

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل


Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du  
Littoral



Mémoire:

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Science de la Mer et de  
l'Aménagement du Littoral

Option: ENVIRONNEMENT



**Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique  
des eaux usées traitées par lagunage naturel :  
cas de la lagune de Beni Messous**

Présenté par :

**OURAHMOUNE Abdel halim, FERHAT Salim et CHAMI Reda**

Membres du jury:

- Mr BOULAHIDID M.	(Professeur ISMAL)	Président
- Mr DRICHE M.	(Maître assistant ISMAL)	Promoteur
- Melle AMROUCHE L.	(Maître assistante ISMAL)	Co-promotrice
- Mme BACHARI	(Chargée de cours ISMAL)	Examinatrice
- Mme BOUBCHICHE Z.	(Chargée de cours ISMAL)	Examinatrice
- Mme BENTCHIKOU L.	(Maître assistante ISMAL)	Examinatrice

- Session 2006 -

# Sommaire

# Sommaire

Introduction générale.....	01
<b>Première partie : Etude bibliographique</b>	
<b>Chapitre 1 : Généralité sur les eaux usées</b>	
1- Origine des eaux Usées.....	02
1-1 Les eaux usées d'origine domestique.....	02
1-2 Les eaux usées d'origine industrielle.....	02
1-3 Les eaux usées d'origine agricole.....	02
1-4 Les eaux de pluie.....	02
1-5 Les Phénomène naturels.....	03
1-6 Les substances d'origine atmosphérique.....	03
2- Caractéristiques des eaux usées.....	03
2-1 Paramètres physico-chimiques.....	03
2-1-1 Température.....	03
2-1-2 Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ).....	03
2-1-3 Demande chimique en oxygène (DCO).....	03
2.1.4 Evaluation du coefficient de la biodégradabilité (Ke).....	04
2-1-5 Oxygène dissous.....	04
2-1-6 Potentiel d'hydrogène (pH).....	04
2-1-7 Conductivité électrique (CE).....	04
2-1-8 Matières en suspension (MES).....	04
2-1-9 Composés azoté.....	04
2-1-10 Composés phosphorés.....	05
2-2 Paramètres bactériologiques.....	05
2-2-1 Coliformes totaux.....	06
2-2-2 Coliformes fécaux.....	06
2-2-3 Streptocoque fécaux.....	06
2-2-5 Salmonelles.....	06
2-2-6 Clostridium sulfito-réducteurs.....	06
2-2-7 Vibrions.....	06
Normes de rejets.....	07
<b>Chapitre II : Traitement des eaux usées</b>	
1- Historique du traitement des eaux.....	08
2- Importance du traitement des eaux.....	08
3- Les phases d'épuration.....	08
3-1- Prétraitement des eaux.....	09
3-2- Traitement primaire.....	09
3-2-1 Décantation.....	09
3-2-2 Coagulation-floculation.....	09
3-2-3 Filtration.....	10
3-3- Traitement secondaire ou biologique.....	10
3-3-1 Procédé biologique intensif.....	10
3-3-2 Procédé biologique extensif.....	10
3-3-2-1 Lagunage.....	10
3-4- Traitement tertiaire.....	10
3-4-1 Désinfection.....	11
4- La réutilisation des eaux usées.....	11

4-1 En irrigation .....	11
4-2 En industriel .....	11
4-2-1 Refroidissement industriel.....	11
4-2-2 Lavage et transport industriel des matériaux.....	11
4-2-3 Chauffage des bâtiments avec pompe à chaleur.....	12

### Chapitre III : Lagunage naturel

1. Définition.....	14
2- Différents types de lagunes .....	15
2.1. Lagune de décantation .....	15
2.2. Lagunes à écoulement .....	15
2-2-1 Etang aérobic à algue.....	15
2-2-2 Etang facultatif.....	16
2-2-3 Etang anaérobic.....	16
2.3- Lagunes aérées .....	16
2.4- Lagunes d'affinage ou de polissage .....	16
3- Mécanismes et principes de fonctionnement .....	17
4- Avantages et inconvénients du lagunage naturel .....	19
4-1- Avantages.....	19
4-2- Inconvénients .....	19

## Deuxième partie : Matériels et méthodes

### Chapitre I: Description de la zone d'étude

1. Etude de site .....	20
I-1 Localisation géographique .....	20
I-2 Etude hydrologique .....	20
I-3 Dimensionnements et caractéristiques des lagunes .....	22
I-4 Etude démographique de la zone d'étude .....	24
I-5 les caractéristiques des eaux usées de l'oued de Beni Messous .....	24
I-6 Le temps de séjour .....	24
2- Conditions climatiques .....	25
2.1 La température .....	25
2.2 La pluviométrie .....	26
2.3 L'ensoleillement.....	26
2.4. Les vents .....	27
2.5. L'évaporation .....	28

### Chapitre II : Méthodes d'analyses

1- Echantillonnage.....	30
2- Méthodes d'analyses .....	30
2-1 Paramètres physico-chimiques.....	30
2-1-1 Température.....	30
2-1-2 Potentiel d'hydrogène.....	30
2-1-3 Matière en suspension MES.....	30

2-1-4 Demande biologique en oxygène BDO <sub>5</sub> .....	31
2-1-5 Demande chimique en oxygène DCO.....	31
2-1-6 Nitrites.....	32
2-1-7 Azote ammoniacal.....	32
2-1-8 Orthophosphates.....	32
2-1-9 Dosage de la Chlorophylle et des phéopigments.....	33
2-2- Analyses bactériologiques.....	33
2-2-1- Dénombrement des coliformes Totaux et Fécaux.....	33
2-2-2- Dénombrement des Streptocoque fécaux .....	36
2-2-3- Techniques des recherches des germes pathogènes .....	38
2-2-3-1 Dénombrement des salmonelles.....	38
2-2-3-2 Recherche des vibrions. ....	40
2-2-3-3 Dénombrement Sulfito-réducteurs .....	41
2-2-4-Techniques d'isolement et d'identification des quelques bactéries recherchées	41
2-2-4-1 Coloration de Gram.....	41
2-2-4-2 Test de catalase.....	42
2-2-4-3 Test de l'ésculinase sur milieu Bile Esculine Agar (BEA).....	42
2-2-4-4 Galeries d'identifications.....	43

### Chapitre III : Résultats et interprétations

1- Paramètres physico-chimiques.....	45
1-1 Température.....	45
1-2 Potentiel d'hydrogène pH.....	46
1-3 Matière en suspension MES.....	47
1-4 Demande biologique en oxygène BDO <sub>5</sub> .....	48
1-5 Demande chimique en oxygène DCO.....	50
1-6 Rapport DCO/ BDO <sub>5</sub> .....	50
1-7 Chlorophylle et phéopigments.....	52
1-8 Sels nutritifs.....	54
2- Paramètres bactériologiques.....	56
2-1 Indicateurs de contamination fécale.....	56
2-2- Salmonelles.....	57
2-3- Vibrions.....	58
2-4- Sulfito-réducteurs.....	58
2.5. Identification bactérienne.....	58

### Chapitre IV : Discussion générale

Discussion générale.....	61
Conclusion générale.....	65

Références bibliographiques

Annexes

## Liste des acronymes

- BEA** : Bille Esculine Agar.  
**BL**: Bouillon lactosé  
**CE** : Conductivité électrique.  
**CF** : Coliformes fécaux.  
**CT** : Coliformes totaux.  
**DBO<sub>5</sub>** : Demande biologique en oxygène.  
**DCO** : Demande chimique en oxygène.  
**DHEEWA** : Direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger.  
**E coli** : *Escherichia coli*.  
**E1** : Entrée du premier bassin.  
**E2** : Entrée du deuxième bassin.  
**E3** : Entrée du troisième bassin.  
**E4** : Entrée du quatrième bassin.  
**EPA** : Eau Peptonée Alcaline.  
**EPI** : Eau peptone exempte d'indole.  
**GNAB** : Gélose nutritive alcaline biliée.  
**K<sub>c</sub>**: Coefficient de la biodégradabilité.  
**MES** : Matière en suspension.  
**NH<sub>3</sub>** : l'ammoniac.  
**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : l'ammonium.  
**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : les nitrites.  
**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : les nitrates.  
**OMS** : Organisation Mondial de la Santé.  
**ONA** : Office National d'Assainissement.  
**ONED**: Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable.  
**ONM** : Office national de la météorologie  
**pH** : Potentiel d'hydrogène  
**PT** : Phosphore total  
**R** : Rendement d'élimination  
**RGPH** : Recensement général de la population et de l'habitat  
**S** : Sortie de quatrième bassin  
**SF** : Streptocoques fécaux  
**SFB** : Bouillon au sélénite de sodium et cysteine  
**TCBS** : Thiosulfate-citrate-bile-saccharose.  
**VLB**:Bouillon lactosé au vert brillant  
**VF** : Viande foie  
**WTW** :Wissenschaftlich Technische Werkstätten  
**EH** : Equivalent habitat

## Liste des figures :

<b>Figure 01:</b> Les différentes phases d'épuration des eaux usées.....	13
<b>Figure 02 :</b> Les différents types de lagunage. ....	15
<b>Figure 03 :</b> Mécanisme de fonctionnement d'une lagune. ....	18
<b>Figure 04:</b> Réseau hydrographique de l'oued de Beni Messous. ....	22
<b>Figure 05 :</b> Schéma de la lagune de Beni Messous.....	23
<b>Figure 06 :</b> Vue générale de l'oued de Beni Messous. ....	24
<b>Figure 07 :</b> Premier bassin. ....	24
<b>Figure 08 :</b> Deuxième bassin. ....	24
<b>Figure 09 :</b> Troisième bassin. ....	24
<b>Figure10 :</b> La sortie du quatrième bassin.....	24
<b>Figure11 :</b> Sortie de l'eau après traitement.....	24
<b>Figure 12 :</b> Profil de variation des températures moyennes de l'air.....	26
<b>Figure 13 :</b> Profil de variation de la température de l'air durant notre étude.....	26
<b>Figure 14 :</b> Profil de variation de la pluviométrie.....	27
<b>Figure 15 :</b> Profil de variation de l'ensoleillement.....	28
<b>Figure 16 :</b> Profil de l'ensoleillement mensuel moyen de la région de Beni Messous.....	28
<b>Figure17 :</b> Répartitions annuelles des vents sur huit directions de la région de Beni Messous..	29
<b>Figure 18 :</b> Profil évaporation- précipitation de la région de Beni Messous.....	29
<b>Figure 19 :</b> Technique de dénombrement des Coliformes totaux dans l'eau « test présomptif..	35
<b>Figure 20 :</b> Technique de dénombrement des Coliformes Fécaux et <i>Escherichia coli</i> dans l'eau « test confirmatif ».....	36
<b>Figure 21 :</b> Technique de dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau «Test présomptif ».....	37
<b>Figure 22 :</b> Technique de dénombrement des Streptocoques fécaux dans l'eau «Test confirmatif».....	38
<b>Figure 23:</b> Technique de recherche des Salmonelles. ....	40
<b>Figure 24 :</b> Technique de recherche des vibrions.....	41
<b>Figure 25 :</b> Technique d'identification biochimique à partir d'une galerie API 20.....	44
<b>Figure 26 :</b> Variation de température de l'eau et de l'air en fonction du temps.....	45
<b>Figure 27 :</b> Variation du pH moyen en fonction des bassins.....	46
<b>Figure 28 :</b> Variation du pH au niveau de l'entrée et la sortie de lagune en fonction du temps..	46
<b>Figure 29 :</b> Concentrations des MES à l'entrée et à la sortie de la lagune en fonction du temps.....	47

<b>Figure 30</b> : Histogramme des rendements d'élimination des MES dans les différents bassins..	48
<b>Figure 31</b> : Variation des concentrations moyennes selon les bassins.....	49
<b>Figure 32</b> : Variation des rendements dans les différents bassins.....	49
<b>Figure 33</b> : Variation de la DBO <sub>5</sub> dans les différent bassins en fonction du temps.....	50
<b>Figure 34</b> : Variation de la DCO dans les différents bassins.....	51
<b>Figure 35</b> : Variation des rendements dans les différents bassins.....	51
<b>Figure 36</b> : Variation du rapport DCO/DBO en fonction des bassins.....	52
<b>Figure 37</b> : Variation de Chlorophylle et des Phéopigments dans les différents bassins.....	52
<b>Figure38</b> : Variation de chlorophylle et des phéopigments en fonction du temps.....	53
<b>Figure 39</b> : Variation des concentrations moyennes des sels nutritifs en fonction des bassins...	53
<b>Figure 40</b> : Variations des concentrations des sels nutritifs en fonction du temps.....	54
<b>Figure 41</b> : Variation des rendements des sels nutritifs en fonction du temps.....	55
<b>Figure 42</b> : Evolution de la moyenne des germes au niveau des différents bassins.....	56
<b>Figure 43</b> : Evolution de la moyenne des germes entre l'entrée et la sortie de la lagune.....	57
<b>Figure 44</b> : Nombre de Clostridium sulfito-réducteurs dans les différents bassins.....	57
<b>Figure 45</b> : Absence de l'écoulement.....	60
<b>Figure 46</b> : Mousse abondante au niveau des bassins.....	60
<b>Figure 47</b> : Vue générale de l'écoulement entre les bassins (état normal).....	60
<b>Figure 48</b> : Point de rencontre de l'eau épurée avec l'Oued Beni Messous.....	61
<b>Figure 50</b> : Courbe d'étalonnage des Orthophosphates. (Annexe 4)	
<b>Figure 51</b> : Courbe d'étalonnage de l'Ammonium. (Annexe 4)	
<b>Figure 52</b> : Courbe d'étalonnage des Nitrites. (Annexe 4)	

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Normes d'un rejet dans un milieu récepteur.....	07
<b>Tableau 02:</b> Caractéristiques des différentes qualités d'eau.....	12
<b>Tableau 03 :</b> Dimensions et caractéristiques de la lagune de Beni Messous.....	23
<b>Tableau 04 :</b> Répartitions annuelle des vents sur huit directions de la région de Beni Messous	28
<b>Tableau 05 :</b> Méthode de recherche des Sulfito-réducteurs.....	42
<b>Tableau 06 :</b> Test de la catalase .....	43
<b>Tableau 07 :</b> Test de la bile esculine .....	43
<b>Tableau 08 :</b> Concentration et rendements des germes.....	55
<b>Tableau 09:</b> Profil biochimique de quelques bactéries identifiées( <i>Enterobacteriaceae</i> )....	59
<b>Tableau 10:</b> Profil biochimique de quelques bactéries identifiées( <i>Vibrionaceae</i> et <i>Micrococcaceae</i> ).....	60
<b>Tableau 11 :</b> Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques .....	61
<b>Tableau 12 :</b> Températures maximales moyennes. (Annexe 3)	
<b>Tableau 13 :</b> Variation de la température de l'air et de l'eau en fonction du temps. (Annexe 3)	
<b>Tableau 14 :</b> Précipitation, cumules mensuels et annuels exprimés en (mm). (Annexe 3)	
<b>Tableau 15 :</b> Ensoleillement, totaux mensuels et annuels exprimés en (heures). (Annexe 3)	
<b>Tableau 16 :</b> Ensoleillement moyennes mensuelles de la région de Beni Messous (ONM – 1995-2004). (Annexe 3)	
<b>Tableau 17 :</b> Vitesse des vents, moyennes mensuelles et annuelles du vent en un dixième de (m/s). (Annexe 3)	
<b>Tableau 18 :</b> Evaporation, totaux mensuels et annuels exprimés en (mm) mesurés sous l'abri avec l'Evaporomètre Piche. (Annexe 3)	
<b>Tableau 19 :</b> Nombre le plus probable (NPP) dans les cas du système trois tubes (dilution) (BRISOU et DENIS, 1980). (Annexe 4)	
<b>Tableau 20:</b> Indice NPP/ml d'échantillon pour Salmonelles (3 séries de 5 tubes). (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec). 2003 (Annexe 4)	
<b>Tableau 21:</b> Paramètres micro biologiques de la qualité de l'effluent en fonction de son milieu récepteur. (Annexe 4)	
<b>Tableau 22 :</b> Résultats des analyses physicochimiques. (Annexe 5)	

# **Introduction générale**

## Introduction générale

L'eau, indispensable à la vie et à toute activité économique, est utilisée à des fins domestiques, industrielles et agricoles. Mais, à l'occasion de ces différentes utilisations, l'eau est souvent polluée. Son rejet au milieu naturel sous forme d'effluents plus ou moins pollués a engendré des conséquences graves, tant pour la santé et l'hygiène publiques que pour l'environnement et a eu des répercussions économiques non négligeables.

