

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention d'un

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité : Microbiologie appliquée

Thème

Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux épurées dans la région de Ouargla

Présenté par :

ABAYAHIA Maroua

CHEBOUAT Soumia

Soutenu publiquement le : 04/07/2021.

Devant le jury :

OULD EL HADJ-KHELIL A.	Pr. Président	U.K.M. Ouargla.
BELDI N.	MCB Promoteur	U.K.M. Ouargla.
BOURICHA M.	MAA Examineur	U.K.M. Ouargla.

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Allah notre créateur qui nous a donné la force pour réussir dans nos modeste travail.

A Mme. OULD EL HADJ A. qui nous à honoré d'avoir accepté de présider les membres de jury, merci infiniment. Vous êtes toujours un symbole de sagesse et de gentillesse.

Nous remercions aussi Monsieur BOURICHA M. qui a accepté généreusement d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons à remercier sincèrement Docteur BELDI N. qui en tant que Directeur de Mémoire, elle est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce travail. Les conseils qu'il nous a prodigué, la patience, la confiance qu'ils nous ont témoignés ont été déterminants dans la réalisation de notre travail de la recherche.

Nos remercies également à tous les enseignants de département de Sciences Biologiques Spécialité Microbiologie appliquée de l'Université KASDI MERBAH-Ouargla.

Merci encore et encore...

Maroua et Soumia

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de dieu tout puissant :

A la mémoire de ma grande mère maternel « Nounma Mebaraka ».

A la mémoire de mon père « Hamou ».

A celle qui matant bercé, tant donné et tant enseigné, toi qui ma guidé dans le droit chemin, toi qui ma appris que rien est impossible... A toi Ma cher maman « Zegloui Hadja ».

A Mes chers sœurs : Salha, Nadjat, Soumia, Sabrina, Soria, Nesrine, Chaima et Sarah.

A Mes cher frères : Mohamed, Kamel et Hacene

Au reste de ma famille « Abayahia », la famille « Nounma », la famille « Habirchi » et la famille « Sahraoui ».

A Mes amies surtout Halima, Itab, Nadjat, Ilham, Kaouthier pour tous les bon moments que nous avons partagés.

A toute la promotion master II 2020/2021. Option Microbiologique Appliquée du Département des sciences biologiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la vie, Université Kasdi Merbah Ouargla.

Abayahia Maroua

Merci Allah de m'avoir donné la capacité d'écrire et la patience d'aller jusqu'au bout de rêve et le bonheur de lever mes main ver le ciel et de dire « ya kayoum »

Je dédie ce modeste travail

*A mon idéal, l'être le plus généreux qui m'a toujours dit que la science est source inépuisable. Mon cher père **Chebouat Mohamed**. Je souhaite de prolonger votre âge avec bon santé. A ma source de tendresse et la fontaine de la compassion, l'être la plus chère dans le monde, la femme la plus patiente. Ma chère Mère qui ma soutenue à tous moments. Je leur dis la vie sans toi rien.*

*A mon marie **Rachid** et ma petite fille **Tassnim**.*

A mes chères frères et sœurs.

A mes collègues de promotion microbiologique.

A tous mes enseignants.

A tous qui m'aiment.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à formation.

Chebouat Soumia

Liste des abréviations

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs

CaCl : Chlorure de calcium

Ca (ClO)₂ : Hypochlorite de calcium

Cl₂: Chlore gazeux

cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde de carbone

DBO₅ : Demande biologique en oxygène

D/C : Double concentration

DCO: Demande chimique en oxygène

h: Heure

H⁺: Cation hydrogène

H₂: Hydrogène

H₂S: Sulfure d'hydrogène

ISO: International Organization of Standardization

g: Gramme

K: Coefficient de biodégradabilité

Km: Kilomètre

m : Mètre

MES : Matières en suspension

mg/l: Milligramme sur litre

ml : Millilitre

mm: Millimètre

µS/cm : Micro-siémens par centimètre

NaClO₂ : Chlorite de sodium

NF : Norme Française

NFT : Technique de culture sur film nutritif

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

O₂: Oxygène

OCl: Hypochlorite

OH⁻ : Hydroxide

OMS : Organisation Mondiale De La Santé

ONA : Office National d'Assainissement

pH : Potentiel d'hydrogène

S/C : Simple concentration

STEP : Station d'épuration

UFC : Unité Formant Colonie

VF : Viande Foie

VRBL : Gélose au Cristal Violet au Rouge Neutre à la Bile et Lactose

Liste des tableaux

	Page
Tableau 01 : Certain polluant chimique, physique et organique dans l'eau polluée.	9
Tableau02 : Certain polluant biologique dans l'eau polluée.	10
Tableau03 : Récapitulatif de la conservation des prélèvements.	41
Tableau 04 : Présentation des résultats physico-chimiques des eaux analysées.	50
Tableau 05 : Présentation des résultats bactériologiques des eaux analysées.	50
Tableau 06 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux des eaux analysées.	51
Tableau 07 : Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans les eaux à analyser.	51
Tableau 07 (suite) : Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans les eaux à analyser.	52
Tableau 08 : Résultats d'analyse bactériologique des <i>Clostridium</i> Sulfito-réducteurs recherchés dans les eaux à analyser.	53
Tableau 09 : Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés dans les eaux à analyser.	54

Tableau des figures

	page
Figure 01 : Etapes d'une filière de traitement des eaux.	21
Figure 02 : la réutilisation des eaux usées épurées.	23
Figure 03 : Répartition des expériences mondiales les plus importants en réutilisation des eaux résiduaires urbaines.	24
Figure 04 : Observation microscopique des coliformes totaux.	30
Figure 05 : Observation microscopique des coliformes fécaux.	31
Figure 06 : Observation microscopique des streptocoques fécaux.	32
Figure 07 : Observation microscopique des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.	33
Figure 08 : Situation géographique de la STEP Saïd Otba	34
Figure 09 : Présentation d'une étape de prétraitement de la STEP Saïd Otba.	38
Figure 10 : Présentation des lagunes aérées.	38
Figure 11 : Présentation d'un lit de séchage.	38
Figure 12 : Appareil de multi-paramètre.	42
Figure 13 : Mode opératoire de la recherche et dénombrement des coliformes.	44
Figure 14 : Mode opératoire de la recherche des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.	46
Figure 15 : Mode opératoire de la recherche des Streptocoques fécaux.	49

Sommaire

Liste d'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Première partie : Partie bibliographique

CHAPITRE I : Généralité et la pollution des eaux

I.1. Généralité sur les eaux	3
I.1.1. Définition de l'eau	3
I.1.2. Propriétés de l'eau.....	3
I.1.3. Différentes types de sources d'eau brute.....	3
I.1.3.1. Eau de surface.....	4
I.1.3.2. Eau souterraines.....	4
I.1.3.3. Eau de mers et océans.....	4
I.1.4. L'importance de l'eau	4
I.2. Pollution.....	5
I.2.1. Définition de la pollution des eaux.....	5
I.2.2. Types de pollution.....	5
I.2.2.1. Pollution organique.....	5
I.2.2.2. Pollution physique.....	5
I.2.2.3. Pollution chimique.....	6
I.2.2.4. Pollution biologique.....	6
I.2.3. Différents polluants.....	6
I.2.3.1. Microorganisme.....	7

I.2.3.1.1. Bactéries.....	7
I.2.3.1.2. Parasites.....	7
I.2.3.1.3. Virus.....	8
I.2.3.2. Matières en suspension.....	8
I.2.3.3. métaux lourds et les minéraux	8
I.2.3.4. Les substances nutritives et/ou organiques.....	9

CHAPITRE II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

II.1. Traitement des eaux usées	11
II.1.1. Définition des eaux usées.....	11
II.1.2. Composition des eaux usées.....	11
II.1.3. L'origine des eaux usées.....	11
II.1.4. Epuration des eaux usées.....	13
II.1.4.1. Définition de l'épuration	13
II.1.4.2. Les grandes étapes du traitement des eaux usées.....	13
II.1.4.2.1. Le prétraitement	14
II.1.4.2.1.1. Le dégrillage.....	14
II.1.4.2.1.2. Le dessablage.....	14
II.1.4.2.1.3. Le dégraissage-déshuilage	14
II.1.4.2.2. Le traitement primaire.....	15
II.1.4.2.3. Le traitement secondaire.....	15
II.1.4.2.3.1. Le traitement secondaire anaérobie.....	16
II.1.4.2.3.2. Le traitement secondaire aérobie.....	16
II.1.4.2.3.2.1. Les procédés aérobies à culture fixé.....	17
II.1.4.2.3.2.2. Les procédés aérobies à culture libre.....	17

II.1.4.2.3.2.3. Les procédés à cultures hydriques.....	18
II.1.4.2.4. Le traitement tertiaire.....	18
II.1.4.2.4.1. L'élimination de l'azote.....	18
II.1.4.2.4.2. L'élimination du phosphore	18
II.1.4.2.2. Le traitement primaire.....	19
II.1.4.2.4.3. La désinfection.....	19
II.1.4.2.4.4. L'élimination des microorganismes.....	19
II.1.4.3. Les microorganismes associés à l'épuration des eaux.....	22
II.1.4.3.1. Bactérie épuratrice.....	22
II.1.4.3.2. Microflore utilisée.....	22
II.1.4.3.3. Microfaune utilisée.....	22
II.2. La réutilisation des eaux usées épurées.....	23
II.2.1. Les modes de réutilisation des eaux usées	24
II.2.1.1. Réutilisation pour l'irrigation.....	24
II.2.1.2. Réutilisation industrielle.....	24
II.2.1.3. Réutilisation en zone urbaine.....	24
II.2.1.4. La production d'eau potable.....	24
II.2.1.5. La recherche de la nappe phréatique.....	24

CHAPITRE III : Caractérisation physico-chimique et bactériologique

III.1. Caractérisation physico-chimique.....	26
III.1.1. La température	26
III.1.2. Le potentiel d'hydrogène.....	26
III.1.3. La turbidité.....	26
III.1.4. les matières en suspension.....	26

III.1.5. La conductivité.....	26
III.1.6. L'oxygène dissous	27
III.1.7. La demande biochimique en oxygène.....	27
III.1.8. La demande chimique en oxygène	27
III.1.9. La biodégradabilité.....	28
III.1.10. Les nitrites	28
III.1.11. Les nitrates	28
III.1.12. L'azote	29
III.1.13. Le phosphore	29
III.1.14. Le résidu sec.....	29
III.1.15. La salinité.....	29
III.2. Caractérisation bactériologique.....	29
III.2.1. Les coliformes totaux	30
III.2.2. Les coliformes fécaux	31
III.2.3. Les streptocoques	31
III.2.4. Les <i>Clostridium</i>	32

Deuxième partie : Partie expérimentale

CHAPITRE IV: Matériel et méthode

IV.1. Présentation de la région d'étude	34
IV.1.1. Région géographique de la ville d'Ouargla.....	34
IV.1.2. Localisation géographique de STEP Saïd Otba.....	34
IV.1.3. Présentation de la STEP Saïd Otba.....	34
IV.2. L'épuration à Ouargla	34
IV.2.1. Les étapes de traitement des eaux usées	35

IV.2.1.1. Prétraitement.....	35
IV.2.1.2. Traitement secondaire	36
IV.2.1.3. Traitement des boues.....	36
IV.2.1.4. Rejet des eaux épurées.....	37
IV.3. Présentation d'un système aquaponie.....	37
IV.3.1. Phyto-épuration	37
IV.2. Matériel	39
IV.2.1. Matériel de laboratoire	39
IV.2.2. Matériel biologique	39
IV.3. Méthodologie	39
IV.3.1. Echantillonnage et prélèvement.....	39
IV.3.2. Prélèvement de l'eau.....	39
IV.3.2.1. L'eau de robinet.....	40
IV.3.2.2. L'eau d'élevage de poisson, eau usée (entrée et sortie).....	40
IV.3.2.3. L'eau d'irrigation	40
IV.4.2. Transport et conservation des échantillons	40
IV.5. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques.....	42
IV.5.1. Analyse physico-chimique	42
IV.5.2. Analyse bactériologique	42
IV.5.2.1. Recherche des coliformes totaux	43
IV.5.2.2. Recherche des coliformes fécaux.....	43
IV.5.2.3. Recherche des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs.....	45
IV.5.2.4. Recherche des streptocoques.....	47

CHAPITRE VI : Résultats et discussion

VI.1.Résultats	50
VI.1.1. Résultats physico-chimique.....	50
VI.1.2. Résultats bactériologique.....	50
VI.2. Discussion	58

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Abstract

الملخص

Introduction

Introduction

L'eau ne peut être considérée comme un simple produit commercial, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traitée comme tel. Elle est une ressource vitale pour l'Homme, sa santé, sa survie, son alimentaire **(Devaux, 1999)** et également pour ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution **(Alice, 1979)**.

On appelle pollution de l'eau toutes modifications chimiques, physiques, biologiques de la qualité de l'eau qui a un effet nocif pour les êtres vivants la consommant. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses pour leur santé. La pollution de l'eau peut aussi rendre l'eau inutilisable pour l'usage désiré **(Karl, 2010)**.

Les dernières années ont été marquées en Algérie par un effort important et croissant consacré à la lutte contre la pollution, surtout dans le domaine de la protection et de la valorisation des ressources en eau. Cet effort s'est matérialisé par un large développement d'installation des stations d'épuration des eaux usées et par un suivi plus efficace de leurs performances **(Benelmouaz, 2015)**.

La région d'Ouargla a connu un grave problème d'excédent hydrique, causé par les rejets des eaux résiduaires et le rejet des eaux de drainage agricole qui augmente le niveau piézométrique de la nappe phréatique **(ONA, 2003)**.

Le traitement des eaux indispensables pour la préservation de notre environnement. Il permet de limiter l'impact des diverses pollutions liées à l'activité humaine **(Abouzlam, 2006)**. L'eau usée épurée peut être réutilisée en secteur agricole ou rejetée dans la nature sans effet nocif sur les sols, les plantes et l'être humaine donc sur l'environnement **(Khemici, 2014)**.

Dans la présente étude, nous avons fixé les objectifs suivants :

- Connaître la prévenance différente des échantillons de l'eau
- Connaître les paramètres physico-chimiques de l'eau épurée.
- Connaître les paramètres bactériologiques de l'eau épurée.
- Comparer les paramètres obtenus entre les différents échantillons.
- Identifier le type de contaminant, afin de mettre une stratégie efficace pour minimiser les risques issus de son utilisation.

Introduction

Afin de répondre à nos objectif, nous avons scindé notre travail est en deux grandes parties :

La première partie est constituée de la partie bibliographique composée de trois chapitres: des généralités sur l'eau et leur pollution; le traitement, l'utilisation et les risques sanitaires de l'eau; la caractérisation physico-chimique et bactériologique de l'eau épurée.

La deuxième partie constitue l'étude expérimentale. Elle est présentée en deux chapitres: le matériel et les méthodes utilisées dans cette étude; les résultats expérimentaux trouvés et leurs discussion.

Première partie :

Partie bibliographique

Chapitre I :
Généralité sur les eaux et
leurs pollutions

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

I.1. Généralité sur les eaux

I.1.1. Définition de l'eau

L'eau est l'élément essentiel à la vie, il représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants. L'eau en tant que liquide est considérée comme un solvant universel (**Hamed et al. ,2012**).

La planète terre est couverte à plus de 70% d'eau. Malgré cette abondance, seulement 1% est disponible pour les besoins de l'humanité, car la majorité de l'eau disponible est salée, ou encore non-potable (**Hubert et Marin, 2001**).

I.1.2. Propriétés de l'eau

Malgré une structure simple, la molécule d'eau possède des propriétés remarquables si on la compare à d'autres corps dont la composition est analogue. Ce liquide est incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (**Savary, 2010**).

Dans la nature, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, l'eau change d'état. On peut la trouver sous trois formes :

Etat solide : à basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières. Il se congèle à 0°C

Etat gazeux (à 100°C) : caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres.

Etat liquide : caractérise par une forme non définie. Les molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires (**Marsily, 1995**).

I.1.3. Différents types de sources d'eau brute

Trois types de sources d'eau sont utilisés par l'homme d'une part, pour satisfaire ses propres besoins en eau de consommation et d'autre part, pour répondre aux besoins industriels et agricoles Les sources d'eaux concernant :

- ✓ Les eaux superficielles ou de surface (de rivières, de fleuves et de lacs,...)
- ✓ Les eaux souterraines
- ✓ Les eaux des mers et des océans (**Mizi, 2006**).

