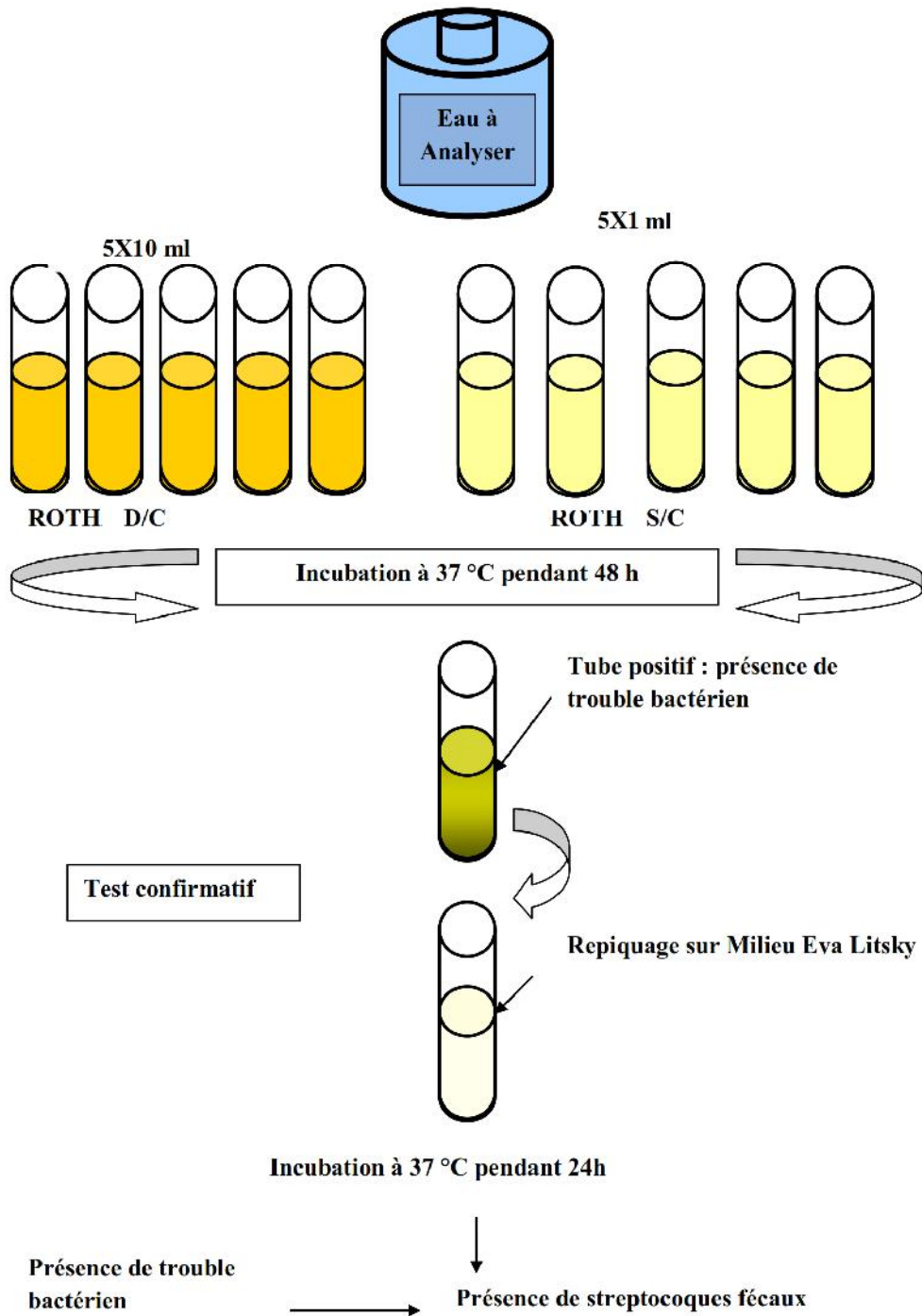


Figure 15 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

I.5.4. Recherche des *Clostridium Sulfito-Réducteurs*

❖ Milieu de culture :

- Gélose viande de foie.
- Solution d'alun de fer.
- Solution de sulfite de sodium.

