

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Mémoire de Fin d'Études

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'état en Sciences de la Mer

Option : Environnement

Thème :

Contribution à l'étude des paramètres physico-chimique et bactériologiques du littoral de « Boudouaou El Bahri » pour la création d'une station d'épuration

Présenté par :

Mlle. BENMOKHTAR Celia

Soutenu le 28 septembre 2016, devant le jury composé de :

M. OTMANI H.	Maitre-assistant B (ENSSMAL)	Président
Mme. AI SID CHIK S.	Maitre-assistant B (ENSSMAL)	Examinatrice
M. KADA M.	Maitre-assistant B (ENSSMAL)	Examineur
M.BELKESSA R.	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
M.SAIBI M.	Ingénieur d'état (ONA)	Co-promoteur

Promotion 2015/2016

Remerciements

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

*Tout d'abord, je voudrais témoigner ma plus grande gratitude à Monsieur **BELKESSA Rabah** d'avoir accepté de diriger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de mes sincères remerciements pour son soutien attentif et bienveillant et d'avoir été présent à chaque fois que j'en ai eu besoin.*

*Je tiens à remercier également Monsieur **SAIBI Mokhtar**, Ingénieur d'état dans l'office national de l'assainissement (ONA), d'avoir codirigé ce travail et pour tous les conseils qu'il m'a prodigué.*

*Mes plus vifs remerciements à Monsieur **OTMANI Hossine**, maître-assistant à(ENSSMAL) qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Madame **AL SID CHIK Saffa** maître-assistante à(ENSSMAL) et à Monsieur **KADA Mohamed** maître-assistant à (ENSSMAL) pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.*

*Je veux témoigner ma reconnaissance à toute l'équipe de l'**ENSSMAL**, **SEAA** et de l'**ONA**, en particulier pour leur assistance et aide permanente lors de mes manipulations ainsi que pour leurs précieux conseils.*

Je tiens à exprimer mes gratitudes et ma reconnaissance à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma grand-mère

A mes chers parents

A mon frère Nabjib

A mes Sœurs Romaiïssa et Lamia

A mon Fiancé Abdesselam

Et a toute ma famille

SOMMAIRE

Sommaire

Remerciements	2
Dédicaces	3
Liste des figures	10-11
Liste des tableaux	12-13
Liste des abréviations	14-15

Introduction

Introduction.....	17-18
-------------------	-------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les eaux usées.....	20
I.1. Définition.....	20
I.2. Origine et composition des eaux usées.....	20
I.2.1. Eaux usées domestiques	20
I.2.2. Eaux usées industrielles.....	20
I.2.3. Les eaux agricoles.....	20
I.2.4. Eaux usées pluviales.....	21
I.3. Caractéristiques des eaux usées.....	21
I.3.1. Caractéristiques physiques.....	21
I.3.1.1. La température.....	21
I.3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	21
I.3.1.3. Conductivité.....	22
I.3.1.4. Turbidité	22
I.3.1.5. Matières en suspension (MES)	22
I.3.2. Caractéristiques chimiques.....	23
I.3.2.1. Oxygène dissous	23
I.3.2.2. La Demande chimique en oxygène (DCO)	23
I.3.2.3. La demande biologique en oxygène (DBO ₅)	23
I.3.1.4. Le carbone organique total (COT)	24
I.3.1.5. L'azote et le phosphore	24
I.3.1.6. Oligo-éléments et les toxiques minéraux.....	25
I.3.2. Caractéristiques microbiologiques.....	25
I.3.2.1. Les indicateurs microbiens.....	26
I.3.2.1.1. Les coliformes totaux (CT)	26
I.3.2.1.2. Les coliformes fécaux (CF)	26
I.3.2.2.3. Les Streptococcus fécaux	26

Sommaire

I.3.2.2.4. Les Clostridium sulfito-réducteurs	27
I.3.2.2. Les germes pathogènes.....	27
I.3.2.2.1. Les Salmonelles	27
I.3.2.2.2. Les Staphylocoques	27
II. Effets sur le milieu récepteur	28
II.1. Pollution de l'eau	28
II.1.1. Origine de la pollution	28
II.1.2. Types de la pollution.....	29
II.1.2.1. Pollution chimique.....	29
II.1.2.2. Pollution physique	29
II.1.2.3. Pollution microbiologique	30
II.2. La qualité bactériologique des eaux de baignades	30
2.3. Les normes algériennes de rejet d'effluents	30
III. Traitement des eaux usées	31
III.1. Données à prendre en compte pour le choix d'un procédé d'épuration	31
III.2. Les procédés d'épuration des eaux usées	31
III.2.1. Prétraitements	32
III.2.1.1. Dégrillage.....	32
III.2.1.2. Dessablage	33
III.2.1.3. Dégraissage-Déshuilage	33
III.2.2. Traitements primaires	33
III.2.2.1. Coagulation – floculation	33
III.2.3. Traitement secondaire (traitement biologique)	33
III.2.3.1. Procédés extensifs ou naturels	34
III.2.3.1.1. Le lagunage.....	34
III.2.3.1.2. L'épandage	34
III.2.3.2. Les procédés intensifs ou artificiels.....	34
III.2.3.2.1. Lits bactériens	35
III.2.3.2.2. Disque biologique.....	35
III.2.3.2.3. Boues activées.....	36
III.2.4. Traitements tertiaires.....	37
1-Élimination des éléments nutritifs (azote et phosphore) responsables de l'eutrophisation.....	37
2- La désinfection	37
3-Traitement des odeurs.....	38

Sommaire

III.3. La réutilisation des eaux usées	38
----------------------------------------------	----

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Etude du site.....	40
II.1.1. Présentation de la zone d'étude.....	41
II.1.2. Situation climatologique de la zone d'étude	41
II.1.2.1. La température.....	41
II.1.2.2. Les vents.....	42
II.1.2.3. La pluviométrie	43
II.1.2.4. Les houles	43
II.1.2.5. Les courants	44
II.1.3. Source de pollution	44
II.2. Le choix des stations.....	45
II.3. Conditionnement des échantillons	46
II.3.1. Conditionnement des flacons	47
II.3.2. Conditionnement des filtres	47
II.3.3. Etiquetage des flacons	47
II.3.4. Prélèvements	47
II.3.5. Conservation des échantillons	48
II.4. Analyses et modes opératoires	48
II.4.1. Mesure sur terrain	48
II.4.1.1. Température de l'eau	48
II.4.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	48
II.4.1.3. Salinité	49
II.4.1.4. Oxygène dissous	49
II.4.2. Paramètres mesurés au laboratoire	49
II.4.2.1. Demande biochimique en Oxygène (DBO ₅)	49
II.4.2.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO)	50
II.4.2.3. Matières en suspension (MES)	52
II.4.2.4. Analyse des sels nutritifs	53
II.4.3. Analyse microbiologique	55
II.4.3.1. Principe de filtration sur membrane	55
II.4.3.2. Dénombrement des coliformes selon la norme (ISO 9308-1)	55
II.4.3.3. Dénombrement des Streptocoques fécaux selon la norme (ISO 7899-2 NA 766)	62
II.4.3.4. Dénombrement des bactéries sulfite-réducteurs selon la Norme (NF EN 26461-2 ISO	

Sommaire

6461-2).....	65
II.4.3.5. Recherche des staphylocoques selon la norme (NF EN ISO 6888-1)	68
Chapitre III : Résultats et discussion	
III.1. Les paramètres physico-chimiques	73
III.1.1. La température	73
III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)	74
III.1.3. La salinité	75
III.1.4. L'Oxygène dissous	76
III.1.5. La Demande biochimique en oxygène DBO5	77
III.1.6. La demande chimique en Oxygène (DCO)	78
III.1.7. Les matières en suspension (M.E.S)	79
III.1.8. Les sels nutritifs	80
III.1.8.1.Nitrite et nitrate	80
III.1.8.2.Orthophosphate	81
III.1.8.3.Silicium	82
III.2.Les paramètres microbiologiques.....	83
III.2.1.Les coliforme.....	83
III.2.2.Les streptocoques fécaux	85
III.2.3.Les bactéries sulfitoréductrices	86
III.2.4.Les staphylocoques	87
Conclusion	90-91
Bibliographie.....	93-95
Annexes.....	97-107

**LISTE DES
TABLEAUX ET DES
FIGURES**

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau.....	22
Tableau 2 : Répartition des moyennes mensuelles de la pluviométrie (station de keddara 1951-1996).....	43
Tableau 3 : Interprétation du test de confirmation des coliformes.....	59
Tableau 4 : caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques.....	70
Tableau 5 : Valeurs de la température enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.....	72
Tableau 6 : Valeurs du pH enregistrés dans les sept stations en période des prélèvements.....	74
Tableau 7 : Les valeurs de la salinité enregistrées dans les stations en période des prélèvements.....	75
Tableau 8 : Oxygène dissous en (mg/l) mesuré dans les sept stations en période des prélèvements.....	76
Tableau 9 : Les valeurs de Demande biochimique en oxygène DBO5 mesurées dans les stations lors de la période des prélèvements.....	77
Tableau 10 : Valeurs de la demande chimique en Oxygène (DCO) mesurées en (S3) et (S4) en période des prélèvements.....	78
Tableau 11 : Matières en suspension mesurées dans les stations en période des prélèvements.....	79
Tableau 12 : Concentrations en Nitrates [NO ₃ ⁻] en (µmol/l) enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.....	80
Tableau 13 : Concentrations en Nitrates [NO ₂ ⁻] en (µmol/l) enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.....	80
Tableau 14 : Concentration en Orthophosphate (PO ₄ ³⁻) en (µmol/l) enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.....	82
Tableau 15 : Les concentrations en Silicium(SiO ₂) obtenus dans les sept stations lors de la période des prélèvements.....	83
Tableau 16 : Les concentrations moyennes en coliformes totaux, coliformes fécaux et E.coli enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.....	84
Tableau 17 : les concentrations en streptocoques fécaux enregistrées dans les stations en période des prélèvements.....	85
Tableau 18 : les concentrations en bactéries sulfitoréductrices enregistrées dans les stations en période des prélèvements.....	86

Liste des Tableaux

Tableau 19 : les concentrations en staphylocoques enregistrées dans les stations en période des prélèvements.....	87
Tableau 20 : Base de dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration de Boudouaou El Bahri.....	91
Tableau 21 : Types de bactéries présentent dans les eaux usées.....	97
Tableau 22 : Recommandations relatives aux eaux de baignade (adoptées par le conseil de l'Europe 1976 in Brisou et Denis, 1980).....	98
Tableau 23 : Conservation des prélèvements	101
Tableau 24 : Gamme d'estimation de la DBO5.....	103
Tableau 25 : normes de rejet des paramètres de la pollution physique et chimique (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) et normes OMS.....	106
Tableau 26 : Classification de la qualité de l'eau de mer.....	107
Tableau 27 : Normes de salubrité pour les eaux de baignade, concernant Escherichia coli et les Streptocoques fécaux (BRISOU et DENIS, 1980).....	107

Liste des figures

Figure1 : Lit bactérien.....	35
Figure 2 : Disque biologique.....	36
Figure 3 : Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée	36
Figure 4 : Localisation géographique de Boudouaou El Bahri par rapport au littoral algérien	40
Figure 5 : Localisation géographique de Boudouaou El bahri (Source: Google Earth).....	41
Figure 6 : Températures moyennes en °C dans la région de Boudouaou El Bahri (ONM. 2000-2010). 42	
Figure 7 : Régime des vents dans la région de Boudouaou El Bahri (ONM.2000-2010)	42
Figure8 : Répartition graphique des moyennes mensuelles de la pluviométrie (Station de Keddara. 1951-1996).....	43
Figure 9 : Schéma probable de l'hydrodynamisme dans la zone d'étude (Otmani, 2014).....	45
Figure 10 : Positionnement des stations de prélèvements (Source: Google earth).....	46
Figure 11 : Préparation du milieu de culture (gélose lactosée base T.T.C Tergitol 7)	57
Figure 12 : Technique de dénombrement des Coliformes fécaux et Escherichia coli dans l'eau	60
Figure 13 : Préparation du milieu de culture (gélose stérile de Slanetz et Bartley).....	63
Figure 14 : Technique de la recherche des streptocoques	64
Figure 15 :Tehenique de denombrement des bactéries sulfitoréductrices	67
Figure 16 : Technique de la recherche des Staphylocoques (Benmokhtar ,2016).....	71
Figure 17 : Températures moyennes en fonction des stations de prélèvement.....	73
Figure 18 : le pH moyen en fonction des stations.....	74
Figure 19 : Salinité moyenne en fonction des stations.....	75
Figure 20 : Teneurs en Oxygène dissous en fonction des stations.....	76
Figure 21 : valeurs moyennes de la demande biochimique en Oxygène en fonction des stations.....	77
Figure 22 : La demande chimique en Oxygène (DCO) en fonction des stations 3 et 4.....	78
Figure 23 : Les matières en suspension en fonction des stations.....	79
Figure 24 : Concentrations moyennes en nitrates et nitrites en fonction des stations.....	81
Figure 25 : Concentrations moyennes en Orthophosphate en fonction des stations.....	82
Figure 26 : Concentrations moyennes en silicate en fonction des stations.....	83
Figure 27 : Concentrations moyennes en coliformes totaux, coliformes fécaux et E.coli (UFC/100ml) en fonction des stations.....	84
Figure 28 : des concentrations moyennes en Streptocoques fécaux (UFC/100ml) en fonction des stations.....	85
Figure 29 : Concentrations moyennes en bactéries sulfitoréductrices (UFC/ml) en fonction des Stations.....	86

Liste des figures

Figure 30 : Concentrations moyennes en Staphylocoques (UFC/ml) en fonction des Stations.....	87
Figure 31 : Multi paramètres de type HI 9828 de la gamme HANNA instruments France certifié ISO 9001, Edition 4 du 29 / 10 / 2008.....	102

Liste des abréviations

BEA	gélose Bile Esculine Azide
°C	Degré Celsius
CF	Coliformes fécaux
COT	Carbone organique total
CT	Coliformes totaux
CO2	Dioxyde de carbone
D.O	Densité optique
DBO	Demande biologique en oxygène
E. coli	Escherichia coli
F.A.O	Food and Agriculture Organization of the United Nations
G	Gramme
h	Heure
H2O2	Peroxyde d'hydrogène
H2SO4	Acide sulfurique
l,L	Litre
m	Mètre
MES	Matières en suspension
ml	Millilitre
MMS	Matières minérales en suspension
MVS	Matiere Volatiles Seche
nm	Nanomètre
NH3	Ammoniac
NH4⁺	Ammonium
NO2⁻	Nitrites
NO3⁻	Nitrates
OD	Oxygène dissous
ONA	Office national d'assainissement
ONM	Office national de la météo
ORL	Oto-rhino-larynx
O2	Oxygene
pH	Potentiel hydrogène

Liste des abréviations

PO₄³⁻	Orthophosphate
SiO₂	Silicium
PSU	Unité de salinité pratique
S1	Station 1
S2	Station 2
S3	Station 3
S4	Station 4
S5	Station 5
S6	Station 6
S7	Station 7
T.T.C	Chlorure 2, 3, 5 Triphényl-Tétrazolium
UFC	Unité formant colonie
UV	Ultraviolet
µm	Micromètre
WTW	Wissenschaftlich Technische Werkstätten

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Un polluant est par définition, un agent physique, chimique ou biologique qui dégrade le milieu dans lequel il se trouve. C'est une substance introduite ou présente dans l'eau, susceptible d'en changer l'équilibre ou d'en altérer la qualité **(Manfredi et Daniele, 1988)**.

Une définition plus officielle de la pollution marine a été donnée par la F.A.O :

« La pollution, c'est l'introduction directe ou indirecte par l'homme de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) lorsqu'elle a des effets nuisibles, tel que dommages aux ressources biologiques, risque envers la santé humaine, entrave aux activités maritimes, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation de valeurs d'agrément **(Manfredi et Daniele, 1988)**.

La pollution gagne du terrain, particulièrement les rejets d'eaux usées industrielles, domestiques et agricoles qui se déversent directement dans la Grande Bleue y compris dans les plages autorisées à la baignade.

Une station d'épuration est une installation destinée à épurer les eaux usées domestiques ou industrielles et les eaux pluviales avant le rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est de séparer l'eau des substances indésirables pour le milieu récepteur **(INRS, 2013)**.

En Algérie, plus de cinq millions de mètres cubes d'eaux usées émanant des foyers domestiques, des usines et des industries ruissellent annuellement dans la mer **(ONA, 2016)**.

En effet, les eaux usées sont considérées comme étant la principale cause d'impureté de la côte algérienne. C'est le cas de la région de Boudouaou El bahri où des eaux usées domestiques, industrielles et agricole sont rejetées directement en mer sans aucun traitement.

128 stations d'épuration sont en cours d'exploitation par l'Office national de l'assainissement (ONA). Comme la station d'épuration de l'Est, à savoir Réghaïa, Baraki et celles de l'Ouest : Beni Messous, Zéralda et Staouéli et 50 autres sont en cours de réalisation à l'échelle nationale pour minimiser les maladies à transmission hydrique qui constituent un véritable danger pour la santé publique.

Notre étude s'inscrit dans le cadre d'une coopération entre l'école supérieur des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral (ENSSMAL) et l'office national de l'assainissement (ONA). Son

INTRODUCTION

l'objectif consiste à l'étude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées de l'oued Boudouaou El bahri et les eaux du littoral où ces eaux usées sont déversées. Afin de déterminer la quantité et la qualité de la pollution existante dans le but de la création d'une nouvelle station d'épuration et de définir le type de son procédé dans la région de Boudouaou El Bahri.

Ce travail est une étude d'impact

Ce mémoire s'articule sur trois grandes parties :

- La première partie est une revue de la littérature sur la problématique du thème à traité. Il s'agit d'une synthèse de connaissance sur les eaux usées, leurs origines, leurs impacts sur le milieu récepteur et enfin les techniques disponibles pour les épurées.
- La deuxième partie porte sur une description de la zone d'étude et une présentation des matériels et des méthodes utilisées lors de notre travail.
- La dernière partie est consacrée pour l'interprétation des différents résultats obtenus au cours de notre étude.

Une conclusion générale terminera cette étude.

CHAPITRE I

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur les eaux usées :

I.1. Définition :

Les eaux usées, appelées aussi eaux résiduaires ou effluents, sont les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées ayant subies une transformation et une détérioration de leurs propriétés naturelles après usage. On englobe aussi les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations **(Bliefert et Perraud, 2001)**.

I.2. Origine et composition des eaux usées :

Suivant l'origine des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

I.2.1. Eaux usées domestiques :

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent :

- en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques.
- en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux, de contaminants divers tel que les médicaments est un nombre quasi infini de polluants : produit d'entretiens (non seulement les lessives mais aussi, les peintures, mercure de thermomètre, colle,.....etc) qui peuvent être apportés par diverses utilisations par les particules **(Gomella et Guerree, 1978)**.

I.2.2. Eaux usées industrielles :

Elles sont différentes des eaux usées domestiques. Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés **(Rodier, 2005)**.

I.2.3. Les eaux agricoles :

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses **(Bontoux, 1993)**.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Les épandages d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures (**Gomella et Guerree, 1978**).

Les déchets d'animaux utilisés comme fertilisants naturels s'ajoutent à la liste des principaux polluants agricoles.

I.2.4. Eaux usées pluviales :

Elles constituent une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...). En outre, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", les eaux pluviales sont mêlées aux eaux usées domestiques. (**Bontoux, 1993**).

I.3. Caractéristiques des eaux usées :

L'évaluation de la qualité des eaux usées et la mesure des matières polluantes contenues dans ses eaux font appel au dosage de plusieurs paramètres physico-chimiques et biologiques. On utilise comme unité de mesure "l'équivalent-habitant".

I.3.1 .Caractéristiques physiques :

I.3.1.1. La température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (**Rodier et al. 1996**).

I.3.1.2. Le potentiel d'Hydrogène (pH) :

La connaissance exacte du pH est essentielle dans le domaine de la qualité physique et de la résistance des ouvrages d'épuration (agressivité, corrosivité, entartrage) (**Gomella et Guerrée, 1978**). Elle constitue une mesure de la concentration des ions H⁺ dans l'eau. Sa mesure doit avoir lieu le plus fréquemment possible car il influe dans :

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, alcalinité).
- Les processus biologique (dont certains exigent des limites très étroites de pH).
- L'efficacité de certains traitements (coagulation, adoucissement, etc.)

I.3.1.3. Conductivité :

Elle permet de connaître le degré de minéralisation des eaux. La conductivité mesure la concentration des sels ionique et nous informe sur le degré de salinité de l'eau (**Oussedik, 2010**).

Il existe une relation entre la conductivité et le minéralisation de l'eau.

Le tableau suivant donne quelques indications sur la relation existante entre la conductivité minéralisation.

Tableau 1 : Relation entre la conductivité et la minéralisation de l'eau (**Rodier et al, 2009**).

Valeur de la conductivité	Minéralisation correspondante
$C < 100$	Minéralisation très faible
$100 < C < 200$	Minéralisation faible
$200 < C < 333$	Minéralisation moyenne
$333 < C < 666$	Minéralisation moyenne accentuée
$666 < C < 1000$	Minéralisation importante
$C > 1000$	Minéralisation élevée

I.3.1.4. Turbidité :

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

I.3.1.5. Matières en suspension (MES) :

Ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau. Elles comportent à la fois des éléments minéraux et organique.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

a) Matières volatiles en suspension ou matières organiques particulaires

Les MVS ou MOP représentent la fraction organique des matières en suspension. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurées à partir des matières en suspension en les calcinant dans un four à 525±25°C pendant deux heures. Le poids des MVS permet d'évaluer la masse bactérienne présente dans les ERUs (**Oussedik, 2010**).

b) Matières minérales en suspension (MMS)

Les MMS représentent le résidu des matières en suspension après calcination 550°C ± 5°C.

Les matières sèches totales ou extrait sec, obtenu par évaporation directe, sont plus rarement mesurées. Elles rendent compte à la fois des MES et des matières solubles (**Bechac et al, 1987**).

I.3.2. Caractéristiques chimiques :

I.3.2.1. Oxygène dissous :

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

Une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène (torrent), alors qu'une eau chargée en matières organiques dégradables par des micro-organismes est sous-saturée. En effet, la forte présence de matière organique, dans un plan d'eau par exemple, permet aux micro-organismes de se développer tout en consommant de l'oxygène (**Dekhil, 2012**).

I.3.2.2. La Demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'(O₂)/l, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique est dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau (**Grosclaude, 1999**). Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

I.3.2.3. La demande biologique en oxygène (DBO₅) :

La demande biochimique en oxygène DBO, exprimée en mg d'oxygène par litre, permet l'évaluation des matières organiques biodégradables dans les eaux (**Bontoux, 1993**). Plus précisément, ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

La DBO5 est un paramètre intéressant pour l'appréciation de la qualité des eaux (**Gomella et Guerree, 1978**).

I.3.1.4. Le carbone organique total (COT) :

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO) (**Rodier, 2009**).

I.3.1.5. L'azote et le phosphore :

Les teneurs en azote et en phosphore sont également des paramètres très importants. Les rejets excessifs de phosphore et d'azote contribuent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

I.3.1.5.1. L'azote :

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄. La concentration du N-NTK est de l'ordre de 15 à 20% de celle de la DBO. L'apport journalier est compris entre 10 et 15g par habitant (**Grosclaude, 1999**).

Azote Kjeldahl = Azote ammoniacal + Azote organique (**Gaujous, 1995**).

-L'azote organique

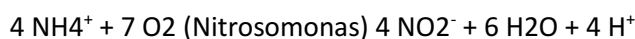
Composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux.