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

I.1.3.1. Eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles proviennent surtout des pluies et sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et l'eau souterraine qui alimentent les vallées, les barrages et les lacs **(Lahouel, 2010)**.

I.1.3.2. Eau souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré-éaporées, ni retournées à la mer par ruissellement Elles s'infiltrant dans le sol et le sous-sol pour s'y accumuler et constituer les eaux souterraines **(Metahri, 2012)**. Donc l'eau souterraine constitue la plus grande réserve en eau douce liquide de la planète, c'est l'une des matières premières les plus vitales pour l'homme et pour l'ensemble de l'économie **(Madigan et Martink, 2007)**.

L'eau souterraine est beaucoup plus précieuse car elle meilleure que les eaux de surface. Elle est souvent là, invisible, inaudible... à couler lentement à 5, 10, 100... mètres sous nos pieds et pourtant elle fait, dans beaucoup des cas, partie intégrante de notre vie de tous les jours **(Madigan et Martink, 2007)**.

I.1.3.3. Eaux de mers et océans

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau Elles représentent près de 97,4% du volume d'eau existant actuellement sur notre planète Le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielle). Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité Elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres », ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement **(Belaid, 2010)**.

I.1.4. L'importance d'eau

L'eau à un rôle très importante, en commencer par l'unité de mesure de base, La cellule est encore immergée dans l'eau lorsqu'elle est vivante. Ce dernier a un rôle à jouer dans la situation, la régulation des concentrations intracellulaires et extracellulaires, entraînant des échanges cellulaires qui permettent au corps de grandir et de se développer. Donc l'eau est essentielle à la vie sans elle aucune vie sur la terre ne serait possible. Tout le monde en a besoin, et ce n'est pas seulement pour manger. Nos rivières, lacs, eaux côtières et marines, ainsi que nos eaux souterraines, sont des ressources précieuses que nous devons protéger **(Baumont et al., 2004)**.

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

I.2. Pollution des eaux

I.2.1. Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau s'entend comme une modification défavorable ou néfaste des propriétés physicochimiques et biologiques, causée directement ou indirectement par les activités, la rendant impropre à un usage normal (**Metahri, 2012**).

I.2.2. Types de pollution

On regroupe généralement les types de pollution sous grandes catégories suivantes :

I.2.2.1. Pollution organique

La pollution organique est la plus répandue, elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduelles provenant de diverses industries agroalimentaires, abattoirs, fromageries, sucreries, industries, bois et papeteries (**Liu et al, 1997**). (**Tableau 01**)

I.2.2.2. Pollution physique

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité d'un lieu, un rejet d'eau réchauffée ou d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu, d'une source de radioactive (**Gravez et Bernard, 2006**). (**Tableau 01**)

- **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.

- **Pollution radioactive**

La pollution des eaux par des substances radioactive pose un problème de plus en plus grave, a un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements.

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

- **Pollution mécanique**

Elle provient du lessivage des sols par des pluies abondantes et des travaux et de revêtements qui rendent le sol imperméable provoquant une concentration des écoulements et des volumes entraînant de boues importants **(Kourchi, 2010)**.

I.2.2.3. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines **(Kourchi, 2010)**.

Les polluants chimiques sont des substances chimiques normalement absentes, ou présentes naturelles dans l'environnement dans des concentrations très faibles. En effet, les substances chimiques s'accumulent dans tous les organismes. Elles contaminent d'abord les espèces végétales, qui sont directement reliées à la terre et se nourrissent de ce qu'elle contient, puis les organismes qui se nourrissent de végétaux. Le phénomène remonte ainsi toute la chaîne alimentaire et finit par toucher les plus grands mammifères et l'homme. C'est ainsi que de nombreuses espèces animales et végétales sont fragilisées, elles tombent malades et parfois meurent **(Vincent, 2006)**. **(Tableau 01)**

Donc d'une façon générale, le risque chimique peut être lié, soit à la contamination de l'eau brute, soit durant le traitement de l'eau (dérivés de coagulants, sous-produits de désinfection), soit au transport de l'eau par des contaminants présents dans les tuyaux tels que le plomb, l'amiante et les hydrocarbures aromatiques polycycliques **(Hartemann, 2004)**.

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

Tableau 01: Certains polluants chimiques, physiques et organiques présents dans l'eau polluée.

Polluant	Nature	Maladie	Symptôme	Référence
Polluant chimique	Métaux lourds	Cancérogènes, mutagènes, etc.	-	Levallois et phaneuf, 1994
	Acide nitrique et sulfurique	Liée au Cancer de larynx, cancer de poumon	Rhinorrhée, éternuements et toux	
	Nitrates	Liée au Cancers (estomac, œsophage)	Toux, cyanose tels que la peau et les lèvres bleutées	
	Hydrocarbures	Maladie cardiaque, lésions du cerveau	Symptômes neurologiques comme des vertiges, une mauvaise coordination, coma et des crises	
Polluant organique	Dioxine	Lésions dermique	Tache sombre sur la peau	OMS, 2015.
Polluant physique	radioactive	Augmentation du risque de cancer du système digestif	-	Unité cancer environnement, 2011.

I.2.2.5. Pollution biologique

Il peut s'agit de pollution par des microorganismes (bactéries, virus, champignons) provenant des égouts qui peuvent proliférer à leur arrivée dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (**Gravez et Bernard, 2006**).

Cette pollution peut résulter du rejet dans les eaux continentales ou littorales d'une grande variété de substances organiques fermentescibles d'origines diverses (effluent urbains, matières fécales, industries, élevages,...) et se traduit par une forte contamination bactériologique (**Vincent, 2006**).

I.2.3. Différent polluants

L'agent polluant peut être de nature physique, chimique, ou biologique ; il provoque soit une gêne, une nuisance ou une contamination (**Loumi et Yefsah, 2010**).

Chaque année des milliers de personnes dans le monde perdent leur vie à cause des maladies liées à l'eau. Selon le rapport de l'organisation mondiale de la santé pas moins de deux millions de morts et les enfants en constituent le grand nombre. L'Algérie traverse

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

depuis quelques années une phase de transition épidémiologique marquée par la persistance des maladies transmissibles hydriques caractéristiques des pays en développement et dues à la mauvaise qualité des eaux liée à la pollution anthropique ou naturelle. (Madigan et Martink, 2007).

I.2.3.1. Les microorganismes

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (Baumont *et al.*, 2004). (Tableau 02)

D'après le type de microorganismes, la dose infectieuse, les voies d'exposition aux agents infectieux, nécessaires pour provoquer la maladie est très variable. En général, la dose nécessaire est plus faible dans le cas des virus et des protozoaires que les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut provoquer la maladie qu'une concentration de 10^3 à 10^6 organismes est nécessaire dans le cas de certaines bactéries (François, 2008).

I.2.3.1.1. Bactérie

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes. La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite Oro-fécale. (Tableau 02)

I.2.3.1.2. Parasite

On distingue à deux catégories :

❖ Les protozoaires

Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia intestinalis* (Asano, 1998).

❖ Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites rencontrés dans les eaux (Faby et Brissaud, 1997).

Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuria trichuria*, *Taenia saginata* (CSHPF, 1995).

I.2.3.1.3. Virus

Chapitre I : Généralités sur les eaux et leurs pollutions

Les virus constituent l'entité biologique la plus abondante dans les écosystèmes aquatiques. Ils présentent un intérêt direct en santé humaine qui capable de provoquer des infections (Schwartzbrod, 2000).

Tableau 02: Certain polluant biologique présent dans l'eau polluée. Adapté d'Asano (1998) et du site Internet du ministère de la Santé du Canada (www.hc-sc.gc.ca)

	Germes		Maladie	Symptômes
Bactéries	<i>Salmonella sp.</i>		Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	Fièvre, maux de tête
	<i>Shigella sp.</i>		Dysenterie bacillaire	Diarrhée, nausées et vomissements
	<i>Escherichia coli</i>		Gastro-entérite	Nausées, vomissements
	<i>Yersinia sp.</i>		Gastro-entérite	Nausées, vomissements
	<i>Campylobacter sp.</i>		Gastro-entérite	Nausées, vomissements
	<i>Vibrio sp.</i>		Cholera	Diarrhée, nausées et vomissements
	<i>Leptospira sp.</i>		Leptospirose	Atteinte rénale, atteinte hépatique.
	<i>Legionella sp.</i>		Légionellose	Douleurs, diarrhée
	<i>Mycobacterium sp.</i>		Tuberculose	Perte de poids, perte d'énergie
Parasites	Protozoaires	<i>Entamoeba histolytica</i>	Dysenterie amibienne	Dysenterie amibienne
		<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose	Ganglions, faible fièvre
		<i>Giardia intestinalis</i>	Giardase	Diarrhée, malabsorption
	Helminthes	<i>Ascaris</i>	Ascariadiase	
		<i>Taenia</i>	Taeniasis	Diarrhée, douleurs musculaires
		<i>Trichuris</i>	Trichocéphalose	Diarrhée, douleurs abdominale
Virus	Virus de l'hépatite A		Hépatite A	Diarrhées, nausées
	Virus de l'hépatite E		Hépatite E	Fatigue, diarrhée et nausée.
	Rotavirus		Maladie diarrhéique	Vomissement, diarrhée
	Adénovirus		Maladies respiratoire	Vomissement, diarrhée
	Astrovirus		Maladie diarrhéique	Vomissement, diarrhée
	Poliovirus		Paralysie, méningite	Fièvre

I.2.3.2. Les matières en suspension (MES)

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et trouble, une mauvaise odeur (**Baumont et al., 2005**). Les particules en suspension peuvent par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires (**Belaid, 2010**).

I.2.3.3 . Métaux lourds et les minéraux

Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes. La crispation actuelle de l'opinion publique à leur sujet, et le manque de connaissances sur leurs effets à long terme incite à analyser avec soin la nature et la présence de ces micropolluants dans les eaux usées (**Baumont et al., 2005**).

L'être humaine trouve une grande part de ses besoins en substances minérales dans l'eau de boisson. C'est en général la présence d'un excès de certains éléments qui peut induire soit directement, soit indirectement des effets néfastes pour la santé. Ces effets ne se manifestent généralement qu'à moyen ou long terme et peuvent prendre des formes très diverses telles que cancérogénicité, mutagénicité, troubles métaboliques (**Savary, 2010**).

I.2.3.4. Les substances nutritives et/ou organiques

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages. Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. En outre, la présence de matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol (**FAO, 2003**).

Chapitre II :
Traitement des eaux usées et
leurs utilisations

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

II.1. Traitement des eaux usées

II.1.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène, chargées de matières minérales ou organiques, pouvant être en suspension ou en solution (**Khemici, 2014**) et la plus part des eaux usées sont offensives, d'autre sont pathogènes, elles peuvent être l'origine de grave problèmes de santé publique (**Tfyeche, 2014**).

II.1.2. Compositions des eaux usées

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes (**Baumont et al., 2005**).

II.1.3. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre origines (**Metahri, 2012**) :

✓ Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères et les eaux des vannes, dans le système dit « tout-à-l'égout » (**Baumont et al., 2004**). Elles constituent l'essentiel de la pollution et se composent :

- Des eaux usées de cuisine : qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques, et des produits détergents.
- Des eaux de buanderie : contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bains : chargées en produits pour l'hygiène corporelle. Généralement de matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes : qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composée azotés, phosphorés et en microorganismes (**Chocat, 1997 ; Franck, 2002**).

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

✓ Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation, elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de la pluie, par deux mécanismes :

- Le lessivage de sols et des surfaces imperméabilisées :

Les déchets solides ou liquides déposés par temps sur ces surfaces sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent.

- La remise en suspension des dépôts des collecteurs :

Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs des réseaux est lent ce qui favorise le dépôt de matières décantables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts (**Benelmouaz, 2015**).

✓ Les eaux usées agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Les eaux agricoles issues de terre cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes (**Metahri, 2012**). Ces produits sont utilisés pour la protection des cultures mais parfois devient toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (**Djabri, 1996**).

Les pollutions dues aux activités agricoles sont de plusieurs natures :

- Apport des eaux de surface de nitrate et de phosphate utilisés comme engrais
- Apport de pesticides chlorés ou phosphorés, de désherbant, d'insecticides
- Apport de sulfate, de cuivre et de composés arsenicaux destinés à la protection de vignes en région viticole.

✓ Les eaux usées industrielles

Toutes les unités industrielles utilisent les eaux dans leurs processus de production, par conséquence elles ont des rejets assez considérables. Il apparaît difficile de classifier les eaux usées industrielles en raison de la diversité des activités industrielles ainsi que la grande différence qui existe entre les rejets d'eaux usées de même activité (**Cardot, 1999**).

La contribution importante des industries à la pollution des eaux s'effectue de plusieurs manières :

- Par rejets d'effluents dans le réseau d'assainissement avec ou sans épuration avant le retour au milieu naturel.

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

- Par rejet direct dans le milieu naturel avec ou sans prétraitement des eaux résiduaires (**Loumi et Yefsah, 2012**).

II.1.4. Epuration des eaux usées

L'objectif principal du traitement est produire une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques acceptables du point de vue de la santé humaine et l'environnement.

II.1.4.1. Définition de l'épuration des eaux usées

L'épuration est l'ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour la réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel afin de préserver leurs qualités (**Zeghoud, 2014**).

II.1.4.2. Les grandes étapes du traitement

En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement, comparée à la couverture des services d'approvisionnement et encore moins d'importance est accordée à l'épuration. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85%, seules 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées. Le volume annuel des eaux usées est estimé à 600 millions de m³ dont quelques 550 millions de m³ correspondent aux agglomérations de taille supérieure à 50000 habitants (**HADJ-SADOK ,1999**).

Etant donné que la composition d'une eau usée est très diversifiée suivant son origine, chaque installation est par conséquent conçue pour répondre à un besoin spécifique (**HADJ-SADOK ,1999**).

Les quatre étapes principales du traitement détaillées dans la figure(3) sont les suivantes :

II.1.4.2.1. Le prétraitement

C'est la première étape. Il a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (brindilles, feuilles, tissus,...). Il consiste à débarrasser les effluents de tous les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement ou d'endommager les équipements : déchets volumineux (dégrillage), sable (dessablage) et corps gras (dégraissage, déshuilage). Il comprend :

II.1.4.2.1.1. Le dégrillage

Les eaux résiduaires brutes doivent subir un dégrillage, qui consiste à faire passer l'eau à travers d'une grille dont les barreaux sont plus ou moins espacés, permettant de

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

séparer et d'évacuer les matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants.

Le dégrillage permet de protéger la station contre l'arrivage des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation et pour retenir les déchets volumineux à l'aide d'une succession de grilles (2 à 4) de plus en plus fines. Les résidus recueillis sont déposés en décharge.

II.1.4.2.1.2. Le dessablage

Le dessablage vise à éliminer les sables, les graviers et les particules plus au moins fines par une décantation. Ces particules sont aspirées ensuite par une pompe pour prévenir les dépôts dans les canalisations, protéger les organes mécaniques (pompes) contre l'abrasion et éviter de perturber les autres étapes de traitement. Les sables, recueillis généralement par raclage en fond de bassin, sont recyclés.

II.1.4.2.1.3. Le dégraissage-déshuilage

Dégraissage c'est généralement le principe de la « flottation » par air dissous qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage ; permettant de faire remonter rapidement les graisses, leurs élimination se fait par raclage de la surface.

Ce traitement est effectué pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras. Il est réalisé dans le même bassin que l'étape de dessablage.

La récupération des graisses et huiles se fait en surface. Les composés collectés seront alors incinérés (cas du traitement d'un effluent industriels) en fonction de leur qualité (**Bassompierre, 2007**).

II.1.4.2.2. Le traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physique ou physico-chimique. Il a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables (**Grosclaude, 1999**). Les trois voies de traitement possibles :

- La décantation (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation.
- La flottation (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient.

- La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant-floculant (voie physicochimique) : le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floes plus gros.

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (**Cardot, 1999**). La demande chimique en oxygène (DCO) et la concentration en azote peuvent également être réduite durant cette phase de traitement. Les matières solides extraites représentent ce que l'on appelle les boues primaires (**Bassompierre, 2007**).

II.1.4.2.3. Le traitement secondaire

Le traitement secondaire a pour objectif principal l'élimination des composés solubles d'origine organique. Parallèlement, la floculation de la biomasse permet de piéger les matières en suspension restant à l'issue du traitement primaire.

Donc le principe de ce traitement est de mettre en contact la matière organique contenue dans les eaux usées avec une population bactérienne. Celle-ci assimile alors la matière organique pour son propre développement. Ces dispositifs permettent d'intensifier et de localiser sur des surfaces réduites les phénomènes de transformation et de dégradation des matières organiques tels qu'ils se produisent en milieu naturel.

