

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

**Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou**



**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département des Sciences Agronomique**

**Mémoire de fin d'étude**

**En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques**

**Spécialité : Eau et Environnement**

**Thème**

**Impact du recyclage court des effluents secondaires de la STEP  
Est de la ville de Tizi-Ouzou sur la qualité bactériologique de  
l'ensemble hydraulique récepteur (Oued, forages et réseaux de  
distribution)**

**Présenté par :**

**M<sup>elle</sup> : HAMRAOUI Florida & M<sup>elle</sup> : MAMMARI Lyli**

**Présenté devant le jury d'examen composé de :**

<b>Mr. SMAIL A</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. METAHRI MS</b>	<b>MCA</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Encadreur</b>
<b>M<sup>me</sup> AISSAOUI D</b>	<b>Doctorante</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Co-Encadreur</b>
<b>M<sup>me</sup> BERROUANE N</b>	<b>Maitre assistante</b>	<b>UMMTO</b>	<b>Examinatrice</b>

**2019/2020**

## ***Remerciements***

Nous désirons exprimer nos sincères remerciements pour notre promoteur ***Mr METAHRI*** pour son encadrement, son suivi, sa disponibilité et ses conseils qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également notre Co-promotrice ***Mme AISSAOUI*** pour son aide et ses conseils durant toute la période du confinement.

Nos vifs remerciements à ***Mr SMAIL*** d'avoir accepté de présider le jury de notre modeste projet de fin de cycle.

On tient à remercier ***Mme BERROUANE***, d'avoir accepté d'examiner notre travail

Un grand merci à ***Mme METAHRI*** qui nous a vraiment aidé et consacré son temps.

Un merci infini à toute personne ayant contribué de près ou de loin pour que ce travail voit le jour.

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chers parents qui m'ont donné tant d'amour et d'affection et m'ont appris à faire face aux difficultés, et de rester toujours dans le droit chemin « je vous aime tellement » et je ne vous remercierais jamais assez, que dieu vous protège et vous garde pour nous.*

*A mon cher frère et mes chères sœurs qui m'ont soutenue tout au long de ce travail.*

*A mes poussins d'amour Elina, Mahdi et Ania.*

*A mes chers amis Hayat, l'architecte et Nassima que j'adore, merci d'avoir été là avec moi durant toute cette période.*

*A ma binôme Lyliia.*

*Enfin à toutes les personnes ayant contribué chacune à sa manière au bon accomplissement de notre projet.*

*Florida*

# *Dédicaces*

*Je dédie le fruit de ce modeste travail comme un  
geste de gratitude à :*

*Mes très chers parents « Mohamed » et « Fatima » qui  
m'ont soutenu, encouragé pour que je puisse mener à  
bien mes études, et qui attendu ce jour avec  
impatience.*

*Mes chers frères : Belkacem, Massinissa, Juba et Gaya.*

*Mes chères sœurs : Rofaila et Tinhinane.*

*A mes chers amis(es) et à leur tête Ibtissam, Mouna, Soumia, Zahra,*

*Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et*

*D'une amitié infinie.*

*A ma binôme Florida*

*A tout ceux qui ont contribué à la réalisation de  
ce travail.*

*Mammeri Lylia*

<b>Tableau 1 :</b> Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées .....	6
<b>Tableau 2 :</b> Liste des forages de BOUKHALFA et leurs capacités.....	30
<b>Tableau 3 :</b> Les caractères macroscopiques des souches isolées .....	32
<b>Tableau 4 :</b> Représentation les caractères microscopiques des souches isolées .....	32
<b>Tableau 5 :</b> Résultats du dénombrement de la flore mésophile dans l’oued et les forages ....	33
<b>Tableau 6 :</b> Résultats du dénombrement de la flore mésophile dans les réseaux de distribution .....	33
<b>Tableau 7 :</b> Résultats du dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux et des Streptocoques fécaux et des Clostridium .....	34
<b>Tableau 8 :</b> Résultats du dénombrement des salmonelles et les vibrions cholériques .....	35
<b>Tableau 9 :</b> Résultats de l’identification des bactéries durant la période d’étude.....	36
<b>Tableau 10 :</b> Étude comparative entre l’Oued Sébaou et d’autres Oueds.....	40

## Liste des abréviations

---

$\mu\text{m}$  : micromètre

AEP : Alimentation en eau potable

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs.

C °: Degré Celsius.

CE : Conductivité Électrique

$\text{cm}^2$ : centimètre carré

$\text{CO}_2$ : Dioxyde de carbone

DBO: Demande Biochimique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

E, coli: Escherichia coli

E. coli: Escherichia coli

$\text{m}^3$ : mètre cube

MES : Matière En Suspension.

mg : milligramme.

mg/l : milligramme par litre.

ml: millilitre.

mm: millimètre

$\text{NH}_3$ : Azote Ammonical

$\text{NH}_4^+$ : Ammonium

$\text{NO}_2^-$  : nitrite

$\text{NO}_3^-$  : nitrates

NTU : unités de turbidité néphélométriques

$\text{O}_2$ : Oxygène.

OD: Oxygène Dissout

## Liste des abréviations

---

OIE : Office International des Eaux

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONA : Office National d'assainissement.

pH : potentiel d'hydrogène.

PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> : Orthophosphates

R1 : Réseau de distribution 1

R2 : Réseau de distribution 2

STEP: Station d'épuration des eaux usées

T: Temperature

UFC : Unité Formant Colonie

UV : Ultra Violet.

<b>Figure 1</b> : Lagunage naturel .....	21
<b>Figure 2</b> : Le principe d'un lagunage aéré .....	22
<b>Figure 3</b> : Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical .....	23
<b>Figure 4</b> : Infiltration-percolation étanchée et drainée.....	24
<b>Figure 5</b> : Processus des boues activées .....	24
<b>Figure 6</b> : Schéma représentatif des différents points de prélèvements .....	29
<b>Figure 7</b> : Image satellitaire Google Earth de la zone d'étude .....	30

Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
<b>Introduction générale</b> .....	1

## ***PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE***

### Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1. Définition des eaux usées.....	3
I.2. Origine et nature des eaux usées .....	3
I.3. Définition de la pollution des eaux .....	4
I.4. Les différents types de pollution des eaux .....	4
I.5. L'impact de pollution des eaux sur l'environnement et la santé humaine.....	6
I.6. Caractéristiques des eaux usées .....	8
I.6.1. Paramètres physico-chimiques.....	8
I.6.2. Paramètre de la pollution dissoute .....	10
I.6.2.1. Composés azotés .....	10
I.6.2.2. Phosphore.....	10
I.6.3. Paramètres organoleptiques .....	11
I.6.4. Paramètres microbiologiques .....	11
I.6.4.1. Virus .....	12
I.6.4.2. Bactéries.....	12
I.6.4.3. parasites .....	15
I.6.4.4 Helminthes .....	16
I.7. La croissance bactérienne .....	16
I.7.1. Conditions de la croissance bactérienne .....	17

### Chapitre II : Les différents procédés de traitement des eaux usées

II.1. Introduction .....	19
II.2. Les prétraitements.....	19
II.2.1. Dégrillage .....	19
II.2.2. Déshuilage-dégraissage .....	19
II.3. Traitement primaire .....	19

II.3.1. Dessablage .....	19
II. 3.2. Coagulation floculation .....	20
II.3.3. Procédés de décantation physique .....	20
II.4. Traitement secondaire (biologique).....	20
II.4.1. Procédés biologiques extensifs .....	21
II.4.1.1. À culture libre .....	21
II.4.1.2. Cultures fixée .....	22
II.4.2. Procédés biologiques intensifs.....	24
II.4.2.1. à culture libre .....	24
II.4.2.2. À Culture fixée .....	25
II.5. Traitement tertiaire .....	25
II.5.1. Élimination de l'azote.....	25
II.5.2. Élimination de phosphore .....	26
II.5.3. Élimination des odeurs .....	26
II.5.4. Désinfection.....	27

## ***PARTIE EXPERIMENTALE***

### ***Chapitre I : Matériel et méthodes***

I. 1. Objectif d'étude .....	28
I.2. Zone d'étude .....	29
I.3. Matériel et méthodes.....	30

### ***Chapitre II : Résultats et discussion***

II.4. Résultats et discussion .....	32
II.4.1. Étude macroscopique.....	32
II.4.2. Coloration de Gram .....	32
II.4.3. Résultats des analyses bactériologiques (étude microscopique) .....	32
II.4.3.1. Dénombrement de la flore mésophiles totale FMAT .....	32
II.4.3.2. Dénombrement de la flore .....	34
II.4.3.3. Dénombrement des salmonelles et des vibrions cholériques .....	35
II.4.3.4. Identification bactérienne .....	36
II. 4.4. Discussion et interprétation des résultats .....	37
II.4.4.1. La flore mésophile totale .....	37

II.4.4.2. La flore .....	38
II.4.4.3. Les salmonelles et les vibrions cholériques.....	39
II.4.4.4. Identification bactérienne .....	39
II.5. Étude comparative .....	40
<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>42</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexe</b>	

# Introduction générale

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, sa survie, sa santé, son alimentation et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (Ecosse, 2001 ; Metahri, 2016).

Ces dernières années la qualité de l'eau s'est détériorée par les rejets anarchiques et non contrôlés, intensifiés par l'accroissement de l'activité humaine ; ce qui a conduit à la mise en place des traitements de plus en plus puissants, dans un but de potabilisation dans un premier temps et secundo, facilité son épuration après usage afin de garantir les objectifs de qualité des milieux récepteurs (Rouabhia *et al.*, 2004).

La pollution de l'eau est une modification défavorable des propriétés physiques, chimiques et/ou biologiques de ses paramètres de qualités naturelles, généralement provoquée par l'homme et ses activités, cette modification est préjudiciable à la santé publique et à l'environnement. Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer puis éliminer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu et enfin, rejeter une eau épurée répondant aux normes environnementales les plus sévères et cela, grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques bien appropriés (Benelmouaz, 2015).

En raison de la composition variable, cette eau peut être un vecteur de divers contaminants chimiques et biologiques, en effet, les eaux résiduaires urbaines, même traitées par une station d'épuration, contiendraient divers micro-organismes pathogènes et des contaminants chimiques en quantité faible mais hautement significatives (Hamek et Mokrane, 2018).

L'eau potable doit répondre à une certaine qualité édictée au niveau national et international, des examens physicochimiques et microbiologique permettent de fournir des informations par rapport à la potabilité de l'eau, c'est à dire sans risque d'ingestion d'éléments toxiques ou pathogènes, provenant généralement d'une contamination industrielle ou par, des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud (Brouillet et Quellet, 2013).

Les micro-organismes spécifiques présents dans les eaux naturelles sont pour la plupart inoffensifs pour la santé humaine. Mais certains qui sont issus de la contamination par les eaux usées peuvent être préjudiciable pour la santé (Brésil, 2013).

L'eau ne doit contenir alors, ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité biologique et particulièrement bactérienne est évaluée lors des contrôles de routines réglementaires pour la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale comme les coliformes fécaux, ils sont utilisés pour évaluer le niveau de contamination bactérienne des eaux (Brouillet, 2008 ; Quellet, 2013 ; Debabza, 2005).

La station d'épuration Est de la ville de Tizi-Ouzou mise en service en 2001, d'une capacité de 120 000 équivalents habitants pour un volume journalier théorique de 18 000 m<sup>3</sup> d'eaux usées brutes. Après traitement, l'eau épurée par la station est rejetée au niveau de l'Oued Sébaou principalement pour la recharge de la nappe du moyen Sébaou.

Cette étude a été menée pour déterminer l'impact dudit rejet sur la qualité bactériologique de de l'Oued Sébaou, la nappe phréatique du moyen Sébaou et les forages destinés à l'alimentation en eau potable (AEP) de la partie Nord-Ouest.

Ce travail, est devisé en deux parties :

Une partie bibliographique composée essentiellement de deux chapitres :

**Le premier chapitre**, portera des généralités sur les eaux usées.

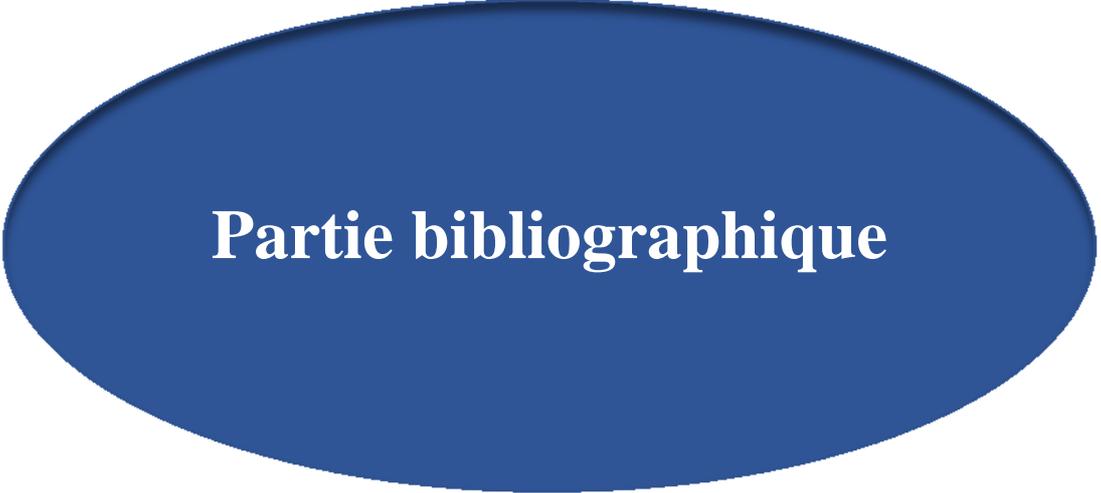
**Le deuxième chapitre**, s'intéresse à présenter les différents procédés de traitement des eaux usées.

La partie expérimentale reprise des travaux des camarades des promotions précédentes (Berrouane et Khoumeri, 2018 ; Khichane et Khouas, 2019) contient deux chapitres :

**Le premier chapitre** est consacré à la présentation de la zone d'étude.

**Le deuxième chapitre** traite le matériel et méthodes utilisés, et la présentation des résultats de traitement des données obtenues et leurs interprétations.

Enfin une conclusion générale.



**Partie bibliographique**



**Chapitre I : Généralités  
sur les eaux usées**

### **I.1. Définition des eaux usées**

Une eau usée appelée encore eau résiduaire ou effluent urbain qui a subi une détérioration et a perdu ses propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir subi un usage, dans des activités domestiques, industrielles ou agricoles (Grosclaude, 1999).

Ces eaux usées sont ainsi collectées dans un réseau d'égouts unitaire ou séparatif, de couleur généralement grisâtre, contenant des matières organiques, minérales et des matières en suspension avec des teneurs extrêmement variables. À cette charge, s'associent presque toujours des matières grasses et des matières colloïdales du fait de la charge polluante de ces effluents est importante (Rodier, 2005).

### **I.2. Origine et nature des eaux usées**

Les eaux usées, qui arrivent à la station d'épuration (STEP) sont un mélange de plusieurs types d'eau, (domestiques, pluviales, d'activités sanitaires, agricoles et industrielles). Les caractéristiques principales de chacune de ces catégories d'eau usées sont successivement étudiées ci-après (Hamek et Mokrane, 2018).

#### **a) Eaux usées domestiques**

Il s'agit des eaux provenant des différents usages domestiques, elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, eaux ménagères dites « grises », qui proviennent des salles de bains, cuisines et lavage de vêtements, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques et eaux vannes dites « noires » qui proviennent des toilettes et contiennent l'urine et les matières fécales chargées en matières organiques et bactéries (Herteman, 2010).

#### **b) Eaux usées industrielles**

Les eaux résiduaires industrielles ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considéré. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés (Seyni Sanda et Zakari Issoufou, 2016).

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme (Amara et Belkacemi, 2018).

**c) Eaux usées pluviales**

Les eaux de pluie ne sont pas dépourvues de pollutions, elles aussi, constituent une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, elle entraîne des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). Lorsque le système d'assainissement est dit « unitaire », les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques (Zoubeidi, 2017).

**d) Eaux usées agricoles**

L'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et à l'élevage (lisiers et purins) (Bakiri, 2007).

**I.3. Définition de la pollution des eaux**

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale établie (Metahri, 2012).

**I.4. Les différents types de pollution des eaux****a) Pollution physique**

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Elles se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension (Lounnas, 2008).

**✓ Pollution mécanique**

C'est une pollution due aux décharges des déchets et des particules solides apportés et les eaux de ruissellement et les eaux d'égout. Elle provient aussi des opérations de dragage et de l'érosion (Allel *et al.*, 2013).

**✓ Pollution thermique**

Cette pollution est due à l'élévation de la température de l'eau. L'eau se chauffe, le taux de l'oxygène diminue ; par conséquent une asphyxie s'installe chez les organismes aquatiques (Babou et Mezyene, 2018).

**✓ Pollution radioactive**

Cette pollution est liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs (Benkaddour, 2018).

Elle peut être aussi d'origine naturelle, due aux rayons cosmiques, et aux éléments radionucléides constitutifs du globe (Allel *et al.*, 2013).

**b) Pollution chimique**

Due aux polluants générés par les activités anthropiques, ces polluants peuvent être d'origine minérale ou organique (Benkaddour, 2018).

**✓ Pollution minérale**

Constituée principalement des métaux lourds rejetés par les industries métallurgiques, de traitement de minerais (exemple : plomb, fer, mercure) (Toumi, 2015).

Cette pollution peut avoir un impact sur la croissance des végétaux et provoque des troubles physiologiques chez les animaux (Dekhil et Zaibet, 2013).

**✓ Pollution organique**

Composée essentiellement de protides, glucides, lipides, phénol et aldéhydes provenant des industries agroalimentaires (Toumi, 2015).