-L'azote ammoniacal

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac NH₃ et l'ammonium NH₄⁺, dont les proportions relatives dépendent du pH et de la température. L'ammonium est souvent dominant ; c'est pourquoi, ce terme est employé pour désigner l'azote ammoniacal (**Aminot et Chaussepied, 1983**). En milieu oxydant, l'ammonium se transforme en nitrites puis en nitrates ; ce qui induit une consommation d'oxygène (**Gaujous, 1995**).

-Nitrites (NO₂⁻) :

Les ions nitrites (NO₂⁻) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃⁻). Les bactéries nitrifiantes (Nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitratisation. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification (**Rodier, 2009**).



Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie (**Sevrin-Reyssac et al, 1995**). Chez les nourrissons, l'inaptitude du sang à transporter l'oxygène est la méthémoglobinémie (**Gaujous, 1995**).

-Nitrates (NO₃⁻) :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (Nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates.

Cette réaction appelée nitrification s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène (**Sevrin-Reyssac et al, 1995**).



Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrites.

I.3.1.5.2. Phosphore :

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique ... ; les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. Les composés phosphorés sont indésirables dans les réservoirs de distribution d'eau potable, parce qu'ils contribuent au développement d'algues et plus généralement du plancton aquatique (**Bontoux, 1993**).

I.3.1.5.3. Silicium :

La silice provient de la dégradation de roches comme le granit (origine terrestre), ou de leur régénération dans leur cycle biogéochimique (origine marine) (**Oudot, 1983**).

I.3.1.6. Oligo-éléments et les toxiques minéraux :

Les oligo-éléments sont toujours présents dans l'eau en quantités très faibles. Leur présence est généralement indispensable au développement des êtres vivants, et leur absence peut entraîner des carences. A plus fortes concentrations, ils deviennent toxiques.

La plupart sont désignés comme étant "métaux lourds", bien que tous ne soient pas des métaux ; ces éléments sont soumis à des normes, particulièrement en eau potable, mais aussi en rejets industriels, pour les boues d'épuration valorisable en agriculture, pour les épandages de boues de curage de rivières ... (**GAUJOUS, 1995**).

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.3.2. Caractéristiques microbiologiques :

L'OMS (1979) a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences ; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D de Lancafield, et parfois les *Clostridium perfringens*.

I.3.2.1. Les indicateurs microbiens :

On présente ci-dessous les germes indicateurs principaux, à savoir, les coliformes et les streptocoques fécaux :

I.3.2.1.1. Les coliformes totaux (CT) :

Les coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram (-) non sporulants permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C (OMS, 1979).

Les coliformes regroupent les genres *Echerichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (Rodier et al, 1996 ; Joly et Reynaud, 2003).

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux) est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant et est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (Rodier et al, 1996).

I.3.2.1.2. Les coliformes fécaux (CF) :

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulants, on les désigne souvent sous le nom d'*Eschericia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aérogènes*, *Klebsiella pneumoniae* ...etc.) (OMS, 1979 ; Rodier et al, 1996 ; Joly et Reynaud, 2003).

I.3.2.2.3. Les Streptococcus fécaux :

Sont considérées comme streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales (OMS, 1979). Ils se disposent, le plus souvent, en diplocoques ou en chainettes (Leclerc et al, 1995 ; Joly et Reynaud, 2003). Selon la classification sérologique de Lancefield (1933), 5 espèces sont reconnues parmi les streptocoques fécaux (streptocoques du groupe D). Il s'agit de : *S.bovis*, *S.equinus*, *S.avium*, *S.faecalis* et *S.faecium*, car les autres streptocoques ont une origine fécale douteuse.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.3.2.2.4. Les Clostridium sulfito-réducteurs

Ils peuvent être considérés comme des germes fécaux ; ce sont aussi des germes telluriques, et de ce fait, aucune spécificité d'origine fécale ne peut être attribuée à leur mise en évidence (**Rodier et al, 1996**).

Ils sont excrétés par l'homme et les animaux, on les trouve régulièrement dans les matières fécales humaines, leur densité est la suivante (**OMS, 1979**) :

- Excréments humains 10⁶ à 10⁸ /g ;
- Eaux usées non traitées 10³ /ml.

Ils sont employés comme indicateurs dans l'étude des pollutions littorales pour un certain nombre de raisons (**OMS, 1979**) :

- Ils se trouvent en abondance dans les eaux usées qui sont principalement d'origine humaine ;
- Ils ne se multiplient pas dans les sédiments ;
- Ils survivent longtemps dans les sédiments, ce qui permet de détecter une pollution ancienne ou intermittente (**Rodier et al, 1996**).

1.3.2.2. Les germes pathogènes :

Ces germes proviennent le plus souvent des côtes polluées par les égouts, les effluents domestiques et hospitaliers et d'autres sources de pollution. Ils peuvent également être natifs du milieu marin.

On présente ci-dessous, les salmonelles et les staphylocoques :

I.3.2.2.1. Les Salmonelles :

Elles sont retrouvées dans les excréments de porteurs sains et malades d'animaux ou d'Hommes .Elles sont peut être la cause la plus fréquente d'infections des êtres humains par des organismes pathogènes à hôte animal (**PNUE/OMS, 1977**).

Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles (**Leclerc et al, 1995**).

I.3.2.2.2. Les Staphylocoques :

La recherche des staphylocoques présente un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade (**Gaujous, 1995 et Rodier et al, 1996**).

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Parmi ces espèces, *S. aureus* revêt plus d'intérêt quant à la pollution des eaux littorales et des fruits de mer. Deux autres espèces (*S. epidermidis* et *S. saprophyticus*) sont assez fréquemment rencontrées dans l'eau, mais leur pouvoir pathogène est moins important.

1.4. L'équivalent habitant (EH)

Un équivalent habitant correspond à la pollution quotidienne que génère un individu. Chacun est sensé utiliser 180 à 300 l d'eau par jour.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml (**Badia – Gondard, 2003**).

II. Effets sur le milieu récepteur :

II.1. Pollution de l'eau :

La pollution de l'eau est une dégradation de sa qualité naturelle provoquée par l'homme et ses activités.

Cette dégradation peut compromettre l'équilibre du milieu vivant aquatique et rendre plus difficile ou plus coûteuse son utilisation ultérieure.

II.1.1. Origine de la pollution :

La pollution de l'eau connaît différentes origines : naturelle, domestique, industrielle et agricole.

a) Origine naturelle :

Implique un phénomène tel que la pluie, lorsque par exemple l'eau de ruissellement passe à travers des terrains riches en métaux lourds ou encore lorsque les précipitations entraînent les polluants de l'atmosphère vers le sol.

b) Origine domestique :

Concerne les eaux usées ménagères (salle de bains, cuisine, ...etc.), les eaux vannes ainsi que les eaux rejetées par les hôpitaux, commerces,...etc.

c) Origine agricole :

La concentration des élevages implique des excédents de déjections animales ; celles-ci s'évacuent dans les cours d'eau et les nappes souterraines. Elles constituent une source de pollution

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

bactériologique, à laquelle s'ajoutent les engrais chimiques, les herbicides, insecticides et autre produit phytosanitaire qui s'accumulent dans les sols et les nappes phréatique (**Abbas, 2008**).

d) Origine industrielle :

La pollution industrielle varie selon les types d'activités :

- Les industries agroalimentaires ainsi que l'industrie papetière engendrent une pollution essentiellement organique de type proche de la pollution urbaine ;
- Les industries chimiques et pétrochimiques à priori chimiques mais pouvant être toxiques ;
- Les industries dites de << traitement de surface >> et autres industries diverses telles que les tanneries engendrent une pollution chimique en métaux, voire métaux lourds auxquels une attention très particulière est portée compte tenu de leur toxicité (**Hamlil, 2005**).

II.1.2. Types de la pollution :

II.1.2.1. Pollution chimique :

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle, domestique et agricole. La pollution chimique des eaux est regroupée dans deux catégories (**Dekhil, 2012**):

- **Organique** (détergents, pesticides hydrocarbures).
- **Minérale** (métaux lourds, cyanure, azote, phosphore).

II.1.2.2. Pollution physique :

a-pollution mécanique :

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement.

Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES (**Galaf, 2003**).

b-Pollution thermique :

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes (**Galaf, 2003**).

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

c-Pollution radioactive :

La pollution des eaux par des substances radioactive à un effet direct sur les peuplements aquatiques en raison de la toxicité propre de ses éléments et des propriétés cancérogènes et mutagènes de ses rayonnements (**Dekhil, 2012**).

II.1.2.3. Pollution microbiologique :

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

a- Les virus :

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Ils sont présents dans l'intestin, soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation (**CSHPF, 1995**).

b- Les bactéries :

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridium. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonellas dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants (**Faby, 1997**).

Les bactéries pathogènes dans les eaux usées (voir annexe 1).

c- Les protozoaires :

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites (**Baumont et al, 2004**). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *giardia lamblia* (**Asano, 1998**).

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

II .2. La qualité bactériologique des eaux de baignades :

La qualité des eaux de baignade est principalement mesurée par la teneur de contamination fécale (coliformes, streptocoques) qui accompagnent fréquemment des germes pathogènes, porteurs de maladies, dont la détection est plus difficile.

Les principaux critères de qualité des eaux de baignade (voir annexe2).

II .2.3. Les normes algériennes de rejet d'effluents :

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire **(Tarmoul, 2007)**.

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2 (voir annexe 3), définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel et fixe, en son annexe, les valeurs limites de ce rejet.

Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3 (voir annexe 4).

III. Traitement des eaux usées :

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible **(Chellé et al. 2005)**.

III.1. Données à prendre en compte pour le choix d'un procédé d'épuration :

Elles sont les suivantes :

- La qualité du milieu récepteur et les usages de l'eau.
- Le type de réseau : fonctionnement d'une station d'épuration conventionnelle est adapté à un assainissement de type séparatif qui assure un débit régulier des eaux usées.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- La pollution : en fonction du type de pollution, différents types de procédés peuvent être utilisés.
- La population : dans les communes ou la population peut varier considérablement durant l'année, le lagunage s'avère un procédé adapté. Il y a également possibilité d'utiliser un procédé physico-chimique **(ONA, 2016)**.

III.2. Les procédés d'épuration des eaux usées :

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre **(Desjardins, 1997)**.

III.2.1. Prétraitements :

Enlèvement des solides grossiers et d'autres grands fragments de l'eau usée brute **(FAO, 2003)**.

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion **(Desjardins, 1997)**.

III.2.1.1. Dégrillage :

À l'arrivée à la station d'épuration, les eaux résiduaires brutes doivent subir un dégrillage (parfois un tamisage), permettant de séparer et d'évacuer les matières volumineuses qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer l'exécution, et amener des risques de bouchage dans les différentes unités de l'installation. La qualité de l'opération peut être définie de la façon suivante :

- Pré dégrillage : pour grille à barreaux espacés de **30 à 100 mm**
- Un dégrillage fin : l'eau passe par deux grilles à câble composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale.
- Un dégrillage grossier : l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm **(Legube, 1996)**.

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

III.2.1.2. Dessablage :

Le dessablage a pour but d'extraire les graviers, sables et autres particules minérales de diamètres supérieures à 0,2 mm contenus dans les eaux usées.

Les particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de la matière organique, sa dégradation provoquant des odeurs et une instabilité mécanique du matériau (**Degremont, 1972**).

III.2.1.3. Dégraissage-Déshuilage :

On peut considérer que le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau. Sa fonction consiste à faire remonter les matières grasses en surface de manière à permettre leur récupération et leur élimination.

Les huiles et les graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages longitudinaux ou circulaires comportant une zone d'aération ou des bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération (**Gondard, 2003**).

III.2.2. Traitements primaires :

III.2.2.1. Coagulation – floculation :

La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques (**Desjardins, 1990**).

La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration (**Desjardins, 1990**).

III.2.3. Traitement secondaire (traitement biologique) :

Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées (**Desjardins, 1997**).

La dégradation peut se réaliser par voie anaérobie ou aérobie :

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

a- **la voie anaérobie** : si les réactions s'effectuent à l'abri de l'air, en milieu réducteur. Le carbone organique, après dégradation, se retrouve sous forme de CO₂, méthane et biomasse. Ce type de traitement appelé « digestion anaérobie » n'est utilisé que pour des effluents très concentrés en pollution carbonées, de type industriel (basserie, sucrerie, conserverie ...)

b- **la voie aérobie** : si l'oxygène est associé aux réactions. Cette voie est celle qui s'instaure spontanément dans les eaux suffisamment aérées. Le carbone organique se retrouve sous forme de CO₂ et de biomasse (**Degremont., 1972**).

Les principaux procédés d'épuration biologiques sont:

III.2.3.1. Procédés extensifs ou naturels :

Où l'on distingue :

- Le lagunage naturel ou aéré (étangs pour eaux usées).
- L'épandage des eaux (valorisation des eaux usées dans l'agriculture).

III.2.3.1.1. Le lagunage :

C'est un système biologique d'épuration, qui consiste à déverser les eaux usées dans plusieurs bassins successifs de faible profondeur, où des phénomènes naturels de dégradation font intervenir la biomasse qui transforme la matière organique. La matière polluante, soustraite aux eaux usées, se retrouve en grande partie dans la végétation et les sédiments accumulés, et en faible partie dans l'atmosphère sous forme de méthane et d'azote gazeux (**Grausclaude, 1999**).

III.2.3.1.2. L'épandage :

C'est le procédé le plus ancien, il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique (**Graus Claude, 1999**).

III.2.3.2. Les procédés intensifs ou artificiels :

Dont le but est de décomposer de façon biochimique par oxydation les matières non séparables par décantation qui n'ont pas pu être éliminées par des procédés mécaniques des eaux usées. En même temps une nouvelle substance cellulaire se forme. La substance cellulaire a un poids spécifique qui est plus grand que celui de l'eau d'égout et de ce fait une décantation est possible. Parmi ces procédés, on distingue :

- Les lits bactériens.
- Les disques biologiques.
- Boues activées.

III.2.3.2.1. Lits bactériens :

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond (Brodart *et al*, 1989).

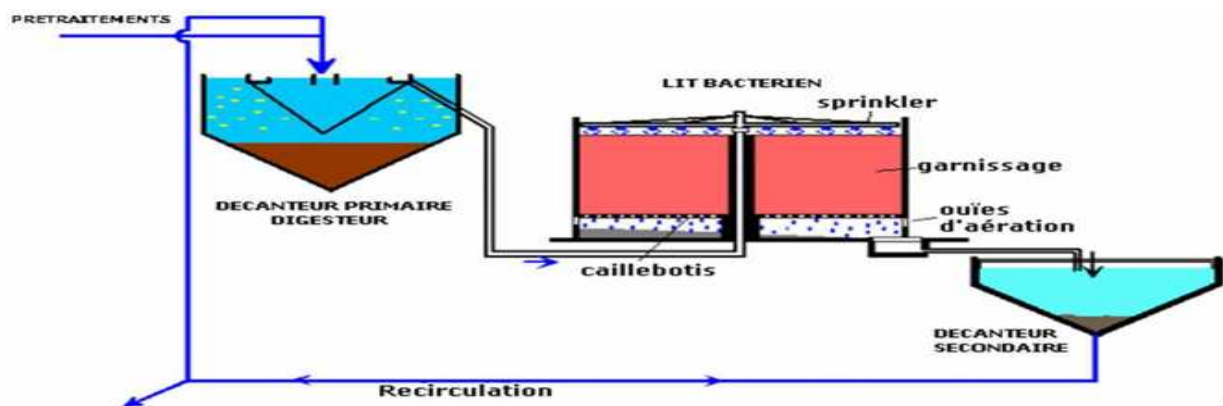


Figure1 : Lit bactérien

III.2.3.2.2. Disque biologique :

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées (Celine Pernin, 2003).

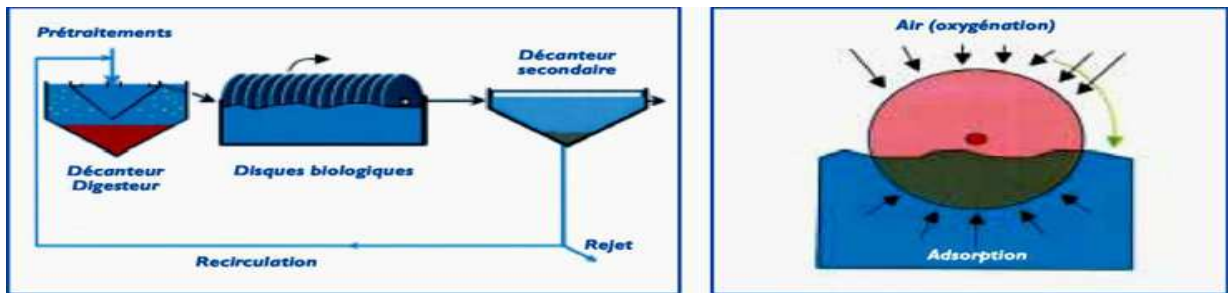


Figure 2 : Disque biologique.

III.2.3.2.3. Boues activés :

Les traitements réalisés en station d'épuration consistent à dégrader et séparer les polluants de l'eau (particules, substances dissoutes, microorganismes) par des procédés physiques, chimiques et biologiques pour ne restituer au milieu aquatique qu'une eau de qualité suffisante au regard du milieu récepteur. Le résultat de ces opérations est la production de boues qui est le principal sous-produit du cycle de traitement de l'eau (Celine Pernin, 2003).

Les dispositifs d'une station traitement par boues activées sont indiqués dans la figure suivante :

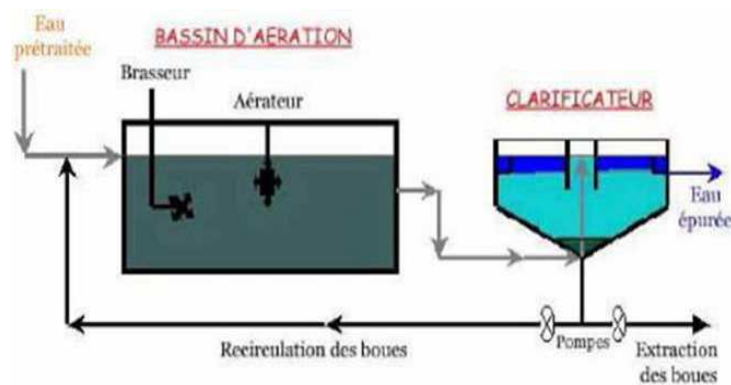


Figure 3: Schéma du traitement biologique aérobie à boue activée.

Il existe trois modes de fonctionnement des procédés à boues activées suivant la charge et l'origine de l'effluent :

- **Procédés à fortes charges** qui sont destinées à dépolluer les eaux des industries agro-alimentaires ;
- **Procédés à moyenne charge** aussi appelés conventionnels ;
- **Procédés à faible charge** aussi appelés à aération prolongée ou à oxydation totale pour les petites collectivités (ONA, 2016).

III.2.4. Traitements tertiaires :

Il s'agit d'affiner l'eau en poussant l'épuration le plus loin possible avec la possibilité de viser deux objectifs différents (Jean-Claude Boeglin, 2001) :

— **l'amélioration des performances des paramètres classiques**, à savoir les matières en suspension totale MEST par filtration sur sable par exemple la DBO5 et la DCO moyennant la mise en œuvre de procédés biologiques de finition par lagunage et bio-filtration ou d'un traitement d'adsorption sur charbon actif (percolation sur des colonnes de charbon en grains) ;

— **l'action spécifique sur des paramètres qui ne sont que peu ou pas touchés** par les traitements classiques, par exemple :

1-Élimination des éléments nutritifs (azote et phosphore) responsables de l'eutrophisation :

Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote et du phosphore présentent dans les eaux usées.

a-L 'élimination de l'azote :

L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" (Bechac et al, 1987).

b- L'élimination du phosphore :

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis (Satin et Selmi, 1999).

2- La désinfection :

La désinfection est recommandée quand on veut réutiliser les eaux résiduaires pour l'arrosage au moyen de dispositif qui créent des aérosols.

Elle se fait en utilisant :

Chapitre I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- Une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germinicides : le chlore(Cl_2), le dioxyde de chlore(ClO_2), l'ozone (O_3), le brome (Br_2), l'iode (I_2) et le permanganate de potassium (KMnO_4) (**Tarmoul, 2007**).
- Le rayonnement ultraviolet (UV), Il possède un effet bactéricide utilisé en désinfection d'eaux propres ou résiduaires. Son pouvoir bactéricide est maximal pour les longueurs d'onde comprises entre 250 et 280 nm (**Gilles, 1993**).

3-Traitement des odeurs :

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage/déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité. Il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique (H_2SO_4), une de Javel et une de soude (**Allouche ,1990**).

III.3. La réutilisation des eaux usées :

Elle permet de supprimer ou de différer les rejets des stations d'épuration dans les milieux vulnérables (objectif *rejet zéro* dans les eaux littorales). Elle contribue ainsi à la réhabilitation de cours d'eau et des rivages menacés d'eutrophisation. Or les problèmes d'eutrophisation se posent surtout en période estivale au moment où les besoins d'eau d'irrigation sont les plus grands (**Dunglas,2014**).

Après dépollution, les eaux usées constituent "une ressource de seconde main", qui trouve principalement son utilité dans :

- **L'industrie**
- **Les usages municipaux** (L'arrosage des parcs et jardins publics, Le lavage des rues....).
- **l'irrigation**

CHAPITRE II

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1. Etude de site :

Boudouaou El Bahri est une commune de la wilaya de Boumerdès en Algérie, dans la daïra de Boudouaou, située à 5 km au nord de Boudouaou, à 7 km à l'ouest de Boumerdès et à environ 35 km à l'est d'Alger.

Ella appartient à l'extrême West de la baie de Zemmouri.

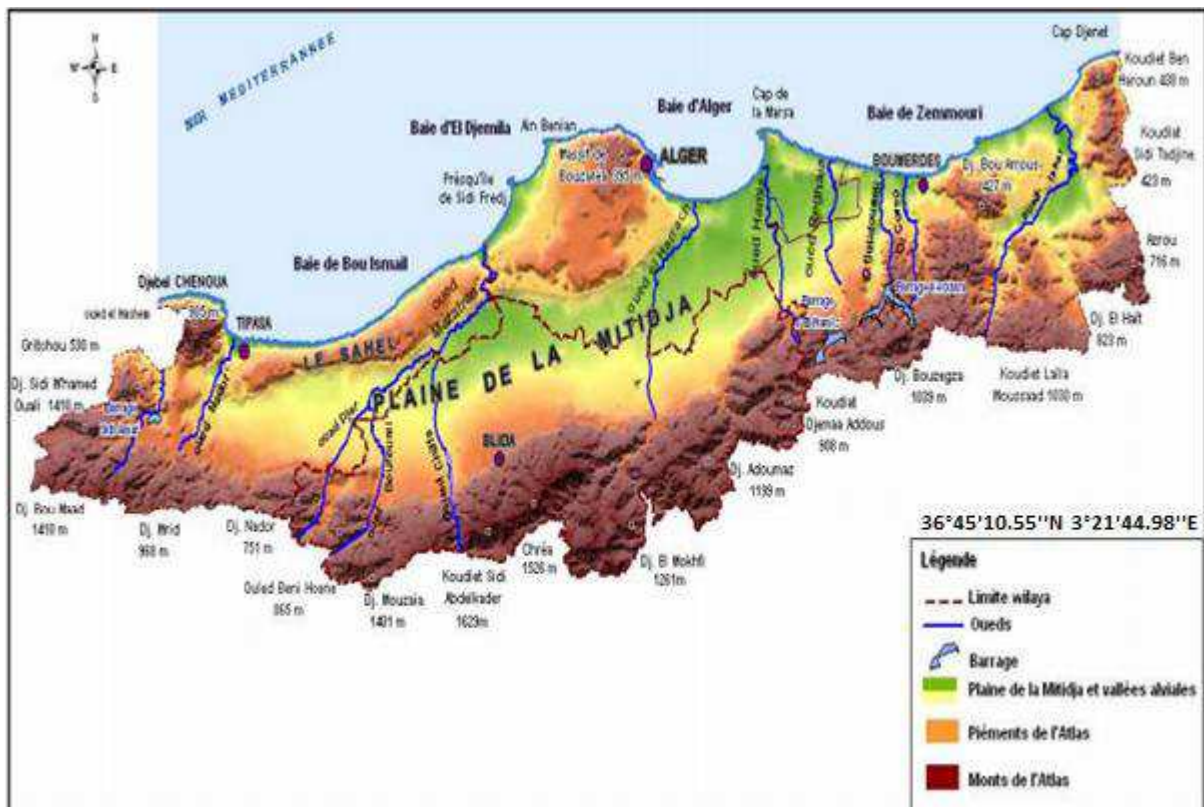


Figure4 : Localisation géographique de Boudouaou El Bahri par rapport au littoral algérien.

