

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer
et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de Fin d'Études
En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en Sciences de la Mer

Option : Environnement Marin

Thème :

**Évaluation des Paramètres Physico-chimiques
et Bactériologiques au Niveau de la Plage
El Bahdja avec les Apports de l'Oued Béni-Messous**

Présenté par :

- ❖ OMEIRI MOHAMED ZOHEIR EDDINE
- ❖ SELLAMI LOUIZA

Soutenu le 12 Juillet 2016, devant le jury composé de :

Mme HOUMA BACHARI F.	Professeur	(ENSSMAL)	Présidente
Mme ALOUACHE S.	Maître de Conférence A	(ENSSMAL)	Examinatrice
M. DRICHE M.	Maître de Conférence B	(ENSSMAL)	Examineur
M. KADA M.	Maître Assistant B	(ENSSMAL)	Promoteur
M. BENSAYAH H.	Chef de service d'exploitation (STEP)	(S.E.A.A.L)	Co-Promoteur

Promotion 2015/2016

Remerciements

On remercie ALLAH le tout puissant, de nous avoir donné l'occasion, la force et la patience de réaliser ce travail.

*Tout d'abord, nous voudrions témoigner notre plus grande gratitude à Monsieur **KADA Mohamed**, d'avoir accepté de diriger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nos sincères remerciements pour son soutien attentif et bienveillant et d'avoir été présent à chaque fois qu'on a eu besoin.*

*Nous tenons à remercier également Monsieur **Bensayah Hichem**, Chef de service et d'exploitation au SEAAL, d'avoir codirigé ce travail et pour tous les conseils qu'il nous a prodigués.*

*Nos plus vifs remerciements à Madame la directrice des études à (ENSSMAL) **Pr. Houma Bachari F.**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Dr Driche M.M. MC. B** (ENSSMAL), et à **Dr. Alaouache S. MC.A** (ENSSMAL), pour leurs aides et leurs soutiens et pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.*

*Nous voulons témoigner notre reconnaissance à toute l'équipe de la SEAAL, en particulier Madame **Mohemdi Haoua** et **Melle Manel** pour leur assistance et aide permanente lors de nos manipulations ainsi que pour leurs précieux conseils.*

*Nous remercions également madame **Refes** et **Yasmine** équipe du laboratoire de microbiologie d'ENSSMAL, de nous avoir assistés lors des manipulations, ainsi que pour leur aide et leur disponibilité.*

*Un grand merci à **Tarmoul Fateh**, **Andjoh Mohamed**, **Sayem Sidali** de nous avoir aidés pour la réalisation de cette étude.*

Nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Mohamed Zoheir Eddine & Louiza

Listes des Figures

Figure 1.1 :	Vue microscopique d'une colonie de <i>Staphylococcus aureus</i>	23
Figure 1.2 :	Vue microscopique d'une colonie de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23
Figure 1.3 :	Vue microscopique d'une colonie de <i>Salmonella</i>	24
Figure 1.4 :	Vue microscopique d'une colonie de <i>Streptocoques</i>	26

Figure 2.1 :	Les différentes sous bassins versants d'oued Beni-Messous	33
Figure 2.2 :	Localisation géographique de la plage « El Bahdja »	34
Figure 2.3 :	Localisation de la station d'épuration des eaux usées de Béni Messous dans la baie d'El Djamila	35
Figure 2.4 :	Schéma synoptique des différents ouvrages de la station d'épuration de Béni-Messous	36

Figure 3.1 :	Choix et localisation des stations d'étude	40
Figure 3.2 :	Méthode de dénombrement des coliformes totaux, thermo-tolérants et <i>Escherichia col</i> dans l'eau	45
Figure 3.3 :	Méthode de dénombrement des Streptocoques Fécaux dans l'eau	47
Figure 3.4 :	Méthode de dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> dans l'eau	49
Figure 3.5 :	Méthode de dénombrement de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> dans l'eau	51
Figure 3.6 :	Technique de recherche des salmonelles	52
Figure 3.7 :	Technique d'identification des salmonelles	53

Listes des Figures

Figure 4.1:	Variation de la température au niveau des différentes stations d'étude en fonction du temps	55
Figure 4.2:	Variation de pH en fonction de la période et des stations d'étude	56
Figure 4.3:	Variation de l'oxygène dissous en fonction de la période d'étude et des stations	58
Figure 4.4:	Variation temporelle de salinité (S) au niveau de l'oued et de la STEP	59
Figure 4.5:	Évolution de la salinité (S) au niveau de la plage	60
Figure 4.6:	Teneurs en matières en suspension dans les différentes stations en fonction du temps	60
Figure 4.7:	Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅) des différentes stations en fonction du temps	62
Figure 4.8:	Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des différentes stations en fonction du temps	63
Figure 4.9:	Présence de carcasse de volaille sur l'Oued Beni-Messous	69
Figure 4.10:	Le mélange des eaux épurées avec les eaux de l'oued	70

Listes des tableaux

Tableau 1.1 : Parc national des stations d'épuration	30
Tableau 3.1 : Géolocalisation des stations d'étude	41
Tableau 4.1 : Concentrations des Coliformes Totaux aux niveaux des différentes stations	64
Tableau 4.2 : Concentrations des Coliformes Fécaux aux niveaux des différentes stations	65
Tableau 4.3 : Présence d' <i>E.coli</i> au niveau des différentes stations	65
Tableau 4.4 : Concentrations des Streptocoques (genre entérocoque) fécaux aux niveaux des différentes stations	66
Tableau 4.5 : Concentrations des <i>Staphylococcus aureus</i> aux niveaux des différentes stations	67
Tableau 4.6 : Concentrations des <i>Pseudomonas aeruginosa</i> aux niveaux des différentes stations	67
Tableau 4.7 : Les résultats qualitatifs des Salmonelles sur les différentes stations durant l'étude	68
Tableau 4.8 : Concentration des différents paramètres bactériologiques requis pour les eaux de baignades	69

Sommaire

Introduction	13
<u>Chapitre 1 : Généralités</u>	16
1. Généralité sur l'eau	16
2. Pollution marine	16
2.1. Définition	16
2.2. Eau usée	17
2.2.1. Eaux usées domestiques	17
2.2.2. Eaux usées industrielles	17
2.2.3. Eaux usées d'origine agricole	17
2.2.4. Eaux usées pluviales	17
2.2.5. Effluents hospitaliers	18
3. Les conséquences de la pollution	18
3.1. Conséquences sanitaires	18
3.2. Conséquences écologiques	18
3.3. Conséquences esthétiques	18
3.4. Conséquences économiques	18
4. Critères d'évaluation de la qualité de l'eau	19
4.1. La température T (C°)	19
4.2. Potentiel d'Hydrogène pH	19
4.3. La conductivité	20
4.4. Salinité	20
4.5. Oxygène dissous	20
4.6. La turbidité	21
5. Les indicateurs de pollutions	21
5.1. Matières en suspension	21
5.2. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	22
5.3. Demande chimique en oxygène (DCO)	22

Sommaire

6. Paramètres bactériologiques	22
6.1. Origines des bactéries dans le milieu aquatique	22
6.2. Les bactéries pathogènes	22
6.2.1. <i>Staphylococcus aureus</i>	22
6.2.2. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23
6.2.2. Salmonella	24
6.3. Les indicateurs de contamination fécale	24
6.3.1. Les coliformes totaux	24
6.3.2. Les coliformes fécaux	25
6.3.3. <i>Escherichia. Coli</i>	26
6.3.4. Entérocoques	26
7. Devenir des bactéries en milieu marin	27
8. Le traitement des eaux usées urbaine	27
8.1. Modes et systèmes de collecte des eaux usées	27
8.2. Principales étapes de traitement	28
8.2.1. Prétraitement	28
8.2.2. Traitement primaire	29
8.2.3. Traitement secondaire	29
8.2.4. Traitement tertiaire ou de finition	29
8.3. Inconvénients des stations d'épuration à boues activées	30
8.4. État des lieux au niveau national	30
9. Textes réglementaire régissant les eaux usées en Algérie	30
9.1. Normes algériennes de rejets d'effluents industriels	30
Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude	32
2. Présentation de la zone d'étude	32
2.1. Oued Beni Messous	32
2.2. La plage « El Bahdja »	33
2.3. Présentation de la station d'épuration des eaux usées Beni-Messous	34

Sommaire

2.3.1. Prétraitement	36
2.3.2. Traitement primaire	37
2.3.3. Traitement biologique	37
2.3.4. Station de comptage des eaux brutes et épurées	38
Chapitre 3 : Matériels et Méthodes	40
3.1. Choix et localisation des stations d'étude	40
3.1.1 Choix des stations d'étude	40
3.1.2 Localisation des stations d'études	40
3.2. Échantillonnage	41
3.3. Dosage des matières en suspension (MES)	41
3.4. Demande chimique en oxygène (DCO)	42
3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	43
3.6. Analyse bactériologique par filtration sur membrane	44
3.6.1. Recherche et dénombrement des coliformes	44
3.6.2. Recherche et dénombrement des entérocoques	46
3.6.3. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	48
3.6.4. Recherche et dénombrement de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	50
3.6.4. Recherche des salmonelle	52
Chapitre 4 : Résultats et Discussions	55
4. Résultats et discussion	55
4.1. Les paramètres physico-chimiques	55
4.1.1. Température (T)	55
4.1.2 Potentiel d'Hydriène (pH)	56
4.1.3. Oxygène dissous (OD)	58
4.1.4. Salinité (S)	59

Sommaire

4.2. Les matières en suspension (MES)	60
4.3. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	62
4.4. La demande chimique en oxygène (DCO)	63
4.5. Les paramètres bactériologiques	64
4.5.1. Coliformes totaux	64
4.5.2. Coliformes fécaux	64
4.5.3. Les Streptocoques fécaux (genre enterococcus)	66
4.5.4. <i>Staphylococcus aureus</i>	66
4.5.5. <i>Pseudomonas aéroginosa</i>	67
4.5.6. Les salmonelles	68
4.6. Qualité des eaux de baignade	69
4.7 Le traitement tertiaire	70
Conclusion	72
Bibliographie	79
Annexes	81
Résumé	

Listes des Abréviations

- APPL** : Agence de la Promotion et de la Protection du Littoral.
- ATU** : Allyl Thio Urée
- BEA** : Gélose Bile Esculine Azide
- BHIB** : Brain Heart Borth (Bouillon cœur-cerveau)
- C** : Conductivité électrique
- Cm** : Centimètre
- CT** : Coliformes Totaux.
- CTH** : Coliformes Thermotolérants
- DBO₅** : Demande Biochimique en Oxygène après 5 jours d'incubation.
- DCO** : Demande Chimique en Oxygène.
- DHEEWA** : Direction d'Hydraulique et de l'Économie de l'Eau de la Wilaya d'Alger
- E.B**: Eau Brute
- E.E**: Eau Épurée
- E.M**: Eau de Mer
- ENSSMAL** : École National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
- E.AP.C**: Eau de l'Oued Après le Contact
- E.AV.C** Eau de l'Oued Avant le Contact
- ERU** : Eau Résiduaire Urbaine
- éq.-hab** : Équivalent Habitant
- J** : Jours
- JORADP** : Journal Officiel de la République Algérienne.
- Kg** : Kilogramme

Listes des Abréviations

MER : Ministère Des Ressources en Eau et de l'Environnement

MES : Matières en Suspension

MVS : Matières Volatiles Sèches

OD : Oxygène Dissous

ONM : Office Nationale de la Météorologie

ONS : Office Nationale des Statistiques

S : Salinité

SEAAL : Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Alger :

STEP : Station d'Épuration Des Eaux Usées

T : Température

T.S.A : Trypticase-Soja-Agar

T.T.C : Chlorure Triphényl 2,3,5-Tétrazolium

Tu : Turbidité

SFB : Bouillon au Sélénite de Sodium et au Cystéine

S-S : Gélose Salmonella-Shigella

pH : Potentiel d'Hydrogène

UFC : Unité Formant Colonies

Vimp Valeurs impératives

VG Valeurs Guides

Listes des Abréviations



Introduction

Introduction

Ce qui appartient à tout le monde est le plus négligé, car tout individu prend le plus grand soin de ce qui lui appartient en propre quitte à négliger ce qu'il possède en commun avec, aujourd'hui au 21 siècle des centaines d'années après cette réflexion d'**Aristote** l'homme se trouve face à une situation critiques.

En effet, la pollution de l'environnement et des écosystèmes marins, est devenue un problème majeur, et une source d'inquiétude sans précédent dans le monde, à cause des déséquilibres et des désastres écologiques aux multiples formes d'altérations qui ne cessent de croître dont les rejets urbains, mais également industrielles (**Ait Tayaeb.L, 2001**).

En effet, le problème de la pollution s'aggrave de plus en plus, à l'heure actuelle et constitue un danger pour la santé publique (**Souidi, 2008**), en raison de l'accroissement démographique et du développement technologique (**Ait hamlet, 1998**), notamment les villes côtières, caractérisés par des écosystèmes complexes et fragiles, ces derniers nécessitant une surveillance régulière et à long terme (**Ben allaoua, 2013**).

C'est pourquoi, l'homme est dans sa lutte pour améliorer les conditions de vie, tout en sauvegardant l'environnement ainsi que son patrimoine écologique, et dans un cadre de développement durable et afin de minimiser l'impact croissant des activités mixtes urbaines et industrielles sur la zone du bassin Algérien (**Ben Allaoua, 2013**).

Dans cette optique, les autorités Algériennes ont adopté une stratégie d'assainissement générale (**Ben Allaoua, 2013**), ayant comme objectif, le raccordement et l'acheminement les eaux usées jusqu'aux stations d'épurations, pour réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, et en fin, soit les rejeter dans le milieu naturel en respectant les normes législatives ou les réutiliser en irrigation. (**Silhan, 2009**).

Actuellement, le taux de raccordement sur les 48 willaya du pays est de 87 % soit un linéaire de 43 000 Km du réseau d'assainissement (**MER, 2012**), soit une capacité de $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ d'eaux épurées produites par une vingtaine de stations, comme ils prévoient une réalisation à moyen terme, 52 autres stations pour 2020 et $972 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ et l'horizon 2030 pour une capacité de $1.271 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. (**Chahrat et Belabbas, 2011**)

Introduction

À cet effet, plusieurs stations de traitements des eaux usées ont été installées tout au long du littoral Algérois, à savoir Zéralda, Staouali, Elharach, Barraki, Ain-Taya, mais également Ain Béniane (**Ben Allaoua, 2013**).

Cette dernière, rejette ses eaux épurées dans la plage El Bahdja via l'Oued Béni-Messous, accusée d'être à l'origine de la charge polluante au niveau de cette plage, provoquant ainsi l'insalubrité de ces eaux de baignade.

C'est dans cette intention, notre travail s'est porté sur l'analyse bactériologique et physico-chimique des eaux de la plage El Bahdja, dans le but d'estimer le degré de pollution microbienne et ces causes possibles, à savoir les eaux de surface de l'oued qui débouche dans la plage où celle de la station d'épuration en question. En deuxième lieu, l'efficacité du fonctionnement de la station a été évaluée.

Le travail a comporté les chapitres suivants :

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution marine, les critères d'évaluations de la qualité de l'eau et le traitement de l'eau ;
- Le deuxième chapitre présente la zone d'étude comportant l'oued Beni-Messous, la plage El-Bahdja et la station d'épuration d'Ain Benian ;
- Le troisième chapitre est réservé à la partie expérimentale, dans laquelle sont exposés l'ensemble des méthodes et technique utilisées ;
- Le quatrième et dernier chapitre présente les résultats obtenus ainsi que les commentaires et les discussions avancés.

Enfin, une conclusion générale a clôturé ce mémoire.



Généralités

1. Généralité sur l'eau

L'eau est la source de la vie sur la terre, le principal constituant des êtres vivants, indispensable à toute vie (**Haddou, 2010**), ils représentent les deux tiers du corps humain, 71% de la terre et 90% de nombreux légumes et fruits (**Bliefert et Perraud, 2009**).

Bien que l'eau soit la substance la plus abondante sur terre, mais du fait que le besoin en eau augmente continuellement au cours du temps, cette substance est devenue un élément rare, un enjeu stratégique mondiale, dont la gestion, doit impérativement s'intégrer dans une perspective durable (**Bliefert et Perraud, 2009**). Le développement des différentes activités humaines, notamment industrielles, dépendent de la ressource en eau.

L'utilisation accrue, irresponsable et irrationnel de cette richesse, induit son altération mais également une série d'impact sur cette dernière, considérée étant l'habitat d'un nombre considérable de nombreux espèces faunistiques et floristiques.

2. Pollution marine

2.1. Définition

La pollution est l'introduction par l'homme, directement ou indirectement de substance ou d'énergie dans l'environnement marin, ayant pour conséquences des effets néfastes tels que nuisances pour les ressources vivantes, risques pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, altérations de la qualité de l'eau de mer et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs (**Lacaze, 1996**). En effet, un rejet ne sera par définition polluant que s'il amène une altération, c'est-à-dire une dégradation. (**Gaujous, 1995**).

Les eaux douces et océaniques sont devenues le réceptacle de pollution multiple : chimiques, organiques, radioactives, microbiologiques, d'origines variées : urbaine, industrielle, agricole. (**Emilian, 2009**).

2.2. Eau usée

Les eaux usées, appelées, également eaux résiduaires ou effluents, sont des eaux ayant subis une détérioration et transformation de leur propriété naturelle après usages. On englobe aussi les eaux de pluie qui s'écoulent dans les canalisations d'eau usée (**Bliefert et Perraud, 2001**).

Suivant l'origine des substances polluantes, les eaux usées peuvent être classés en 5 types :

2.2.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques sont issues de la cellule d'habitation familiale, elles comprennent :

- **Les eaux ménagères** : eau de cuisine et de salle de bain, constituent approximativement les deux tiers en volumes des eaux usées domestiques, elles renferment des matières en suspension, des matières dissoutes, organiques, ou même minérale provenant du lavage des sols ou des légumes. Elles sont caractérisées également par l'apport des savons et de détergents divers utilisés pour les toilettes et le lavage de la vaisselle, du linge et des locaux (**Bontoux, 1993**).
- **Les eaux vannes** : qui proviennent des W.C constituées par l'urine, les germes fécaux, les matières fécales diluées avec l'eau des chasses (**Bontoux, 1993**), des contaminants divers tels que les médicaments, et un nombre de peintures, mercure de thermomètre qui peuvent être apportés par les divers utilisations par les particuliers. (**Gomella et Guère, 1978**).

2.2.2. Eaux usées industrielles

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité. Elles englobent tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine comme (**Gaujous, 1995**) :

- Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires, équarrissages.) ;
- Hydrocarbures (raffineries) ;
- Métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries.) ;
- Eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

2.2.3. Eaux usées d'origine agricole

Le secteur de l'agriculture est une source non négligeable de pollution des eaux, et ceci par l'apport d'engrais et pesticides qui causent principalement et essentiellement la pollution diffuse (**Bontoux, 1993**). Cette pollution provient de fermes ou des cultures et se caractérise par de fortes teneurs en sels minéraux, azote, phosphore et potassium et également produits phytosanitaires pour le traitement (**Gaujous, 1995**).

2.2.4. Eaux usées pluviales

Pendant les périodes orageuses, elles peuvent constituer une importante source de pollution des cours d'eau. Elles se chargent en impuretés au contact de l'air (fumées industrielles). Pendant son ruissellement, elles charrient un amas de résidus comme les huiles de vidanges,

les carburants dans le périmètre urbain, les engrais et les pesticides en zones rurales (Debabza, 2005).

2.2.5. Effluents hospitaliers

Les effluents hospitaliers ont une qualité proche des eaux usées domestiques avec un volume supérieur. Les effluents générés par l'activité hospitalière peuvent présenter un danger potentiel pour l'homme et son environnement compte tenu de la nature et de l'importance des substances spécifiques qu'ils contiennent (résidus médicamenteux, réactifs chimiques, antiseptiques, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies...) et en raison de leur évacuation, au même titre que les rejets urbains classiques, vers le réseau d'assainissement communal sans traitement préalable (Debabza, 2005).

3. Les conséquences de la pollution

3.1. Conséquences sanitaires

Ce type de conséquence touche la santé de l'homme. Elles peuvent être liées à l'ingestion de l'eau et des fruits de mer, ou même par simple contact avec le milieu aquatique (Gaujous, 1995).