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

❖ **Mode opératoire :**

- ✓ On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
- ✓ On place les tubes dans un bain marie à 80 °C pendant 5 minutes.
- ✓ On refroidit à 45 °C, un refroidissement brutal sous l'eau du robinet (choc thermique qui a pour but d'éliminer la forme végétative et garder seulement la forme sporulée des bactéries Sulfite Réducteurs).
- ✓ On complète ensuite chacun des tubes avec environ 15 ml de gélose viande de foie (VF + alun de fer et sulfite de sodium) et mélanger avec précaution.
- ✓ On laisse solidifier 30 min , puis on incube à 37 °C pendant 48 heures avec une première lecture après 16 heures d'incubation (figure 16).
- ✓ Les *Clostridium* sulfite-réducteurs réduisent le sulfite de sodium produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de fer.
- ❖ **Lecture :** Après la période d'incubation, les tubes contenant de grosses colonies noires sont considérés comme positifs et correspondent au *Clostridium Sulfite-Réducteur*.

Remarque :

Le dénombrement ce fait parfois après seulement 16 heures d'incubation ; après 24 ou 48 heures le tube devient complètement noir impossible a dénombrer.

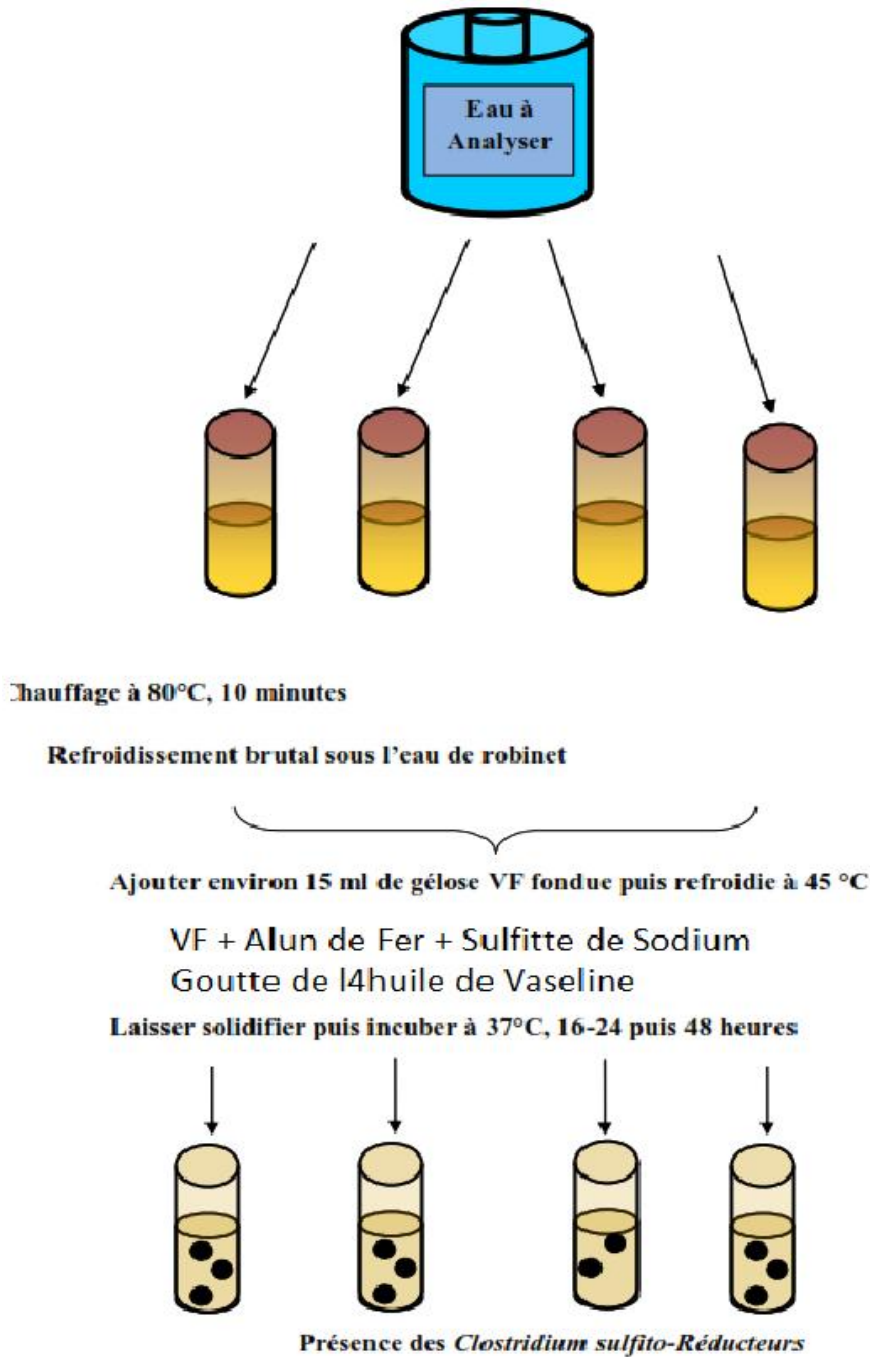


Figure 16 : Recherche des *Clostridium Sulfite Réducteurs*

I.6.5. Recherche des Vibrions cholériques

- ❖ Milieu de culture :
- ✓ Gélose nutritive alcaline biliée (GNAB).
- ✓ Eau peptone alcaline concentrée 10 fois (EPA).