**c) Pollution biologique**

Les rejets domestiques, d'activité sanitaire, de l'agriculture ainsi que les rejets industriels sont les sources principales de ce type de pollution. L'eau se charge alors de microorganismes qui peuvent être pathogènes (bactéries, virus et parasites) qui présentent un préjudice sanitaire pour l'environnement et pour la santé publique (Benkaddour, 2018).

Le tableau 01, représente les différents types de germes pathogènes rencontrés dans les eaux :

**Tableau 01** : Germes pathogènes rencontrés dans les eaux usées (Boumediene, 2013).

<b>Germes</b>	<b>Organismes</b>	<b>Maladies</b>
Les bactéries pathogènes	Salmonella Shigelles	Typhoïde Dysenterie
Entérobactéries vibrions	Colibacilles Leptospires Mycobactéries Vibron coma	Tuberculose  Cholera
Les virus	Entérovirus Reovirus Adénovirus Rota virus	Poliomyélite Méningite Affection respiratoire Diarrhée
Les parasites et les champignons	Taenia,ascaris	Lésions viscérales, eczéma. Maladie de la peau

### **I.5. L'impact de pollution des eaux sur l'environnement et la santé humaine**

Les eaux usées rejetées dans les milieux aquatiques sans traitement préalable peuvent occasionner des dégâts irréversibles sur la santé du vivant et sur les écosystèmes.

#### **a) Sur l'environnement**

Le déversement des eaux usées directement dans l'environnement cause de nombreux dangers pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Par exemple : présence de quantités excessives d'azote et de phosphore engendre un phénomène appelé eutrophisation, qui favorise la prolifération de végétaux et diminue la quantité d'oxygène dissous, ce qui provoque à long terme la mort de nombreux organismes vivants au sein du milieu aquatique.

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être également dégradée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, qui permet la migration des polluants présents dans ces eaux usées vers les eaux souterraines (Benkaddour, 2018).

**b) Sur la santé humaine**

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80 % des maladies sont dues à l'eau.

Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- ✓ Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ;
- ✓ Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ;
- ✓ Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ;
- ✓ Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau (Benkaddour, 2018).

**c) Les maladies à transmission hydrique**

À l'échelle mondiale, la mortalité par les maladies à transmission hydrique reste un problème majeur de santé publique.

Les agents biologiques pathogènes pour l'homme peuvent être d'origine bactériologique, parasitaire ou virale, et peuvent être à l'origine de nombreuses maladies, entre autres : le choléra, la fièvre, les hépatites virales et les salmonelloses (Chachou et Fahem, 2017)

**• Serratia spp**

Elles sont à l'origine d'une multitude d'infections telles que les infections urinaires, la pneumonie, et les bactériémies.

**• Les Klebsiella**

Ce genre de bactéries est d'importants pathogènes communs à l'origine de pneumonies nosocomiales, de septicémies, d'infections urinaires, d'infections de plaies, elles peuvent également causer des infections hépatiques.

**• Les salmonelles**

Elles sont responsables de la maladie « Salmonellose » ; les symptômes de gastro-entérite aiguë apparaissent de façon brutale : une diarrhée, des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements, une fièvre souvent élevée.

Le risque de déshydratation lié à la diarrhée est particulièrement important chez les enfants, mais aussi chez les personnes âgées (Koffi, 2015).

- **Les Shigella spp**

La pathologie associée à Shigella spp est une maladie aiguë du colon et de l'intestin grêle entraînant diarrhée, fièvre, nausées et parfois toxémie, vomissement, crampes ténésme. Des infections bénignes et asymptomatiques peuvent aussi survenir.

La maladie due à *S. sonnei* est négligeable (Beaupoil *et al.*, 2010).

- **Pseudomonas aeruginosa**

Elle est à l'origine de 20% des pneumonies et de 16 % des infections urinaires, peut provoquer diverses infections mais les cas d'infections graves sont rares.

*Pseudomonas aeruginosa* est sensible à la désinfection et sa pénétration dans les réseaux de distribution peut être minimisée par une désinfection appropriée.

- **Escherichia coli**

La presque totalité des souches d'*E. coli* ne sont pas pathogènes puisque cette bactérie est un hôte normal de l'intestin des mammifères, néanmoins les souches pathogènes sont responsables des gastroentérites aiguës et diarrhées sanguinolentes, infections urinaires, une dysenterie semblable à celle causée par Shigella (Hamek et Mokrane, 2018).

- **Citrobacter**

Les bactéries du genre *Citrobacter* sont des agents pathogènes nosocomiaux rares qui entraînent normalement des infections des voies urinaires, des sepsis abdominaux, et des abcès cérébraux ainsi que des pneumonies et d'autres infections néonatales comme la méningite, le sepsis néonatal, les infections du système nerveux central.

- **Providencia**

Cette bactérie provoque généralement des infections urinaires – bactériémies nosocomiales.

La présence de *Plesiomonas shigelloide* dans les milieux aquatiques est toujours liée à la pollution et la contamination par les eaux usées.

## **I.6. Caractéristiques des eaux usées**

### **I.6.1. Paramètres physico-chimiques**

#### **a) La température**

Il est primordial de connaître la température d'une eau. Car elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz ainsi que la détermination du pH. Cette dimension

physique permet de déceler les conditions extrêmes préjudiciables au bon fonctionnement du processus biologique (Belokda, 2009).

### **b) Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversés. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui établissent des solutions tamponnées donnant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH compris habituellement entre 6,5 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9 (Belghit *et al.*, 2013).

### **c) Conductivité électrique (CE)**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau (Rodier, 2009).

### **d) Turbidité**

Elle définit l'opalescence d'une eau due beaucoup plus aux particules colloïdales en suspension et aux matières organiques dissoute (Berné ,1991).

La turbidité d'une eau est une mesure globale qui indique la présence de la matière organique ou minérale des particules en suspension existent naturellement dans l'eau, comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et d'autres microorganismes. L'unité de mesure est NTU (unités de turbidité néphélométriques) (Maréchal *et al.*,2001).

### **d) Matières en suspension (MES)**

Représentent les matières non dissoutes et non colloïdales, donc filtrable. Elles sont organiques et /ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau (Taibi et Sadouki, 2014).

### **f) Demande chimique en oxygène (DCO)**

Elle exprime la quantité d'oxygène consommée pour oxyder la matière organique présents dans l'effluent à l'aide d'un oxydant, elle permet d'apprécier la concentration en matière organique et minérale, dissous ou en suspension des eaux de rejets (Bourouga *et al.*, 2017).

### g) Demande biochimique en oxygène (DBO)

La demande biochimique en oxygène (DBO) exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries dans les conditions de l'essai, en prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours, à 20°C et dans l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique (Benkheira, 2015).

### h) Notion de biodégradabilité (DCO/DBO<sub>5</sub>)

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes (bactéries, champignons...) qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux.

La biodégradabilité est exprimée par le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent. On convient généralement des limites suivantes :

- **DCO/DBO<sub>5</sub> < 2** : l'effluent est facilement biodégradable ;
- **2 < DCO/DBO<sub>5</sub> < 3** : l'effluent est biodégradable ;
- **DCO/DBO<sub>5</sub> > 3** : l'effluent n'est pas ou très peu biodégradable (Benkaddour, 2018).

### i) Oxygène dissout

L'oxygène est un composé essentiel de l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse Rarement 10 mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l (Benelmouaz, 2015).

## I.6.2. Paramètre de la pollution dissoute

### I.6.2.1. Composés azotés

L'azote existe sous plusieurs formes :

- a) Azote organique** : provient des déjections animales et humaines et des rejets d'industries agro-alimentaires (Aubry, 2003).
- b) Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)** : Provient de la décomposition par les bactéries de l'azote organique (Ammonification) ou des rejets directs d'animaux (urines, excréments) (OIE, 2005).

- c) **Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )** : est un ion issu de processus de nitrification qui s'oxyde rapidement en nitrate, sa concentration est généralement négligée (Julie, 2009).
- d) **Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )** : sont des ions provenant de l'oxydation complète de l'azote organique (Alpha, 2005).

#### **I.6.2.2. Phosphore**

Dans les eaux urbaines, le phosphore provient environ pour moitié des rejets humains et pour moitié de l'utilisation des détergents (lessives). Les concentrations sont de l'ordre de 10 à 20 mg P/l. Le Phosphore total décantable correspond à 0 à 10 %. On distingue deux formes du phosphore :

- Phosphore organique : résidu de la matière vivante.
- Phosphore minéral : essentiellement constitué d'orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) qui représente 50 % de la totalité contenue dans les eaux usées urbaines. Les orthophosphates constituent, au même titre que les nitrates, des agents fertilisants susceptibles de provoquer le phénomène d'eutrophisation (OIE, 2005).

#### **I.6.3. Paramètres organoleptiques**

##### **a) Couleur**

La coloration d'une eau est due le plus souvent à la présence des matières organiques dissoutes ou colloïdales. Une eau d'égout d'origine domestique est d'une couleur grisâtre, la couleur noire indique une décomposition partielle ; les autres teintes indiquent un apport d'eau résiduaire industrielle (Boulakdem et Azem, 2016).

##### **b) Odeur**

C'est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles, généralement c'est l'indice de fermentation microbienne (Rodier, 2009). Plus la couleur est foncée, plus l'odeur est forte due à l' $\text{H}_2\text{S}$  (Chaknat, 2007).

#### **I.6.4. Paramètres microbiologiques**

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. Ces organismes peuvent être classés par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes (Boulakdem et Azem, 2016).

### I.6.4.1. Virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille, ne se reproduisent qu'en infectant un organisme hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre  $10^3$  à  $10^4$  particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles.

Les virus entériques c'est des virus du tube digestif, libérés dans les fèces. Les plus grandes familles des virus entériques sont les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les rétrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A (Boulakdem et Azem, 2016).

### I.6.4.2. Bactéries

#### A. Germes indicateurs d'une contamination fécale (germes saprophytes)

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ  $10^{12}$  bactéries/g (Laabassi, 2016).

Les eaux usées urbaines contiennent environ  $10^6$  à  $10^7$  bactéries/100 ml dont 10 Proteus et entérobactéries,  $10^3$  à  $10^4$  streptocoques et  $10^2$  à  $10^3$  Clostridium, Les plus rencontrées sont les salmonelles dont on connaît plusieurs centaines de sérotype différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau (Hamek et Mokrane, 2018).

#### a. Coliformes

Le terme de « coliformes » regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae.

#### b. Coliformes totaux

Ce sont des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

Ils présentent une grande résistance aux agents antiseptiques, et notamment au chlore et à ses dérivés (Boucenina, 2016).

### c. Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux, ils présentent les mêmes propriétés et caractéristiques des coliformes totaux après incubation à la température de 44°C.

Ce groupe comprend les espèces suivantes : *Citrobacterfreudii*, *Citrobacterdiversus*, *Citrobacteramalonaticus*, *Enterobacteraerogenes*, *Enterobactercloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiellapneumoniae*, *Klebsiellaoxytoca*, *Moellerella wisconsensus*, *Salmonella* (sous-genre III Arizona), *Yersinia enterolitica*.

La présence de coliformes fécaux dans un milieu aquatique, et plus particulièrement d'*E. coli*, est considérée comme un bon indicateur d'une contamination récente du milieu par du matériel fécal humain ou d'animaux à sang chaud. Néanmoins, leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement (Boucenina, 2016).

### d. Streptocoques

Ce sont des bactéries Cocci gram positif, sphériques a ovoïde formant des chainettes, non sporulées, se cultivant en anaérobiose à 44° C et à pH 9.6 (Saadi et Lahmar, 2018).

Les streptocoques du groupe sérologique D, rapprochent aux coliformes fécaux. Ils sont de bons indicateurs de pollution, par contre ils sont peu utilisés comme indicateur d'efficacité de traitement car ils sont simplement plus résistants aux désinfectants que les coliformes et les autres entérobactéries pathogènes du genre *Salmonelles* ou *Shigella* (Bengarnia, 2016).

## B. Germes pathogènes

### a) Staphylocoques

Ce sont des bactéries sphériques (coque) de 0.5 à 2.5 µm aérobie-anaérobie facultative, à Gram positif, catalase positive, anaérobies facultatifs, immobiles non sporulées, très résistantes dans le milieu extérieur et peu exigeante en culture, elles fermentent les sucres en produisant de l'acide lactique (Belkacemi et Saad, 2019).

**b) Escherichia coli**

Ce genre fait partie de la famille des Enterobacteriaceae, À gram négatif aérobies anaérobies facultatifs c'est une bactérie mobile où immobiles rare avec une structure flagellaire péritriche et non sa température optimale de croissance est de 37°C, c'est une bactérie non exigeante il peut croître sur des milieux ordinaires, peut être rejetée via des matières fécales des hommes et des animaux et se retrouver dans l'environnement contaminer l'eau (Toe, 2018).

**c) Spores anaérobie sulfitoréductrices (ASR)**

Le genre Clostridium appartient à la famille Bacillaceae. Ce sont des bactéries telluriques, rencontrées dans le sol, l'environnement et les intestins des animaux et des humains. Elles sont gram positif, de grande taille, groupées en chainettes, généralement mobile et capable de sporuler.

Elles possèdent une catalase négative et sont anaérobies stricts, mésophytes et supportent des Variations importantes de pH et de température.

Ces spores sont de grandes tailles et sont parfois plus grandes que les bactéries. Très résistantes à la chaleur, jusqu'à 100°C pendant plusieurs minutes, et permettent de distinguer une pollution fécale ancienne (Belkacem, 2018).

**d) Salmonelle**

Salmonella est un bacille Gram négatif non sporulant, dont la mobilité est assurée par des flagelles péritriches (à l'exception de *S. Gallinarum* qui n'en possède pas) et qui est de type aéro-anaérobie.

Les souches de Salmonella sont des pathogènes intestinaux, présentes dans les intestins de l'homme et des animaux qui constituent leur réservoir principal ; elles peuvent suite à une contamination fécale, survivre dans l'environnement pendant plusieurs mois.

Leur capacité de survie leur permet également de persister dans des réservoirs secondaires comme les boues d'épuration (Koffi, 2015).

**e) Vibriion cholérique**

*Vibrio cholerae* est un bacille Gram négatif, incurvé de 1,5 à 2µm de longueur et de 0,5 à 0,6µm de diamètre, asporulé. Ils sont mobiles par flagelles.

C'est une bactérie anaérobie facultative avec une forte préférence pour les milieux aérobie, capable de pousser dans l'eau peptonée contenant du Na Cl comme dans l'eau peptonée exempte de Na Cl ce qui les différencie de la plupart des espèces du genre *Vibrio* (Diakite et Mounkoro, 2015).

#### f) **Pseudomonas**

Le genre *pseudomonas* de la famille des *pseudomonadaceae* regroupe des bactéries allongées (bacilles) à gram négatif en forme de bâtonnets de 1 à 3µm de long et 0,5 à 0,8µm de large.

Elles sont dépourvues de spores et de capsules, mobiles grâce à la présence d'un flagelle monotriche polaire. Elles sont mésophiles capable de se développer dans des températures allant de plus 4°C à plus de 45°C avec une température optimale de croissance entre 30°C et 37°C (Belkacemi et Saad ,2019).

#### g) **Shigella**

Ce sont des bacilles à gram négatif toujours immobiles, non capsulés non sporulés, anaérobies facultatifs en forme de tige, appartenant à la famille des entérobactéries et caractérisées par leur faible activité métabolique. Ce sont des bactéries spécifiques de l'homme pouvant s'implanter dans l'intestin et causent des maladies diarrhéiques aiguës (Bengarnia, 2016).

### I.6.4.3. Parasites

#### a) **Les protozoaires**

Ce sont des organismes eucaryotes unicellulaires, sous forme de ciliés ou flagellés, vivent principalement dans l'eau.

Ils sont parfois la source de maladies aiguës ou chroniques, leur nombre est beaucoup moins élevé : de l'ordre de quelques centaines dans 100 mm, les espèces prédominantes sont les flagellés.

La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, Certains d'entre eux s'adaptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées, comme *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne ou encore *Giardia lamblia* (Hamek et Mokrane, 2018).

**b) Cryptosporidium**

Cryptosporidium est un eucaryote unicellulaire (protozoaire) se classe parmi l'embranchement des Apicomplexa, la classe des Coccidia et l'ordre des Eucoccidiorida, selon la taxonomie officielle du « National Center for Biotechnology Information » (NCBI).

Les oocystes (forme de résistance) de cryptosporidium sont des protozoaires microscopiques issus des vertébrés en général, il est impliqué dans les épidémies d'origine hydrique à travers le monde à cause de l'utilisation croissante d'eau recyclée, la contamination se fait par voie fécale ou par voie orale la maladie se traduit par des diarrhées aqueuses et sanglantes, des crampes d'estomac, des maux de tête, nausées, fièvre et vomissements. Elle peut être fatale pour les personnes fragiles.

La dose infectieuse est moins de 100 oocystes.

Les oocystes peuvent survivre et rester infectieux pendant presque 18 mois dans un environnement humide et frais, ils résistent bien à la désinfection au chlore ou à l'ozone et les doses nécessaires pour les éliminer, peuvent engendrer des sous-produits de désinfection dans les eaux (Beaupoil et *al.*, 2010).

Selon les études, la prévalence aux affluents de ces stations de Cryptosporidium ssp, Varie de 30 à 100 avec des concentrations allant jusqu'à 24 000 oocystes L<sup>-1</sup> (Cindy, 2011).

**I.6.4.4 Helminthes**

Les eaux usées sont susceptibles de véhiculer un grand nombre d'helminthes parasites d'origine humaine ou animale, Les concentrations et les variétés d'œufs retrouvées sont en fonction de divers facteurs climatiques, socio-économiques et démographique.