A cela, s'ajoute la pénurie en eau qui est un fait indéniable et largement reconnu dans le monde. En effet, presque toutes les ressources accessibles d'eau douce sont déjà mobilisées; il était donc impératif de se tourner vers des ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande et préserver l'environnement. Plusieurs pays ont fait de grands efforts en matière de traitement des eaux usées et de dessalement de l'eau de mer pour satisfaire les demandes urbaines de leurs populations.

L'Algérie est toute aussi concernée par ce problème, elle a subi durant les deux dernières décennies les effets néfastes de la sécheresse, de la pollution et de la mauvaise gestion. Ses potentialités en eau sont globalement estimées à 19 milliards de m<sup>3</sup>/an. [42]

Ainsi, l'Algérie se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques au regard du seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup>/habitant/an. En outre, les eaux usées rejetées, sans aucun traitement préalable, sont des égouts à ciel ouvert et constituent une menace permanente pour la santé publique. A titre d'exemple l'oued de Beni Messous qui véhiculait les eaux usées de plusieurs communes et les déversaient dans l'eau de mer par l'intermédiaire de son embouchure au niveau de la plage « les Dunes », ce qui a d'ailleurs conduit à sa fermeture.

Dés lors, il était impératif de réagir à cette situation et l'office National d'Assainissement (ONA) a lancé plusieurs projets de lagunage dont la station d'épuration de Beni Messous. Le traitement des eaux résiduaires par lagunage naturel semble être le procédé le mieux adapté au contexte socio-économique algérien car il offre les avantages d'une exploitation simple et relativement peu onéreuse tout en ayant des performances de traitement intéressantes. Bien contrôlé, il est particulièrement adapté pour la réutilisation des eaux épurées en agriculture.

C'est dans ce contexte qu'on se propose d'évaluer la qualité bactériologique et physicochimique des eaux traitées au niveau de cette lagune et d'étudier la possibilité de la réutilisation de ces eaux épurées en agriculture.

Pour se faire, nous avons également entrepris une étude démographique et hydrologique de la zone comme nous avons déterminé la nature des eaux usées affluent sur cette lagune ainsi que les facteurs qui pourraient influencer le traitement, en suite nous avons étudié les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux au niveau de chaque point de la station pour enfin apprécier la qualité des eaux à la sortie.

**première partie :**  
**Etude bibliographique**

# Chapitre I :

## Généralités sur les eaux usées

Les eaux usées qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, sont collectées par un réseau d'assainissement complexe pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetée dans le milieu naturel. Les traitements appliqués sont en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution du milieu récepteur. [1]

### **1. Les origines des eaux usées :**

C'est souvent lors des catastrophes écologiques que l'on prend conscience des dégâts engendrés par l'homme à l'eau. Cependant, la plus grande partie de la pollution passe souvent inaperçue. Les industries, malgré leurs efforts, rejettent encore dans les rivières des métaux toxiques (mercure, plomb...etc.) et des produits chimiques. Les agriculteurs ont également leur part de responsabilité en répandant sur leurs champs des engrais, des pesticides. De ce fait, chacun de nous est concerné. [2]

La pollution des eaux donc a des origines multiples :

#### **1.1 Les eaux usées d'origine domestique :**

Les eaux usées domestiques regroupent les eaux ménagères (cuisines et sanitaires), les eaux usées rejetées par les hôpitaux, les écoles, etc. Les eaux ménagères représentent les deux tiers des eaux usées domestiques. Elles contiennent des graisses, des savons et des traces de lessives, des matières organiques ou minérales. [3]

#### **1.2 Les eaux usées d'origine industrielle :**

Les eaux usées industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques et leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures. [4]

#### **1.3 Les eaux usées d'origine agricole :**

L'agriculture est une source de pollution non négligeable. Ce sont les rejets provenant des fermes (déjections animales) et des cultures qui se caractérisent par de fortes teneurs en sels minéraux tel que l'azote, phosphore, potassium...etc., et les produits chimiques tels que pesticides, herbicides, ...etc. Ils constituent également une menace pour les nappes phréatiques souterraines. [4]

#### **1.4 Les eaux de pluie :**

Dans la ville les collecteurs des eaux usées peuvent déborder et entraîner une pollution. De plus, le ruissellement des eaux de pluie sur les toits et les rues peut entraîner dans les égouts une forte pollution. En effet, la pluie entraîne avec elle les poussières et les gaz présents dans l'air.

#### **1.5 Les Phénomène naturels :**

Certains phénomènes naturels peuvent engendrer occasionnellement la pollution de l'eau. Ainsi, lorsque l'eau passe à travers des terrains riches en minéraux, elle peut se charger, par exemple, de métaux lourds ou d'arsenic. Les éruptions volcaniques peuvent être une source de pollution [5]

## 1.6 Les substances d'origine atmosphérique :

L'atmosphère terrestre contient en effet des polluants qui rejoignent le sol lorsqu'il pleut. Ces polluants contaminent alors, les cours d'eau et les lacs ou les eaux souterraines par les poussières et gaz atmosphérique dans les régions industrielles. [5]

## 2. Caractéristiques des eaux usées:

Les eaux usées sont souvent chargées en matières organiques d'origine animale et végétale. Elles contiennent aussi une forte charge bactérienne, dont certaines de ces bactéries peuvent être pathogènes mais la plupart restent inoffensives. [7]

La conception des stations d'épuration nécessite une parfaite connaissance des caractéristiques biologiques et physico-chimiques des effluents, surtout s'ils comportent une part d'effluents industriels pouvant inhiber la biodégradation des charges polluantes par les micro-organismes. Ainsi, plusieurs facteurs sont à prendre en compte afin d'évaluer la biodégradabilité d'un effluent, et de mettre en œuvre les procédés appropriés d'épuration :

### 2.1. Les paramètres physico-chimiques :

#### 2.1.1. Température :

La connaissance de la température de l'eau est très importante, car d'une part, elle joue un rôle dans les différents phénomènes aquatiques tel que, la solubilité des gaz et des sels; la conductivité électrique, et d'autre part elle influe beaucoup sur l'efficacité du traitement appliqué. Par exemple, la décantation est plus efficace à des températures élevées.

La température est donc un facteur clé de l'activité biologique et bactériologique. En fonction des températures optimales, les bactéries sont dites :

- ◆ Psychrophiles : organismes pouvant vivre jusqu'à des températures de 0°C ;
- ◆ Mésophiles : organismes dont la croissance est favorisée entre 25 et 40°C ;
- ◆ Thermophiles : organismes dont la croissance est favorisée à des températures égales ou supérieures à 50°C. [6]

#### 2.1.2. Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder la matière organique biodégradable présente dans l'eau. L'essai normalisé en laboratoire prévoit un ensemencement microbien de l'échantillon et une incubation à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours. Le résultat est exprimé en mg/l d'oxygène consommé durant cette période. Elle fournit donc une indication importante permettant de juger de la qualité d'une eau et de son degré de pollution. [6]

#### 2.1.3. Demande chimique en oxygène (DCO) :

Elle représente la consommation d'oxygène nécessaire à l'oxydation non biologique de l'ensemble des matières organiques présentes dans l'effluent, qu'elles soient ou non biodégradables. L'essai normalisé en laboratoire consiste à mesurer la quantité de dichromate de potassium consommée, à chaud, par les matières organiques (du sulfate d'argent est ajouté comme catalyseur). Cette mesure a l'avantage de fournir rapidement un résultat, et d'être facilement reproductible, mais ne renseigne pas directement sur la biodégradabilité de l'effluent. La DCO constitue un paramètre important et complémentaire à la DBO<sub>5</sub> pour la surveillance des eaux usées et des rejets industriels. [6]

#### 2.1.4. Evaluation du coefficient de la biodégradabilité (K<sub>d</sub>):

Le coefficient de biodégradabilité n'est autre que le rapport DCO/DBO<sub>5</sub>, il nous donne une première estimation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent ; c'est à dire la

faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel. On convient généralement des limites suivantes :

- ♦  $K_e = 1$  : l'effluent présente une pollution totalement biodégradable.
- ♦  $1 < K_e < 2.5$  : l'effluent est facilement biodégradable (cas des eaux usées domestiques);
- ♦  $2.5 < K_e < 3.2$  ou  $DCO/DBO_5 < 3$  : l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées (les effluents des industries agro-alimentaires) ;
- ♦  $K_e > 3.2$  : l'effluent n'est pas biodégradable (effluents des industries de raffineries, de textiles, de pesticides...). [8]

### 2.1.5. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un élément très important dans développement des végétaux, animaux, il favorise la croissance des organismes aérobies ou aérobies facultatifs. sa diminution est un signe de pollution, il joue de ce fait un rôle dans les traitements des eaux résiduaires. [9]

### 2.1.6. Le potentiel hydrogène (pH) :

La connaissance exacte du pH est nécessaire pour connaître la qualité physique et la teneur des ouvrages (agressivité, corrosivité,...) et pour contrôler le développement des microorganismes. En effet, certains procédés biologiques réclament des gammes spécifiques de pH : les bactéries nitrifiantes nécessitent des pH compris entre 7,4 et 9 pour Nitrosomonas, 8,5 et 9,1 pour Nitrobacter ; en revanche, les bactéries déphosphatantes Acinetobacter s'épanouissent davantage avec des pH plus acides, compris entre 6,1 et 7,5.

### 2.1.7. Conductivité électrique (CE) :

Elle mesure la capacité du milieu aqueux à transmettre un courant électrique celle-ci étant liée à la qualité des particules chargées (anions et cations). Elle permet donc d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Elles augmentent avec la salinité. [10]

### 2.1.8. Les matières en suspension (MES) :

Il s'agit de la quantité de matière, organiques ou minérales, en suspension dans l'eau. Elle correspond à la pollution solide. Les MES sont hétérogènes de formes et d'origines variées dans les eaux de surface, ce paramètre est exprimé en mg/l. [11]

### 2.1.9. Les composés azotés :

L'azote présent dans les eaux résiduaires urbaines provient essentiellement de l'urine : on considère un rejet moyen de 13 à 15 g d'azote par jour et par équivalent habitat (EH) sous forme d'urée et d'acide urique. Lors de l'évacuation des effluents jusqu'à la station d'épuration, des réactions d'ammonification ont lieu, transformant cet azote organique en ammonium ( $NH_4^+$ ), forme particulièrement nuisible pour les ressources d'eau de surface. En effet, la demande en oxygène exercée par l'ammonium est très élevée et peut conduire à l'eutrophisation des ressources. Les stations d'épuration doivent prévoir l'élimination de la pollution azotée, qui consiste en la transformation de l'ammonium en nitrites, puis en nitrates, pour production d'eau destinée à la consommation humaine.

On distingue quatre formes d'azote que l'on rencontre dans les eaux usées. L'azote organique, l'azote ammoniacale ( $NH_4^+$ ), les nitrates ( $NO_3^-$ ), et les nitrites ( $NO_2^-$ ). L'azote dans l'eau usée urbaine est présent principalement sous forme d'azote organique et ammoniacal. On constate le plus souvent l'absence de nitrites et de nitrates dans ces effluents. [11]

**♦ L'azote ammoniacal :**

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dont les proportions relatives dépendent du pH, de la température et de la salinité. Dans les eaux marines et estuariennes, l'ammonium est prédominant. Il provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés.

**♦ Les ions nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

Forme très stable, Il entre dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance du phytoplancton.

**♦ Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Toujours en quantité très faible étant donné leur forme instable ; ils sont surtout gênants pour la production d'eau potable (provoquent des maladies chez les femmes enceintes et les nourrissons). Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires entre l'azote ammoniacal et ions nitrates. Les concentrations retrouvées dans les eaux naturelles, douces, saumâtres, marines vont de zéro à quelques ( $\mu\text{mol/l}$ ) de nitrite. [11]

**2.1.10. Les composés phosphorés :**

La présence du phosphore dans les effluents urbains est due à l'utilisation de lessives. La présence de phosphore dans les cours d'eau et les lacs est responsable de leur eutrophisation, provoquant la prolifération anarchique d'algues et une surconsommation de l'oxygène dissous dans l'eau. Celui-ci est alors moins disponible pour les autres espèces vivantes, et notamment pour les poissons.

Deux types de procédés sont utilisables afin de satisfaire les normes. Les procédés physicochimiques de précipitation du phosphore utilisent les sels de fer ou d'aluminium, ou encore de la chaux. La déphosphatation biologique est plus délicate à mettre en œuvre. Parmi les composés phosphorés, on peut citer :

**♦ Ortho phosphates :**

Forme  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Ces différentes formes se répartissent en fonction du pH. Au pH moyen des eaux usées on ne trouve donc que les formes  $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ .

**♦ Phosphore total (PT) :**

Somme du phosphore contenu dans les orthophosphates, les polyphosphates et le phosphore organique, exprimé en mg P/l. [12]

**2.2. Les paramètres bactériologiques :**

Il existe deux catégories de bactéries dans la nature :

♦ Celles qui ont un rôle écologique fondamental dans la transformation de la matière organique.

♦ D'autres qui ont un pouvoir pathogène vis-à-vis des organismes vivants qui avec les amibes sont responsable de plusieurs maladies dangereuses. [13]

### 2.2.1. Coliformes totaux :

Ce groupe inclut l'ensemble des bactéries aérobies et anaérobies facultatives gram négatif, non sporulant, en forme de bâtonnet, oxydase négative, capables de se multiplier en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 h à 35-37°C.

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries très hétérogène, le plus souvent présentes en grand nombre dans les excréments animaux et humains mais dont certaines espèces ne sont pas nécessairement liées à la flore intestinale humaine ou animale et peuvent proliférer dans les sols ou dans les milieux aquatiques.

Ces germes ne peuvent donc être considérés comme des indicateurs très fiables de pollution fécale. [14]

### 2.2.2. Coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux ou plus exactement coliformes thermotolérants sont constitués de bactéries ayant les mêmes caractéristiques et propriétés fermentaires que les coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), anaérobies facultatifs, non sporulant, capables de provoquer la fermentation du lactose et dégageant de l'acide et du gaz à 36°C et 44°C en de 24 heures.

Ils produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C.

Dans ce groupe, l'espèce *Escherichia coli* est de loin la plus fréquente, mais le groupe comprend également des espèces des genres *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*.

La présence de coliformes fécaux dans un milieu aquatique, et plus particulièrement celle d'*E.coli*, sont considérées comme un bon indicateur d'une contamination fécale récente du milieu. [14]

### 2.2.3. Streptocoques fécaux :

Ce groupe est constitué d'espèces du genre *Enterococcus*, d'origine humaine prépondérante, et d'espèces du genre *Streptococcus* d'origine animale. Ce sont des bactéries Gram (+) de forme arrondie, capables de se multiplier sur gélose à sang frais en 48 heures à 44 °C.