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

❖ Mode opératoire :

- ✓ **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 17).
- ✓ **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 peptone (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 24 h à 37°C (figure 18).
- ❖ **Expression des résultats :** Les colonies de vibron cholérique ont 1 à 1,5 mm de diamètre et sont transparentes, lisses et d'aspect légèrement bleuté.

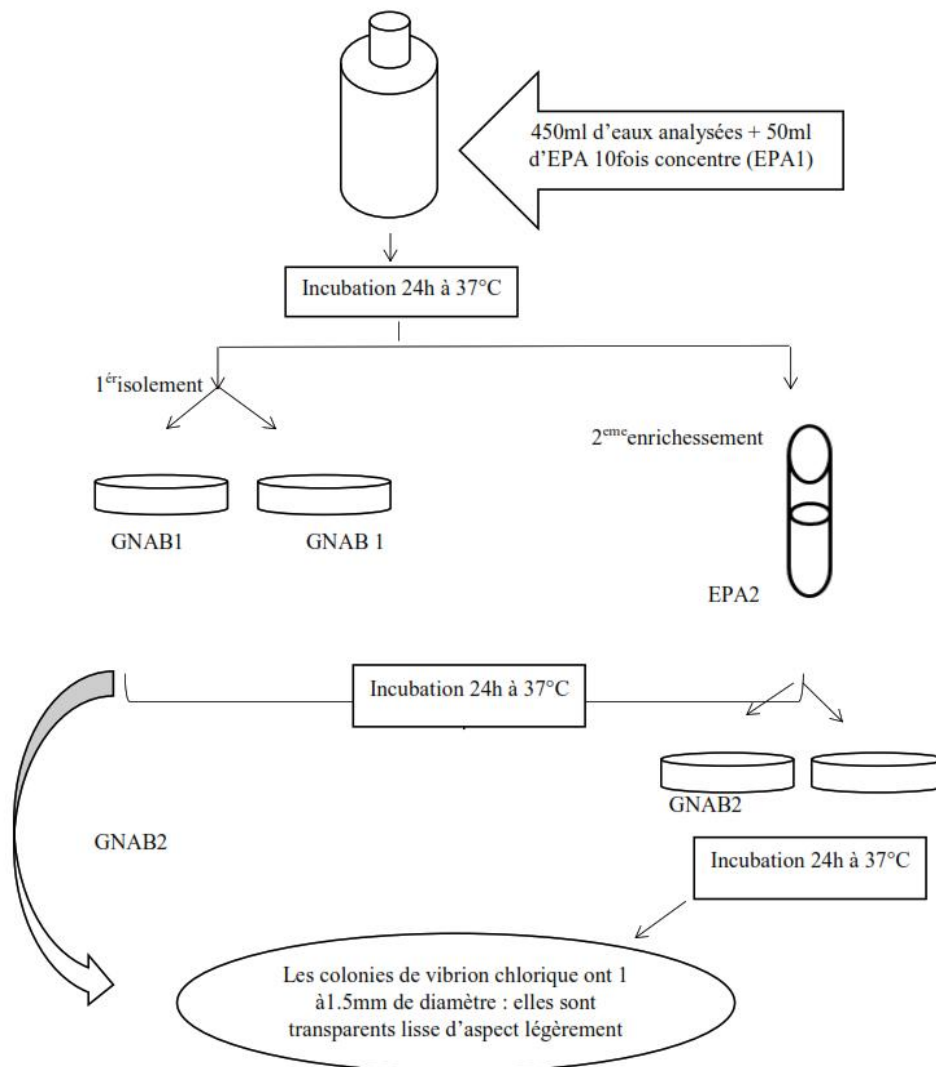


Figure 17 : Recherche des *Vibrios Cholérique*.

I.5.6. Recherche des Salmonelles

❖ **Milieux de culture et réactifs :**

- Bouillons au sélénite (SFB) à double concentration (D/C) et simple concentration (S/C).
- Gélose Hektoen (HK).

• **Phase d'enrichissement :** On ensemence (figure 18):

- ✓ 1 flacon contenant 50 ml de bouillon au sélénite (SFB) double concentration avec 50 ml d'eau.
- ✓ 5 tubes de 10 ml de bouillon au sélénite (SFB) double concentration avec 10 ml d'eau.
- ✓ 5 tubes de 10 ml de bouillon au sélénite (SFB) simple concentration avec 1 ml d'eau.
- ✓ Bien mélanger le milieu et l'inoculum. Incubation pendant 24 h à 37 °C.