Dans l'environnement, la résistance des œufs d'helminthes est très variable selon le type d'œuf étudié et selon la nature de l'échantillon analysé : eaux - sol – végétaux.

Dans les eaux douces et les eaux usées, la persistance de certains œufs comme les œufs d'Ascaris est évaluée de quelques mois à plus d'une année (Stien, 1989).

**I.7. La croissance bactérienne**

C'est la multiplication et la prolifération bactérienne qui dépend de plusieurs facteurs physique, chimiques et organiques (Hamek et Mokrane, 2018).

### I.7.1. Conditions de la croissance bactérienne

#### a) La température

C'est un facteur très important qui influence les conditions de croissance et de survie des bactéries. Les bactéries croient plus rapidement à une certaine température : on l'appelle la température optimale de croissance, en s'écartant de cette optimum la vitesse de croissance se réduit Pour toute bactérie (Babou et Mezyene, 2018).

- Les bactéries thermophiles : leur température de croissance optimale est 45 °C (ex : E.coli)
- Les bactéries thermotolérantes : elles peuvent survivre, mais leur croissance n'est pas sûre à ces températures.
- Bactéries mésophiles : température de croissance est proche à celle du corps humain 37°C.
- Les bactéries psychrophiles : ont une croissance optimale à/ou au-dessous de 15°C.
- Les bactéries psychrotrophes : croissance à basse température (0 à 5°C) (Babou et Mezyene, 2018).

#### b) Le pH

Le pH est aussi important que la température. La plupart des bactéries ont un optimum de croissance à des pH neutres, entre 6 et 8. mais certaines bactéries préfèrent des conditions acides ou fortement acides.

Le pH influence la régulation de la biomasse, le système de transport d'ions et le métabolisme des microorganismes, il est aussi un facteur clé dans les réactions respiratoires des bactéries aérobies.

On distingue :

- Les bactéries neutrophiles : pH compris entre 5,5 et 8,5 avec un optimum voisin de 7.
- Les bactéries alcalophiles : ont une préférence pour les pH alcalins : cas de Pseudomonas et Vibrio.
- Les bactéries acidophiles : ont une meilleure multiplication dans des milieux acides : cas des Lactobacillus (Chenel, 2011).

#### c) L'eau

L'eau joue un rôle très important à la masse d'une bactérie, la pénétration des substances nutritives et le rejet des déchets se fait en solution.

Les bactéries exigent pour leur croissance des matières riches en eau libre, on trouve des espèces tolérantes au déficit en eau (dessiccation), et d'autres qui ne peuvent pas survivre pour une longue période dans cet état (keroumi et *al.*, 2014).

#### **d) L'oxygène dissout (OD)**

L'absence ou la présence d'oxygène est aussi un besoin important pour les bactéries, on distingue :

- Les bactéries aérobies strictes : elles ne peuvent survivre qu'en présence d'oxygène (18-21 %).
- Les bactéries anaérobies strictes : elles ne croissent qu'en absence totale d'oxygène, car celui-ci est toxique pour elles.
- Les anaérobies et aérobies facultatives : ce sont des bactéries qui peuvent croître sans oxygène, mais dont la présence n'est pas un problème.
- Les micros aérophiles : ce sont des bactéries qui requièrent absolument de l'oxygène, mais à une concentration de moins de 200  $\mu$ mole sinon l'oxygène devient toxique (Chenel, 2011).

#### **e) La pression osmotique**

Les bactéries ont une tolérance aux différentes concentrations ioniques.

- Les espèces pathogènes staphylocoques, vibriocholerae) : supportent une salinité élevée donc elles sont osmotolérantes.
- Les espèces pathogènes halophiles (vibrio parahaemolyticus) exigent une concentration en NaCl de 2%.
- Les espèces vivant dans des saumures peuvent tolérer des concentrations qui dépassent les 20-30% (keroumi et *al.*, 2014).



**Chapitre II : Les différents  
procédés de traitement des eaux  
usées**

## **II.1. Introduction**

L'épuration est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau. Pour atteindre la qualité conforme à la réglementation à partir d'une eau brute. Les méthodes utilisées sont classées selon trois catégories principales, les procédés physiques, chimiques et biologiques.

## **II.2. Les prétraitements**

### **II.2.1. Dégrillage**

Le dégrillage consiste à faire passer l'eau à travers une grille fixe dont les barreaux judicieusement espacés, qui retiennent les débris qui sont éliminés manuellement ou par un râteau automatique, afin d'éviter l'obturation des conduites et le blocage des organes mécaniques (Hadj-Kouider, 2012).

### **II.2.2. Déshuilage-dégraissage**

Il consiste à éliminer les graisses par raclage en surface après injection de l'air permettant leur flottation, ce traitement a pour objectif d'éviter les agglomérations en amas des graisses qui gênent le traitement et peuvent boucher les canalisations, et éviter le blocage des échanges (UV, O<sub>2</sub>) (Hadj-Kouider, 2012).

## **II.3. Traitement primaire**

Le traitement primaire regroupe les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. A l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées (1/3 DBO<sub>5</sub>), la pollution éliminée constitue alors les boues primaires fortement organique et fermentescible qui sont envoyés vers la chaîne d'épuration des boues (Boucenina, 2018).

### **II.3.1. Dessablage**

Le dessablage est un traitement qui vise à éliminer les sables en faisant passer l'eau à vitesse réduite dans des bassins de sorte que les sables sédimentent, une partie du sable est recyclée après lavage.

Il permet d'éviter la formation des dépôts dans les ouvrages, éviter la diminution des volumes des ouvrages, et éviter l'abrasion des corps des pompes (Hadj-Kouider, 2012).

Ce traitement primaire ne permet d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite (Boucenina, 2018).

### **II.3.2. Coagulation floculation**

La coagulation : a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération.

La Floculation : agglomération de particules déstabilisées en micro floc facilement éliminé par les procédés de décantation (Zouag et Belhadj, 2017).

### **II.3.3. Procédés de décantation physique**

- **La décantation**

La décantation a pour principe d'éliminer les particules en suspension par gravité, les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage.

La décantation permet d'éliminer plus de 70 % des matières en suspension, elle est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable (Ourtelli et Brahimi, 2013).

- **La flottation**

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide qui les contient, on fait appel à des techniques de clarification et d'épaississement par insufflation d'air, les bulles d'air s'accrochent aux particules fines à éliminer en les ramenant à la surface de l'eau.

Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspensions et réduit d'environ 30% de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO (Ourtelli et Brahimi, 2013).

### **II.4. Traitement secondaire (biologique)**

Le traitement biologique consiste à l'utilisation de la flore bactérienne dans les eaux usées, pour dégrader les matières organiques polluantes. Il constitue le second grand stade de l'épuration des eaux de raffinage. Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO<sub>5</sub> et la DCO qui subsiste après l'épuration physico-chimique (Saadi et Lahmar, 2018).

Ces traitements ont pour objet de réduire la teneur en matière organique présentes dans ces eaux à des niveaux respectueux de l'environnement (Bensayah et Lekehal, 2017). Parmi ces traitements biologiques nous avons :

- Les procédés extensifs,
- Les procédés intensifs.

### II.4.1. Procédés biologiques extensifs

#### II.4.1.1. À culture libre

##### a) Le lagunage

Le lagunage est un procédé d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur tropiques. On distingue deux types du lagunage (Bensayah et Lekehal, 2017) :

- **Lagunage naturel**

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est trois (03). Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure de bassins est exposée à la lumière ; ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carboné formé par les bactéries ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se multiplier, au fond du bassin où la lumière ne pénètre pas ; ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique (Guenouai, 2019).

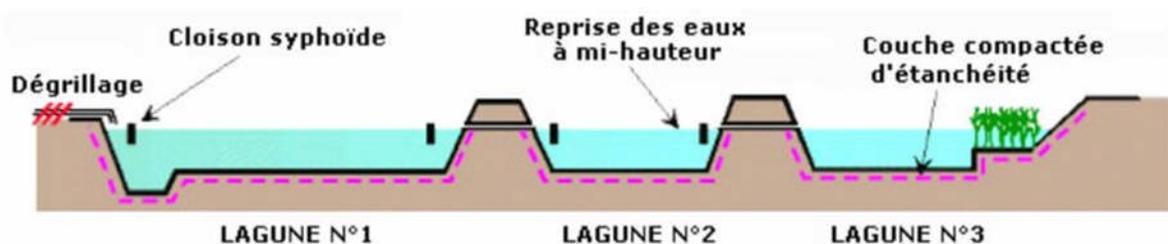


Figure 1 : Lagunage naturel

- **Lagunage aéré**

Il s'agit d'un ou plusieurs bassins de 2 à 4 mètres de profondeur, dans lesquels l'apport d'oxygène est fourni par un système artificiel (aérateurs de surface, diffuseurs d'air).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes. Il a cependant l'inconvénient d'utiliser des surfaces importantes et de ne pas offrir des rendements constants durant l'année (Guenouai, 2019).

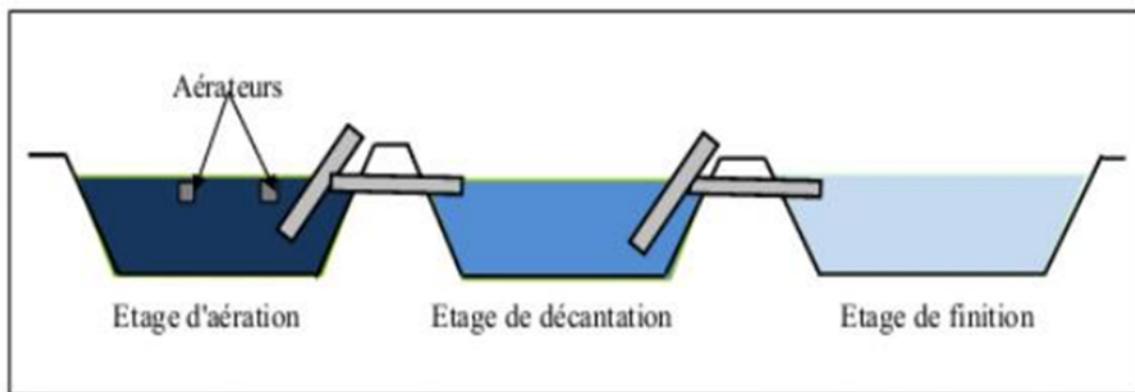


Figure 2 : Le principe d'un lagunage aéré

#### II.4.1.2. Cultures fixées

##### a) Les filtres plantés

Le principe de fonctionnement des filtres plantés est basé sur les capacités filtrantes mécaniques d'un sol (matériaux comme les graviers, l'argile expansée et le sable) et la dégradation aérobie biologique assurée par les microorganismes fixés sur les particules du sol. L'originalité de ces filtres réside dans la présence de roseaux qui, grâce à leurs rhizomes, aèrent le massif filtrant et évitent aussi le colmatage. Il existe deux sortes de filtres plantés : à écoulement vertical et horizontal.

Le système vertical se compose classiquement de deux étages de traitements composés chacun de trois filtres en parallèle (figure 3). L'effluent arrive sur la surface des filtres et percole ensuite à travers le substrat. Une première étape de filtration se produit permettant une rétention physique de MES à la surface où les boues s'accumulent. La biomasse bactérienne aérobie fixée sur le support dégrade ensuite les matières dissoutes (Herteman, 2010).

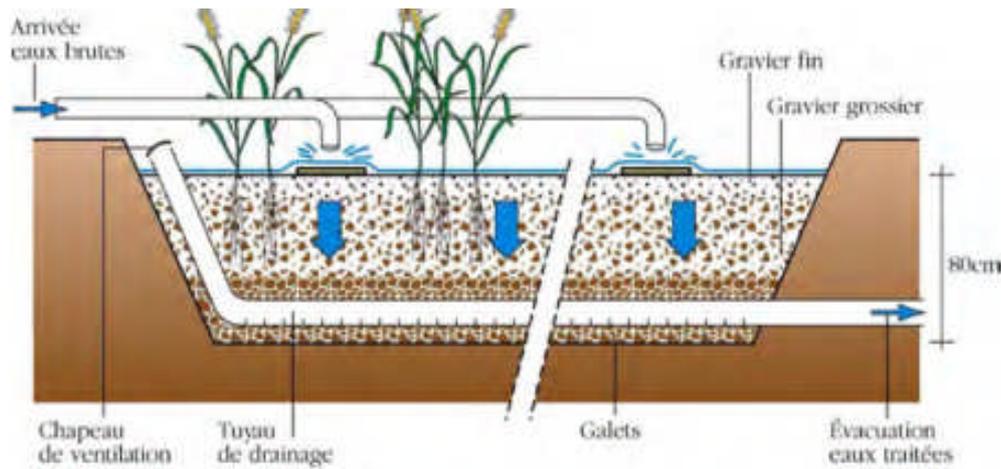


Figure 3 : Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical (Herteman, 2010).

Le système de filtres planté à écoulement horizontal fonctionne différemment du fait de sa saturation permanente et de ses caractéristiques anoxiques qui entraînent des mécanismes de dégradations différents. L'alimentation du système est latérale. Ces systèmes sont peu développés en France, mais tendent à le devenir notamment pour traiter les pollutions à l'azote, et réduire les germes provenant des contaminations fécales (Herteman, 2010).

#### b) Infiltration/ percolation

L'infiltration-percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible. Une autre variante intéressante de l'épuration par le sol est constituée par les filtres à sable horizontaux ou verticaux enterrés.

Ces techniques utilisées, avant tout, pour les situations relevant de l'assainissement autonome restent intéressantes pour l'assainissement autonome regroupé concernant quelques centaines d'équivalents-habitants. Pour un filtre à sable vertical enterré, un dimensionnement de 3,5 m / hab. est nécessaire et une alimentation basse pression recommandée (Beland *et al.*, 1991).

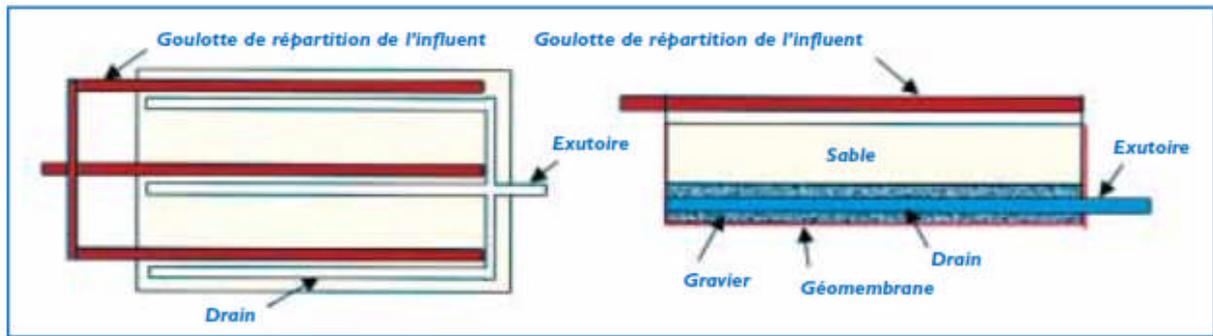


Figure 4 : Infiltration-percolation étanchée et drainée (Beland *et al.*, 1991).

## II.4.2. Procédés biologiques intensifs

### II.4.2.1. À culture libre

- **Boues activées à culture libre**

Le procédé à boues activées consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eaux usées à traiter (bassin d'aération), l'apport d'air dans le bassin d'aération a pour but la satisfaction de la DBO5 et pour la respiration de la masse cellulaire. Il est destiné à contribuer au brassage et au maintien en suspension des boues activées.

Il permet d'obtenir des performances poussées pour éliminer le carbone, l'azote et le phosphore. Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire dans le but d'éliminer les matières en suspension décan tables et sera suivie d'un clarificateur qui assurera la séparation de l'effluent épurée avec les boues, celle-ci seront en partie recyclée dans le bassin d'aération pour assurer le réensemencement et la concentration permanente, et l'autre partie extraites vers le traitement des boues (Saadi et Lahmar, 2018).

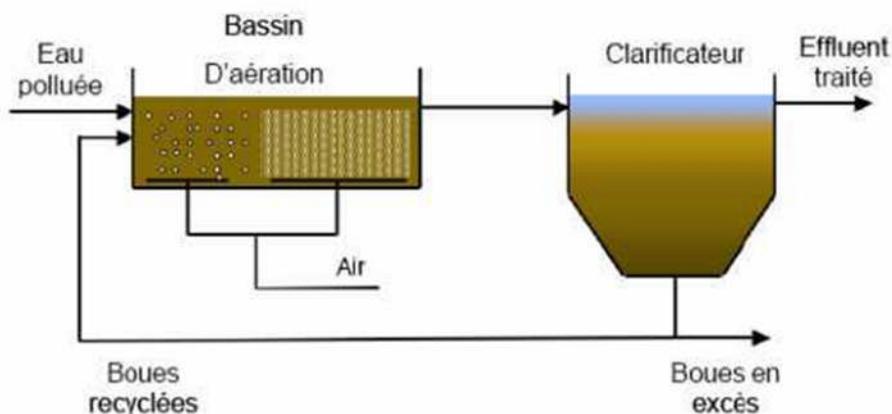


Figure 5 : Processus des boues activées (Saadi et Lahmar, 2018).

#### II.4.2.2. À Culture fixée

##### a) Disques biologiques

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tours mn<sup>-1</sup>.

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (Draa El Guendoul et Lounis, 2017).

##### b) les lits bactériens

Son principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servant de support aux micro-organismes. Les micro-organismes qui est fixé sur le support éliminent les matières organiques par absorption des constituant solubles et en suspension.

Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux) (Draa El Guendoul et Lounis, 2017).

### II.5. Traitement tertiaire

Les traitements secondaires des eaux usées éliminent par les matières 80 à 90% des matières hydrocarbonées, par ailleurs, seulement 20 à 30% d'azote et de phosphore (Abibsi, 2011).