Les conséquences sanitaires d'une pollution sont variables dans le temps et en fonction de l'usage de l'eau (Gaujous, 1995).

3.2. Conséquences écologiques

Elle provoque la dégradation du milieu biologique. Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état du milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution.

Elle est à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu telle que la pêche, l'aquaculture, le tourisme, et ceci à court et à long terme (Gaujous, 1995).

3.3. Conséquences esthétiques

Il s'agit de conséquences perturbant l'image du milieu. Ce sont les conséquences les plus perceptibles par le grand public comme les bouteilles et les sachets en plastiques (Gaujous, 1995).

3.4. Conséquences économiques

Les pertes des revenus du tourisme, tant national qu'étranger, dues à la pollution des eaux littorales et à la dégradation des aménités côtières sont importantes et potentiellement catastrophiques pour certaines économies locales, nationales et régionales.

Outre leur incidence sur la santé humaine, les épidémies dues à la pollution des eaux littorales et des produits marins représentent un grave revers pour les économies des régions touchées par exemple l'épidémie du choléra en Italie en 1973 (**Hebbar, 2005**).

Les pertes économiques pour les pêcheries commerciales de certaines régions où la pêche et la culture marines ont dues être limitées ou abandonnées pour des raisons de santé publique ou encore les stocks de poissons se sont réduits par suite de la destruction des habitats ou des frayères (**Hebbar, 2005 ; Souidi, 2005**).

4. Critères d'évaluation de la qualité de l'eau

La qualité d'une eau est caractérisée par divers substances qu'elles contiennent, l'effet qu'elle génère sur l'écosystème et sur l'être humain (**Mouni, 2004**). Veiller à la bonne qualité de l'eau, c'est d'abord être capable d'y détecter la présence de polluants pour pouvoir ensuite organiser leur surveillance.

Il existe plusieurs types de stratégies pour organiser cette surveillance, basées sur des analyses physico-chimiques et biologiques conventionnelles, pour évaluer la qualité de l'eau par rapport aux valeurs seuil réglementaires (**Claude et al, 2011**).

4.1. La température T (°C)

La température est un descripteur de base pour la connaissance du milieu (**Aminot et Kerouel, 2004**). Cette caractéristique physique joue un rôle important, d'une part dans la solubilité des sels, des gaz en particulier l'oxygène, et d'autre part dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau (**Rodier et al., 1996**).

Elle intervient également dans les cycles biologiques par son influence sur ses activités dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces (**Aminot et chaussepied 1983**).

C'est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration, il peut influencer la multiplication des micro-organismes affectant ainsi l'épuration biologique.

4.2. Potentiel d'Hydrogène pH

La notion du pH sert à quantifier la concentration en ions H^+ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique (**Rejsek, 2002**) Elle a été introduite par Sorensen en 1909, qui l'avait défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions H^+ (**Aminot et Kérouel, 2004**).

En plus d'être un indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes (**Aminot et Kérouel, 2004**), le pH est important pour la vie aquatique et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eaux et les milieux récepteurs aquatiques (**Montégut, 1996**). En effet, cette dernière ne se développe que si sa valeur est comprise entre 6 et 9 (**Blinda, 2007**). Le contrôle du pH est important au cours du traitement de l'eau, en particulier au cours de l'étape de coagulation, floculation, ainsi que la désinfection par le chlore dont l'efficacité est fonction du pH (**Rejsek, 2002**).

4.3. La conductivité (S/cm²)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise deux électrodes métalliques (**Rodier, 2005**). Elle permet de connaître le degré de minéralisation des eaux, ainsi que le degré de la salinité (**Makhouk et al., 2010**). La température et la viscosité influent sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec la viscosité. Ce paramètre physique s'exprime en Siemens par mètre (S/m) (**Rejsek, 2002**).

4.4. Salinité (PSU)

La salinité est une propriété de l'eau de mer, souvent associée à la mesure de la température. La mesure de la salinité est une variable fondamentale à l'étude et à la description du milieu marin (**Aminot et Keroul, 2004**). Elle correspond à la teneur en sels dissous dans un kilogramme d'eau de mer. (**Rodier 1996**). La salinité était alors notée S et s'exprimait en g/kg ou en ‰. (**Rodier, 2009**).

4.5. Oxygène dissous (mg/l)

L'importance de l'oxygène dissous comme paramètre de la qualité de l'eau n'est plus à démontrer dans la mesure où il gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques (**Aminot et Kérouel, 2004**). La concentration en oxygène dissous est la résultante de divers facteurs physiques (température, échange air-mer et salinité), chimique (oxydation chimiques) et biologique (photosynthèse, respiration et régénération) (**Rodier et al., 2005**).

Sa concentration varie également de manière journalière, saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs telle que la pression partielle en l'oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière mais également l'agitation de l'eau et la disponibilité des nutriments (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

4.6. La turbidité (NTU)

La turbidité est définie comme l'inverse de la limpidité ou la transparence (**Ben alloua, 2013**). Elle traduit la propriété optique responsable de la dispersion et l'absorption de la lumière plutôt que de sa transmission en ligne droite à travers l'échantillon (**Aminot et Kérouel, 2004**). Elle est liée à la présence de particules organiques diverses, d'argile, de colloïdes, de plancton dans les effluents résiduaires et les eaux polluées (**Rodier et al., 2005**).

5. Les indicateurs de pollutions

Il est impossible d'identifier et de quantifier individuellement les différentes substances présentes dans l'eau, d'où l'intérêt d'utilisation des grandeurs permettant de qualifier et quantifier d'une manière globale le niveau de pollution présent dans les eaux (**Emilian,2009**).

5.1. Matières en suspension (mg/l)

Les matières en suspensions désignent toutes matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau (**Emilian,2009**), en plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension (MES) très variables ayant un diamètre supérieur à 0.45 µm d'origine minérale ou organique, terrigène, éoliennes ou météoriques (**Houma-Bachari, 2009**).

Les MES diminuent la luminosité dans l'eau donc freine la photosynthèse (**Ounoki et Achour, 2014**), donc les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu (**Emilian,2009**) comme elles peuvent être aussi responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies (**Rodier et al, 2005**).

En fortes teneurs, peuvent favoriser une longévité à de nombreux micro-organismes en particulier les bactéries, par effet d'absorption et surtout en présence de matières organiques incrustées dans leurs sites spécifiques (**El Ouali Lalami et al., 2014**).

5.2. Demande biochimique en oxygène (mgO₂/l)

Représentant la quantité de pollution biodégradable (**Emilian, 2009**), la demande biochimique en oxygène après 5 jours d'un échantillon est la quantité d'oxygène en mg/l consommée par les micro-organismes aérobies présents dans cet échantillon par voie biochimique afin de dégrader des composés organiques (**Rejsek, 2002**). Elle est très utilisée dans le suivi des rejets des stations d'épuration (**Bourrier, 2008**).

5.3. Demande chimique en oxygène (mg/l)

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques (**Emilian, 2009**), mais aussi tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène en partie les sels minéraux oxydables, les sels de métaux et la majeure partie des composés organiques (**Houma-Bachari, 2009**).

Ce paramètre permet une évaluation des nuisances provoquées par les rejets de matières organiques biodégradables (**Emilian, 2009**), car de nombreuses substances peuvent oxyder chimiquement, mais pas biologiquement (**Blinda, 2007**).

6. Paramètres bactériologiques**6.1. Origines des bactéries dans le milieu aquatique**

Les bactéries, rencontrées en milieu aquatique, peuvent avoir plusieurs origines : aquatique, terrestre, humaine ou animale. Les germes aquatique et terrestre ont des propriétés d'adaptations ou de résistance aux conditions du milieu, à savoir la température et les concentrations des différents nutriments minéraux ou organiques (**Haslay et Leclerc, 1993**).

L'origine animale ou humaine indique une contamination fécale et parfois rhino-pharyngée. On parle de survie de ces organismes dans l'eau et non pas de multiplications ou de développement (**Haslay et Leclerc, 1993**).

6.2. Les bactéries pathogènes**6.2.1. *Staphylococcus aureus***

Font partie de la famille des *Micrococcaceae*, sont des coques Gram positif, regroupés en amas, catalase positive, se développent à 37 ± 1 °C sur un milieu sélectif de Chapman sans distinction de coloration des colonies (**Rejsek, 2002**). *S. aureus* qui produit une coagulase, est souvent pathogène, car les autres staphylocoques non producteurs de coagulase, sont rarement responsables d'infections (**Derieux-Rouzet et Jarlier, 2014**), cette dernière, peut être transmise à l'homme par voies cutanées et conjonctivales, respiratoires, orale ou bien

digestive (Baudart et Nathalie, 2014) et provoque des infections cutanées, de la sphère ORL (sinusite, otites.), d'infections nosocomiales, d'intoxications alimentaires individuelles ou collectives. (Delarras, 2010)

C'est surtout dans les eaux destinées à la baignade, et particulièrement dans les eaux de piscines que la recherche de ces staphylocoques présente un intérêt pratique. (Rodier et al., 2009).

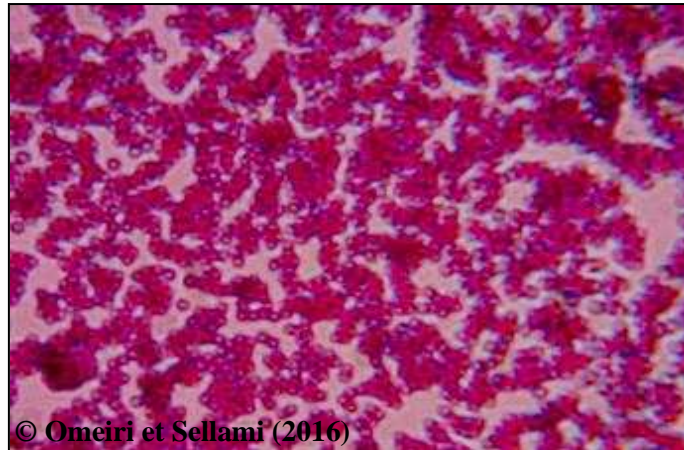


Figure 1.1 : Vus microscopique d'une colonie de *Staphylocoques* (G x 100).

6.2.2. *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa est un bacille à Gram négatif non sporulant de 1 à 5 μm de long et 0,5 à 1 μm de large, mobile par ciliature polaire mono-triche (figure 1.2), celle qui possède une oxydase et se développe à 37 °C sur un milieu sélectif au cétrimide à l'acide nalidixique et produisant une pigmentation bleu-vert (pyocyanie) c'est une *P.aérugénosa*, les autres qui produisent une fluorescence sous lampe ultraviolet en 48h ou une couleur rougeâtre et/ou brunâtre, sont considérées *P.aerugénosa* présumé donc nécessite une conformation. (Rejsek, 2002 ; Delarras,2010 ; Chaker,2012).

Elle cause des infections cutanées, suppuratives ou éruptives, surinfections, pneumopathies (Rodier et al., 2009).

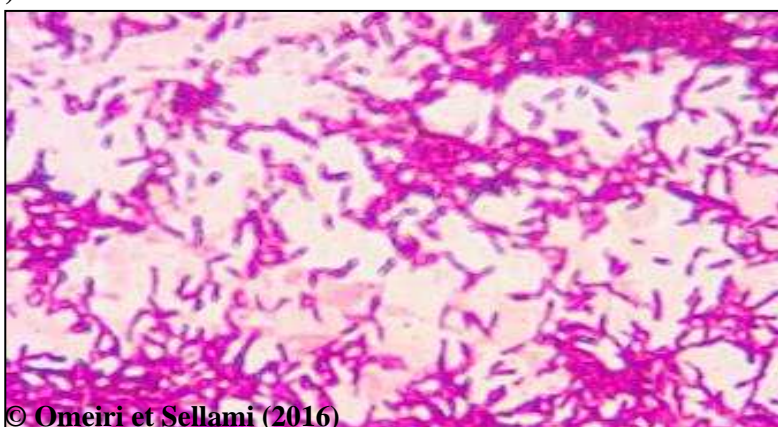


Figure 1.2 : Vus microscopique d'une colonie de *Pseudomonas* (G x 100).

6.2.2. Salmonella

Les salmonelles sont des bactéries Gram négatif, oxydase négative, anaérobies facultatives, asporulés, en forme de bâtonnets, qui forment des colonies typiques sur un milieu sélectif. Elle présente les caractéristiques biochimiques et sérologiques de ce genre d'entérobactéries (Rejsek, 2002).

Les salmonelles sont en générale considères comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogènèse varient énormément. Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladies mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques (Rodier et al., 2009), fièvre typhoïde et diarrhées sont susceptibles d'être provoquées chez l'homme (Baudart et Nathalie, 2014).

Ils peuvent donc être présents dans l'eau des égouts agricoles, domestiques, les eaux douces y compris les eaux potables, ainsi que les nappes phréatiques et l'eau de mer, cette présence est via les rejets de matières fécales d'un hôte infesté ou d'une eau polluée par des matières fécales d'origine humaine ou animale (Rodier et al, 2009).

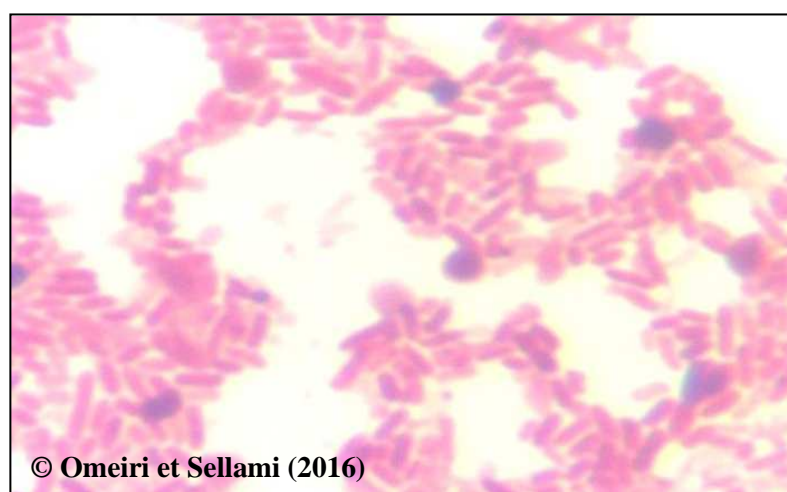


Figure 1.3 : Vue microscopique d'une colonie de *salmonella* (G x 100).

6.3. Les indicateurs de contamination fécale

C'est des germes d'origine fécale qui existent dans le même environnement que les germes pathogènes mais en nombre plus élevé. Ils sont facilement détectables (Haslay et Leclerc, 1993). Les principaux groupes sont :

6.3.1. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux forment un groupe de bactéries que l'on trouve fréquemment dans l'environnement, notamment en dehors de toute source de matière fécale (Bertrand et al.,

2011), mais également dans le tube digestif des mammifères à sang froid dont l'homme, ou ils présentent moins de 10% des micro-organismes (**Rejsek, 2002**).

L'Organisation internationale de standardisation (ISO), définit le terme les coliformes comme étant des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C (**Rodier et al., 2009**).

Les coliformes perdent leur viabilité plus lentement que la majorité des bactéries intestinales et constituent, donc un indicateur de contamination fécale de l'eau de première importance, la recherche et le dénombrement des coliformes totaux à 37°C demeure un examen intéressant pour juger de l'efficacité d'une eau dans la mesure ou leur résistance aux désinfectants et notamment au chlore est voisine de la résistance des bactéries pathogènes, ils vont donc constituer de bons indicateurs d'efficacité de traitement (**Rejsek,2002**).

6.3.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, appelées également coliformes thermo-tolérants, ont pour habitat spécifique le tube digestif (**Bertrand et al., 2011**). En effet, leur présence signe l'existence quasi-certaine d'une contamination fécale de l'eau (**Rejsek, 2002**).

Les coliformes fécaux présentent les mêmes propriétés et les caractéristiques que les coliformes après incubation à la température de 44 °C (**Rodier et al., 2009**). Capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C, ces propriétés biochimiques et physiologiques permettent de les identifier au sein de la communauté microbienne très complexe de l'environnement naturel par l'utilisation de milieux spécifiques et très sélectifs (**Bertrand et al., 2011**).

Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination fécale, mais plusieurs coliformes fécaux proviennent des matières organiques tels que les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de transformation alimentaire.

6.3.3. *Escherichia. Coli*

Escherichia. Coli est une entérobactérie commensale du tube digestif de l'homme et des animaux, qui est fréquemment impliquée dans des infections communautaires ou nosocomiales, notamment urinaires (Bréchet et al., 2014), produit de l'indole à partir du tryptophane (Rodier et al., 2009). Elle représente la majorité des coliformes thermo-tolérants avec 70% et 95% (Bertrand et al., 2011), comme il faut considérer que c'est un germe très sensible aux conditions hostiles de l'environnement (Rodier et al., 2009).

De ce fait, *E. coli* est actuellement considéré, comme le meilleur indice de contamination fécale récente, d'ailleurs, il est le seul dénombrement de coliformes réalisé pour le contrôle des eaux de baignades (Rejsek, 2002).

6.3.4. Entérocoques

Les entérocoques comprennent de nombreuses espèces qui se présentent essentiellement chez l'homme dont l'habitat habituel est le pharynx. Ce genre englobe les espèces appartenant antérieurement au genre *Streptococcus* de groupe sérologique D de la classification de Lancefield (Chevalier, 2003).

Les bactéries appartenant au genre *streptococcus* sont des cocci à Gram positif déposées en chainettes. Elles présentent une résistance aux conditions environnementales difficiles et aux agents désinfectants, du fait probable de leur mode de groupement en chainettes.

Leur présence s'accompagne de la présence des coliformes thermo-tolérants pour être le signe certains d'une contamination fécale d'origine animale d'une eau, donc elle donne signe d'une contamination fécale plus ancienne de l'eau (Rejsek, 2002).

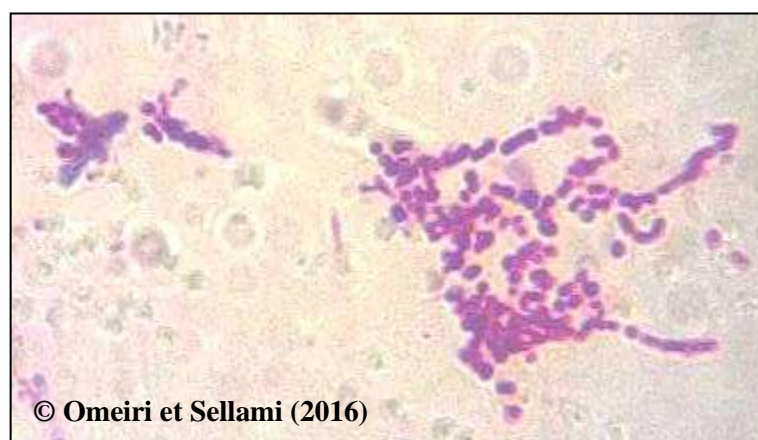


Figure 1.4 : Vue microscopique d'une colonie de *Streptocoques* (G x 100).

7. Devenir des bactéries en milieu marin

Le concept classique d'autoépuration bactérienne par l'eau de mer a été longtemps retenu. Il était admis que les bactéries pathogènes d'origine humaine étaient détruites en quelques heures dans l'eau de mer.

Les facteurs susceptibles d'agir sur le devenir d'un agent pathogène dans le milieu naturel sont multiples, biotiques et abiotiques, et sont parfois utilisés pour épurer les eaux comme le cas du lagunage (**Bertrand et al., 2011**).

Les paramètres abiotiques englobent la température, l'intensité lumineuse, la salinité, les carences en éléments nutritifs, la sédimentation, l'antibiose, entre les bactéries et certaines substances antibactériennes produites par les algues ou les bactéries marines. Alors que, les paramètres biotiques sont essentiellement la prédation, le parasitisme, et la compétition (**Bertrand et al., 2011**).

La présence de matière organique notamment dans les sédiments, favoriserait le processus de survie des *E. coli* et des salmonelles. Les bactéries d'origines entériques peuvent survivre dans les eaux saumâtres et marines; elles sont halotolérantes (**Bertrand et al., 2011**).

Donc, certaines bactéries peuvent évoluer plus ou moins rapidement vers un stade viable non cultivable mais en conservant une activité pathogène. De ce fait, la recherche de ces bactéries pathogènes, présentes en faible quantité, est délicate, voire coûteuse. Pour ces raisons, le contrôle de la salubrité microbiologique des eaux est basé sur la recherche de certains indicateurs de contamination fécale (**Monfort, 2003**).