Ils sont généralement considérés comme un indicateur fiable de pollution fécale. [14]

### 2.2.4. Salmonelles :

Appartiennent à la famille des Entérobactéries, sont des bacille Gram (-) mobiles (sauf rares exceptions), oxydase-négatifs, catalase positifs, aérobies et facultativement anaérobies. Les salmonelles attaquent les sucres par fermentation avec production de gaz, réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine. Ils se retrouvent dans les excréments de porteurs sains et malades, qu'il s'agisse d'animaux ou d'êtres humains. [04]

### 2.2.5. Clostridium sulfito-réducteurs :

Ils peuvent être considéré comme des germes fécaux, se sont aussi des germes telluriques et de se fait aucune spécificité d'origine fécales ne peut être attribuée à leur mise en évidence. Ils sont excrétés par l'hommes et les animaux on les trouve régulièrement dans la matière fécale humaine. [15]

### 2.2.6. Vibrions :

Les vibrions appartiennent à la famille des Vibrionnaceae Gram (-), aérobie, anaérobie non sporulant. Le genre vibron regroupe des microorganismes de petite taille, très mobiles, incurvés avec un flagelle polaire. [16]

### 3. Les normes de rejets :

La pollution de l'eau peut avoir des conséquences sur la santé de l'homme ainsi que sur le milieu naturel. L'Algérie, soucieuse de préserver la santé publique et l'environnement a instauré des normes relatives aux rejets.

Le décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993 du journal officiel N° 46 de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides dans son chapitre I, article 2 définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel. [17]

Les normes de rejet sont présentées dans le tableau suivant ;

**Tableau 01:** Normes d'un rejet dans un milieu récepteur (Valeurs limites maximales (J O, 1993). [17]

PARAMETRES	UNITES	VALEURS MAXIMALES
Températures	°C	30
pH	/	5,5 à 8,5
MES :	mg/l	30
DBO5 :	mg/l	40
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	40
Phosphates	mg/l	2
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	5
Cadmium	mg/l	0,2
Chrome 3+	mg/l	3,0
Chrome 6+	mg/l	0,1
Fer	mg/l	5
Manganèse	mg/l	1
Mercure	mg/l	0,01
Nickel	mg/l	5
Plomb	mg/l	1
Cuivre	mg/l	3
Zinc	mg/l	5
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures	mg/l	20
Phénols	mg/l	0,5
Solvants organiques	mg/l	20
Chlore actif	mg/l	1,0
Détergents	mg/l	2
Tensioactifs anioniques	mg/l	10

Source : Journal Officiel N° 46 Juillet 1993.

## **Chapitre II :**

# **Traitement des eaux usées**

Le traitement des eaux usées consiste à les rendre compatibles avec les normes correspondantes à l'usage auquel elles doivent servir.

L'installation des systèmes d'épuration en aval des réseaux existants ou projetés constitue une des solutions si non la seule capable de préserver ces ressources. Outre la dépollution des effluents, ces installations permettent la mobilisation d'un volume important d'eau apte à être réutilisée aussi bien dans l'agriculture que dans l'industrie.

Avant de présenter les différents procédés de traitement des eaux usées, nous pensons qu'il est préférable d'avoir un aperçu général sur l'historique du traitement des eaux usées et l'importance de celle-ci comme une solution de préserver nos ressources.

### **1. Historique du traitement des eaux :**

L'une des plus anciennes références au traitement des eaux de consommation est tirée d'un texte médical datant de 2000 ans avant Jésus-Christ. On y indique comment rendre les eaux potables en les faisant bouillir au dessus d'un fer ou en les filtrant à travers un lit de sable et de gravier.

Après 1870 les progrès réalisés en bactériologie permirent d'isoler plusieurs bactéries et de prouver que l'eau pouvait transporter ces bactéries et favoriser ainsi la transmission de diverses maladies.

Depuis le début du siècle, on a réalisé d'importants progrès en matière de traitement des eaux. La désinfection continue des eaux est maintenant chose courante, il y a développement dans les domaines de la décantation et de la filtration qui a entraîné la réduction de la taille des équipements. Alors on peut maintenant traiter à peu près n'importe quelle eau, et ce quel que soit son degré de pollution. [1]

### **2. Importance du traitement des eaux :**

L'organisation mondiale de la santé (OMS) estime en effet que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement associées à l'eau, on retrouve ainsi dans le monde 400 millions de personnes atteintes de gastro-entérite, 160 millions de paludisme et, on estime par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile.

Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée ne concerne pas seulement les pays en voie de développement, car une étude récente a en effet révélé que, chaque année, aux ETATS-UNIS, 35000 personnes étaient atteintes de salmonellose, 200000 de shigellose et 75000 d'hépatite à virus. [1]

### **3. Les phases d'épuration :**

Il existe un grand nombre de procédés de traitement des eaux usées les plus utilisés dans le monde sont basés sur des phénomènes physiques, chimiques, et biologiques, dont l'application dépend à la fois des caractéristiques des eaux à traiter, du degré d'épuration fixé, et le type de la réutilisation. Quel que soit le procédé de traitement utilisé, un prétraitement s'avère toujours indispensable. Ces prétraitements constituent une première étape pour un traitement ultérieur (biologique ou physico-chimique).

### 3.1. Le prétraitement des eaux :

Les prétraitements consistent en un traitement mécanique afin de retirer les déchets volumineux, sables, macropolluants et graisses de l'effluent brut. Ils permettent de protéger les ouvrages et d'en réduire la taille. De préserver les organes tournant et de faciliter le transfert d'oxygène au sein de la boue biologique. [18]  
Le prétraitement se situe en tête de station d'épuration et consiste :

♦ **Dégrillage** : Permet de protéger les ouvrage en aval contre l'arrivée des gros objets comme souche d'arbre, chiffon et autre déchets domestiques qui obstruent les canalisations, les dégrillage sont différent selon l'espacement entre les barreaux de la grille et aussi selon le mode opératoire, il y a des grilles manuelle et des grille mécanique.

♦ **Dessablage** : Le dessablage est une opération qui suit le dégrillage, il consiste de séparer le sable de l'eau, cette étape est nécessaire pour éviter le bouchage des canalisation par sédimentation il existe différent type de dessableur :

**Dessableur à couloir** : Avec une vitesse d'écoulement faible et un temps de séjour plus au moins important 1 à 2 min.

**Dessableur aéré** : Le soufflage de l'air engendre une mouvement tourbillonnant rapide qui maintien les particules les plus légères que le sable.

**Dessableur carré** : Est une système simple mais nécessite une intervention manuelle pour le nettoyage.

♦ **Dégraissage** : est l'opération de séparation de l'eau des graisses et l'extraction des corps flottants, moins dense que l'eau, pour combattre les risques de colmatage et les nuisances esthétiques. L'ensemble de ces procédés peut être remplacé par le tamisage qui a pour fonction de retenir les matières citées précédemment sur une toile métallique ou une tôle perforée.

### 3.2. Traitement primaire :

L'opération consiste à éliminer les matières en suspension et les matières colloïdales par décantation, la décantation des MES est le premier type de traitement primaire possible, on distingue la décantation simple et la décantation physico-chimique qui consiste à injecter des coagulants et des floculants qui permettent de décanter les particules solides aux fond. [19]. Cette étape de traitement comprend :

#### 3.2.1. La décantation :

La décantation permet la séparation de deux phases, liquide-solide ou liquide-liquide par simple gravité. Elle dépend à la fois des propriétés des particules et du régime hydraulique.

#### 3.2.2. Coagulation-floculation :

L'élimination des particules colloïdales de petits diamètres exige la formation d'élément plus volumineux qui seront extraits grâce aux propriétés liées au volume.

La coagulation provoque la séparation des matières en suspension non décantable, le coagulant est un sel de fer ou d'aluminium.

La floculation à pour but de former des floccs en provoquant la coalescence des particules en les agglutinant. [20]

### 3.2.3. La filtration :

La filtration a pour but la clarification finale d'une eau.

On distingue trois types de filtration :

- ◆ La filtration sur matériaux filtrants tel que le sable et l'antracite.
- ◆ La filtration sur charbon actif en grain.
- ◆ La filtration membranaire. [20]

### 3.3. Le traitement secondaire ou biologique :

Il s'agit en l'occurrence d'un procédé qui, par apport de substances nutritives et d'oxygène permet aux microorganismes se trouvant dans la masse de l'eau d'égout, de dégrader la matière organique, une partie de la matière polluante est simplement absorbées et incorporée aux floes de boues plus au décantable formés par l'agglomération des particules et des micro-organismes vivants ou morts. [21]

On distingue deux types de procédés biologiques :

#### 3.3.1 Procédés biologique intensif :

Ces procédés sont caractérisés par un coût excessif de traitement car ils exigent des installations complexes et du personnel qualifié, c'est notamment le cas des procédés suivants :

- ◆ Boues activées
- ◆ Lits bactériens ou lits de ruissellement
- ◆ Disques biologiques

#### 3.3.2 Procédés biologiques extensifs :

C'est des procédés d'épuration dans lesquels la concentration dans les réacteurs biologiques en organisme épurateurs, est faible comme

- ◆ Epannage
- ◆ Lagunage

##### 3.3.2.1 Lagunage :

Le lagunage est une technique d'épuration des eaux usées par voie naturelle. l'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eaux usées dans des étangs où la pollution est dégradée, par l'activité bactérienne ou par l'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérale, soit par le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues. [21]

Donc l'épuration par lagunage peut se faire :

◆ Par la voie naturel sans consommation d'énergie autre que les éventuels relevages (des aérateurs de surface sont toutefois prévus en secours sur certaines installations importantes pour combattre les remontées des boues).

◆ Par l'aération des effluents à l'aide d'aérateurs qui assurent l'oxygénation du milieu.

### 3.4. Le traitement tertiaire :

On entend par traitement tertiaire, tout traitement ayant pour but d'affinage d'effluent issu d'une station d'épuration classique ayant subi un traitement physique primaire et un traitement biologique (lits bactériens ,boues activées) secondaire.

Ces traitements s'imposent lorsque des précipitations spéciales de rejet sont prévues, ou si une réutilisation de l'eau est envisagée. Le choix dépend, évidemment du polluant à éliminer, et de l'épuration souhaitée. [20]

Il a généralement pour but la réduction des phosphates ou des MES ou une désinfection.

### 3.4.1 La désinfection :

Elle consiste à l'élimination des micro-organismes susceptibles de provoquer une contamination, généralement il existe deux procédés de désinfection : [18]

- ◆ Procédés physiques tel que : l'ébullition, les rayons ultra violet, les rayons gamma.
- ◆ Procédés chimiques tel que : la chloration ( $\text{Cl}_2$ ), le dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ), hypochlorite de sodium ( $\text{NaOCl}$ ) et l'ozonation ( $\text{O}_3$ ).

## 4. La réutilisation des eaux usées :

L'eau usée traitée représente une eau renouvelable non conventionnelle, c'est une source bon marché pour l'agriculture, cependant en raison de la nature variable de la composition de cette eau (sa charge en constituant minéraux, organiques et biologiques), sa réutilisation doit être gérée soigneusement, surveillée contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiel sur le sol, l'eau, les récoltes ainsi que sur l'environnement dans son ensemble. [01]

### 4.1. En irrigation :

Les eaux usées utilisées proviennent des rejets d'eaux urbaines, c'est-à-dire d'eaux domestiques résiduaires auxquelles sont susceptibles d'être mélangées en proportion plus ou moins importante, des eaux résultant d'activités diverses (notamment industrielle), raccordées sur le réseau d'assainissement. Généralement, ces eaux sont utilisées soit brutes, soit après traitement d'épuration de type secondaire (boues activées ou lagunage le plus souvent) avec ou sans chloration.

Depuis une vingtaine d'années, l'utilisation des eaux résiduaires pour l'irrigation s'est sensiblement développée, spécialement dans les zones arides et les régions à saison sèche, dans les pays industrialisés comme dans les pays en développement, cette évolution est la résultante de plusieurs facteurs :

- ◆ La rareté croissante des autres sources d'eau utilisable pour l'irrigation rendue plus aigue par le développement de la demande d'eau potable dans les agglomération urbaines.
- ◆ Coût élevé des engrais artificiel et découvert de la valeur des nutriments contenus dans les eaux résiduaires qui accroissent notablement les rendements agricoles.
- ◆ Coût élevé des installations perfectionnées dans le traitement des eaux résiduaires.
- ◆ Acceptation socioculturelle de cette pratique. [01]

### 4.2. En industrie :

#### 4.2.1. Refroidissement industriel :

Le refroidissement par eau est utilisé dans des industries nombreuses et variées par exemple la production d'électricité dans les centrales thermiques ou nucléaires constitue la plus grosse consommation d'eau de refroidissement et le débit nécessaire dépend de la technique utilisée.

#### 4.2.2. Lavage et transport industriel des matériaux :

L'utilisation industrielle de l'eau pour le lavage et transport des matériaux comprend :

- ◆ Le lavage de matières primaires (charbon, gravier, ... etc.) et leur transport.
- ◆ Le transport de déchets (cendres d'un central thermique par exemple).
- ◆ Le lavage de produits semi-finis ou finis.
- ◆ Le lavage d'entretien (wagon, sols, bouteilles... etc.)

### 4.2.3. Chauffage des bâtiments avec pompe à chaleur :

Il est bien connu que la pompe à chaleur fonctionne par le principe inverse du réfrigérateur, c'est-à-dire prélève des calories dans un milieu en le refroidissant et les restitue à plus haute température, grâce à l'apport d'une petite quantité d'énergie. On ne peut pas citer tous les domaines de réutilisation car ils sont largement nombreux, le tableau suivant représente certaines caractéristiques des différentes qualités d'eau :

**Tableau 02:** Caractéristiques des différentes qualités d'eau. [31]

Polluant	Eau potable	Eau à usage Agricole	Eau industrielle
DBOs (mg/l)	0-3	10	100-300
DCO (mg/l)	0-10	150	300-2000
MES (mg/l)	0-25	15	15-45
Azote (mg/l)	-	40(NH <sub>3</sub> )	1-10
Phosphore (mg/l)	-	1	0.2
pH	7-8.5	6.5-8.5	6-9
As (mg/l)	<0.05	0.1	-
Cr (mg/l)	0.00	100	-
Pb (mg/l)	<0.05	0.001	-

Pour ce la des recherches s'effectuent dans le but d'utiliser d'autres procédés plus économiques et plus simples comme le lagunage simple. Mais le lagunage est un traitement secondaire et non tertiaire.