Elle est limitée :

- Au Nord** : la mer Méditerranée.
- A l'Est** : la limite communale de la commune de Corso.
- A l'Ouest** : la limite communale de la commune de Reghaia.
- Au Sud** : La limite communale de la commune de Boudouaou.

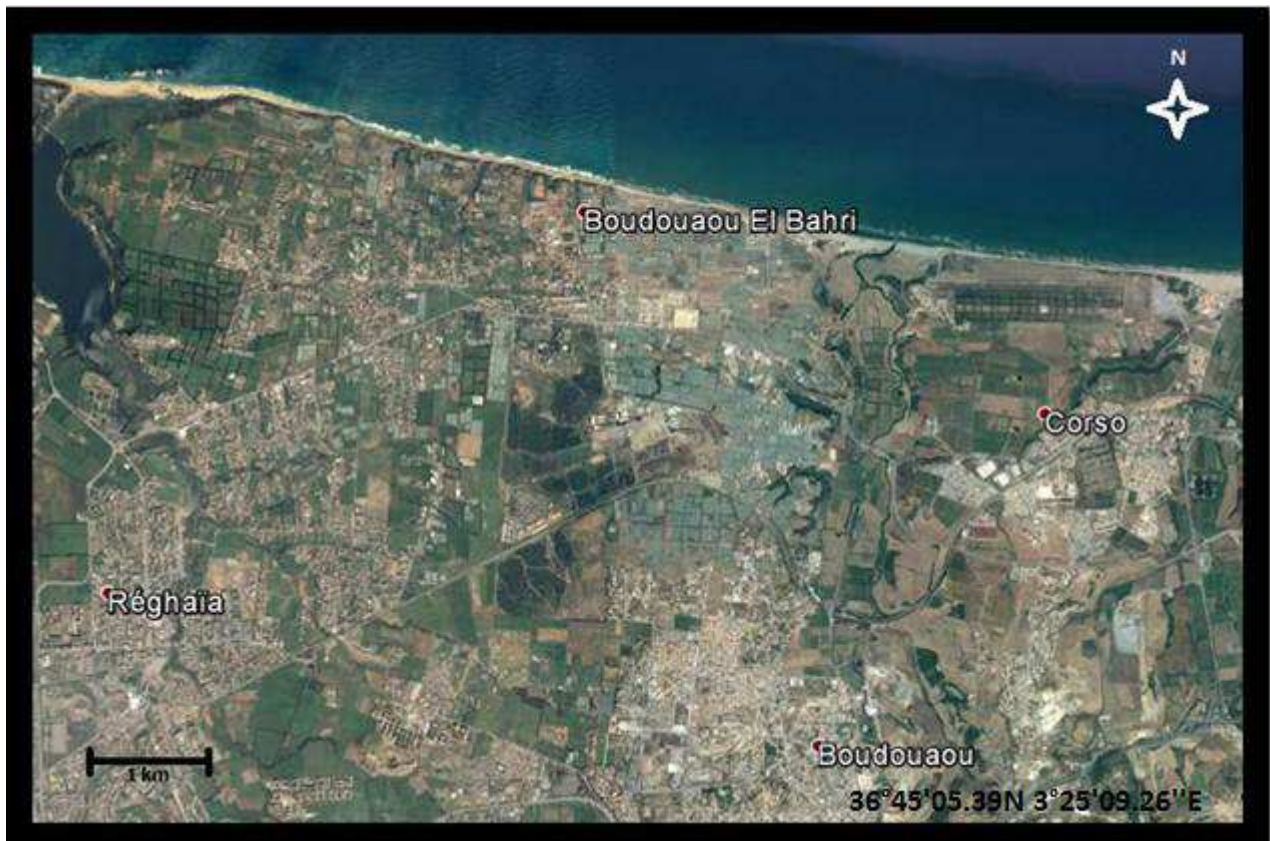


Figure 5: Localisation géographique de Boudouaou El bahri (Source: Google Earth).

II.1 .1. Présentation de la zone d'étude :

La zone faisant objet de notre étude est le littoral de boudouaou al bahri de 1100 m de longueur.

II.1.2. Situation climatologique de la zone d'étude :

Le climat est un facteur important car il influe directement sur l'activité microbologique.

II.1.2.1. La température :

La température est soumise à l'influence de la mer qui adoucit le climat. On distingue deux saison, une saison chaude qui s'étale de juin à octobre ou les températures moyennes de l'air varient entre 20°C et 30°C, et de rafraichissent en novembre et une autre saison qui débute en décembre et s'achève en mars ou les températures moyennes varient entre 13°C et 18°C.

Les températures moyennes en °C enregistrées dans la région de Boudouaou El Bahri dans la période allant de 2005 jusqu'à 2010 sont présentée dans la figure 5.

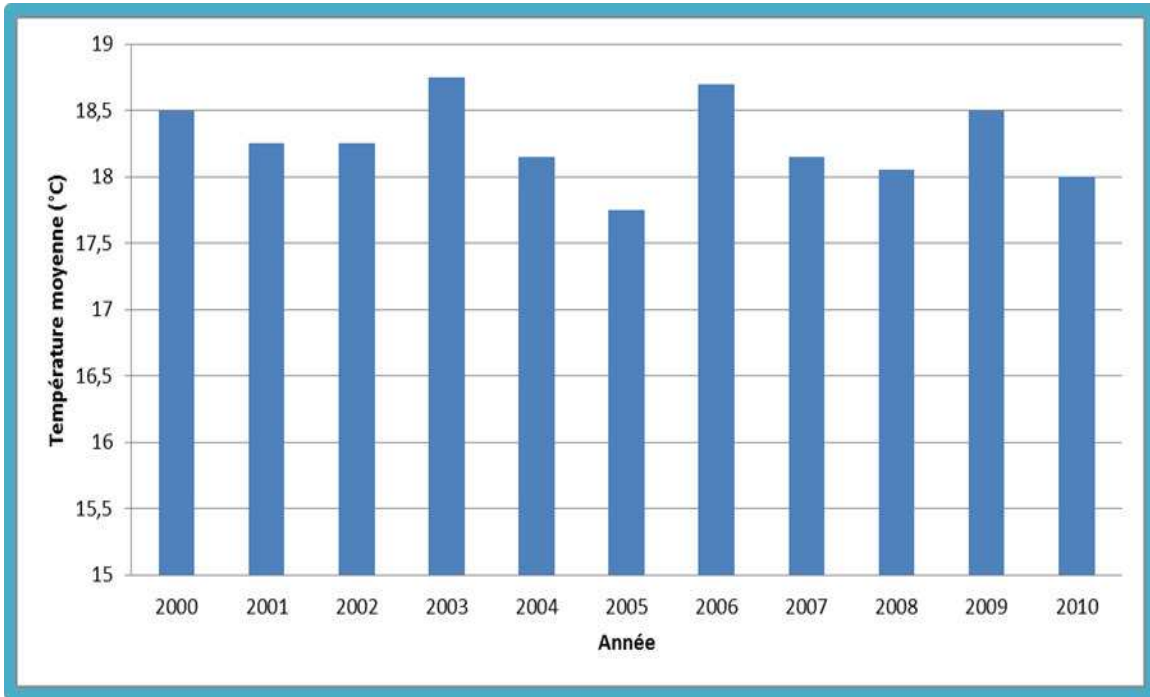


Figure 6: Températures moyennes en °C dans la région de Boudouaou El Bahri (ONM. 2005-2010).

II.1.2. 2. Les vents :

C'est le générateur principal de vagues et de courants superficiels agissant sur les transferts sédimentaires de façon directe sur la partie aérienne et par différents agents hydrodynamiques sur la partie immergée (Otmani, 2014).

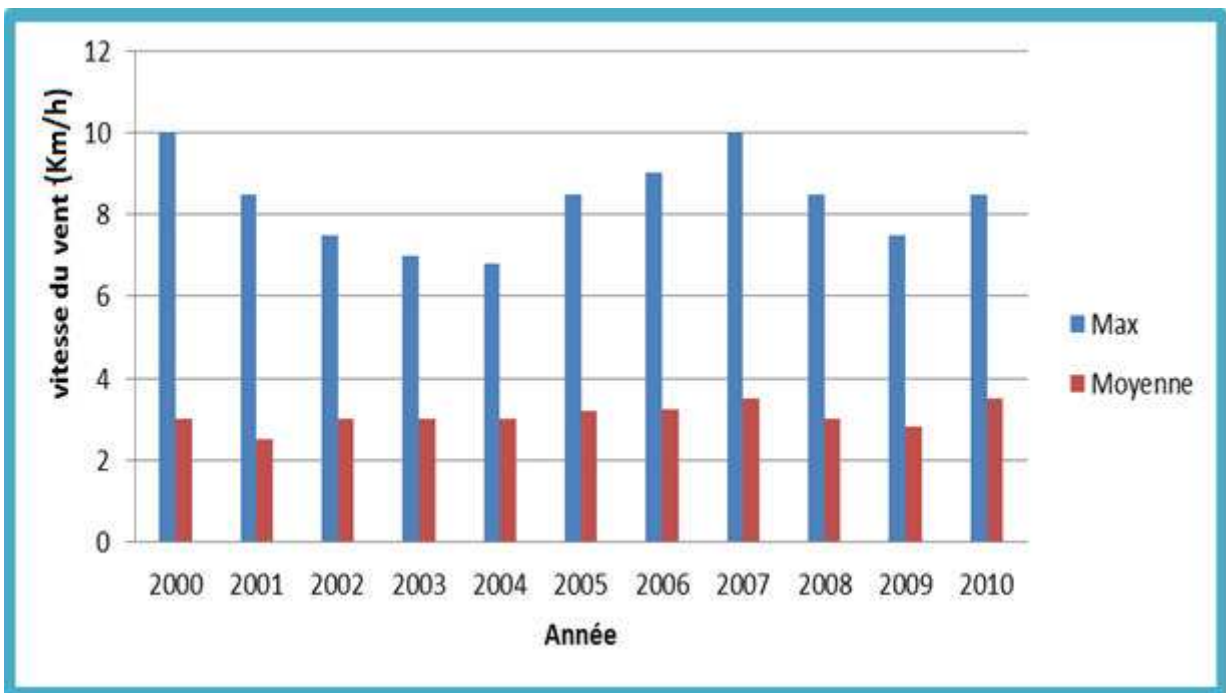


Figure 7 : Régime des vents dans la région de Boudouaou El Bahri (ONM.2000-2010).

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.1.2.3. La pluviométrie :

La répartition mensuelle de la pluviométrie montre que les mois les plus humides se situent en hiver et au printemps et les mois secs se situent en été avec des précipitations non significatives (Tableau).

Tableau 2: Répartition des moyennes mensuelles de la pluviométrie (station de keddara 1951-1996).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Année
Pluie en mm	46.4	65.7	99.8	117.6	103.1	117.6	102.2	92.0	48.5	18.0	3.5	5.1	820
En %	5.7	8.0	12.2	14.3	12.6	14.3	12.5	11.2	5.9	2.2	0.4	0.6	100

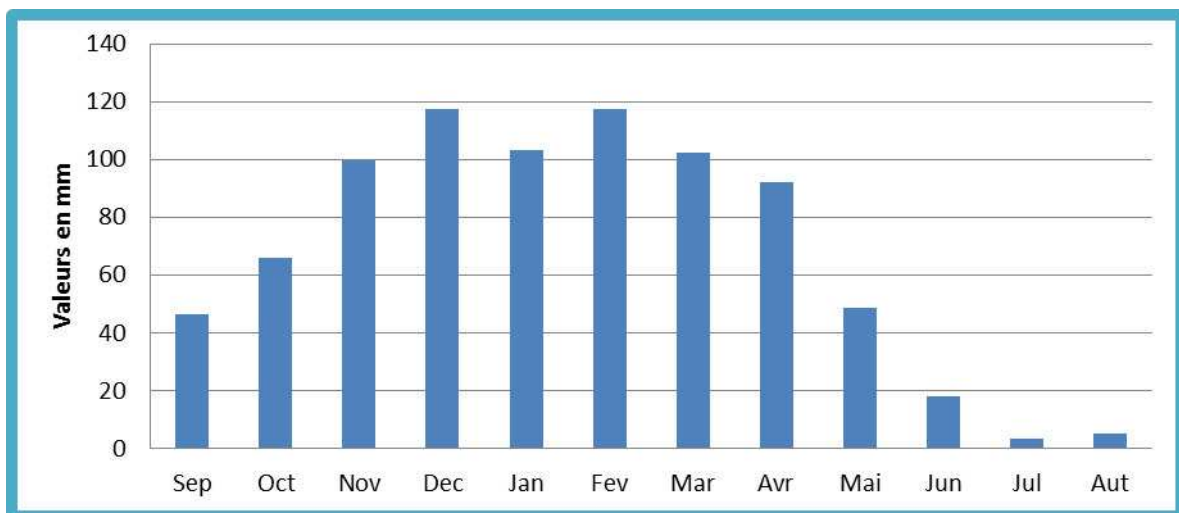


Figure8: Répartition graphique des moyennes mensuelles de la pluviométrie (Station de Keddara.1951-1996).

II.1.2.4. Les houles :

C'est un paramètre hydrodynamique qui dépend directement des vents et qui joue un rôle important dans la zone de déferlement.

Direction de la houle au large :

- Les secteurs Est et Ouest prédominent par les plus grandes fréquences d'apparition établies.
- Le secteur Ouest se caractérise essentiellement par les houles de tempête.
- Les secteurs Nord et Nord-Ouest présentent les fréquences d'apparition les plus faibles.

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Les houles de secteur Est et Ouest sont sensiblement identiques, avec une légère prédominance du secteur Ouest. Durant la période estivale, le secteur Est prédomine.
- Le secteur Nord se caractérise par une répartition assez régulière durant toute l'année (**Otmani, 2014**).

- l'agitation provenant des secteurs Ouest et Est est la plus fréquente, néanmoins le secteur Ouest prédomine par les fortes houles.

- Pour le secteur Nord et Nord-ouest, les fréquences d'apparition sont faibles.
- Les houles de tempêtes proviennent essentiellement du secteur Ouest.
- la répartition des houles est globalement concordante avec le régime des vents.

En hiver : Les houles d'Ouest dominant, la majorité des amplitudes sont comprises entre 1 et 3 m pouvant atteindre les 4m, elles engendrent des courants de retour qui entraînent les sédiments vers le large.

En été : Les houles les plus dominantes sont issues du secteur Nord-Est avec des amplitudes moins faibles, et on remarque aussi que les houles de secteur Ouest sont assez importantes, elles engendrent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest (**Otmani, 2014**).

II.1.2.5. Les courants :

Le courant marin ou courant océanique est défini comme une masse d'eau qui se déplace sur de très longues distances, à la surface ou en profondeur, suivant une direction donnée. Les courants sont responsables de l'état dynamique des sédiments (érosion, transport et sédimentation) (**Otmani, 2014**).

- **Le courant côtier de retour :**

Participe activement au transport des polluants acheminés par les eaux de l'oued de Boudouaou El Bahri, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver

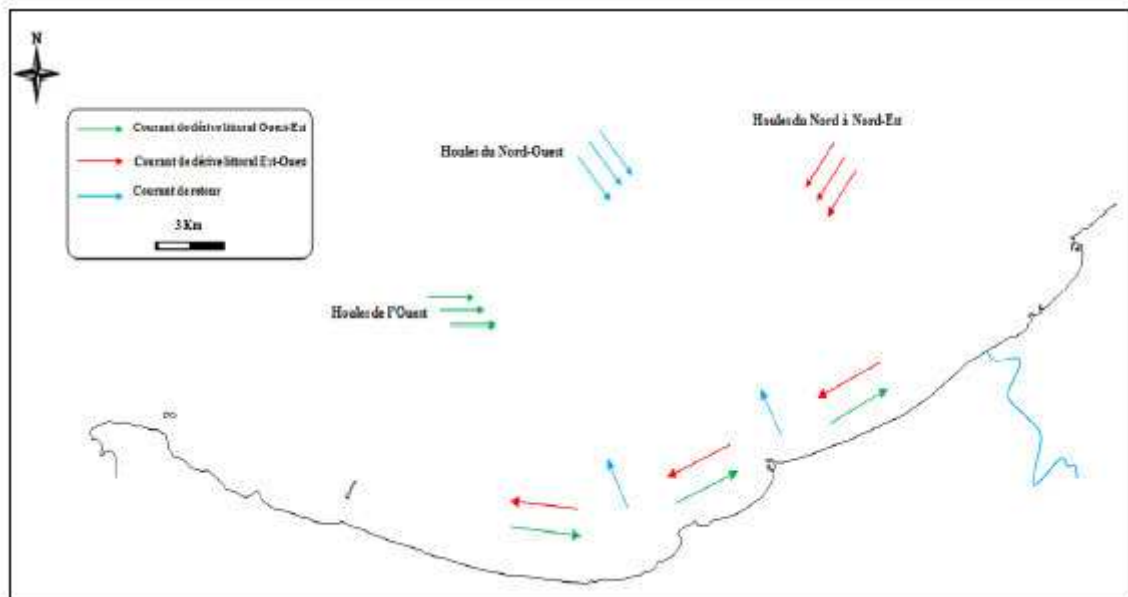


Figure 9 : Schéma probable de l'hydrodynamisme dans la zone d'étude (Otmani, 2014).

II.1.3. Source de pollution :

L'oued Boudouaou El Bahri (avec une superficie de 12 km² mis en service en 1985). Provient de barrage Keddara et véhicule les eaux usées de plusieurs communes (El-Kharouba, Boudouaou, Djelloula, Ben merzouga) et les communique au milieu marin par l'intermédiaire de son embouchure au niveau de la plage «Boudouaou el-Bahri».

De graves problèmes de pollution y ont été constatés, ce qui conduit à la fermeture de cette plage, ainsi que les plages voisines.

II .2.Le choix des stations :

L'une des principales sources de contamination des plages de boudouaou al bahri est évidemment les eaux usées non traitées apportées par l'oued de Boudouaou et des terres agricoles proximités puisque ce dernier se déverse directement dans cette zone.

Dans ce travail on a essayé d'étudier la propagation des rejets de l'oued de Boudouaou en mer afin d'évaluer le taux de pollution de ces plages, et cela en analysant les paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Six stations ont été choisies dans la zone d'étude en fonction des points de rejet cinq sur terre (deux dans les points de rejet, une à l'Est de oued Boudouaou, deux à l'Est et l'Ouest de la plage d'échouage) et une autre station en mer ou on a effectué (deux prélèvements (une en surface et une autre à 10 m de profondeur), la distance entre les stations était d'environ 300m.

Chapitre II : Matériels et méthodes

Pour la création d'une station d'épuration, il faut faire un suivi de la zone d'étude pendant au moins un an mais dans le cadre d'un projet de fin d'étude prélèvements se sont étalés sur une période de trois mois : Mai, Juin et Juillet .le rythme d'échantillonnage était d'un prélèvement par mois. Ils ont été réalisés entre 9h et 11h.

La figure 10 illustre bien la position des six stations.



Figure 10 : Positionnement des stations de prélèvements (Source: Google earth).

II.3. Conditionnement des échantillons :

Lors de l'échantillonnage, il est nécessaire de respecter un certain nombre de règles qui visent à faire un flaconnage correct et un étiquetage précis afin d'assurer une conservation et traçabilité des échantillons. Le matériel d'échantillonnage doit être, de préférence, constitué d'un matériau inerte non susceptible de perturber les analyses effectuées sur l'échantillon, la pratique courante consiste à employer des récipients en polyéthylène ou en verre borosilicaté (Tarmoul, 2007).

Le tableau 23 en annexe 5 récapitule le type de récipients appropriés aux différents paramètres à étudier.

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.3.1. Conditionnement des flacons :

Avant chaque sortie sur terrain, les flacons sont préparés de la façon suivante :

- Lavage avec le détergeant de laboratoire.
- Rinçage avec de l'eau du robinet.
- Rinçage avec l'eau distillée.
- Les flacons en verre borosilicaté et en polyéthylène sont trempés dans de l'eau acidulé (HCL 10 %) Et rincés une autre fois avec l'eau distillée puis séchés dans l'étuve à 60°C pendant une nuit au minimum.

-Les flacons destinés à l'analyse microbiologiques sont stérilisés dans un autoclave à une température de 120°C pendant une heure. Ce procédé tue toutes les cellules végétatives et les endospores.

II.3.2. Conditionnement des filtres :

Les filtres utilisés pour l'analyses des MES sont préparés de la façon suivante :

- Sont macérés dans un bain d'acide Chlorhydrique (HCL à 0.5 N) pendant 2 heures.
- Sont rincés abondamment avec l'eau bi-distillée.
- Sont séchés dans l'étuve à 70°C pendant 2 heures.
- Sont refroidis dans un dessiccateur et conservés à l'abri de la poussière et de l'humidité dans un papier aluminium.

II .3.3. Etiquetage des flacons :

Afin d'éviter toutes sorte de confusion entre les différents flacons une fois arrivé au laboratoire, il faut bien étiqueter les flacons d'une façon claire et durable pour pouvoir les repérés facilement en mentionnant sur chaque flacon (l'origine de l'échantillon, la date du prélèvement et le type de d'analyse auquel l'échantillon a été destiné).

II.3.4. Prélèvements :

Quelques paramètres physico-chimiques sont mesurés in situ. au niveau de chaque station un prélèvement d'eau a été effectué pour l'analyse bactériologique et la mesure des paramètres physico-chimiques analysés au laboratoire.

Au niveau de la station n 6 le prélèvement est réalisé à l'aide d'une bouteille de prélèvement de type **Niskin** de 30 L mené d'un messenger et un lest.

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.3.5. Conservation des échantillons :

Les échantillons sont transportés dans une glacière car il est conseillé de garder les échantillons à une température de 4°C et cela pour ralentir l'activité bactérienne (**Aminot et Chaussepied, 1983**). L'analyse se fait le même jour en aucun cas au-delà de 24 heures pour les analyses bactériologiques.

II.4. Analyses et modes opératoires :

Les analyses doivent être faites le plus tôt possible après le prélèvement pour permettre d'avoir des résultats représentatifs. Elles regroupent la mesure de paramètres in situ ainsi que de paramètres au laboratoire :

II.4.1. Mesure sur terrain :

Un certain nombre de paramètres physico-chimiques de l'eau ne peuvent être mesurés que sur terrain car les valeurs peuvent évoluer très rapidement dans les échantillons prélevés. Ce sont principalement : la température de l'eau, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous.

* Appareillage :

Les paramètres physico-chimiques sont mesurés à l'aide d'un multi-paramètre pouvant mesurer simultanément 13 paramètres différents, de type HI 9828 de la gamme **HANNA instruments France certifié ISO 9001, Edition 4 du 29/10/2008** (voir annexe 6).