8. Le traitement des eaux usées urbaine

8.1. Modes et systèmes de collecte des eaux usées

Le réseau d'assainissement est composé de l'ensemble des ouvrages chargés de collecte et du transport des ERU jusqu'à la station d'épuration.

Il comprend des canalisations, des postes de relevages, et des ouvrages particuliers comme les bassins d'orage ou de décantation (**Rejsek, 2002**).

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système **unitaire**, qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux pluviales (**Chaussade et Mestrallet, 2005**), l'inconvénient majeur provient de la variabilité en quantité et en qualité de la pollution qui arrive à la station (**Rejsek, 2002**).
- Le système **séparatif**, comportant deux réseaux de canalisations différents, l'un pour les eaux pluviales de dimensions comparables à celles d'un réseau unitaire et l'autre pour les eaux usées proprement dites, de dimensions plus réduites (**Chaussade et Mestrallet, 2005**).
- Le système **mixte**, il s'agit d'une situation où, dans la même agglomération, se trouvent des zones d'habitation desservies par un réseau de type unitaire (au centre-ville) et des zones desservies par un réseau de type séparatif (nouveaux lotissements à la périphérie) (**Rejsek, 2002**).

8.2. Principales étapes de traitement

Différentes techniques de traitement sont utilisées, qu'elles soient biologiques (lagunage naturel ou aéré, boues activées ou lits bactériens), physicochimiques (la coagulation-floculation, la précipitation ou l'oxydation) ou membranaires (l'osmose inverse, la nano filtration ou l'électrodialyse) (**Ounoki et Achour, 2014**). Elles consistent à associer judicieusement différentes étapes pour avoir une qualité d'eau traitée compatible avec le milieu récepteur (**Rejsek, 2002**).

8.2.1. Prétraitement

Ils permettent d'éliminer les matières grossières, susceptibles d'endommager les organes mécaniques ou de perturber l'efficacité des étapes ultérieures (**Rejsek, 2002**). Un prétraitement comporte un certain nombre d'opérations uniquement physiques ou mécaniques afin d'éliminer, respectivement, les grosses particules et sables ainsi que les matières grasses (**Rejsek, 2002 ; Chaussade et Mestrallet, 2005**).

8.2.2. Traitement primaire

Le plus souvent s'agit d'une décantation, qui permet d'éliminer les matières en suspension décantables en deux heures. Ce traitement élimine parfaitement le phosphore (de l'ordre de 65 à 80 % de la DCO) et une partie de la pollution organique (**Rejsek, 2002**).

Trois voies de traitements (physico-chimique) sont possibles pour extraire un maximum de matières en suspension (90 % d'abattement) et de matières organiques facilement décantables (35 % pour la DBO₅, 25 % pour la DCO) (**Chaussade et Mestrallet, 2005**) :

- La décantation (voie physique), la pesanteur est le principe qui favorise la séparation solide-liquide par sédimentation (**Emilian, 2002**) ;
- La décantation (voie physico-chimique), le principe est l'ajout des coagulants-floculants qui favorisent l'agrégations des molécules en suspensions, et d'avoir des floes plus gros, pour d'augmenter leurs sédimentations (**Desjardins, 1997**) ;
- 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 particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient (**Bassompierre,2007**)

8.2.3. Traitement secondaire par boues activées

Il se repose sur le développement d'une culture bactérienne spécifique (aérobie ou anaérobie), qui pour croître, va assimiler la pollution organique soluble (rendement de 85 à 90 %), les composés azotés et phosphorés par synthèses biologique, et va les transformer en suspension.

Ce développement s'effectue dans un bassin parfaitement mélangés et oxygénés dans lesquels les eaux usées peuvent séjourner de 4 à 24 heures. Les cultures bactériennes parfaitement structurées et isolées dans la suspension qu'elles génèrent sont séparées de l'eau épurées par décantation (**Emilian, 2002**).

8.2.4. Traitement tertiaire ou de finition

C'est un traitement complémentaire permettant d'obtenir une qualité d'effluent traité supérieur à celle obtenue par les procédés biologiques classiques, afin de répondre à deux objectifs :

- L'amélioration des performances sur les paramètres classiques (MES, DBO₅, DCO) ;

- L'action spécifique sur les paramètres qui ne sont que peu ou pas touchés par les traitements classiques (Emilian, 2002).

8.3. Inconvénients des stations d'épuration à boues activées

Les stations d'épurations, utilisant le procédé des boues activées, sont parfois sujettes à des défaillances qui réduisent les performances épuratoires. Elles sont dues à la qualité du substrat (composition de l'eau usée), la conception et le mode d'exploitation du système biologique (Chaussade et Mestrallet, 2005).

Les problèmes d'exploitation les plus couramment rencontrés sont le foisonnement filamenteux, le moussage, et les remontées de boues en clarification (Chaussade et Mestrallet, 2005).

8.4. État des lieux au niveau national

Une enquête sur le réseau d'assainissement, arrêté à la fin du deuxième semestre 2012, fait état de 43.000 Kilomètres linéaire de réseau existant à travers les 48 wilayas du pays en service. Avec un taux de raccordement national de 87 %, pour un volume total d'eau usée rejetée de 1,2 milliards m³ /an (MER, 2012).

Le nombre et les capacités des stations d'épuration, établi par le Ministère de l'Environnement, est illustré dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1.1 : Parc national des stations d'épuration (MER, 2012).

	En exploitation	En cours de réalisation
Nombre total	145	106
Capacité totale d'épuration	12 millions EqH	à la fin 2012 = 7 965 058 EqH
		à la fin du programme en cours 2014 = 1,2 milliards m ³ /an
Volume	800 Hm ³ /an	à la fin du programme en cours 2014 = 1,2 milliards m ³ /an

9. Textes réglementaire régissant les eaux usées en Algérie

9.1. Normes algériennes de rejets d'effluents industriels

La qualité des eaux rejetées par la station d'épuration est régie par le décret Exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006. Il illustre les valeurs maximales admises (Tableau 1-Annexe).



Présentation de
La zone d'étude

2. Présentation de la zone d'étude

Notre étude, se déroulera sur trois compartiments différents, on cite :

- Oued Beni Messous, qui charrie les eaux usées et industrielles d'un certain nombre de commune qu'il traverse ;
- La station d'épuration des eaux usées Béni-Messous gérée par la SEAAL ;
- La plage El Bahdja, comme réceptacle final des effluents.

2.1. Oued Beni Messous

L'oued Béni-Messous couvre une zone de captage de 31 Km², avec un débit moyen de 378 m³/s. Il traverse plusieurs communes (**Beni Messous, Bouzareah, Dely Brahim, Hammamet, Aïn Benian et Chéraga**) et se jette en mer par l'intermédiaire de son embouchure au niveau de la plage « El Bahdja », située dans la baie d'El Djamila (**DHEEHW, 2011**).

Il prend naissance dans les ravins de Bouzaréah, dans la partie Sud-ouest. Le bassin versant est montagneux dans sa partie amont formé essentiellement par la forêt de Bainem dans la partie Nord-est avec un relief en pente, qui s'adoucit vers l'aval et se transforme en un tapis végétal formant des exploitations agricoles.

L'Oued Beni Messous d'une longueur de 12Km, reçoit plusieurs affluents tout le long de son parcours, qui définissent chacun un sous bassin versant (**Figure 2.1**), comme il est un réceptacle d'eaux usées domestiques et industrielles sans traitement au préalable (**Annexe 2**), Ces eaux canalisées par l'oued sont déversées directement en mer au niveau de la plage El Bahdja. Le fort degré de pollution de ces eaux est la principale cause de l'altération de sa qualité ce qui la rend impropre à la baignade (**DREEHW, 2011**).

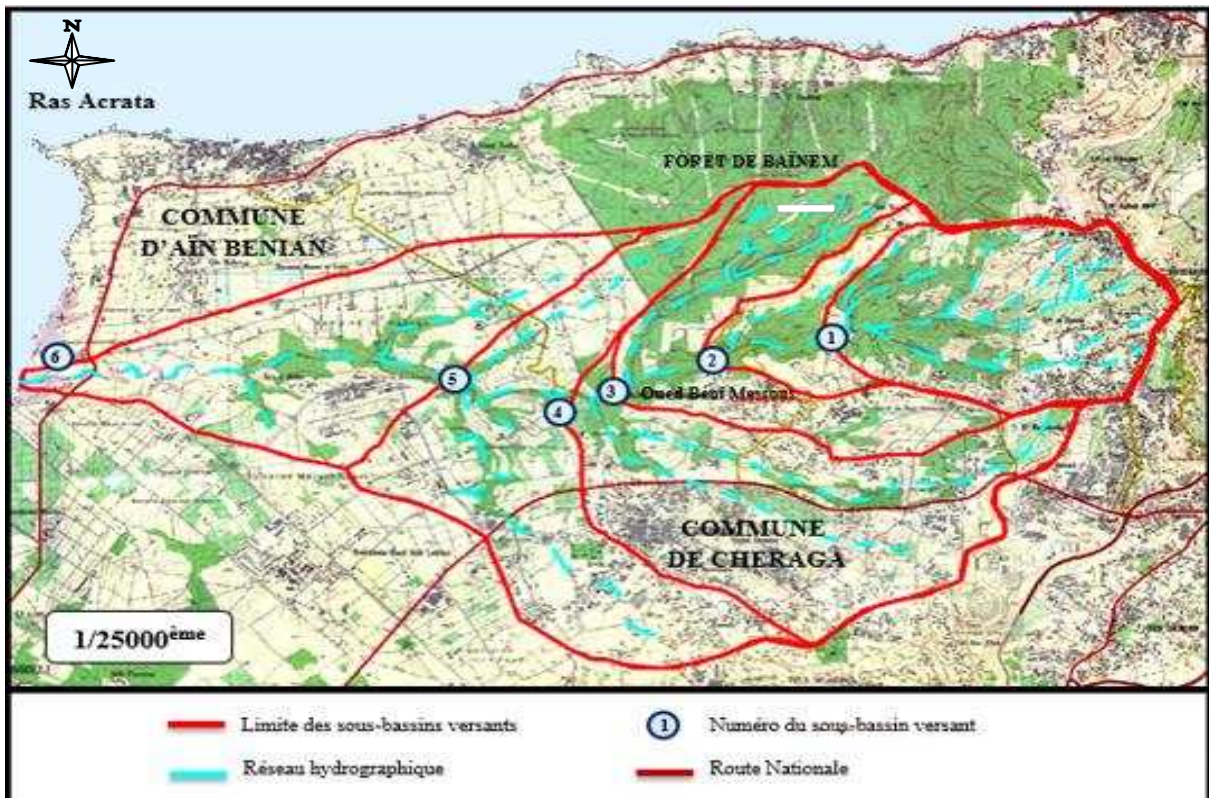


Figure 2.1 : Les différents sous bassins versants d'oued Beni-Messous (DHEEWA, 2011).

2.2. La plage « El Bahdja »

La plage « El Bahdja » est une plage sableuse (sable fin) de la commune côtière d'Ain Benian. Elle se localise plus exactement dans la rive Ouest de la baie d'El Djamila, à 30 km à l'Ouest de la Wilaya d'Alger (**Figure 2.2**).

D'une largeur de 33m et d'une longueur de 900m, elle peut accueillir jusqu'à 9000 estivants selon les statistiques de l'Agence de Promotion et de Protection du Littoral de la Wilaya d'Alger, l'APPL (**2015**).

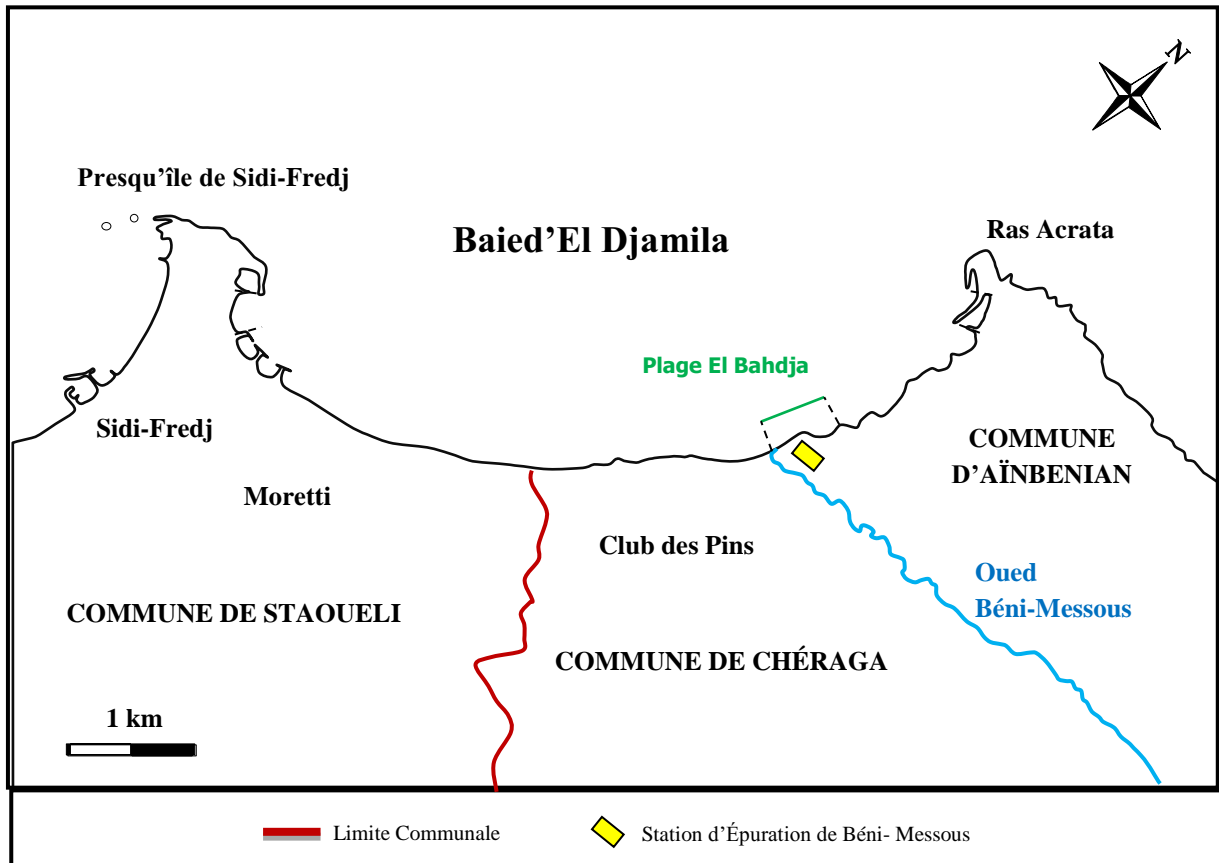


Figure 2.2 : Localisation géographique de la plage « El Bahdja » (Tarmoul, 2014).

Les effluents de l'oued Béni-Messous, arrivant au niveau de la plage El-Bahdja sans traitement, ont causé une non salubrité de ces eaux ce qui avait conduit à la fermeture de la plage « El Bahdja » ainsi que les plages voisines.

Pour remédier à ce problème, un lagunage naturel a été installé au début, et par la suite il a cédé la place à la nouvelle station d'épuration par boues activées de Béni-Messous en 2006. Ce n'est qu'en **2010** que la plage El Bahdja a été autorisée à la baignade après l'obtention de résultats satisfaisants de la qualité de ses eaux (APPL, 2015).

2.3. Présentation de la station d'épuration des eaux usées Beni-Messous

La station d'épuration de Béni Messous est située sur le territoire de la commune d'Aïn Benian à environ 15 km à l'ouest d'Alger, à proximité de l'embouchure d'Oued Béni-Messous. Elle occupe une superficie de 13 hectares environ (**Figure 2.3**).



Figure 2.3 : Localisation de la station d'épuration des eaux usées de Béni Messous dans la baie d'El Djamilia (Google earth, 2016).

Le procédé d'épuration utilisé est un traitement biologique par boues activées à moyenne charge ; la charge massique (C_m) est de 0,2 à 0,5 $\text{Kg}_{\text{DBO5}}/\text{Kg}_{\text{MVS}}/\text{J}$. La capacité théorique de la station est de 50 400 m^3/j , correspondant à 250 000 équivalents habitants, avec une possibilité d'extension à 100 800 m^3/j correspondant à 500 000 éq./hab. (**Daghare et Sisalah, 2006**).

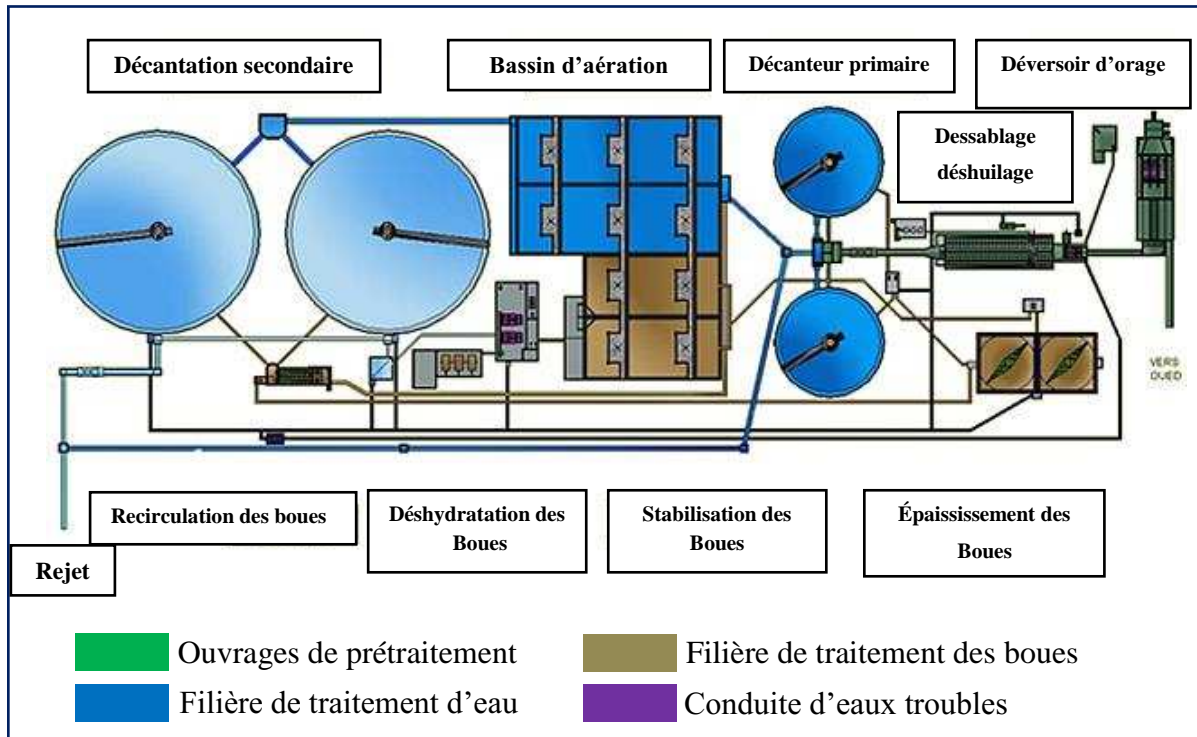


Figure 2.4 : Schéma synoptique des différents ouvrages de la station d'épuration de Béni-Messous.

La chaîne de traitement se compose de deux lignes : une ligne d'eau qui va être illustrée ci-après et une ligne de boue (**Daghar et Sisalah, 2006**). Le maintien de la capacité de la station est assuré par un déversoir d'orage, qui est placé en amont et présente une protection contre les débits excessifs pendant les périodes de crues (**Daghar et Sisaleh, 2006**).

2.3.1. Prétraitement

- **Dégrillage grossier**

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station (**Annexe-Figure 5**). Il se caractérise par le dimensionnement suivant : largeur de 1m, angle d'inclinaison de 75° et espacement de 40 mm entre les barreaux (**Ould Mahamed et Ikhlef, 2013**). Les sous-produits sont récupérés et acheminés vers une benne, par la suite, ils seront jetés en décharge public.

- **Dégrillage fin**

Il a pour objectif de débarrasser les eaux brutes des déchets solides de taille fine, qui seront compactés et jetés dans une benne de 5 m³ (**Annexe - Figure 5**). Il comprend, deux canaux d'un mètre de largeur, équipés d'une grille inclinée de 75° avec espacement de 15 mm (**Daghar et Sisaleh, 2006**).