❖ **Lecture :** Les tubes présentant un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu un jaunissement sont considérés comme positifs (+).

- **Phase d'isolement :** A partir du tube positifs (+) effectuer un isolement sur deux boîtes d'Hektoen. Incuber pendant 24h à 37°C.

➤ **Expression des résultats :**

Sur Hektoen, les colonies de salmonelles sont de tailles moyennes, lisses colorées en vert (couleur du milieu) avec en général un centre noir exprimé par 100 ml.

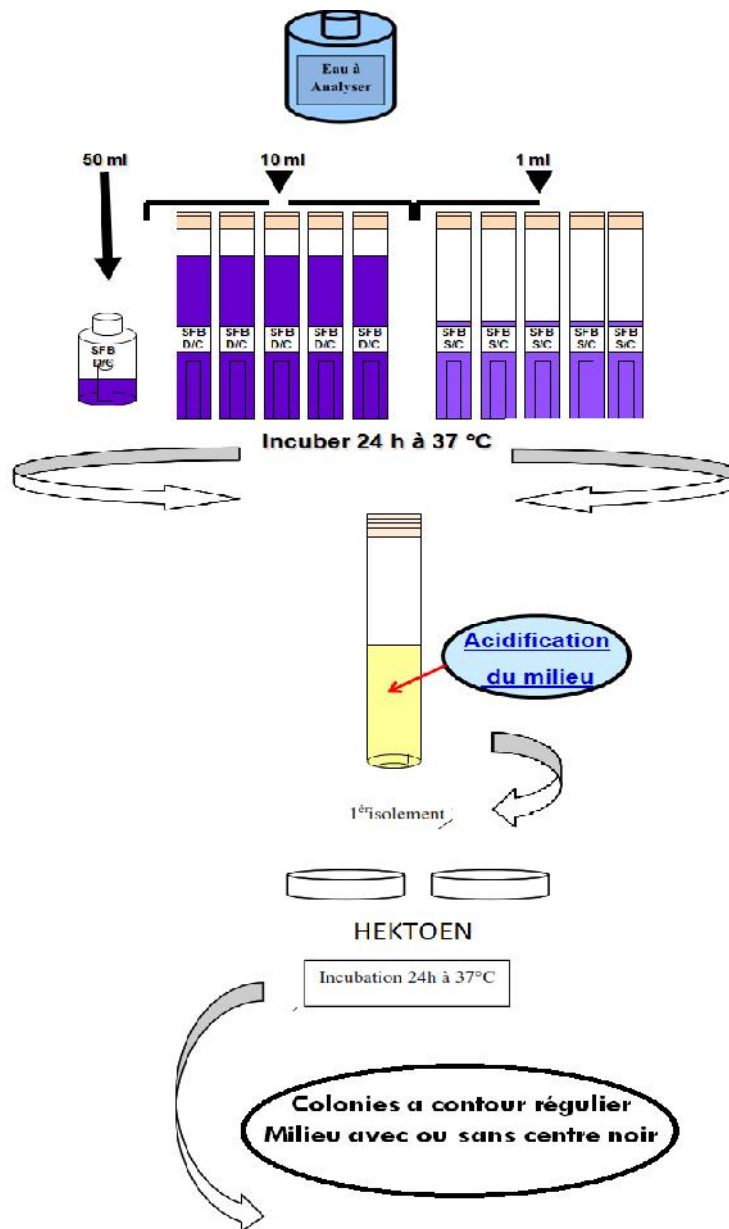


Figure 18 : Recherche des *salmonelles*.

I.6. Analyses parasitologiques

Ces tests ont été réalisés au laboratoire de traitement des eaux, de la faculté des sciences agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, les parasites les plus recherchés dans l'eau de boisson sont :

- Protozoaires

Partie expérimentale: I. Matériels et méthodes

- ✓ *Entamoeba histolytica* (amibiase) : légère diarrhée à dysenterie sanguinolente fulminante.
- ✓ *Giardia intestinalis* (Giardiase) : diarrhée, crampes, nausées et vomissement.