C'est la reconstitution d'un écosystème simplifié et sélectionné faisant intervenir une microflore bactérienne et une microfaune de protozoaires et de métazoaires (**Bassompierre, 2007**). Le choix entre les plusieurs techniques distinguées est en fonction de l'emplacement disponible pour le procédé de traitement, de la charge de l'effluent et de la quantité de pollution à traiter. Du fait que les micro-organismes, peuvent être classés en procédés aérobies et anaérobies (**Vilagines, 2003**) :

II.1.4.2.3.1. Le traitement secondaire en anaérobiose

Le traitement secondaire en anaérobiose est un processus microbiologique de conversion de la matière organique, faisant intervenir essentiellement les populations bactériennes, ainsi que des protozoaires et quelques champignons en anaérobiose (**Effeby, 2009**). Le traitement anoxique est typiquement employé pour traiter des eaux usées contenant de grandes quantités de matières organiques insolubles, telles que les fibres, la

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

cellulose résultant des industries laitière et agroalimentaire. Le processus de dégradation anoxique proprement dit se déroule dans de grands réservoirs clos appelés digesteurs ou bioréacteurs (**Madigan et Martinko, 2007**).

Le principe de la digestion anaérobie est décrit comme la conversion de la matière organique en biomasse et en biogaz. Il est composé essentiellement de méthane et de gaz carbonique (CO_2). La digestion anaérobie d'un produit organique complexe comporte quatre étapes différentes, à savoir : l'hydrolyse, l'acidogénèse, l'acétogénèse et la méthanogénèse (**Effebi, 2009**). Grace à l'action des microorganismes anaérobies présents, les composés macromoléculaires des eaux usées sont d'abord digérés par des polysaccharases, des protéases et des lipases pour donner des composés solubles. Ces derniers sont ensuite fermentés pour fournir un mélange d'acides gras volatils, fermentés pour donner l'acétate, CO_2 et H_2 , C'est résultats sont alors utilisés comme substrats par les *Archaea* méthanogènes (**Madigan et Martinko, 2007**).

Ce type de fermentation est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien (**Vilagines, 2003**).

II.1.4.2.3.2. Les traitements secondaires en aérobies

Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. Deux grandes familles peuvent être distinguées : Les procédés à cultures fixes (microorganismes fixés sur des supports), les procédés à culture libre (microorganismes maintenus en suspension dans le mélange à épurer). Selon **Degremont (2005)** en peut le citer les plus courantes :

II.1.4.2.3.2.1. Les procédés à culture fixée en aérobies

- **Le lit bactérien ou granulaire**

Ruissellement de l'eau à traiter sur le support, ne nécessite pas de clarificateur en ce qui concerne le lit granulaire, coûts de fonctionnement faibles, rendement moyen pour un lit bactérien et bon pour un lit granulaire, chocs toxiques supportés, fonctionnement stable, risque de colmatage.

- **Les bio-disques**

Biomasse fixée sur des disques tournants au sien du mélange à traiter, couts de fonctionnement faibles, efficaces à faible charge uniquement, sensibles aux conditions climatiques (lessivage du bio-film par la pluie) (**Bassompierre, 2007**).

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

II.1.4.2.3.2.2. Les procédés à culture libre en aérobies

- **Le lagunage**

L'effluent prétraite séjourne pendant une durée allant de plusieurs semaines à plusieurs mois, dans des bassins peu profonds mais de grande surface. L'épuration biologique est assurée par les microorganismes en se développant dans le milieu grâce à l'oxygène de la photosynthèse des algues (lagunage naturel) ; le cas échéant, par aération artificielle : lagunage aéré par l'insufflation d'air. Ce procédé permet également la stabilité des boues produites. En raison de sa simplicité d'exploitation et son efficacité, cette technique connaît un essor important dans les pays en voie de développement et également en Europe, pour le traitement des eaux usées des communes rurales (**HADJ-SADOK, 1999**).

- **Les boues activées**

Traitement en deux phases, contact de la biomasse et de l'eau usée dans un réacteur puis séparation des solides de la phase liquide épurée par décantation. Le processus d'épuration par boues activées est le plus répandu. Son développement est dû à ses excellentes performances de dépollution (rendement supérieur 95%) par rapport aux autres procédés existants.

En contre partie, suivant le type d'effluents à traiter. Ce procédé peut être difficile à maîtriser notamment pour le traitement : de l'azote et du phosphore ou dans le cas des variations importantes des flux (**Cardot, 1999**).

II.1.4.2.3.2.3. Les procédés à culture hydrique

C'est le résultat d'un couplage d'un système à culture libre avec un système à culture fixé au sein du même réacteur. Ils sont proposés et utilisés pour le traitement des effluents de petites municipalités. L'avantage principal de ces procédés hydriques est de permettre des possibilités de traitement plus élevées sans nécessiter d'augmenter le volume de bassin d'aération (**Germain et al, 2007**). Il existe deux grandes familles de bioréacteurs à membrane :

- Les bioréacteurs à membrane externes : installés à l'extérieur du bassin d'aération
- Les bioréacteurs à membrane immergées : installés à l'intérieur du bassin d'aération (**Degremont, 2005**).

La diversité des technologies et l'efficacité de chacune d'entre elles, permet également de concevoir des filières adaptées à chaque besoin spécifique (**Corsin et Le strat, 2007**).

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

II.1.4.2.4. Le traitement tertiaire

Certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires **(Franck, 2002)**. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires **(Ouali, 2001)**.

II.1.4.2.4.1. L'élimination de l'azote

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20% de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification-dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par électrodialyse, résines échangeuses d'ions, élimination de l'ammoniaque. Toutefois, ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines pour des raisons de rendement et de coût **(Franck, 2002)**.

II.1.4.2.4.2. L'élimination du phosphore

La « dé-phosphatation » peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'ajout de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80% et 90% du phosphore, mais engendrent une importante production de boues **(HADJ-SADOK, 1999)**.

II.1.4.2.4.3. La désinfection

Un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) **(Franck, 2002)** ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par :

- Le chlore

Est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec les micro-organismes **(Baumont et al., 2005)**. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) « eau de javel », l'hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, le chlore de chaux (CaCl_2 , OCl) et le chlorite de sodium (NaClO_2) **(Ouali, 2001)**.

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

- L'ozone

Est un oxydant puissant. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus (**Lazarova, 2003**).

Les traitements de désinfection physiques utilisent :

- Les rayons ultraviolets

Qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées (**Baumont et al., 2005**).

- La filtration

Il permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Elle est soit réalisée sur sable ou sur membrane. Cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension (**CSHPP, 1995**).

II.1.4.2.4.4. L'élimination des microorganismes

Elle est réalisée en fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée (**Faby, 1997**).

- Lagunes de finition

Le lagunage naturel « tertiaire » assure l'exposition des microorganismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé. Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit. (**Corsin et Le strat, 2007**).

Les eaux usées bénéficiant d'un traitement tertiaire contiennent si peu de nutriments qu'elles ne peuvent permettre une forte croissance microbienne. Le traitement tertiaire est la méthode la plus complète pour traiter les eaux usées d'égouts, mais elle n'a été généralisée en raison de son coût (**Madigan et Martinko**). (**Figure 01**)

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

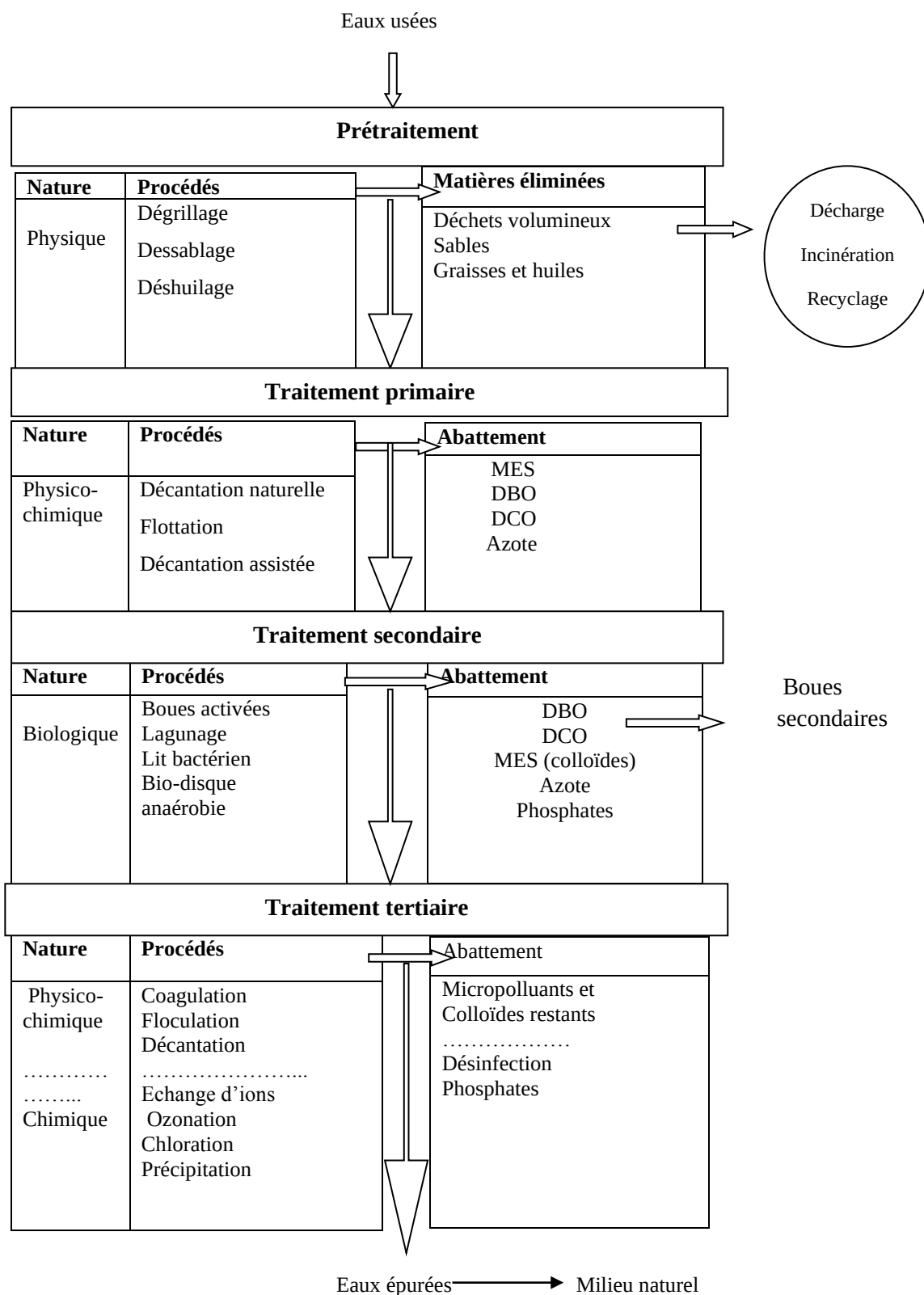


Figure 01 : Etapes d'une filière de traitement des eaux (HADJ-SADOK ,1999).

MES : matière en suspension; **DBO :** demande biologique en oxygène; **DCO :** demande chimique en oxygène.

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

II.1.4.3. Les microorganismes associés à l'épuration des eaux usées

II.1.4.3.1. Les bactéries épuratrices

Dans la biomasse épuratrice, les bactéries constituent le groupe le plus important, qui est en même temps l'acteur principal de l'élimination de la pollution (**Degremont, 2005**). Les bactéries peuvent se présenter sous différentes formes :

Bactéries libres : peu abondantes du fait de la prédation par d'autres microorganismes.

Bactéries filamenteuses : présentes normalement en petite quantité, elles entravent la décantation par le phénomène de foisonnement (**Degremont, 2005**).

Bactéries floculées : plus intéressantes dans le procédé d'épuration car elles permettent une bonne séparation entre la biomasse épuratrice et l'eau épurée (**Franck, 2002**), les genres les plus fréquents de bactéries floculants sont : *Pseudomonas*, *Actrobacter*, *Arthrobacter*, *Alcaligenes*, *Zooglea*, *Citromonas*, *Flaviobacterium* et *Arthromobacter* (**Degremont, 2005**).

Le pH, température, oxygène dissous dans le milieu influent sur la nature des germes dominants. Ainsi, un rejet riche en matières protéiques, favorise le développement des germes : *Alcaligenes*, *Bacillus* ou *Flavobacterium* ; tandis qu'une eau résiduaire riche en glucides ou en hydrocarbures conduit à la prédominance du germe *Pseudomonas* (**Degremont, 1989**).

II.1.4.3.2. La microflore utilisée

Des algues benthiques se développent à la périphérie des installations. Des cellules sont entraînées dans les boues et dans les fibres nitrifiantes par abrasion du bio-film (**Haslay et Leclerc, 1993**). Les espèces utilisées couramment sont des algues planctoniques unicellulaires de petite taille, dont des algues vertes, des algues brunes, des phytoflagellés (**Degremont, 2005**).

II.1.4.3.3. La microfaune utilisée

La microfaune des boues activées et des bio-films des cultures fixées est très importante en quantité, de l'ordre de 10^6 à 10^8 cellules par litre de boues activées. Elle intervient comme prédatrice des bactéries isolées et des cadavres de bactéries et participe ainsi à la clarification de l'effluent (**Franck, 2002**), comme elle est particulièrement sensible aux variations du milieu.

Elle renseigne sur le niveau d'adaptation de la biomasse et est révélatrice des stress auxquels elle est soumise (**Degremont, 2005**).

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

II.2. Réutilisation des eaux usées épurées

La réutilisation de l'eau est définie ainsi : « la réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usage afin de combler des déficits hydriques » (**Valiron, 1983**).

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires de bonne qualité en accélérant le cycle naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant.

En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- ✓ Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel.
- ✓ Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains. (**Figure 02**)

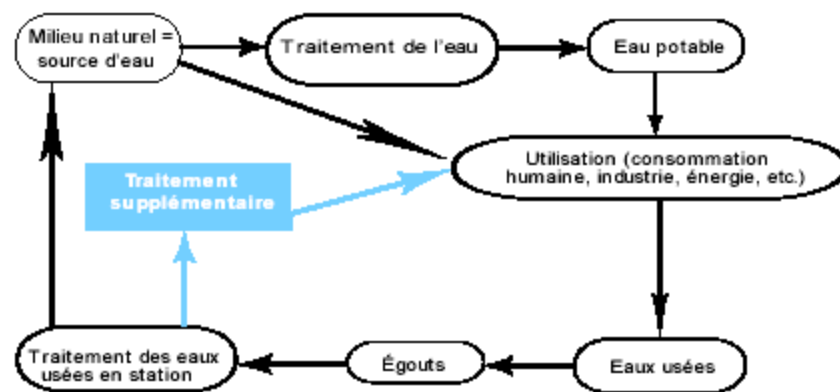


Figure 02 : la réutilisation des eaux usées épurées (**Baumont et al., 2004**)

Au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, industrie et les usages domestiques couvrent respectivement 70%, 20%, 10% de leur demande en eau (**Ecosse, 2001**). (**Figure 03**)

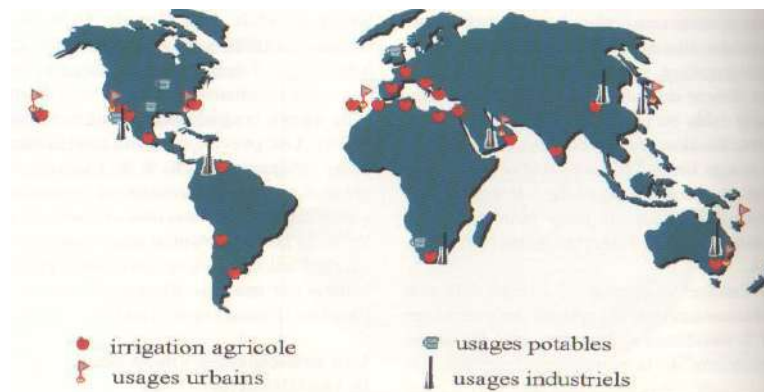


Figure 03 : Répartition des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux résiduaires urbaines (**Lazarova, 1998**).

Chapitre II : Traitement des eaux usées et leurs utilisations

En Algérie, 60% des eaux usées traitées sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages soit en mer, ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions de m³ sont potentiellement utilisables en irrigation de la localisation des points de rejet (). Un programme de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation est actuellement mis en œuvre (MRE, 2006).