Dans notre étude nous essayeront de suivre l'efficacité du lagunage naturel afin de pouvoir évacué l'eau traité dans la nature selon les normes nationales d'émission adapté au besoin de protection et de réutiliser l'effluent traités. Le schéma suivant représente les différents traitements effectués dans une station d'épuration :

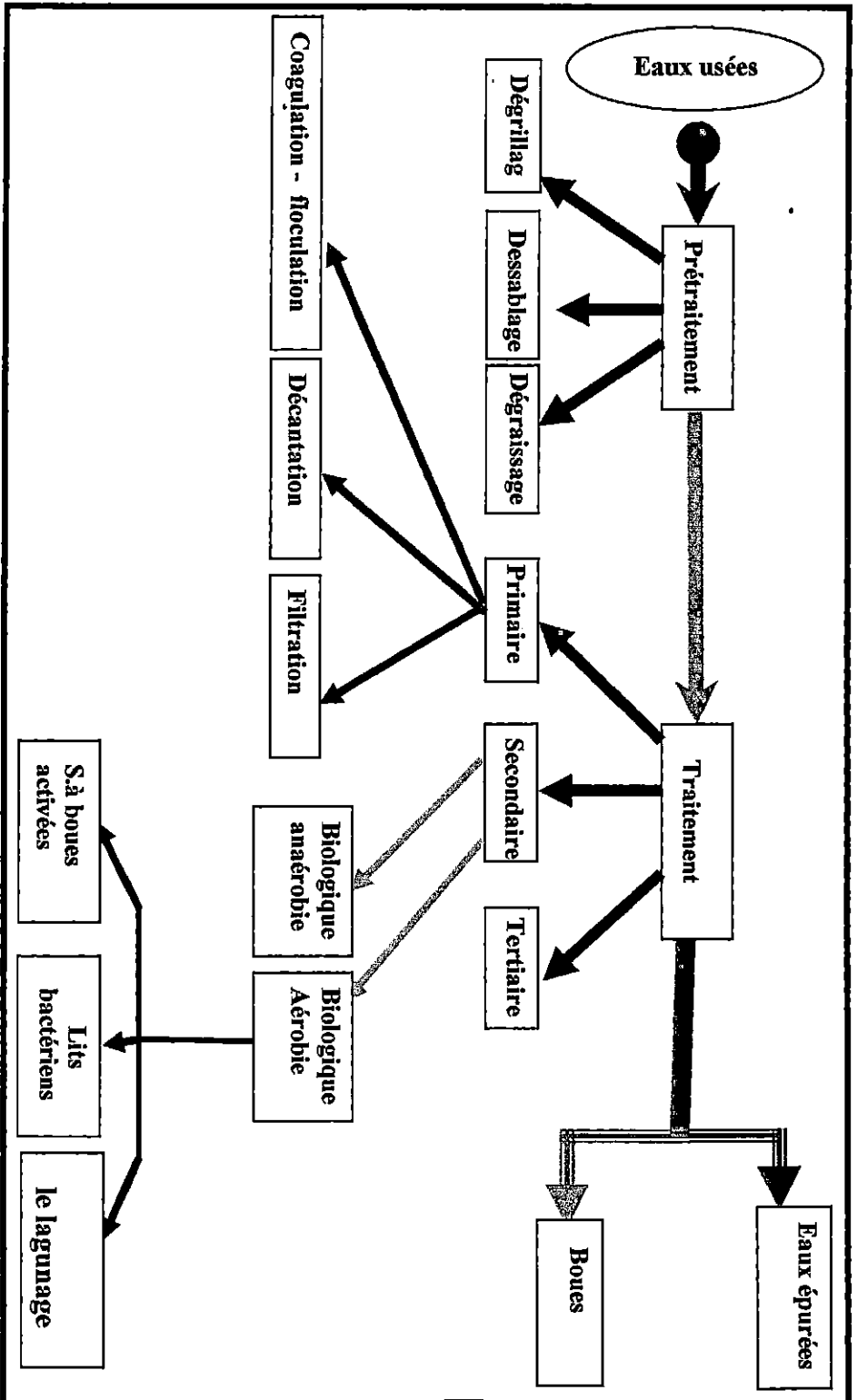


Figure 01 : Les différentes phases d'épuration des eaux usées [29]

**Chapitre III :**  
**Lagunage naturel**

Il existe un grand nombre de procédés de traitement des eaux usées, dont l'application dépend des caractéristiques des eaux à traiter et du degré de d'épuration souhaité. Parmi ces procédés on trouve le lagunage naturel, procédé de traitement biologique extensif. Les mécanismes de ce procédé se rapprochent de ceux mis en jeu dans l'autoépuration naturelle des cours d'eau. [22]

### 1. Définition :

Le lagunage consiste à faire écouler de l'eau à traiter en continu dans un bassin ou le long de séries de bassins par gravitation, les eaux résiduaires sont conduites d'un étage à l'autre par déversoir.

On entend donc par « lagune » ou « étang de stabilisation », toute dépression ou excavation naturelle ou artificielle dans laquelle s'écoulent naturellement les eaux usées brutes ou préalablement prétraitées, pour ressortir sans intervention extérieure d'aucune sorte, dans un état où elles ne risquent pas d'altérer la qualité du milieu récepteur.

Les lagunes sont généralement construites sous forme de bassins de terres, pourvus de talus ayant une pente, si les fonds sont perméables, ils doivent être colmatés (feuilles de matière plastique, asphalte, béton) afin d'éviter toute infiltration.

Les bassins plus au moins profonds sont le siège de développement d'une flore bactérienne, d'algues et de zooplanctons, qui se nourrissent des matières organiques et inorganiques présentes dans les eaux à traiter. [23]

Dans la lagune naturelle, l'oxygène nécessaire à la vie des microorganismes épurateurs est fourni par deux sources, soit par l'action de vent (oxygène atmosphérique) soit par les algues qui produisent l'oxygène par photosynthèse.

Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de la matière vivante et assure une meilleure épuration des eaux usées. [24]

Après le passage de l'eau usée à travers ces bassins, pendant un temps de séjours qui peut varier de quelques jours à quelques semaines, ce procédé en fin de chaîne produira un effluent de qualité physicochimique et microbiologique acceptable pour la réutilisation dans différents domaines sans courir un grand risque.

Contrairement aux procédés biologiques artificiels, le lagunage naturel est influencé par des facteurs climatiques, chimiques et biologiques non maîtrisables.

Donc on peut dire que Le lagunage est une technique d'épuration des eaux usées par voie naturelle.

## 2. Différents types de lagunes : [22]

Le lagunage est un procédé d'épuration des eaux usées à grande surface. Les biomasses sont plus riches en espèce que dans des installations techniques, ce type de procédé est recommandé pour les petites collectivités, il peut supporter la présence accidentelle de toxiques et de périodes de surcharge hydraulique et organiques, la condition la plus importante est que le contenu de la lagune ne doit pas entrer en putréfaction.

On peut classer les lagunes dans la figure suivante en quatre groupes selon leur utilisation

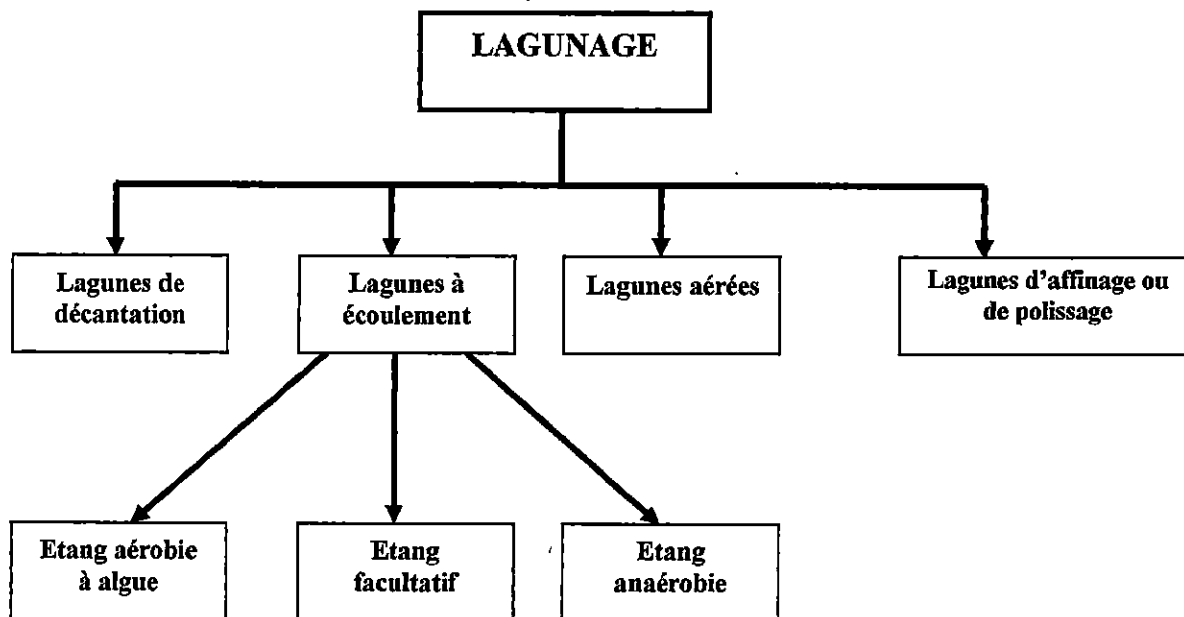


Figure 02 : Les différents types de lagunage.

### 2.1. Lagune de décantation :

Elle sert principalement à la séparation des substances décantables contenues dans les eaux résiduaires. La boue formée doit être enlevée annuellement si possible.

Le processus biologique qui se déroule dans cette lagune est de type anaérobie, à cause de sa grande profondeur, d'environ de 4m.

### 2.2. Lagunes à écoulement :

Les lagunes à écoulement peuvent être classées en trois groupes :

#### 2.2.1. Etang aérobie à algues : Ce type caractérisé par :

Profondeur : 0,2 à 0,45m.

Temps de séjour : 2 à 6 jours

Charge (Kg de DBO<sub>5</sub>/Ha /J): 111 à 112.

Rendement d'épuration (% de DBO<sub>5</sub>): 80 à 95.

Concentration en algues (mg/l) : 100.

Ce type de lagune est peu utilisé en raison :

- Envahissement par les plantes aquatiques supérieures qui attirent les moustiques.
- Problème de température
- Sensibilité due à une faible dilution. [1]

**2.2.2. Etang facultatif :**

Utilisé pour l'épuration biologique des eaux usées ayant subi un prétraitement, la durée de passage peut être de quelques jours à plusieurs semaines. Il se caractérise par :

Profondeur : 1 à 1,8m.

Temps de séjour : 7 à 50 jours.

Charge (Kg de DBO<sub>5</sub>/ha/j) : 22 à 55.

Concentration en algue (mg/l) : 10 à 50. [1]

Ce type de lagunage le plus répandu en raisons de ses avantages :

- Elimination de la charge microbienne
- Facilité d'exploitation
- Adaptation aux variations des charges
- pas de consommation d'énergie
- faible coût de fonctionnement

**2.2.3. Etang anaérobie :**

Applicable sur des affluents à fortes concentration en matières organiques.

La fermentation méthanique qui se développe au fond du bassin joue un rôle important et considérable dans l'épuration des effluents. Il est caractérisé par :

Profondeur : 2,5 à 5m.

Temps de séjour : 5 à 50 jours.

Charge (Kg de DBO<sub>5</sub>/ha/j) : 280 à 4500.

Rendement d'épuration : (% de DBO<sub>5</sub>) : 50 à 80.

Concentration en algue (mg/l) : nulle. [1]

**2.3. Lagunes aérées :**

C'est des lagunes aérées artificiellement, (aération mécanique ou par diffuseurs), elles sont utilisées pour diminuer la teneur en matières organiques des eaux résiduaires décantées au préalable ou non. Cette aération assure :

- Une meilleure absorption, distribution et utilisation de l'oxygène.
- La régularité de la répartition de matières polluantes et des microorganismes sur le volume de la lagune.
- La possibilité de contrôler l'oxygène.

**2.4. Lagunes d'affinage ou de polissage :**

Ces lagunes reçoivent des effluents d'eaux usées ayant subis un traitement au préalable, elles sont installées pour l'épuration poussée en dernière phase de station d'épuration classique. Son rôle principal est la désinfection de l'eau traitée avant son rejet en milieu naturel ou sa réutilisation.

### 3. Mécanismes et principes de fonctionnement :

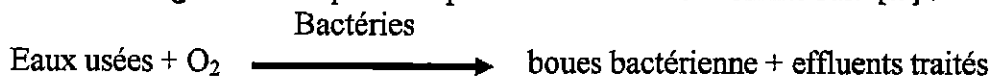
Une station de lagunage est une succession de bassins (de 2 à 5) dans lesquels l'eau s'écoule gravitairement pendant un long temps de séjour. L'eau usée arrive d'abord dans les prétraitements (dégraisseurs, déshuileurs, dessableurs) qui, comme leurs noms l'indiquent, sont chargés d'éliminer les particules solides et les graisses.

Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique. Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier.

Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes". Ce cycle s'auto entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique. En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau.

Ce procédé est étudié pour être très bon marché, il ne comporte que de grand bassin de terre, et convient surtout pour les régions où l'insolation est élevée. [21]

Le mécanisme global de l'épuration peut être schématisé comme suit [09] :



On peut aussi schématiser ce principe comme suite :

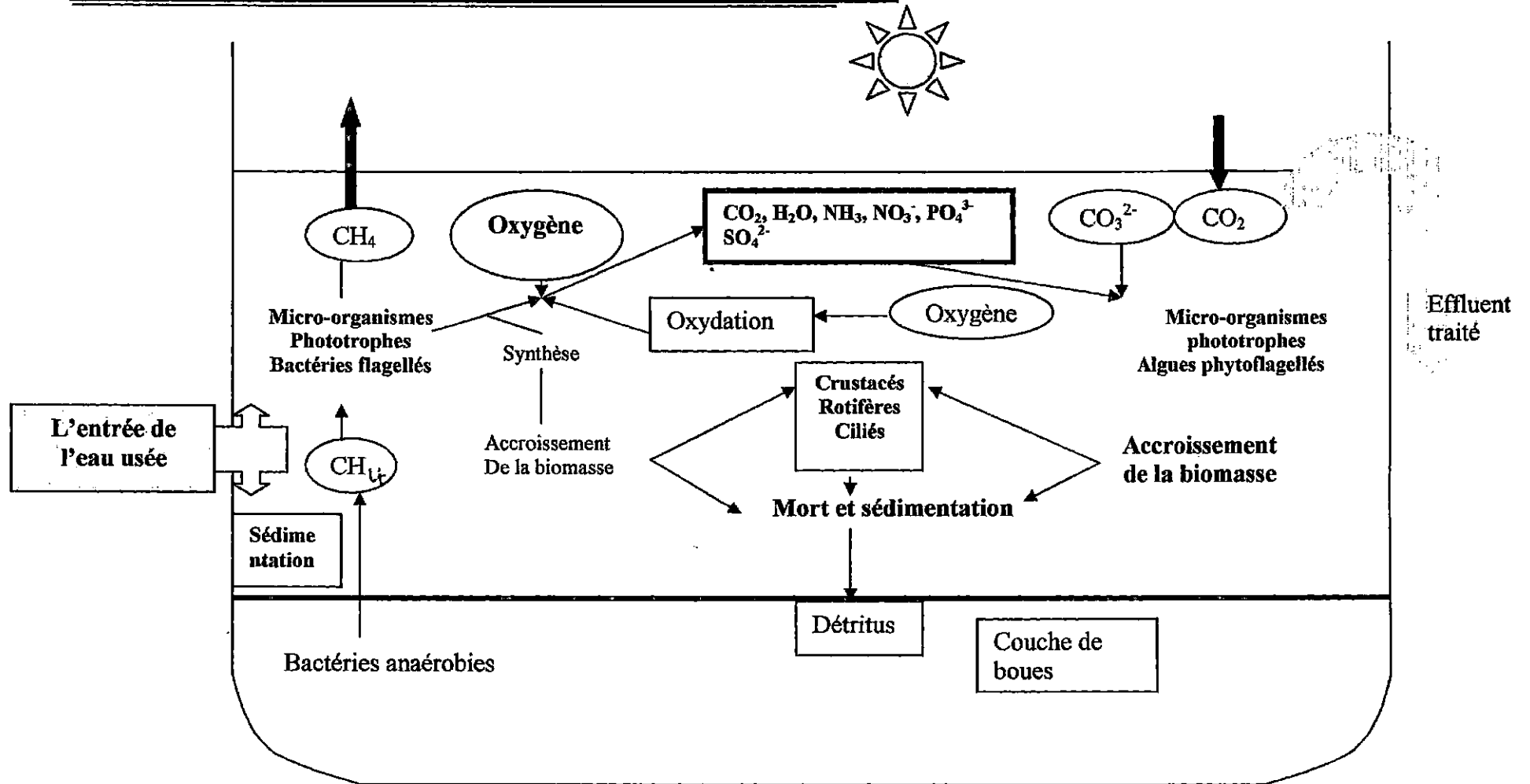


Figure 03 : Mécanisme de fonctionnement d'une lagune [09]

## 4. Avantages et inconvénients du lagunage naturel :

### 4.1. Avantages :

Le principe de lagunage présente quatre avantages particuliers : en termes d'économie, d'écologie, d'aménagement du territoire et de pédagogie.

- D'un point de vue économique, les stations de lagunage coûtent 1/3 moins cher qu'une station classique mais la rentabilité est surtout visible pour l'entretien : moins coûteux, moins long, sans raccordement électrique et ne demandant pas de personnel qualifié.
- Écologiquement parlant, les bassins de lagunage développent tout un écosystème : les végétaux aquatiques servent ainsi de support et de nourriture à une faune nombreuse (oiseaux, amphibiens, insectes,...) qui contribue à accroître la biodiversité du secteur.
- Alors que les communes rurales sont de plus en plus attentives à l'aménagement de leur territoire, ce type d'assainissement assure une intégration parfaite dans le contexte paysager : champs, étang communal, etc....
- Enfin, un bassin de lagunage peut servir de support à des sujets de pédagogie très diversifiés : l'eau, l'assainissement, la faune et la flore aquatique...etc.