- **Helminthes**

- ✓ *Ascaris lombricoïdes* (ascaridiose)

I.6.1. Examen à l'état frais

- **Matériels et réactifs**

- Lames porte-objets et lamelles
- Pipettes Pasteur
- Lugol à 1%
- Tubes coniques

- **Mode opératoire**

- Centrifugation de 10 ml d'eau prélevée.
- Déposer 2 gouttes de culot de concentration sur la lame, ajouter à une des 2 gouttes le lugol et recouvrir d'une lamelle.
- Lire au grossissement Gx10 et Gx40 (en faisant des mouvements en zig zag)

Résultat et discussion

II.1. Résultats et discussions

L'étude de la qualité bactériologique et parasitologique de l'eau de consommation de la chaîne de Boukhalfa, nécessite une approche relative au contexte environnemental globale dont sont issues les eaux brutes. Il est important de signaler que la nappe phréatique du moyen Sébaou qui alimente les forages de Boukhalfa est à son tour alimentée principalement en période de basses eaux, par un recyclage court des effluents secondaires des STEP Est et Ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Dans ce cas de figure, la communication entre les STEP, l'oued Sébaou, les forages et les eaux de distribution doit être vérifiée. Pour confirmer ou infirmer cette relation hydraulique entre les différents compartiments, nous avons fait un suivi bactériologique et parasitologique comparatif des effluents secondaires de la STEP Est, de l'oued Sébaou ; des forages de Boukhalfa et de l'eau de distribution sur une période de trois mois (Avril, Mai et Juin 2018). A ce titre, des tableaux comparatifs des résultats des différents compartiments ont été établis.

II.1.1. Résultats d'isolement bactériologique

Les résultats des analyses bactériologiques sont représentés dans les tableaux 6 ; 7 et 8. Lesquels nous avons comparées aux normes algériennes et aux normes de l'OMS qui définissent les concentrations maximale admissible est la quantité maximale de substances tolérées. Etant donné que les teneurs supérieures peuvent porter préjudice pour la santé du consommateur et de l'environnement.

Tableau 6 : Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée (prélèvement du 22 /04/2018).

Eau Germes	L'Oued	Forage	Distribution		Norme Algérienne / OMS
			Cité Garçons	Mosquée	
GR à 37 °C	ND	ND	ND	ND	10/ml
GR à 22 °C	ND	ND	ND	ND	10/ml
Coliformes Totaux	>240	160	13	35	<10/100ml
Coliformes Fécaux	2	5	1	1	0/100ml
<i>Streptococcus sp</i>	18	7	1	1	0/100ml
<i>Salmonella et Shigella</i>	+	+	+	+	0
<i>Clostridium sp</i>	+	+	+	+	0/20ml

Partie expérimental: II. Résultats et discussions

Tableau 7 : Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée (prélèvement du 08 /05/2018).

Eau Germes	L'Oued	Forage	Distribution		Norme Algérienne / OMS
			Cité Garçons	Mosquée	
GR à 37 °C	ND	ND	ND	ND	10/ml
GR à 22 °C	ND	ND	ND	ND	10/ml
Coliformes Totaux	35	14	22	24	<10/100ml
Coliformes Fécaux	7	5	5	2	0/100ml
<i>Streptococcus sp</i>	28	18	11	< 1	0/100ml
<i>Salmonella et Shigella</i>	+	+	+	+	0
<i>Clostridium sp</i>	+	+	+	+	0/20ml

Tableau 8 : Résultats du dénombrement de la microflore de l'eau analysée (prélèvement du 20/05/2018).

Eau Germes	L'Oued	Forage	Distribution		Norme Algérienne / OMS
			Cité Garçons	mosquée	
GR à 37 °C	ND	ND	ND	ND	20/ml
GR à 22 °C	ND	ND	ND	ND	100/ml
Coliformes Totaux	>240	43	160	>240	<10/100 ml
Coliformes Fécaux	28	14	3	3	0/100 ml
<i>Streptococcus sp</i>	>240	5	17	24	0/100 ml
<i>Salmonella et Shigella</i>	+	+	+	+	0
<i>Clostridium sp</i>	+	+	+	+	0/20 ml

En matière d'alimentation en eau potable, le suivi quotidien des paramètres biologiques est prépondérant. Dans le cas contraire, des effets sanitaires irréversibles sur le consommateur et sur l'environnement peuvent être enregistrés. En effet, l'examen bactériologique est le moyen le plus

Partie expérimental: II. Résultats et discussions

sûr pour détecter les pollutions récentes ou anciennes et d'apprécier par conséquent la qualité de l'eau du point de vue sanitaire.

Le dénombrement des germes revivifiables vise à estimer la densité de la population bactérienne générale présente dans l'eau potable, la plupart ne sont pas pathogènes. 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 de l'eau.

Les résultats portés sur les tableaux 7 ; 8 et 9 montrent que les teneurs en germes totaux de tous les échantillons sont supérieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 10 UFC/ml à 37°C et ≤ 100 UFC/ml à 22°C) ; ils sont non dénombrable pour toutes les analyses (ND UFC/ml) ; la consommation de ces eaux peut engendrer des risques graves pour les consommateurs.