- **Dessablage-Déshuilage**

Cet ouvrage, de 2,4 m de largeur et de 30 m de longueur (**Annexe - Figure 7**), permet de récupérer à la fois les sables, qui se déposent au fond du fait que la vitesse est inférieure à 0.3 m/s, et les graisses par flottation naturelle accélérée par injection de fines bulles. Ces dernières sont récupérées, respectivement, par un classificateur à sable et un pont racleur. À partir de ce processus, des eaux troubles sont générées (**Daghar et Sisaleh, 2006**).

2.3.2. Traitement primaire

Les effluents prétraités sont répartis sur deux décanteurs primaires cylindro-conique de caractéristiques suivantes : diamètre de 29m, hauteur cylindrique de 3,4 m, volume de 2223 m³ et surface unitaire de 660 m² (**Annexe-Figure 8**).

Les boues primaires, issues de la sédimentation des matières décantables, sont récupérées périodiquement et envoyées vers l'étape d'épaississement (**Ould Mahamed et Ikhlef, 2013**). Un bon abattement est obtenu dans cet ouvrage via un temps de séjour important (**Daghar et Sisalah, 2006**).

2.3.3. Traitement biologique

- **Bassin d'aération**

Les eaux décantées sont mises en contact avec une culture biologique appelé « boues activées », riche en micro-organismes qui vont assurer l'élimination de la pollution biodégradable présente, ainsi qu'une partie des composés contenus dans l'eau décantées (azote, phosphore, etc...) (**Ould Mahamed et Ikhlef, 2013**). Une teneur de 1 à 3 mg/l d'oxygène dissous devrait être maintenue dans le système d'aération pour assurer le métabolisme microbien (**Annexe-Figure 9**).

Cet étage de traitement comporte deux bassins d'aération d'une longueur de 55.5 m selon le plan d'eau, 18.5 m de largeur, une hauteur d'eau de 4.58 m et un volume unitaire de 4700 m³ (Daghar et Sisalah, 2006).

- **Décantation secondaire ou clarification**

La clarification consiste à séparer par simple décantation l'eau épurée des boues activées. L'eau épurée est rejetée en milieu naturel, alors que les boues biologiques décantées sont pompées vers l'épaississeur pour subir un traitement. Une partie des boues (en excès) est recerclée rapidement, en tête du bassin d'aération, pour les mettre de nouveau en contact avec la pollution, afin de maintenir la charge massique (Ould Mahmed et Ikhlef, 2013). Les deux clarificateurs (Annexe -Figure 10) se caractérisent par un diamètre de 55 m, d'une hauteur cylindrique de 3.95 m, d'un volume de 9384 m³ (Daghar et Sisalah, 2006).

2.3.4. Station de comptage des eaux brutes et épurées

Des mesures de débit, de conductivité, de pH et de température sont effectuées au niveau de l'eau brute et de l'eau épurée, via une sonde de type ultrasonique et une armoire d'échantillonnage (Daghar et Sisalah, 2006).



Matériels et

Méthodes

3.1. Choix et localisation des stations d'étude

3.1.1 Choix des stations d'étude

Afin de répondre aux objectifs de ce travail, un choix de 05 stations de prélèvement a été fait de façon à prendre en considération les principaux critères suivants :

- ✚ **Efficacité du fonctionnement de la station d'épuration** : point d'entrée des eaux brutes et de sortie des eaux épurées de la station ;
- ✚ **Apports de l'oued Béni-Messous en terme de pollution** : points en amont et aval de l'Oued, avant et après contact avec les eaux épurées rejetées par la station d'épuration ;
- ✚ **Impact des rejets sur la salubrité des eaux de baignade de la plage El Bahdja** : point de contact de l'oued avec la mer (l'embouchure) ;



Figure 3.1 : Choix et localisation des stations d'étude (Google Earth, 2016 ; modifiée).

3.1.2 Localisation des stations d'études

Les coordonnées géographiques, latitudes et longitudes, relatif aux stations de prélèvement sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.1 : Géolocalisation des stations d'étude.

Stations de prélèvement	Latitude	Longitude
Station 1 (S1) eaux brutes	36°46'59.95"N	2°54'1.58"E
Station 2 (S2) eaux épurées	36°46'58.44"N	2°53'53.91"E
Station 3 (S3) eaux de l'oued avant contacte	36°46'53.89"N	2°54'1.56"E
Station 4 (S4) eaux de l'oued après contacte	36°46'53.13"N	2°53'46.00"E
Station 5 (S5) eau de mer	36°46'56.79"N	2°53'37.28"E

3.2. Échantillonnage

L'ensemble des informations qui ont été recueillis avant le démarrage des campagnes de prélèvement ont permis de mieux appréhender le terrain et faciliter les prélèvements.

Les échantillons d'eau ont été collectés dans des flacons et des bouteilles stériles à 20 cm de profondeur, lors de plusieurs sorties sur terrain effectuées en mois de Mars (20/03/2016), Avril (17/04/2016) et Mai (12/05/2016).

Les paramètres physico-chimiques : température (T), potentiel d'hydrogène (pH), salinité (S) et oxygène dissouts (OD) ont été mesurés *in-situ*, à l'aide d'appareillages de terrain de marque Hanna (**HI-9829**) (**Annexe 3-Figure 1**). Les prélèvements ont été transportés au laboratoire dans une glacière (4°C) et les analyses ont été effectuées dans les 8 h qui ont suivi le prélèvement.

3.3. Dosage des matières en suspension (MES)

La détermination des matières en suspension dans l'eau est effectuée par filtration sur membrane. Un volume d'échantillon (100 ml) est filtré sur un filtre millipore AP 40 de porosité 0,45µm. Le poids des matières retenues est déterminé par la pesée différentielle du filtre avant et après passage à l'étuve à 105°C pendant 2 heures (**Rodier et al., 1996**).

Les résultats sont exprimés en mg/l et calculés comme suit :

$$P = \left(\frac{P2 - P1}{V} \right) \dots\dots (1)$$

Avec :

P : teneur en matière en suspension en milligramme par litre ;

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

P₁ : masse, en milligramme, du filtre vide ;

P₂ : masse, en milligramme, du filtre après filtration et séchage à 105 °C.

3.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

Les matières oxydables, en particulier les matières organiques, de l'échantillon sont oxydées chimiquement par le dichromate de potassium dans des conditions opératoires bien définies (ébullition à 150 °C/2 h avec système à reflux continue sous une haute). Le dichromate de potassium résiduel est dosé par une solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium, en présence d'indicateur d'oxydo-réduction ; la ferroïne (**Rodier et al., 2009**).

Technique (ISO 6060)

La demande chimique en oxygène est réalisée par la méthode à reflux en système ouvert comme suit :

- ✚ 10 ml de l'échantillon est transférée dans le tube de l'appareil à reflux ;
- ✚ Ajouter des réactifs ; 5ml de la solution de dichromate de potassium à 0.04 mol/l puis 15ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent lentement et en agitant soigneusement le contenu ;
- ✚ Placer le réfrigérant et chauffer à 150°C pendant 2heures ;
- ✚ Ôter le réfrigérant, transverse dans un erlenmeyer et compléter à 75ml avec de l'eau distillée ;
- ✚ Ajouter l'indicateur d'oxydo-réduction ; la ferroïne ;
- ✚ L'excès de dichromate de potassium est titré avec du sulfate de fer et d'ammonium de concentration 0.12 mmol/l ;
- ✚ Un essai à blanc et un essai témoin sont réalisés en parallèle avec de l'eau distillée et une solution étalon de référence.

Le résultat est exprimé en milligramme d'oxygène par litre suivant cette formule :

$$DCO = 8000 * C * \frac{(V2-V1)}{V0} \dots (2)$$

Avec :

C : concentration de sulfate de fer et d'ammonium exprimée en mol/l (environ 0.12 mol. L⁻¹) ;

V₀ : volume en ml de la prise d'essai ;

V₁ : volume en ml de la solution de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire au dosage ;

V₂ : volume en ml de la solution de sulfate de fer et d'ammonium nécessaire à l'essai à blanc.

3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biologique en oxygène est représentée par la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour dégrader la matière organique dans l'eau (**Aminot et Chaussied, 1983**). Pour sa détermination, deux méthodes ont été utilisées : méthode par dilution et méthode manométrique (**Rodier et al., 2009**).

✓ Méthode par dilution

Celle-ci est réalisée selon la norme **ISO 5815-1**. Elle consiste à appliquer des dilutions de l'échantillon avec différentes quantités d'eau enrichie en oxygène dissous etensemencés avec de microorganismes aérobies, avec suppression de la nitrification par l'ajout d'Allyl Thio Urée (ATU). Pour ceci, un DBO mètre SKALAR sr 50 a été utilisé (**Annexe 3-Figure 2**). Au préalable, il faut conserver l'échantillon à -18°C.

Le résultat de la mesure est calculé selon la formule suivante :

$$DBO_5 = \left[(P1 - P2) - \frac{V_t - V_s}{V_t} * (P3 - P4) \right] * \frac{V_t}{V_{ech}} \dots (3)$$

Avec :

P₁ : quantité d'oxygène dissous en mg/l dans une des solutions d'essai (point zéro) ;

P₂ : quantité d'oxygène dissous en mg/l de la solution d'essai après 5 jour ;

P₃ : quantité d'oxygène dissous en mg/l du blanc au temps zéro ;

P₄ : quantité d'oxygène dissous en mg/l du blanc après 5 jour ;

V_{ech} : volume de l'échantillon de la solution d'essai concernée en ml ;

V_t : volume total de cette solution d'essai en ml.

✓ Méthode manométrique

Un volume de 250 ml d'échantillon est introduit dans un flacon brun en verre contenant un aimant d'agitation magnétique. Une capsule contenant deux pastilles de soude (NaOH) est ajoutée à la bouteille. Puis cette dernière est fermée avec une tête de marque VELP scientifica

(Annexe 3- Figure 3). La bouteille est mise dans une armoire thermostatée réglé à 20°C et munie d'une agitation automatique. La consommation d'oxygène induit une production de CO₂ absorbé par un piège à soude créant ainsi une dépression enregistrée par le manomètre (Resek, 2002). Cette dépression est liée par corrélation à la DBO en fonction du volume de l'échantillon. La lecture est faite après cinq jours d'incubation (Rodier et al., 2009).

3.6. Analyse bactériologique par filtration sur membrane

Afin d'évaluer la qualité bactériologique, une estimation des coliformes totaux, des coliformes thermotolérants, d'*E. coli*, des entérocoques, ainsi que certains germes pathogènes à savoir *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aerogenosa* et *Salmonella sp.* a été réalisée par filtration sur membrane.

Le principe de la méthode consiste à la filtration de 100 ml de l'échantillon ou de ses dilutions sur une membrane en esters de cellulose, de porosité 0,45 µm, placée dans une rampe de filtration en inox de six postes dans des conditions stériles (Rodier et al., 2009). La membrane est déposée à la surface d'un milieu de culture choisi selon la recherche.

3.6.1. Recherche et dénombrement des coliformes

Dans des conditions stériles, la membrane est déposée sur la plaque poreuse. Un volume de 100 ml d'échantillon agité soigneusement est filtré. Après filtration, la membrane est déposée à la surface d'une gélose au Tergitol. L'incubation du milieu est effectuée à $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 24-48h pour les coliformes totaux, alors que pour les coliformes thermotolérants, elle est effectuée à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ (Rodier, 2009).

Les colonies caractéristiques, qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune, sont dénombrées. La confirmation des coliformes et la recherche d'*E.coli* ont été réalisés par repiquage sur milieu T.S.A suivi d'un test d'oxydase et ensemencement d'un bouillon au Tryptophane afin de mettre en évidence la production d'indole. La Figure 3.2 illustre toutes les étapes suivies.

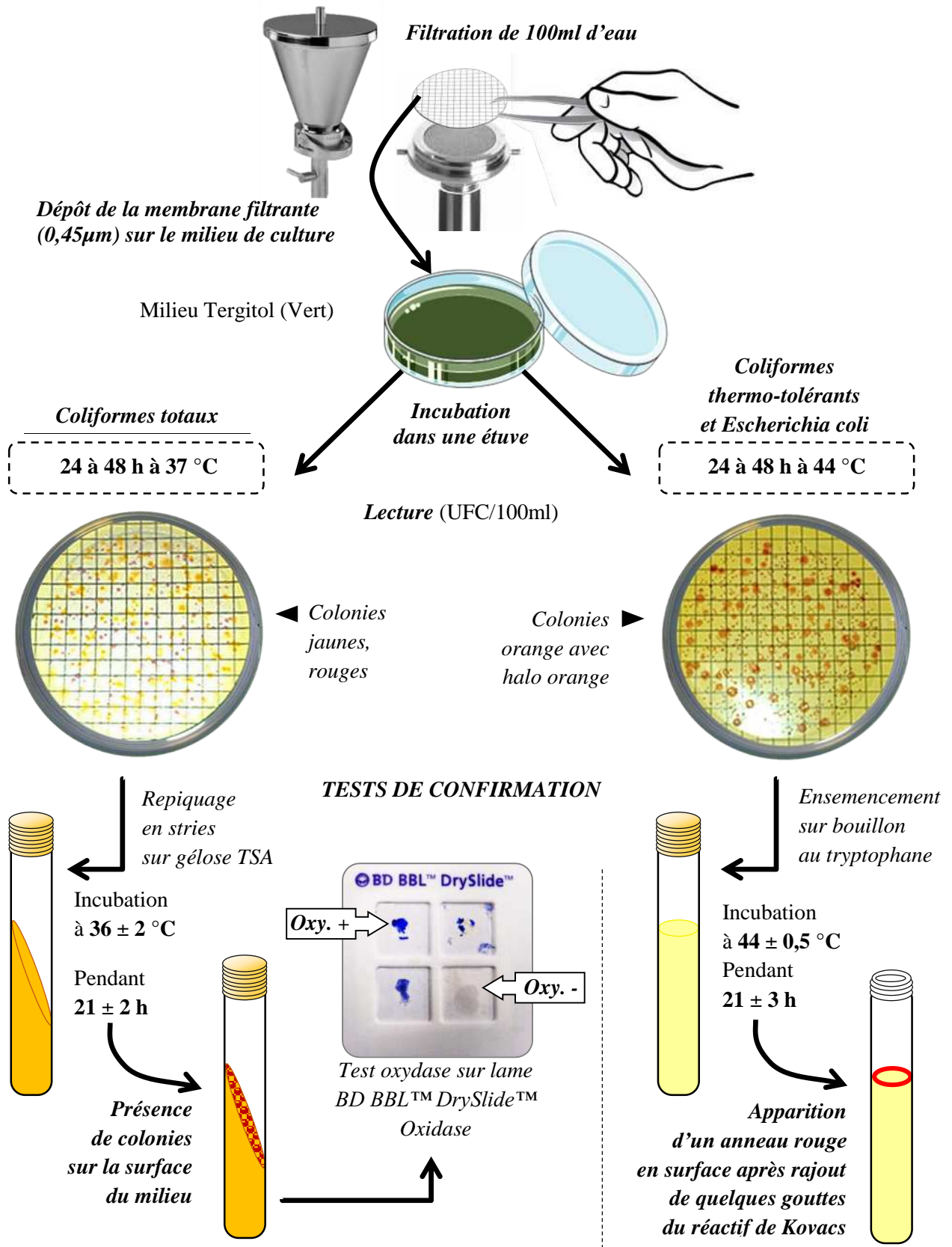


Figure 3.2 : Méthode de dénombrement des coliformes totaux, thermo-tolérants et *Escherichia coli* dans l'eau.

✚ Expression des résultats

Le résultat final sera exprimé selon l'équation suivante :

$$N = \frac{C}{V * d}$$

Avec :

N : nombre de bactéries en UFC/ 100 ml ;

C : nombre de colonies caractéristiques ;

V : volume d'échantillon filtré ;

d : facteur de dilution effectué.

3.6.2. Recherche et dénombrement des entérocoques

Après filtration, le filtre est placé sur un milieu de Slanetz et Bartley, riche en azoture de sodium et contenant du chlorure de 2, 3,5-triphenyltetrazolium, qui est réduit en formazan rouge par les entérocoques intestinaux (**Figure 3.3**). Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24-48h.

La confirmation des colonies typiques, de couleur rouge, marron ou rose, est effectuée par dépôt de la membrane sur gélose contenant de la bile et de l'esculine (B.E.A) pendant 20 minutes. Ces dernières sont hydrolysées par les entérocoques donnant une coloration noire en se combinant à des sels de fer.

L'expression des résultats se fait comme suit :

$$N = \frac{C}{V * d}$$

Avec :

N : nombre de bactéries en UFC/ 100 ml ;

C : nombre de colonies caractéristiques ;

V : volume d'échantillon filtré ;

d : facteur de dilution effectué.

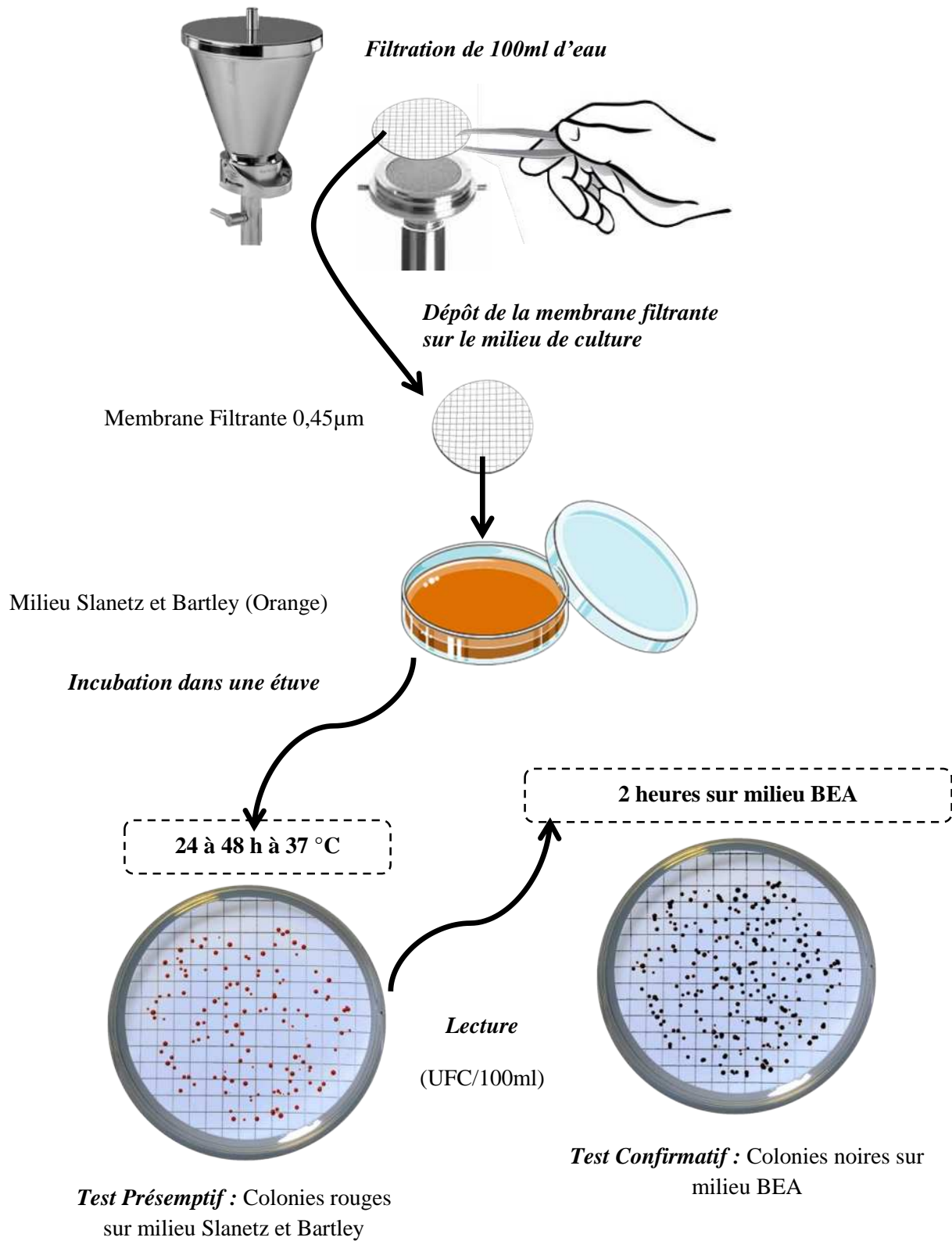


Figure 3.3 : Méthode de dénombrement des Streptocoques Fécaux dans l'eau.