II.2.1. Les modes de réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est rependue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations (Boxio et al., 2008). On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraichère, céréales, prairies.....etc. Elle est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles (Lazarova, 1998). D'après Cauchi (1996), les populations humaines exposées à une pathologie, associée de manière certaine à une utilisation agricole d'effluents bruts ou traités Cauchi (1996).
- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles...etc. Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau pour l'industrie (Ecosse, 2001). Cette réutilisation ne présente pas de problèmes sanitaires spécifiques à l'industrie et on retrouve les mêmes contaminants que pour les autres usages (Asano, 1998).
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voiries, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières...etc. La réutilisation en zone urbaine nécessite un réseau double qui permet de distribuer séparément les eaux épurées et l'eau potable (Ecosse, 2001).
- La production d'eau potable. Elle a lieu essentiellement dans les zones arides ou semi-arides (Asano, 1998).
- La recharge de la nappe phréatique a comme principale motivation la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau (Degremont, 2005). Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer (Asano, 1998).

Chapitre III :
Caractérisation physico-
chimiques et
bactériologiques de l'eau
épurée

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

III.1. Caractérisation physico-chimiques des eaux

Les caractéristiques physico-chimiques sont des paramètres facilement mesurables d'une façon continue par des sondes installées dans des stations d'observation des qualités des eaux (**Gaujou, 1995**).

III.1.1. La température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (**Hamed et al., 2012**).

III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Il est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxide (OH^-) contenus dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre, le pH d'une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique, au-dessous de 7, la substance est acide (**Hamed et al., 2012**).

III.1.3. La turbidité

La turbidité, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (**Rejesek, 2002**).

III.1.4. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (**Metahri, 2012**).

III.1.5. La conductivité

La conductivité mesure la capacité le courant entre deux électrodes, la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Zeghoud, 2014).

III.1.6. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg/l (Rejesek, 2002).

III.1.7. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Xanthoulis, 1993).

III.1.8. La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes.

❖ Différence entre DCO et DBO

La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau. Lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et, de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O₂ (Devillers et al, 2005).

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

III.1.9. La biodégradabilité

C'est la propriété des composés chimiques susceptible de subir une biodégradabilité sous l'action des microorganismes décomposeurs présents dans le biotope où ils sont rejetés. La biodégradabilité est exprimée par un coefficient K tel que $K = DCO/DBO_5$ (Ramade, 1989).

Selon Metahri en 2012 :

- Si $K < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable.
- Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.
- Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.
- Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

Un coefficient K très élevé traduit la présence dans l'eau d'éléments inhibiteur de la croissance bactérienne, tels que, les sels métalliques, les détergents, les phénols....etc.

La valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter, si l'effluent est biodégradable on applique un traitement biologique, si non on applique un traitement physicochimique.

III.1.10. Les nitrites

Les ions nitrites sont un stade intermédiaire entre l'ammonium et les ions nitrates. Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005). Donc les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Une eau renferme une quantité élevée de nitrites (supérieur à 1 mg/l) (Rodier, 1996).

III.1.11. Les nitrates

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitratâtes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (**Rodier et al, 2009**).

III.1.12. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (**Rodier, 2005**).

III.1.13. Le phosphore

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (**Rejesek, 2002**). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3 g par habitant (**Degremont, 2005**).

III.1.14. Le résidu sec

Le résidu sec donne une information sur teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg /l (**Berne et Jean, 1991**).

III.1.15. La salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (NaCl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (**Ramade, 2011**).

III.2. Caractéristiques bactériologiques des eaux

On trouve naturellement dans les eaux usées une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien de

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

l'équilibre aquatique et de la chaîne trophique (**Hébert et Légaré, 2000**). Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastroentérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes (totaux et fécaux) qui sont utilisés pour évaluer le niveau de décontamination bactériologique des eaux (**Rodier, 2009**).

L'eau contribue à la masse d'une bactérie pour 80% ou plus et au cours de leur croissance, les substances nutritives et les déchets pénètrent et quittent respectivement la cellule, en solution. Par conséquent, les bactéries ne peuvent pas croître que dans ou sur des matières contenant suffisamment d'eau libre (disponible). Dans une matière donnée toute d'eau n'est pas nécessairement disponible pour la croissance bactérienne ; une partie peut, par exemple, être liée à des gels hydrophiles ou à des ions en solution (**Singleton, 2002**). Quelques germes indicateurs de pollution fécale :

III.2.1. Les coliformes totaux

Les coliformes sont des microorganismes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* que nous retrouvons partout dans notre environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux (**Rodier, 2009**).

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatif, oxydase négatifs facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose avec production de gaz en 24h à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C. Elles existent dans la matière fécale mais se développent également dans des milieux naturels (**Leyral et al., 2002**). La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*. (**Figure 04**)

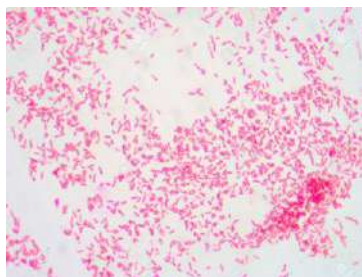


Figure 04: Observation microscopique des Coliformes totaux

(https://fr.123rf.com/photo_38484872_la-coloration-de-gram-les-bacilles-%C3%A0-gram-n%C3%A9gatif-.html).

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

III.2.3. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant capable de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia coli* d'origine exclusivement fécale, bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...etc.) (Hacene, 2016). (Figure 05)

Métabolisme et habitat

Hôte normal de l'intestin et des animaux, c'est l'espèce aérobie la plus représentée dans le tube digestif. La présence de colibacilles ou espèce aérobie voisines dans l'eau est un témoin de contamination fécale *Escherichia coli* exprime les caractères généraux des entérobactéries.

Il est en outre: Citrate (-), Acétoïne (-), H₂S (-) et Uréase (-).

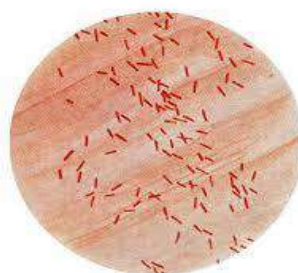


Figure 05: Observation microscopiques des Coliformes fécaux
(<https://www.slideshare.net/walabert/ecoli-68927779>).

III.2.3. Les Streptocoques

Les Streptocoques appartiennent à la famille des *Streptococcaceae*. Ce sont des cocci à Gram positif arrondis ou ovoïdes ou rarement allongées en bâtonnets (Hacene, 2016). Les Streptocoques nécessitent pour leur multiplication de nombreux facteurs de croissance qui sont présents dans la gélose au sang frais.

Les Streptocoques fécaux sont un sous-groupe des Streptocoques, en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

information supplémentaire sur une pollution. L'identification de Streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (OMS, 2004). (Figure 06)

Métabolisme et habitat

Les Streptocoques ont un métabolisme anaérobie, la plupart des souches tolèrent l'oxygène et peuvent être cultivées in vitro en aérobie, ils n'ont pas de catalase. Leur croissance est favorisée par l'apport de CO₂ ou par atmosphère anaérobie (Hacene, 2016).

Les Streptocoques sont des bactéries ubiquistes, saprophytes, ils sont retrouvés aussi bien dans l'eau que dans l'air et le sol.

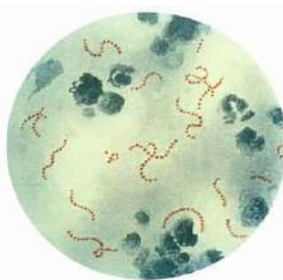


Figure 06: Observation microscopique des Streptocoques fécaux (https://cqa2006-2009.skyrock.mobi/photo.html?id_article=2373495919).

III.2.4. Les *Clostridium*

Le genre *Clostridium* est un genre bactérien regroupant des bacilles gram positif anaérobies souvent sporulés anaérobies stricts pour la plupart, mobiles en général par l'intermédiaire de flagelles péri-triches (Annie et Françoise, 2001).

Les *Clostridium* sulfite-réducteurs :

Les Anaérobies Sulfite-Réducteurs (ASR) sont des germes telluriques (présents dans le milieu extérieur : sol, eau, air,...etc.) capable d'y résister très longtemps sous forme de spore, présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène). A la différence des coliformes, ces spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente (ISO, 1986). (Figure 07)

Chapitre III : Caractérisation physico-chimiques et bactériologiques de l'eau épurée

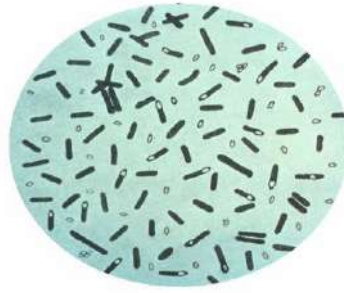


Figure 07: Observation microscopique de *Clostridium* Sulfite-réducteurs

(<https://experteau.com/services/analyse-bacteriologique.php>)

Deuxième partie :

Partie expérimentale

Chapitre V :
Matériel et Méthodes

IV.1. Présentation de la région d'étude

IV.1.1. Région géographique de la ville de Ouargla :

La ville de Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara algérien. Elle se situe au Sud-Est de l'Algérie. Elle occupe une superficie de 10128 km², elle est limitée par :

- ❖ Au Nord par la wilaya de Djelfa et la wilaya d'El Oued
- ❖ Au Sud par la wilaya de Tamanrasset et la wilaya d'Ilizi
- ❖ A l'Est par la Tunisie
- ❖ A l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa (**Khadraoui, 2006**).

IV.1.2. Localisation géographique de STEP Saïd Otba

La STEP a été mise en service en 2009. Elle se situe au Nord-Est de Ouargla entre les deux branches du canal de drainage dans la région de Saïd Otba. (**Figure 08**)



Figure 08: Situation géographique de la STEP Saïd Otba.

IV.1.3. Présentation de la STEP de Saïd Otba

La station d'épuration sert à épurer les eaux usées en dégradant le niveau de pollution pour une éventuelle réutilisation dans divers domaines industriel, agricole ou recharge des nappes.

IV.2. L'épuration à Ouargla

La station d'épuration de Saïd Otba est de lagunage aéré. La filière de traitement retenue est constituée de :

- ❖ Prétraitement
- ❖ Traitement biologique par lagunage aéré
- ❖ Traitement des boues (lits de séchage) (**ONA, 2009**).

IV.2.1. Les étapes de traitement des eaux usées (Saïd Otba)

Les eaux usées arrivant à la STEP sont refoulées par l'intermédiaire de 05 stations de refoulement qui débouchent dans un regard de dégazage. Ce dernier assure une oxygénation naturelle des eaux brutes. Cette opération permet d'évacuer le H_2S qui pourrait se former dans les conduites de refoulement. A partir du regard de dégazage, les eaux brutes débouchent dans un canal regroupant les installations de dégrillage et de dessablage. A l'entrée et la sortie, un canal venturi associé à une sonde ultrason de mesure de la hauteur d'eau en amont permet de mesurer de manière continue les débits (ONA, 2009).

IV.2.1.1. Prétraitement

Cette étape comporte les procédés suivants (Figure 09) :

❖ Dégrillage

Le système du dégrillage comprend un ensemble de 02 dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle. Le dimensionnement de chaque grille est de 1.80 m de largeur et longueur, l'épaisseur est de 10mm.

Les saletés de l'ensemble des dégrilleurs sont acheminées au moyen d'une vis de convoyage vers une benne à déchets (ONA, 2009).

❖ Dessablage

Le dessablage est réalisé par l'intermédiaire de trois canaux en parallèle de 2 m de large et de 23m de long et la profondeur est de 3,92m. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur permettant de ramener les sables vers un classificateur à sable.

Ce classificateur est un séparateur dans lequel les particules de sables sédimentent et sont extraites du fond par une vis d'Archimède, tandis que l'eau est récupérée en partie supérieure après avoir franchi une cloison siphonide. Les sables extraites sont ensuite stockés dans une benne. La station actuellement n'est pas équipée d'un système de déshuilage (ONA, 2009).

❖ Ouvrage de répartition

Disposé en tête de station et en aval des ouvrages de prétraitement, ouvrage de répartition permet de répartir les eaux usées vers les lagunes du premier étage. Cette répartition est assurée par 06 seuils déversant identiques, de 1.5m de largeur, munis de batardeaux pour pouvoir au besoin mettre une lagune quelconque hors service (ONA, 2009).

IV.2.1.2. Traitement biologique par lagunage aéré

Les lagunes d'aération assurent la dégradation de la matière organique grâce à un apport artificiel d'oxygène fournit par les aérateurs de surface qui fonctionnent à raison de 13 h/j. cette aération artificielle favorise le développement des microorganismes qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments. La lagune de finition assure la séparation des phases : eaux épurées et boues et une amélioration des rendements d'épuration (ONA, 2009). (Figure 10)

❖ Le 1^{er} niveau du lagunage aéré

Les effluents sont répartis entre les 04 lagunes grâce à un répartiteur. Dans l'étage d'aération, l'oxydation est assurée par des aérateurs de surface. Cette aération mécanique favorise le développement des bactéries qui dégradent la matière organique et assimilent les nutriments. Le temps de séjours est de 07 jours.

❖ Le 2^{ème} niveau du lagunage aéré

Au deuxième étage, le nombre d'aérateurs et de bassins est inférieur au premier. Les eaux en cours de traitement transitent de façon gravitaire des lagunes de 1^{er} étage vers les lagunes de 2^{ème} étage. Le temps de séjours est de 5 jours.

❖ Le 3^{ème} niveau (lagune de finition)

Les eaux sortant des lagunes aérées du 2^{ème} étage sont dirigées vers deux lagunes de finitions. C'est le lieu de séparation physique d'eau épurée et de la boue biologique, cette dernière est formée après une lente agglomération des matières en suspension (amas de microorganismes et de particules piégées). Le temps de séjours est entre 2 à 4 jours.

IV.2.1.3. Traitement des boues (lits de séchage)

Le traitement des boues se résumer en lits de séchage. Il consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes à l'air libre sur des lits de séchage. Ces lits sont des bassins de faible profondeur recouverts de couches successives disposées comme suit :

- ❖ Un géo-membrane
- ❖ Un géotextile
- ❖ Une couche de gros gravier
- ❖ Une couche de gravier fin
- ❖ Une couche de sable

Le transport des boues du fond des lagunes vers les lits de séchage est réalisé par des conduits flexibles.

La siccité des ces boues augmentent au fur et à mesure grâce à l'évaporation naturelle couplée à un système de drainage. Ce dernier favorise l'évacuation, de la plus grande partie de l'eau par simple gravité. Cette eau sera évacuée en tête de la station d'épuration par l'intermédiaire d'un poste de refoulement.

A l'issue de ce séchage, les boues sont évacuées vers leur destination finale, mise en décharge ou épandage sur des cultures pour lesquelles elles constituent un amendement organique intéressant (ONA, 2009). (Figure 11)

IV.2.1.4. Rejet des eaux épurées

Les eaux épurées seront évacuées vers Sebkhath Safioune par l'intermédiaire d'une conduite de 41 km de longueur. Ce site sert également comme exutoire drainant une partie des eaux de drainage agricole et des crues des oueds N'Sa et M'Zab. Sebkhath Safioune se caractérise par la forte salinité de ses eaux qui ne permet aucune survie à la végétation aquatique.

IV.3. Présentation d'un système Aquaponique

L'aquaponie est l'intégration de l'aquaculture (pisciculture) et de l'hydroponie (culture de plantes sur étagère) en un seul système. Les déchets disparaissent à la suite du couplage, les intrants de la procédure suivante (Chahapman *et al.*, 2012).

Les effluents aquacoles sont des sources de nutriments rendus assimilables pour les plantes par les racines des plantes immergées dans l'eau, en partie grâce à une étape de prétraitement. Les composés ammoniacaux sont convertis en nitrates par des bactéries nitrifiantes, et élimination de matières particulaires à l'aide d'une filtration mécanique adéquate (Foucard *et al.*, 2016).

IV.3.1. Phyto-épuration

La phyto-épuration est un système de traitement des eaux utilisant des plantes macrophytes, des substrats et des microorganismes au sein d'une zone humide artificielle nommée constructed wetland en anglais. Les systèmes de phyto-épuration peuvent être composé d'un ou plusieurs filtres (Boutin *et al.*, 2014).