II.4.1.1. Température de l'eau :

La température est un paramètre qui évolue très vite après le prélèvement, d'où l'utilité de sa mesure immédiate. La mesure de la température, lors d'un suivi de la qualité d'une eau, a plusieurs objectifs :

- Contrôler la validité des mesures d'oxygène dissous, sachant que la saturation de l'eau en oxygène dissous est fonction de la température et de la pression atmosphérique ;
- Evaluer certains aspects des cycles biologiques ou comportementaux (**Ben allaoua, 2013**).

II.4.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est en relation étroite avec la concentration des ions hydrogène H^+ présents dans l'eau ou les solutions. Sa mesure permet d'évaluer le caractère acide ou basique d'une eau. Le pH du rejet doit être compris entre 5.5 et 8.5.

La mesure du pH a été réalisée par la méthode électrochimique avec une électrode en verre contenue dans l'appareil cité ci-dessus.

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.4.1.3. Salinité :

La mesure de la salinité est faite sur le terrain à l'aide d'une sonde qui est intégrée dans le multi-paramètre **HANNA** utilisé pour la mesure des paramètres in situ.

II.4.1.4. Oxygène dissous :

La méthode utilisée pour mesurer l'oxygène dissous est basée sur un capteur muni d'une électrode sensible à l'oxygène dissous préalablement étalonné. Les mesures sont effectuées sur site.

La valeur mesurée dépend de la température, de la pression et de la salinité de l'eau. L'unité de mesure est mg/l ou en pourcentage de saturation.

II.4.2. Paramètres mesurés au laboratoire :

Aussi tôt arrivés au laboratoire, les échantillons sont soumis à une série d'analyses :

II.4.2.1. Demande biochimique en Oxygène (DBO₅) :

La DBO₅ est la quantité de dioxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. La DBO₅ est un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau. L'appareil de mesure est de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten <<WTW>>** du modèle OxITop IS 6.

A-Le principe de la méthode manométrique :

Elle consiste à mesurer l'évolution de la pression de l'air à l'intérieur d'un flacon contenant l'échantillon. Cette dernière est une évolution directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation. En effet, les micro-organismes lors de la biodégradation des molécules organiques, consomment l'oxygène dissous dans l'eau de l'échantillon et l'oxygène de l'air se dissout pour remplacer l'oxygène consommé. Ceci crée un déficit en gaz dans l'air du flacon qui n'est pas renouvelé, à condition que le CO₂ formé lors de la biodégradation soit absorbé par la potasse présente dans le flacon.

B- Le protocole de mesure de la DBO₅ :

- Mesurer le volume d'échantillon à analyser à partir de la gamme de mesure (tableau numéro 24 en annexes) et verser dans le flacon d'incubation en verre brun conditionné auparavant ;
- Introduire un barreau magnétique dans chaque flacon ;

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Mettre 2 à 4 pastilles d'hydroxyde de potassium dans chaque bouchon intérieur en caoutchouc noir avec deux pincettes en évitant que la potasse rentre en contact avec l'échantillon ;
- Placer le manomètre (OxiTop) et visser sans fermer hermétiquement ;
- Lancer la mesure en appuyant sur S et M simultanément (environ deux secondes) jusqu'à ce que l'afficheur indique 00 ;
- Maintenir sur le système d'agitation dans l'armoire thermostatée (=20°C) pendant 5 jours ;
- Laisser l'équilibre s'établir pendant 30mn puis fermer hermétiquement la tête ;
- Relever les valeurs après 5 jours (système OxiTop) en appuyant sur M ;
- Procéder enfin à la correction de la mesure n multipliant par un facteur correctif qui dépend de la quantité d'échantillon prélevée et de la gamme de mesure souhaitée.

La DBO_5 s'exprime en $mg\ d'O_2/l$ et s'obtient par la multiplication de la valeur affichée par l'OxiTop après 5 jours d'incubation à 20°C, par le facteur correspondant au volume échantillonné qui est donné par la gamme d'estimation (voir annexe 7).

II.4.2.2. Demande Chimique en Oxygène (DCO) (Ramade, 2000 et Rodier et al. 2009 et ISO 6060 :1989(F))

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale.

A-Principe de la méthode :

Son principe est l'ébullition à reflux, en présence de sulfates de mercure, d'une prise d'essai, d'une quantité connue de dichromate de potassium et d'un catalyseur à l'argent, dans un milieu fortement acidifié par l'acide sulfurique et pendant une période de temps durant laquelle une partie du dichromate est réduite par les matières oxydables présentes. Puis, un titrage de l'excès de dichromate avec une solution titrée de sulfates de fer et d'ammonium. Et enfin, le calcul de la DCO à partir de la quantité de dichromate réduite.

B-Le protocole de la mesure de DCO :

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Mettre dans les tubes de réaction conditionnés auparavant, 10 ml de chaque échantillon, 10 ml d'eau distillé pour le tube du blanc et 10 ml de la solution d'hydrogénophthalates de potassium pour le tube témoin ;
- Rajouter dans chaque tube 5 ml de dichromate de potassium ;
- Rajouter doucement, 15 ml d'acide sulfurique sulfate d'argent ;
- Placer les réfrigérants des tubes de réaction ;
- Introduire les tubes dans l'appareil DCO et laisser incuber pendant 2 heures à 148°C (+- 2°C) ;
- Après refroidissement, retirer les réfrigérants des tubes ;
- Verser les échantillons dans des Erlenmeyer et jauger avec de l'eau distillée jusqu'à 75 ml ;
- Ajouter deux gouttes de féroïens ;
- Mettre un barreau magnétique et placer sous une agitation ;
- Titrer avec une solution de sulfates de fer et d'ammonium, toujours sous agitation
- Fermer la vanne de la burette dès le premier virage de couleur (du bleu-vert vers le brun-rouge) et noter le volume de sel de Mohr écoulé.

La réaction permettant le calcul de la DCO est donné comme suit :

$$[\text{DCO}](\text{mg d'O}_2 / \text{L}) = \frac{8000 * V_s}{10} (V_b - V_{ech})$$

Où :

V_b : volume de sel de Mohr en ml, nécessaire pour réduire l'excès du dichromate de potassium dans le blanc ;

V_{ech} : volume de sel de Mohr en ml, nécessaire pour réduire l'excès du dichromate de potassium dans l'échantillon à analyser ;

10 : volume de la prise en ml ;

Chapitre II : Matériels et méthodes

Vs : Concentration de la solution de sulfate de fer et d'ammonium en mole/l. c'est le titre de sel de Mohr ;

8000 : masse molaire en mg/l de $\frac{1}{2} O_2$.

Il est important de noter que l'essai témoin est effectué pour chaque série de détermination, afin de vérifier la technique, de même que la pureté des réactifs. La demande théorique en oxygène de cette solution est de 500 mg d' O_2 /l. le procédé expérimental est satisfaisant si au moins 96% de cette valeur est obtenu. La liste des réactifs est donnée en (annexe 8).

II.4.2.3. Matières en suspension (MES) :

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par :

- Filtration.
- Centrifugation.

La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrée dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure.

Dans notre cas on a procédé la méthode de la filtration ;

A- Principe de la filtration :

Cette méthode se base sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un filtre en fibre de verre de 0,47 μm .

Le poids de matière retenue par le filtre, noté P, est déterminé par pesée différentielle (avant et après filtration). La concentration des matières en suspension (MES) ne sera donc que le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé.

B- Matériel utilisé :

- Dispositif de filtration ;
- Balance ;
- Capsules ;
- Filtres en fibre de verre porosité de 0,47 μm ;
- Étuve.

C- Mode opératoire :

Chapitre II : Matériels et méthodes

- les filtres sont préalablement préparés de la manière qu'on a déjà citée ;
- peser le filtre sec et noter son poids P1 ;
- Homogénéiser l'échantillon à analyser ;
- Filtrer sous vide un volume V de l'échantillon mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée ;
- Sécher, refroidir et peser une seconde fois le filtre. Son poids est noté P2.

Note : Ne mettre l'eau que petit à petit, toujours en homogénéisant bien pour ne pas avoir à filtrer de trop grands volumes sur un filtre colmaté.

D- Expression des résultats :

La concentration de la matière en suspension en mg/l dans l'échantillon analysé est obtenue par la relation suivante :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/L)} = ((\text{P2} - \text{P1})/\text{V}) \cdot 10^3$$

Où :

P1 : Poids du filtre sec avant filtration (en mg) ;

P2 : Poids du filtre sec après filtration (en mg) ;

P2 - P1: Poids de la matière retenue par le filtre sec ;

V : Volume de la prise d'eau (en ml).

II.5.2.4. Analyse des sels nutritifs :

A-Principe des dosages des sels nutritif :

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, et orthophosphates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs, ...) avec des réactifs (voir annexe 6) pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration. Cette dernière est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de BEER LAMBERT qui est exprimée par l'expression suivante :

$$A = \text{D.O} = \log (I_0/I) = \epsilon \cdot l \cdot C$$

Chapitre II : Matériels et méthodes

I_0 et **I** : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.

ϵ : le coefficient d'extinction molaire (varie en fonction de la température et de la longueur d'onde).

l : la longueur du milieu traversée exprimée en cm.

C : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l.

A : absorbance de la solution.

D.O : densité optique de la solution.

B-Analyse automatique des sels nutritifs :

L'analyse automatique des sels nutritifs consiste à réaliser automatiquement les différentes manipulations nécessaires à un dosage manuel : prélèvements, analyse et lecture (**Rodier et al, 1996**).

Dans notre étude, le dosage des sels nutritifs s'est fait par colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée « Auto-Analyzer SAN *pro* PLUS » selon les protocoles définis par le fabricant (**SKALAR, 2000**).

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu :

Une veine liquide progresse par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique en continu. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail.

Le protocole de préparation des réactifs nécessaires au dosage des sels nutritifs est détaillé dans l'annexe 9.

1) Dosage des nitrites :

Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylènediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Benschneider et Robinson, 1952 ; et SKALAR, 1998**).

2) Dosage des nitrates :

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (**Wood et al, 1967**).

Chapitre II : Matériels et méthodes

Les nitrites (en réalité $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminée directement (dosage des nitrites) pour trouver les concentrations des nitrates (**Rodier et al, 1996**).

3) Dosage des orthophosphates :

En présence d'antimoine tartrate de potassium à une température de 40°C (bain marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**Murphy et Riley, 1962**). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

4) Dosage de Silicium :

Le silicium dissous (représenté dans l'eau par 95% sous forme d'acide orthosilicique (**Aminot et Chaussepied, 1983**)). Il réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm (**Mullin et Riley, 1955** in **Aminot et Kéroul, 2004**).

II.4.3. Analyse microbiologique :

Les germes teste recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Escherichia coli*, et les streptocoques fécaux. Ces germes sont peu ou pas pathogènes, ils sont révélateur de contamination fécale et entraînent par leur abondance la présomption de contamination plus dangereuse (**Figarella et al, 2001**).

Les germes supplémentaires recherchés sont les spores anaérobies sulfite-réductrices et les staphylocoques cela pour leur intérêt pratique concernant les eaux de baignades (**Gaujous, 1995 ; Rodier et al, 1996**).

La méthode de recherche utilisée est la méthode de la filtration sur membrane par incubation sur milieu solide.

II.4.3.1. Principe de filtration sur membrane :

C'est la technique de concentration la plus utilisée au laboratoire. Le plus généralement, on procède à une filtration sur membranes en esters de cellulose, de porosité 0,22 μm ou 0,45 μm , susceptibles de retenir les bactéries (**Rodier et al, 2009**).

II.4.3.2. Dénombrement des coliformes selon la norme (ISO 9308-1) :

Chapitre II : Matériels et méthodes

Après filtration de l'eau à étudier, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié. Ceci permet aux colonies de coliformes de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, et sous un aspect suffisamment caractéristique pour autoriser un diagnostic présomptif. Celui-ci peut d'ailleurs être confirmé par des repiquages judicieux (**Rodier et al, 1996**).

A. Matériels de filtration :

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse.
- Pompe à vide.
- Membrane de filtration stérile de 0.45 μm de porosité.
- Etuve à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ et $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$.
- Pinces.
- Bec Bunsen.
- Boîtes de Pétri Φ 55mm.
- Pipettes pasteur.
- Tubes à essais contenant 9ml d'eau physiologique stérile.
- Bain marie maintenue à 100°C .

B. Milieux de culture et réactifs (ISO 9308-1):

- Gélose lactosée base T.T.C Tergitol 7.
- Gélose T.S.A.
- Bouillon au Tryptophane.
- Disques d'oxydase ou réactif à l'oxydase.
- Réactif de Kovacs.

C. Préparation du milieu de culture :

- Utiliser un bain marie à une température de 100°C .
- Faire fondre le flacon contenant la gélose lactosée base T.T.C Tergitol 7.
- Laisser refroidir à une température de 50°C et couler dans les boîtes de Pétri un volume suffisant et laisser solidifier.

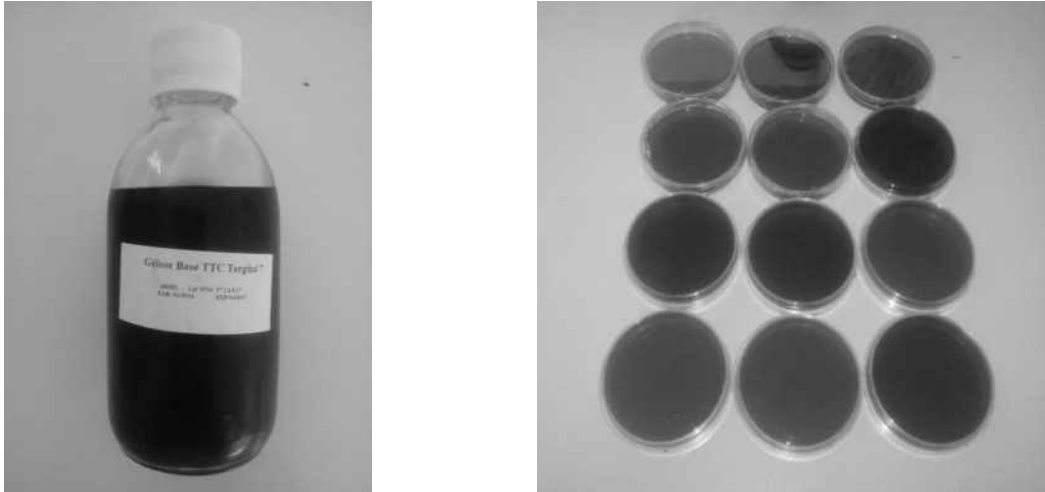


Figure 11: Préparation du milieu de culture (gélose lactosée base T.T.C Tergitol 7)
(Benmokhtar, 2016).

D. Préparation des dilutions :

Pour diminuer le nombre des micro-organismes par unité de volume on effectue des dilutions pour la solution mère de l'échantillon :

- Travailler dans la zone stérile du bec Bunsen.
- Préparer sur un portoir le nombre de tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile correspondant au nombre de dilutions choisies.
- Agiter soigneusement le flacon contenant l'échantillon pour avoir une répartition homogène des micro-organismes.
- Pipeter stérilement 1ml d'échantillon avec une pipette pasteur stérile, et l'introduire dans un tube à essai de 9ml d'eau physiologique stérile, on obtient une dilution qui correspond à 1 / 10 que l'on peut symboliser 10^{-1} .
- Jeter la pipette dans un bac contenant de l'eau de javel.
- Avec une nouvelle pipette, transférer 1ml de cette première dilution homogénéisée dans un second tube et procéder comme pour la première dilution, on obtient une dilution qui correspond à 1 / 100 que l'on peut symboliser 10^{-2} .
- Continuer ainsi jusqu'à la dilution désirée.

E. Filtration sur membrane et incubation :

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme).

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile et la déposer sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le tube contenant la dilution d'eau à analyser et la verser.
- Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitol et au T.T.C.).
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 24- 48h pour les coliformes totaux, alors que pour les coliformes thermotolérants, elle est effectuée à $44 \pm 0,5$ °C ; le couvercle vers le bas.

F. Dénombrement, confirmation et expression du résultat :

selon la norme (NF ISO 9308-1)

- Après la période d'incubation, on dénombre les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune quelle que soit leur diamètre.
- Effectuer un double test de confirmation :
 - Le milieu T.S.A. :
- Apes l'incubation à 36 ± 2 °C pendant 24
- Reppiquer les colonies jaunes rouge en stries sur toute la surface du milieu.
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 21 ± 3 h.

- Après la période d'incubation effectuer le test de confirmation « test à l'oxydase » :

Essai avec disque : imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

Dans les deux cas, considérer la réaction **positive** s'il y a apparition d'une couleur violette dans les 30 secondes qui suivent.

- Un bouillon au Tryptophane :

- Apres l'incubation à 44 °C pendant 24 à 48 h
- Ensemencer les Colonies orange avec halo orange dans le bouillon au Tryptophane
- Incuber à 44 ± 0.5 °c pendant 21 ± 3 h.
- Après la période d'incubation effectuer une recherche d'indole comme suit :
 - Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
 - L'apparition d'une coloration rouge brique à la surface du bouillon confirme la production d'indole.

Chapitre II : Matériels et méthodes

*Interprétation du test de confirmation :

Tableau 3: Interprétation du test de confirmation des coliformes.

Membrane	Confirmation	Interpretation
Membrane=0	Aucune	0 Coliformes et 0 E.coli
Membrane indénombrable	Aucune	«Suspect» pour Coliformes «Suspect » pour E.coli
Membrane =n	Oxydase (-)et production d'indole	n Coliformes et n E.coli
	Oxydase (-)et pas de production d'indole	n Coliformes et 0 E.coli
	Oxydase (+) et production d'indole	0 Coliformes et 0 E.coli

*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.

La figure 12 montre la Technique de dénombrement des Coliformes fécaux et Escherichia coli dans l'eau.

Chapitre II : Matériels et méthodes

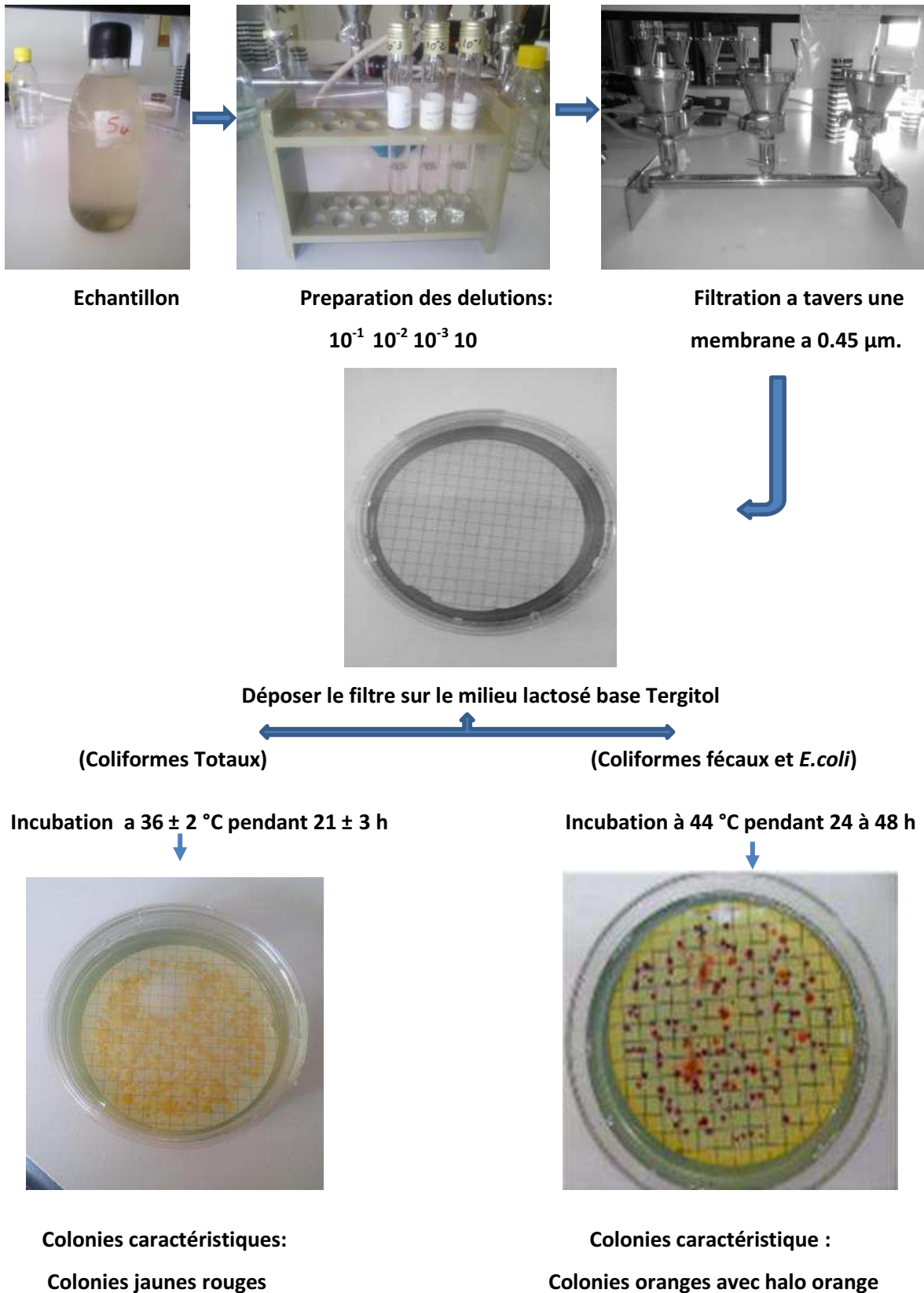


Figure 12: Technique de dénombrement des Coliformes fécaux et Escherichia coli dans l'eau .

Chapitre II : Matériels et méthodes

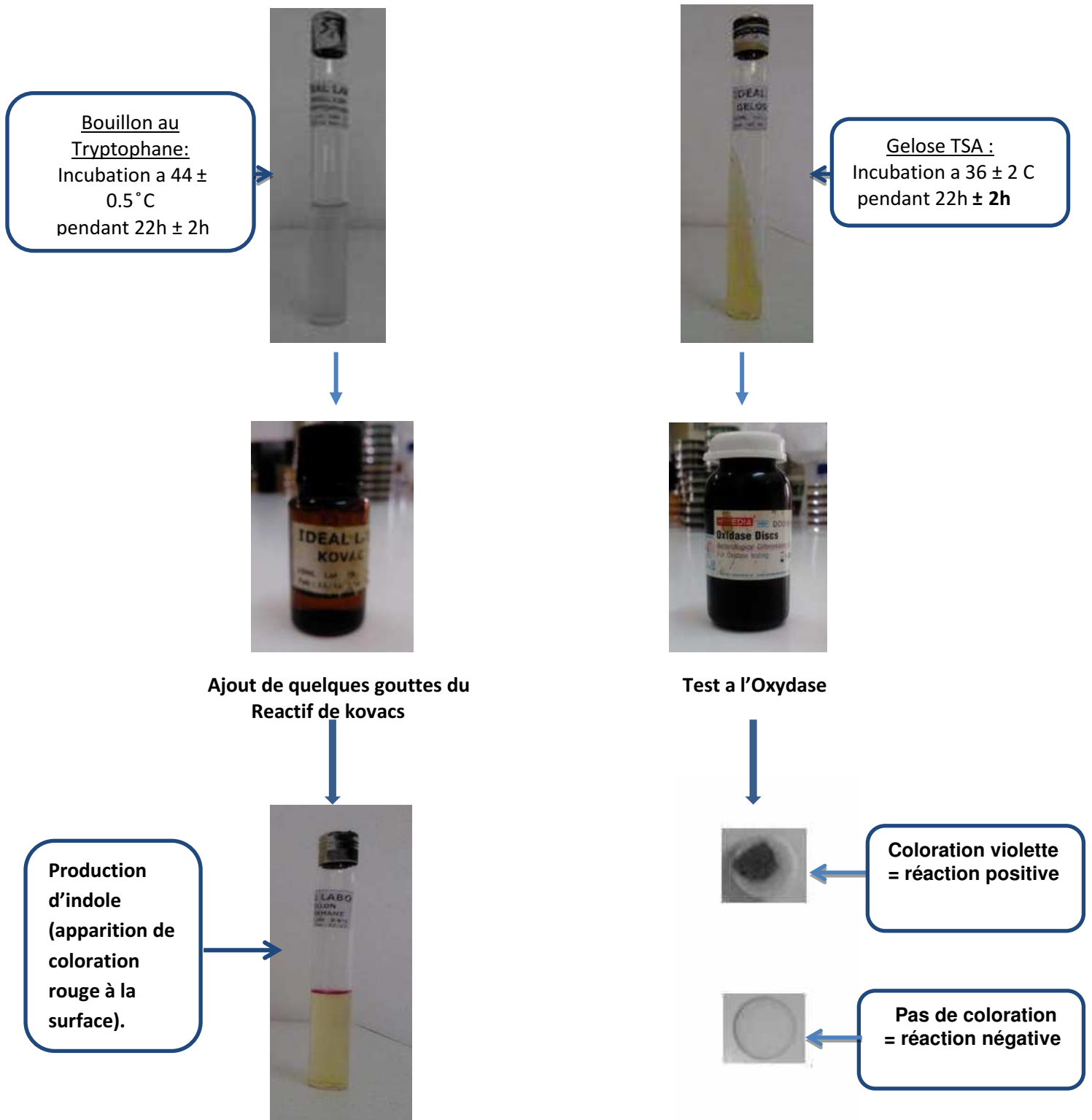


Figure 12: Technique de dénombrement des Coliformes fécaux et Escherichia coli dans l'eau .