3.6.3. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Les membranes, issues de filtration, sont déposées sur gélose Chapman, caractérisée par une concentration élevée en NaCl, et incubées à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant $44 \pm 4\text{h}$ (**Figure 3.5**). Les colonies, présentant l'aspect de *Staphylococcus aureus*, à contours réguliers et pigmentées soit en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc sont soumises aux tests biochimiques de coagulase et de catalase (**Rodier, 2009**).

✚ Test de catalase

- Placer une goutte d'une solution de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) sur une lame de microscope (1/20 volumes de la lame) ;
- Prélever une demi-colonne avec une pipette pasteur stérile et l'émulsionner doucement dans la goutte d' H_2O_2 ;
- Observer immédiatement, s'il y a apparition de bulles d'oxygène ; le test est positif (catalase positive) sinon il est négatif donc catalase négative.

✚ Test de coagulase

- Un bouillon BHIB estensemencé avec une moitié d'une colonie caractéristique puis incubé à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant $20 \pm 4\text{h}$.
- Après incubation du bouillon BHIB, ajouter stérilement 0.1 ml de cette culture à 0.3 ml de plasma de lapin contenu dans un tube à essai ou à hémolyse, et incubé de nouveau à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 2 à 6 heures ;
- Considérer que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus des trois quarts du volume initialement occupé par le liquide.

✚ Expression des résultats

$$N = \frac{C}{V * d}$$

Avec :

N : nombre de bactéries en UFC/ 100 ml ;

C : nombre de colonies caractéristiques ;

V : volume d'échantillon filtré ;

d : le facteur de dilution effectué.

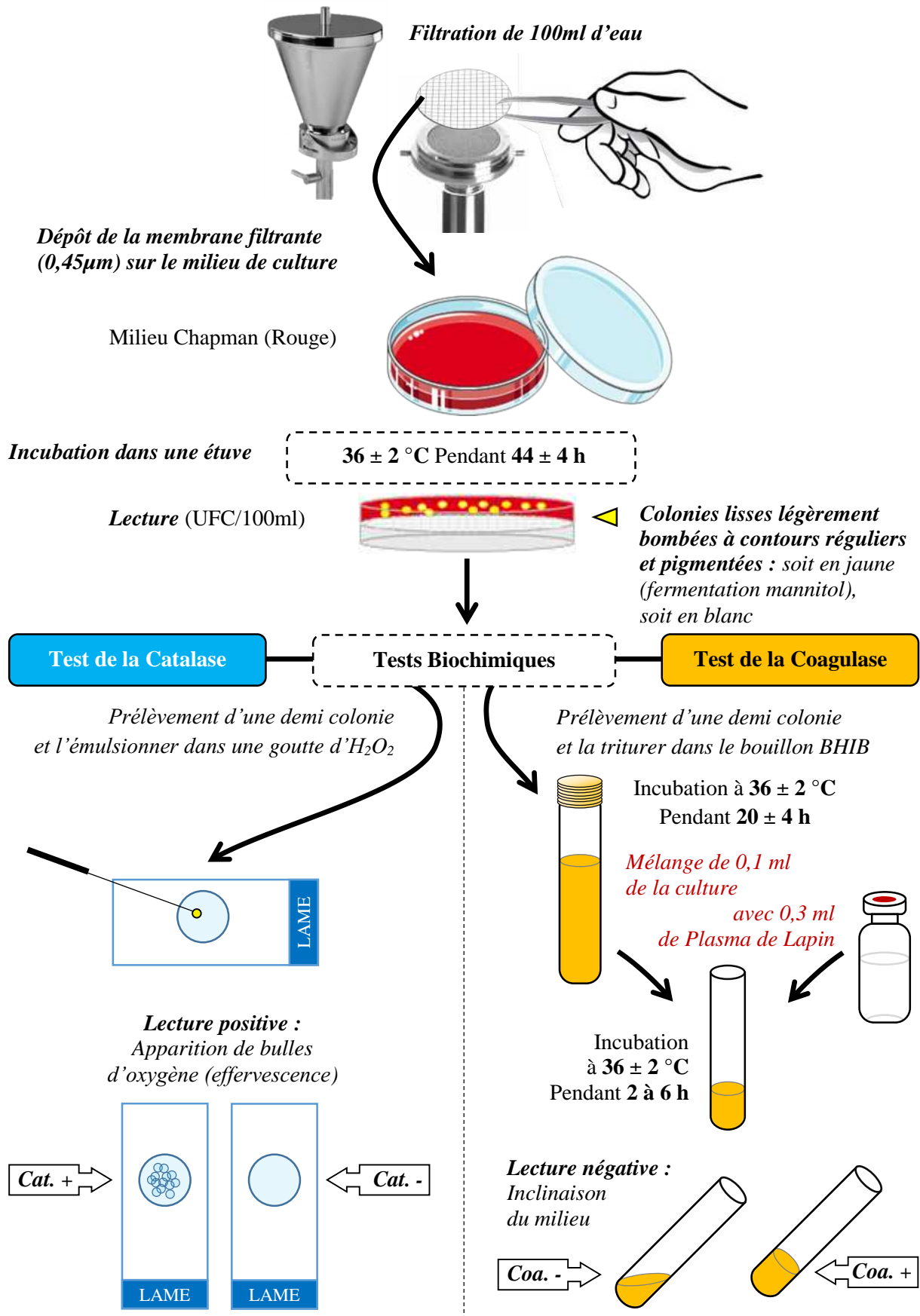


Figure 3.4 : Méthode de dénombrement de *Staphylococcus aureus* dans l'eau.

3.6.4. Recherche et dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa*

Après filtration, la membrane est prélevée et déposée sur gélose au cétrimide. L'incubation des boîtes de pétri est effectuée à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 h (**Figure 3.6**).

Après la période d'incubation, le dénombrement de toutes les colonies est réalisé. Les colonies produisant pigmentation bleu-vert (pyocyanine) sont considérées comme *Pseudomonas aeruginosa* confirmés (Nombre P).

Les colonies ne produisant pas de pyocyanine sont dénombrées, puis examinées sous rayonnement ultraviolet. S'ils donnent lieu à une fluorescence, elles sont considérées comme *Pseudomonas aeruginosa* présumés (nombre F). Leur confirmation est réalisée en recherchant la production de la pyocyanine sur gélose inclinée King A. La lecture du résultat a été effectuée après 24, 48 et 72 heures ainsi qu'après cinq jours. Le résultat est positif s'il y a apparition d'une zone de couleur bleu à verte (nombre cF).

Les autres colonies brun-rougeâtre sont considérées comme *Pseudomonas aeruginosa* présumés (Nombre nR). Leur confirmation a été consolidée, sur cellule jeunes, par un test d'oxydase. L'apparition d'une fluorescence sous lampe UV (**Annexe 3- Figure 4**) est recherchée, après incubation sur gélose inclinée King B à 36 ± 2 °C pendant cinq jours maximum (nombre cR)

✚ Expression des résultats

Le résultat final sera exprimé selon l'équation suivante :

$$N = P + F * \left(\frac{cF}{nf}\right) + R * \left(\frac{cR}{nR}\right)$$

Avec :

P : nombre de colonies bleu-vert ; toutes comptées cibles confirmées ;

F : nombre de colonies fluorescentes ;

R : nombre de colonies brun-rougeâtre ;

nf : nombre de colonies fluorescentes produisant de la pyocyanine sur milieu King A ;

cF : nombre de colonies fluorescentes positives pour la production de la pyocyanine ;

nR : nombre de colonies brun-rougeâtre examinées pour oxydase et fluorescence sur milieu de King B ;

cR : nombre de colonies brun-rougeâtre positives pour la production d'oxydase et fluorescence sur milieu de King B.

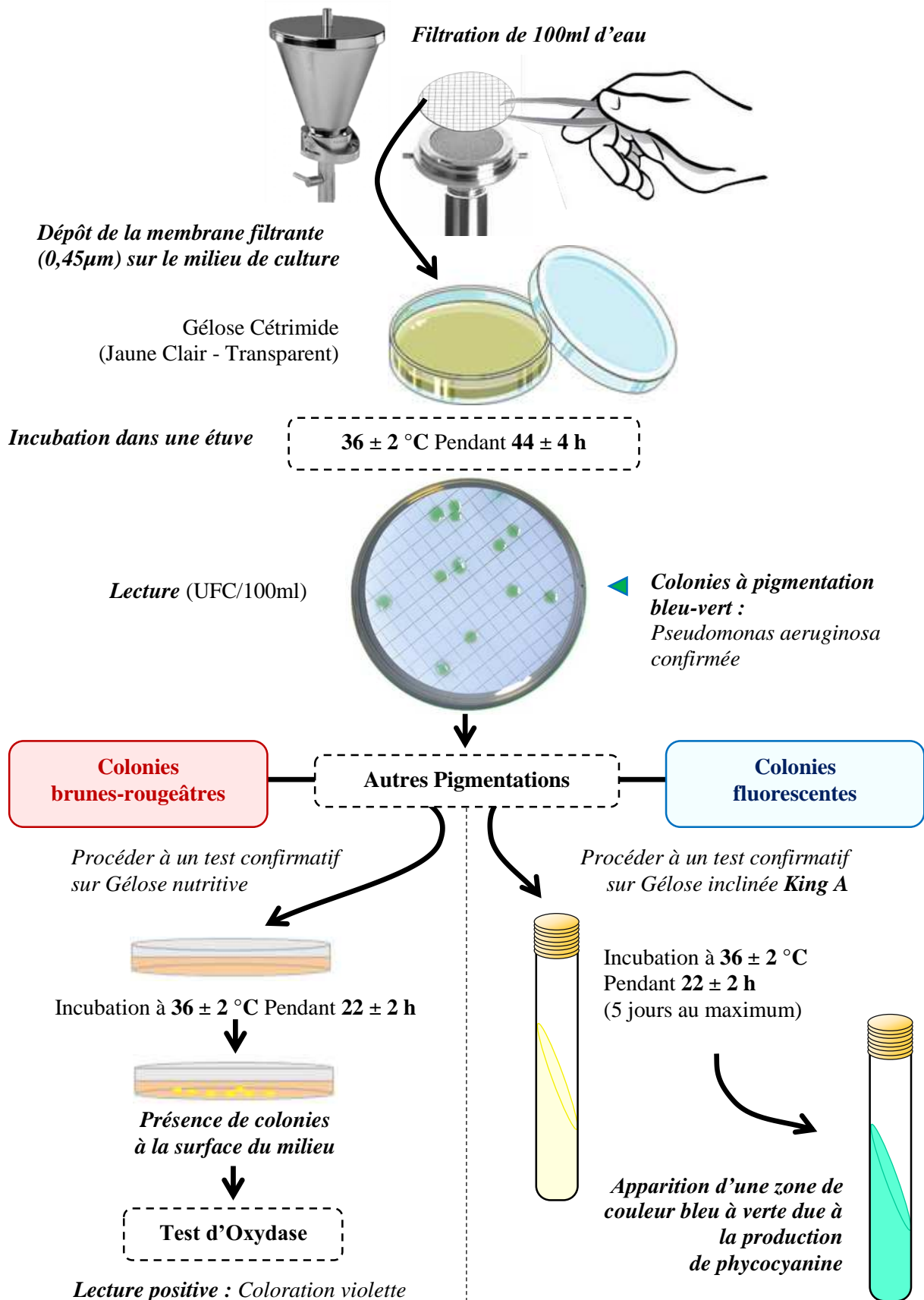


Figure 3.5 : Méthode de dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* dans l'eau.

3.6.5. Recherche des Salmonelles

La recherche des Salmonelles effectuée par la méthode qualitative (Rodier, 2009), réalisée en trois étapes successives : enrichissement, isolement et identification biochimique (Figure 3.7 et Figure 3.8).

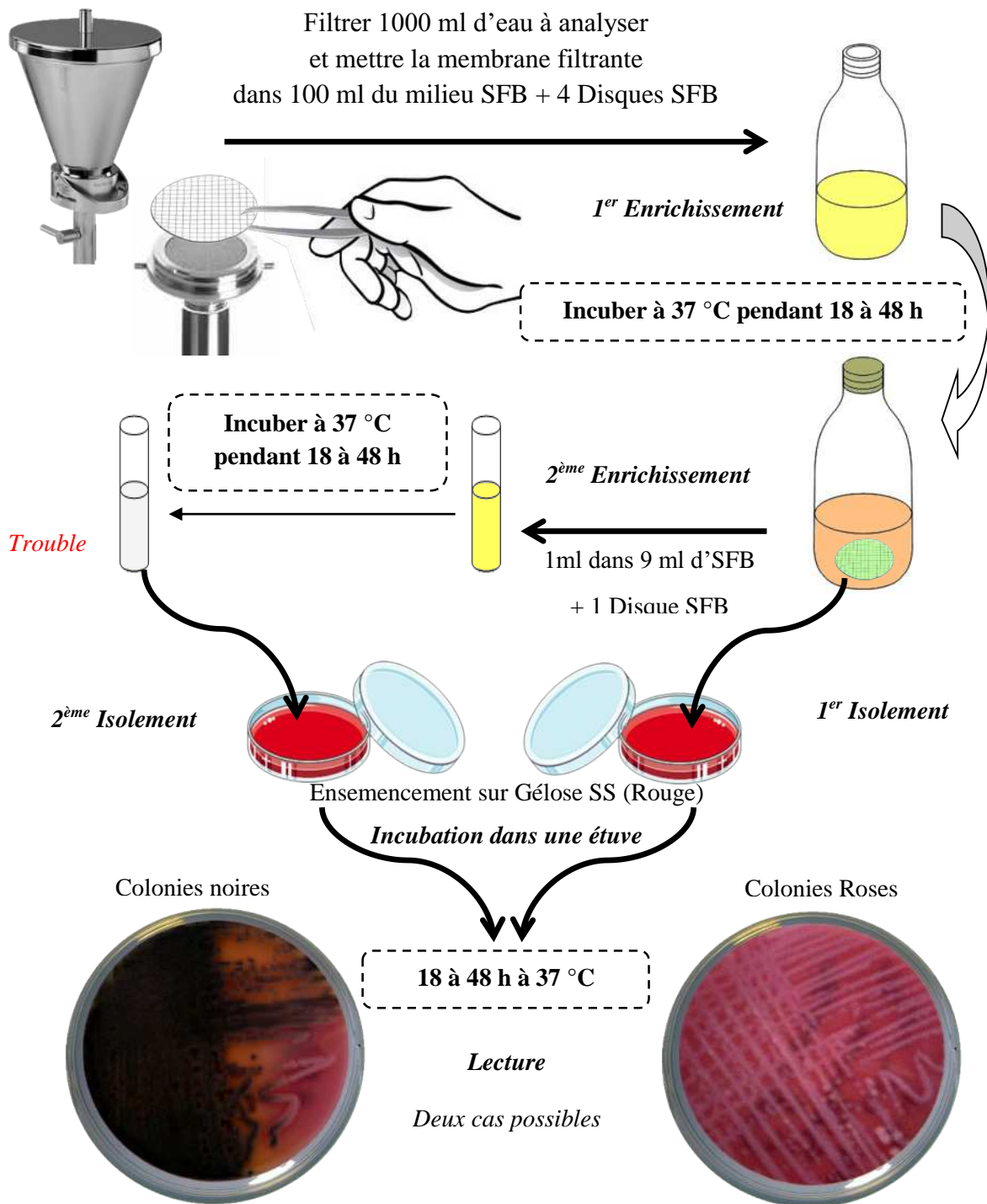


Figure 3.6: Technique de recherche des salmonelles

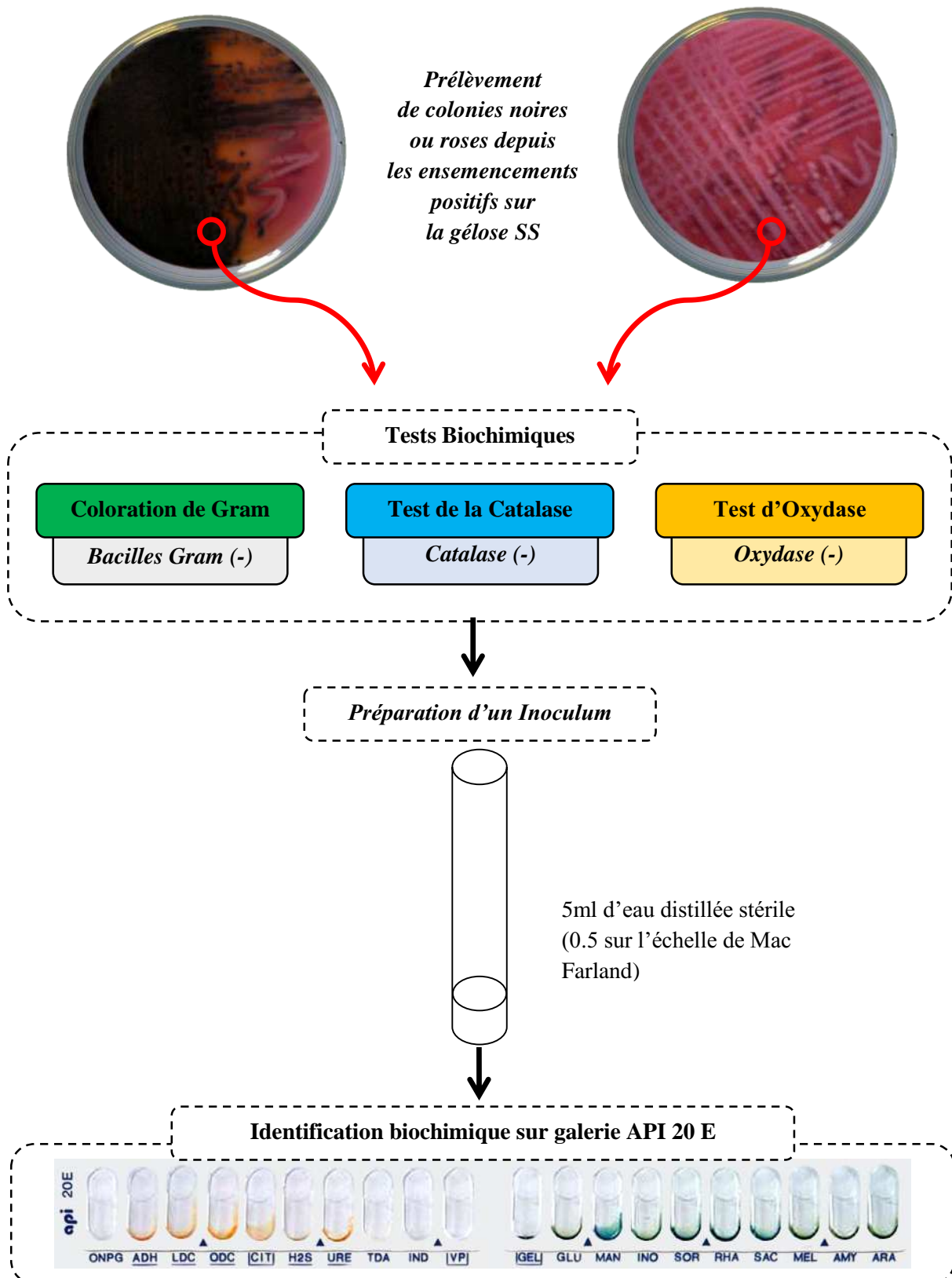


Figure 3.7: Technique d'identification des salmonelles.



*Résultats et
Discussions*

4. Résultats et discussion

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées sur les eaux usées de la station d'épuration, ainsi que sur celles de l'oued de Béni Messous et de son embouchure, nous ont permis d'une part de vérifier l'efficacité du traitement et le rendement de la station, et d'autre part d'évaluer la charge polluante de l'oued, issue des six communes limitrophes, acheminée jusqu'à l'embouchure.

Les résultats qualitatifs et quantitatifs obtenus, après trois mois de pratique expérimentale au laboratoire (centrale de la SEEAL, ENSSMAL), sont représentés et illustrés dans des figures sous formes de graphiques et d'histogrammes avec leurs interprétations ainsi que leurs discussions.

4.1. Les paramètres physico-chimiques

4.1.1. Température (T)

La variation de la température au niveau des différentes stations durant les trois mois d'étude, ainsi que les moyennes mensuelles des températures minimales et maximales de l'air sont représentées dans la figure ci-dessous.