### 4.2. Inconvénients :

A l'inverse, ce procédé présente les inconvénients suivants :

- Une emprise au sol importante
- Des contraintes de nature de sol et d'étanchéité
- Une variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée
- Une élimination de l'azote et du phosphore incomplète
- Des difficultés d'extraction des boues
- L'impossibilité d'effectuer des réglages en exploitation
- Possibilité de contamination des eaux souterraines par infiltration à travers des bassins.

**Deuxième partie :**  
**Matériels et méthodes**

# Chapitre I :

## Description de la zone

Avant de procéder aux analyses physicochimiques et bactériologiques, des eaux usées par lagunage naturel « cas de la lagune de Beni Messous », nous avons étudié le site « station d'épuration », sa situation géographique afin de mieux cerner et comprendre les facteurs qui pourraient influencer le traitement des eaux.

### **1. Etude de site :**

La station d'épuration par lagunage naturel, objet de notre étude, se situe dans la commune de Beni Messous, celle-ci est alimentée par l'oued Béni-Messous.

Avec une longueur de 11.5 km et un débit moyen de  $0.245\text{m}^3/\text{s}$ , ce dernier véhicule les eaux usées de plusieurs communes, son embouchure se trouve au niveau de la plage « les dunes », qui se situe dans la baie d'El Djamila. [26].

#### **1.1. Localisation géographique :**

La région d'étude se situe à l'Ouest d'Alger. Elle est rattachée administrativement aux communes de Bouzaréah et Chéraga.

L'oued Béni-Messous commence du côté Est à Bouzaréah, il traverse les communes de Béni-Messous, Chéraga et débouche du côté Ouest dans la baie d'El Djamila. Il effleure également les communes de Ain Benian et Dely Brahim, tel que l'on peut le voir dans la figure 04. Sur une surface d'environ 13 hectares, la station d'épuration se situe entre Ain Benian et Chéraga sur le chemin wilayal N°11, à 5 Km de l'embouchure de l'oued Béni-Messous. [26]

Au voisinage il existe une zone agricole avec des cultures maraîchères et en serres.

#### **1.2. Etude hydrologique :**

Les nappes phréatiques du sahel rattaché au substratum qui est caractérisé par une bonne perméabilité.

Les grés et les poudingues (roches sédimentaires détritiques) carténiens qui affleurent la commune de Béni-Messous contiennent une nappe qui s'infiltré par quelques petites sources descendant vers l'oued Béni-Messous

De petites nappes libres existent, elles sont alimentées exclusivement par la pluviométrie et s'écoulent vers la mer.

Dans la figure suivante on peut voir précisément le réseau hydrographique de l'oued de Beni Messous. [27]

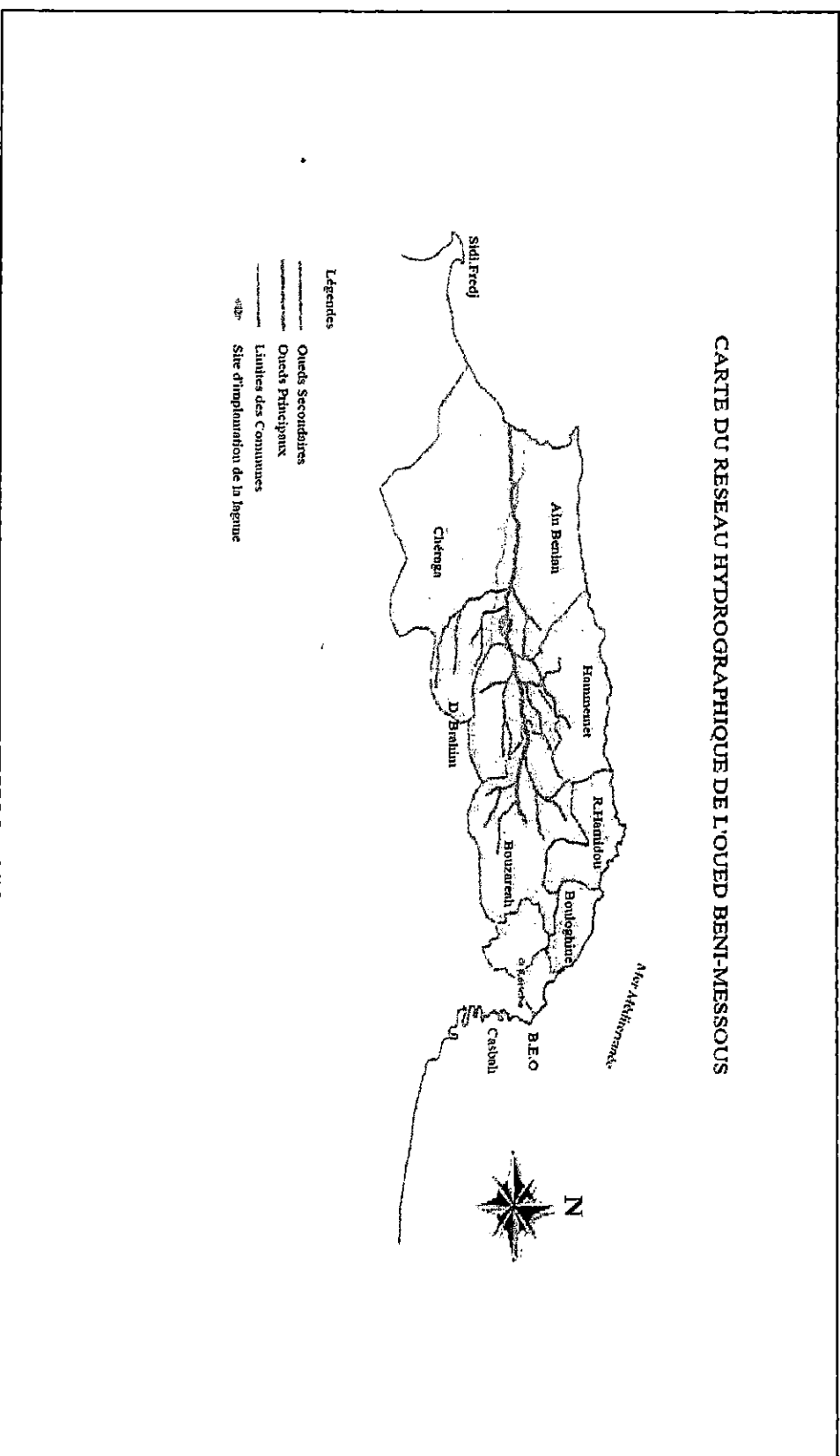


Figure 04: Réseau hydrographique de l'oued de Beni Messous. (DHHEWA 2001). [26]

**1.3. Dimensionnements et caractéristiques de la lagune :**

Les dimensionnements et les caractéristiques de la station ont été réalisés à l'aide d'une étude topographique effectuée sur le terrain, les mesures obtenues sont représentées dans le tableau (03) et dans les figures 05,06,07,08,09,10,11,

**Tableau 03 :** Dimensions et caractéristiques des différents bassins de lagune de Beni Messous [26].

N° bassin	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	caractéristiques
1	90	310	4	27900	111600	-Appelé lagune de décantation. -Contient un déversoir pour l'évacuation des eaux usées en cas de fortes crues.
2	62	220	2	13640	27280	-Contient aussi un déversoir. -Son rôle principal est la minéralisation des boues.
3	42	130	1.5	5460	8190	-Ce bassin permet aussi la minéralisation des boues.
4	25	95	1.5	2375	3562.5	-Son rôle est l'affinage de l'épuration

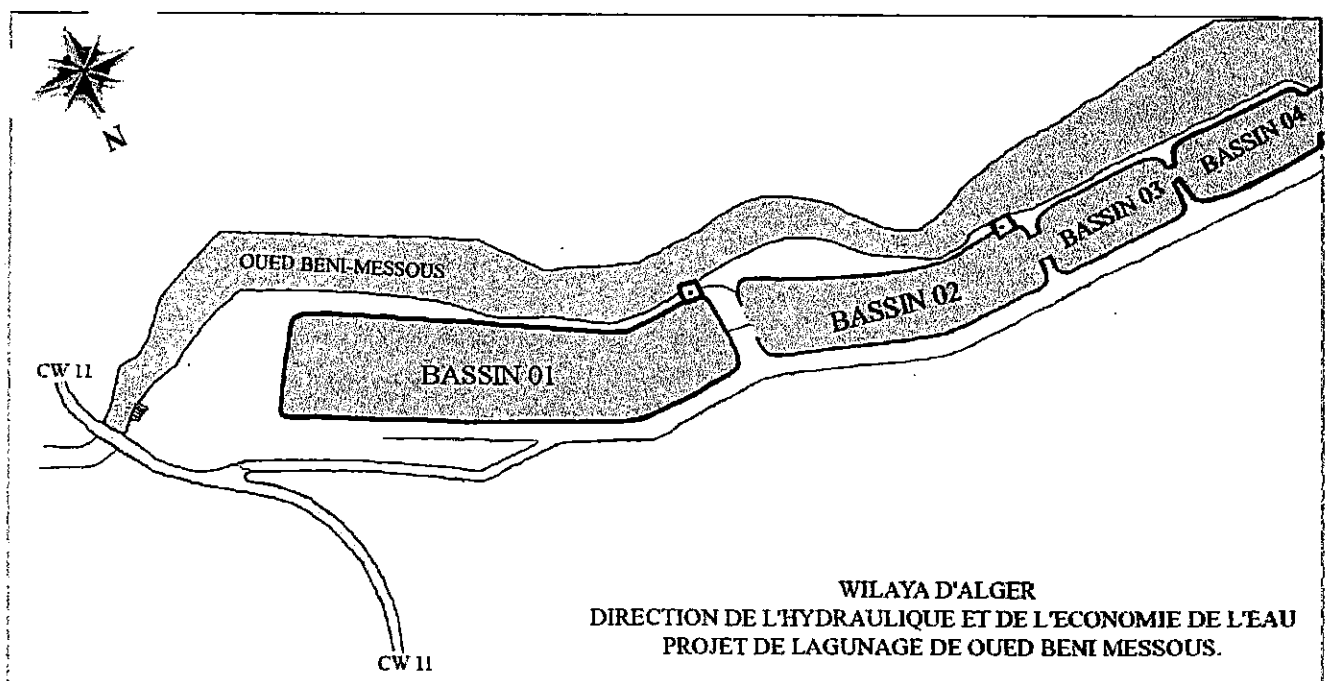


Figure 05 : Schéma de la lagune de Beni Messous. (DHEEWA, 2001). [26]



Figure06 : Vue générale de l'oued de Beni Messous.

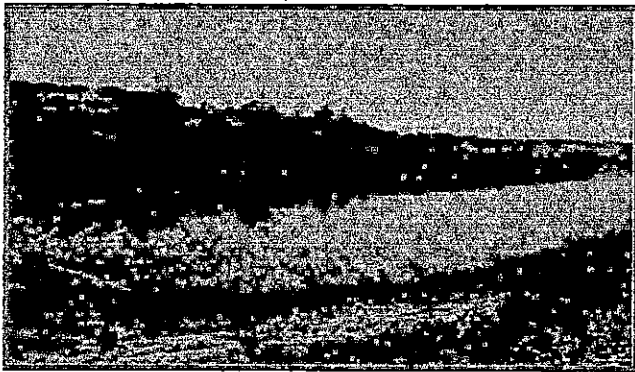


Figure07 : Premier bassin.

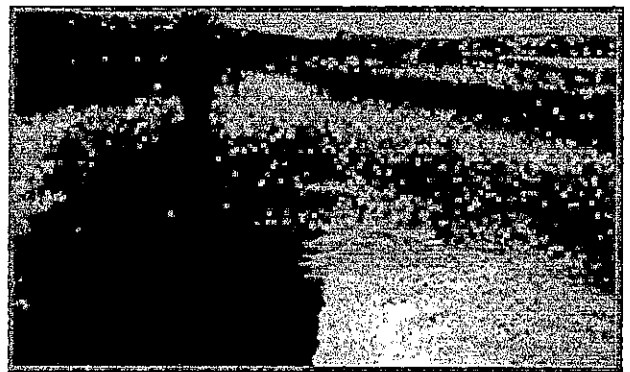


Figure08 : Deuxième bassin.

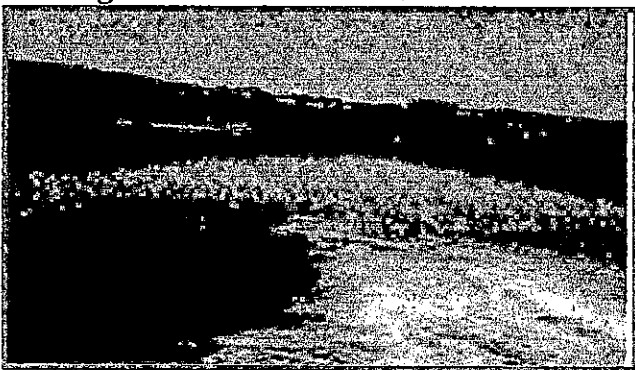


Figure09 : Troisième bassin.



Figure10 : La sortie du quatrième bassin.



Figure11 : Sortie de l'eau après traitement.

#### 1.4. Etude démographique de la zone d'étude :

D'après les données du RGPH (Recensement général de la Population et de l'Habitat) en 2004 pour les communes concernées par l'oued Beni Messous, le nombre d'habitant est : [27]

Beni Messous	19407 habitants
Chéraga	66991 habitants
Dely Brahim	34361 habitants
Bouzaréah	75797 habitants

#### 1.5. Caractéristiques des eaux usées de l'oued de Beni Messous :

Dans l'impossibilité d'avoir de nouvelles données on se base sur celles fournies par la direction de l'hydraulique et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger (DHEEWA).

Les caractéristiques des eaux usées de l'oued sont : [28]

Débit moyen des eaux usées urbaines	8336 m <sup>3</sup> /j
Débit des eaux industrielles	940 m <sup>3</sup> /j
Débit moyen total des eaux	9276 m <sup>3</sup> /j
Débit moyen horaire des eaux	387 m <sup>3</sup> /h
Débit de pointe des eaux usées	773 m <sup>3</sup> /j
DBO <sub>5</sub> (charge journalière)	5439 Kg/j
DCO (charge journalière)	8640 Kg/j
Phosphor	174 Kg/j
Azote	1571 Kg/j

#### 1.6. Le temps de séjour :

Pour le calcul du temps de séjour des eaux dans chaque bassin, l'écoulement est considéré comme laminaire ainsi on peut considérer que le débit est constant dans toutes les lagunes.

Le temps de séjour se calcule à partir de la relation suivante :

$$Q = V / T$$

Q : Débit moyen d'entrée des eaux usées (m<sup>3</sup>/j).

V : Volume du bassin (m<sup>3</sup>).

T : Temps de séjour (j).

Pour notre cas, l'écoulement n'est pas constant même des fois où il est inexistant entre les différents bassins.

Les temps de séjour des différents bassins sont les suivants :

1<sup>er</sup> bassin : T = 7 jours.

2<sup>ème</sup> bassin : T = 2 jours.

3<sup>ème</sup> bassin : T = 1 jour.

4<sup>ème</sup> bassin : T = 1 jour.

Le temps de séjour global : T = 11 jours.

## 2. Conditions climatiques :

Le climat est un facteur important, il affecte directement le bon fonctionnement d'un système lagunaire.