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.4.3.3. Dénombrement des Streptocoques fecaux selon la norme (ISO 7899-2 NA 766) :

Le dénombrement des entérocoques est fondé sur la filtration de l'échantillon à analyser à travers une membrane filtrante ayant une porosité de 0,45 μ m suffisante pour retenir les bactéries.

Le filtre est placé sur un milieu sélectif solide contenant de l'azoture de sodium pour supprimer la croissance des bactéries gram-négatif et du chlorure de 2, 3,5-triphenyltetrazolium, qui est réduit en formazan rouge par les entérocoques intestinaux.

Les colonies typiques sont bombées, de couleur rouge, marron ou rose, soit au centre ou sur l'ensemble de la colonie.

Pour confirmation de la présence d'entérocoques, le filtre est ensuite transféré sur la gélose contenant de la bile et de l'esculine (B.E.A), qui est hydrolysé par les entérocoques, donnant une coloration noire en se combinant à des sels de fer (ISO 7899-2 NA 766) .

A. Appareillage utilisé pour la filtration :

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse.
- Pompe sous vide.
- Pinces.
- Bec Bunsen.
- Membrane de filtration stérile de 0.45 μ m de porosité.
- Etuve à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ et $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$.
- Bain marie maintenue à 100°C .
- Boîtes de Pétri de diamètre 55 mm.
- Pipettes pasteur.
- Tubes à essais contenant 9ml d'eau physiologique stérile.

B. Milieux de cultures et Reactifs (ISO 7899-2 NA 766) :

- Gélose de Slanetz et Bartley .
- Additif T.T.C (chlorure 2, 3,5 triphényl-tétrazolium).
- Gélose Bile Esculine Azoture (B. E. A) .

C. Préparation des milieux de culture :

- Utiliser un bain marie à une température de 100°C .
- Faire fondre le flacon de 250 ml contenant la gélose stérile de Slanetz et Bartley.
- Refroidir à une température de 50°C .

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Rajouter le T.T.C.
- Couler la gélose contenant le T.T.C dans les boîtes de Pétri et laisser solidifier.

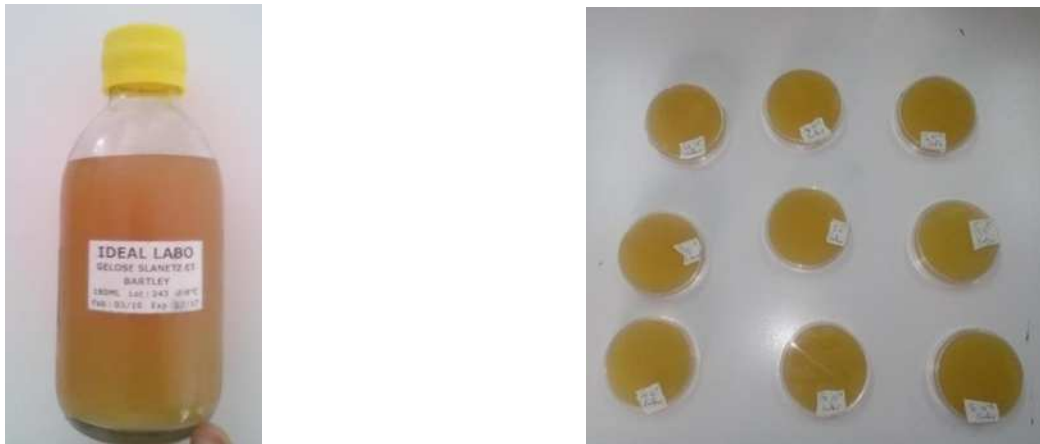


Figure 13 : Préparation du milieu de culture (gélose stérile de Slanetz et Bartley) (Benmokhtar.2016).

D. Filtration sur membrane et incubation :

- Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bunsen.
- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile et la déposer sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le tube contenant la dilution d'eau à analyser et la verser.
- Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile.
- Placer le filtre dans la boîte de Pétri contenant la gélose Slanetz et Bartley avec TTC.
- Mettre la boîte de Pétri dans l'incubateur à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 h, couvercle vers le bas.

E. Dénombrement, confirmation et expression du résultat :

- Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rouge, marron ou rose au centre ou sur l'ensemble de la colonie.
- transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans retournement, sur la boîte de Pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffée au préalable à 44°C pendant au moins 20 minutes.
- Faire incuber à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 2h. Retirer la boîte de Pétri et compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine positive.
- La mesure est à exprimer en UFC pour 100 ml d'eau (**ISO 7899-2 NA 766**).

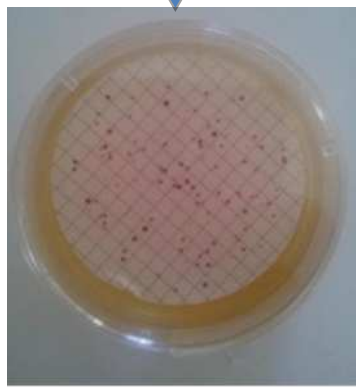
La technique de dénombrement des entérocoques est représentée dans la figure 14.

Chapitre II : Matériels et méthodes



Déposer le filtre sur la gélose Slanetz et Bartley avec TTC.

Incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 h



Colonies caractéristiques : bombées de taille moyenne, rouge, marron ou rose

Transférer le filtre vers la gélose B.E.A qui a été préchauffée au préalable à 44°C pendant au moins 20 minutes.

Incuber à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 2h.



Compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'insuline positive.

Figure 14 : Technique de la recherche des streptocoques (Benmokhtar, 2016).

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.4.3.4. Dénombrement des bactéries sulfito-réducteurs selon la Norme (NF EN 26461-2 ISO 6461-2).

Le dénombrement des bactéries sulfito-réducteurs est basé sur la rétention des spores de bactéries sur le filtre de porosité 0,22 μm , après destruction des formes végétatives par chauffage de l'échantillon à $75 \pm 5^\circ\text{C}$ (bain-marie) pendant 15 min.

Incubation de la membrane sur milieu gélose viande-foie (ou milieu gélose tryptose sulfite) additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule d'alun de fer pendant $20 \pm 4\text{h}$ et $44 \pm 4\text{h}$ 37°C .

Dénombrement des colonies noires. Cette coloration est due à la réduction des sulfites par action des bactéries, ces sulfures réagissent avec le fer et donnent la couleur noire (NF EN 26461-2 ISO 6461-2).

A. Appareillage utilisé pour la filtration :

- Boite de pétri, diamètre 55 mm stériles, à usage unique.
- Membranes de filtration stériles de 0.22 μm de porosité.
- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse.
- Pinces.
- Etuve à $37 \pm 1^\circ\text{C}$.
- Bain d'eau Thermostaté (bain marie).
- Bec bunsen.
- Trompe à vide.

B. Milieux de culture et réactifs (Norme NF EN 26461-2 ISO 6461-2):

- Gélose base Viande-foie (ou par défaut Gélose Tryptose-Sulfite).
- Additif Alun de fer.
- Additif Sulfite de sodium.

C. Préparation du milieu de culture :

- Utiliser un bain marie à une température de 100°C .
- Faire fondre le flacon contenant la gélose stérile.
- Laisser refroidir à une température de 50°C .
- Rajouter les additifs.
- Maintenir le milieu complet au bain marie à 45°C jusqu'à utilisation.

Chapitre II : Matériels et méthodes

D. Filtrations sur membrane et incubation :

- Avant de procéder à l'essai, l'échantillon à analyser doit être chauffé dans un bain marie à $75^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ pendant 15 mn à partir du moment où cette température a été atteinte.
- Filtration de 100ml ou de 20 ml sur une membrane de $0.22\ \mu\text{m}$.
- Après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer, face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte de pétri
- Ensuite verser soigneusement le milieu de culture liquéfié avec additifs, jusqu'au rebord de la boîte de pétri.
- Incuber à $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant $20 \pm 4\ \text{h}$ (1 ère lecture) et $44 \pm 4\ \text{h}$ (2eme lecture).

E. Dénombrement et expression des résultats :

Une première lecture (dénombrement des colonies) après $20 \pm 4\text{h}$ et effectuée .

L'énumération après $44 \pm 4\text{h}$ doit être indiquée ; dans le cas où il y a une diffusion des halos conduisant à une coloration noire, seule la 1ere lecture est prise en considération et sera indiquée seulement comme valeur approximative.

En effet, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme de la membrane, rendant le dénombrement impossible en 48h (**Norme NF EN 26461-2 ISO 6461-2**).

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.

La Technique de dénombrement des bactéries sulfitoréductrices est représentée dans la figure 15.

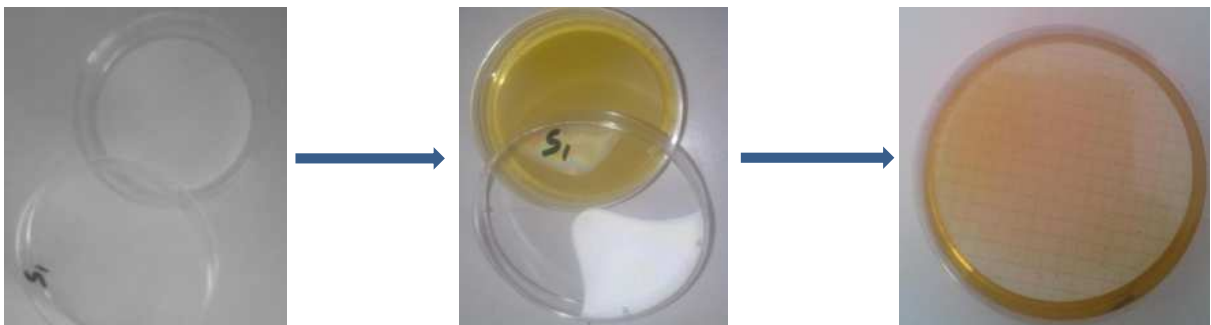
Chapitre II : Matériels et méthodes



Echantillon. Prendre 20ml ou 100ml de l'échantillon.

mettre au bain marie a 75 °C pendant 15 min.

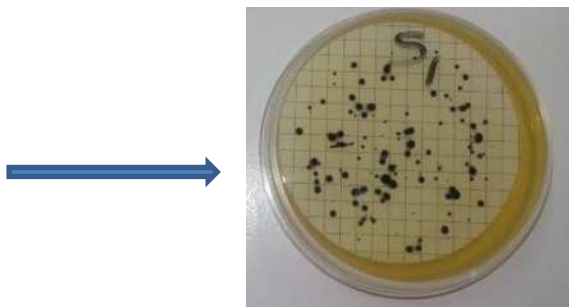
Filtation a travers une membrane de 0.22µm.



Placer le filtre face superieur tournée vers le fond d'une boite de petrie.

Verser le milieu de culture avec additifs (Gelose viande-Foi+ Alun de fer +Sulfite de sodium).

Incuber a 37 ± 1 °C pendant 22h ± 2h et 44 ± 4h.



Denombrement des spores d'anaérobies sulfito-reducteurs : Colonies noires

Figure 15:Technique de denombrement des bactéries sulfitoreductrices .

Chapitre II : Matériels et méthodes

II.4.3.5. Recherche des staphylocoques selon la norme (NF EN ISO 6888-1) :

La recherche des staphylocoques est basée sur la filtration de la prise d'essai de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0.45 μm .

- Dépôt de cette dernière sur un milieu sélectif, gélose Chapman au mannitol.
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 h.
- Dénombrement des colonies caractéristiques formées sur la membrane filtrante par comptage. Ils apparaissent sous forme de petites colonies lisses, légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées soit en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc qui seront soumis ensuite aux tests de confirmation.
- La confirmation est basée sur la recherche de l'enzyme catalase.
- Et sur la recherche de l'enzyme coagulase(NF EN ISO 6888-1).

A. Appareillage utilisé pour la filtration :

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse.
- Pompe à vide
- Membranes de filtration stériles de 0,45 μm de porosité.
- Pincettes stériles.
- Etuves à 36 ± 2 °C.
- Boîtes de Petri \varnothing 55 mm.
- Bec Bunsen.
- Pipettes Pasteur.
- Tube à hémolyse ou tube à essai stériles.

B. Milieux de cultures et réactifs :

- Gélose Chapman au mannitol.
- Peroxyde d'hydrogène H₂O₂.
- Bouillon B.H.I.B.
- Plasma de lapin.

C. Préparation des milieux de culture :

- Utiliser un bain marie à une température de 100° C.
- Faire fondre le flacon contenant la gélose stérile.
- Maintenir à une température de 80° C et laisser refroidir à une T°C de 50° C.

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Couler la gélose contenant le milieu sélectif dans les boîtes de pétri et laisser solidifier.

D. Deroulement de la filtration :

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration.
- La poser la membrane sur la plaque poreuse à l'aide d'une pince stérile.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser.
- Verser stérilement la quantité d'eau désirée à analyser.
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche enlever l'entonnoir et prélever la membrane avec une pince stérile.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose au Chapman).
- Incubation à 36 ± 2 °C Pendant 44 ± 4 h les boîtes de pétri, le couvercle vers le bas.
- Après la période d'incubation procéder aux tests de confirmation.

E. Dénombrement et confirmation :

- Après la période d'incubation, on dénombre les colonies caractéristiques (Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*), qui apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées soit en jaune ou en blanc.
- Prendre 3 à 5 colonies au hasard, pour confirmation :
 - Test à la catalase :
 - Placer une goutte d'une solution de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) à 20 volumes sur une lame de microscope.
 - Prélever une demi-colonne avec une pipette pasteur l'émulsionner doucement dans la goutte d' H_2O_2 .
 - s'il y a apparition de bulles d'oxygène (catalase positive) ou absence (Catalase négative).
 - Les observations peuvent se faire macroscopiquement ou à l'aide d'un microscope à faible grossissement.
 - Test à la coagulase :
 - 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 stérile à essai ou à hémolyse, et incuber de nouveau à 36 ± 2 °C pendant 2 à 6 heures.
 - Examiner la coagulase du plasma de lapin sinon ré-incuber à 20 ± 4 heures et examiner de nouveau.

Chapitre II : Matériels et méthodes

- Considérer que la réaction à la coagulase est positive quand le coagulum occupe plus des trois quart du volume initialement occupé par le liquide.

Le tableau suivant résume quelques caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques :

Tableau 4 : caractères biochimiques de différentes espèces de staphylocoques.

Tests de confirmation	Staphylocoques			
	<i>S. Aureus</i>	<i>S. Intermedius</i>	<i>S. Saprophyticus</i>	<i>S. epidermitis</i>
Catalase	+	+	+	+
Coagulase	+	+	-	-
Mannitol en anaérobie	+	-	-	-

*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.

La technique de la recherche des staphylocoques est représentée dans la figure 16.

Chapitre II : Matériels et méthodes



Filtration d'un volume d'échantillon à travers une membrane de 0.45 μm de porosité.



Déposer la membrane sur un milieu gélose Chapman au mannitol.



Incubation à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 h.



Colonies lisses légèrement bombées a contours réguliers et pigmentées soit en jaune (fermentation du mannitol) ou en blanc.



Double test de confirmation sur la même colonie.



Test à la catalase :

Test a la Coagulase :

Prélèvement d'une demi colonie et l'émulsionner dans H_2O_2 a 20V.



Prélèvement d'une demi colonie et la triturer dans le Bouillon B.H.I.B : incubation à 36 ± 2 °C pendant 20 ± 4



Introduire 0.1ml de la culture dans 0.3ml du plasma de lapin.

Apparition de bulle d' O_2 = Catalase(+)



Figure 16: Technique de la recherche des Staphylocoques.

CHAPITRE III

RÉSULTATS ET

DISCUSSION

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Les paramètres physico-chimiques :

III.1.1. La température :

Les valeurs de la température enregistrées dans les sept stations lors des 3 mois de prélèvement sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 5: Valeurs de la température enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai (T°C)	19.54	19.57	24.48	21.77	19.52	19.52	18.19
Juin (T°C)	20.23	20.21	24.70	26.27	20.19	20.22	19.82
Juillet (T°C)	24.00	23.48	36.14	36.68	23.90	23.52	21.75
Moyenne (T°C)	21.25	21.09	28.44	28.24	21.20	21.08	19.92

Les valeurs moyennes de la température mesurées dans les sept stations sont représentées dans la figure 17.

Les températures moyennes enregistrées pendant la période de prélèvement varient entre une valeur minimale de 19.92°C (S7) et 28.44°C (S3).

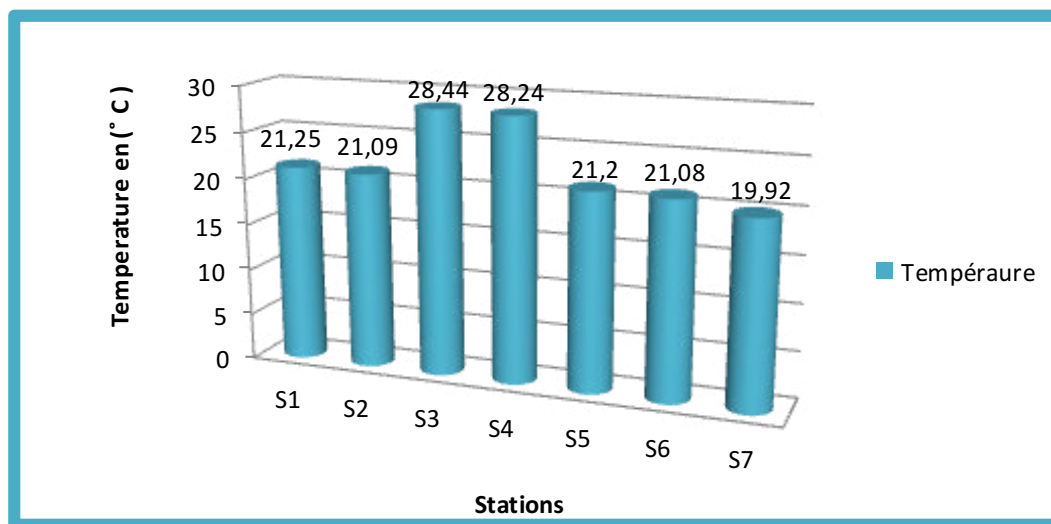


Figure 17: Températures moyennes en fonction des stations de prélèvement.

Cette différence pourrait être expliquée par le fait que l'eau est peu profonde dans l'oued Boudouaou El Bahri, donc elle a tendance à être chauffée plus rapidement que l'eau de mer.

Et la légère différence des températures enregistrées dans l'eau de mer est liée aux conditions météorologiques car la couche superficielle est soumise à l'influence directe des conditions météorologiques (Laama, 2009).

Chapitre III : Résultats et discussion

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

Le pH est considéré comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité des eaux. Il doit être étroitement surveillé au cours de la période de prélèvement (**Brisou et Denis, 1980**).

Les valeurs du pH enregistrées dans les sept stations lors des 3 mois de prélèvement sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 6: Valeurs du pH enregistrés dans les sept stations en période des prélèvements.

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai (pH)	8.27	7.28	7.55	7.74	7.24	8.27	8.13
Juin (pH)	8.18	6.16	7.19	7.69	7.27	8.26	8.23
Juillet (pH)	8.23	6.21	7.78	7.64	6.05	8.32	8.15
Moyenne (pH)	8.27	6.55	7.50	7.69	6.85	8.28	8.17

Les valeurs du pH moyen des sept stations sont représentées dans la figure 18.

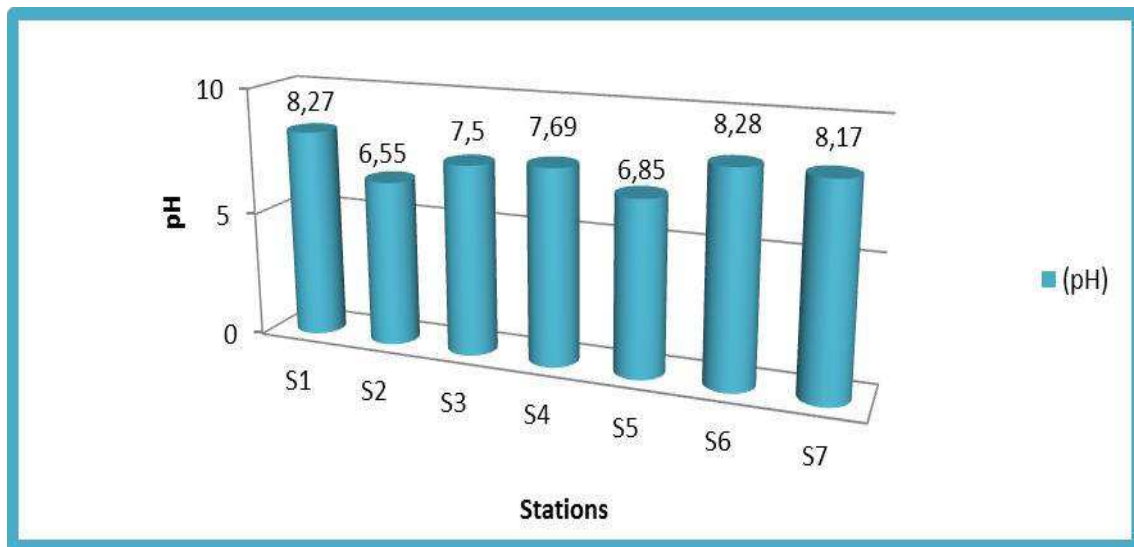


Figure 18: le pH moyen en fonction des stations.

Le pH moyen des stations varie entre 6.55 en (S3) et 8.28 en (S6).

Le PH de (S3) et (S4) se trouve dans la norme du pH des rejets décrite par (**le journal officiel de la république Algérienne 2006**) (voir annexe 10).

Les valeurs du pH de (S2) et (S5) sont inférieures aux valeurs du pH de l'eau de mer qui est de 8,3 (**Aminot et Kerouel, 2004**). Cette diminution est probablement due aux apports d'eaux douces ainsi que les produits chimiques rejetés par les unités industrielles provenant des rejets d'eau usées (S3) et (S4).

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.3. La salinité :

Les valeurs de la salinité enregistrées dans les stations lors de la période des prélèvements sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 7: Les valeurs de la salinité enregistrées dans les stations en période des prélèvements.