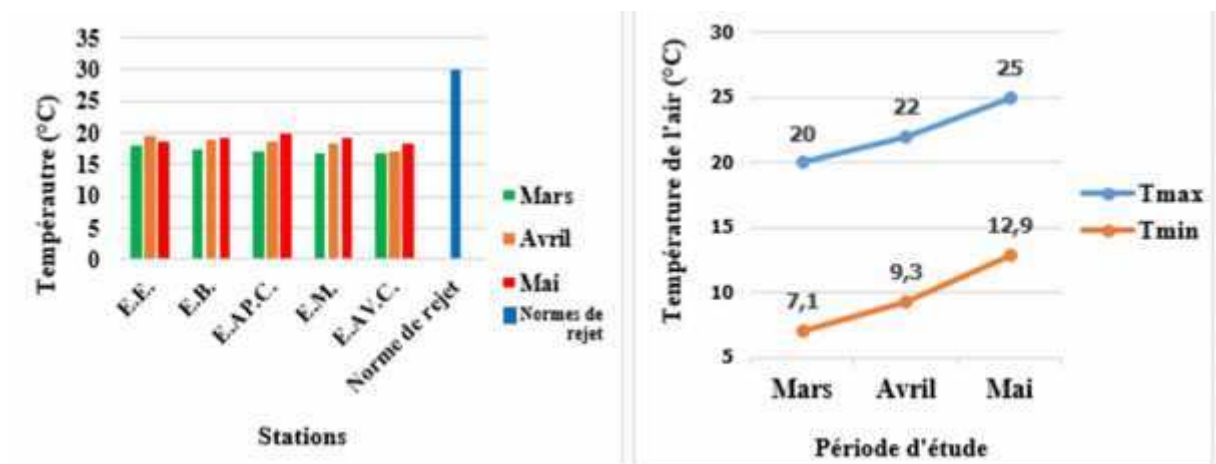


Figure 4.1 : Variation de la température au niveau des différentes stations d'étude en fonction du temps.

E.E, eau épurée ; E.B, eau brute ; E.A.P.C, eau après contact ;
 E.A.V.C, eau avant contact ; E.M, eau de mer.

Les températures d'eau de mer (E.M.) ainsi que celles des eaux de l'oued (E.AV.C et E.A.P.C) sont comprises entre 16,91 °C et 19,28°C, et ce, respectivement pour le mois de Mars et le mois de Mai.

Au niveau des eaux brutes de la station d'épuration, les températures se situent entre 17,36 °C pour le mois de Mars et 19,6 °C pour le mois de Mai. Tandis que celles des eaux épurées varient entre 17,94 et 19.6 °C, valeurs enregistrées respectivement en Mars et Mai.

Ces valeurs de température, observées dans les différentes stations, sont comprises entre les températures minimales et maximales de l'air durant la période d'échantillonnage. En effet, la température de l'eau est fortement influencée par les conditions environnementales liées à la situation géographique de la localité, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et surtout au climat régnant (Reggam et al., 2015).

Les températures de l'oued et celles des eaux épurées, rejetées par la station d'épuration, ne présentent aucun effet sur le milieu récepteur (la plage EL BAHDJA), car les températures mesurées sont largement inférieures aux 30 °C fixées par l'organisation mondiale de santé (JORADP,2006).

4.1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

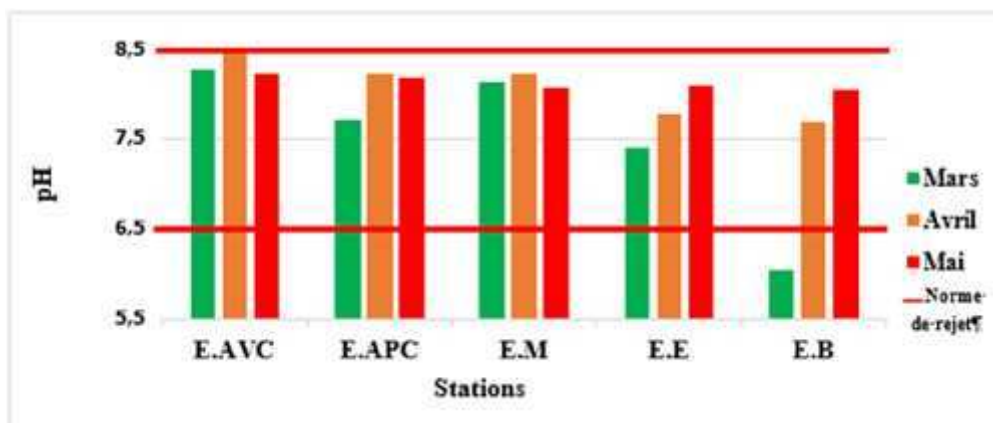


Figure 4.2 : Variation de pH en fonction de la période et des stations d'étude.

E.E, eau épurée ; E.B, eau brute ; E.AP.C, eau après contact ;

E.AV.C, eau avant contact ; E.M, eau de mer.

La figure ci-dessus représente la variation du potentiel d'hydrogène (pH) sur l'ensemble des stations durant la période d'étude.

Le pH des eaux de la station d'épuration (brutes et épurées), est inférieur par rapport aux autres stations en l'occurrence celui de l'eau de mer (E.M.) et celui des eaux de l'oued (E.AV.C. et E.AP.C).

Pour les eaux brutes, la variation est entre 6.04 et 7.69 pour les mois de Mars et d'Avril. D'après **Blinda (2007)**, les pH compris entre 5 et 9 permettent un développement normal de la faune et de la flore. La valeur enregistrée au mois de Mai qui est de 8.04, est plus importante à celle enregistrée précédemment, ceci est dû aux changements des caractéristiques physico-chimiques des eaux brutes reçu (**Bensayah, comm perso**).

En effet le chef de service d'exploitation de la station d'épuration de la SEAAL nous a précisé que durant le mois de Mai, les eaux de l'oued Beni-Messous sont intégrées dans le réseau gravitaire qui alimente la station d'épuration en eaux usées.

Pour les eaux épurées, les valeurs de pH tournent autour de 8.08 en Mars, 7.77 en Avril et 7.39 en Mai. Ces valeurs sont conformes et répondent aux normes (**JORADP, 2006**) et contribuent aussi à faire baissées le pH de l'oued.

Les eaux de l'oued, et durant toute la période de l'étude, ont présenté des valeurs de pH de 7.12 pour l'E.AP.C et 8.57 pour l'E.AV.C. Pour la plupart des espèces aquatiques, la zone de pH favorable se situe entre 6 et 7,2 (**Rodier et al., 2009**).

Pour les (E.AP.C), une baisse du pH a été notée durant tous les mois de l'étude, ceci est tout simplement lié aux mélange des eaux épurées plus ou moins neutres avec les eaux de l'oued qui sont plus ou moins alcalines.

En ce qui concerne l'eau de mer, on a remarqué une faible oscillation de l'ordre de 8.13, 8.22 et 8.01 enregistrées durant les trois mois. Les premières valeurs du mois de Mars et d'Avril sont proches de 8.2, sachant que le pH de l'eau de mer en contact avec l'atmosphère reste dans une fourchette, de l'ordre de 8 à 8.3 (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Alors que celle enregistrée en mois de Mai est inférieur à 8,2. Cette diminution pourrait être expliquée par les apports de l'oued, essentiellement la matière organique, et en milieu côtier et estuarien certaines (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

4.1.3. Oxygène dissous (OD)

La concentration en oxygène dissous varie entre 9.2 et 8,9 mg/l en Mars et Avril et 7 mg/l au mois de Mai avec une moyenne de 8.4mg/l pour la station d'E.AV.C. Dans l'E.AP.C, il a présenté 9.13 mg/l, 8.7 mg/l et 7.07mg/l pour les mois de Mars, Avril et Mai respectivement. La moyenne est de 8.4 mg/l ; cette teneur est caractéristique des eaux de surface où l'intervalle est de 8 mg/l à 10 mg/l (Derwichet *al.*, 2010).

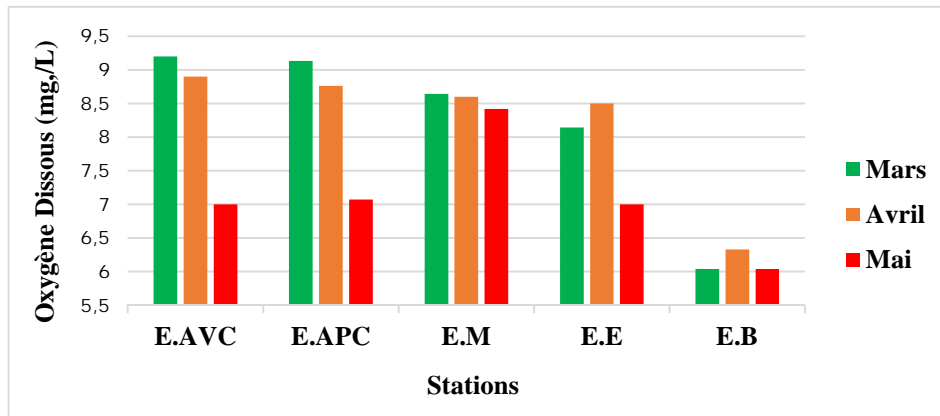


Figure 4.3 : Variation de l'oxygène dissous en fonction de la période d'étude et des stations.

E.E, eau épurée ; E.B, eau brute ; E.AP.C, eau après contact ;

E.AV.C, eau avant contact ; E.M, eau de mer.

Pour l'eau de mer les concentrations en oxygène dissous tournent autour de 8.42 et de 8.64mg/l durant la période d'étude. Cette station se trouve à proximité de l'embouchure de l'oued qui accumule et charrie des détritrus carbonés en décomposition via le phénomène de minéralisation de la matière organique, qui va entraîner une diminution des teneurs en oxygène. Mais ce n'est pas le cas observé, du fait qu'il y a l'hydrodynamique qui enrichie le milieu en bulles d'air via le mouvement des vagues (Aminot et chaussepied, 1983). Donc l'eau toujours à un niveau de saturation en oxygène, que l'eau soit initialement en sous-saturation ou en sur saturation (Aminot et chaussepied, 1983).

Concernant les eaux de la station d'épuration, notamment celle des eaux brutes, elles sont les moins oxygénées par rapport aux autres sites. Elles présentent des fluctuations entre 6.04 et 6.33 mg/l. Cette diminution est due probablement à une minéralisation de la matière organique présente dans l'eau. Cependant la diminution des teneurs en oxygène dissous indique la présence d'une activité bactérienne consommatrice d'oxygène (Ounoki et Achour, 2014).

Tandis que, pour les eaux épurées les concentrations en oxygène dissous restent proches de celles des autres stations avec une faible variation. Les teneurs sont entre 7 et 8.5 mg/l.

Globalement, par comparaison entre les concentrations de l'oxygène dissous, sur toutes les stations (station d'épuration, l'oued), on remarque que la campagne du mois Mai présente une baisse de la concentration en oxygène surtout celles des eaux de l'oued (E.AV.C ET E.AP.C).

Ceci est dû aux changements des conditions hydrologiques, notamment un faible débit qui provoque une diminution de la dissolution de l'oxygène dissous, aggravée par une augmentation de la consommation de l'oxygène par les organismes vivants (Makhoukh et al., 2011).

4.1.4. Salinité (S)

Les valeurs de la salinité sont faibles que ce soit pour les eaux de l'oued ou celles de la station d'épuration. En effet, elles ne dépassent pas 1 PSU (Figure 4.4).

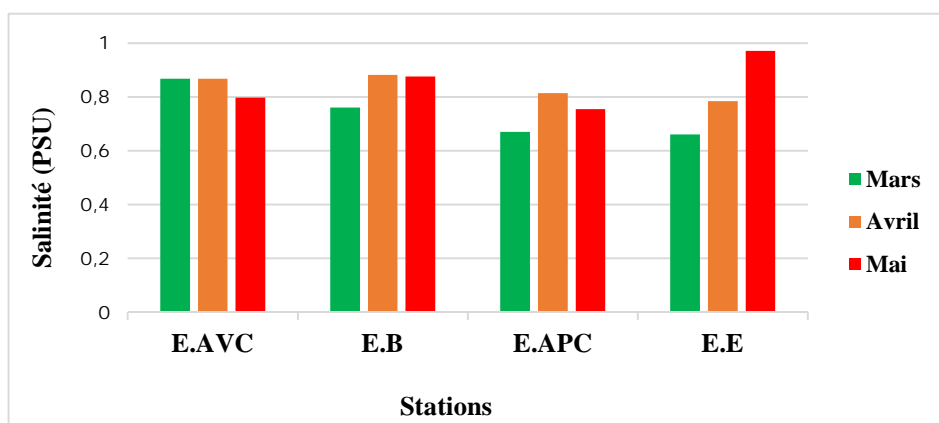


Figure 4.4 : Variation temporelle de salinité (S) au niveau de l'oued et de la STEP.

E. E, eau épurée ; E. B, eau brute ; E.AP.C, eau après contact ; E.AV.C, eau avant contact.

En ce qui concerne les eaux de mer (E.M), la salinité du mois de mars et avril varie entre 33.636 et 33.604 PSU, sachant que pour les eaux côtières algériennes, elle avoisine 37‰ (Tarmoul, 2014). La variation par rapport à cette eau type est due, au fait que cette zone est soumise à l'influence directe de l'oued, et selon Aminot et Kerouel (2004), dans les eaux marines côtières, il n'est pas rare d'observer, à proximité des embouchures fluviales des salinités s'abaissant à 25 PSU en période humide.

Pour le mois de Mai, la valeur de la salinité devrait être proche à celle enregistrée en Mars et Avril, cette légère différence est liée à l'appareil qui a été défectueux.

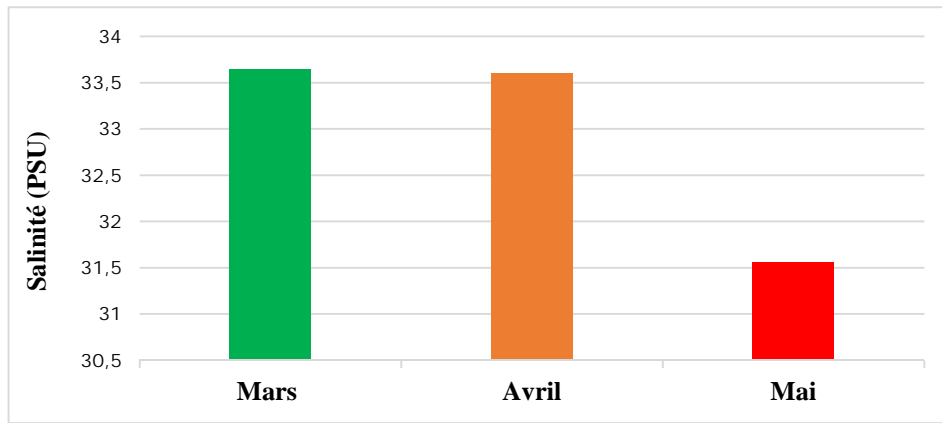


Figure 4.5 : Évolution de la salinité au niveau de la plage (E.M)

4.2. Les matières en suspension (MES)

Ces matières, empêchent la pénétration de la lumière qui est un facteur abiotique précurseur de la photosynthèse dont dépendent tous les composants des différents maillons des écosystèmes aquatiques (Rodier et al.,2009).

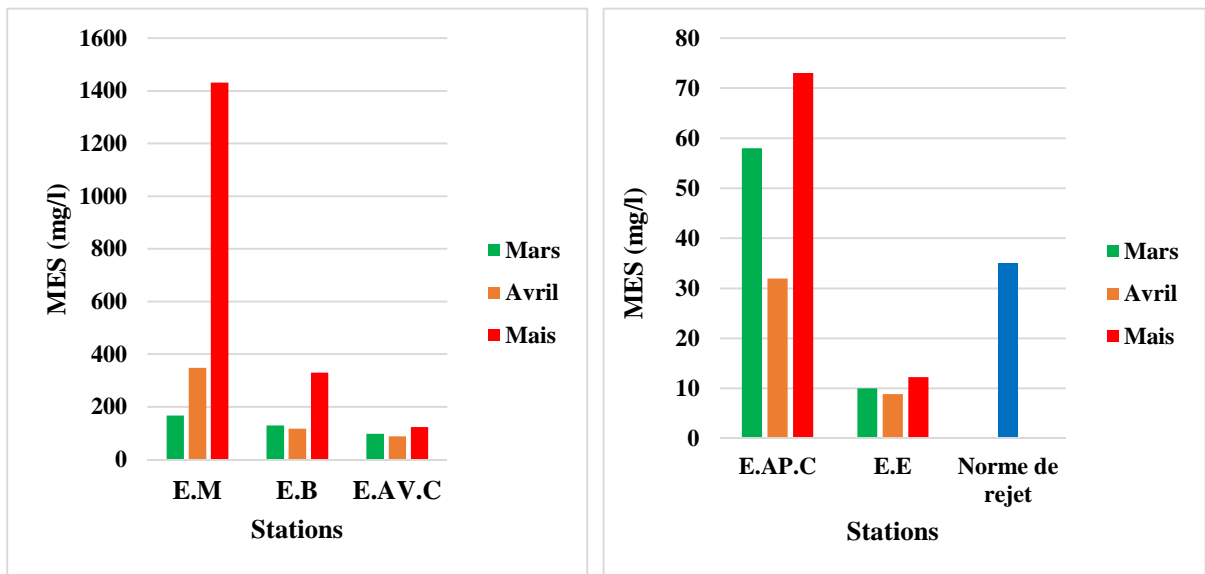


Figure 4.6 : Teneurs en matières en suspension dans les différentes stations en fonction du temps.

E.E, eau épurée ; E.B, eau brute ; E.AP.C, eau après contact ;
 E.AV.C, eau avant contact ; E.M, eau de mer.

Au niveau de la plage, la variation est entre 167 mg/l et 348 mg/l pour les mois de Mars et Avril. Alors qu'en mois de Mai, on a enregistré 1431 mg/l. Ceci est en fonction des variations saisonnières et des apports terrigènes. Elle atteint plusieurs centaines de milligrammes par

litre dans les estuaires et jusqu'à plusieurs grammes par litre dans la zone du maximum de turbidité (**Aminot et Chaussepied,1983**).

Par contre ceux des eaux épurées (E.E.), présentent une légère variation avec de faibles teneurs qui fluctuent entre 8.9 et 10 mg/l.

Du point de vue écologique, ces teneurs de quelques milligrammes par litre ne posent pas de problèmes majeurs à l'écosystème (**Rejsek, 2002**), et du point de vu réglementaire elles répondent aux normes et aux exigences fixées (**JORADP, 2006**), car elles sont largement inférieures aux 30 mg/l.

Des concentrations considérables sont enregistrées à l'entrée de la station d'épuration (E. B) et à l'oued (E.AV.C.et E.AP.C).

Des teneurs de 117 mg/l, 130 mg/l et 330 mg/l sont recensées pour les trois mois, au niveau des eaux brutes. En effet, les eaux qui arrivent à la station d'épuration sont de nature résiduaire urbaine, avec une moyenne de 250 mg/l de matière en suspension et des variations de 100 à 400 mg/l (**Rejsek, 2002**), ce qui leur confère un trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur (**Baumontetal., 2003**).

Des oscillations de l'ordre de 88 et 123 mg/l sont observées à l'oued avant contact. Cette charge est le résultat d'une érosion du bassin versant suite à des pluies torrentielles (**Reggam et al., 2015**).

Une nette diminution des teneurs en matières de suspension, au niveau de l'oued après contact, a été enregistrée durant tous les mois de l'étude avec des valeurs entre 32.13 mg/l 73.33 mg/l. Ceci est sans doute l'action du mélange avec les eaux épurées qui sont de bonne qualité.

4.3. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La figure ci-dessous indique que les eaux brutes de la station d'épuration et l'eau de l'oued avant et après contact détiennent les valeurs les plus importantes par rapport aux autres stations, surtout au mois de Mai.