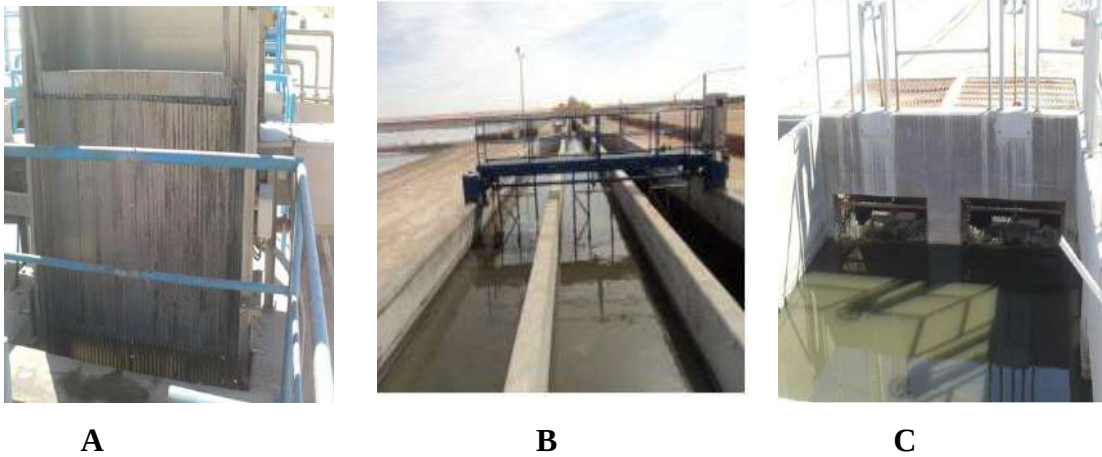


Figure 09: Présentation d'une étape de prétraitement du la SETP said otba

A : Présentation d'un dégrilleur ; **B :** Présentation d'un répartiteur ; **C :** Présentation d'un dessableur.

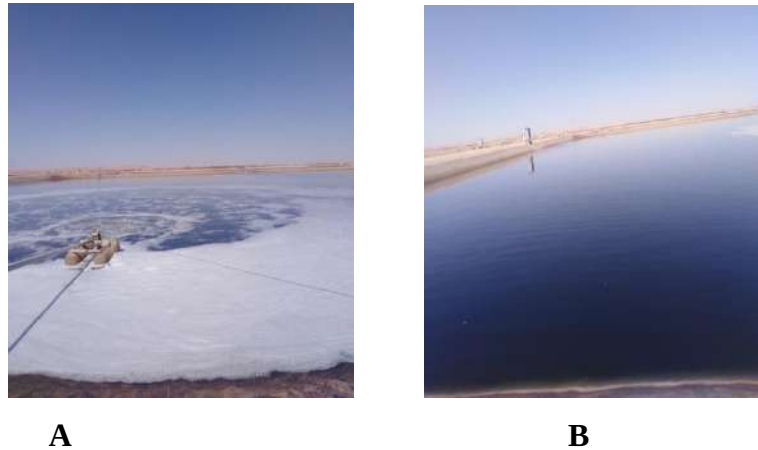


Figure 10: Présentation des lagunes aérées.

A : Lagune aéré; **B :** Bassin final.



Figure 11: Présentation d'un lit de séchage.

IV.2. Matériel

IV.2.1. Matériel de laboratoire (voir annexe 01)

IV.2.2. Matériel biologique

Le matériel biologique de notre travail est constitué des eaux à analyser de différentes origines, notamment :

- L'eau de robinet,
- L'eau de citerne potable,
- L'eau d'irrigation,
- L'eau usée et traité,
- Enfin l'eau d'élevage de poisson (système d'aquaponie).

IV.3. Méthodologie

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques et bactériologiques de l'eau usée avant et après le traitement de la STEP Saïd Otba Ouargla (l'eau entrée et sortie), l'eau d'irrigation, l'eau de citerne, l'eau de robinet et l'eau de poisson pour vérifier l'efficacité du traitement des eaux épurées.

IV.3.1. Echantillonnage et prélèvement

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif et homogènes sont les suivant :

- ✓ La sélection convenable du point d'échantillonnage.
- ✓ Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- ✓ La conservation adéquate de l'échantillon (**Rodier, 1997**).

IV.3.2. Prélèvement de l'eau

Le prélèvement est un acte qui consiste à obtenir un volume global représentatif de l'eau à contrôler, prélevé en un endroit défini selon des modalités définies, appelé échantillon, d'où ce dernier est destiné à la réalisation d'analyses.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension,...etc.).

Tous les flacons portent une étiquette où sont mentionnés les indicateurs suivants :

- La nature de l'eau ;

- Le lieu de prélèvement ;
- La date de prélèvement ;
- Condition climatique ;
- Nom de prélèvement.

IV.3.2.1. L'eau de robinet

- Se laver les mains avec de l'eau et du savon
- Nettoyer le robinet à l'aide d'eau de javel
- Ouvrir le robinet et laisser l'eau courant pendant 1 min
- Ouvrir le bouchon d'un flacon vide et stérile
- Collecter l'échantillon d'eau et remplir jusqu'à $\frac{3}{4}$ du volume
- Refermer le flacon avec le bouchon et se lever les mains et l'extérieur de flacon
- Identifier du prélèvement sur les flacons
- Amener au laboratoire

Remarque : le prélèvement de l'eau de robinet est identique que l'eau de citerne (a cause de citerne contient aussi à un robinet).

IV.3.2.2. L'eau de poisson, eau usée (entrée et sortie)

- Plonger le flacon à 10-15 cm de profondeur (ouvert), et reboucher une fois rempli
- Identifier le prélèvement par une étiquette qui montre la date, le lieu, l'heure...
- Apporter le prélèvement au laboratoire

Remarque : Au cours de notre étude, le prélèvement se fait dans deux points différents de la STEP, le premier est à l'entrée (eau usée brute), et l'autre à la sortie (eau traité), dans des conditions réglementaires d'hygiène.

IV.3.2.3. L'eau d'irrigation

- Il est réalisé après le nettoyage et la désinfection de tuyaux
- En attend 1min
- Remplir le flacon vide et stérile jusqu'à $\frac{3}{4}$ de flacon
- Transporter l'échantillon au laboratoire

IV.4. Transport et conservation des échantillons

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement. C'est pour cela que toute analyse doit être effectuée le plus rapidement possible.

L'évolution est d'ailleurs assez difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau. (**Tableau 03**)

Tableau 03: Récapitulatif de la conservation des prélèvements (**Rodier, 1996**)

Caractéristique ou élément analyse	Récipient	Conservateur	Volume minimum de prélèvement (en ml.)	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant...
Conductivité	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	48 (obsc.)
Dureté	P ou V	Acide nitrique q.s.p pH<2	100		1 mois
Matières en suspension	P ou V	0	1000	4	6 h (obsc.)
Oxygène dissous	Vb	Mesure in situ de préférence	300	4	24 h (obsc.)
pH	P ou V	Mesure in situ de préférence		4	24 h (obsc.)
Turbidité	P ou V		100	4	24 h (obsc.)
Coliformes totaux	P ou V	Flacons stériles en présence d'une eau traitée par un oxydant, ajouter avant stérilisation 5gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10%	250	4	24 h (obsc.)
Coliformes fécaux	P ou V		250	4	24 h (obsc.)
Streptocoques fécaux	P ou V		250	4	24 h (obsc.)

P : polyéthylène **V** : verre **Vb** : verre borosilicaté **obsc.** : obscurité.

A ce sujet la circulation du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyse bactériologique des eaux d'alimentation spécifie : « si la durée du transport dépasse 1heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C. Même dans ces conditions, d'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon ».

La norme **NF T 90-420 de février 1987** indique que les échantillons doivent être maintenus à une température comprise entre 1 et 4°C des leur prélèvement. Ils doivent être remis le jour même au laboratoire chargé des analyses.

Notre échantillons se transporté dans une glacière dont la température entre 4 et 6°C pendant 3-4h pour sauvegarder la qualité des échantillons et éviter le risque de la modification des prélèvements.

IV.5. Les analyses physico-chimiques et bactériologiques

IV.5.1. L'analyse physico-chimique

Pour les analyses physico-chimiques, nos échantillons sont prélevés dans des flacons en plastiques (**Rodier, 1996**). Et on utilise un appareil multi-paramètre pour mesurés : température, ph, conductivité, turbidité, salinité et l'oxygène dissous.

Cet appareil (**Figure12**) utilisé à partir des étapes suivant :

- Rincer le brin de l'appareil avec l'eau distillé
- Remplir la tasse avec l'eau à analyser
- Attendre 5 min pour fixer les paramètres



Figure 12: Appareil de multi-paramètre

IV.5.2. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et dénombrement des germes existant dans l'eau traité à analyser. Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un flacon stérile (**Rodier, 2009**).

Les analyses de l'eau traitée ont été effectuées au sein du laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences biologiques de l'université Kasdi Merbah, en se basant sur la recherche et le dénombrement des germes suivants : Les coliformes totaux, coliformes fécaux, Streptocoques fécaux et *Clostridium* sulfito-réducteurs.

IV.5.2.1. Recherche des coliformes totaux :

1. Préparation de dilutions décimales à partir de solution mère (l'eau) à partir l'eau physiologique (diluant) (**ISO 6887**).
2. Ensemencement en profondeur sur le milieu VRBL« Rouge Violet Bile Lactose Agar »
 - on met 1ml dans un boite de pétri vide et stérile
 - verser le milieu de culture
 - circulation sous la forme 8 pour l'homogénéisation
 - laisser la boite sur la paillasse jusqu'à la solidification
3. incubation à 37°C pendant 24 heures.

IV.5.2.2. Recherche des coliformes fécaux

1. Dans une zone stérile en doit préparer des dilutions décimales par le diluant eau physiologique
2. Ensemencement en profondeur :
 - On prend 1 ml des échantillons à l'aide d'une pipette pasteur dans une boite pétrie
 - Verser le VRBL et laisser sur la paillasse jusqu'à la solidification ensuite en ajoute la gélose nutritif
3. Homogénéiser les boites par la circulation de forme 8
4. Laisser les boites jusqu'au refroidissement.
5. Incuber les boites pétries dans l'étuve pendant 24-48 heures à 44°C.

La lecture et l'interprétation sont faites selon la Norme Française pour ces flores est réalisée selon la **Norme XP V08-102**. Retenir les boites contenant entre 15 et 300 colonies, au niveau de deux dilutions successives.

Le nombre N de microorganismes dénombrés par ml, est calculé à l'aide de l'équation suivant :

$$N = [\sum C / V (n1 + 0.1 n2)] Fd$$

Où :

N : nombre d'UFC par ml de produit initial.

$\sum C$: est la somme des colonies comptées sur deux boites retenues.

d : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

F : facteur de dilution.

n1 : nombre de boites comptées dans la première dilution (la plus faible).

n2 : nombre de boites comptées dans la seconde dilution (la plus forte).

V : le volume de solution déposée.

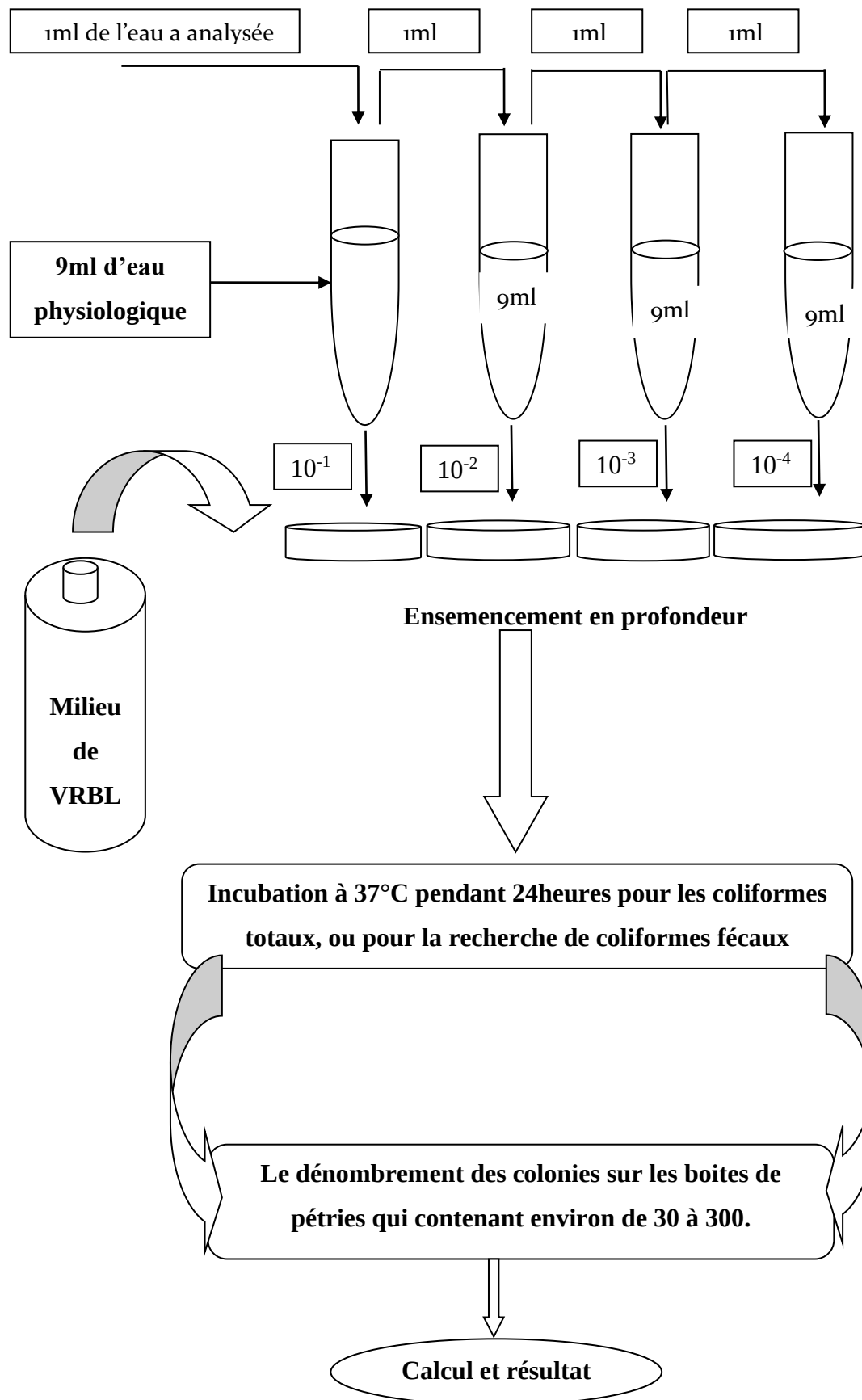


Figure 13: Mode opératoire de la recherche et dénombrement des coliformes

IV.5.2.3. Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs (Rodier, 2005)

Principe

Après traitement de l'échantillon par la chaleur pour détruire les formes végétatives, la filtration sur membrane est déposée sur un milieu sélectif (viande foie) incubées dans des conditions permettant une croissance en anaérobiose, les colonies Sulfito-réductrices sont reconnaissables par un halo noir. Donc les *Clostridium* sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo dû à la formation de sulfure de sodium.