Selon le diagramme d'EMBERGER, la région de Beni Messous se situe dans l'étage bioclimatique subhumide, un climat sec en été pour une période plus ou moins longue, et une saison froide et humide en hiver. [29]

### 2.1. La température :

D'après les données climatiques recueillies au près de l'Office National de la Météorologie (ONM), la base de données s'étale sur une période allant de 1995 à 2004. (Annexe 3, tableau 12). [34]

On constate l'existence de deux saisons, l'une chaude qui dure de juin à octobre où les températures moyennes de l'air varient entre 20°C et 27°C, elles commencent à se rafraîchir au mois de Novembre.

La saison froide s'étalant de Décembre à Mars, les températures moyennes varient entre 11°C et 18°C.

La figure suivante nous récapitule la variation moyenne des températures maximales et minimales au cours de cette période.

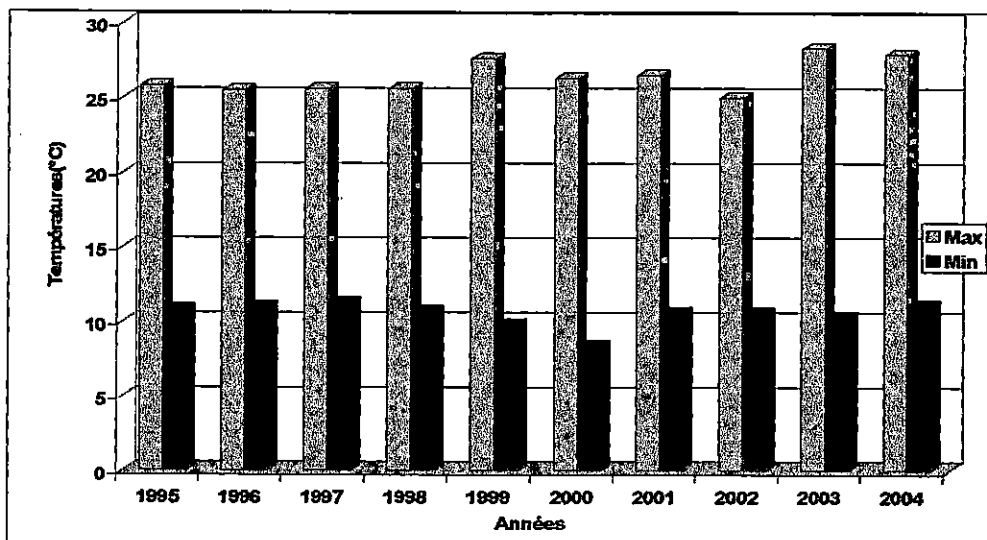


Figure 12 : Profil de variation des températures moyennes de l'air.

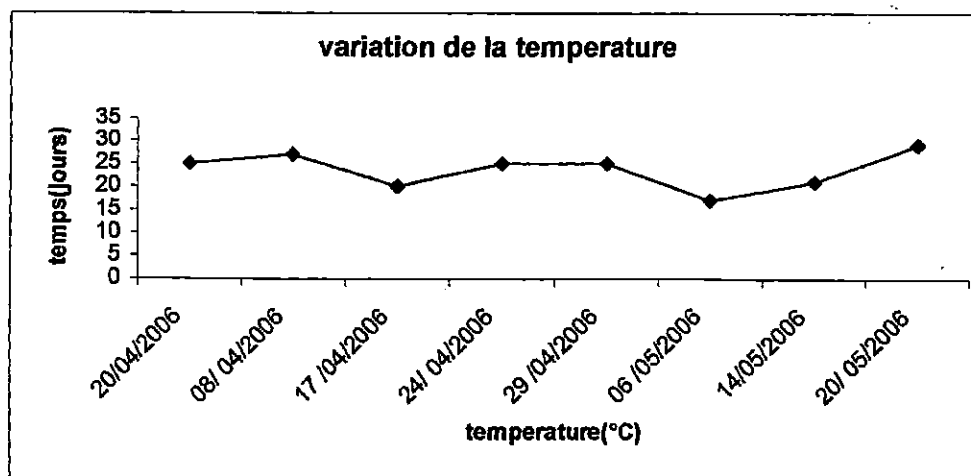


Figure 13 : Profil de variation de la température de l'air durant l'étude.

## 2.2. La pluviométrie :

A Beni Messous les pluies sont fréquentes en automne et en hiver et diminuent dès la fin du printemps et deviennent presque nulle en l'été. [34]

D'après les données de l'ONM (Annexe 3, tableau 14), on distingue l'existence de deux saisons humides ; l'une allant du mois de Novembre au mois de Février, la moyenne mensuelle maximale est de 93 mm enregistré au mois de Novembre ;

L'autre sèche, qui dure de Juin à Octobre, avec un minimum de 1,95 mm enregistré en Juillet.

On note aussi une période transitoire entre Mars et Mai, où les précipitations moyennes varient de 45mm à 64mm.

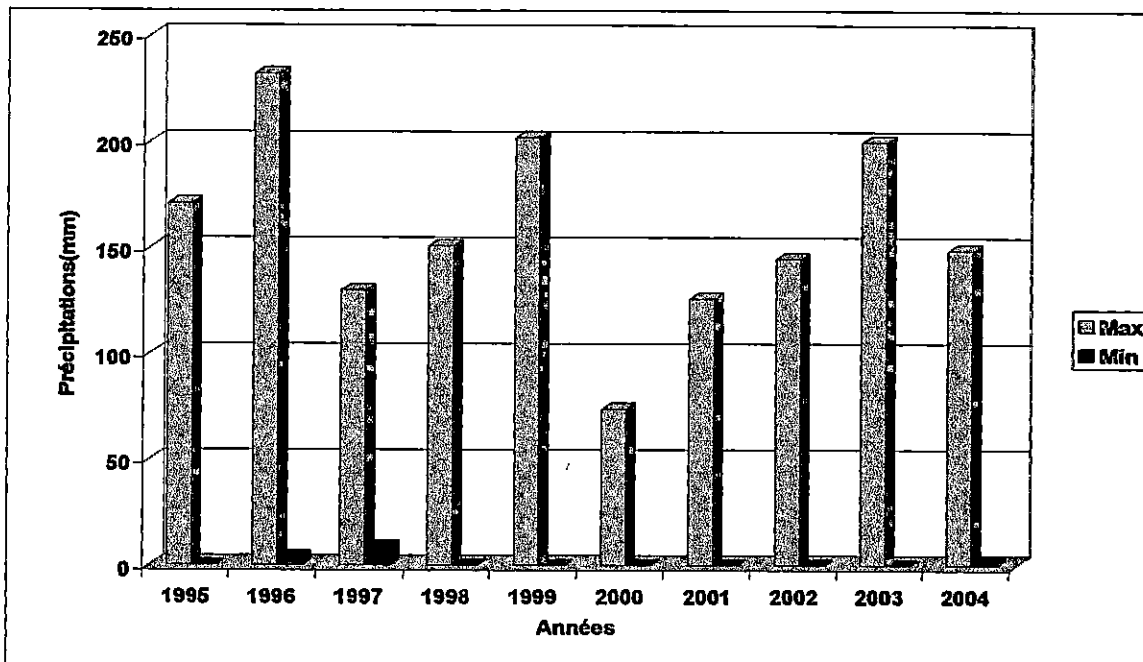


Figure 14 : Profil de variation de la pluviométrie.

## 2.3. L'ensoleillement :

La région de Beni Messous est caractérisée par un été ensoleillé et un hiver nuageux.

De la figure suivante on distingue trois périodes : [34]

- Une période à fort ensoleillement s'étalant de Juin à Août
- Une période à faible ensoleillement qui s'étend sur quatre mois, de Novembre à Février.
- Une période à ensoleillement moyen répartie en deux phases, l'une du mois de Mars au mois de Mai, l'autre de Septembre à Octobre.

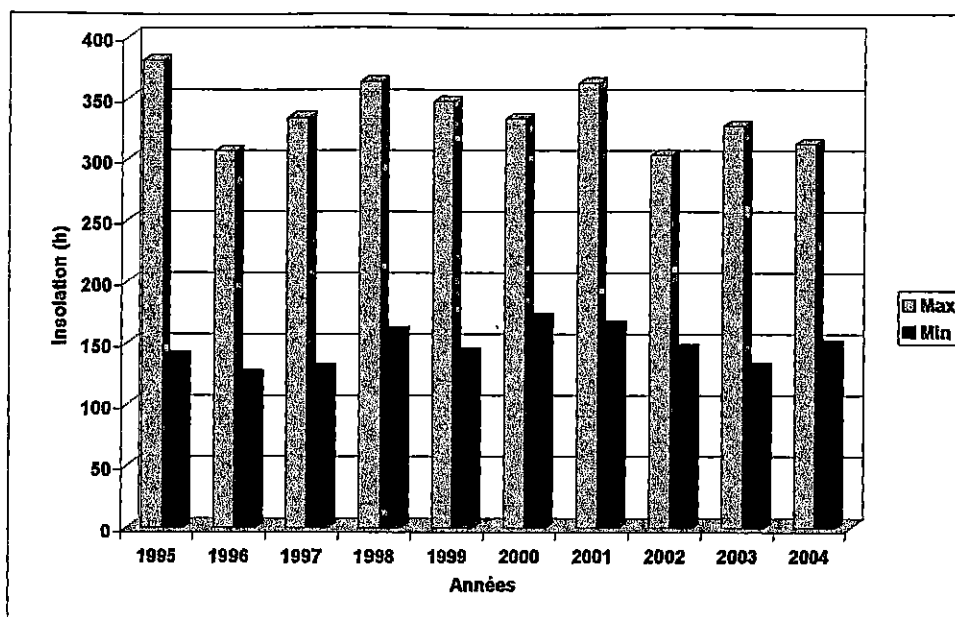


Figure 15 : Profil de variation de l'enseillement.

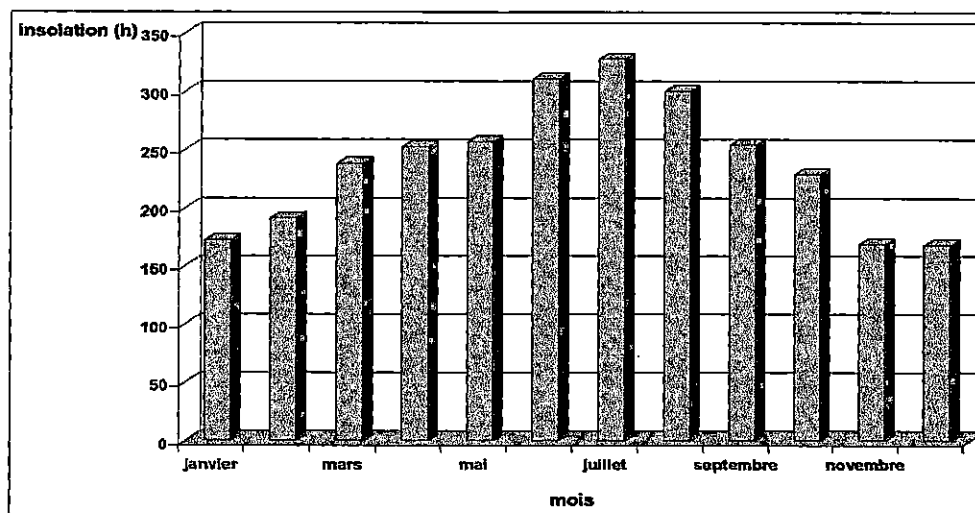


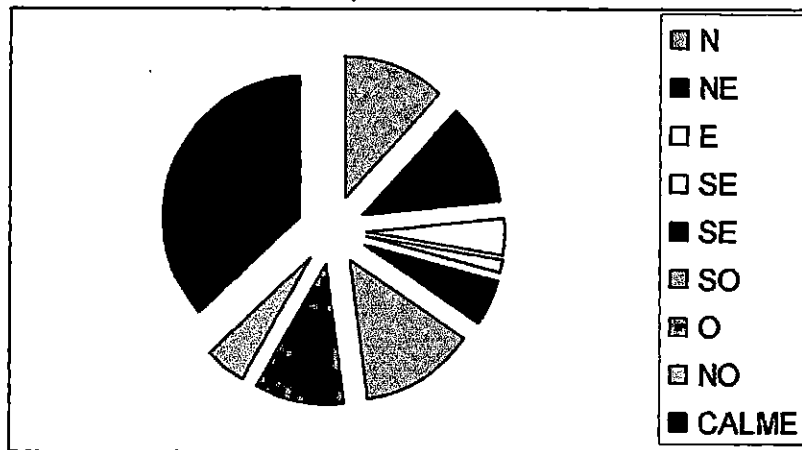
Figure 16 : Profil de l'enseillement mensuel moyen de la région de Beni Messous.

### 2.4. Les vents :

Dans la région de Beni Messous, les vents soufflent environ 60% du temps. Les vents les plus importants par leur direction sont de secteur Sud-Ouest, ils soufflent environ 14% du temps. [34]

**Tableau 04 :** Répartitions annuelles des vents sur huit directions de la région de Beni Messous, (ONM-1960 – 2004).

secteurs	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	CALME
Pourcentage par direction (%)	11,8	11,9	4	1,3	5,3	13,5	10,1	4,9	37,1



**Figure 17 :** Répartitions annuelles des vents sur huit directions de la région de Beni Messous.

**2.5. L'évaporation :**

D'après les données de l'ONM, la moyenne annuelle est de 1104 mm, la moyenne mensuelle maximale est enregistrée au mois d'Août avec une valeur de 141 mm.

La moyenne mensuelle minimale est enregistrée au mois de Février avec une valeur de 52mm.

D'après la figure ci-dessous on remarque l'existence de trois périodes :

- Une période où l'évaporation est plus forte que les précipitations, elle correspond à la saison sec de Juin à Août.
- Une période où les précipitations sont importantes, elle dure cinq mois (de Novembre à Mars).
- Une période de transition pendant les deux mois de Mars à Avril.

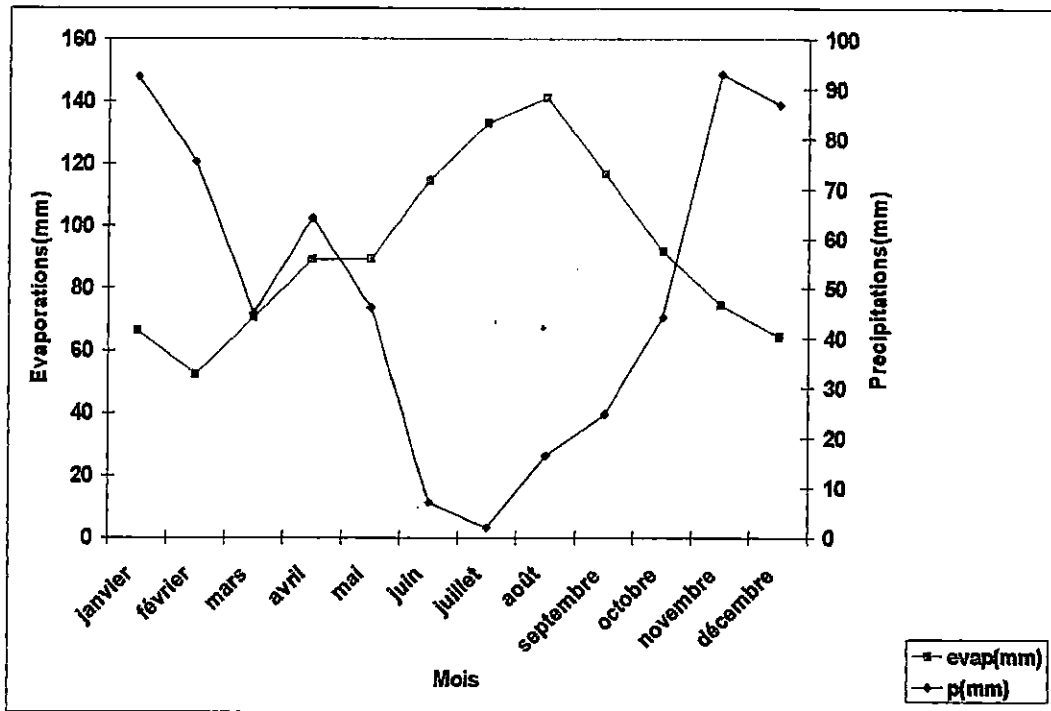


Figure 18 : Profil évaporation- précipitation de la région de Beni Messous.