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai (Psu)	36.23	29.86	1.52	1.89	28.98	36.4	36.52
Juin (Psu)	36.15	29.82	0.92	1.75	29.76	36.89	36.72
juillet (Psu)	36.28	29.61	1.81	1.79	29.45	36.61	36.92
Moyenne (Psu)	36.22	29.56	1.41	1.81	29.39	36.37	36.72

Les valeurs de la salinité moyenne mesurées dans l'ensemble des stations sont représentées dans la figure 19.

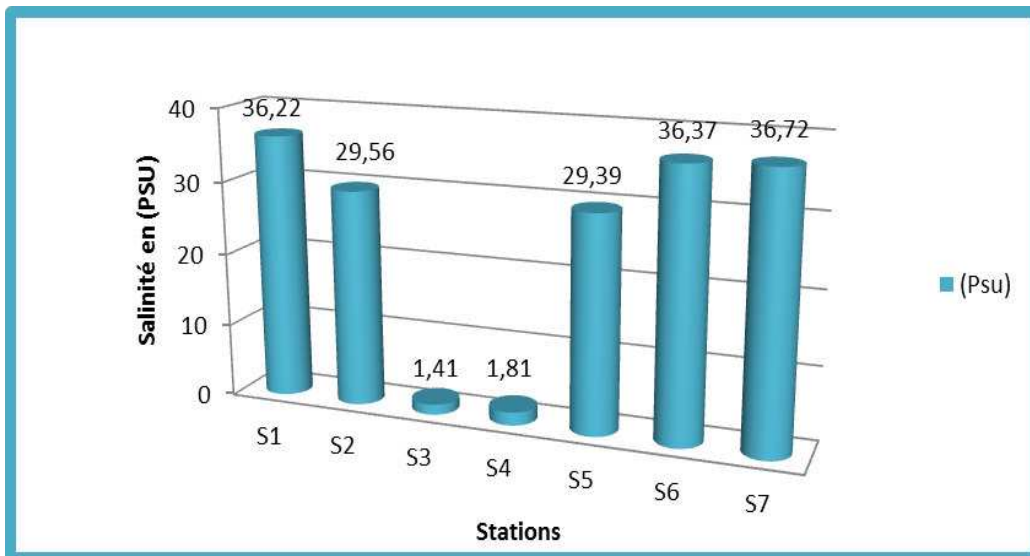


Figure 19 : Salinité moyenne en fonction des stations

Une baisse de salinité dans S2 (29,56psu) et S5 (29,39psu) peut s'expliquer par un apport local d'eau douce par les rejets qui diverse directement dans (S3) et (S4). Les valeurs moyennes enregistrées aux stations (S1) (S6) (S7) au cours de la période de prélèvement, sont voisines des moyennes observées près de nos côtes (36- 37PSU) (IFREMER, 1986). La salinité des stations est caractéristique de la salinité des côtes Algériennes.

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.4. L'Oxygène dissous :

Les valeurs de l'Oxygène dissous mesurées dans les stations lors de la période des prélèvements sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Oxygène dissous en (mg/l) mesuré dans les sept stations en période des prélèvements.

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai [O ₂] en (mg/L)	3.27	2.68	1.8	1.67	3.35	5.58	5.32
Juin [O ₂] en (mg/L)	2.31	2.61	1.73	1.05	2.93	5.82	4.93
Juillet [O ₂] en (mg/L)	3.64	2.87	1.82	1.21	2.46	5.91	5.85
Moyenne [O ₂] en (mg/l)	3.07	2.72	1.78	1.31	2.91	5.43	5.36

Les valeurs moyennes de l'Oxygène dissous sont représentées dans la figure 20.

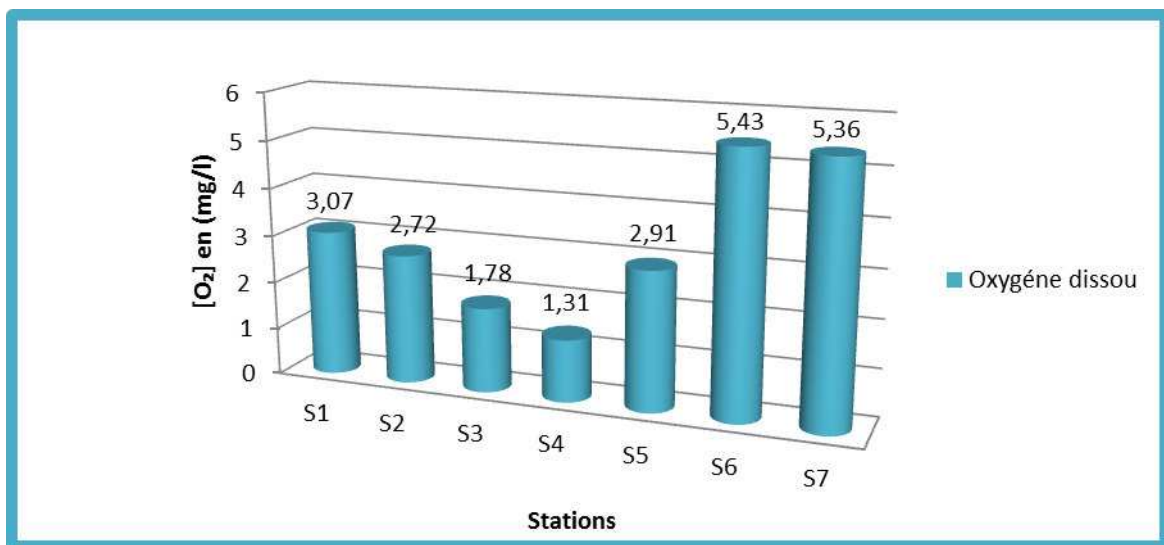


Figure 20: Teneurs en Oxygène dissous en fonction des stations.

D'après la figure 20 on remarque que les teneurs en Oxygène dissous varient entre (1.31 mg/l) en S4 et (5,43 mg/l) en S6.

La variation de ce paramètre est due aux mélange des masses d'eaux, échange air-mer, la respiration de la biomasse (ensemble de la faune et de la flore aquatique) et la photosynthèse (**Le pimpec et al, 2002**).

La Station (S1) présente une qualité moyenne (la teneur en Oxygène est comprise entre 3 et 5 mg/l).

Chapitre III : Résultats et discussion

Les stations (S2) (S3) (S4) (S5) présentent une qualité médiocre (la teneur en Oxygène dissous est inférieure à 3mg/l).

Les stations (S6) et (S7) présentent une qualité excellente à acceptable (les teneurs en oxygène dissous dépassant 5 mg/l) (voir annexe 11).

III.1.5. La Demande biochimique en oxygène DBO5 :

Les valeurs de Demande biochimique en oxygène DBO5 mesurées dans les stations lors de la période des prélèvements sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Les valeurs de Demande biochimique en oxygène DBO5 mesurées dans les stations lors de la période des prélèvements.

Station \ Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai [DBO5] en (mg d'O ₂ /l)	2.5	12	67	72	13	1.7	0.3
Juin [DBO5] en (mg d'O ₂ /l)	2	15	74	88	19	2.1	0.8
Juillet [DBO5] en (mg d'O ₂ /l)	1.5	21	93	102	24	0.9	0.8
Moyenne [DBO5] en (mg d'O ₂ /l)	2	16	78	87.33	18.66	1.56	0.63

Les valeurs moyennes de la DBO5 enregistrées dans les stations sont représentées dans la figure 21.

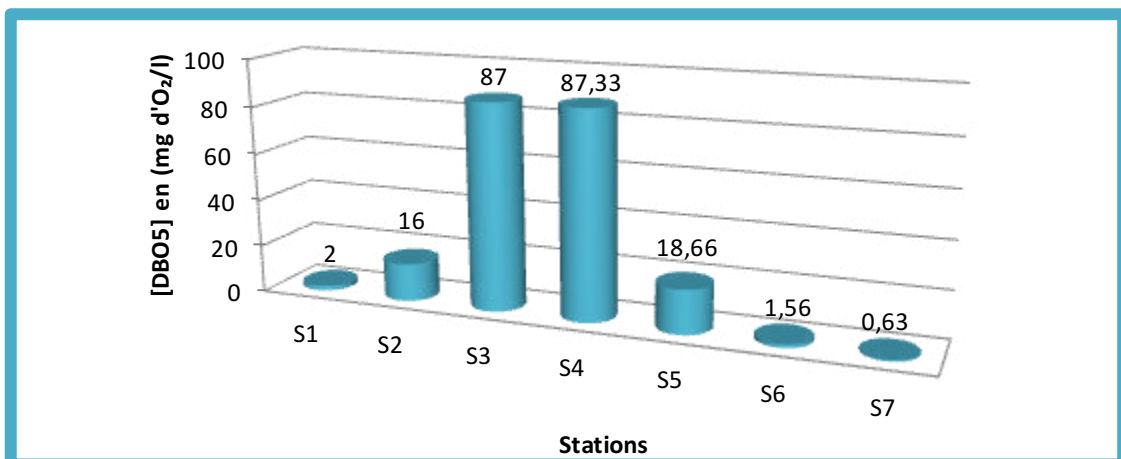


Figure 21: valeurs moyennes de la demande biochimique en Oxygène en fonction des stations.

On remarque que les valeurs moyennes de la DBO5 varient entre (0.7 mg d'O₂/l) dans (S7) et (87.33mg d'O₂/ml) dans (S4).

Les valeurs de la DBO5 enregistrées dans (S3) et (S4) sont supérieures à la valeur (35mg/l) décrites par le journal officiel de la république Algérienne (2006). Ces valeurs sont liées à la dégradation de la charge organiques polluantes par le biais d'agent biologique (**Brisou et Denis, 1978**).

Chapitre III : Résultats et discussion

La réduction de la DBO5 à partir de la station (S1) (S6) et (S7), cela pourrait s'expliquer par des phénomènes physiques et biologiques liés aux mécanismes très complexes de l'autoépuration des eaux marines.

Les stations (S2) et (S5) sont de qualité médiocre avec une pollution importante car les valeurs de la DBO5 enregistrées sont comprises entre (10 et 25 mg d'O₂/l) (Voir annexe 11).

III.1.6. La demande chimique en Oxygène (DCO) :

Les valeurs de la DCO mesurées des deux rejets d'eau usée (S3) et (S4) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Valeurs de la demande chimique en Oxygène (DCO) mesurées en (S3) et (S4) en période des prélèvements.

Mois / Station	Mai [DCO] en (mg O ₂ /l)	Juin [DCO] en (mg O ₂ /l)	Juillet [DCO] en (mg O ₂ /l)	Moyenne [DCO] en (mg O ₂ /l)
S3	123	135	115	124.33
S4	125	127	132	128

Les valeurs de la demande chimique en oxygène moyenne des deux rejets d'eau usée sont représentées dans la figure 22.

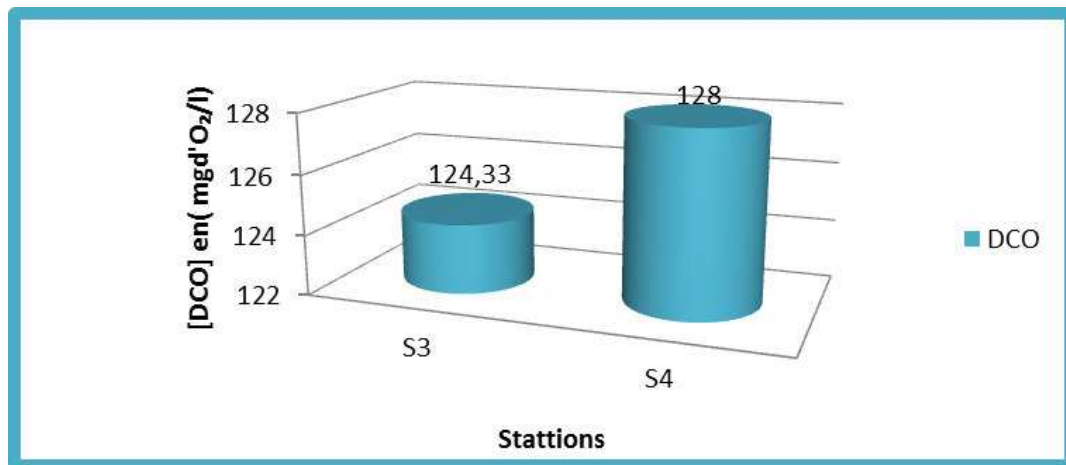


Figure 22 : La demande chimique en Oxygène (DCO) en fonction des stations 3 et 4.

Les valeurs de la DCO enregistrées dans les deux stations qui représente des rejets d'eaux usées sont très élevées et dépassent la norme (120 mg d'O₂/L) décrite dans (**le journal officiel de la république Algérienne 2006**). A travers ses résultats on classe ses eaux comme étant des eaux à pollution excessive.

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.7. Les matières en suspension (M.E.S) :

Les valeurs des matières en suspension mesurées dans les sept stations lors de la période des prélèvements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Matières en suspension mesurées dans les stations en période des prélèvements.

Station \ Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai [MES] en (mg/L)	24	60.8	236.2	176	95.8	1.7	0.5
Juin [MES] en (mg/L)	30	62.9	193.1	183.2	82.7	2	0.9
Juillet [MES] en (mg/L)	28	75.6	172	218	94.6	1.2	0.7
Moyenne [MES] en (mg/L)	27.3	66.43	200.4	192.4	91.03	1.63	0.7

Les valeurs moyennes des matières en suspension sont représentées dans la figure 23.

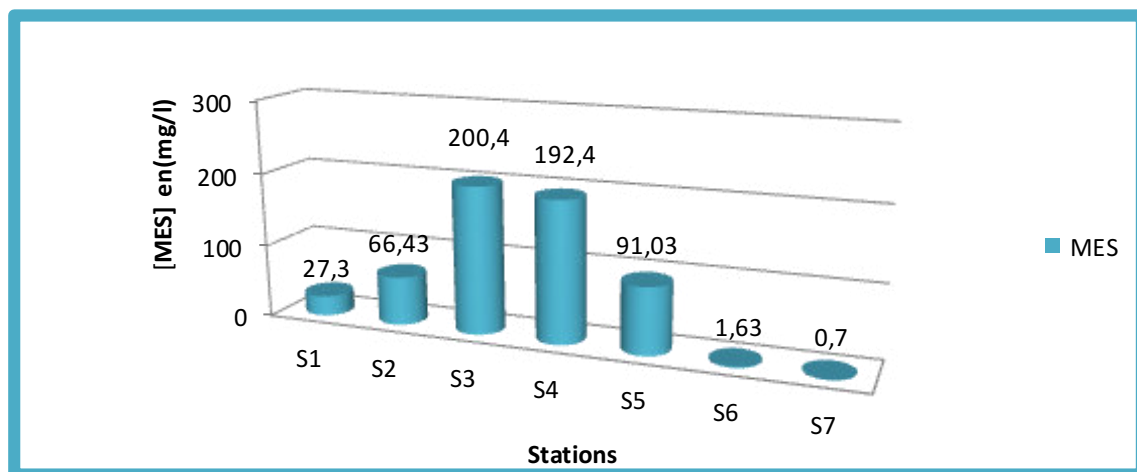


Figure 23 : Les matières en suspension en fonction des stations.

D'après la figure 23, Un maximum de MES est enregistré dans la troisième station (S3) (200,4 mg/l) tandis qu'un minimum dans la septième station (S7) (0,7 mg/l).

Les teneurs en MES enregistrées dans (S3) et (S4) dépassent la norme des MES des rejets décrite dans (**le journal officiel de la république Algérienne 2006**) qui est de l'ordre de (35 mg/L).

Les teneurs de MES obtenues dans les stations d'eau de mer dépassent largement les normes (**Rodier et al ., 2005**).elles sont probablement causés par le déversement d'égouts et des rejets domestiques urbains qui sont riches en matière colloïdale d'origine minérale ou organique provenant de la troisième station (S3) et la quatrième station (S4) qui sont des rejets d'eaux usées .Les fluctuations de ce paramètre, sont en relation avec les conditions climatiques et plus

Chapitre III : Résultats et discussion

particulièrement les précipitations abondantes, qui sont à l'origine des apports allochtones (Dakki, 2003).

III.1.8. Les sels nutritifs :

III.1.8.1. Nitrite et nitrate :

Les concentrations en nitrates (NO_3^-) obtenus dans les sept stations lors de la période des prélèvements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 12 : Concentrations en Nitrates [NO_3^-] en ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai [NO_3^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	2.8639	6.941	32.1160	25.63	9.0220	0.251	0.1028
Juin [NO_3^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	1.9683	7.2876	29.9503	37.92	8.6734	0.3859	0.1891
Juillet [NO_3^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	1.7282	7.7534	31.2095	37.1286	12.7882	0.2769	0.1829
Moyenne [NO_3^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	2.1868	7.3433	27.7586	33.5595	20.1612	0.2892	0.1882

Les concentrations en nitrites (NO_2^-) obtenus dans les sept stations lors de la période des prélèvements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Concentrations en Nitrates [NO_2^-] en ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai [NO_2^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	0.0628	2.0867	19.4286	17.4813	4.3974	0.02178	0.03219
Juin [NO_2^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	0.0682	3.6787	12.2123	19.2127	4.9718	0.04218	0.02489
Juillet [NO_2^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	0.0168	3.0887	17.9835	18.0125	3.3402	0.06084	0.0904
Moyenne [NO_2^-] en ($\mu\text{mol/l}$)	0.0716	2.9513	14.5414	18.2355	4.2364	0.0415	0.0291

Chapitre III : Résultats et discussion

Les concentrations moyennes en nitrate et nitrites sont représentées dans la figure 24.

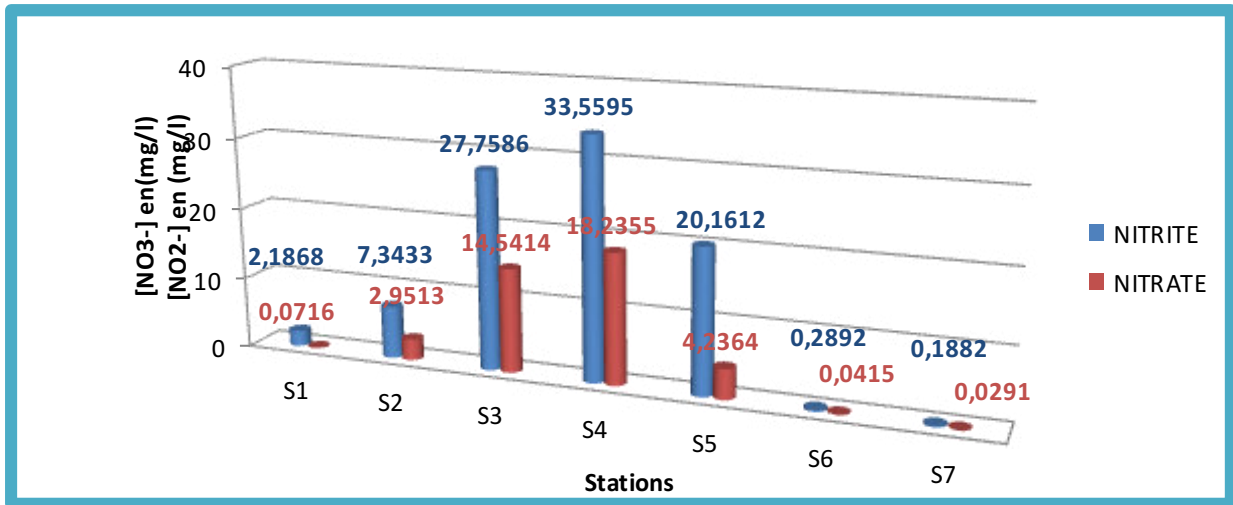


Figure 24 : Concentrations moyennes en nitrates et nitrites en fonction des stations.

D'après la figure (24), on remarque que les valeurs de nitrates se situent entre (0.1882 $\mu\text{mol/l}$) à la station (S7) et (33.5595 $\mu\text{mol/l}$) à la station (S4). Ce qui est le cas aussi pour les nitrites où les valeurs se situent entre (0.0291 $\mu\text{mol/l}$) à la station (S7) et (2.1868 $\mu\text{mol/l}$) à la station (S4). De même, des taux élevés de nitrates ont été observés par rapport aux nitrites.

Dans les stations (S3) et (S4) les taux élevés des nitrates et nitrites supérieurs à (5 $\mu\text{mol/l}$) d'après (**Aminot et Chaussepied, 1983**) sont attendus vu la nature de ces stations qui sont des eaux usées et l'origine des nitrates est agricole.

La concentration élevée en nitrates enregistrées en (S3) et (S5) peuvent être liées par le fait que la salinité est faible (**Aminot et Chaussepied, 1983**) et cela est dû à un apport terrigène important.

Au niveau des stations (S1), (S6) et (S7), les nitrites sont à des taux normaux d'après (**Aminot et Chaussepied, 1983**), sauf en ce qui concerne les nitrates. Mais ceci est normal car il faut de l'espace et du temps pour que l'apport de l'oued soit dilué et/ou assimilé par le phytoplancton.

De même des taux élevés de nitrates ont été observés par rapport aux nitrites et ceci est expliqué par la réduction des ions nitrites en nitrates par une action bactérienne « dénitrification » (**Rodier et al, 2005**).

III.1.8.2. Orthophosphate :

Les concentrations en Orthophosphate (PO_4^{3-}) obtenus dans les sept stations lors de la période des prélèvements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Concentration en Orthophosphate (PO_4^{3-}) en ($\mu\text{mol/l}$) enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.

Chapitre III : Résultats et discussion

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mois							
Mai [PO ₄ ³⁻] en (μmol/l)	0.0421	0.6872	2.6728	2.9287	0.7869	0.0274	0.0128
juin [PO ₄ ³⁻] en (μmol/l)	0.0468	0.6981	2.7286	3.1056	0.8667	0.0282	0.0126
Juillet [PO ₄ ³⁻] en (μmol/l)	0.0689	0.8792	2.9876	3.1326	0.8716	0.0309	0.0126
Moyenne [PO ₄ ³⁻] en (μmol/l)	0.0526	0.5486	2.7963	3.0555	0.8417	0.0288	0.0126

Les concentrations moyennes en nitrate et nitrite sont représentées dans la figure 25.

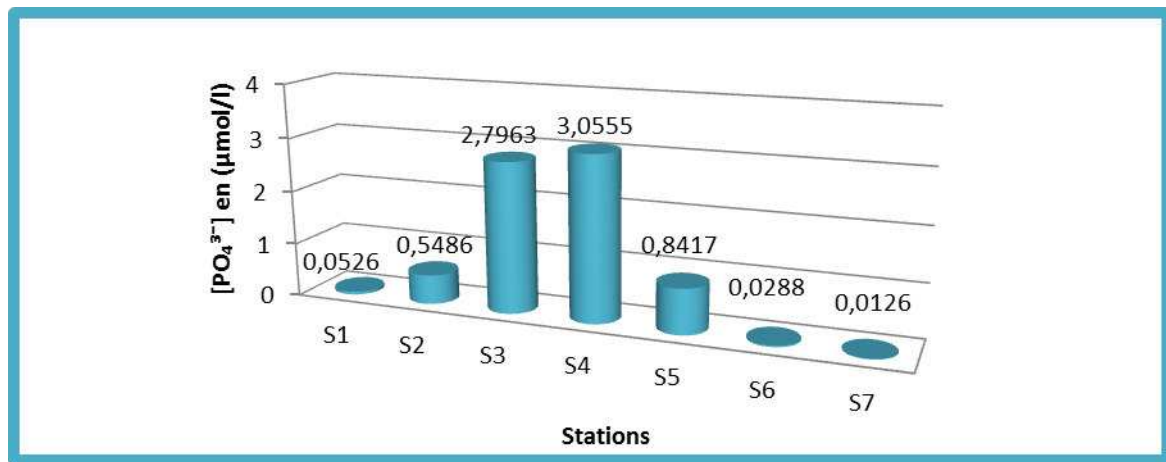


Figure 25 : Concentrations moyennes en Orthophosphate en fonction des stations.