En ce qui concerne les coliformes totaux, la concentration varie entre une valeur minimale de 13 UFC/ml dans l'échantillon d'eau de la cité des garçons prélevé le 22/04/2018, et une valeur maximale supérieur à 240 UFC/ml dans les eaux de l'oued et de la mosquée prélevées le 20/05/2018 ainsi que celles de l'oued prélevées le 22/04/2018.

De façon générale, elles dépassent les limites fixées par les normes algériennes (< 10 UFC/100ml comme concentration maximal). Les coliformes totaux ne sont pas un signe de pollution, leur origine peut être environnementale (sol, végétation, eau).

Les coliformes fécaux sont présents dans tous les prélèvements de l'eau analysée ; les teneurs trouvées sont supérieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne (0 UFC/ml) avec une valeur maximum de 28 UFC/ml dans le prélèvement de l'eau de l'oued du 08/05/2018 et un minimum de 01 UFC/ml dans le prélèvement de l'eau de la cité des garçons et la mosquée du 22/04/2018. Cela confirme la contamination fécale de l'eau des différents échantillons et un problème dans le procédé de désinfection des eaux de distribution.

En ce qui concerne les *Streptocoques fécaux* le test présomptif (ROTH) témoigne de leur présence dans l'eau analysée. Tous les échantillons sont non conforme aux normes algériennes (0 UFC/100ml). Cela est probablement dû à un mauvais traitement de l'eau.

L'analyse de l'eau a révéler également la présence de spore de *Clostridium sulfito-réducteur* c'est une indication de la présence d'une contamination ancienne. Elles sont souvent recherchées pour vérifier l'autoépuration des sols vis-à-vis de l'eau. Plus difficilement éliminés que les coliformes par les désinfectants, ils constituent aussi un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection.

Selon les réglementations algérienne et européenne une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir des germes pathogènes comme la *salmonelle* ; les *shigelles* et *vibron cholérique* dans 100 ml d'eau.

Partie expérimental: II. Résultats et discussions

Les échantillons d'eauensemencés sur les milieux de cultures spécifiques présentent un développement microbien, reste à confirmer les résultats par des analyses plus poussées avec l'utilisation des galeries biochimiques.

Enfin, les résultats de l'analyse microbiologique ont montré que l'eau destinée à la consommation humaine pour la partie nord-ouest de la ville de Tizi-Ouzou (chaîne de Boukhalfa) renferme des germes de contamination ou des germes pathogènes, ce qui ne répond pas aux normes Algériennes, de l'OMS et des différentes organisations internationales de la santé.

A la comparaison de ces résultats bactériologiques, nous remarquons une similitude de la qualité bactériologique à travers les différents milieux.

II.1.2. Résultats Parasitologique

Les résultats de la recherche parasitologiques dans nos échantillons ont permis de mettre en évidence des kystes de protozoaires : des amibes et des flagellés intestinales et des œufs d'helminthes : des plathelminthes, des nématodes intestinaux et des cestodes (Tableau 9).

Tableau 9 : Résultats des recherches parasitologiques durant la période d'étude

Eau	Protozoaires			Helminthe					
	Flagellé	Amibe		Plathelminthe		Nématode			Céstode
	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Entamoeba coli</i>	<i>Ténias</i>	<i>Fasciola hepatica</i>	<i>Ascaris</i>	<i>Oxyure</i>	<i>Trichuris</i>	<i>Hymenolepis nana</i>
El Oued	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Forage	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mosquée	+	+	+	+	-	+	+	-	-
Citée Garçons	-	+	+	+	+	-	+	-	-

Nous avons noté la présence des parasites dans 80 à 100 % des échantillons. Les espèces les plus fréquemment rencontrées dans les eaux étudiées sont *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* et les œufs de *ténias*. Notre recherche parasitologique a permis de mettre en évidence les œufs d'*Ascaris sp*, *Hymenolepis nana*, *Trichuris spp*, d'*oxyure*, et *Fasciola hepatica*.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a toujours été d'ordre sanitaire. Il découle de l'existence de microorganismes transmissibles (bactéries, virus, protozoaires, parasites) engendrant de nombreuses infections dangereuses pour l'homme.

Les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements ont révélé la présence des germes pathogènes et des germes de contamination fécale.

La similitude de la qualité bactériologique et parasitologique entre les différents compartiments en l'occurrence la STEP, l'oued, les forages et la distribution confirme l'hypothèse de communication hydraulique intime entre ces milieux.