**CONCLUSION :**

Le climat de Beni Messous est de type méditerranéen caractérisé par une température élevée et relativement pluvieux avec une saison humide de sept (7) mois et une saison sèche de cinq (5) mois qui correspond à la période estivale.

D'après les données climatiques de la région, durant deux mois allant de 20 avril au 20 juin 2006, le climat est caractérisé par une température modérée, un fort ensoleillement, une grande évaporation et une pluviométrie presque nulle. Ces conditions sont très favorables aux processus biologiques.

# **Chapitre II :**

# **Méthodes d'analyses**

La qualité des eaux usées traitées est une donnée importante dans l'évaluation de l'impact sanitaire et environnemental lié à la réutilisation et au rejet de ces eaux dans le milieu naturel. Le présent travail a pour objectif l'étude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de la station d'épuration par lagunage naturel de Beni Messous.

L'analyse physico-chimique consiste en : la mesure de température, la salinité, les MES, la chlorophylle et les phéopigments, DBO<sub>5</sub>, DCO, ainsi que les sels nutritifs. Ces derniers sont représentés par les nitrites, les orthophosphates et l'azote ammoniacal.

L'analyse bactériologique consiste en un dénombrement des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des Salmonelles, des Sulfito-réducteurs, ainsi que la recherche des vibrions.

### **1. Echantillonnage :**

Les échantillons d'eaux usées ont été prélevés une fois par semaine pendant deux mois, à l'entrée et à la sortie de chaque bassin, soit un total de huit prélèvements par bassin. La période de prélèvement s'étale du **20 Avril 2006** au **20 Mai 2006**.

Les échantillons destinés à l'analyse physico-chimique sont prélevés dans des flacons en polyéthylène de 250 ml.

Des flacons en verres de 500 ml stériles sont réservés pour l'analyse bactériologique. Les échantillons sont transportés au laboratoire dans une glacière isotherme (4°C). L'analyse s'est effectuée dans un délai de huit (08) heures.

### **2. Méthodes d'analyses :**

Les paramètres analysés sont :

#### **2.1 Paramètres physico-chimiques :**

##### **2.1.1. La température :**

Les températures de l'air et de l'eau ont été prises in situ en utilisant un thermomètre gradué de -20 à 250°C de marque **LABOSI**.

##### **2.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :**

Pour la mesure du pH, la méthode électrochimique avec électrode de verre a été utilisée au moyen d'un pH mètre de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »**.

##### **2.1.3. Les matières en suspension (MES) : [11]**

Un volume d'échantillon (100 ml) est filtré sur un filtre Whattman de porosité 0,45 µm. Le poids des matières retenues est déterminé par pesée différentielle du filtre après passage à l'étuve à 105°C pendant 2 heures.

Pour cette mesure nous avons utilisé :

- Un dispositif de filtration sous vide de marque **Sartorius**.
- Des membranes filtrantes **Whattman**.
- Une balance de marque **DENVER M220D** (précision 10<sup>-4</sup>)
- Une étuve de marque **MEMMERT**

Mode opératoire :

Rincer les filtres à l'eau distillée.

Sécher à l'étuve à 105°C pendant deux heures.

Peser le filtre ( $P_1$ )

Mettre en place le porte filtre sur la fiole de filtration et brancher la trompe à vide.

Verser doucement 100 ml d'échantillon sur le centre du filtre.

Retirer le filtre avec une pincette.

Sécher le filtre pendant deux heures à l'étuve.

Peser le filtre. ( $P_2$ )

**Calcul de la concentration de la matière en suspension :**

La concentration des MES est donnée par l'expression :

$$[MES] \text{ mg/l} = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

$P_1$  : poids du filtre avant filtration (mg),

$P_2$  : poids du filtre après filtration (mg),

V : volume filtré (l).

**2.1.4. Demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) :**

C'est une méthode manométrique avec des manomètres de marque OxiTop à affichage numérique qui se fixe directement sur le flacon de DBO.

Un volume de 250 ml d'échantillon est introduit dans des flacons bruns en verre avec agitation magnétique. La consommation d'oxygène induit une production de CO<sub>2</sub> absorbé par un piège à soude créant ainsi une dépression enregistrée par le manomètre. Cette dépression est liée par corrélation à la DBO en fonction du volume de l'échantillon.

La température est équilibrée par un thermostat réglé à 20°C. La lecture se fait après cinq jours,

**2.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO) :**

La méthode utilisée est celle dite «test en cuvette prête à l'emploi » Vario Middle Range (VMR), cette mesure a été effectuée au niveau du laboratoire de Ben Aknoun sous tutelles de l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD).

Mode opératoire :

- Prendre une cuvette prête à l'emploi et ajouter 2 ml d'eau distillée (blanc).
- Prendre une cuvette prête à l'emploi et ajouter 2 ml de chaque échantillon.
- Bien revisser les couvercles et agiter avec précaution.
- Exposer dans le réacteur thermique deux heures durant à une température de 148 °C.
- Durant cette période agiter au moins deux fois les cuvettes.
- Retirer du réacteur et laisser refroidir à température ambiante au moins 45 mn, de préférence laisser toute une nuit.
- Etalonner le spectrophotomètre avec le blanc à la longueur d'onde 620 nm.
- Faire la lecture des différents échantillons à la même longueur d'onde.
- Le résultat apparaît en indiquant la quantité de DCO en mg/l.

### 2.1.6. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) : [11]

Pour l'analyse des nitrites nous avons utilisé la méthode par spectrophotométrie en utilisant un spectrophotomètre UV visible de marque SHIMADZU. UV mini-1240, cette méthode est utilisée pour les autres sels nutritifs.

Les ions nitrites forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide, puis le diazoïque réagit avec le N-naphtyl-éthylène diamine pour former un colorant rose qui absorbe à la longueur d'onde de 543 nm.

#### Mode opératoire :

- Rincer une éprouvette de 50 ml avec l'eau à analysée et y introduire  $50 \pm 1$  ml de l'échantillon.
- Ajouter 1 ml de la solution de Sulfanilamide (réactif 01) et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 min.
- Ajouter 1 ml de la solution de N- Naphtyl- éthylène diamine (réactif 02) et mélanger à nouveau.
- Attendre au moins 10 min pour la stabilisation de la coloration mais pas plus de deux heures. Mesurer les absorbances par spectrophotométrie à la longueur d'onde 543nm.

### 2.1.7. L'Azote Ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ): [11]

Les ions ammoniums forment en milieu alcalin un composé bleu par réaction avec le phénol et l'hypochlorite en présence de nitroprussiate comme catalyseur.

L'intensité de la coloration est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 630 nm.

#### Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'échantillon
- Ajouter 3ml de réactif phénol-ritroprussiate (R1).
- Boucher et agiter pour bien homogénéiser
- Ajouter sans attendre 3 ml de réactif alcalin d'hypochlorite (R2)
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 7 heure de préférence laissé toute une nuit à température ambiante.
- Mesurer l'absorbance à 630 nm par apport à l'eau distillée.

### 2.1.8. Orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ): [11]

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue qui est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur (le tartrate double d'antimoine et de potassium).

#### Mode opératoire :

- Toute la verrerie doit être rincée à l'acide chlorhydrique à 5 % puis à l'eau distillée pour éviter toute contamination.
- Introduire 20 ml de l'échantillon d'eau à mesurer dans un flacon. Ajuster le pH à 7 si nécessaire.
- Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique.
- Attendre 30mn pour la stabilisation de la couleur, remplir une cuvette standard et mesurer l'absorbance par spectrophotométrie à la longueur d'onde de 800 nm.

### 2.1.9. Dosage de la chlorophylle et des phéopigments : [11]

Après filtration d'un volume de 100 ml d'échantillon sur des filtres en fibre de verre, les filtres sont immergés dans un solvant (méthanol) qui assure l'extraction des pigments.

Ensuite, on mesure l'absorbance de l'extrait par la spectrophotométrie avant et après l'acidification.

Calcul des concentrations :

Les absorbances brutes à 665 nm et 750 nm doivent être corrigés comme suit :

$$\text{Avant l'acidification : } A_{665}^{na} = (Ab_{665}^{na} - bc_{665}) - (Ab_{750}^{na} - bc_{750})$$

$$\text{Après l'acidification : } A_{665}^a = (Ab_{665}^a - bc_{665}) - (Ab_{750}^a - bc_{750})$$

Les concentrations de Chlorophylle et des Phéopigment sont mesurées à partir de l'équation

$$\text{suivant : } \begin{aligned} [\text{Chlorophylle}] (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}) &= \frac{26,7(Ab^{na} - A_{665}^a) * v}{VL} \\ [\text{Phéopigments}] (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}) &= \frac{26,7(1,7A_{665}^a - Ab^{na}) * v}{VL} \end{aligned}$$

v : volume de solvant d'extraction

V : volume d'eau filtre

L : longueur de cuve

### 2.2. Analyses bactériologiques :

Les germes recherchés et dénombrés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les Stéptocoques fécaux, ces germes sont révélateur d'une contamination fécale et entraînent par leurs abondance la présomption de contamination plus dangereuse.

La méthode de dénombrement de ces germes est la méthode du nombre le plus probable (NPP) par l'incubation des échantillons en milieu liquide.

La détermination du nombre caractéristique (nombre des tubes positifs) permettra l'établissement du nombre le plus probable par la consultation de la table de Mc Grady. [14] (annexe)

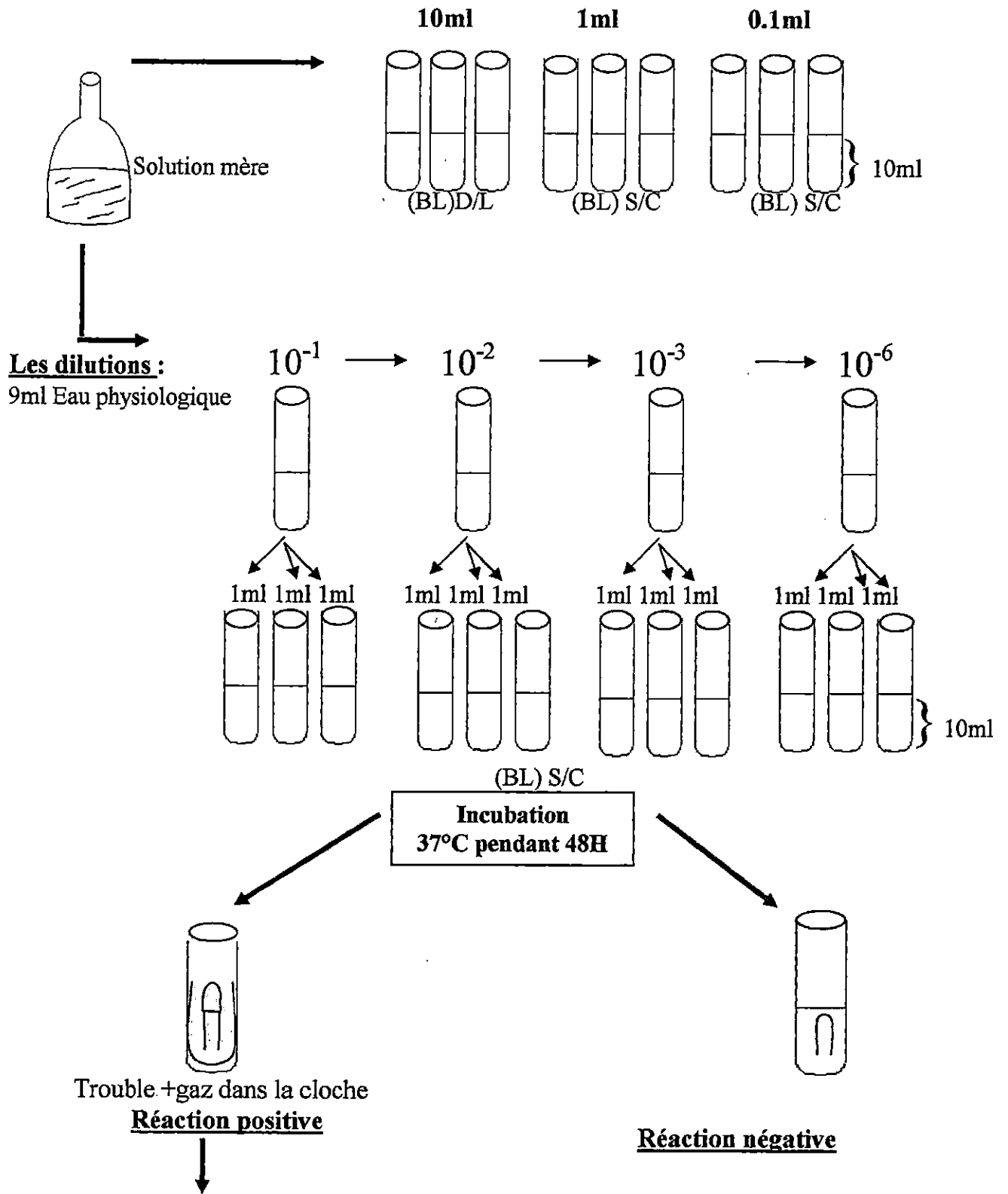
Le dénombrement des Sulfito-réducteurs a été aussi effectué ainsi que la recherche des vibriens et des salmonelles.

#### 2.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux et fécaux :

La méthode standard indiquée dans les figures suivantes fait appel à deux tests consécutifs à savoir [30]:

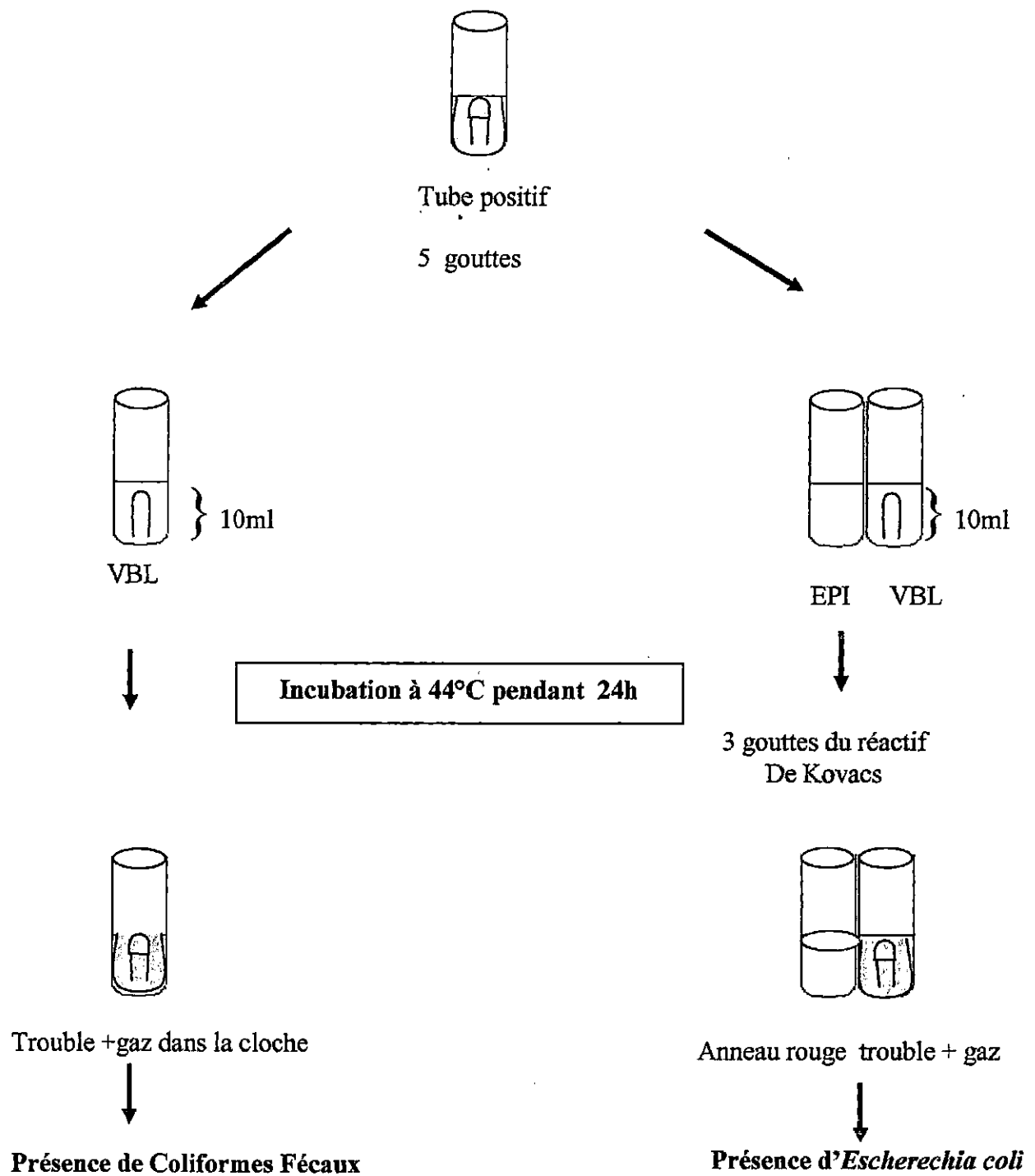
**Test présomptif :** Réservé à la recherche des Coliformes totaux, réalisé sur bouillon lactosé, sa fermentation se manifeste par un trouble et un dégagement de gaz dans les cloches de Durham.(figure 19)