La figure 25 montre que les teneurs en orthophosphate varient entre (0,0126 μmol/l) en (S7) et (3,0555 μmol/l) en (S4).

Les teneurs en orthophosphates sont faibles dans toutes les stations (S1) (S6) (S7) avec une légère supériorité des concentrations au niveau de (S2) et (S5) par rapport aux autres stations, car (S3) et (S4) est une source d'apport terrigène (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La concentration élevée en orthophosphate enregistrée en (S3) et (S4) proviennent de la dégradation de la matière organique ou des polyphosphates (utilisés comme adjuvants actifs dans les détergents).sa présence dans l'eau est également liée à l'utilisation des engrais (**Le pimpec et al ,2002**).

III.1.8.3. Silicium :

Les concentrations en Silicium (SiO₄⁻) obtenus dans les sept stations lors de la période des prélèvements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Les concentrations en Silicium(SiO₂) obtenus dans les sept stations lors de la période des prélèvements.

Chapitre III : Résultats et discussion

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai [SiO ₄ ⁻] en (μmol/l)	0.7243	1.2992	15.2818	16.0988	1.5456	0.5323	0.0523
Juin [SiO ₄ ⁻] en (μmol/l)	0.7161	1.3876	16.0328	14.9291	1.7020	0.3291	0.0482
Juillet [SiO ₄ ⁻] en (μmol/l)	0.8028	1.3732	15.9208	14.7582	1.8228	0.5242	0.0464
Moyenne [SiO ₄ ⁻] en (μmol/l)	0.7573	1.3533	15.7475	15.2603	1.6234	0.4618	0.0489

Les concentrations moyennes en silicate sont représentées dans la figure 26.

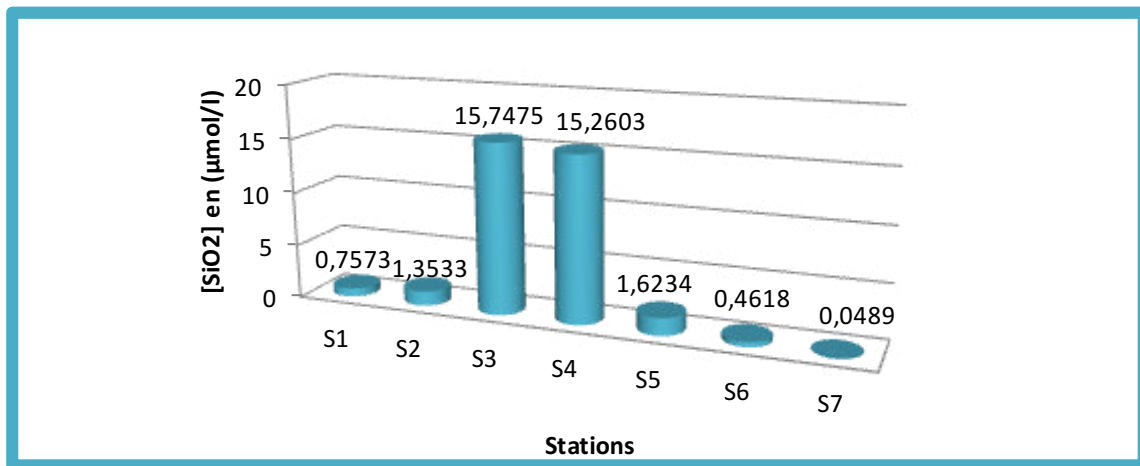


Figure 26 : Concentrations moyennes en silicate (SiO₂) en fonction des stations.

La figure 26 montre que les teneurs en silicium enregistrées dans cette étude sont élevées dans les stations(S3) et (S4) cela est expliqué par la dissolution des sels minéraux et le silicium organique charrié par les eaux usées.

Les valeurs de silicium enregistrées dans l'eau de mer sont probablement dues à la silice d'origine des tests de Diatomées et à la dissolution des sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulaire.

III.2. Les paramètres microbiologiques :

III.2.1. Les coliformes :

Les concentrations moyennes en coliformes totaux, coliformes fécaux et E.coli enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 16 : Les concentrations moyennes en coliformes totaux, coliformes fécaux et E.coli enregistrées dans les sept stations en période des prélèvements.

Chapitre III : Résultats et discussion

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Germes /100ml							
Coliformes totaux (UFC/100ml)	13.10 ³	27.10 ³	86.10 ⁵	74.10 ⁵	38.10 ³	22.10 ¹	12
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	11.10 ³	21.10 ³	60.10 ⁵	59.10 ⁵	26.10 ³	95	0
E.coli (UFC/100ml)	11.10 ³	21.10 ³	60.10 ⁵	59.10 ⁵	26.10 ³	27	0

Les concentrations moyennes en coliformes totaux, coliformes fécaux et E.coli enregistrées dans les sept stations sont représentées dans la figure 27.

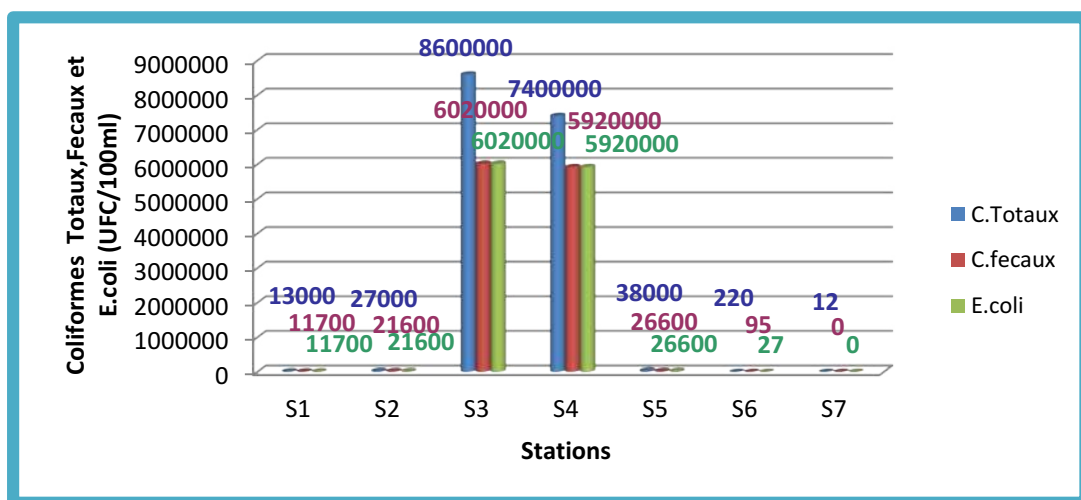


Figure 27 : Concentrations moyennes en coliformes totaux, coliformes fécaux et E.coli (UFC/100ml) en fonction des stations.

Nous pouvons déduire à travers la figure 27, que la population des Coliformes totaux aux stations (S1) (S2) (S3) (S4) et (S5) est représentée exclusivement par les Coliformes fécaux. De même ; les Coliformes fécaux sont uniquement représentés par les Escherichia coli, sauf pour la station (S6) et la station (S7).

Les résultats obtenus en dans les stations (S3) et (S4) sont attendus car ce sont des eaux usées non traitées (eaux domestiques et agricoles).

Les pics enregistrés dans (S1) (S2) et (S5) dépassant largement le seuil toléré, la présence de ces pics peut s'expliquerait par le phénomène de lessivage des sols par les pluies (**Lebaron et al, 1990**).et la contamination de (S2) et(S5) par les eaux usées (S3) et(S4) qui sont chargées par ces germes.

En ce qui concerne, les concentrations des Coliformes thermotolérants (*E. coli*), elles sont moins importantes et restent relativement basses dans (S6) voir nulle dans(S7) ; quant aux fortes concentrations d'*E. coli*, elles sont enregistrées dans (S1) (S2) et (S5) (dépassent largement les valeurs guides, fixée à 100germes /100ml), traduisent ainsi une contamination récente (**Rodier, 1996 ; CCME, 2002**) qui peut être expliquée par le rejet continu des eaux usées et les conditions climatiques favorables à la survie et à la prolifération de ces bactéries.

Chapitre III : Résultats et discussion

III.2.2. Les streptocoques fécaux :

Le tableau suivant regroupe les concentrations en streptocoques fécaux enregistrées dans les stations en période des prélèvements :

Tableau 17 : les concentrations en streptocoques fécaux enregistrées dans les stations en période des prélèvements

Station Mois	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai (UFC/100ml)	3.10^1	42.10^2	18.10^3	25.10^3	28.10^2	22	5
Juin (UFC/100ml)	42.10^1	57.10^2	23.10^3	39.10^3	32.10^2	38	8
Juillet (UFC/100ml)	5.10^2	63.10^2	59.10^3	62.10^3	62.10^2	42	10
Moyenne (UFC/100ml)	37.10^1	54.10^2	33.10^3	42.10^3	4.10^3	34	7

La figure 28 montre les variations des concentrations moyennes en Streptocoques fécaux dans les stations.

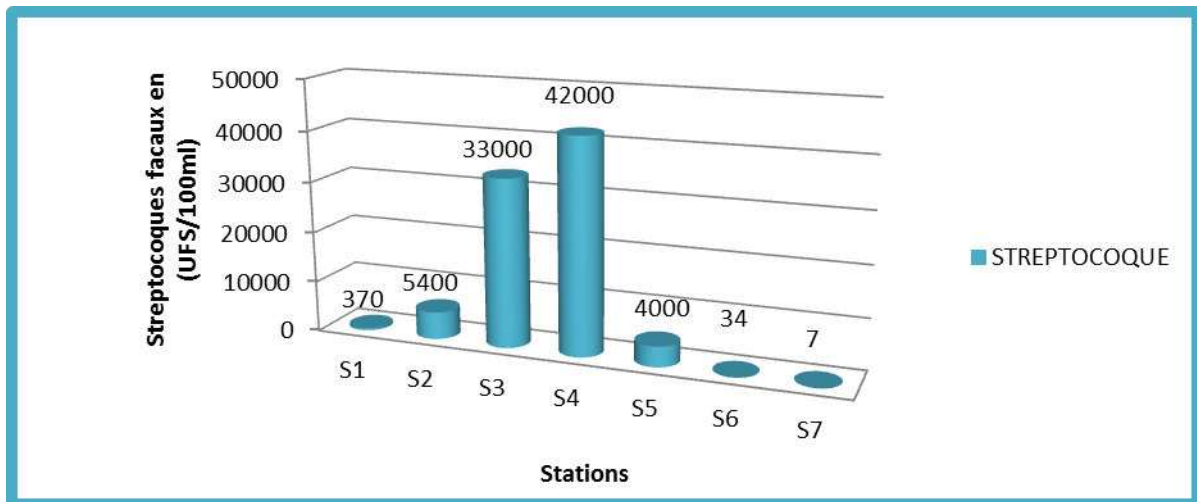


Figure 28: des concentrations moyennes en Streptocoques fécaux (UFC/100ml) en fonction des stations.

La présence de Streptocoques fécaux de façon continue à des taux très élevés peut s'expliquer par la résistance de ces indicateurs de pollution (**Gleeson et Gray, 1997**). Et témoignerait aussi de possibles contaminations anciennes (**Rodier, 1996**).

D'après la figure 28 on remarque que les teneurs très élevées en station (S3) (33.10^3 germes/100ml) et en station (S4) (42000 germes /100ml) élevés font suite au lessivage par les eaux de ruissellements des zones agricoles des rejets urbains et industriels et s'expliquerait aussi par la présence d'animaux domestiques aux abords dans ces stations.

Chapitre III : Résultats et discussion

Dans les (S2) (S5) ont des concentrations dépassant la norme impérative de salubrité (2000germes/100ml), pour les eaux de baignade (**adoptées par le conseil de l'Europe, 1976 in BRISOU et DENIS, 1980**) (voir annexe 12). Par contre, les Stations (S6) et (S7) sont à des niveaux acceptables (**selon les normes décrites dans BRISOU et DENIS, 1980**). Ces valeurs enregistrées en (S2) et (S5) sont expliquées par la contamination de ces eaux par les eaux usées des stations (S3) et (S4) qui sont chargées par les streptocoques.

III.2.3. Les bactéries sulfitoréductrices :

Le tableau suivant regroupe les concentrations en bactéries sulfitoréductrices enregistrées dans les stations en période des prélèvements.

Tableau 18: les concentrations en bactéries sulfitoréductrices enregistrées dans les stations en période des prélèvements.

Station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Germes /100ml							
Mai (UFC/100ml)	63	$2 \cdot 10^2$	$23 \cdot 10^2$	$17 \cdot 10^2$	$37 \cdot 10^1$	12	0
Juin (UFC/100ml)	78	$25 \cdot 10^1$	$41 \cdot 10^2$	$34 \cdot 10^2$	373	17	0
Juillet (UFC/100ml)	82	$28 \cdot 10^1$	$63 \cdot 10^2$	$72 \cdot 10^2$	$42 \cdot 10^1$	21	0
Moyenne (UFC/100ml)	$8 \cdot 10^1$	243	$42 \cdot 10^2$	$41 \cdot 10^2$	387	16	0

Les concentrations moyennes en bactéries sulfitoréductrices enregistrées dans les stations en période des prélèvements sont représentées dans La figure 29.

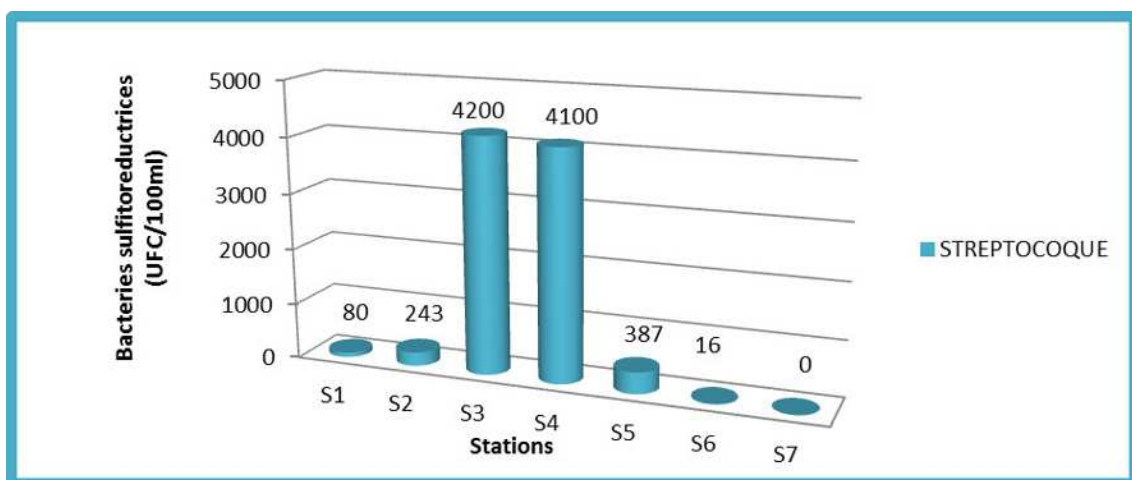


Figure 29 : Concentrations moyennes en bactéries sulfitoréductrices (UFC/ml) en fonction des Stations.

Chapitre III : Résultats et discussion

Le taux élevé des bactéries sulfitoréductrices enregistrés en (S3) (4200 germes /100ml) et (S4)(4200germes/ ml) car ces bactéries sont normalement présentes dans les matières fécales humaine et les eaux usées non traitées selon **(OMS, 1979)** et sont également présentes dans le sol .

III.2.4. Les staphylocoques :

Le tableau suivant regroupe les concentrations en staphylocoque enregistrées dans les stations en période des prélèvements.

Tableau 19 : les concentrations en staphylocoques enregistrées dans les stations en période des prélèvements.

Station \ Germes /100ml	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
Mai (UFC/100ml)	22.10 ²	11.10 ³	29.10 ⁵	7.10 ⁵	9.10 ³	12.10 ¹	9
Juin (UFC/100ml)	34.10 ²	23.10 ³	31.10 ⁵	27.10 ⁵	12.10 ³	17.10 ¹	11
Juillet (UFC/100ml)	52.10 ²	27.10 ³	87.10 ⁵	37.10 ⁵	1. 10 ⁴	18.10 ¹	15
Moyenne (UFC/100ml)	36.10 ²	61.10 ³	49.10 ⁵	23. 10 ⁵	103.10 ²	156	11

La figure suivante représente les concentrations moyennes en staphylocoques enregistrées dans la période des prélèvements.

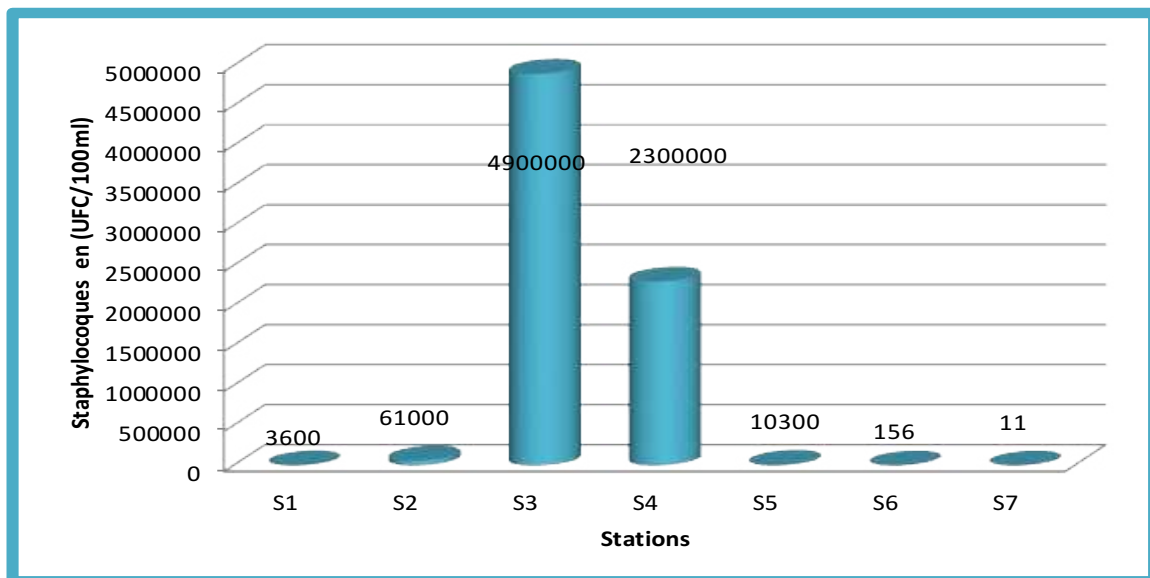


Figure 30 : Concentrations moyennes en Staphylocoques (UFC/ml) en fonction des Stations.

Ces bactéries proviennent des sols, de l'air, et de l'environnement domestique de l'homme. C'est pourquoi leur présence dans les eaux usées est inévitable où leur présence est vraisemblablement due à une contamination causée par des individus malades. Ces bactéries peuvent acquérir une

Chapitre III : Résultats et discussion

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**).

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

La pollution en provenance des eaux d'égouts et les déchets solides, est un problème important pour les pays en voie de développement, spécialement dans les zones urbaines et périphériques ce qui est le cas pour notre zone d'étude.

Ce présent travail a pour objectif de vérifier la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de l'oued Boudouaou El Bahri et les eaux littorales où ces eaux usées sont déversées directement dans des plages de baignade sans aucun traitement.

Nos résultats et les résultats des analyses « des métaux lourds, le carbone organique total (COT), la matière organique, les Salmonelles et les *Vibrions* » obtenus par l'office nationale de l'assainissement ont démontré que le littoral de Boudouaou El Bahri connaît une pollution importante ; la qualité de ces eaux sont détériorer jusqu'à atteindre des sommets de pollution microbiologique et physico-chimique.

Cela nous a permis de présenter un état des lieux de la zone d'étude en faisant ressortir certains résultats. La synthèse de ces derniers nous ramène à un zonage de notre site d'étude en fonction de la distance par rapport au point de rejet :

- Une aire très polluée ; qui correspond aux stations (S2) (S3) (S4) et (S5) où les eaux présentent de faibles salinités, des DBO5 supérieures aux limites de propreté et une population bactérienne très abondantes.
- Une aire moins polluée qui englobe la station (S1) ne présente pas une grande pollution physicochimique mais les concentrations bactériennes observées dépassent les normes.
- Une aire plus ou moins salubre correspondant aux stations (S6) et (S7) où la pollution microbiologique est en dessous des normes de salubrités.

Le déversement des eaux usées non traitées dans le littoral de Boudouaou El Bahri présente un grand danger sur les plages de baignade de cette zone et provoque des graves problèmes sanitaires pour les estivants qui fréquentent ces plages et les pêcheurs qui exercent leurs activités sur ce littoral.

Ceci montre l'importance de l'installation d'une station d'épuration ; Le système d'épuration mise en œuvre est le procédé biologique dit à boues activées à faible charge. Ce système assure l'élimination des matières carbonées par aération, des matières azotées par nitrification dénitrification, et traitement du phosphore par déphosphatation chimique.

Les ouvrages de la station permettent le traitement du débit maximal en temps pluie prévu pour la situation 2035 (soit 4 867 m³/h). Le traitement biologique des effluents, soit : 225 000 équivalents habitants.

Les bases de dimensionnement de cet ouvrage sont rappelées ci-dessous ;

Tableau 20: Base de dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration de Boudouaou El Bahri.

Conclusion

Paramètres	Unités	Horizon 2035
Charge hydraulique		
Equivalent habitant	E.H	225 000
Volume journalier	m ³ /j	36 000
Débit moyen de temps sec	m ³ /h	1 500
Débit de pointe temps sec	m ³ /h	2 434
Débit maximal admis en temps de pluie	m ³ /h	4 867
Charge polluante		
Charge journalière en DCO	Kg/j	18 000
Charge journalière en DBO5	Kg/j	13 500
Charge journalière en MES	Kg/j	15 750
Charge en azote (NTK)	Kg/j	2700
Charge en phosphore	Kg/j	565

Dans le cadre de la réutilisation des eaux usées épurées ; les eaux traitées dans cette station d'épuration vont être réutilisées à des fins agricoles. Pour cela une désinfection avec les rayons ultraviolets (UV) sera appliquée au lieu de la désinfection par l'ajout du chlore qui est nocif pour l'agriculture.

On attend l'installation de la station d'épuration on propose :

- ✓ Contrôler et réduire la quantité des rejets dans le littoral de Boudouaou El Bahri .
- ✓ Veiller à interdire ces plages à la baignade.
- ✓ l'orientation de ces eaux usées par des collecteurs vers une station d'épuration proche pour leurs épurations.

RÉFÉRENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

Bibliographie

- ABBAS, F. (2008).** *Etude et caractérisation des hydrocarbures polycycliques aromatique (HPA) dans l'eau par les méthodes chromatographiques.* Mémoire de magister. Chimie. Alger : USTHB , 93 p.
- ALLOUCHE, F., LAMRI, D., ZAHF, F. (1999).** *Surveillance de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbas .* Mémoire d'ingénieur .biologie. Sidi Bel Abbas : Université de sidi bel Abbas, 78 p.
- AMINOT, A., CHAUSSIED, M. (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* Paris : CNEXO ,395 p.
- AMINOT, A., KEROUEL, R. (2004).** *Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses.* France: Ifremer, 336 p.
- BECHAC, J-P., BOUTILL, P. (1987).** *Traitement des eaux usées.* 2^e éd. Paris : Eyrolles, 281 p.
- BEN ALLAOUA, S. (2013).** *Suivi de la qualité physico-chimique des effluents de la station d'épuration des eaux usées « domestiques » de Beni Messous. Traitement complémentaire par photo- catalyse.* Mémoire de magister. Océanographie-Climatologie. Alger : ENSSMAL, 97 p.
- BENSCHNEIDER, K., ROBINSON, J. (1952).** *A new spectrophotometric method* FAO Fishery Technical Rome: FAO, 137-238 p.
- BLIEFERT, L., PERRAUD, P. (2001).** *Chimie de l'environnement : Air, Eau, sol, Dechets.* Paris : de boeck ,447 p.
- BONTAUX, j. (1994).** *Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle.* 2^e éd. Paris : Lavoisier, 225 p.
- BRISOU, J- F., DENIS, F. (1978).** *Hygiène de l'environnement maritime.* Paris : Masson, 248 p.
- BRISOU, J- F., DENIS, F.(1980).** *Techniques de surveillance de l'environnement maritime.* Paris : Masson, 206 p.
- CELINE, P. (2003).** *Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (Quercus suber L.).* Thèse de doctorat. Sciences de l'environnement. Marseille : AIX-MARSEILLE III, 132 p.
- C.S.H.A.P.F. (1995).** *Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines.* Document non publié. France : C.S.H.A.P.F.
- DEGREMONT, M. (1972).** *Technique de l'eau.* Paris : Dégriment, 435 p.
- DEKHIL, W. (2012).** *Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj en Algérie effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA.* Mémoire de master .Chimie et microbiologie de l'eau. Constantine : Université Mohamed El Bachir El ibrahimi, 67 p.
- DES JARDINS, R. (1990).** *Le traitement des eaux .* 2^e éd. Monterial : l'école de polytechniques de Monterial, 304 p.

Bibliographie

- F.A.O. (2002).** *The use of treated waste water in forest plantations in the near east region.* Document non publié. Rome : F.A.O.
- F.A.O. (2003).** *L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation.* FAO Irrigation and Drainage. Document non publié. Rome : F.A.O.
- FIGARELLA, J., LEYRAL, G., TERRET, M. (2001).** *Microbiologie générale et appliquée.* France : Jacques Lanore, 285 p.
- GALAF, F., GHANNAMS, L. (2003).** *Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin.* Mémoire d'ingénieur. Halieutique. Maroc : IAVH II, 39 p.
- GAUGOUS, M. (1995).** *La pollution des milieux aquatiques.* Paris : Lavoisier, 98 p.
- GOMELLA, C., GUERREE, H. (1978).** *Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales : (2) le traitement.* Paris : Eyrolles, 217-277 p.
- GROSCLAUDE, N. (1999).** *L'eau : usage et polluants.* Paris : INRA, 210 p.
- GONDAR-BADIA. (2003).** *L'assainissement des eaux usées.* Paris : techni.cités, 231 p.
- HAMLIL, N. (2005).** *Traitement biologique des eaux contaminées par les hydrocarbures dans un bioréacteur à lit fluidisé tri-phasique.* Mémoire de magister. Génie des Procédés. Alger : USTHB, 145 p.
- Journal Officiel de la République Algérienne (JORA).** N°46, Juillet 1993. Journal Officiel de la République Algérienne (JORA). N°26, Avril 2006.
- JOY, B., REYNAUD, A. (2003).** *Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses.* Paris : Techniques et Documentation, 356 p.
- LE PIMPEC, P., LINENARD, A., BONNARD, R. et al. (2002).** *Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police des milieux aquatiques.* Paris : Maurice Merlin, 159 p.
- LECLAIRE, L. (1972).** *La sédimentation holocène sur le versant méridionale du bassin Algérolaéare.* Thèse d'ingénieur. Paris : faculté des sciences de Paris, 217 p.
- LEGUBE, B. (1996).** *Le traitement des eaux superficielles pour la production d'eau potable.* Bretagne : agence de l'eau loir – Bretagne, 122 p.
- MUPHY, J., RILEY, P. (1962).** *A modified single method for determination of phosphates in natural waters.* Anal. Chim. Acta. Vol .12, 162 – 170 p.
- O.N.M. (2005-2010).** *L'office national de la météo.* Document non publié. Alger : O.N.M.
- OTMANI, H. (2014).** *Impact des infrastructures maritimes sur le littoral : Cas du port de Cap Djinet.* Mémoire de magister. Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral. Alger : ENSSMAL, 10-26 p.

Bibliographie

OUSSEDIK, A. (2010). *Traitement physico-chimique et recyclage des eaux usées de l'industrie pharmaceutique.* Mémoire de magister. Génie mécanique et de génie des procédés. Alger : USTHB, 104 p.

PNUE / OMS. (1979). *Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles.* Bureau régional de l'OMS pour l'Europe. Document non publié. Copenhague : **PNUE / OMS.**

REJSEK, F. (2002). *Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique.* France : CRDP d'Aquitaine, 358 p.

RODIER, J. (2009). *L'analyse de l'eau.* 9^eéd. Paris : Dunond, 2987 P.

RODIER, J., BAZIN, C., CHANBON, P., BROUTIN, J. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer.* 8^e éd. Paris : Dunod ,1383 p.

SATIN, M., SELMI, B. (1999). *Guide technique de l'assainissement.* 2^e éd. Edition. Paris : Le Moniteur, 680 p.

SERVIN-REYSSAC, J., DE LA NOUE, J., PROULX. D.et al. (1995). *Le recyclage du lisier de porc par lagunage.* Paris : Lavoisier, 118 p.

SKALAR ANALYTICAL. (2000). *Manuel san plus analyser : SA 1050 (Random Access Auto sampler).* Netherlands : Breda, 23 p.

TARMOUL, F., SODI, M. (2007). *Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel.* Mémoire d'ingénieur. Environnement. Alger : ENSSMAL, 27-32 p.

ANNEXES

Annexes

Annexe 1 :

Tableau 21 : Types de bactéries présentes dans les eaux usées.

Agent pathogène	Symptômes, maladie	Nombre pour un litre d'eau usée	Voies de contamination Principales
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, Salmonellose.	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire.	10 à 10 000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite.		Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite.		Ingestion
Compylobacter	Gastro-entérite.	37 000	Ingestion
Vibrio	Choléra.	100 à 100 000	Ingestion
Leptospira	Leptospirose.		Cutanée/Inhalation/Ingestion
Legionella	Légionellose.		Ingestion
Mycobacterium	Tuberculose.		Ingestion

Source : thèse de magistère, université de mentouri Constantine, utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines, Djeddi Hamza, 2007.

Annexe 2 :

Recommandations relatives aux eaux de baignade (adoptées par le conseil de l'Europe 1976 in BRISOU et DENIS, 1980) :

Tableau 22 : Recommandations relatives aux eaux de baignade (adoptées par le conseil de l'Europe 1976 in Brisou et Denis, 1980) :

Annexes

Paramètre	Norme guide (G)	Norme impérative (I)	Méthode d'analyse
Coliformes totaux (NPP/100ml)	500	10000	En tubes multiples Nombre le plus probable ou filtration sur membranes
Coliformes fécaux (NPP/100ml)	100	2000	Milieu d'Endo bouillon teepol 0.4%
Streptocoques fécaux (NPP/100ml)	100	1000	Méthode de Litsky. Nombre de plus probable ou filtration sur membrane.
Salmonelles	0	-	Concentration par filtration sur membrane. Inoculation sur milieu enrichissant, repiquage sur gélose d'isolement.
Entérovirus PFU/10L	0	-	Concentration par filtration floculation ou centrifugation, confirmation.

< G= Bactériologiquement satisfaisant dans 80% des cas.

Entre G et I = situation encore acceptable dans 95% des cas.

>I= seuil de sécurité- Alerte

Annexe 3 :

Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, p.5

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre de l'éducation nationale,

Vu la Constitution, notamment ses articles 81 et 116;

Vu la loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement;

Vu la loi n°83-17 du 16 juillet 1983 relative au code des eaux;

Vu la loi n°85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé;

Vu la loi n°89-23 du 19 décembre 1989 relative à la normalisation;

Vu la loi n°90-08 du 7 avril 1990 relative à la commune;

Vu la loi n°90-09 du 7 avril 1990 relative à la wilaya;

Vu le décret présidentiel n°92-304 du 8 juillet 1992 portant nomination du Chef du Gouvernement;

Vu le décret présidentiel n°92-307 du 19 juillet 1992 portant nomination des membres du Gouvernement;

Vu le décret n°92-489 du 28 décembre 1992 fixant les attributions du ministre de l'éducation nationale;

Décète:

Article 1er. - Le présent décret a pour objet, en application des dispositions de la loi n°83-03 du 5 février 1983 et de la loi n°83-17 du 16 juillet 1983 susvisées, de réglementer les rejets d'effluents liquides industriels.

CHAPITRE I

DISPOSITIONS GENERALES

Art. 2. - Au sens du présent décret, il est entendu par rejet tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel.

Art. 3. - Les rejets, tels que définis à l'article 2 ci-dessus, sont soumis à autorisation conformément aux dispositions du présent décret.

L'autorisation détermine les conditions techniques auxquelles sont subordonnés les rejets.

CHAPITRE II

DES CONDITIONS D'OBTENTION, DE RETRAIT OU DE MODIFICATION DES AUTORISATIONS

Annexe 4 :

4	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26	24 Rabie El Aouel 1427 23 avril 2006
DECRETS		
<p>Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le Chef du Gouvernement, Sur le rapport du ministre de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ; Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ; Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ; Vu la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ; Vu la loi n° 04-04 du 5 Joumada El Oula 1425 correspondant au 23 juin 2004 relative à la normalisation ; Vu la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005 relative aux hydrocarbures ; Vu le décret présidentiel n° 04-136 du 29 Safar 1425 correspondant au 19 avril 2004 portant nomination du Chef du Gouvernement ; Vu le décret présidentiel n° 05-161 du 22 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 1er mai 2005 portant nomination des membres du Gouvernement ; Vu le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels ;</p> <p style="text-align: center;">Décrète :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 10 de la loi n° 03-10 du 19 juillet 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de définir les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.</p> <p style="text-align: center;">SECTION 1 DES DISPOSITIONS PRELIMINAIRES</p> <p>Art. 2. — Au sens du présent décret on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle.</p> <p>Art. 3. — Les valeurs limites de rejets d'effluents liquides industriels sont celles fixées en annexe du présent décret.</p> <p>Toutefois, en attendant la mise à niveau des installations industrielles anciennes dans un délai de cinq (5) ans, les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels prennent en charge l'ancienneté des installations industrielles en déterminant une tolérance pour les rejets d'effluents liquides industriels émanant de ces installations. Ces valeurs sont fixées et annexées au présent décret.</p> <p>Pour les installations pétrolières, le délai est de sept (7) ans conformément aux dispositions législatives en vigueur, et notamment celles de la loi n° 05-07 du 19 Rabie El Aouel 1426 correspondant au 28 avril 2005, susvisée,</p>		
<p>En outre et en raison des particularités propres aux technologies utilisées, des tolérances particulières aux valeurs limites sont également accordées selon les catégories industrielles concernées. Ces tolérances sont annexées au présent décret.</p> <p style="text-align: center;">SECTION 2 DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES RELATIVES AUX REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS</p> <p>Art. 4. — Toutes les installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent être conçues, construites et exploitées de manière à ce que leurs rejets d'effluents liquides industriels ne dépassent pas à la sortie de l'installation les valeurs limites des rejets définies en annexe du présent décret et doivent être dotées d'un dispositif de traitement approprié de manière à limiter la charge de pollution rejetée.</p> <p>Art. 5. — Les installations de traitement doivent être conçues, exploitées et entretenues de manière à réduire à leur minimum les durées d'indisponibilité pendant lesquelles elles ne peuvent assurer pleinement leur fonction.</p> <p>Si une indisponibilité est susceptible de conduire à un dépassement des valeurs limites imposées, l'exploitant doit prendre les dispositions nécessaires pour réduire la pollution émise en réduisant ou en arrêtant, si besoin, les activités concernées.</p> <p style="text-align: center;">SECTION 3 DU CONTROLE DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS</p> <p>Art. 6. — Au titre de l'autocontrôle et de l'autosurveillance les exploitants d'installations générant des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre où sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre chargé de l'environnement et, le cas échéant, du ministre chargé du secteur concerné.</p> <p>Les mesures sont effectuées sous la responsabilité de l'exploitant et à ses frais dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.</p> <p>Art. 7. — Les résultats des analyses doivent être mises à la disposition des services de contrôle habilités.</p> <p>Art. 8. — Les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixés en annexe du présent décret.</p> <p>Art. 9. — Le contrôle des rejets comporte un examen des lieux, des mesures et analyses opérées sur place et des prélèvements d'échantillons aux fins d'analyses.</p> <p>Art. 10. — L'exploitant de l'installation concernée est tenu d'expliquer, commenter ou fonder tout dépassement éventuellement constaté et fournir les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.</p>		

Annexes

Annexe 5:

Tableau 23 : Conservation des prélèvements :

Caractéristique ou élément analysé	Réceptif	Conservateur à utiliser	Volume minimum du prélèvement (en mL)	Température de conservation (en °C)	Effectuer la mesure avant ...
Azote kjeldahl	P ou V	0	1000	4	48h (obsc)
		Acide sulfurique q.s.p. pH < 2		4	plusieurs semaines (obsc)
Conductivité	P ou V	Mesure in situ de préférence	100	4	48h (obsc)
DBO	P ou V	0	1000	4	24h
DCO	P ou V	Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	24h (obsc)
Nitrates	P ou V	0		4	48h (obsc)
		Acide sulfurique		4	plusieurs semaines
		q.s.p. pH < 2		4	(obsc)
Nitrites	P ou V	0		4	48h (obsc)
Matières en suspension	P ou V	0	1000	4	6h (obsc)
Oxygène Dissous	Vb	Mesure in situ de préférence	300	4	24h (obsc)
Ph	P ou V	Mesure in situ de préférence	-	4	24h (obsc)
Phosphates (Ortho, Poly et P total)	P ou V	0	100	4	48h (obsc)
		Acide sulfurique q.s.p. pH < 2	100	4	1 semaine
Silice	P	-	50	4	7 jours (obsc)
Coliformes totaux	P ou V	Flacons stériles (***) (en présence d'une eau traitée par un oxydant, ajouter	250	4	24h (obsc)
Coliformes fécaux	P ou V	avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de tiosulfate de sodium à 10%)	250	4	24h (obsc)
Streptocoques fécaux	P ou V		250	4	24h (obsc)

Annexes

P : Polyéthylène V : Verre Vb : Verre borosilicaté généralement bouché émeri obsc : obscurité

(*) Voir norme AFNOR T 90-116 et T 90-117. (**) Voir norme AFNOR T 90-120 et T 90-125.

(***) Les flacons en verre peuvent être stérilisés au Four Pasteur à 180°C pendant 1 h 30 ou à l'autoclave à 120°C pendant 1 h. les flacons en polyéthylène peuvent être stérilisés par irradiation (25 kGy soit 2,5 Mrad).

SOURCE : RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996.
Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition. Edition DUNOD, Paris, 1983p.

Annexe 6 :

Multi paramètres de type HI 9828 de la gamme HANNA instruments France certifié ISO 9001, Edition 4 du 29/10/2008.



Figure 31: Multi paramètres de type HI 9828 de la gamme HANNA instruments France certifié ISO 9001, Edition 4 du 29/10/2008.

Annexes

Annexe 7:

Tableau 24 : Gamme d'estimation de la DBO5

DBO (mg/l)	Prise d'essai (ml)	Facteur
0 ... 40	432	1
0 ... 80	365	2
0 ... 200	250	5
0 ... 400	164	10
0 ... 800	97	20
0 ... 2000	43,5	50
0 ... 4000	22,7	100

Annexe 8:

Préparation des réactifs nécessaires pour la détermination de la DCO

1- Solution de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,040 mol/l contenant du sulfate de mercure (II) :

- Dissoudre 80 g de sulfate de mercure dans 800 ml d'eau déminéralisée ;
- Ajouter avec précaution 100 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ($n = 1,84$) ;
- Laisser refroidir et ajouter 11,767 g de dichromate de potassium préalablement séché à 105 °C pendant 2 h ;
- Transvaser dans une fiole jaugée d'un litre et compléter au volume avec de l'eau distillée.

* Cette solution reste stable pendant 1 mois.

2- Solution d'acide sulfurique et sulfate d'argent :

- Ajouter 10 g de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) à 40 ml d'eau distillée ;
- Mélanger avec 960 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ($n = 1,84$) ;
- Agiter et laisser refroidir.

* Laisser reposer 1 à 2 jours.

3- Solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (sel de Mohr) $[(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ 0,12 mol/l :

- Dissoudre 47 g de sulfate de fer (II) et d'ammonium dans de l'eau déminéralisée ;
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré ($n = 1,84$) ;

Annexes

- Laisser refroidir et diluer à 1000 ml.

* Cette solution doit être étalonnée journallement.

4- Solution d'indicateur coloré (Ferroïne) :

- Dissoudre 0,7 g de sulfate de fer (II) dans de l'eau distillée ;
- Ajouter 1,50 g de phénanthroline-1,10 monohydraté ;
- Diluer à 100 ml.

5- Solution d'hydrogénophthalate de potassium ($KC_8H_5O_4$) à 2,0824 mmol/l :

- Dissoudre 0,4253 g d'hydrogénophthalate de potassium, préalablement séché à 105°C dans de l'eau distillée et diluer jusqu'à 1000 ml dans une fiole jaugée.

* Cette solution a une DCO théorique de 500 mg/l et est stable au moins une semaine à 4°C.

6- Granules :

- Ce sont des régulateurs d'ébullition : pierres ponce ou billes de verre.

SOURCE : REJSEK F., 2002. Analyse des eaux : Aspects Réglementaires et Techniques. Edition SCEREM, 360p.

Annexe 9 :

Préparation des réactifs nécessaires pour le dosage des sels nutritifs :

1-Réactifs pour le dosage des nitrites et nitrates :

A-Solution A .Buffer

- Chlorure d'ammonium NH_4 50g dans 800ml d'eau distillée.
- Ajouter 5g d'Hydroxide de Sodium NaOH.
- Ajouter l'eau distillée pour atteindre 1L.
- Agiter bien.

*Solution stable pour une semaine ; conserver à 4°C avant l'utilisation.

B-B-couleur

- Diluer 150ml d'acide O. phosphorique en 700ml d'eau distillée.
- Ajouter 10g de Sulfanilamide.
- Ajouter le dihydrochloride α -naphthylethylene diamine 0.5.
- Ajouter jusqu'à 1L d'eau distillée.

*Solution stable pour deux semaines.

2-Réactifs pour les Orthophosphates :

Annexes

A-Molybdate d'ammonium

- 230mg antimonium potassium 3 dans 800ml d'eau distillée.
- Ajouter 69.4ml (97%) d'acide sulfurique.
- Ajouter 6g de molybdate d'ammonium.
- Ajouter jusqu'à 1L avec d'eau distillée.

*Solution stable pour 5jours ; conserver à 4°C.

Note : Ne pas utiliser une spatule métallique.

C- Acide ascorbique

- 11g d'acide ascorbique dans 800ml d'eau distillée.
- Ajouter 60 ml d'acétone.
- Ajouter à 1L avec l'eau distillée.

*Solution stable pour 5 jours ; conserver à 4°C.

3-Réactif pour le dosage des Silicates :

- 20g de Molybdate d'ammonium dans 800 d'eau distillée.
- Ajouter à 1L avec l'eau distillée.

*Solution stable pour un jour.

Annexes

Annexe 10 :

Tableau : normes de rejet des paramètres de la pollution physique et chimique (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) et normes OMS.

Tableau 25 : normes de rejet des paramètres de la pollution physique et chimique (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) et normes OMS.

Paramètre	Unités	Valeurs limites (JO)	Normes OMS
Température	°C	30	30
pH	-	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5
Conductivité	µS/cm	/	1250
MES	mg/l	35	30
DBO5	mgO ₂ /l	35	30
DCO	mgO ₂ /l	120	90
Phosphates	mgO ₂ /l	02	2
Nitrates	mg/l	/	/
Fer	mg/l	03	/
Manganèse	mg/l	01	/
Nickel total	mg/l	0.5	/
Cuivre total	mg/l	0.5	/
Zinc total	mg/l	03	/
Chrome total	mg/l	0.5	/
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	/

Annexes

Annexe 11 :

Tableau 26 : Classification de la qualité de l'eau de mer (Rodier, 2009).

Paramètre	A	B	C	D	E
DCO (mg/l)	≤ 20	20-25	25-40	40-80	➤ 80
DBO ₅ (mg/l)	≤ 3	3-5	5-10	10-25	➤ 25
O ₂ (mg/l)	≥ 7	5-7	3-5	< 3	
Taux de saturation OD (%)	≥ 90	70-90	50-70	< 50	

A : Qualité excellente.

B : Qualité bonne (pollution modérée)

C : Qualité moyenne (pollution nette)

D : Qualité médiocre (pollution importante)

E : Qualité hors classe (pollution excessive)

Annexe 12 :

Normes de salubrité pour les eaux de baignade, concernant Escherichia coli et les Streptocoques fécaux (BRISOU et DENIS, 1980).

Tableau 27 : Normes de salubrité pour les eaux de baignade, concernant Escherichia coli et les Streptocoques fécaux (BRISOU et DENIS, 1980).

Qualité	E.coli/100ml	Streptocoques fécaux/100ml
Très bonne	<50	<5
Bonne	50-200	5-20
Moyenne	200-1000	20-100
Suspecte	1000-2000	100-200
Dangereuse	>2000	>200

Contribution à l'étude des paramètres physico-chimique et bactériologiques du littoral de « Boudouaou El Bahri » pour la création d'une station d'épuration.

Résumé

Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux et du littoral de Boudouaou El-Bahri et des eaux des rejets d'eaux usées qui sont déversés directement dans le milieu marin. Pour définir le type et la quantité de la pollution existante dans notre zone d'étude dans le but de la création d'une station d'épuration. Pour cela nous avons procédé à des prélèvements d'eau à partir de 7 sites, choisis en fonction de leur localisation, par rapport à différentes sources de pollution et à l'hydrodynamisme.

Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer et des eaux usées confirment la présence d'une pollution d'origine industrielle et agricole.

Les résultats des analyses bactériologiques dépassent largement les normes et montrent une contamination microbiologique des eaux littorales par les rejets d'eaux usées domestiques qui sont chargés par une pollution bactériologiques.

Mots clés : Contamination fécale, Eaux usées, pollution, station d'épuration.

Abstract

This study concerns the evaluation of the bacteriological and physico-chemical quality of the waters and the coast of Boudouaou El-Bahri and water from wastewater discharges that are discharged directly into the marine environment. To define the type and the quantity of pollution in our study area with the aim of creating a wastewater treatment plant. For this purpose we have taken water samples from 7 sites, chosen according to their location, in relation to different sources of pollution and hydrodynamics.

The results of the physico-chemical parameters of seawater and wastewater confirm the presence of industrial and agricultural pollution.

The results of the bacteriological analyzes far exceed the standards and show microbiological contamination of the littoral waters by the discharges of domestic wastewater which are charged with bacteriological pollution.

Key words: Fecal contamination, Sewage, pollution, sewage treatment plant.

ملخص

تركز هذه الدراسة على تقييم نوعية المياه الجرثومية الفيزيائية والكيميائية لساحل بودواو البحري و مياه الصرف الصحي التي يتم تصريفها مباشرة في البيئة البحرية. لتحديد نوع وكمية التلوث الموجودة في المنطقة من أجل إنشاء محطة معالجة مياه الصرف الصحي. لهذا أخذنا عينات مياه من سبعة مواقع مختارة على أساس موقعها بالنسبة لمصادر التلوث.

نتائج التحاليل الفيزيائية و الكيميائية لمياه البحر ومياه الصرف الصحي تؤكد وجود التلوث الصناعي والزراعي.

نتائج التحاليل البكتيرية تتجاوز بكثير المعايير وتظهر وجود تلوث بكتيري للمياه الساحلية .

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، التلوث، الصرف الصحي، محطة المعالجة.