En outre, il est important de reconsidérer la qualité d'eau souterraine propre et près traitée des eaux de la nappe phréatique du Sébaou, comme elle l'a été dans le passé avant la destruction de l'aquifère constituant un filtre protecteur et prémonitoire. La conjugaison de ces deux états de fait, exige que le traitement de l'eau issue de la nappe phréatique du Sébaou ne doit pas se limiter à une simple désinfection comme c'est le cas actuellement. Par ailleurs, des traitements complémentaires de filtrations et de coagulation floculation doivent être envisagés.

La qualité actuelle de l'eau au niveau de la zone étudiée doit faire objet d'une surveillance permanente au risque de générer des faits préjudiciables à la santé publique.

Dans ce contexte, une étude élargie à tous les forages du haut et moyen Sébaou doit être préconisée.

Références

Bibliographiques

- [1] J. Hospitalier-Rivillon, R. Poirier ; L'eau destinée à la consommation humaine : Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement 2008; 69 : 496-505
- [2] La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. Agence de l'Eau Seine- Normandie-Editions Hachette livre-2003
- [3] Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique: Micro-organismes préoccupants courants et émergents. Santé Canada Février 2006
- [4] Organisation mondiale de la Santé: Évaluation annuelle mondiale de l'ONU-eau sur l'assainissement et l'eau potable (GLAAS) 2010: ciblé les ressources pour de meilleurs résultats. 2011
- [5] Degbey C, Makoutode M, Agueh V, Dramaix M, de Brouwer C. Facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey-Calavi (Bénin). Sante 2011 ; 21 : 47-55.
- [6] Nathalie Lebleu. Désinfection des eaux par procédés membranaires: Etude des mécanismes de transfert des bactéries. Thèse de l'Université de Toulouse III– Paul Sabatier, novembre 2007.
- [7] Pierre Servais, Nathalie Castignolles, Claudine Buffet-Janvresse, André Ficht, Fabienne Petit, Isabelle George. Contamination bactérienne et virale ISBN 2-84433-025-8/4^{ème} trimestre 1999
- [8] F. Boucenna, 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(Algérie), 2009.
- [9] J.L. Cuq, Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc., Université de Montpellier, 2007, p: 20-25.
- [10] N.A. Nanfack, et *Al*, Eaux non conventionnelles: un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang (Cameroun), 2014, p: 96.
- [11] A. Azizi, Mémoire de Master, Réutilisation l'eau condensat, Université des Sciences et de Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 2014, p: 67.
- [12] R. Lecoq, Manuel d'analyse alimentaire et d'expertises usuelles, Tome2 1^{er} édition, Dion-Deron, Paris, 1965, p: 910.
- [13] F. Ramade, Ecologie des ressources naturelles, Edition Masson, France, 1981, p136-142.
- [14] H. Lelerc, et *Al*, Microbiologie appliquée, Edition Doin, 1977, p: 94-96.

~~[15] R. Vilagines, Eau, environnement et santé publique, Edition Lée et Doc. Lavoisier, 2000,~~

p: 5-164.

[16] Journal officiel de la république algérienne N°18, décret exécutif N°11-125, Article 111 de la loi N°05-12, correspondant au 22 Mars 2011 relatifs à la qualité de l'eau de consommation humaine.

[17] M. Debabza, Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée: Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba ; Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba, 2005.

[18] J.P. Guiraud, Microbiologie Alimentaire, Edition Dunod., Paris, 2003, p: 136-139.

[19] E. Vierling, Aliment et boisson-Filière et produit, 2^{ème} édition DOIN éditeurs. Centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine, 2003, p: 11-270.

[20] *OUAHCHIA C., et Al* ;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 a partir de l'eau de surface du lac-arrage de Boukourdane. *Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°23, September 2015, p. 139-154*

[21] Brésil. Fondation Nationale de la santé. Manuel pratique d'analyse de l'eau /National Health Foundation – 4^{ème}, Edition – Brasilia. : FUNASA, 2013. P 155.

[22] S. Ghizellaoui, Thèse de magister en chimie analytique et traitement des eaux, Evaluation de la qualité des ressources en eau alimentant la ville de Constantine, prévision de la demande en eau à l'horizon, 2010, p 13-24.

[23] F. Shukuru Salulum, Mémoire de Licence, Approvisionnement en eau dans la ville de Bukavu et son impact sur les maladies de mains sales, Université officielle de Bukavu, 2010.

[24] J. Rodier, et *Al*, L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8^{ème} Ed., Dunod (Paris), 1996, p: 1383.

[25] A. Lounnas, Mémoire de Magister, Amélioration des procédés de la station Hamadu de Skikda, Université du 20 Aout 1955 Skikda, 2009, p: 120.