#### II.5.1. Élimination de l'azote

L'élimination de l'azote peut être classée en fonction des niveaux de qualités à atteindre pour une eau épurée, on distingue :

- Les procédés biologiques réalisant une nitrification seule.
- Les systèmes d'épuration biologique réalisant l'élimination de l'azote par nitrification-

Dénitrification (Seyni Sanda et Zakari Issoufou, 2016).

**✓ La nitrification**

Contrairement à la matière organique, l'élimination de l'ammoniaque n'est possible qu'en présence d'oxygène. La réaction d'oxydation n'est réalisée que par un nombre très limité d'espèces bactériennes strictement aérobies, les bactéries nitrifiantes. L'oxydation de l'ammoniac en nitrates s'effectue en deux étapes :  $\text{NH}_3$  est d'abord converti en nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) par des bactéries du genre *Nitrosomonas*.

Les nitrites sont ensuite oxydés en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) par des bactéries du genre *Nitrobacter* (Abibsi, 2011).

**✓ La dénitrification**

Permet d'éliminer l'azote total, ce processus se déroule dans un réacteur biologique anoxique sous l'effet de microorganismes particuliers qui se développent aux dépens d'un apport en carbone organique, dans lequel les nitrates sont réduits en une forme gazeuse de l'azote :  $\text{N}_2\text{O}$  ou  $\text{N}_2$  (Seyni Sanda et Zakari Issoufou, 2016).

**II.5.2. Élimination de phosphore**

L'élimination du phosphore des eaux usées peut être réalisée par des procédés physiques, chimiques et biologiques. La déphosphatation biologique en procédé de boues activées permet d'accumuler le phosphore en excès des besoins métabolique de croissance sans ajout de coagulant.

La déphosphatation biologique peut atteindre des rendements de 60 à 70 %, mais doit aussi souvent être suivie d'un traitement chimique. Ainsi, la déphosphatation chimique paraît incontournable, soit en complément d'un traitement biologique, soit comme unique traitement de déphosphatation (Berrahmoun, 2016).

**II.5.3. Élimination des odeurs**

La collecte et le traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles génèrent des produits malodorants.

Les émissions de molécules odorantes peuvent être réduites au moyen de solutions préventives (conception du réseau et de la station d'épuration) ou par des solutions curatives (Toumi, 2015).

- La conception des stations permet de limiter l'émission d'odeurs dans le voisinage. Il faut par exemple veiller à réduire les surfaces d'échange entre l'air et les eaux usées. Ainsi, les ouvrages les plus odorants sont souvent regroupés pour concentrer l'émission d'effluves nauséabonds. Leur couverture est aussi une manière d'atténuer les émissions malodorantes.
- Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place au sein des stations d'épuration (STEP) :
  - ✓ La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et / ou de l'eau de javel, réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.
  - ✓ La désodorisation biologique consiste à faire passer l'air au travers d'un matériau poreux sur lequel on développe un biofilm, de façon analogue aux bios filtres utilisés pour le traitement de l'eau (Seyni Sanda et Zakari Issoufou, 2016).

#### II.5.4. Désinfection

La désinfection vise à réduire la concentration des microorganismes particulièrement pathogènes dans les effluents avant rejet dans l'environnement. Contrairement aux normes de désinfection pour la production d'eau potable qui spécifie l'absence totale de coliformes, les normes de rejets pour les eaux résiduaires urbaines (ERU) varient suivant la nature du milieu récepteur.

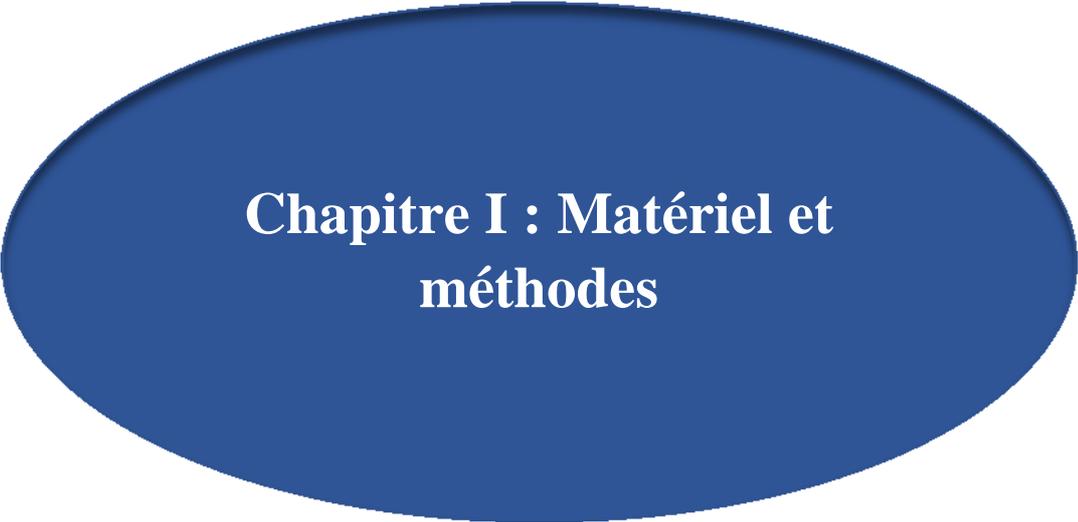
On peut distinguer deux catégories de traitement :

- Les procédés extensifs comme le lagunage et l'infiltration-percolation (filtration à travers un massif filtrant). Dans le cas du lagunage, il ne subsistera qu'une bactérie pour 1000 ou 10 000 présentes dans l'eau résiduaire alors que dans le second cas il n'en subsistera qu'une pour 100 ou 1000.
- Les procédés physico-chimiques intensifs comme la désinfection par le chlore, l'acide peracétique, les UV, l'ozone ou la filtration sur membranes d'ultra ou de microfiltration.

L'efficacité de ces procédés dépendra des doses utilisées, quant à la filtration sur membrane d'UF, elle permet une désinfection totale (Abibsi, 2016).



# Partie expérimentale



**Chapitre I : Matériel et  
méthodes**

Les principaux résultats de cette étude expérimentale ont été repris des travaux de nos camarades des promotions précédentes (Berrouane et Khoumeri, 2018 ; Khichane et Khouas, 2019), auxquels nous avons apporté notre propre interprétation et discussion scientifique.

### **I.1. Objectif d'étude**

Suite au problème de foisonnement observé au niveau de bassin biologique qui génère une mauvaise décantation des boues avec des débordent au niveau du clarificateur secondaire, d'où une perte en micro-organismes et en parasites.

A cet effet, nous avons repris l'étude bactériologique qui a été menée dans le laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques ; département des sciences agronomiques, pour étudier l'impact de cet effluent secondaire sur les milieux récepteurs aval à savoir : l'oued Sébaou, la nappe phréatique du moyen Sébaou et les forages destinés à l'AEP de la partie Nord/Ouest de la ville de Tizi-Ouzou.

L'étude en question a été menée sur une période de deux (02) années. Afin de constater l'état de colonisations des milieux aval du rejet, plusieurs prélèvements ont été effectués au niveau de :

1. Oued Sébaou ;
2. Forages ;
3. Réseau de distribution 1 vers le côté bas de la ville de Boukhalfa ;
4. Réseau de distribution 2 vers le côté haut de la ville de Boukhalfa.

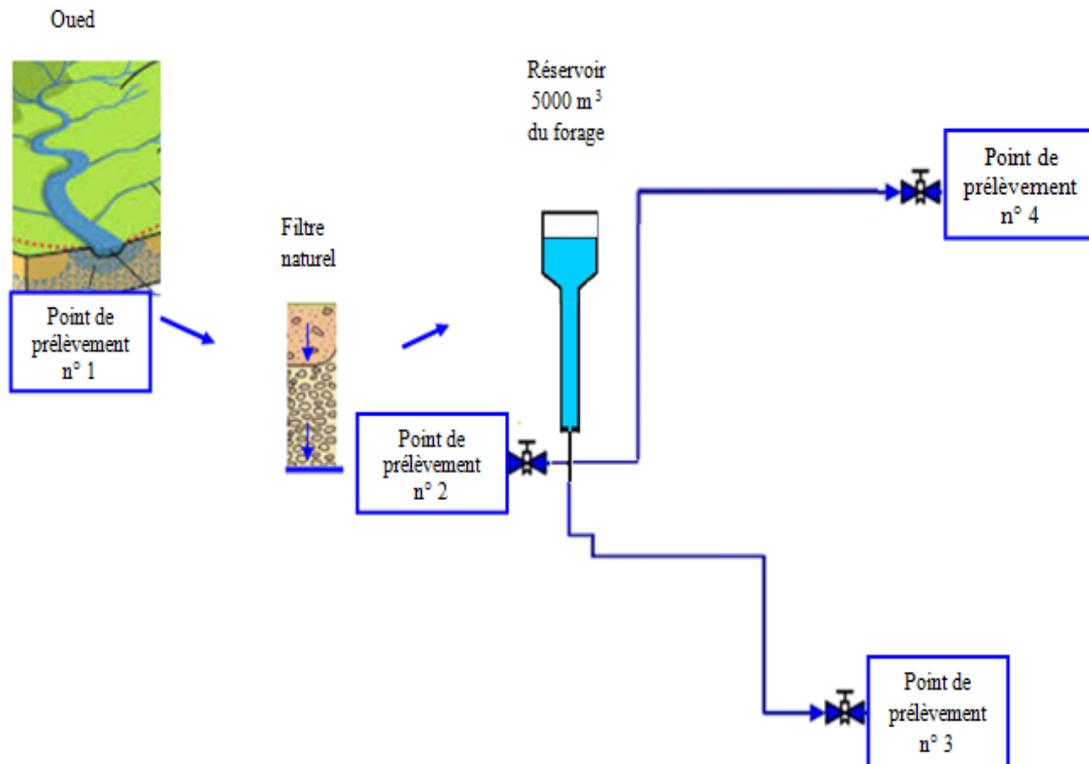


Figure 6 : Schéma représentatif des différents points de prélèvements

Les échantillons sont conditionnés dans des bouteilles en verre stériles, puis emportés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire, afin d'effectuer les analyses bactériologiques.

## I.2. Zone d'étude

Le site des forages est localisé dans la wilaya, daïra et commune de Tizi-Ouzou au niveau de l'Oued Sébaou ; situé à environ 05 km du chef-lieu de wilaya et se trouve au nord-ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Un vaste bassin versant de 2900 Km<sup>2</sup> avec un exutoire principal représenté par l'Oued Sébaou, s'écoule du sud Est vers le Nord-Ouest sur une distance de 88 Km (mesurée avec Google Earth), L'apport annuel moyen enregistré est de l'ordre de 750 millions de mètres cubes. Le réservoir d'arrivée d'eau brute d'une capacité de 5000 m<sup>3</sup> permet l'alimentation en eau potable des habitants des communes frontalières, entre autres Boukhalfa, Thala Allam ; Sidi Naaman et Mdouha et ce après une simple désinfection. Ledit réservoir est alimenté par la station de Boukhalfa qui est composée de dix forages de 109,9 m d'altitude dont un n'est pas en fonction pour cause de manque de ressource, les forages se présentent comme suit voir tableau 2 et figure 22.

Tableau 2 : Liste des forages de BOUKHALFA et leurs capacités (ADE, 2014).

FORAGE	CAPACITE (m <sup>3</sup> /h)
BK1	100
BK2	25
BK3	35
BK4	100
BK5	100
BK6	70
BK7	57
BK8	55
BK9	100
BK10	0
Capacité totale	642

NB : les forages sont regroupés en un seul forage.

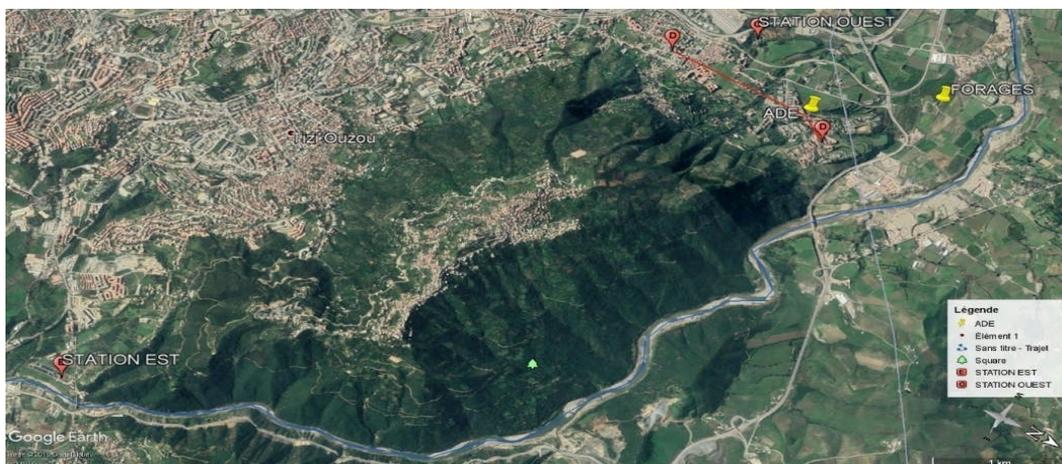


Figure 7 : Image satellitaire Google Earth de la zone d'étude

### I.3. Matériel et méthodes

Les analyses bactériologiques ont été effectuées selon les étapes suivantes :

- Isolement et dénombrement des germes des bactéries à partir des échantillons,
- Identification bactérienne.

Les méthodes d'identification et de dénombrement bactériologique sont résumés dans l'annexe 2.

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

- ✓ Les mésophiles aérobies totaux à 22°C et à 37°C **ISO 6222**

Ce sont des germes revivifiables, leur température de croissance est proche à celle du corps humain 37°C.

- ✓ Les coliformes totaux **ISO 9308-2** et fécaux **ISO 9308-1**

Elles sont considérées comme de bons indicateurs d'une contamination récente du milieu par du matériel fécal humain ou animal à sang chaud. La bactérie E-coli (*Escherichia coli*) appartient à cette catégorie de coliformes.

- ✓ Les streptocoques fécaux **ISO 7899-2** (Entérocoques)

Ce sont des bactéries pathogènes, indicatrice de contamination fécale, et très résistantes aux substances aseptiques.

- ✓ Les germes anaérobies sulfite-réducteurs (*Clostridium*) **ISO 6461-2**

Ils sont considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente, ils sont très résistants à la chaleur et à l'action des facteurs chimiques et physiques.

- ✓ Les salmonelles **ISO 6340**

Ce sont des micro-organismes pathogènes, ils peuvent pénétrer dans l'environnement aquatique directement avec les matières fécales des humains ou des animaux infectés. Ils sont sensibles aux traitements tertiaires

- ✓ Les vibrions cholériques **ISO 21872-1**

La bactérie se multiplie dans l'intestin de l'homme ainsi que dans les eaux contaminées par des matières fécales.



## **Chapitre II : Résultats et discussion**

## II.4. Résultats et discussion

Dans le tableau 3 ci dessous sont présentés les principaux résultats macroscopiques obtenus

Tableau 3 : les caractères macroscopiques des souches isolées.

Bactéries	Aspect	Forme	Chronogénèse	Opacité	Élévation	Surface	Consistance	Odeur	Bord
<b>Flore revivifiable</b>	Non punctiforme	Irrégulière et ronde	Pigment	Opaque	Légèrement convexe	Lisse et matte	Sèche et homogène	Désagréable	Régulier et ondulé
<b>Coliforme</b>	Non punctiforme	Irrégulière et ronde	Jaune orangé	Opaque	Convexe	Lisse et matte	Sèche et homogène	Désagréable	Régulier et ondulé
<b>Salmonelle</b>	Punctiforme	Ronde	Rouge et jaune	Opaque	Convexe	Lisse et brillante	Sèche et homogène	Désagréable	Régulier
<b>Vibrien</b>	Non punctiforme	Ronde	Pigment	Opaque	Légèrement convexe	Lisse et brillante	séchée et homogène	Désagréable	Régulier

### II.4.2. Coloration de gram

L'observation est faite à l'aide d'un microscope photonique au G×100 à l'huile d'immersion des souches pures isolées après avoir effectué une coloration de Gram.

Nous avons constaté que toutes les souches isolées sont des bacilles majoritairement et à gram négatif et cela correspond à l'étude effectuée sur des Enterobacteriaceae voir tableau 4.

Tableau 4 : Représentation des caractères microscopiques des souches isolées

Bactéries	Gram	Forme
Salmonelle	-	Bacille
Vibrons	-	Bacille
Coliforme	-	Bacille en amas
Flore revivifiable	-	Bacille

### II.4.3. Résultats des analyses bactériologiques (étude microscopique)

#### II.4.3.1. Dénombrement de la flore mésophiles totale FMAT

Les résultats du dénombrement de la flore mésophiles à 22°C et de la flore mésophiles à 37°C sont illustrés dans les tableaux 5 et 6 :

Tableau 5 : Résultats du dénombrement de la flore mésophile dans l'oued et les forages

Période	Température d'incubation	Oued (UFC/ml)	Forage (UFC/ml)
Mars	GR à 22°C	$1,07.10^3$	$5,6.10^4$
	GR à 37°C	$6,3.10^2$	$2,61.10^4$
Avril	GR à 22°C	$1,9.10^2$	$2,4.10^4$
	GR à 37°C	$4,6.10^3$	$1,4.10^4$
Mai	GR à 22°C	$2,5.10^4$	$2,5.10^5$
	GR à 37°C	$6,3.10^3$	$1,5.10^4$
Juin	GR à 22°C	$1,06.10^6$	$5,6.10^5$
	GR à 37°C	$9,2.10^5$	$3,7.10^4$

Tableau 6 : Résultats du dénombrement de la flore mésophile dans les réseaux de distribution

Période	Température d'incubation	R1 (UFC/ml)	R2 (UFC/ml)	Chlore actif mg/l
Mars	GR à 22°C	$7,5.10^2$	$3,6.10^3$	0,08
	GR à 37°C	$2,9.10^2$	$5,6.10^2$	
Avril	GR à 22°C	$8,1.10^2$	$3,1.10^3$	0,07
	GR à 37°C	$4,7.10^2$	$2,3.10^3$	
Mai	GR à 22°C	$1,1.10^5$	$6,2.10^4$	0,07
	GR à 37°C	$1,02.10^4$	$2,1.10^4$	
Juin	GR à 22°C	$6,9.10^5$	$1,6.10^5$	0,05
	GR à 37°C	$4,3.10^5$	$3,1.10^5$	

Pour les périodes indiquées à savoir Mars, Avril, Mai et juin respectivement les périodes de hautes eaux et basses eaux les principaux résultats se présentent comme suit :

- ✓ **Les mésophiles aérobies totaux à 22°C**
- ✓ **Au niveau de l'oued**

Le nombre de germes passe de  $1,07.10^3$  UFC/ml au mois de Mars à  $1,06.10^6$  UFC/ml pour le mois de juin.