Mode opératoire

- Remplir 100 ml d'eau à analyser dans un flacon, le porter au bain marie à 80°C pendant 10 minutes, puis le refroidir sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5ml par tube.
- Ajouter environ 18 ml de gélose viande-foie, fondue puis refroidie, additionnée une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium .
- Mélanger doucement le milieu.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

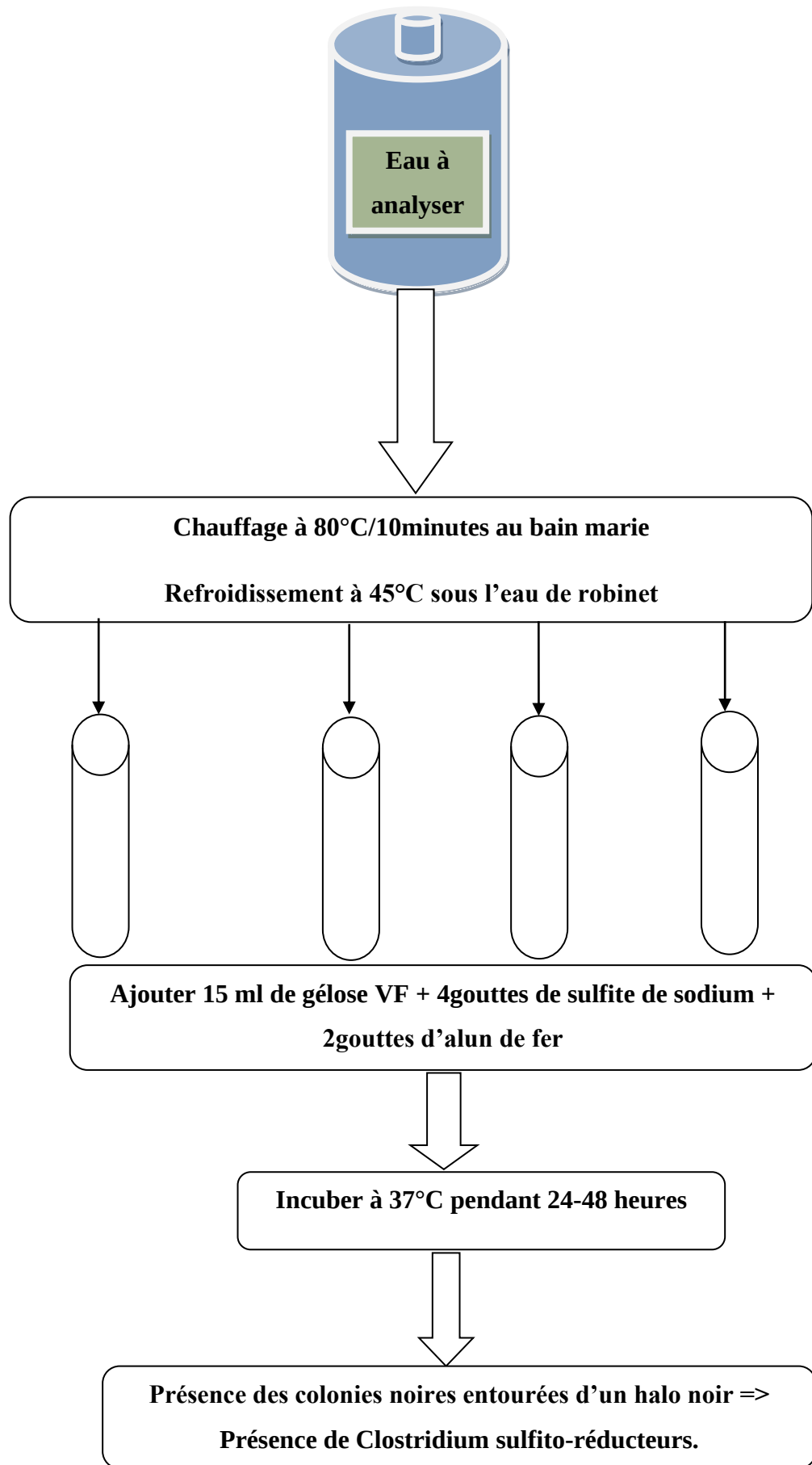


Figure 14: Mode opératoire de la recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs

IV.5.2.4. Recherche des streptocoques

Principe

Conformément à la norme **NF T 90-411** et tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

Le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des streptocoques sur bouillon de Rothe.

Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux sur bouillon de Litsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test.

Test présomptif

La numérotation présomptive est réalisée à l'aide de milieu Rothe à l'azide de sodium. Ce dernier inhibe la croissance des microorganismes à Gram négatif et par son action bactériostatique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- On ensemence 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à double concentration (D/C) avec 10ml de l'échantillon, 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 1ml de l'échantillon et 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration(S/C) avec 0,1 ml de l'échantillon. Puis on a homogénéisé soigneusement, par agitation, le contenu des tubes en s'assurant, une fois celle-ci terminée, que la teinte du bouillon est uniforme en haut et en bas du tube, de façon à ce que la concentration en inhibiteur soit identique en tous points.
- On a incubé les tubes à 37°C et la lecture est faite après 24 et 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques éventuellement présents dans le test de présomption.

Mode opératoire

- Après agitation des tubes positifs, on prélève sur chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette Pasteur, et on les a reportés dans des tubes du milieu de Litsky à l'éthyle violet et azide de sodium. Après incubation à 37°C pendant 24

h, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement ont été considérés comme positifs. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

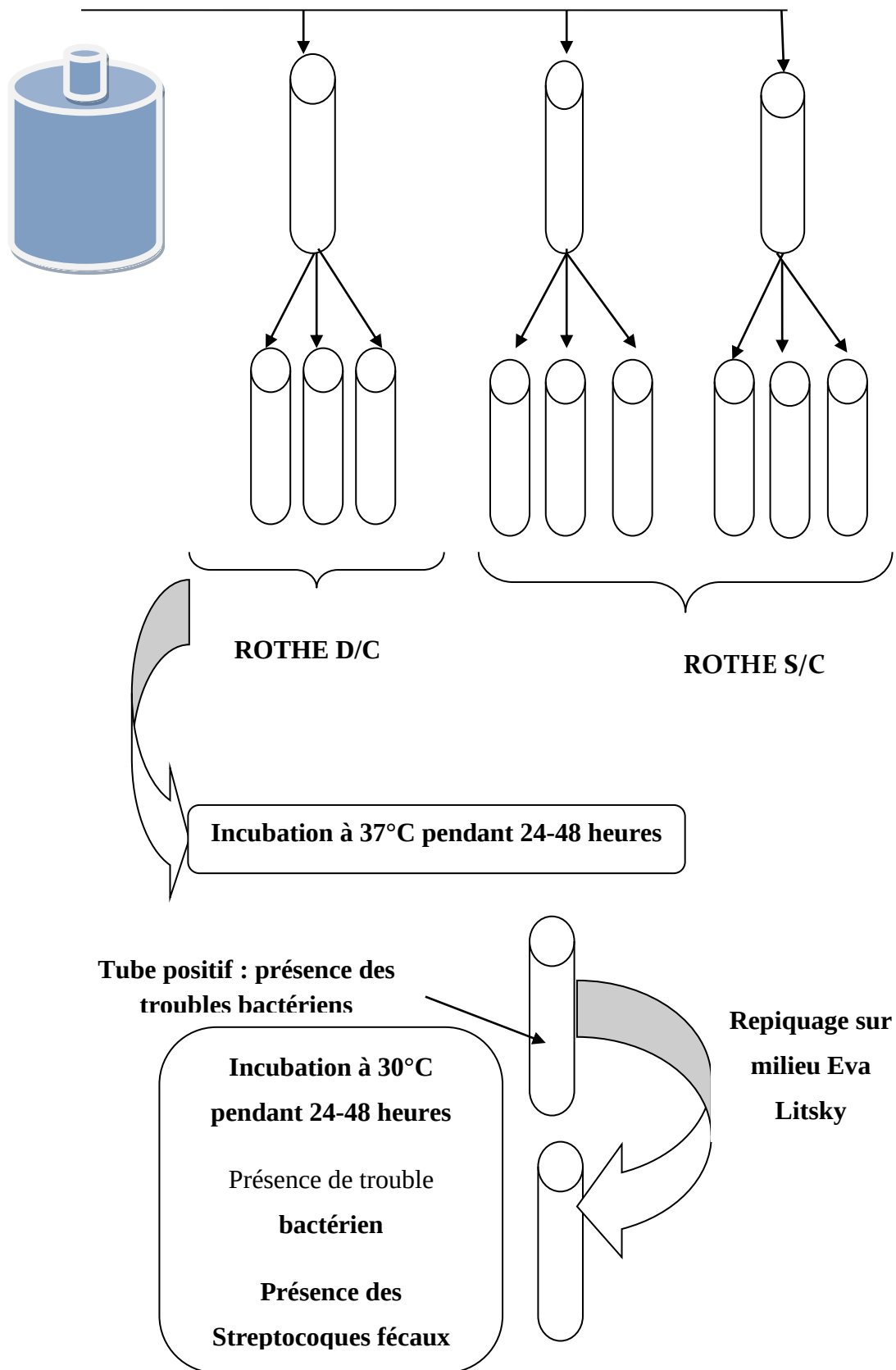


Figure 15: Mode opératoire de recherche des streptocoques fécaux

Chapitre VI:
Résultats et discussion

Chapitre V: Résultats et discussion

VI.1. Résultats

VI.1.1. Résultats physicochimique

Les résultats des analyses physico-chimiques se montrés dans le tableau suivant (**Tableau 04**) :

Tableau 04: Présentation des résultats physico-chimiques des eaux analysées

Paramètre	Les différents échantillons							Normes algérienne
	L'eau de citerne	L'eau de robinet	L'eau d'irrigation	Les eaux usées		L'eau de poissons		
				Entrée	Sortie	Avant	Après	
Température (°C)	30.30	31.68	22.29	22.2	21	23.77	26.05	<30
pH	7.27	7.93	7.44	8.15	7.16	7.96	7.13	6.5-8.5
Conductivité (µS/cm)	2410	359	2100	5420	2300	7210	1520	2800
Turbidité (NTU)	14.3	0	91.5	352	10.9	4.1	0	< 5
Oxygène dissous (%)	30	35	10.31	82.6	10.59	11.75	10.72	100
Solides dissous totales (mg/l)	1.54	0.23	13.2	21	13	4.54	9.44	35
Salinité	3	7.7	12.8	11.4	3.6	12.7	08.9	-

µS/cm : Micro-siémens par centimètre, mg/l : milligramme par litre, NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

VI.1.2. Résultats bactériologiques

Les résultats des analyses physico-chimiques se montrés dans le tableau suivant (**Tableau 05**) :

Tableau 05: Présentation des résultats bactériologiques des eaux analysées

Germe	Les différents échantillons							Normes algérienne
	L'eau de citerne	L'eau de robinet	L'eau d'irrigation	Les eaux usées		L'eau de poissons		
				Entrée	Sortie	Avant	Après	
Coliformes totaux	++	++	++	+++	—	+++	—	10
Coliformes fécaux	—	—	—	+++	—	+++	+	Absence
Streptocoque fécaux	+	+	+	+++	+	+++	+	Absence
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	—	+	—	+++	—	+	—	Absence

D'après le dénombrement des coliformes en réduit dans le tableau suivant (**Tableau 06**) :

Chapitre V: Résultats et discussion

Tableau 06: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux des eaux analysées

Germe	Les différents échantillons						
	L'eau de citerne	L'eau de robinet	L'eau d'irrigation	Les eaux usées		L'eau de poissons	
				Entrée	Sortie	Avant	Après
Coliformes totaux(UFC)	41	25	10	29	00	06	00
Coliformes fécaux(UFC)	00	00	00	74	00	04	00

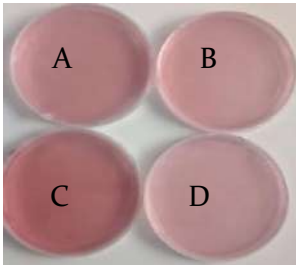
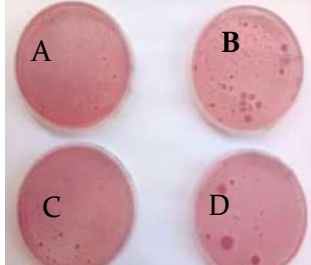
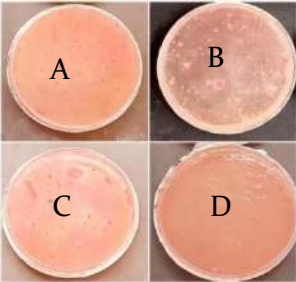
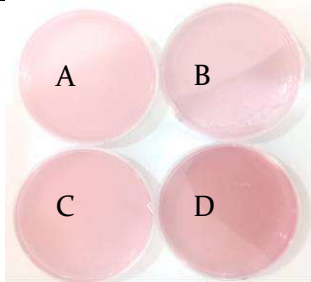
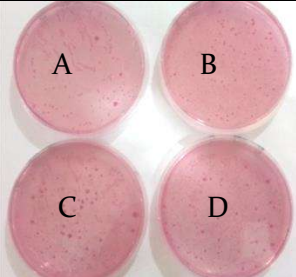
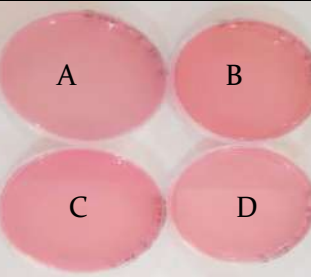
UFC : Unité Formant Colonie

Résultat des analyses bactériologies des eaux

Résultat de la recherche des coliformes

Les résultats de la recherche des coliformes dans l'eau de citerne, l'eau de robinet, l'eau d'irrigation, les eaux usées (entrée, sortie) et l'eau de poisson réalisées sur milieu VRBL sont représentés dans le tableau suivant.

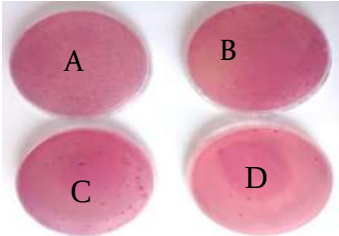
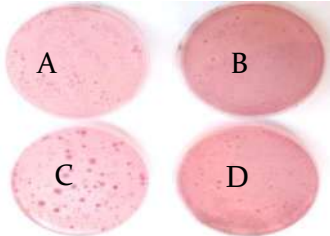
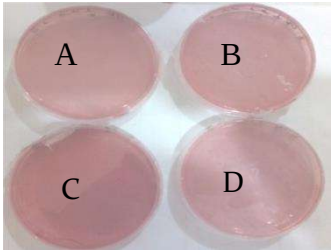
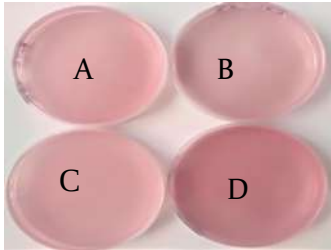
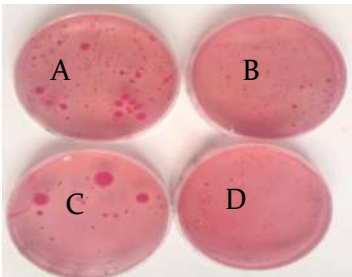
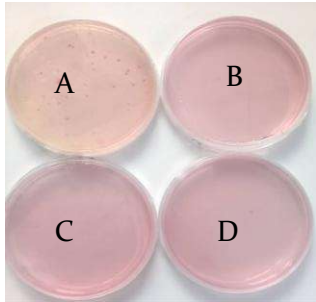
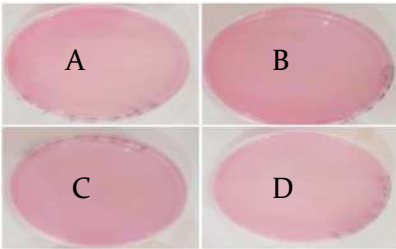
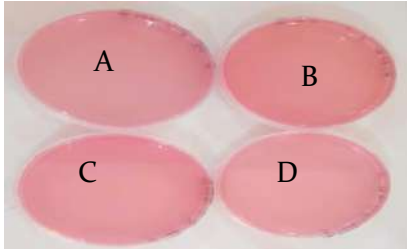
Tableau 07 : Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans les eaux à analyser.

	Coliformes totaux	Coliformes fécaux
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau de citerne		
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau de robinet		
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau d'irrigation		

A : dilution 10^{-1} , **B** : dilution 10^{-2} , **C** : dilution 10^{-3} , **D** : dilution 10^{-4} ,

Chapitre V: Résultats et discussion

Tableau 07 (suite) : Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans les eaux à analyser.

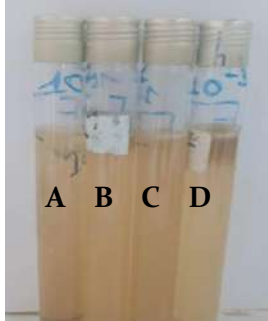
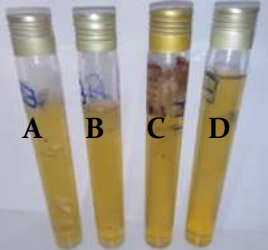
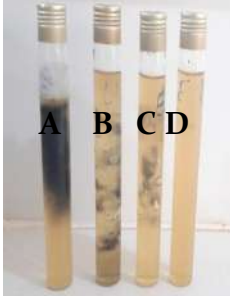
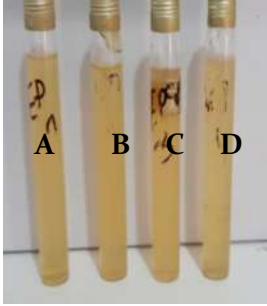
	Coliformes totaux	Coliformes fécaux
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau usée entrée		
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau usée sortant		
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau de poisson avant la phyto-épuration		
Résultats d'analyse bactériologique des coliformes recherchés dans l'eau de poisson après la phyto-épuration		

A : coliformes totaux, A1 : dilution 10^{-1} , A2 : dilution 10^{-2} , A3 : dilution 10^{-3} , A4 : dilution 10^{-4} ,

***Clostridium* Sulfito-réductrice**

Les résultats de la recherche de *Clostridium* Sulfito-réductrice dans les eaux usées (entrée, sortie), l'eau de poisson, l'eau de citerne, l'eau d'irrigation et l'eau de robinet réalisées sur milieu viande foie sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 08 : Résultats d'analyse bactériologique des *Clostridium* sulfto-réducteurs recherchés dans les eaux à analyser.