[26] J. Rodier et *al*, L'Analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Dunod, Paris, 2009, p:120-256-1002.

[27] H. Abdellatif, Mémoire de Licence, Traitement des eaux "traitement de l'eau de source bousfer Oran, Université des Sciences et de la Technologie, Oran, 2006, p: 120.

[28] K. Joachim, Mémoire de Licences, Matrise de la qualité des eaux dans les industries agroalimentaires: cas de la Sobebra, Haute Ecole de Commerce et de Management de Cotonon (HECM), 2010, p: 57.

[29] M. Abouzlam, Thèse de Doctorat, Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par

- ozonation catalytique, Université de Sciences et Ingénierie pour information, Mathématiques, 2014, p: 167.
- [30] H. Hervé, Contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau à usage domestique dans le 5^{ème} arrondissement de la commune de porto-novo-bénin, Université d'environnement et santé, 2005.
- [31] Diallo A. A. Escherichia coli pathogène et résistance aux antibiotiques dans les effluents d'origine humaine et animale: Prévalence et caractérisation avant et après traitement épuratoire. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier. Toulouse (2013).
- [32] A. Dahel Zanat, Mémoire de Magistère, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est Algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*, Université Badji-Mokhtar, Annaba, 2009, p: 69.
- [33] S. Ali Abbou, M. Benmlouka, Thèse de master, Caractéristique physico-chimiques des eaux embouteillées algérienne et vérification d'étiquetage. Université des Sciences et Techniques d'Oran (Algérie), 2014, p: 66.
- [34] M. SAVADOGO ; Y. BOUBKEIR ; Mémoire de Master, Isolement et Etude de quelques Entérobactéries pathogènes dans les eaux usées d'Oued Boumerzoug à Constantine (2016).
- [35] Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Nouvelle-Calédonie, Elaborer et mettre en œuvre un plan de sécurité sanitaire des eaux 28 Guide 4 : Suivi de la qualité de l'eau, 2014, BP N4, 98851.
- [36] El Ouali Lalami A. ; Zanibou A. ; Bekhti K., Zerrouq F. et Merzouki M Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc. J. Mater. Environ. Sci. 5 (S1): 2325-2332. 2014.
- [37] K. Bendada, M. Boulakradeche, Mémoire de Master, Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET): Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds, Université de Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne, 2011.
- [38] W. Hamdi, Thèse de Magister en Biologie, Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla, Université sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de KASDI MERBAH, Ouargla , 2011.
- [39] Z. Belala, Mémoire de Magister, Etude et traitement de l'eau du barrage Djorf-Eltorba de la wilaya de Bechar par filtration sur sable, Université Hassiba Benbouali des sciences et sciences de l'Ingénieur, Bechar (Algérie), 2006

Références bibliographiques

- [40] M. HAMED, et *al*, Thèse d'Ingénieur d'état en Biologie Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA, Université des sciences et technologies département des sciences (Bechar), 2012.
- [41] K. Seghir, Thèse de Doctorat En Géologie Appliquée Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Faculté des Sciences de la Terre de Badji Mokhtar, Annaba, 2008.
- [42] A. El Ouali Lalami et *Al*. Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc ; J. Mater. Environ. Sci. 5 2325-2332 ; ISSN : 2028-2508 ; (S1) (2014)
- [43] C. Diop, Mémoire de 4^{ème} Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 2006.
- [44] N. Benkaddour, Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de Moringa oleifera dans la dépollution des eaux d'Oued Safsaf, Université de Sciences de la vie et de la nature et sciences de la terre et de l'univers Abou Beker Belkaid, Tlemcen, 2016.
- [45] H. Tourab, 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.
- [46] A. N'diaye, 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), 2008.
- [47] Recherche et Gestion des savoirs RGS/AGC/SS, Revue de presse thématique n° 27 : Les maladies hydriques, Mars 2003.
- [48] N. Baziz, Thèse de Magister Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna, Université Colonel Elhadj Lakhdar Batna (Algérie), 2008.
- [49] C. Ntembue Muambi, Mémoire de Licence en Santé publique, La problématique de l'approvisionnement en eau et son impact sur les maladies d'origine hydrique dans la ville de Mwene-Ditu en RDC, Université Morave de Mwene-Ditu RDC, 2013.
- [50] L. Benayada, Maladies à transmission hydrique: problématique et mode de gestion, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Algérie.
- [51] REM Annuel 2015 Vol XXVI, Le relèvement épidémiologique mensuel situation épidémiologique provisoire de l'année 2015 sur la base des cas déclarés à l'I.N.S.P. (Algérie) ; 2015.