- ✓ **Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

Le nombre de germes revivifiables varie entre  $2,4.10^4$  UFC/ml et  $5,6.10^5$  UFC/ml en mois d'Avril et Juin.

- ✓ **Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

Au niveau du réseau de distribution R1 le nombre de germes passe de  $7,5.10^2$  UFC/ml en mois de Mars à  $6,9.10^5$  UFC/ml en mois de Juin.

Au niveau du réseau de distribution R2 le nombre de germes passe de  $3,6.10^3$  UFC/ml en mois de Mars à  $1,6.10^5$  UFC/ml en mois de Juin.

- **Les mésophiles aérobies totaux à 37°**
- ✓ **Au niveau de l'oued**

Les concentrations passent de  $6,3.10^2$  UFC/ml pour le mois de Mars à  $9,2.10^5$  UFC/ml en mois de Juin.

- ✓ **Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

Les concentrations enregistrées varient entre  $1,4.10^4$  UFC/ml en mois d'Avril (période de hautes eaux) et  $3,7.10^4$  UFC/ml en mois de Juin (la période de basses eaux).

- ✓ **Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

Au niveau du réseau de distribution R1 la concentration de la flore revivifiable passe de  $2,9.10^2$  UFC/ml en mois de Mars à  $4,3.10^5$  UFC/ml en mois de Juin.

Au niveau du réseau de distribution R2 la concentration passe de  $5,6.10^2$  UFC/ml en mois de mars à  $3,1.10^5$  UFC/ml en mois de juin.

#### II.4.3.2. Dénombrement de la flore

Les principaux résultats du dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et des clostridiiums sont résumés dans le tableau 7 :

Tableau 7 : Résultats du dénombrement des coliformes totaux, coliformes fécaux, des Streptocoques fécaux et des clostridiiums

Périodes	Oued (UFC/100ml)				Forage (UFC/100ml)				R1 (UFC/100ml)				R2 (UFC/100ml)			
	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Clostridiiums	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Clostridiiums	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Clostridiiums	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Streptocoques fécaux	Clostridiiums
Mars	36	32	0	0	57	33	0	0	3	3	0	0	4	3	0	0
	31	23	0	0	59	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avril	24	22	0	0	55	1	0	0	1	1	0	0	3	2	0	0
	23	15	0	0	23	4	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
Mai	39	12	0	0	75	10	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0
Juin	141	109	0	0	51	22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Pour les périodes indiquées à savoir Mars, Avril, Mai et juin respectivement les périodes de hautes eaux et basses eaux les principaux résultats de recherche de Coliforme totaux, Coliforme fécaux, Streptocoque fécaux et Clostridium se présentent comme suit :

✓ **Au niveau de l'oued Sébaou**

Les eaux de l'oued Sébaou sont caractérisées par la présence d'un nombre de coliformes totaux compris entre 23 et 141 UFC/100ml (période des hautes eaux et basses eaux).

Pour les coliformes fécaux ; les concentrations varient de 12 à 109 UFC/100ml.

✓ **Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

Les concentrations en Coliformes totaux varient entre 23 et 75 UFC/100ml dans la période des hautes eaux et basses eaux.

Pour les coliformes fécaux ; les concentrations varient de 1 à 33 UFC/100ml.

✓ **Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

Au niveau du réseau de distribution R1 les valeurs de concentration en Coliformes totaux varient entre 0 et 3 UFC/100ml.

Pour les coliformes fécaux les concentrations varient entre 0 et 3 UFC/100ml.

Au niveau du réseau de distribution R2 les concentrations en Coliformes totaux varient entre 0 et 4 UFC/100ml.

Pour les coliformes fécaux les concentrations varient entre 0 et 3 UFC/100ml.

### II.4.3.3. Dénombrement des salmonelles et des vibrions cholériques

Tableau 8 : Résultats du dénombrement des salmonelles et des vibrions cholériques

<b>Bactéries</b>	<b>Oued Sébaou (UFC/1000ml)</b>	<b>Forage (UFC/1000ml)</b>	<b>Réseau de distribution R1 (UFC/1000ml)</b>	<b>Réseau de distribution R2 (UFC/1000ml)</b>
<b>Salmonelles</b>	119	111	/	/
<b>Vibrions cholériques</b>	154	138	/	/

✓ **Au niveau de l'oued Sébaou**

Les salmonelles sont présentes avec une moyenne de 119 UFC/100ml et 154 UFC/100ml pour les vibrions cholériques.

✓ **Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

La moyenne de salmonelles est de 111 UFC/100ml et 138 UFC/100ml pour les vibrions cholériques.

✓ **Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

Les résultats d'analyses concernant les salmonelles et les vibrions cholériques sont négatifs.

#### II.4.3.4. Identification bactérienne

Dans le tableau 9, nous avons classés les germes identifiés en fonction du compartiment de leur présence.

Tableau 9 : Résultats de l'identification des bactéries durant la période d'étude

Période Mars/Avril				
Bactéries	Oued	Forage	R1	R2
Citrobacter	+	+	-	-
Klebsiella pneumoniae	+	+	+	-
Shigella sonnei	+	+	-	-
E.coli	+	+	-	+
K. ornithinolytica	+	+	-	-
Providencia	+	+	+	-
Salmonella s.g /// (arizona)	+	-	-	-
Salmonella majorité	+	+	+	+
Serratia	+	+	-	-
Période mai / juin				
Plesoimonas shigelloides	+	+++	-	+
Salmonella bongori	+	-	-	-
Pseudomonas aeruginosa	+	+	+	-
Citrobacter amalonaticus	+	+	-	-
Providencia	+	-	-	-
Providencia alcalifaciens	+	-	-	-
Salmonella Sg 1	+	+	-	-
Salmonella sg 3 arizona	+	+	-	-
Salmonella enterica ssp	+	+	-	-
Pseudomonas mendocina	+	+	-	-
E coli	+	+	+	-
Serratia	+	+	-	+

Les résultats obtenus confirment la présence des bactéries de la famille des Enterobacteriaceae (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *salmonella*.) et celles de la famille des Pseudomonadaceae (*Pseudomonas mendocina*, *Pseudomonas aeruginosa*) dans les eaux de l'oued, forage et réseaux de distribution R1 et R2.

#### **II.4.4. Discussion et interprétation des résultats**

Les bactéries revivifiables ne sont pas forcément d'origine fécale mais ont également une origine environnementale, Elles fournissent quelques informations comme la prolifération de la flore dans une eau riche en matière organique. Ces bactéries se développent principalement à des températures avoisinant 20 à 37 °C, elles permettent le dénombrement de la population bactérienne globale présente dans l'eau potable.

##### **II.4.4.1. La flore mésophile totale FMAT**

- **Les mésophiles aérobies totaux à 22°C**
- ✓ **Au niveau de tous les compartiments étudiés**

L'augmentation du nombre de germes entre le mois de Mars et le mois de juin obéit à la règle de dilution (basses eaux et hautes eaux).

- **Les mésophiles aérobies totaux à 37°**
- ✓ **Au niveau de l'oued**

Suite à l'augmentation des concentrations entre le mois de Mars et le mois de Juin, On constate une contamination de l'oued Sébaou par les rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou cela s'explique par l'absence du traitement tertiaire au niveau de ladite STEP.

Le nombre de germe revivifiable dénombré pour les échantillons étudiés est supérieur à celui exigé par les normes de l'OMS malgré la pluviométrie importante durant cette période.

- ✓ **Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

L'augmentation des concentrations bactériennes au niveau des forages s'explique par l'infiltration des eaux de l'oued sébaou vers la nappe phréatique fragilisée par l'extraction du filtre naturel composé de sables fins. Ces concentrations importantes sont accentuées par l'absence du phénomène de chasse d'eau en période de crue, ce qui favorise la mise en place d'un micro-écosystème composé de vase et de microorganismes.

**✓ Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

La présence et l'augmentation de la flore revivifiable entre le mois de mars et le mois de juin est au niveau des réseaux de distribution R1 et R2 est due à l'insuffisance du traitement de désinfection car, l'eau de la nappe du moyen Sébaou a perdu sa qualité en raison de la fragilisation de la nappe. Notamment la désinfection tel qu'elle est appliquée actuellement au niveau réservoir 5000 m<sup>3</sup> est insuffisante au vu des concentration moyenne de chlore qui ne dépassent pas les 0.08 mg/l.

Les résultats bactériologiques obtenus dépassent de loin les normes fixées par l'OMS, qui doivent être inférieur à 100 UFC/ml à 22°C et ne doivent pas dépasser 20 UFC/ml pour les germes à 37°C.

Afin de remédier à cette situation nous suggérons un renforcement du traitement par une filtration et une coagulation floculation dans les meilleurs délais afin d'éviter les préjudices sanitaires pour les consommateurs.

**II.4.4.2. La flore****Au niveau de l'oued Sébaou**

Les eaux de l'oued Sébaou sont caractérisées par la présence d'un nombre de coliformes totaux compris entre 23 et 141 UFC/100ml (période des hautes eaux et basses eaux) et entre 12 à 109 UFC/100ml pour les coliformes fécaux ;

De façon générale au niveau de l'oued, les eaux sont conformes aux normes fixées par l'OMS.

**✓ Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

Les concentrations en coliformes totaux varient entre 23 et 75 UFC/100ml dans la période des hautes eaux et basses eaux, et entre 1 et 33 UFC/100ml pour les coliformes fécaux.

On constate que les eaux au niveau du forage ne sont pas conformes aux normes fixées par l'OMS.

**✓ Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

Au niveau du réseau de distribution R1 les valeurs de concentration en Coliformes totaux et en coliformes fécaux varient entre 0 et 3 UFC/100ml.

Au niveau du réseau de distribution R2 les concentrations en Coliformes totaux varient entre 0 et 4 UFC/100ml et entre 0 et 3 UFC/100ml pour les coliformes fécaux.

La présence des coliformes fécaux au niveau de la distribution est due à l'insuffisance du traitement mis en place. A cet effet une étape d'identification a été mise en place afin de déterminer les espèces en question et leurs probables effets sanitaires.

Par ailleurs les résultats d'analyses concernant les Streptocoques fécaux et les Clostridium sont négatifs dans l'ensemble des compartiments étudiés. Ceci montre que l'eau de tous les échantillons sont conformes aux normes de l'OMS, leur absence est due à leurs exigences, car la prolifération et le développement de ces germes demande des milieux spécifiques enrichis en nutriments et pauvre en oxygène contrairement dans les compartiments étudiés.

#### **II.4.4.3. Les salmonelles et des vibrions cholériques**

##### **✓ Au niveau de l'oued Sébaou**

Les salmonelles sont présentes avec une moyenne de 119 UFC/100ml et 154 UFC/100ml pour les vibrions cholériques, cela est expliqué par la contamination des eaux de l'oued par les rejets de la STEP Est, en raison d'absence d'une désinfection au niveau de ladite STEP.

##### **✓ Au niveau du collecteur principal des 10 forages**

La moyenne de salmonelles est de 111 UFC/100ml et 138 UFC/100ml pour les vibrions cholériques, cela est due à l'infiltration des eaux de l'oued qui sont chargées en germes pathogènes, vers la nappe phréatique, le passage de salmonelles et de vibrions cholériques est causé par l'absence de filtration naturelle.

##### **✓ Au niveau des réseaux de distribution R1 et R2**

Les résultats d'analyses concernant les salmonelles et les vibrions cholériques sont négatifs, donc absence totale de ces derniers dans les réseaux de distributions.

Ceci montre que les eaux de tous les échantillons sont conformes aux normes de l'OMS.

#### **II.4.4.4. Identification bactérienne**

D'après le tableau 11 et les résultats obtenus, on remarque que toutes les bactéries identifiées sont présentes dans les eaux de l'Oued, cela est dû à la contamination de ce dernier par les rejets de la STEP Est.

On remarque aussi que 80% des bactéries, se sont infiltrées de l'oued vers le forage en raison de l'absence de filtration naturelle des eaux qui est à présent détériorée, les eaux brutes de surface sont davantage sujettes à ce type de contaminations entre autres par les rejets de STEP.

On remarque également une présence de certaines bactéries (*Klebsiella pneumoniae*, *E. coli*, *Providencia*, *Salmonella* majorité...) au niveau des réseaux de distribution R1 et R2 qui s'explique par un manque de chlore libre qui est en moyenne de 0.07mg/l au bout des robinets, alors que la norme est de 0.2 - 0.6mg/l et un manque d'autres ouvrages de traitement au niveau de la STEP tel que la filtration, la coagulation floculation et le traitement tertiaire.

Cela peut générer des maladies à transmission hydrique en cas de condition favorable vu que ces bactéries sont majoritairement pathogènes opportunistes de la famille des Enterobacteriaceae.

### II.5. Etude comparative

Le tableau 10 présente une étude comparative entre les résultats enregistrés au cours de cette étude dans l'Oued Sébaou avec d'autres Oueds en Algérie : Oued Seybouse à Guelma (Benabassa et Merzoug, 2018) et Oued Medjerda à Souk Ahras (Barour *et al.*, 2012).

Tableau 10 : Etude comparative entre l'Oued Sébaou et d'autres Oueds.

	Oued Sébaou	Oued Seybouse	Oued Medjerda	Normes OMS
<b>Germes totaux à 22°C</b>	2,71.10 <sup>5</sup> UFC/ml	4,5.10 <sup>5</sup> UFC /ml	3,02.10 <sup>2</sup>	3000 UFC/ml
<b>Germes totaux à 37°C</b>	2,33.10 <sup>5</sup> UFC/ml	3,7.10 <sup>4</sup> UFC /ml		100 UFC/ml
<b>Coliformes totaux</b>	4,9.10 UFC /100ml	2.10 <sup>4</sup> UFC/100ml	/	50000 UFC/100ml
<b>Coliformes fécaux</b>	3,55.10 UFC/100ml	2.10 <sup>3</sup> UFC/100ml	14.10 <sup>3</sup> UFC/100ml	20000 UFC/100ml
<b>Streptocoques fécaux</b>	00 UFC/100ml	3.10 <sup>3</sup> UFC/100ml	7,01.10 <sup>3</sup> UFC/100ml	10000 UFC/100ml
<b>Clostridium</b>	00 spore/20ml	21 spore/20ml	Très forte contamination	00 spore/20ml
<b>Salmonelles</b>	119/1000ml	Absence	Absence	Absence/1000ml
<b>Vibrions Cholériques</b>	154/1000ml	Absence	Non recherchée	Absence

D'après ce tableau les valeurs de germes totaux à 22°C, mesurés dans l'Oued Sébaou sont inférieures à celles enregistrées dans l'Oued Seybouse, supérieures à celles de l'Oued Medjerda, et n'est pas conformes aux normes OMS.

Les valeurs de germes totaux à 37°C enregistrées dans l'Oued Sébaou sont supérieures à celles de l'Oued Seybouse et l'Oued Medjerda, ce qui ne répond pas aux normes OMS.

Pour les coliformes totaux ; les valeurs enregistrées dans l'Oued Sébaou sont inférieures à celles de l'Oued Seybouse, et conformes aux normes OMS.

Par contre les valeurs de coliformes fécaux, streptocoques fécaux mesurées dans l'Oued Sébaou sont inférieures à celles enregistrées dans l'oued Seybouse et l'Oued Medjerda, ce qui est conformes aux normes prescrites par l'OMS.

Absence de Clostridium dans l'Oued Sébaou, contrairement aux Oued Seybouse et Oued Medjerda qui ont enregistré une forte contamination, les valeurs obtenues dans ces deux derniers dépassent les normes fixées par l'OMS.

La présence de salmonelles et de vibrions cholériques au niveau de l'Oued Sébaou, et leur absence dans les deux autres Oueds.

Les valeurs enregistrées dans l'Oued Sébaou dépassent de loin les normes fixées par l'OMS qui exige leur absence.



**Conclusion générale et  
perspectives**

Au terme de cette étude qui avait pour but d'évaluer l'impact des rejets de la STEP Est de Tizi-Ouzou sur la qualité bactériologique de l'eau de l'Oued Sébaou, les forages de Boukhalfa et deux réseaux de distribution (un vers le côté bas, et l'autre haut de la ville de Boukhalfa), les résultats du dénombrement et de la recherche de la flore revivifiable, coliformes totaux, coliformes fécaux, streptocoques fécaux et les clostridiens, ont permis d'évaluer un degré de contamination important, particulièrement au niveau de l'Oued et des forages suite aux concentrations très élevées de ces germes, et sont nettement et largement supérieures aux normes prescrites par l'OMS.