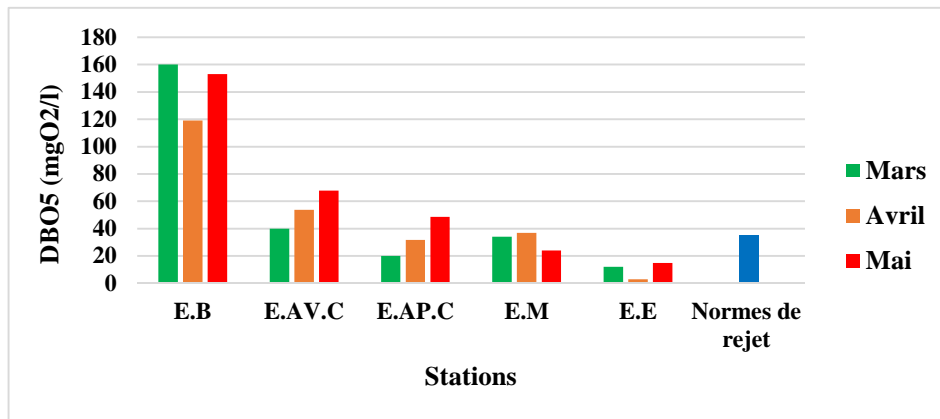


Figure 4.7 : Variation de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) des différentes stations en fonction du temps.

E.E, eau épurée ; E.B, eau brute ; E.AP.C, eau après contact ;
E.AV.C, eau avant contact ; E.M, eau de mer.

Selon **Ouniki et Achour (2014)**, la variation mensuelle de la DBO₅ des eaux usées brutes dépendent de la dilution, de la concentration, de la pollution ainsi que des conditions climatologiques.

La DBO₅ enregistrée est de 119 mg/l, 153 mg/l et 160 mg/l. Elles caractérisent une eau résiduaire urbaine qui présente des variations de 150 à 500 mg/l (**Rejsek, 2002**).

Par rapport aux eaux de l'oued, avant le contact, les quantités sont 40 mg/l, 53.85 mg/l et 67,7 mg O₂. L⁻¹, alors qu'après le contact, elles sont de 20 mg/l, 31.88 mg/l et 48.6 mg/l.

Ces eaux sont chargées en rejets de matières biodégradables ce qui implique une consommation d'oxygène (**Rejsek, 2002**). Après contact, la dilution par les eaux épurées de la station est nettement observée.

Les valeurs maximales enregistrées au mois de Mai, sont en relation avec les changements des conditions hydrologiques et de la nature des eaux. Cependant, les valeurs de la DBO₅ sont aussi liées aux conditions hydrologiques et météorologiques du milieu récepteur (**Rejsek, 2002**).

En termes de charge organique rejetée, la qualité des eaux épurées est conforme aux valeurs limites fixées par la réglementation (**JORADP, 2006**). Elles sont nettement inférieures à 35 et 30mg/l d'oxygène.

Le réceptacle final, l'eau de mer, présente des variations de l'ordre de 24, 34 et 37 mg/l, durant la période d'étude. Dans les eaux riches en oxygène, recevant des eaux usées urbaines, les micro-organismes sont suffisamment nombreux et variés pour dégrader un substrat facilement décomposable (**Copin-Montégut, 1996**).

4.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

L'analyse de la DCO, au niveau de l'eau de mer, n'a pas été effectuée. En effet, la présence d'importante concentration en chlorure, dépasse de loin les 2 g/l, s'interfère lors de l'oxydation des matières oxydables (**Copin-Montégut, 1996**).

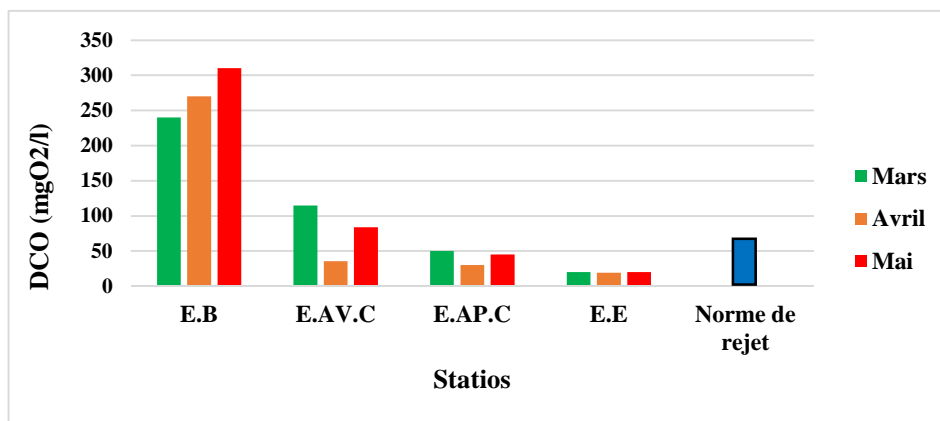


Figure 4.8 : Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) des différentes stations en fonction du temps.

E.E, eau épurée ; E.B, eau brute ; E.AP.C, eau après contact ;

E.AV.C, eau avant contact ; E.M, eau de mer.

D'après la figure ci-dessus, on remarque que les eaux brutes de la station d'épuration détiennent les valeurs les plus importantes, avec 240, 270 et 310 mg/l durant la période d'étude, ces valeurs reflètent typiquement les caractéristiques d'une eau usée communale non épurée (**Bliffer et Perraud, 2001**).

Alors que pour les eaux épurées et les eaux de l'oued (E.AV.C et E.AP.C) restent conformes à la norme fixée par le **JORADP (2006)** et qui est de 120 mg/l durant toute la période d'étude.

4.5. Les paramètres bactériologiques

4.5.1. Coliformes totaux

Les teneurs en coliformes totaux obtenues durant la période d'étude sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.1 : Concentrations des Coliformes Totaux aux niveaux des différentes stations

Station	E.AVC (UFC/100 ml)	EB (UFC/100 ml)	E.APC (UFC/100 ml)	EE (UFC/100 ml)	EDM (UFC/100 ml) ^o
Mars	24.10 ⁵	85.10 ⁶	12.10 ⁵	3.10 ⁵	45.10 ⁴
Avril	149.10⁵	164. 10⁵	6.10 ⁵	6.10 ⁴	24.10 ⁶
Mai	35.10 ⁵	36.10⁶	6.10 ⁵	49.10 ⁴	1.10 ⁶

Une charge bactérienne importante en coliformes totaux est observée dans les eaux brutes, avec des valeurs allant de **164 10⁵** à **36.10⁶** UFC/100ml. Les eaux de l'oued ont présenté aussi des taux élevés avec un maximum de **149.10⁶**UFC/100ml enregistré en mois d'Avril.

Ils témoignent de l'état de pollution de ces stations, qui reçoivent des rejets domestiques importants sur le plan quantitatif et qualitatif.

Au niveau des stations d'eau épurée, l'eau après contact et l'eau de mer, des teneurs moins importantes sont observées. Deux pics ont fait exception avec 24.10⁶UFC/100ml et 49.10⁶UFC/100ml en Mars et Mai dans l'eau après contact et l'eau de mer. Ceci pourrait être expliqué par la diminution de la charge polluante via la diminution du débit de l'oued et l'effet de dilution exercé par les eaux épurées.

Ces taux élevés peuvent être expliqué par l'origine de ces germes qui proviennent d'animaux à sang chaud, ou ils représentent moins de 10 % des micro-organismes (**Rejsek.2002**), mais aussi des sols et de la végétation (**CEAFQ ,2009**).

4.5.2. Coliformes fécaux

Le tableau 4.2 présente les taux des coliformes fécaux obtenus, durant la période d'étude, au niveau des cinq stations.

Tableau 4.2 : Concentrations des Coliformes Fécaux aux niveaux des différentes stations

Station	E.AVC (UFC/100 ml)	EB (UFC/100 ml)	E.APC (UFC/100 ml)	EE (UFC/100 ml)	EDM (UFC/100 ml) ^o
Mars	12. 10 ³	3.10 ⁴	5.10 ³	3.10 ²	34 .10 ²
Avril	52.10 ³	114.10³	2.10 ³	9.10 ²	2.10 ³
Mai	19.10 ³	5.10 ⁴	47.10 ²	3.10³	26.10 ²

Les eaux brutes et les eaux de l'oued avant contact se distinguent avec des valeurs trop élevées allant de **12.10³UFC/100ml** à **114.10³UFC/100 ml**, et ce durant les périodes de prélèvement, par rapport à celles enregistrées dans les eaux épurées et les eaux de mer.

La présence d'*E.coli* est constatée dans tous les échantillons analysés et durant toute la période d'étude.

Tableau 4.3 : Présence d'*E.coli* au niveau des différentes stations

Paramètres	Périodes	Stations				
		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
<i>E.coli</i>	17-Mars-16	+++	+++	+++	+++	+++
	20-Avril-16	+++	+++	+++	+++	+++
	12-Mai-16	+++	+++	+++	+++	+++

L'abondance des coliformes fécaux et la présence d'*E. coli* montre une contamination fécale importante, notamment dans les eaux de l'oued et des eaux brutes même dans les eaux épurées au mois de Mai où les valeurs dépassent largement les normes fixées pour toute réutilisation ou consommation humaine (1000UFC/100ml) (OMS, 2006).

Cette contamination est liée essentiellement aux rejets de la forte agglomération, qui se manifestent par des eaux domestique, notamment les eaux vannes (Bontoux, 2002). En effet, la concentration en coliformes dans l'eau est souvent directement reliée à la densité d'habitation, à la population humaine et à la présence d'animaux de compagnie (Webster et al., 2003).

Les coliformes fécaux retrouvés dans les eaux de surface (eaux de l'Oued), proviennent aussi de pâturage agricoles, des populations animales sauvages, mais également des eaux produites de l'activité agricole particulièrement l'utilisation des déchets des animaux comme fertilisants pour les terres agricoles avoisinant l'oued (Webster et al., 2003).

4.5.3. Les Streptocoques fécaux (genre enterococcus)

La recherche de genre entérocooccus a donné le résultat suivant :

Tableau 4.4 : Concentrations des Streptocoques (genre entérocoque) fécaux aux niveaux des différentes stations

Station	E.AVC (UFC/100 ml)	EB (UFC/100 ml)	E.APC (UFC/100 ml)	EE (UFC/100 ml)	EDM (UFC/100 ml) ^o
Mars	9.10⁶	2.10 ⁵	3.10 ⁵	8.10³	37.10 ²
Avril	89.10 ⁴	78.10⁵	3.10 ⁴	1.10 ⁴	7.10 ⁴
Mai	8.10 ⁴	1.10 ⁵	6.10 ⁴	7.10³	16.10 ³

Les entérocoques intestinaux ont été observés dans toutes les stations, du fait qu'ils sont de nature ubiquiste (Aguilar-Galvez, 2011).

Les plus fortes concentrations ont été enregistrés aux niveaux des eaux d'oued avant contact et dans les eaux brutes, avec **9.10⁶**UFC/100ml et **78.10⁵**UFC/100ml respectivement, signe d'une contamination fécale qui peut être d'origine animale ou humaine, liée aux divers rejets domestiques chargés, mais également aux activités agricoles et industrielles qui se manifestent dans la périphérie de l'oued.

Des valeurs moins importantes ont été signalées dans les eaux épurées particulièrement au mois de Mars et Mai (**8.10³**UFC/100ml et **7.10³**UFC/100ml, respectivement). Ces concentrations sont dans les normes imposées par l'organisation mondiale de la santé en 2006 (**10-10⁵**UFC/100ml).

La résistance aux conditions environnementales difficiles et aux agents désinfectants, fait des entérocoques des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (Haslay et Leclerc, 1993 ; Gleeson et Gray, 1997 ; OMS, 2004).

4.5.4. *Staphylococcus aureus*

Les plus fortes concentrations ont été signalé et ceci sur toute la période de prélèvement dans les eaux brutes, les eaux de l'oued mais également les eaux après contact, ou les valeurs de cet indicateur oscillent entre **25.10²**UFC/100ml et **5.10⁶**UFC/100ml (Tableau 4.4). Un pic de **28.10⁵**UFC/100ml est noté, au niveau des eaux épurées, au mois de Mai.

Tableau 4.5 : concentrations des *Staphylococcus aureus* aux niveaux des différentes stations

Station	E.AVC (UFC/100 ml)	EB (UFC/100 ml)	E.APC (UFC/100 ml)	EE (UFC/100 ml)	EDM (UFC/100 ml) ^o
Mars	3.10 ⁵	36.10 ⁵	1.10 ⁵	13.10 ³	25.10²
Avril	11.10 ⁴	22.10 ⁴	5.10 ⁴	7.10 ⁴	25.10 ³
Mai	36.10 ⁴	5.10⁶	45.10 ⁴	28.10⁵	3.10 ³

Ces bactéries proviennent des sols, de l'air, et de l'environnement domestique de l'homme (anss, 2011). C'est pourquoi leur présence dans les eaux brutes et les eaux de l'oued est inévitable où leur présence est vraisemblablement due à une contamination causée par des individus malades.

Ces bactéries peuvent acquérir une résistance de plus en plus importante aux désinfectants à chaque fois qu'ils sont utilisés avec le même produit et la même concentration (Meunier et al., 2009, Rolain et al., 2012).

La charge importante, constatée au mois de Mai, pourrait être expliquée par la réorientation d'une partie importante des eaux de l'oued vers la station.

4.5.5. *Pseudomonas aeruginosa*

Les plus fortes concentrations ont été enregistrées aux niveaux des eaux brutes et des eaux d'oued, avant leur contact avec les eaux épurées qui sortent de la station d'épuration, et cela pour les trois compagnes de prélèvement, particulièrement au mois de Mars avec 5.10⁴UFC/100ml pour l'eau avant contact et 2.10⁴UFC/100ml au mois de Mai pour les eaux brutes (Tableau 4.5).

Tableau 4.6 : concentrations des *Pseudomonas aeruginosa* aux niveaux des différentes stations

Station	E.AVC (UFC/100ml)	EB (UFC/100ml)	E.APC (UFC/100ml)	EE (UFC/100ml)	EDM (UFC/100ml)
Mars	5.10 ⁵	1.10 ⁵	1.10 ⁵	ABS	1.10 ²
Avril	1.10 ⁵	2.10 ⁴	9.10 ³	2. 10 ²	2.10 ⁴
Mai	3.10 ⁵	2.10 ⁵	11.10 ³	1.10 ³	1.10 ⁴

Alors que, les plus faibles concentrations ont été observées dans l'eau de mer et les eaux épurées, essentiellement au mois de Mars. *Pseudomonas aeruginosa* est un pathogène nosocomial majeur chez les patients immuno-compromis ou affaiblies (Mesaros et al., 2007),

capable de s'adapter à des environnements très divers en raison de sa grande plasticité génétique.

4.5.6. Les salmonelles

La recherche des Salmonelles effectuée par la méthode qualitative a donné les résultats illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4.7 : Les résultats qualitatifs des Salmonelles sur les différentes stations durant l'étude

Station	E.AVC	E.APC	EDM	EB	EE
Mars	---	---	+++	+++	---
Avril	---	---	---	---	---
Mai	---	---	---	+++	+++

L'analyse bactériologique des différentes stations à divulguer la présence des salmonelles dans, non seulement les eaux brutes mais aussi, les eaux épurées et l'eau de mer.

La législation Algérienne impose l'absence totale des salmonelles dans 1000 ml d'échantillon des eaux de surfaces par le Décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011, mais également dans les eaux de baignade par le décret exécutif N° 93-164 du 10 juillet 1993.

La présence des salmonelles dans les eaux usées et les eaux épurées particulièrement, indique la non-conformité de ces eaux avec les directives de l'OMS, ainsi que la législation Algérienne qui exige l'absence des salmonelles dans toute eau destinée à la réutilisation ou à la consommation humaine.

La concentration de ces bactéries pathogènes dans les eaux usées dépend des conditions épidémiologiques et environnementales de la région d'étude (**Talouizte H, et al., 2007**). Certains travaux ont montré que le nombre des salmonelles dans les effluents urbains non traitée varie de quelques bactéries par 100 ml à des concentrations de même ordre de grandeur que celles des indicateurs fécaux (**Jiménez B et al., 2000**).

L'étude sérologique des souches isolées à partir des effluents a montré la présence de *Salmonella Kentucky*, connue pour être l'une des premières causes des infections alimentaires chez l'homme. Elle résiste à de nombreux antibiotiques, notamment aux fluoroquinolones, qui constituent actuellement un traitement clés des infections sévères à salmonelle (**Laila, 2011**).

La volaille est le principal vecteur de ce germe., car un nombre important de carcasse de volaille a été observé au niveau de l’oued (**Figure 4.2**), et avec les changements des caractéristiques physico-chimiques des eaux brutes liées à la déviation et l’intégration des eaux de l’Oued dans les systèmes de collecte (gravitaire) des eaux usées qui alimente la station d’épuration (**Bensayah, comm perso**), ceci explique la raison de sa présence dans les eaux brutes et, puis, qu’elle se caractérise par une résistance à de nombreux antibiotiques (**Laila, 2011**), ceci contribue à sa résistance au traitement adopter par la station d’épuration ce qui conduit probablement à leur présence dans les eaux épurées.



Figure 4.9: Présence de carcasse de volaille sur l’Oued Beni-Messous

4.6. Qualité des eaux de baignade

Tableau 4.8: Concentration des différents paramètres bactériologiques requis pour les eaux de baignades

Les valeurs UFC/ 100ml	Vlmp	10000	2000	/	---
	VG	500	100	100	---
Paramètre bactériologiques		CT UFC/100ml	CF UFC/100ml	Streptocoques UFC/100ml	Salmonelle P/A
Période d'étude	Mars	45.10 ⁴	340	3700	+++
	Avril	24.10 ⁵	2000	70000	----
	Mai	10 ⁶	2600	16000	----

D’après les normes Algériennes fixées par le décret exécutif N⁰ 93-164 du 10 juillet 1993, définissant la qualité requise pour les eaux de baignades, la concentration des paramètres analysés tout au long de la période de prélèvement, dépasse non seulement les valeurs guides,

mais également les valeurs limites (**Tableau 4.7**) ce qui fait de ces eaux, des eaux de mauvaise qualité et les rendent insalubre à la baignade.

Selon ce qui a été expliqué précédemment, on peut déduire que la source de la pollution vient en grande partie de l'oued où tout entretien est absent. En fait, les eaux rejetées par la station d'épuration dans l'oued, ont pour effet la dilution de la charge polluante, comme on peut le voir dans la figure 4.2, ce qui diminue l'impact sur la plage El Bahdja.



Figure 4.10: Le mélange des eaux épurées avec les eaux de l'oued

4.7. Le traitement tertiaire

Face à la raréfaction de la ressource en eau utilisable par l'homme, une des solutions pour la préserver tout en continuant à assurer nos besoins est de réutiliser les eaux en sortie de station d'épuration, cependant ces eaux usées traitées contiennent des concentrations non négligeables en germes, notamment les germes pathogènes, ainsi que d'autres éléments indésirables (**Brice et al., 2015**).

C'est le cas de notre étude où les eaux épurées sortant de la station d'épuration présentent une charge bactérienne moyenne en coliformes fécaux de 1400UFC/100ml, une concentration supérieure à la norme exigée par l'Organisation mondiale de la Santé qui impose une concentration de 1000UFC/100ml pour la réutilisation des eaux, ce qui représente un frein à leur réutilisation.

Pour pallier à cela, les traitements tertiaires constituent des procédés de dépollution efficaces, dont parmi eux nous retrouvons, le traitement UV qui permettra d'éliminer efficacement ces micro-organismes notamment les staphylocoques, les Pseudomonas, mais également les salmonelles (**Brice et al., 2015**).



Conclusion

Conclusion

L'objectif du travail était d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des apports de l'oued Beni Messous, des eaux de la plage El Bahdja ainsi que d'estimer l'efficacité du fonctionnement de la station d'épuration.

À l'issue de notre travail de recherche, les résultats physico-chimiques et bactériologiques obtenus lors de cette étude, ne laissent aucun doute à la réalité que la principale source de pollution bactériologique à laquelle est exposée la plage d'El Bahdja est issue de l'oued. En effet, un taux de pollution microbienne important est signalé au niveau de ce site durant la période d'étude.

La caractérisation physico-chimique et bactériologique indique que les eaux de surface de l'Oued ne répondent pas aux normes exigées par la législation Algérienne, et révèle également que ces dernières subissent une pollution importante suite au volume important des eaux usées urbaines des différentes communes qu'il traverse, mais également industrielles déversés en son sein.

À la lumière des résultats fort intéressants obtenus lors de nos enquêtes, et en tenant en compte des normes physico-chimiques fixées par l'état algérien, les eaux usées qui entrent à la station d'épuration sont convenablement traitées, en outre leur rejet dans l'Oued, ce milieu transitoire a porté une diminution de la charge polluante de ce dernier, qui se dirige vers la mer.