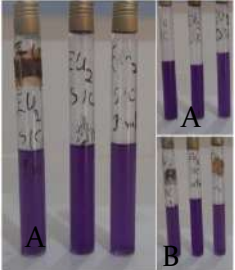
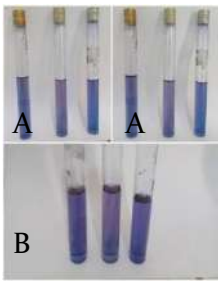
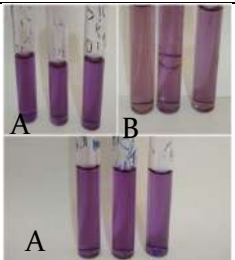
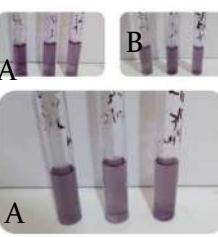
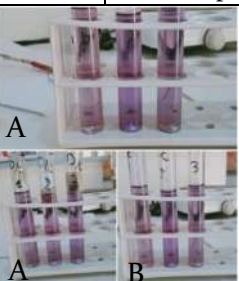
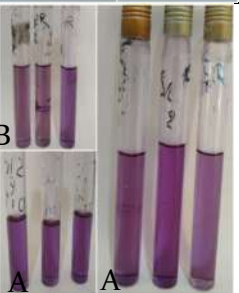
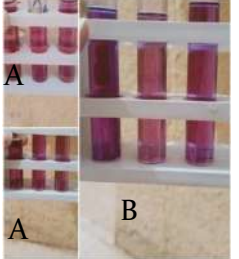
	<i>Clostridium</i> sulfto-réducteurs	
Résultats d'analyse bactériologique des <i>Clostridium</i> sulfto-réducteurs recherchés d'eau de citerne		
Résultats d'analyse bactériologique des <i>Clostridium</i> sulfto-réducteurs recherchés d'eau de robinet		
Résultats d'analyse bactériologique des <i>Clostridium</i> sulfto-réducteurs recherchés d'eau d'irrigation		
Résultats d'analyse bactériologique des <i>Clostridium</i> sulfto-réducteurs recherchés de STEP Saïd Otba Ouargla.		
	Eau entrée	Eau sortant
Résultats d'analyse bactériologique des <i>Clostridium</i> sulfto-réducteurs recherchés d'eau de poisson		
	Avant la phyto-épuration	Après la phyto-épuration

A: dilution 10^{-1} , B : dilution 10^{-2} , C :dilution 10^{-3} , D : dilution 10^{-4} .

Streptocoques fécaux

Les résultats de la recherche de streptocoques fécaux dans les eaux usées (entrée, sortie), l'eau de poisson, l'eau de citerne, l'eau d'irrigation et l'eau de robinet réalisées sur milieux (Rothe et Eva Litsky) sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 09 : Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés dans les eaux à analyser.

	Streptocoques fécaux	
Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés des eaux usées.		
	Eau entrée	Eau sortie
Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés d'eau poisson		
	Avant la phyto-épuración	Après la phyto-épuración
Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés d'eau de citerne		
Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés d'eau d'irrigation		
Résultats d'analyse bactériologique des Streptocoques fécaux recherchés d'eau de robinet		

A : simple concentration, **B** : double concentration.

Chapitre V: Résultats et discussion

Nous avons trouvé la présence des Streptocoques fécaux recherchés dans tous les eaux analysés mais à différents charge. Les eaux usées entrée contiennent la plupart de ces germes par contre après l'épuration on observe la diminution dans chaque tube de simple ou de double concentration. Aussi pour l'eau d'élevage de poisson on remarque des variations entre les tubes avant et après la phyto-épuration. L'eau de citerne, l'eau de robinet et l'eau d'irrigation sont montrés la présence des Streptocoques fécaux à des valeurs différents (**voir Tableau 05**).

VI.2. Discussion

Afin de répondre aux objectifs de notre travail, nous avons réalisé des analyses physico-chimiques des eaux de différentes natures. Alors, nous avons trouvé les valeurs suivantes :

Les valeurs de la température des différents échantillons sont très proches. Elles oscillent entre un minimum de 21°C et un maximum de 31°C pour les eaux à analyser. En Algérie, les normes des eaux épurées admises dans la nature sont de l'ordre de moins du 30°C. Néanmoins, ces valeurs sont raisonnables et constitue les valeurs de T° favoris pour les bactéries (**Hamaidi et al., 2006**).

Les valeurs du pH des eaux brutes sont comprises entre 6.5 et 8.5 en moyenne ce qui est une caractéristique des eaux à analyser dont le pH est plus favorable à l'action bactérienne pour les processus d'épuration aérobie et anaérobie (**Franck, 2002**).

La conductivité pour l'eau de citerne, l'eau de robinet, l'eau d'irrigation, l'eau sortant et l'eau de poisson après la phyto-épuration les valeurs sont inférieures de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (normes algérienne) par contre des autre échantillons sont élevés, elles dépend des charge de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'épuration qui concentre ces sels dans l'eau (**Belghiti et al., 2013**).

Nos résultats obtenus des paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité) sont similaires aux résultats de **Gadda (Gadda, 2012)**.

Pour l'oxygène dissous, la concentration à saturation de l'oxygène augmente dans l'eau usée, ce qui conduit à l'augmentation de la réserve d'oxygène mise la disposition des processus d'épuration (**Rodier, 1984**). Ce résultat identique à celui de l'oxygène dissous mesuré par **Ouanoki et Achour (Ouanoki et Achour, 2014)**.

Chapitre V: Résultats et discussion

Concernant la turbidité, les eaux de poisson et de robinet ont une valeur de turbidité moyenne car la diminution de la matière en suspension (**Rodier et al., 2009**).

Pour la salinité, nous avons remarqué la variation entre les eaux usées et les eaux épurées a des valeurs de : 11.4 et 3.6, et aussi pour l'eau d'élevage de poisson (avant de la phyto-épuration 12.7 et après la phyto-épuration 8.9). Ces résultats peuvent être issus a partir du traitement primaire (filtration des différents molécules).

Tous les valeurs de paramètre Solide dissous totale des différents échantillons sont dissous la norme algérienne (35mg/l).

Afin de vérifier l'efficacité du traitement biologique des eaux, il est pratiquement convenable de voir la qualité microbiologique de différentes eaux :

L'eau de citerne ne contient pas des coliformes fécaux mais elle contient des coliformes totaux à raison de 41 UFC, certaines bactéries Streptocoques fécaux avec l'absence totale des *Clostridium* sulfito-réducteurs.

L'eau d'irrigation est une eau inacceptable en termes de normes car elle contient un taux élevé des Streptocoques fécaux malgré que le taux des coliformes totaux est au normes Algériennes (nombre de 10 UFC). Ces résultats sont similaires à celles de l'eau de robinet sauf qu'elle contient des coliformes totaux à 25 UFC.

Les eaux usées entrées contiennent des coliformes totaux (29 UFC), des coliformes fécaux (74 UFC), pastille des streptocoques fécaux et les *Clostridium* Sulfito-réductrices. L'eau sortant ne contient pas des coliformes, moins de nombre initial de Streptocoques et encore de l'absence totale de *Clostridium* Sulfito-réductrice.

L'eau de poisson avant l'épuration contient des coliformes totaux et fécaux mais d'après le dénombrement en peut dire que l'eau contient un nombre acceptable de <10 UFC. Après l'épuration, les colonies ont disparut (00 UFC).

Les résultats obtenu peuvent s'expliqués d'une part par le traitement biologique utilisé dans la STEP favorise la croissance bactérienne pour la dégrader la pollution carbonée ou azotée par exemple : *Pseudomonas*, et d'autre part par l'absence d'un traitement de désinfection qui sert à la destruction des germes pathogène. En plus, l'eau usée est considérées comme le milieu optimal pour la prolifération microbienne (**Ounoki et Achour, 2014**).

Chapitre V: Résultats et discussion

Les résultats de Amirat et Neciri sont identique a nous de l'eau de citerne a nous de l'eau de citerne sauf que nos résultats ne contenir pas de l'apparition des coliformes fécaux **(Amirat et Neciri, 2017)**.

Pour l'eau de robinet, la qualité bactériologique qui nous trouvant est différent que la qualité bactériologique en 2005 d'après Djellouli et taleb **(Djelloui et taleb, 2005)**.

Nos résultats des eaux de la STEP Said Otba est le même des résultats bactériologiques de Tfyeché en 2014 sauf que nous trouvons quelques germes des Streptocoques fécaux **(Thyeche, 2014)**.

Conclusion

Conclusion

Notre étude a été réalisée dans le but de déterminer les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux des différentes natures de la wilaya de Ouargla.

Nous sommes intéressées de certains paramètres physico-chimiques (T°, pH, oxygène dissous...etc.) et bactériologiques (présence des coliformes totaux, coliformes fécaux, *Clostridium* sulfito-réducteurs et streptocoques fécaux) des échantillons (l'eau de citerne, l'eau de robinet, l'eau d'irrigation, l'eau usée et traité et l'eau d'élevage de poisson) pour vérifier leurs qualité suivant les normes de l'épuration en se référant aux normes algériennes.

Selon le résultat physico-chimique, on peut dire que les eaux de mauvais traitement sont :

- L'eau de robinet et l'eau de citerne à partir leurs valeurs de température et la turbidité.
- L'eau traitée et d'irrigation d'après la turbidité aussi, mais pour la turbidité on n'y a pas grave à la santé humaine.

Les résultats bactériologiques obtenus montrent que la flore prédominante est la flore mésophile dont le niveau de contamination suivie par les coliformes totaux, les coliformes fécaux, Streptocoque avec l'absence de *Clostridium* sulfito-réducteurs de la plupart des échantillons sauf pour l'eau usée, l'eau de poisson avant la phyto-épuration et l'eau de robinet. Donc notre STEP est bien traitée l'eau par contre les eaux de mauvaise qualité sont l'eau de citerne, l'eau, de l'irrigation, et l'eau de robinet.

A la lumière des conclusions rapportées précédemment, nous recommandons quelques perspectives comme suit :

- Continuer des analyses physico-chimiques que nous ne pouvions pas faire comme nitrate, nitrite, chlorure, phosphore,...etc.
- Rechercher d'autres germes pour prévenir les maladies qu'ils causent.
- Proposer des moyens de traitement pour éliminer les effets nocifs sur l'homme.

A blue rounded rectangle with a thin white border, centered on a white background. It contains the text 'References bibliographiques' in a bold, italicized, black serif font.

***References
bibliographiques***

Références bibliographiques:

- **Abouzlam, M., 2006.** Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par ozonation catalytique. Thèse de doctorat en sciences et ingénierie pour l'information mathématique. Université de Poitiers.
- **Alice, D., 1979.** Des normes régionales et universelles pour les droites de la personne. volume : 16, pp 46-91.
- **Annie, C et Françoise, P., 2001.** Le préparateur en pharmacie, dossier 4: Microbiologie-Immunologie, Broché-décembre 2000.
- **Amirat, A., Neciri, S., 2017.** Etude de la qualité bactériologique de l'eau de citerne vendue dans la ville d'Ouargla. Mémoire master. Université kasdi merbah, pp : 39.
- **Asano, T., 1998.** Wastewater reclamation and reuse. Ed, Water quality management library, pp 1475.
- **Bassompierre, C., 2007.** Procédé a boues activées pour le traitement d'effluents papetier: de la conception d'une pilote a la validation de modèles. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42.
- **Baumont, S., Camard, J-P., Lefranc, A., Franconi, A., 2004.** Réutilisation des eaux épurées : risque sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Rapport ORS, pp: 220.
- **Baumont, S., Camard, J-P., Lefranc, A., Franconi, A., 2005.** Réutilisation des eaux épurées : risque sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.
- **Belaid, N., 2010.** Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax, pp:1-39.
- **Benelmouaz, A., 2015.** Performances épuratoires d'une station d'épuration de Maghnia. Mémoire de master en hydraulique. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
- **Berne, F ; Jean, C., 1991.** Traitement des eaux, Edition TECHNIP, pp306.
- **Bixio, D., Thoeye, C., Wintgens, T., Ravazzini, A., Miska, V., Miska, V., Muston, M., Chikurel, H., Aharoni, A., Joksimovic, D and Melin, T., 2008.** Water reclamation and reuse: implementation and management issues.
- **Boutin, Catherine, Dutartre, Alain, 2014.** Note-Des macrophytes pour épurer les eaux, pp : 70-73.

Références bibliographiques:

- **Cardot, C., 1999.** Les traitements de l'eau-Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris, pp 247.
- **Chahapman, C., 2012.** Collaboration for aquaponics sustainable energy: a low carbon emitting energy source for urban aquaponics systems. Milwaukee: Milwaukee school of engineering.
- **Chocat, B., 1997.** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et assainissement. Edition Techniques et documentations, Paris, pp1124.
- **Corsin, P et Le strat, P., GLS, 2007.** Réutilisation des eaux usées, les effluents des stations d'épuration : comment les rendre aptes à une seconde vie. L'eau, l'industrie, les nuisances 299, pp: 38-39.
- **Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), 1995.** Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines Section des eaux, pp22.
- **Degremont, 1989.** Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, pp 592.
- **Degremont, 2005.** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2^{ème} édition Cinquantenaire, Paris, pp: 109-599.
- **Devillers, J., Squilbin, M., Yourassowsky, C., 2005.** Qualité physicochimique et chimiques des eaux de surface, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement.
- **Djabri, L., 1996.** Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse, origine géologiques, industrielles, agricoles et urbaines, Thèse de doctorat d'état, Université d'Annaba, Algérie, pp 176.
- **Djellouli, H-M., Taleb, S., 2005.** Qualité chimique et bactériologique des eaux de consommation du Sud Algérien, Université de Sidi Bel-Abbès. Algérie.
- **Ecosse, D., 2001.** Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémoire D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'eau », Fac. Sciences, Amiens, pp 62.
- **Effebl, K-R., 2009.** Lagunage anaérobie : modélisation combinant la décantation primaire et la dégradation anaérobie. Thèse Doctorat. Université de Liège Campus d'ARLON, pp 7-9.
- **Faby, J-A et Brissaud, F., 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation Office International de l'Eau, pp76.

Références bibliographiques:

- **FAO, 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, pp73.
- **Franck, R., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP Aquitaine. Bordeaux, pp : 165-239.
- **François, A., 2008.** L'eau et ses enjeux, Edition de Boeck, pp134.
- **Foucard, P., Tocqueville, A., Gaumé, M., Lejolivet, C., Labbé, L., Darfeuille, B., Baroiller, J-F., 2016.** Première expérimentations d'aquaponie associant aquaculture et horticulture, pp : 45.
- **Gadda, N., 2013.** Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla. Mémoire master. Université kasdi merbah Ouargla, pp : 37.
- **Germain, E., Bancroft, L., Dawson, A., Hinrichs, C., Fricker, L et Pearce, P., 2007.** Evaluation of hybrid process for nitrification by comparing MBBR/AS and IFAS configurations. Water Sci. Technol 55, pp: 8-9.
- **Goujou, 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire (2^{ème} éd.) Traitement des eaux de refroidissement.
- **Gravez & Bernard, 2006.** Pollution marine: les définitions [Www.com.univ.mrs.fr](http://www.com.univ.mrs.fr)
- **Grosclaud, G., 1999.** L'eau, tome 1: Milieu naturel et maîtrise et tome 2 : Usages et polluants. Versailles, Institut National de la recherche, 204p et 210p.
- **Hacene, H., 2016.** Microbiologie fondamentale et appliqué Tomel, pp 477.
- **Hamaidi, F., Zoubiri, A-F., Hamaidi, M-S., Debib, A., Kais, H., 2002.** Evaluation de l'efficacité de la station d'épuration de media (ALGERIA), pp : 113-128.
- **Hamed, M., Guettache, A., Bouamer, L., 2012.** Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA (Bechar). Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Contrôle de qualité et d'Analyse. Faculté des sciences et technologies. Département des sciences. Université de Bechar, pp134.
- **Hartemann, P., 2004.** Contamination des eaux en milieu professionnel, EMC Toxicologie Pathologie, Elsevier, pp : 63–78.
- **Hébert et Légaré, 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau, par le Ministère de l'environnement et le Gouvernement du Québec.
- **ISO, 1986.** Recherche et dénombrement des spores de microorganismes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia)-partie 1 : méthode par enrichissement dans un milieu liquide.