L'identification des bactéries a pu mettre en évidence un certain nombre de bactéries de la famille des Entérobacteriaceae et des Pseudomonadaceae, comme les Citrobacter, Klebsiella pneumoniae, Shigella sonnei, E.coli, Providencia, Salmonella s.g (arizona), Salmonella majorité, Serratia et Pseudomonas mendocina.

Toutes les bactéries identifiées sont présentes dans les eaux de l'Oued, cela est dû certainement à la contamination de ce dernier par les rejets de la STEP Est, 80% des bactéries présentes dans l'Oued se retrouvent aussi dans les forages en raison de l'absence de filtration naturelle des eaux qui est à présent détériorée.

La similitude des résultats bactériologiques nous permet de conclure qu'il existe une communication hydraulique étroite entre l'ensemble des compartiments étudiés avec une contamination microbienne qui vient des eaux de rejets de la STEP Est et passe de l'Oued vers les forages vu la destruction du filtre naturel de la nappe par l'extraction anarchique des sables de l'aquifère ; cette contamination est parvenue jusqu'au robinet du consommateur.

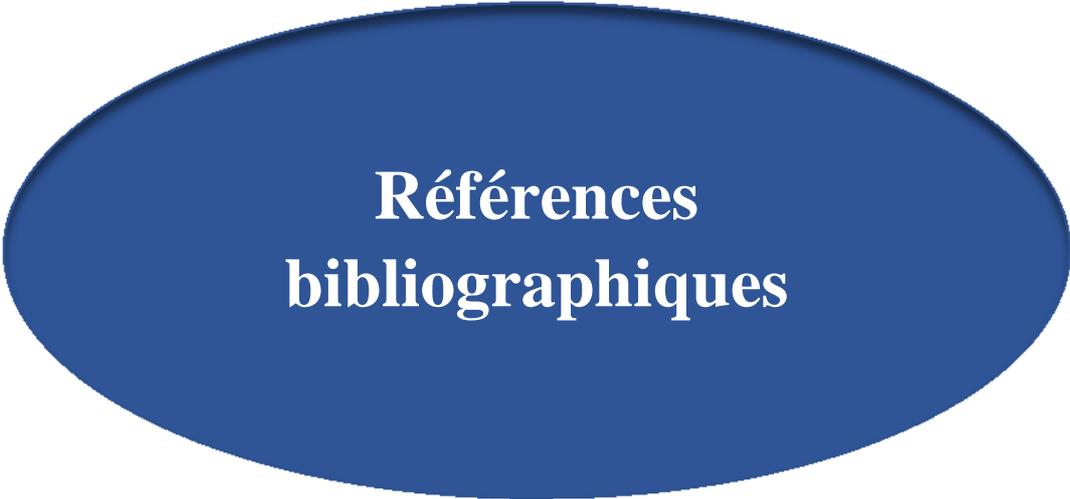
Pour préserver les ressources naturelles, il est souhaitable de :

Traiter les eaux de forages en tant qu'eaux superficielles car elles ne dépendent plus aux critères des eaux souterraines.

La mise en place des traitements de filtration ou de coagulation-floculation avant la désinfection et avant la distribution, dans le but de garantir une meilleure qualité pour le consommateur.

Renforcer le traitement au niveau de la STEP Est par un ouvrage de désinfection afin de diminuer la charge bactérienne.

Un suivi permanent de la qualité des eaux de ces compartiments.



**Références  
bibliographiques**

**Abibsi N., 2011.** *Réutilisation des eaux usées épurées par filtre plantés (phytoepuration) pour l'irrigation des espaces verts application à un quartier de la ville de Biskra.* Mémoire de magister, université Mohamed khider, Biskra,114p.

**Allel M., Hamel W., Ben kirat A., 2013.** *suivi de l'efficacité des procédés de la station d'épuration de la ville de Guelma (Nord-est algérien).* Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma, 66p.

**Alpha Sidiki M., 2005.** *Qualité organoleptique de l'eau de consommation.* Thèse de doctorat, Université de Bamako, Mali, 77p.

**Amara L., Belkacemi H., 2018.** *Régulation des concentrations en nutriments des eaux usées secondaires pour des fins agricoles : cas de la STEP Est de Tizi-Ouzou.* Mémoire de master, université mouloud Mammeri, tizi-ouzou,75p.

**Aubry G., 2003.** *Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée.* Mémoire de fin d'étude, université laval , Québec, 161p.

**Babou L., Mezyene N.,2018.** *Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et traitées de la STEP Est de Tizi-Ouzou.* Mémoire de master, Université mouloud Mammeri, tizi Ouzou ,67p.

**Bakiri Z., 2007.** *traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation.* Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif,119p.

**Beupoil A., Le Borgne C., Mucig C., Roux A., 2010.** *risques sanitaires liées à la réutilisation d'eaux usées traitées pour l'Aero aspersion des espaces verts.* Ingénieur du génie sanitaire, école des hautes études en santé publiques, Persan,61p.

**Belghiti M., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R., 2013.** *Étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc).* La Rhys journal, ISSN 1112-3680, n°14pp21-36.

**Belhami M.,2008 :** *Analyse de cycle de vie exégétique de système de traitements des eaux résiduaires,* thèse de doctorat, institut national de polytechnique de lorraine,508p.

**Belkacem N., 2018.** *Etude comparative entre deux dispositifs de traitements des eaux usées de la station d'épuration de Baraki (STEP)-Alger.* Mémoire de master, Université de Saad Dahleb, Blida 167p.

## Références bibliographiques

---

- Belkacemi L., Saad W., 2019.** *Évaluation du traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Beni Mered sur le plan physico-chimique et bactériologique et étude de l'antibiorésistance.* Mémoire de master, université de Saad Dahleb, Blida,148p.
- Belokda W.,2009.** *Thèse contribution à une gestion des effluents liquides.* Mémoire de master [en ligne], Université Chouaib Doukkali el Jadida, Maroc.
- Benabassa M., Merzoug Kh.,2018.** *Étude de l'impact de la station d'épuration sur la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de l'Oued Seybouse (Guelma).* Mémoire de master, université 8 Mai 1945, Guelma,94p.
- Benelmouaz A., 2015.** *Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia,* mémoire de master, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 134p.
- Bengarnia B., 2016.** *Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued Es-saoura cas de Beni Abbés, Ougarta et Zeghama.* Thèse de doctorat, université Ahmed benbella, Oran,102p.
- Benkaddour B.,2018.** *Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie).* Thèse de doctorat, université de Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem ,193p.
- Benkheira H., 2015.** *Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'oued El Belleh à Cherchell (Tipaza).* Mémoire de master, université de Saad Dahleb, Blida,91p.
- Bensayah N., Lekehal I., 2017.** *L'étude des systèmes de collecte et épuration des eaux usées du Groupement urbain de Tlemcen.* Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen,125p.
- Berland J., Boutin C., Cooper P., 1991.***procédés extensifs d'épuration des eaux usées,*Office des publications des communautés européennes,France,41p.
- Berné F., 1991.** *Traitement des eaux,* éditions technip, paris, 14 p
- Berrahmoun M., 2016.** *Caractérisation et Valorisation des effluents solides et liquides de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou,* mémoire de master, université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 98p.
- Berrouane N et Khoumeri M., 2018.** *Impact des rejets de STEP de la ville de Tizi-Ouzou sur la qualité biologique des eaux de consommation : cas des forages de Boukhalfa,* mémoire de master, université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou,43p.

## Références bibliographiques

---

**Boucenina H., 2016.** *Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de Mila.* Mémoire de master, université des frères Mentouri, Constantine ,84p.

**Boulakdem Gh., Azem R.,2016.** *Contribution à l'évaluation des paramètres de traitements des eaux usées domestiques de la STEP d'Azeffoun wilaya de Tizi-Ouzou.* Mémoire de master, Université mouloud Mammeri, Tizi-ouzou,70p.

**Bourouga M., Sayad L., Chaffai H., 2017.** *Évaluation de la pollution des rejets liquide industriels, cas du complexe Sidérurgique d'el hadjarannaba (NE ALGERIEN), 2* end International Conference on Water Ressource (ICWR), Université de Annaba.

**Brésil.** Fondation Nationale de la santé ; Manuel pratique d'analyse de l'eau/National Health ; Foundation – 4. ed. – Brasilia : FUNASA, 2013.

**Brouillet et Quellet ,2013).** **BROUILLET. J, PICOT.B, (2008:** Eco techniques d'assainissement des eaux usées domestiques évolution et perspectives, UMR 5569 hydroxiences -UMI faculté de pharmacie, BP 14491 34093 MONTPELLIER cédex5 .France. 7p.

**Chachou A., Fahem F., 2017.** *Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées au niveau des stations de traitement de Sidi Amar et Mazafran.* Mémoire de master, Université Saad Dahleb, Blida, 113p.

**Chaknat O., 2017.** *Suivi des analyses des eaux usées au sein de la station TAMUDA BAY.* Projet de fin d'étude, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc,41p.

**Chenel J-P.,2011.** *Production de protéases thermostables par des bactéries thermophiles en utilisant des boues d'épuration municipales comme substrat.*Thèse de doctorat, Université du Québec,Canada,143p.

**Cindy L.,2018.** *Caractérisation du risque posé par les oocystes infectieux de cryptosporidium de source rurales et urbaines dans les eaux de surface.* Thèse de doctorat, université de Montréal,173p.

**Dekhil S., Zaibet M., 2013.**Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Borj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.Université Mohamed El Bachir Elibrahimi-Bordj Bou Arreridj,71p.

**Diakite A., Mounkoro P., 2015.** *Recherche et Etude de Vibrio cholerae dans les eaux usées de l'Oued Boumerzoug.* Mémoire de master, Université des Frères Mentouri, Constantine,45p.

## Références bibliographiques

---

- Draa el guendoul N., Lounis N., 2017.** *Étude d'amélioration des performances de la station d'épuration de Zemmouri*, mémoire de master, université Mouloud Mammeri T-O,74p.
- Draa El Guendoul N., Lounis N., 2017.***Etude d'amélioration des performances de la station d'épuration de Zemmouri*, mémoire de master, université Mouloud Mammeri T-O,74p.
- Dugniolle, 1980 ; Glanic et Bennetton, (1989).** Origine des eaux usées. Genevière A.,2003. Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée, mémoire de fin d'étude, université Laval, Québec,161p.
- Grosclaude, G.1999.** *L'eau, tome II, usages et polluants*, institut national de la recherche agronomique. Paris, France.210p.
- Hadj-Kouider S., 2012.***caractéridation et traitement des boues d'épuration de la région d'Alger*. Mémoire de magister, Université Saad Dahlab, Blida,106p.
- Hamek R., Mokrane F.,2018.** *Evaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées de la ville de Tizi-Ouzou : Analyse Physico-chimique, Bactériologique, Parasitaire et Antibiorésistance*. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, tizi-ouzou,141p.
- Herteman M., 2010.** *Évaluation des capacités bioremédiatrices d'une mangrove impactée par des eaux usées domestiques. Application au site pilote de Malamani, Mayotte*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse ,322p.
- Julie C., 2009.** *Étude des concentrations toxiques de nitrite dans les cours d'eau d'un bassin versant agricole*, Thèse de doctorat, Université du Québec, 144p.
- Keroumi F., Rachi R., Slimani H., 2014.***étude de la réponse des bactéries au choc thermique*. Mémoire de master, Université Constantine 1, Constantine,46p.
- Khichane S et Khouas D.,2019.** *Evaluation de l'impact bactériologique des rejets de la STEP Est de Tizi-ouzou sur l'ensemble hydraulique récepteur (oued, nappes, forages et réseaux de distribution)* , mémoire de master, université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 36p.
- Koffi A.,2015.** *Evaluation de la sécurité sanitaire a salmonella dans la filière avicole et de l'implication de souches aviaires dans les diarrhées humaines à Abidjan*. Thèse de doctorat, université Nangui Abrogoa,141p.
- Laabassi A.,2016.** *L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à Macrophytes*. Thèse de doctorat, université Ferhat Abbas, Sétif,70p.

## Références bibliographiques

---

- Lounnas, A., 2008.** *Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamadi-kroma de Skikda, Algérie*, mémoire de magister. Univ du 20 Août 1955, Skikda, 92 p.
- Maréchal et al.,2001** ; Santé canada, (2003) Larhyss journal, ISSN 1112-3680, n°14, juin 2013, pp.93-105.
- Mekhalif F.,2009.** *Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement.* Mémoire de magister, Université du 20 Août 1955 Skikda,158p.
- Metahri M-S., 2012.***Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes cas de la STEP est de la ville de Tizi-Ouzou.* Thèse de doctorat, université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou,148p.
- OIE, 2005.**Caractérisation des eaux usées, France,105p.
- ONA, 2013.**Rapport de l'office national de l'assainissement Algérie.
- Ramade, F** : Élément d'écologie appliquée, Dunod, Paris 3 -ème Edition, 2003.
- Rodier J. 2009.** L'analyse de l'eau, 9ème édition ; DUNOD, Paris, 1579p
- Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mers.8ème édition. Dunod. Paris .1383 p.
- Saadi M., Lahmar F.,2018.** *Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de GUELMA (N-EST ALGERIE).* Mémoire de master, université Badji Mokhtar- Annaba,97p.
- Seyni Sanda., Zakari Issoufou.,2016.** *Analyse physico brutes et traitées des différents ateliers de CO.G. B Labelle Bejaia.* Mémoire de master, université de Abderrahmane mira, Bejaia,40p.
- Stien J.,1989.** *Ceufs d'helminthes et environnement : le modèle œufs d'ascaris.* Thèse de doctorat, université de Metz, 160p.
- Taibi kh., sadouki B.,2014** : *Évaluation de l'efficacité du traitement biologique à boues activées dans l'épuration des eaux résiduaires urbaines au sein de l'unité de CHENOUA,* Mémoire de fin d'étude, université Saad Dahleb, Blida, 90p.

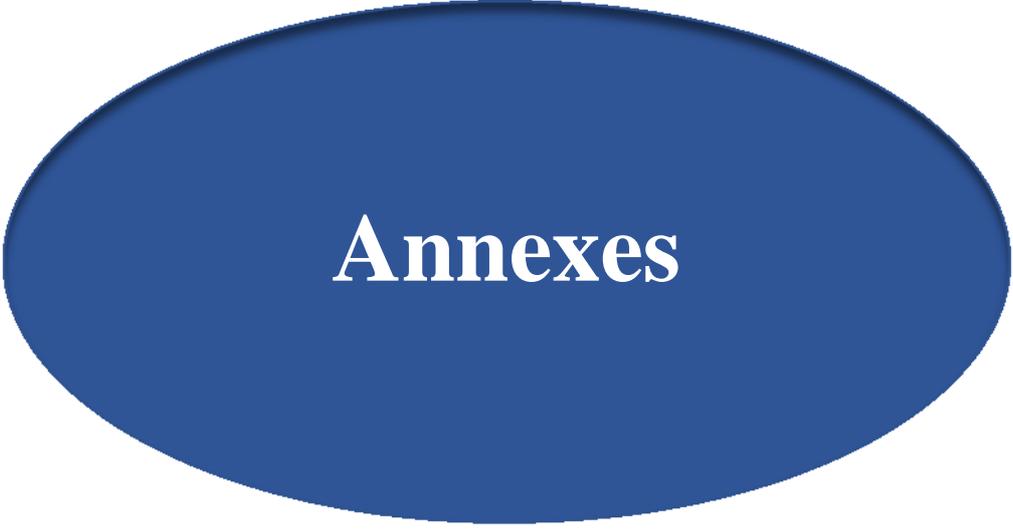
## Références bibliographiques

---

**Toe E.,2018.** *Évaluation des facteurs de risques de biocontamination par Salmonella et Escherichia colis virulents de la chaîne alimentaire des légumes à Abidjan (Côte d'Ivoire).* Thèse de doctorat, université nangui abrogoa, 222p.

**Toumi H.,2015.** *Caractérisation des eaux usées et étude de fonctionnement de la Station d'épuration de la ville de Béni-Messous (Alger).* Mémoire de master, Université Saad Dahlab, Blida,121p.

**Zobeidi A.,2017.** *Epuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré en zone aride -cas de la région d'El OUED. Paramètres influents et choix des conditions optimales.* Thèse de doctorat, université Kasdi Merbah, Ouargla,134p.



# Annexes

## Annexe 1 : Normes OMS pour les eaux de surface et les eaux potables

### Normes OMS pour les eaux de surface

Bactéries	Normes OMS
Germes totaux à 22°C	3000 UFC/ml
Germes totaux à 37°C	100 UFC /ml
Coliformes totaux	50000 UFC/100ml
Coliformes fécaux	20000 UFC/100ml
Streptocoques fécaux	10000 UFC/100ml
Clostridium	00 spores /20 ml.
Salmonelles	Absence
Vibrions cholériques	Absence

### Normes OMS pour les eaux potables

Bactéries	Norme Algérienne / OMS
Coliforme totaux	<10/100 ml
Coliforme fécaux	0/100 ml
Streptocoque fécaux	1000 UFC/100 ml.
Clostridium	00 /20 ml.
Germe totaux à 37°C	20 UFC /ml
Germe fécaux à 22°C	100 UFC /ml

## **Annexe 2 : Méthodes d'analyses bactériologiques**

### **1- Matériel utilisé**

- Bain marie
- Bec bunsen
- Pompe à vide
- Autoclave
- Etuve
- Balance
- Agitateur
- Microscope optique
- Spectrophotomètre
- Compteur de colonies (Funke gerber)

### **2- Etude macroscopique**

C'est l'étude de l'aspect des colonies sur un milieu gélosé qui varie d'une souche à une autre. Cette étude nécessite l'observation à l'œil nu, en lumière naturel et artificielle par éclairage direct et par transparence des colonies. Ces critères sont les suivants : forme, taille, opacité, consistance, contour, élévation, la surface des colonies.