Cependant, la charge bactérienne des eaux épurées reste à discuter, en effet la réutilisation des eaux usées épurées sans traitement complémentaire, demeure impossible du fait des taux élevés des germes indicateurs de contamination fécale à savoir les coliformes, les entérocoques et les agents pathogènes qui dépassent les normes de la directive de l'organisation mondiale de la santé.

En perspective,

Nous proposons d'améliorer la qualité bactériologique des eaux épurées en finalisant l'épuration biologique par un traitement tertiaire, soit par un procédé physique (rayonnement ultraviolet) plus connue et plus rentable ou par d'autre procédé chimique tel que (l'ozonation ou chloration).

Conclusion

D'une part, cette voie permettra de créer une nouvelle ressource en eau exploitable, en agriculture, (irrigation des terrains agricoles, espaces verts, recharge des nappes phréatique, éviter la contamination des eaux sous terraines), et d'autre part, aidera à alléger le besoin et la demande excessive en ressource en eau naturelle et donc de la préserver et de bien gérée son exploitation, ce qui permettra en fin de compte à contribuer aussi à préserver et à conserver l'écosystème et le patrimoine écologique de la plage EL BAHDJA , et d'avoir des eaux de bonne qualité, salubre et donc plus fréquentées par les estivants.

Pour pallier au deuxième problème rencontré dans la zone d'étude, notamment la mauvaise qualité des eaux charriées par l'Oued ver la plage, ceci nécessite une intervention rigoureuse et intransigeante des institutions étatiques ayant une compétence juridique dans le domaine environnemental, en l'occurrence la DHEEWA pour, soit canaliser la totalité de l'Oued (Éviter les rejets sauvages dans l'Oued), soit de créer une filière de surveillance, permettant de poursuivre juridiquement toute personnes en infraction (présence de carcasses de volaille dans l'Oued pendant notre étude).



Références
Bibliographiques

Références bibliographiques

- AGUILAR-GALVEZ, A., DUBOIS-DAUPHIN, R., DESTIN, J. et al. (2012).** Les entérocoques: avantages et inconvénients en biotechnologie (synthèse bibliographique), p. 67-76.
- AIT HAMLET, S. (1998).** *Contribution à l'étude de la qualité de huiles Oueds de la Wilaya d'El Tarf : aspects microbiologique et écologique.* Mémoire de magister. Microbiologie appliquée. Annaba : Université Badji Mokhtar, 150 p.
- AIT TAYEB, L. (2001).** *Mesure de la pollution des eaux du littorales oranaises par l'utilisation d'un bio-indicateur, la moule ; Mytilius golloprovincialis.* Mémoire de magister. Microbiologie appliqué. Oran : Université d'Oran, 178 p.
- AMINOT, A., CHAUSSE-PIED, M. (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* France : CNEXO. 395 p.
- AMINOT, A., KÉROUEL, R. (2004).** *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses.* France : Ifremer. 336 p.
- BAUDART, J., PANIEL, N. (2014).** Sources et devenir des micro-organismes pathogènes dans les environnements aquatiques. N° 459, p. 29-39.
- BAUMON, S., CAMARD, J. FRANCONI, A. et al. (2003).** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France : Rapport d'activité. Document non publié. Ile-de-France : Observatoire régional de santé d'Ile-de-France.
- BASSOMPIERRE, C. (2007).** *Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles.* Thèse de doctorat. Automatique. France : Institut national polytechnique de Grenoble, 227 p.
- BENALLAOUA, S. (2013).** *Suivi de la qualité physico-chimique des effluents de la station d'épuration des eaux usées domestiques de Béni-Messous. Traitement complémentaire par photo-catalyse.* Mémoire de magister. Océanographie et climatologie. Alger : ENSSMAL, 129 p.
- BERTRAND, J-C., CAUMETTE, P., LEBARON, P. et al. (2011).** *Écologie microbienne, microbiologie des milieux naturels et anthropiques.* France : DUPPA. 1002 p.
- BLIEFFERT, J-C., PERRAND, P. (2001).** *Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets.* Paris : De Boeck. 447 p.
- BLIEFFERT, J-C., PERRAND, R. (2009).** *Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets.* 2^e éd. Paris : De Boeck. 478 p.

Références bibliographiques

- BLINDA, M. (2007).** *Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan : caractérisation, impact sur l'environnement et proposition de solutions.* Thèse de doctorat. Géographie. Maroc : Université Mohammed V. 194 p.
- BONTOUX, J. (1993).** *Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées eaux de boisson.* 2^e éd. France : Tec et doc. 169 p.
- BOURRIER, R. (2008).** *Les réseaux d'assainissements : calculs, applications, perspectives.* 5^e éd. France : Tec & doc. 1013 p.
- BRÉCHET, C., HOCQUET, D., BERTRAND, X. (2014).** Eaux usées et escherichia coli producteur de b-lactamases à spectre étendu. N°122, p.3-7.
- BRICE, B., LAPALUS, G., LE DAHERON, V. et al. (2015).** Les traitements tertiaires : pour quoi faire. Rapport d'activité. Document non publié. France : Ecole poly technique Montpellier.
- CHAKER, H. (2012).** *Régulation de l'adaptation de la bactérie Pseudomonas aeruginosa à son hôte : implication des métabolites du tryptophane.* Thèse de doctorat. Biotechnologie. France : Université de Grenoble, 272 p.
- CHAH RAT, F., BELABBAS, L. (2011).** *Vérification des critères de fonctionnement d'une station d'épuration , cas de Béni Messous.* Mémoire de master 2. Génie des procédés industriels. Alger : USTHB, 54 p.
- CHAUSSADE, J-L., MESTRALLET, G. (2005).** *Memento technique de l'eau.* 10^e éd. France : Lavoisier. 1717 p.
- CHEVALIER (2003).** Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine : entérocoques et streptocoques fécaux : Rapport d'activité. Document non publié. Canada : Institut national de santé public du Québec.
- COPIN-MONTEGUT, G. (1996).** *Chimie de l'eau de mer.* Paris : Institut d'océanographie. 320 p.
- DAGHAR, A., SISALAH, M. (2007).** Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Beni Messous. Rapport d'activité. Document non publié. Alger : Direction des ressources hydrauliques et de l'économie de l'eau.
- DEBABZA, M. (2005).** *Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville de Annaba.* Mémoire de magister. Microbiologie de l'environnement. Annaba : Université de Badji-Mokhtar, 145 p.

Références bibliographiques

- DELARRAS, C. (2010).** *Surveillance sanitaires et microbiologique des eaux : réglementation, micro-organismes, prélèvements, analyses.* 2^e éd. Paris : Lavoisier, 542 p.
- DRIEUX-ROUZET, L., JARLIER, V. (2014).** Bactéries multirésistantes dans l'eau : modèles des entérobactéries productrices de bêta-lactamase à spectre étendu. N° 460, p. 75-78.
- DERWICH, E., BENAABIDATE, L., ZIAN A. et al. (2010).** Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes. *Larhyss journal.* N° 08, p.101-102.
- DESJARDINS, R. (1997).** *Le traitement des eaux.* 2^e ed. Québec : Ecole polytechnique de Montréal, 303 p.
- DHEEWA (2011).** Étude de la canalisation totale de l'Oued Béni-Messous : Rapport d'activité. Document non publié. Alger : Direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau.
- EMILAN, K. (2009).** *Traitement des pollutions industrielles.* 2^e ed. Paris: Dunod. 576 p.
- EL OUALI LALAMI, A., ZANIBOU, A., BEKHTI, K. et al. (2014).** Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc. *J. Mater. Environ.* N°5, p. 2325-2332.
- GAUJOUS, D. (1995).** *La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire.* Paris: Lavoisier. 220 p.
- GLEESON, C., GRAY, N. (1997).** *The coliform index and waterborne disease.* USA : E and FN Spoon. 194 p.
- GOMELLA, C., GUERREE, H. (1978).** *Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées.* Paris : Eyrolles. 262 p.
- HADDOU, M. (2010).** *Dégradation de dérivés de l'acide benzoïque par les procédés d'oxydation avancée en phase homogène et hétérogène : procédés Fenton, photo-Fenton et photocatalyse.* Thèse de doctorat. Chimie macromoléculaire et supramoléculaire. France : Université Paul Sabatier Toulouse 3. 189 p.
- HASLAY, C. LECLERC, H. (1993).** *Microbiologie des eaux d'alimentation.* Paris : Lavoisier, 495 p.
- HEBBAR, C. (2005).** *Surveillance de la qualité bactériologique des eaux de baignade- cas des plages d'Aîn-Franin et de kristel.* Mémoire de magister. Sciences de l'environnement et climatologie. Oran : Université d'Oran , 215 p.

Références bibliographiques

- HOUMA- BACHARI, F. (2009).** *Modélisation et cartographie de la Pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire.* Thèse de doctorat. Sciences de l'univers et environnement. France : Université du Val de Marne, 272 p.
- JIMÉNEZ, B. CHAVEZ, A. MAYA, C. et al. (2000).** The removal of a diversity of microorganisms in different stages of wastewater treatment. *National library of medicine national institutes of health.* n° 08, p. 102-109.
- LACAZE, J-C. (1996).** *La pollution des mers.* Paris : Flammarion. 127 p.
- MAKHOUKH, M., SBAA, M. BERRAHOU, A. et al. (2011).** Contribution à l'étude physico- chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc Orientale). *Larhyss journal.*N° 09, p.149-169.
- MULLISS, R-M., REVITT, D-M., SHUTES, R. (1997).** The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. *Water Science . Technolgy.*n°36, p.195-199.
- MANERO, A., BLANCH, A. (1999).** Identification of Entérocoques spp with a biochemical Key. *Applied Environmental Microbiology.*N° 65, p.4425-4430.
- MESAROS, N., NORDMANN, P., PLÉSIAT P. et al. (2007).** Pseudomonas aëruginosa: resistance et option thérapeutique à l'aube du deuxième millénaire. *Louvain medical.*N° 08, p.305-316.
- MEUNIER, O., MEISTERMANN, C., SCHWEBEL, A. (2012).** Efficacité et limites des nettoyeurs vapeurs en milieu hospitalier. n°57, p.253-257.
- MONFORT (2003).** Microbiologie et coquillages : Rapport d'activité. Document non publié. Laboratoire environnement ressources concarneau : Iffermer.
- OULD-MHAMED, C., IKHLEF, N. (2013).** Notice de fonctionnement et d'exploitation : Rapport d'activité : Document non publié. Alger : Station d'épuration Béni-Messous.
- OUNOKI, S. ACHOUR, S. (2014).** Évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux usées brutes et épurées de la ville d'Ouargla possibilité de leur valorisation en irrigation. *Larhyss journal.* N°20, p. 247-258.
- REJSEK, F. (2002).** *Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques.* Bordeaux : Centre régional de documentation d'Aquitaine. 358 p.
- REGGAM, A., BOUCHELAGHEM, H., HOUHAMDI, M. (2015).** Qualité physico-chimique des eaux de l'Oued Seybouse est de (Nord-l 'Algérie) : caractérisation et analyse en composantes principales. *J mater environ Sci.* N°6, p.1417-1425.

Références bibliographiques

RODIER, J. (1996). *L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer*, 8^e éd. Paris: Dunod, 1383 p.

RODIER, J. (2005). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer*. 8^e éd, Paris : Dunod, 1384 p.

RODIER, J., LEGUBE, B., MERLET, N. et al. (2009). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer*. 9^e éd. Paris : Dunod, 1600 p.

SILHANI, S. (2009). *Étude des possibilités d'utilisation des eaux et boues d'épuration dans l'agriculture : cas de la station d'épuration de Beni-Messous*. Mémoire d'ingénieur.

Hydraulique. Alger : ENSP, 70 p.

SOUIDI, H. (2008). *Évaluation du niveau de la pollution bactériologique chez un échinoderme l'oursin *Paracentrotus lividus* dans la côte oranaise orientale*. Thèse de magister. Biologie et pollution marines. Oran : L'Université d'Oran, 135 p.

TALOUIZTE, H., MERZOUKI, M., ALAMI, E.O.A.H et al. (2007). Évolution de la charge microbienne de la laitue irriguée avec les eaux usées urbaines de la ville de Fès au Maroc. *Tribune de l'eau*. N°642, p.51 -61.

TARMOUL, F. (2014). *Évaluation de la Qualité du Milieu Marin dans la Baie d'El Djamila en vue de la mise en place d'un réseau de surveillance*. Mémoire de magister. Gestion et surveillance du milieu marin et littoral. Alger : ENSSMAL, 104 p.



Annexes

Annexe 1 : Normes de rejet des paramètres de la pollution physiques et chimiques

Paramètre	Unités	Valeurs limites (JO)
Température	°C	30
Ph	-	6.5 à 8.5
conductivité	µS/cm	/
MES	mg/l	35
DBO ₅	mgO ₂ /l	35
DCO	mgO ₂ /l	120

Annexe 2 : Photos représentant les rejets sauvages dans l'Oued de Béni-Messous

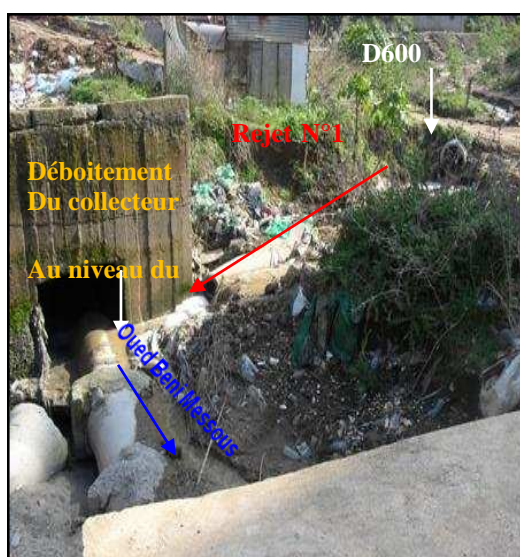


Figure 1 : Rejet N° 1 d'eau usée provenant de la cité sahel (DRHEEWA,2011)



Figure 2 : Point de rencontre de l'affluent N° 7 oued Bouzareah avec celui de Beni messous (DRHEEWA,2011)



Figure 3 : Rejet de l'abattoir (DRHEEWA,2011)



Figure 4 : Rejet collecteur de la cité Hay El Moudjahidine (DRHEEWA,2011)

Annexe 3 : Photographie des différents ouvrages de la Station d'épuration



Figure 05 : dégrillage grossier



Figure 06 : Dégrillage fin



Figure 07 : Dessablage-déshuilage



Figure 08 : Décanteur primaire



Figure 09 : bassin d'aération



Figure 10 : Décanteur secondaire

Annexe 4 : Photographie des différents matériels et outils utilisés au laboratoire d'analyse



Figure 1 : Multi-paramètres Hanna (9829)



Figure 2 : DBO-mètre SKALAR Sr50



Figure 3 : Dispositif de mesure de la DBO₅
(VELP_{SCIENTIFICA})



Figure 4 : Lampe à rayonnements ultraviolet

Annexe 5 : Résultats des paramètres physico-chimiques analysés.

Paramètres	Périodes	Stations				
Oxygène Dissous (mg/l)		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
	17-Mars-16	9,2	9,13	8,64	8,14	6,04
	20-Avril-16	8,9	8,76	8,6	8,5	6,33
	12-Mai-16	7	7,07	8,42	7	6,04
Potentiel d'hydrogène		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
	17-Mars-16	8,28	7,72	8,13	7,39	6,04
	20-Avril-16	8,57	8,23	8,22	7,77	7,69
	12-Mai-16	8,22	8,17	8,066	8,08	8,04
Température (°C)		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
	17-Mars-16	16,91	17,1	16,68	17,94	17,36
	20-Avril-16	17	18,7	18,2	19,6	19,1
	12-Mai-16	18,24	19,82	19,28	18,6	19,2
Salinité (PSU)		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
	17-Mars-16	0,868	0,67	33,636	0,66	0,76
	20-Avril-16	0,868	0,814	33,604	0,784	0,882
	12-Mai-16	0,797	0,754	31,562	0,971	0,876
Les matières en suspension (mg/l)		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
	17-Mars-16	97	58,66	167	10	130
	20-Avril-16	88	32,135	348	8,9	117
	12-Mai-16	123,04	73,33	1431	12,3	330
La demande biochimique en oxygène (mgO2/l)		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
	17-Mars-16	40	20	34	12	160
	20-Avril-16	67,7	43,77	37	3	119
	12-Mai-16	53,85	31,885	24	15	153

		E.AVC	E.APC	E.M	E.E	E.B
La demande chimique en oxygènes (mg/l)	17-Mars-16	115	50		20	240
	20-Avril-16	36	30		19	270
	12-Mai-16	84	45		20	310

Résumé et mots clefs

Évaluation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques au niveau de la plage « EL BAHDJA » avec les apports de l'Oued « Béni-Messous ».

Résumé

Ce travail, consiste à évaluer la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux la plage EL-BAHDJA, Les eaux de l'Oued Béni- messous, les eaux brutes et épurées de la station d'épuration de Béni-Messous pour contrôler l'efficacité du traitement adopter, cette stratégie a permis d'identifier l'origine de la pollution dans la plage.

Les résultats des analyses physico-chimiques (MES, DBO₅, DCO ect.) obtenus ont révélées que la station d'épuration adopte un procédé d'épuration efficace, permettant de produit des eaux de bonne qualités et conforment aux normes législatives et contribuent aussi à diminuer la charge polluante véhiculé par l'Oued.

Les résultats d'analyse bactériologiques confirment la présence d'une panoplie de germes ; (*CT*, *CF*, *S. aureus*, *P. aéruginosa*, *S.kentucky*), avec des concentrations élevées et non conforment aux normes réglementaires pour les eaux de l'Oued et les eaux brutes de la station.

Cependant les eaux épurées ont marqué des concentrations moins importantes, à cet effet un traitement de finition (par rayonnement UV) pour améliorer la qualité bactériologique de la station d'épuration et une canalisation total de l'Oued.

Mots clés : Eaux usées, Station d'épuration, *Paramètre Physico-chimique*, *Paramètre Bactériologiques*, *plage EL-BAHDJA*, *Oued Béni-Messous*

Abstract

This work consists in evaluating quality bacteriological and physicochemical water the EL-BAHDJA beach, The waters of the Oued Beni-Messous and the raw waters and purified station of purification Oued Beni Messous to control the effectiveness of the treatment adopted , this strategy made it possible to identify the origin of pollution in the beach.

The results of the physicochemical analyses (MES, BOD₅, COD ect.) Obtained revealed that the station of purification adopts an effective process of purification, allowing of product of water of good qualities and conform to the legislative standards and also contribute to decrease the polluting load conveyed by the Oued.

The bacteriological results of analysis confirm the presence of a panoply of germs; (*CT*, *CF*, *S. aureus*, *P. aéruginosa*, *S. kentucky*), with high concentrations and not conform to the lawful standards for water of the Oued and raw waters of the station.

however purified water marked less significant concentrations, for this purpose a treatment of completion (by radiation UV) to improve bacteriological quality of the station of purification and a drain total of the Oued.

Key words: Used water, Station of purification, *Physicochemical Parameter*, *Parameter Bacteriological*, *El-bahdja beach*, *Beni-Messous Oued*.

Résumé et mots clefs

- هدف من هذه هو تقييم بيوكيماوية و الجودة الميكروبية للمياه المت
البيهة، ومياه واد بني مسوس والمياه الخام لمحطة تنقية بواد بني مسوس فعالية العلاج ال به
جعلت هذه الاستراتيجية من الممكن تحديد
لتحليل الفيزيوكيميائية (COD, BOD₅, MES,) .
المياه من الصفات الجيدة وتتوافق مع المعايير التشريعية، وكذلك المساهمة في تقليل التلوث
نتائج البكتريولوجية للتحليل تؤكد وجود مجموعة كاملة من الجراثيم (CF CT)، العنقودية لذهبية، الزائفة
الزنجارية، مع كيز عالية وغير مطابقة للمعايير القانونية لمياه الواد ومياه الخام من م .
مياه المعالجة اعطيت كيز أقل أهمية، لهذا الغرض (عن طريق الأشعة
البنفسجية) لتحسين النوعية البكتريولوجية تنقية (معالجة المياه)
المياه المستخدمة، :
البيهة، الخصائص الفيزيوكيميائية، الخصائص البكتريولوجية،