Références bibliographiques:

- **Kourchi, 2010.** Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO.
- **Lahouel, A., 2010.** Contribution à l'étude de quelques paramètres physico-chimiques du lac Témachine (Touggourt). Mémoire de fin d'étude d'ingénieur en aquaculture. Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **Lazarova, V., 1998.** La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000. L'eau, l'industrie, les nuisances, n°212, pp 39-46.
- **Lazarova, V., 2003.** Rôle de la réutilisation des eaux usées pour la gestion intégrée des ressources. L'eau, l'industrie, les nuisances, n°227, pp:147-157.
- **Leyral, G., Ronnefoy, C., Guillet, F., 2002.** Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, Paris, pp: 245.
- **Liu, F., Mitchell, C, Odom, J-W., Hill, D-T., Rochester, E-W., 1997.** Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.
- **Loumi et Yefsah, 2010.** Valorisation des eaux usées traitées en irrigation ; cas de la station d'épuration Est de T.O. Mémoire d'ingénieur UMMTO, pp 134.
- **Madigan et Martink, 2007.** Biologie des microorganismes. 11^{ème} édition, Pearson/éducation, Paris, pp 918-932.
- **Marsily, G., 1995.** L'eau. Ed. Flammarion 128.
- **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 doctorat. Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou.
- **Ministère des Ressources en Eau (MRE), 2006.** Assainissement et traitement des eaux usées.
- **Mizi, A., 2006.** Traitement des eaux de rejet d'une raffinerie- région de Bejaia et valorisation de déchets oléicoles. Thèse de doctorat en chimie et environnement. Université Badji Mokhtar Annaba.
- **OMS, 2004.** Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol 2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, pp 1050.
- **ONA, 2009.** Rapport de l'Office National de l'Assainissement d'Algérie.
- **Ouanaki, S., Achour, S., 2014.** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville de Ouargla. Possibilité

Références bibliographiques:

- de leur valorisation en irrigation, pp 247-258. Université de Biskra-Université Kasdi Merbah Ouargla.
- **Ouali, M-S., 2001.** Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des Publications Universitaires, Alger, pp:12-31.
 - **Perry, J., 1984.** Microbiologie : cours et question de révision. Ed. Dunod. Paris.
 - **Paul, R., 1971.** De-icing salts as a source of water pollution. Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Toronto.
 - **Ramade, F., 1989.** Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Edition Ediscience internationale. Paris.
 - **Rejeseck, 2002.** « Analyse des eaux ; aspects réglementaire et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
 - **Rodier, J., 1996.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. Paris, pp 1260.
 - **Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J-P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L., 1997.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, 8^{ème} édition : DUNOD, imprimé en Belgique.
 - **Rodier, J., 2005.** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition DUNOD technique. Paris, pp 1008-1043.
 - **Rodier, J., 2009.** « Analyse de l'eau » 9^{ème} édition, Dunond, Paris.
 - **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. 2009.** L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dunod, pp 1579.
 - **Savary, P., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, PP : 10-179.
 - **Schwartzbrod, L., 2000.** virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture, centre collaborateur OMS pour les microorganismes dans les eaux usées, Faculté de Pharmacie, Nancy, France, pp 292.
 - **Tfeyeche, 2014.** Suivi de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux usées de Ouargla au cours de leur traitement. Mémoire master. Université kasdi merbah Ouargla.
 - **Valiron, F., 1983.** Orléons. La réutilisation des eaux usées. (Climats tempérés), pp208.

Références bibliographiques:

- **Vilagines, R., 2003.**Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} éditions, Editions Tec&Doc, pp198.
- **Vincent, 2006.** Etude d'expertise en aquaculture – environnement – pêche – pollution. Saint-Maximin-France.
- **Xanthoulis, 1993.** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires.
- **Zeghoud, 2014.** L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Mémoire Master. Université d'El Oued. (<http://id.eaufrance.fr/par/5479>)

Annexes

Annexe 01 : Matériels utilisées au laboratoire

- ✓ Pipettes pasteurs
- ✓ Boîtes pétries
- ✓ Etuve réglée à 37°C, 44°C.
- ✓ Bec bunsen
- ✓ Bain marie
- ✓ Tubes à essais stériles
- ✓ Flacons stériles
- ✓ Etiquettes
- ✓ Portoirs
- ✓ Multi-paramètre :

Mode opératoire

U-50 sonde multi-paramètre(HORIBA) est capable en un seul appareil de mesure et d'afficher simultanément les résultats de différents paramètres d'indication de qualité physico-chimique des eaux.

- Rincer le bras de l'appareil et le récipient par l'eau distillée avant la mesure
- Verser l'échantillon de l'eau à analyser dans le récipient pour faire la mesure
- Disposer le bras de l'appareil dans le récipient
- Cliquer sur le bouton « Power » puis le bouton « Entrer »



Produits utilisés

- ✓ Milieu de culture Rothe
- ✓ Milieu de culture EVA LITSKY
- ✓ Milieu gélose viande de foie (VF)
- ✓ Milieu de culture VRBL
- ✓ Azide de sodium
- ✓ Sulfite de sodium
- ✓ Alun de fer
- ✓ Éthyle violet

Composition des diluants (g/l)

Eau physiologique 9/ml :

Annexe

- ✓ NaCl 9g
- ✓ Eau distillée 1000ml

Annexe 02 : Milieux des cultures

❖ Gélase viande-foie (NF T 90-415, 1985)

Formule : Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillée.

Peptone viande-foie.....	30
Glucose	2
Amidon soluble	2
Sulfite de sodium	2,5
Citrate ferrique ammoniacal	0,5
Agar	11
pH final à 25°C : 7,6 ± 0,2	

❖ Bouillon de ROTHE (Rothe, 1948)

Formule : Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillé.

Tryptose	15
Extrait de bœuf	4,5
Chlorure de sodium.....	7,5
Glucose	7,5
Azide de sodium.....	0,2
pH final à 25°C : 7,2 ± 0,2	

❖ Gélase VRBL (Marshall, 1992)

Formule : Ingrédients en grammes pour 1 litre d'eau distillé.

Peptone	7
Extrait de levure	3
Sels biliaires	1,5
Lactose	10
Chlorure de sodium.....	5
Rouge neutre	0,3
Cristal violet	0,002
Agar.....	15
pH final à 25°C : 7,4 ± 0,2	

❖ Milieu de Litsky (Litsky *et al.*, 1953)

Formule : Ingrédients en grammes pour un litre d'eau distillé.

Peptone de viande	10
Peptone de caséine	10
Glucose	5
Phosphate di-potassique	2,70

Annexe

Phosphate monopotassique	2,70
Chlorure de sodium	5
Azide de sodium	0,30

Résumés

Résumés

Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux épurées dans la région de Ouargla

Résumé

L'eau est une ressource naturelle, l'être vivant ne peut vivre sans elle. L'objectif de cette étude a visé le suivi de la qualité physico-chimique (T°, pH, conductivité, salinité, oxygène dissous, turbidité) et la qualité bactériologique tel que (coliformes totaux, coliforme fécaux, Streptocoques fécaux et des *Clostridium* Sulfito-réducteurs) des eaux épurées des cinq échantillons (eau de citerne, eau de robinet, eau d'irrigation, eau de station d'épuration Saïd Otba et eau de l'élevage de poisson) dans la région de Ouargla.

Les résultats physico-chimique obtenus que :

- Les valeurs du pH des eaux brutes sont comprises entre 6.5 et 8.5.
- La conductivité pour l'eau de citerne, l'eau de robinet, l'eau d'irrigation, l'eau sortant et l'eau de poisson après la phyto-épuration les valeurs sont inférieurs de 2800 μ S/cm (normes algérienne) par contre des autre échantillons sont élevés.
- Pour l'oxygène dissous, la concentration à saturation de l'oxygène augmente dans l'eau usée, ce qui conduit à l'augmentation de la réserve d'oxygène mise la disposition des processus d'épuration (**Rodier, 1984**).
- Concernant la turbidité, les eaux de poisson et de robinet ont une valeur de turbidité moyenne.
- Pour la salinité, nous avons remarqué la variation entre les eaux usées et les eaux épurées a des valeurs de : 11.4 et 3.6, et aussi pour l'eau d'élevage de poisson (avant de la phyto-épuration 12.7 et après la phyto-épuration 8.9).
- Tous les valeurs de paramètre Solide dissous totale des différents échantillons sont dissous la norme algérienne (35mg/l).

Les résultats bactériologique obtenus que :

- L'eau de citerne ne contient pas des coliformes fécaux mais elle contient des coliformes totaux à raison de 41 UFC, certaines bactéries Streptocoques fécaux avec l'absence totale des *Clostridium* sulfito-réducteurs.
- L'eau d'irrigation est une eau inacceptable en termes de normes car elle contient un taux élevé des Streptocoques fécaux malgré que le taux des coliformes totaux est au normes Algériennes (nombre de 10 UFC). Ces résultats sont similaires à celles de l'eau de robinet sauf qu'elle contient des coliformes totaux à 25 UFC.
- Les eaux usées entrées contiennent des coliformes totaux (29 UFC), des coliformes fécaux (74 UFC), pastille des streptocoques fécaux et les *Clostridium* Sulfito-réductrices. L'eau sortant ne contient pas des coliformes, moins de nombre initial de Streptocoques et encore de l'absence totale de *Clostridium* Sulfito-réductrice.
- L'eau de poisson avant l'épuration contient des coliformes totaux et fécaux mais d'après le dénombrement en peut dire que l'eau contient un nombre acceptable de <10 UFC. Après l'épuration, les colonies ont disparut (00 UFC).

Donc l'eau usée de la SETP Saïd Otba sont biens traité par rapport des autres eaux à analyser. Donc, il peut jet dans la nature sans causer des risques ou utiliser ses eaux épurées en l'irrigation ou pour d'autre utilisation. Aussi, pour l'eau d'élevage de poisson, nous constatons que la phyto-épuration est efficace dans notre région. Par contre, l'eau de citerne, l'eau de robinet et l'eau d'irrigation ont encore besoin de traitement.

Mot clés : eaux usées, eaux épurée, qualité physicochimique, qualité bactériologique, région de Ouargla.

Résumés

Study of the physico-chemical and microbiological quality of treated water in the Ouargla region

Abstract

Water is a natural resource, a living being cannot live without it. The objective of this study aimed at monitoring the physicochemical quality (T °, pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen, turbidity) and the bacteriological quality such as (total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci and Clostridium Sulfito -reducers) of the purified water from the five samples (cistern water, tap water, irrigation water, water from Saïd Otba sewage treatment plant and water from fish farming) in the Ouargla region.

The physico-chemical results obtained that:

- The pH values of raw water are between 6.5 and 8.5.
- The conductivity for tank water, tap water, irrigation water, outgoing water and fish water after phyto-purification the values are lower than 2800 $\mu\text{S} / \text{cm}$ (Algerian standards) on the other hand other samples are high.
- For dissolved oxygen, the saturated oxygen concentration increases in the wastewater, which leads to an increase in the oxygen reserve made available for purification processes (Rodier, 1984).
- Regarding turbidity, fish and tap water have an average turbidity value.
- For the salinity, we noticed the variation between the waste water and the purified water has values of: 11.4 and 3.6, and also for the water of fish farming (before the phyto-purification 12.7 and after the phyto-purification. -purification 8.9).
- All the values of parameter Total dissolved solid of the different samples are dissolved the Algerian standard (35mg / l).

The bacteriological results obtained that:

- Tank water does not contain fecal coliforms but it does contain total coliforms at a rate of 41 CFU, certain bacteria fecal streptococci with the total absence of sulfite-reducing Clostridium.
- Irrigation water is unacceptable in terms of standards because it contains a high rate of faecal streptococci despite the fact that the rate of total coliforms is at Algerian standards (number of 10 CFU). These results are similar to those of tap water except that it contains total coliforms at 25 CFU.
- The incoming wastewater contains total coliforms (29 CFU), faecal coliforms (74 CFU), faecal streptococcus pellet and Clostridium Sulfito-reducing. The outgoing water does not contain coliforms, less initial number of Streptococci and again the complete absence of Clostridium Sulfito-reducing.
- Fish water before treatment contains total and fecal coliforms but after enumeration can say that the water contains an acceptable number of <10 CFU. After the purification, the colonies disappeared (00 CFU).

So the waste water from SETP Said Otba is well treated compared to other water to be analyzed. So it can be discharged into nature without causing any risk or use its purified water for irrigation or for other uses. Also, for fish farm water, we find that phyto-purification is effective in our region. On the other hand, cistern water, tap water and irrigation water still need treatment.

Keywords: wastewater, purified water, physicochemical quality, bacteriological quality, Ouargla region.

Résumés

دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للمياه المعالجة بمنطقة ورقلة

ملخص

الماء مورد طبيعي، لا يمكن للكائن الحي أن يعيش بدونه. هدفت هذه الدراسة إلى مراقبة الجودة الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة ، ودرجة الحموضة ، الناقلية ، والملوحة ، والأكسجين المذاب ، والعكورة) والجودة البكتريولوجية مثل (القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية ، العقدية البرازية المطثية الكبريتية - مخفضة) للمطهرات. المياه من العينات الخمس (مياه الآبار ، مياه الصنبور ، مياه الري ، مياه الصرف الصحي من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في سعيد عتبة ، ومياه الاستزراع السمكي) في منطقة ورقلة.

النتائج الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها:

• قيم الأس الهيدروجيني للمياه الخام ما بين 6.5 و 8.5.

• الناقلية لمياه الخزان ومياه الصنبور ومياه الري والمياه الخارجة ومياه تربية الأسماك بعد التنقية النباتية القيم أقل من 2800 μS /سم (المواصفات الجزائرية) من ناحية أخرى العينات الأخرى عالية.

• بالنسبة للأكسجين المذاب ، يزيد تركيز الأكسجين المشبع في مياه الصرف ، مما يؤدي إلى زيادة احتياطي الأكسجين المتاح لعمليات التنقية.

• فيما يتعلق بالعكورة ، فإن مياه تربية الأسماك ومياه الصنبور قيمة التعكر متوسطة.

• بالنسبة للملوحة ، لاحظنا أن التباين بين مياه الصرف والمياه النقية له قيم: 11,4 و 3,6 وكذلك مياه تربية الأسماك (قبل تنقية النباتات 12,7 وبعد التنقية النباتية 8,9).

• جميع قيم المعلمات الإجمالي للمواد الصلبة الذائبة من العينات المختلفة أقل من المقاييس الجزائرية (35 ملجم / لتر).

تم الحصول على النتائج البكتريولوجية على النحو التالي:

• مياه الخزان لا تحتوي على القولونيات البرازية ولكنها تحتوي على القولونيات الكلية بمعدل 41، بعض البكتيريا العقدية البرازية مع الغياب التام للمطثيات التي تقلل الكبريتيت.

• مياه الري غير مقبولة من حيث المواصفات لاحتوائها على نسبة عالية من العقديات البرازية على الرغم من أن نسبة القولونيات الكلية هي بالمعايير الجزائرية (عدد 10) تتشابه هذه النتائج مع نتائج ماء الصنبور إلا أنه يحتوي على بكتيريا القولونية الكلية عند 25 وحدة تشكيل مستعمرة.

• تحتوي مياه الصرف الواردة على مجموع القولونيات (29، القولونيات البرازية 74)، الحبيبات العقدية البرازية و Clostridium Sulfito للحد من. لا تحتوي المياه الخارجة على القولونيات ، وعدد أقل من المكورات العقدية الأولية ، ومرة أخرى الغياب التام للمطثيات المختزلة للكبريت.

• تحتوي مياه الأسماك قبل المعالجة على القولونيات الكلية والبرازية ولكن بعد العد يمكن القول أن الماء يحتوي على عدد مقبول من >10 بعد التطهير ، اختفت المستعمرات (oo)

لذلك فإن مياه الصرف من SETP سعيد العتبة تمت معالجتها بشكل جيد مقارنة بالمياه الأخرى المراد تحليلها. لذلك يمكن تصريفها في الطبيعة دون التسبب في أي مخاطر أو استخدام مياهها النقية للري أو لاستخدامات أخرى. أيضاً، بالنسبة لمياه تربية الاسماك، نجد أن تنقية النباتات فعالة في منطقتنا. من ناحية أخرى ، لا تزال مياه الصهاريج ومياه الصنبور ومياه الري بحاجة إلى العلاج.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي ، المياه النقية ، الجودة الفيزيائية والكيميائية ، الجودة البكتريولوجية ، منطقة ورقلة.