- Taille : c'est la mesure du diamètre des colonies à l'aide d'une règle graduée. On peut distinguer : colonies punctiformes, petites colonies (< 1mm), colonies moyennes (1,5 à 3 mm) et grosses colonies (> 3mm).
- Forme de colonie : à bords circulaires, irrégulières et parfois envahissantes.
- Elévation de la colonie : colonie convexe, colonie légèrement convexe et colonie plate.
- ✓ Transparence : Colonies transparentes (laissent passer la lumière et voir les formes au travers, comme le verre), colonies translucides (laissent passer la lumière mais en ne voit pas les formes au travers, comme le verre dépoli) et colonies opaques (ne laissant pas passer la lumière).
- ✓ Surface : Colonies lisses, Colonies rugueuses et Colonies muqueuse.

- ✓ Consistance : on distingue les colonies grasses, crémeuses, sèches ou muqueuses.
- ✓ Odeur : présence ou absence.
- ✓ Pigmentation : Le caractère pigmenté spontané d'une colonie bactérienne doit être distingué du halo coloré périphérique signant le virage d'un indicateur de fermentation sucrée ou la mise en évidence visuelle recherchée d'un quelconque métabolite (Benabassa et Merzoug, 2018).

### **3- Méthodes**

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

Les analyses bactériologiques ont été effectuées selon les étapes suivantes :

- Isolement et dénombrement des germes des bactéries à partir des échantillons
- Identification bactérienne.

### **4- Analyse bactériologique**

- **Principe de la méthode par filtration**

Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre dont les pores sont inférieurs à la taille des bactéries (pore de 0,45  $\mu\text{m}$  de diamètre). Le filtre qui a retenu les bactéries contenues dans l'eau, est ensuite déposé sur un milieu de culture approprié où les bactéries puisent les éléments nécessaires à leur croissance et se développent. Après incubation, les UFC (unités formants colonies) sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Selon le milieu de culture où est déposé le filtre, on met en évidence la présence de différents types de microorganismes PDF Mallette filtration sur membrane.

#### 4-1- Dénombrement des microorganismes revivifiables (ISO 6222)

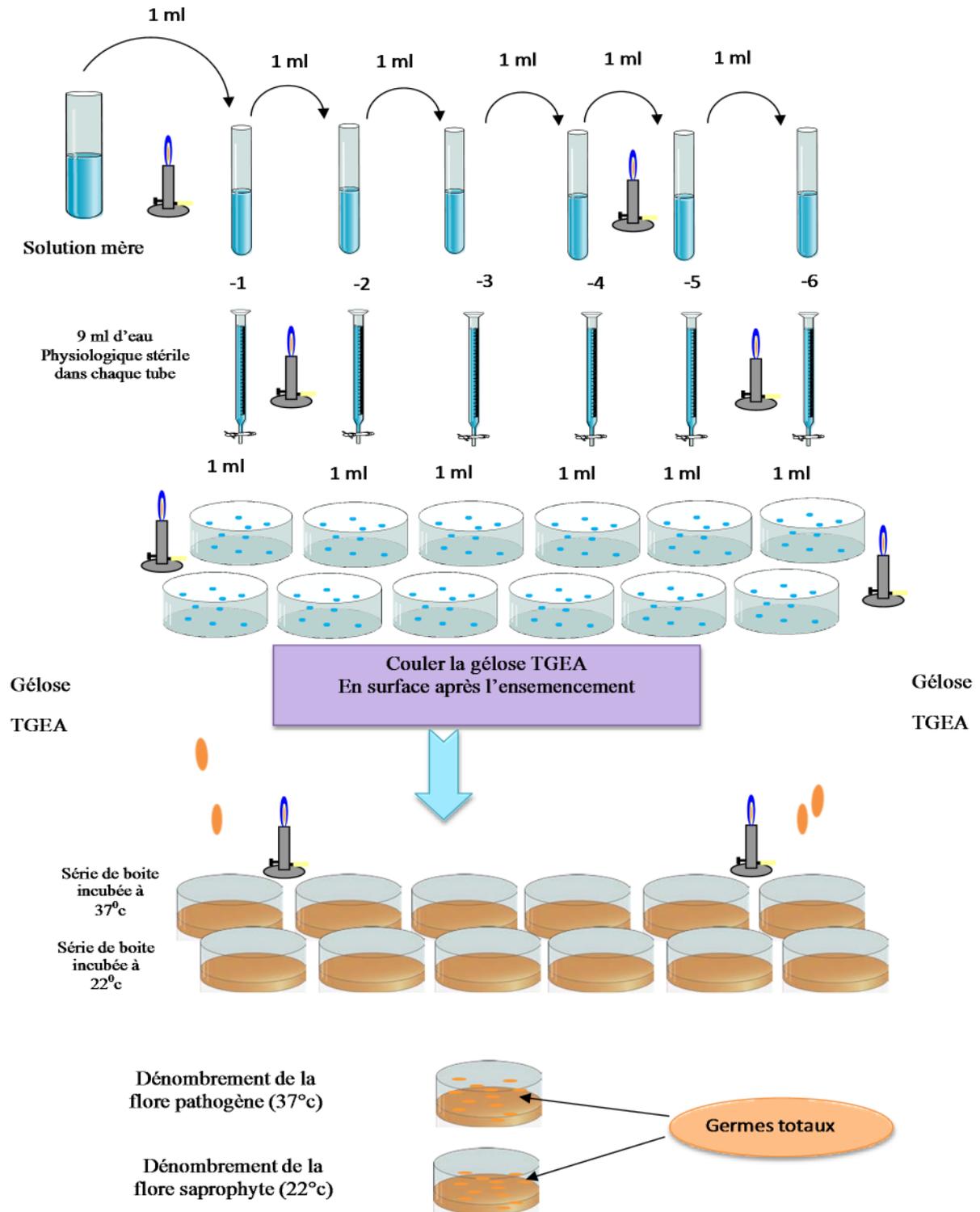


Figure 1 : dénombrement de la flore mésophile pathogène et saprophyte (2018)

- **Le principe de la technique**

Il s'agit d'une technique de numération de manière non spécifique du plus grand nombre de micro-organismes après incorporation de volume d'échantillon ou de ses dilutions dans un milieu gélosé.

- **Mode opératoire**

- **Préparation de l'échantillon**

- Agiter soigneusement et de façon prolongée le flacon d'échantillon, de manière à remettre les micro-organismes en suspension homogène.

- Prélever ensuite, stérilement, 1 ml de l'échantillon et procéder aux dilutions adaptées à celui-ci.

- **Ensemencement**

- Placer un volume de prise d'essai de 1 ml de ses dilutions, de manière stérile, dans le fond d'une boîte de pétrie.

- Utiliser une pipette stérile de 1ml, en débutant par la dilution la plus forte jusqu'à la plus faible.

- Ajouter 15 à 20 ml de gélose fondue de TGEA (maintenue en surfusion à 45°C) et mélanger avec précaution par rotation de la boîte de pétrie, sans faire des bulles et sans mouiller les bords extérieurs, afin de répartir les bactéries de manière homogène sur la surface de la boîte. Le temps entre l'addition de la prise d'essai (ou dilution) et l'addition du milieu fondu ne doit pas dépasser 15 minutes.

- Laisser le milieu solidifier sur une surface plane, horizontale et fraîche.

- Retourner les boîtes et incuber une série à 37°C pendant 24 h et l'autre série à 22°C pendant 24 h.

- Dénombrer les colonies apparente à l'aide du compteur de colonies.

- Puis calculer le nombre d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon à partir du nombre de colonies apparues sur le milieu de culture et en respectant le mode de calcul donné par la norme, selon la formule suivante :

$$N = \frac{\sum \text{Colonies}}{V_{ml} (n_1 + 0.1n_2) \cdot d_1}$$

N : nombre d'UFC par gramme de produit initial ;

$\sum$ Colonies : sommes des colonies des boites interprétable ;

$V_{ml}$  : volume d'inoculum déposé par boite (1ml) ;

$n_1$  : Nombre de boites considéré à la première dilution retenue ;

$n_2$  : Nombre de boites considéré à la seconde dilution retenue ;

$d_1$  : Facteur de la première dilution retenue.

#### 4-2- Isolement des coliformes totaux (ISO 9308-2) et fécaux (ISO 9308-1)

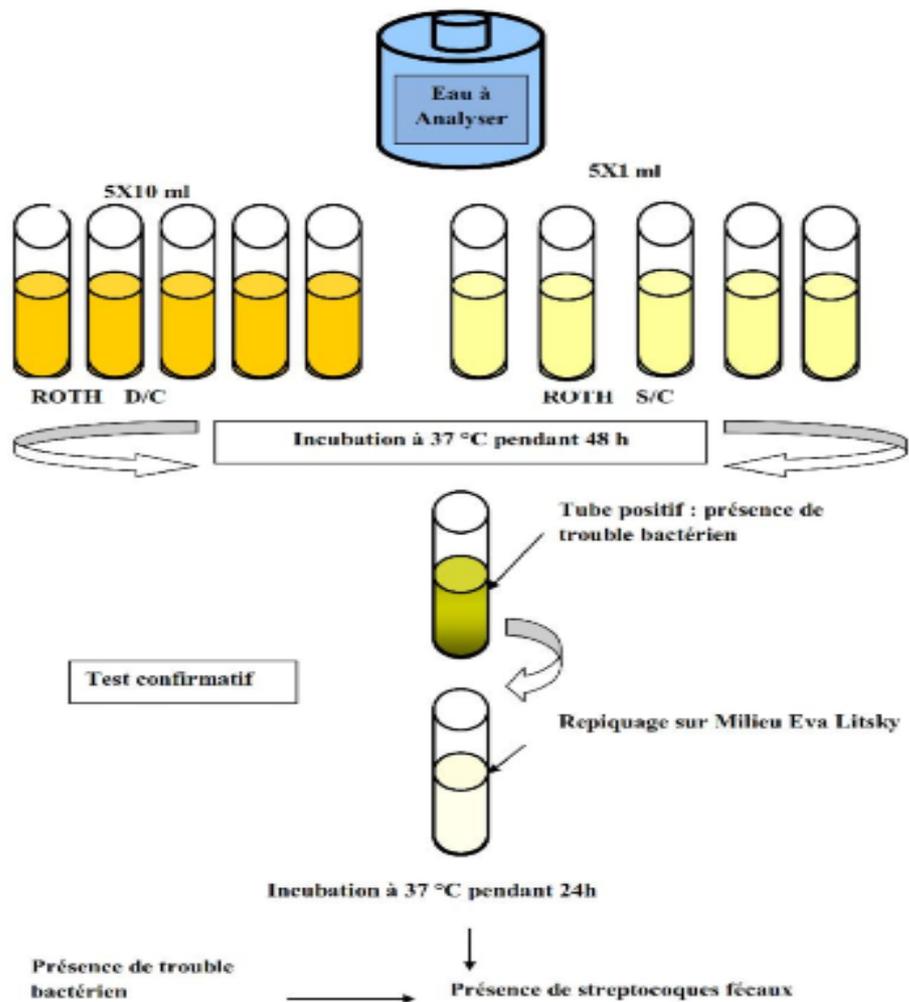


Figure 2 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

- **Mode opératoire**

- Stériliser l'entonnoir gradué en verre ainsi que le filtre poreux en les faisant passer à travers la flamme du bec bunsen ;
- Refroidir avec de l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée ;
- Flamber la pince et transférer dans des conditions d'asepsie la membrane poreuse de 0.45 µm et la mettre entre l'entonnoir et le filtre poreux ;
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante ;
- Verser ensuite aseptiquement entre deux becs bunsens les échantillons à analysés ;
- Actionner la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
  
- Après avoir filtré toute la quantité d'eau (100 ml), arrêter la pompe et retirer l'entonnoir en verre ;
- Retirer la membrane à l'aide d'une pince stérile, et la transférer immédiatement sur la surface d'une plaque de gélose TTC préalablement préparée.
  
- Incuber les boites de pétries couvercle en bas à Incuber à 37°C ; pendant 24 h (jusqu'à 48 h) pour les coliformes totaux, et incuber à 44°C pendant 24 heures afin d'avoir les coliformes fécaux.
- Après incubation, considérer les colonies lactose positif comme caractéristiques des coliformes, quelle que soit leur taille, si le milieu présente une coloration jaune sous la membrane.
- Repiquer, de préférence, toutes les colonies caractéristiques, ou un nombre représentatif (au moins dix), sur :
  - Une gélose non sélective comme la gélose Désoxycholate ; incuber à 37°C pendant 24 h ;
  - Un bouillon au tryptophane, incubé à 44°C pendant 24 h.
- Après incubation, réaliser :
  - Le test oxydase sur les colonies isolées sur la gélose ;
  - La recherche de la production d'indole sur le bouillon.
- Lecture des résultats :

- Les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont considérées comme coliforme.
- Les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase mais positive à l'indole sont considérées comme E.coli.

#### **4-3- Recherche des Entérocoques (ISO 7899-2)**

Les entérocoques intestinaux sont des bactéries Gram positif présente sous forme de Cocci sphérique formant des chainettes, ne possédant pas de catalase, capable de se développer sur milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques qui réduit le TTC ainsi qu'elles hydrolysent l'esculine en 2 h à 44°C après avoir été repiqué sur la gélose biliée à l'esculine et à l'azoture (BEA).

- **Mode opératoire**

La recherche des entérocoques ou streptocoques du groupe D se déroule selon le même procédé utilisé pour la recherche des coliformes par la méthode de filtration sauf qu'ici la membrane est déposée sur la plaque de Slanetz et Bartley.

Après incubation durant 24 h à 37°C, on procède au dénombrement des colonies qui présentent une coloration rouge, marron ou rose, pouvant être limitée à leur centre ou à leur périphérie, et provenant de la réduction par les entérocoques du TTC.

La confirmation du genre Enterococcus se fera par transfert de la membrane à l'aide d'une pince stérile sur un milieu à l'esculine préalablement chauffé à 44°C et incubation de ce milieu à 44°C pendant 2 h. Les colonies présentant une coloration foncée à noir sur cette gélose seront dénombrées comme des entérocoques. Cette coloration est due à l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

#### 4-4- Isolement des spores des bactéries anaérobies sulfito-reductrices ou de *Clostridium* sulfito-reducteurs (ISO 6461-2)

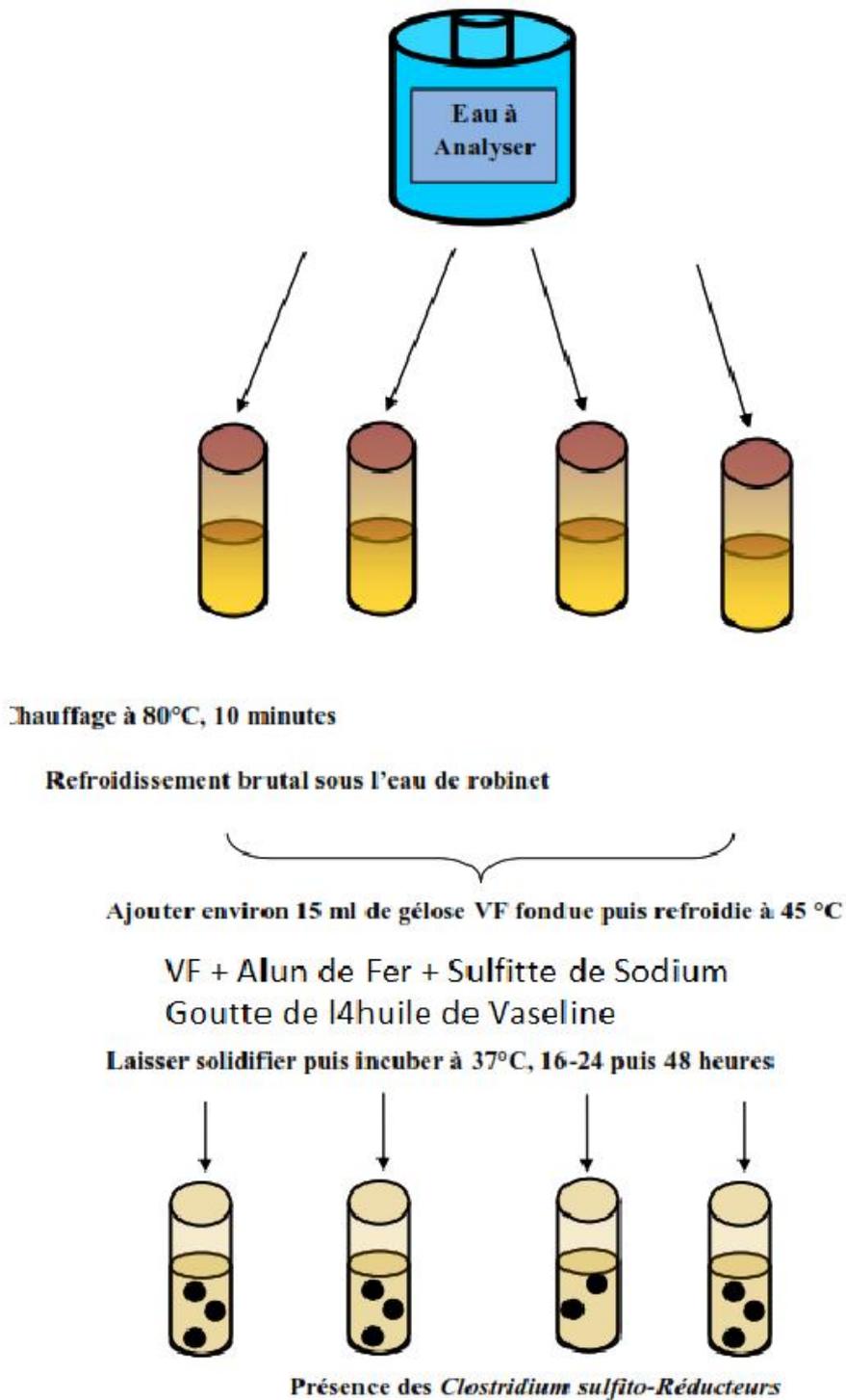


Figure 3 : Recherche des *Clostridium* Sulfite Réducteurs

On entend par bactéries anaérobies sulfite-réductrices (ASR) les bactéries qui se présentent sous forme de bacille à gram positif et qui en se développant à température de 37° C en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose viande foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire.

Cette dernière est le témoin de la réduction du sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) qui se trouve dans le milieu ; en sulfure qui en présence de  $\text{Fe}^{2+}$  donne  $\text{FeS}$  (sulfure de fer) de couleur noir.

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, constitue généralement un véritable indice de contamination fécale ancienne.

- **Mode opératoire**

- Sélection de la spore en détruisant toutes formes végétatives par chauffage de l'eau à analyser au bain marie à 75°C, pendant 15 minutes à partir du moment où cette température a été atteinte.

Ensuite on réalise un choc thermique sous l'eau du robinet.

- Filtrer 100 ml de cette eau sur une membrane dont les pores suffisamment petits pour retenir les spores 45µm
- Après la filtration placer la membrane face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de pétrie de 90 mm de diamètre stérile et vide en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air emprisonnées sous le filtre
- Verser ensuite soigneusement 18 ml de milieu de culture liquéfié (gélose viande foie) préalablement refroidi à environ 45°C sur la membrane en l'immobilisant avec des pinces stériles.
- Après solidification de la gélose incuber en atmosphère anaérobie dans une jarre à anaérobiose à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Compter toutes les colonies noires après incubation et donner le résultat en nombre de Spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices en fonction du volume filtré.

#### **4-5- Recherche des salmonelles (ISO 6340)**

Cette méthode consiste à rechercher et identifier les salmonelles présentes dans l'eau, par filtration sur membrane

On entend par salmonella des bactéries a gram négatif qui sont anaérobies facultatives, asporulés et oxydase négative ces dernières sont en forme de bâtonnet qui forment des petites colonies lisses a contours réguliers pigmentées en vert ou en bleu vert a centre noir sur milieu HEKTOEN à température 36°C en 24 à 48 h

- **Mode opératoire**

- Filtration de 250 ml d'eau sur une membrane de 0.45µm
- Placer le filtre dans 50 ml de l'eau peptonée tamponnée afin d'effectuer le pré-enrichissement et incuber à 37°C pendant 24 h
- Après incubation transférer 1 ml du bouillon d'enrichissement dans 10 ml du milieu Rappa port vassiliadis préalablement chauffé à 42° C et incuber à 37°C pendant 18 à 24 h.
- Repiquer à l'aide d'une anse le milieu HEKTOEN afin d'effectuer un isolement et incuber à 37°C pendant 24 h

- **Lecture**

- Colonies ayant un contour régulier
- Colonies ayant la couleur du milieu parfois avec ou sans centre noir sur gélose HEKTOEN.

La présence de colonies typiques de salmonelles sur les milieux géloses sélectifs n'est pas une preuve suffisante de la présence de cette bactérie. Il est donc nécessaire d'effectuer une identification biochimique basée essentiellement sur ; ONPG Urée, TSI, indole, LDC

#### **4-6- Isolement du vibrion cholérique (ISO 21872-1)**

Cette technique consiste à rechercher des vibrions cholera dans des eaux par filtration sur membrane

On entend de vibrion cholera une bactérie qui est présente sous forme de bacille incurvé à gram négatif.

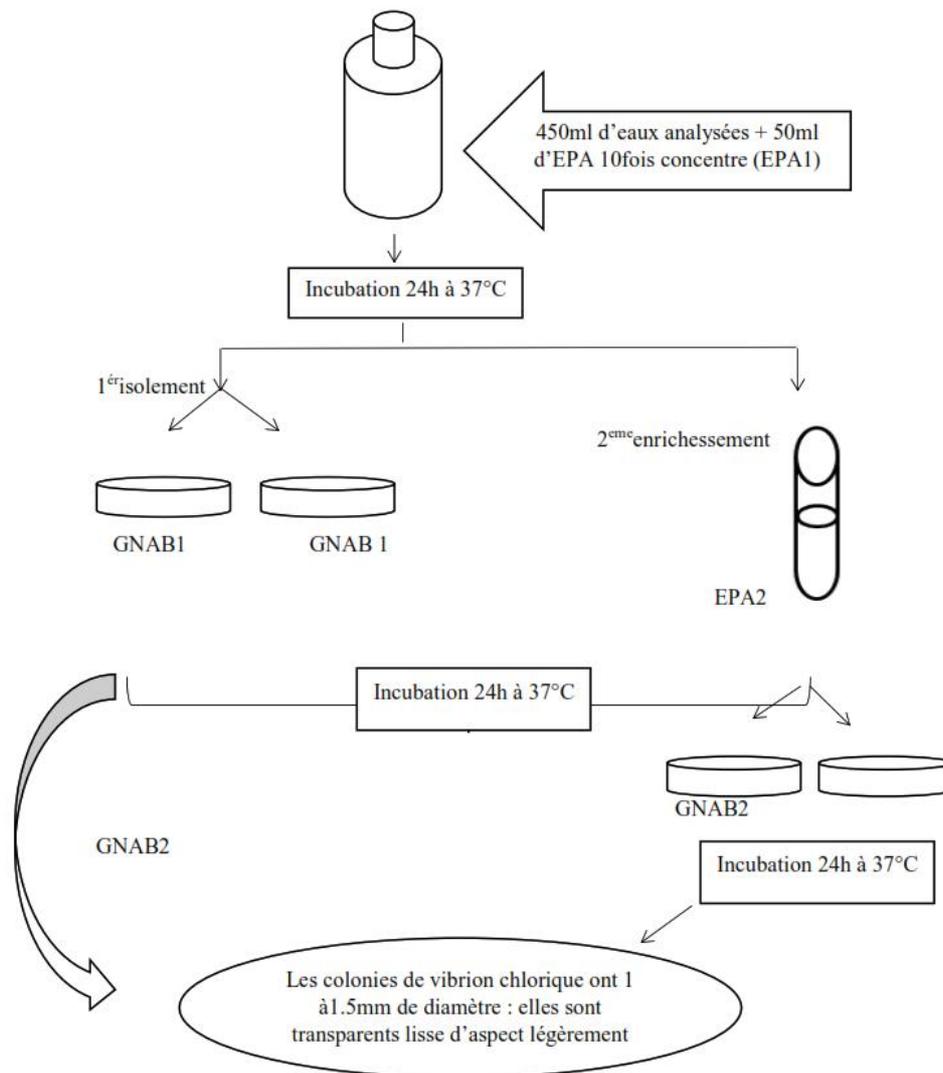


Figure 4 : Recherche des Vibrien Chlorique.

- **Mode opératoire**

- Verser 450 ml dans un flacon d'eau peptonée alcaline dans le but d'effectuer un pré-enrichissement puis incubé à 37°C pendant 24 h
- Après incubation transférer 1 ml du bouillon d'enrichissement dans 10 ml d'eau peptonée alcaline (enrichissement)
- Après incubation on ensemence une plaque de gélose GNAB à partir du bouillon d'enrichissement incubé à 37° C pendant 24 h

- **Lecture**

Apparition de colonies plates et transparentes. La présence de colonies typique de vibrio sur les milieux gélosés sélectifs n'est pas une preuve suffisante de la présence de cette bactérie, il

faut établir l'identification morphologique (état frais, coloration de gram) et une mini galerie biochimique (test d'oxydation, LDC, ODC, ADH) ainsi qu'un repiquage sur le milieu KIA et une GN incliné en stries et incubé à 37°C pendant 24 h

La confirmation de la présence de se germe nécessite l'établissement d'un test d'agglutination avec de l'eau physiologique et le sérum polyvalent.

## **5- Coloration de gram**

Pour cela on procède à l'établissement d'un frotti bactérien comme suit :

On dépose d'abords une goutte d'eau puis le prélèvement est délayé dans cette goutte d'eau.

- On étale la souche bactérienne en une couche mince et homogène.
- Le frottis est séché par passage au-dessous de la flamme.
- Le frottis est fixé par la chaleur par passage de 4 ou 5 fois dans la flamme.

### **• Principe de la coloration de Gram**

Elle consiste à traité un frottis bactérien fixé à la chaleur par une solution de violet de Gentiane par une solution iodo-iodurée (Lugol) : un complexe de colorant teint les cellules. Celle-ci sont soumises ensuite à l'action d'un solvant organique, l'éthanol.

### **• Mode opératoire**

- Recouvrir le frottis avec le colorant primaire : le violet de gentiane et laisser agir 1 minute.
- Rejeter le colorant sans laver, recouvrir avec le Lugol (fixateur), laisser agir 45 secondes.
- Rejeter le Lugol, et recouvrir une secondes fois avec le Lugol : laisser agir 45 secondes ;
- Décolorer à l'alcool pendant 30 secondes ;
- Rincer à l'eau courante afin de neutraliser l'action de l'alcool ;
- Recouvrir le frottis avec la Fuchsine et laisser agir 1 minute ;
- Laver à l'eau courante jusqu'à ce que les eaux de rinçage ressortent claires ;
- Sécher la lame, et observer à l'immersion (G×000) ;

## **6- Etude biochimique**

### **6-1- Test de la catalase**

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

- **Technique**

- Sur une lame propre, déposer une colonie prélevée à l'anse
- Ajouté une goutte d'eau oxygénée. Observer immédiatement le résultat.

- **Résultats**

- Apparition de bulles d'oxygène, l' $H_2O_2$  est donc dégradé en  $H_2O$  et  $O_2$ . La bactérie possède une catalase, elle est dite catalase (+).
- Pas d'apparition de bulles d'oxygène,  $H_2O_2$  n'est donc pas dégradé en  $H_2O$  et  $O_2$  : la bactérie ne possède pas de catalase, elle est dite catalase (-).

### **6-2- Test de la voie d'attaque des glucides (MEVAG)**

Les bactéries utilisent les glucides suivant deux voies métaboliques :

- Une voie oxydative : en présence d'oxygène, le glucide est oxydé en  $CO_2$ , par le dioxygène (ou un autre oxydant minéral)
- Une voie fermentative : en absence d'oxygène ou en faible tension d'oxygène, le glucide est transformé en acides, alcools qui sont libérés dans le milieu qu'ils acidifient sensiblement.

Pour déterminer la voie d'attaque dans le milieu des glucides (glucose en particulier) par les bactéries à Gram négatif, on utilise le milieu MEVAG (Milieu d'Etude de la voie d'Attaque des glucides) contenant un indicateur de pH (rouge phénol).

- **Technique**

- Ensemencer par piqure central deux tubes de milieu MEVAG ;
- Recouvrir l'un des deux tubes d'une couche d'environ 1-1.5 cm d'épaisseur de vaseline stérile pour mettre en évidence le rôle de l'oxygène.
- Incubé à  $37^\circ C$  pendant 18 à 24h.

- **Résultats**

- Virage au jaune dans les deux tubes, acidification dans les deux tubes : la bactérie utilise la voie oxydative, fermentative.
- Virage au jaune donc acidification que dans le tube sans vaseline : la bactérie utilise la voie oxydative

### **6-3- Test de Mannitol-mobilité**

Le Mannitol est un polyalcool. Sa dégradation conduit à la formation du fructose qui est lui-même dégradé en acides à chaînes courtes. Le milieu Mannitol-mobilité permet de rechercher simultanément la mobilité et l'utilisation du Mannitol :

- La fermentation du Mannitol : les bactéries mannitol (+) acidifient le milieu qui vire au jaune (virage d'un indicateur coloré, le rouge phénol).
- La mobilité : du fait de la faible teneur en agar du milieu (gélose molle), les bactéries mobiles peuvent s'y déplacer (Singleton, 2005).

- **Technique**

- ensemencer le milieu par piqûre centrale jusqu'au fond du tube avec la souche à tester à l'aide d'une anse de platine (fil droit).
- Incubation à 37°C durant 18 heures

- **Résultats**

- Fermentation du mannitol
- Coloration jaune, virage du rouge de phénol, acidification du milieu : utilisation du mannitol souche Mannitol (+).
- Milieu rouge, pas de virage du rouge phénol au jaune, pas d'acidification : souche Mannitol (-).
- Caractères mobilité :
- Répartitions des colonies dans toute la gélose : les bactéries sont mobiles.
- Développement uniquement dans la piqûre centrale : les bactéries sont immobiles.

### **6-4- Dégradation des sucres milieu Triple Sugar Iron (TSI)**

La gélose TSI permet l'identification des entérobactéries par la mise en évidence rapide de la fermentation du lactose, du glucose (avec ou sans production de gaz) du saccharose et de la

production du sulfure d'hydrogène. Les fermentations sucrées se traduisent par une acidification qui fait virer au jaune l'indicateur ph (rouge de phénol).

- **Technique**

- La pente du milieu TSI estensemencée par strie serrée et le culot par pique centrale, puis incubation à 37° C pendant 24h, capsules desserrées de manière à favoriser les échanges gazeux.

- **Résultats**

- Fermentation de glucose
- Culot jaune : glucose fermenté glucose (+)
- Pas de virage de couleur ; lactose et saccharose non fermenté, lactose et saccharose (-)
- Production d'H<sub>2</sub>S ; formation d'une coloration noire entre le culot et la pente ou le long de la pique.

### **6-5- Test d'orthoNitroPhenylgalactopyranoside (ONPG)**

Ce test particulièrement important pour les entérobactéries, consiste à rechercher la présence d'une enzyme du métabolisme du lactose, la b-galactosidase. Le lactose est source de carbone d'énergie pour les bactéries. La dégradation du lactose par les micro-organismes passe par sa transformation en glucose (singleton, 2005) cette dernière n'est possible que si ces microorganismes possèdent :

- le lactose perméase qui permet la pénétration du lactose au travers de la membrane plasmique
- une b-galactosidase qui catalyse son hydrolyse en glucose et galactose
- La b-galactosidase peut être mise en évidence facilement car elle est capable d'hydrolyser toute molécule analogue du lactose telle que l'ONPG
- L'ONPG permet lorsque la bactérie est lactose (-) de trouver s'il y'a présence d'une b-galactosidase que l'on reconnaît grâce à la coloration en jaune du milieu

- **Technique**

- Réaliser une suspension épaisse de bactérie prélevée obligatoirement sur milieu lactose solide dans de l'eau physiologique ou de l'eau distillé
- Ajouter avec une pince flambée puis refroidie un disque imprégné d'ONPG
- incuber à 37°C

- **Résultat**

- Apparition d'une coloration jaune : bactérie possède donc b-galactosidase elle est dite ONPG (+) b-galactosidase (+)
- Pas d'apparition d'une coloration jaune : la bactérie ne possède pas la b-galactosidase elle est ONPG (-) b-galactosidase (-)

## **6-6- Recherche des décarboxylases LDC et ODC et la dihydrolase ADH**

Les décarboxylases bactérienne sont des enzymes qui dégradent les acides aminés trois de ces enzymes ont un intérêt pour l'identification bactérienne (différenciation des entérobactéries et autre bacilles a gram négatif) la lysine décarboxylase ; LDC, l'ornithine, décarboxylase ; ODC, l'arginine dihydrolase : ADH . Cette dégradation aboutit à la fermentation de produits basique ; l'alcalinisation du milieu est révélée par un virage de l'indicateur de pH à sa teinte basique (violette) (singleton2005).

La recherche de ces trois enzymes se fait sur milieu de Moeller .il existe quatre milieux de moeller :

- Milieu Moeller + Lysine
- Milieu Moeller + Omithine
- Milieu Moeller + Arginine
- Milieu de Moeller témoin sans acide aminé

- **Technique**

Ensemencer chaque milieu contenant l'acide aminé dont on veut étudier la décarboxylation et un indicateur de ph (BCP, pourpre de bromocresol) ainsi que le milieu de Moeller témoin avec quelques gouttes de suspension de la culture à étudier. Agiter et si le tube n'est pas plein le recouvrir par de la vaseline stérile afin de placer le milieu en anaérobie. Incuber à 37° C pendant 24h.

- **Résultat**

- Virage au jaune, acidification du milieu liée à l'utilisation du glucose. Le substrat (Arginine ; Lysine ou Ornithine) n'a donc pas été dégradé : la bactérie ne possède pas LDC ou ODC ou ADH elle est dite LDC (-) ou ADH (-) ou ODC (-)
- Virage au violet, acidification du milieu liée à la fermentation du glucose puis il y a eu re-alcalinisation du milieu liée à la dégradation du substrat (arginine, lysine ou ornithine) par la bactérie : la bactérie possède la LDC ou ODC ou ADH elle est dite LDC(+) ADH (+) ODC (+)

## **6-7- Recherche de l'indole**

Il existe des acides aminés qui peuvent être décomposés selon des réactions métaboliques particulières, comme le cas du tryptophane. Ces trois tests biochimiques permettent l'identification de germes particulièrement les entérobactéries sur le milieu urée indole. Certaines bactéries dégradent le tryptophane grâce à une tryptophanase en formant de l'indole : de l'acide pyruvique et de l'ammoniac. Après addition du réactif de Kovacs, le diméthyl-amino-benzaldéhyde contenu dans le réactif de Kovacs réagit avec l'indole qui se traduit par un anneau rouge en surface du milieu.

La recherche d'indole se fera dans un tube à part contenant le milieu eau peptonée exempt d'indole.

- **Technique**

- Faire une suspension bactérienne en milieu urée-indole incubé 24h à 37°C

- **Résultats**

- Coloration rouge : urée (+)
- Pas de coloration urée (-)