**Test confirmatif :** Réservé à la recherche des Coliformes fécaux dits coliformes thermo-tolérants, dont *Escherichia coli* à une température de 44°C, à partir des tubes positifs du test précédent.(figure 20)



Présence de Coliformes totaux

Figure 19 : Technique de dénombrement des Coliformes totaux dans l'eau « test présomptif »



**Figure 20 :** Technique de dénombrement des Coliformes Fécaux et *Escherichia coli* dans l'eau « test confirmatif ».

**2.2.2. Dénombrement des Streptocoques fécaux :**

La technique de recherche des Streptocoques fécaux indiquée dans la figure 21 et 22, nécessite deux tests consécutifs :

**Un test présomptif :** Réalisé sur le milieu de Rothe.

**Un test confirmatif :** Qui consiste à réensemencé les tubes de Rothe positifs sur le milieu Eva- Litsky.

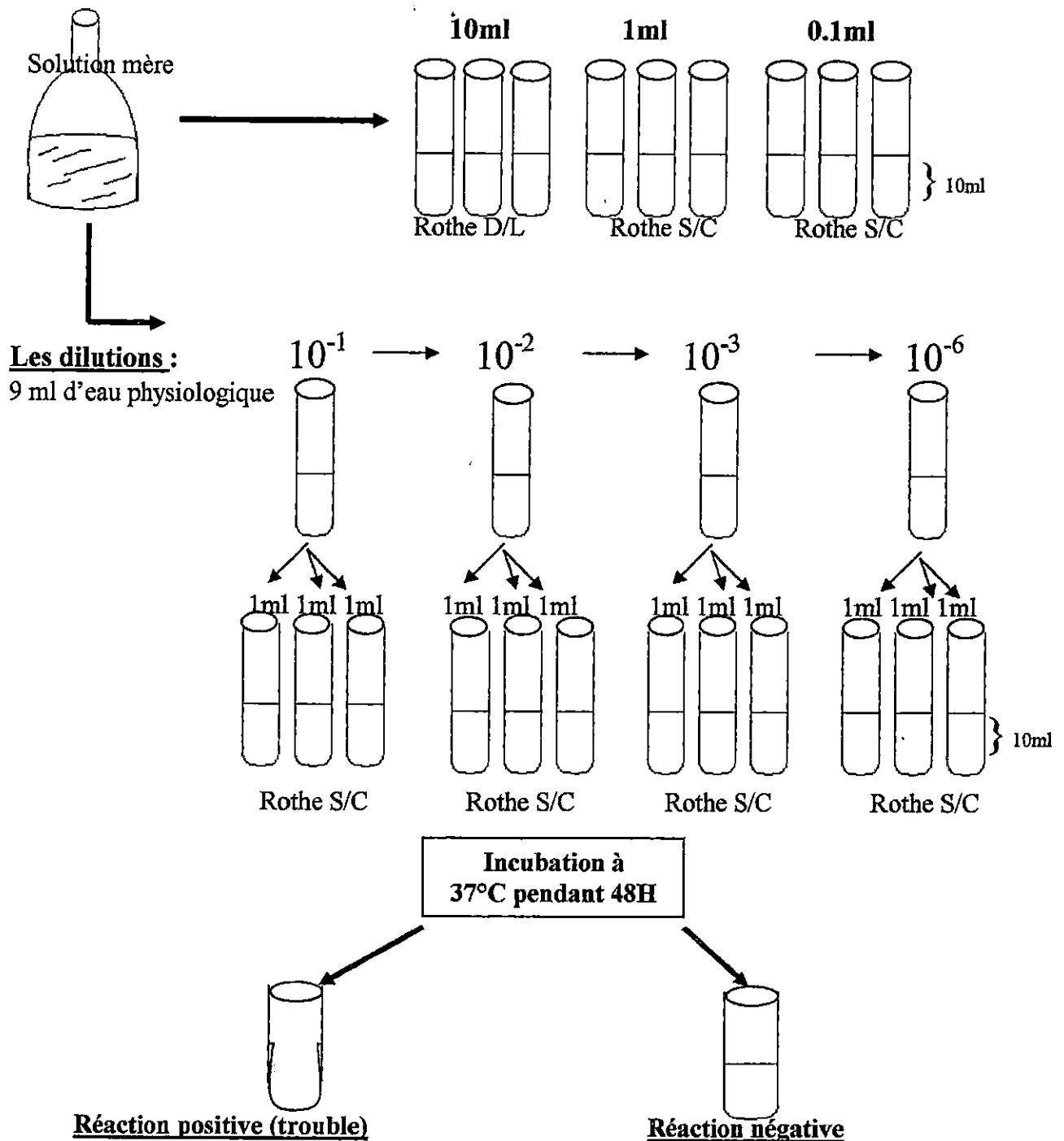


Figure 21 : Technique de dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau « Test présomptif »

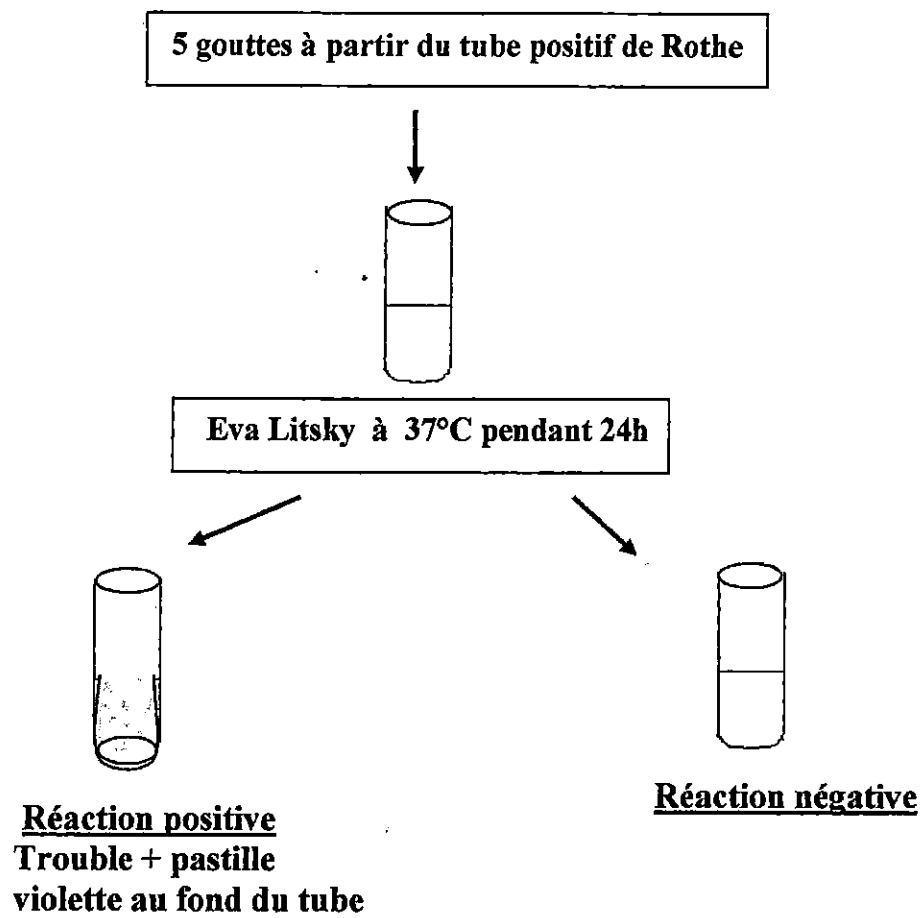


Figure 22 : Technique de dénombrement des Streptocoques fécaux dans l'eau  
Test confirmatif

### **2.2.3. Techniques des recherches des germes pathogènes :**

La recherche des Salmonelles et des Vibrios est effectuée par la méthode qualitative, réalisée en trois étapes successives : l'enrichissement, l'isolement, l'identification biochimique.

#### **2.2.3.1. Dénombrement des Salmonelles :**

on utilise le milieu de culture SFB ( bouillon au sélénite de sodium et cystéine ) pour l'enrichissement et le dénombrement par la technique des tubes multiples ou NPP, le milieu gélosé Hektoen est utilisé pour isoler les colonies typiques des salmonelles à partir des tubes d'enrichissement.

Des galeries d'identification biochimiques ont été utilisées pour confirmer l'espèce appartenant au genre Salmonella

##### **A- Premier enrichissement :**

On ensemence simultanément 1 ml, 0.1 ml et 1 ml de la deuxième dilution ( $10^{-2}$ ), dans le culture SFB (S/C).le SFB favorise leur développement en inhibant par l'action du sélénite de sodium la croissance des Coliformes et des Entérocoques. [35]

L'incubation se fait à 37°C pendant 18 heures.

##### **B- Premier isolement :**

Une goutte des tubes positifs (virage de la couleur du jaune au rose) est ensemencée par des stries serrées à la surface de la gélose d'Hektoen dont le pouvoir sélectif est assuré par les sels biliaires qui limitent le développement des bactéries Gram+.

Les boîtes ensemencées sont incubées à 37°C pendant 24 heures.

##### **C- Deuxième enrichissement :**

Il s'effectue en transférant quelques gouttes des tubes positifs de SFB (S/C) dans un tube de SFB (D/C).

Les tubes sont incubés à 37°C pendant 18h.

##### **D- deuxième isolement :**

Il s'effectue en étalant une goutte de SFB positif sur Gélose Hektoen. L'identification des bactéries isolées est basée sur l'attaque des trois sucres : salicine, lactose et saccharose. Sachant que les salmonelles ne sont pas capables de dégrader aucun de ces sucres.

La présence des colonies bleues-vertes à centre noir ou vert présume la présence d'une salmonelle.

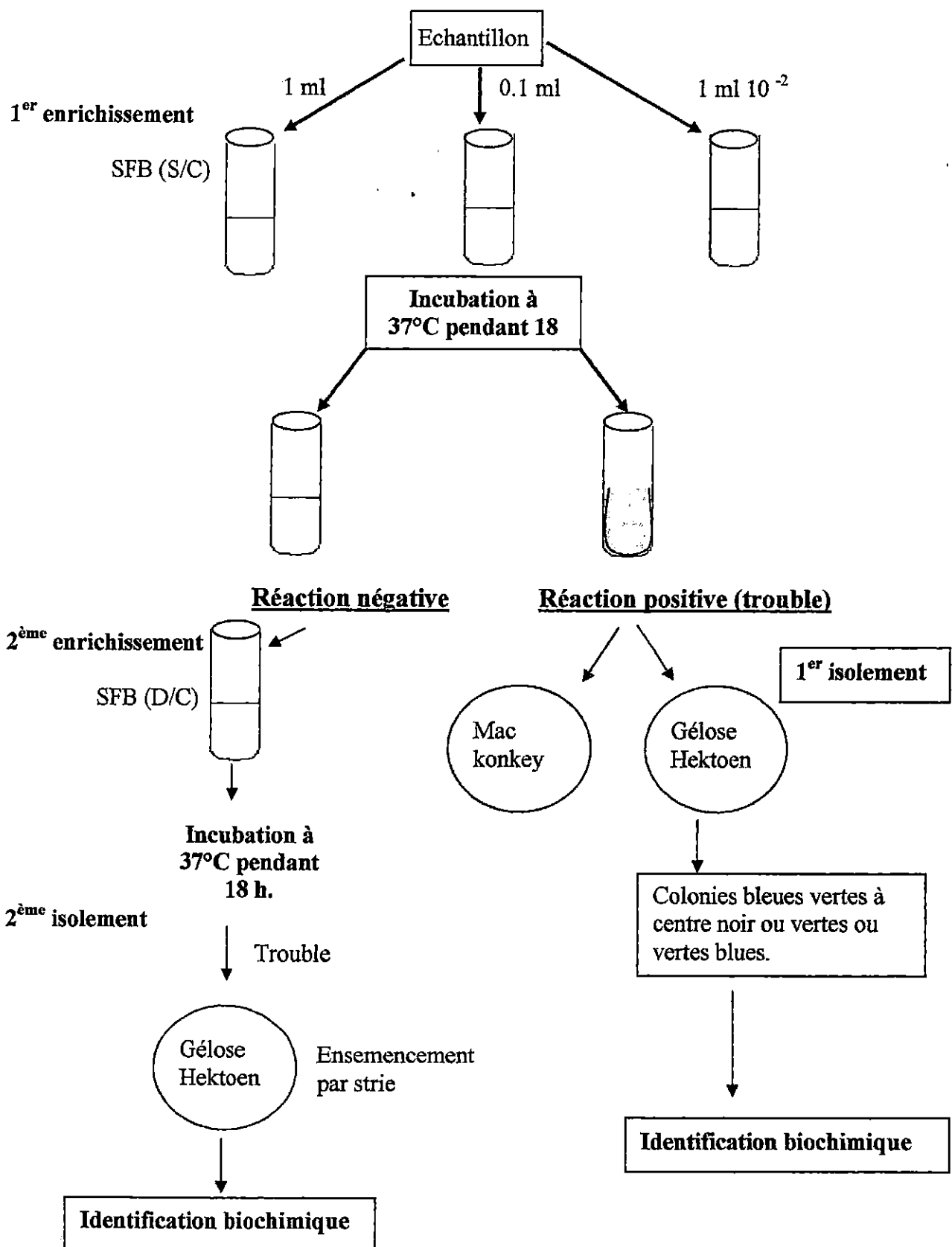


Figure23: Technique de recherche des Salmonelles.

**2.2.3.2 Recherche des vibrions :**

Ce sont des germes pathogènes pour l'homme et les animaux, leur recherche est d'ordre qualitatif selon les étapes suivantes ;

**A- premier enrichissement :**

Le milieu d'enrichissement des vibrions est l'eau peptonée alcaline (EPA) dix fois concentrée (50 ml). On rajoute 450 ml de chaque échantillon.

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 heures.

**B- premier isolement :**

On procède à l'étalement d'une goutte prélevée à l'aide d'une anse de platine du flacon d'EPA sur gélose TCBS et sur gélose GNAB.

**C- Deuxième enrichissement :**

Il consiste à transférer quelques gouttes d'EPA 10 fois concentré dans un tube d'EPA simple concentration puis incubation à 37°C pendant 24H.

**D- Deuxième isolement :** La même façon que le premier isolement.

**Lecture :** les colonies suspectes sur GNAB et sur TCBS sont translucides, lisse et bombées.

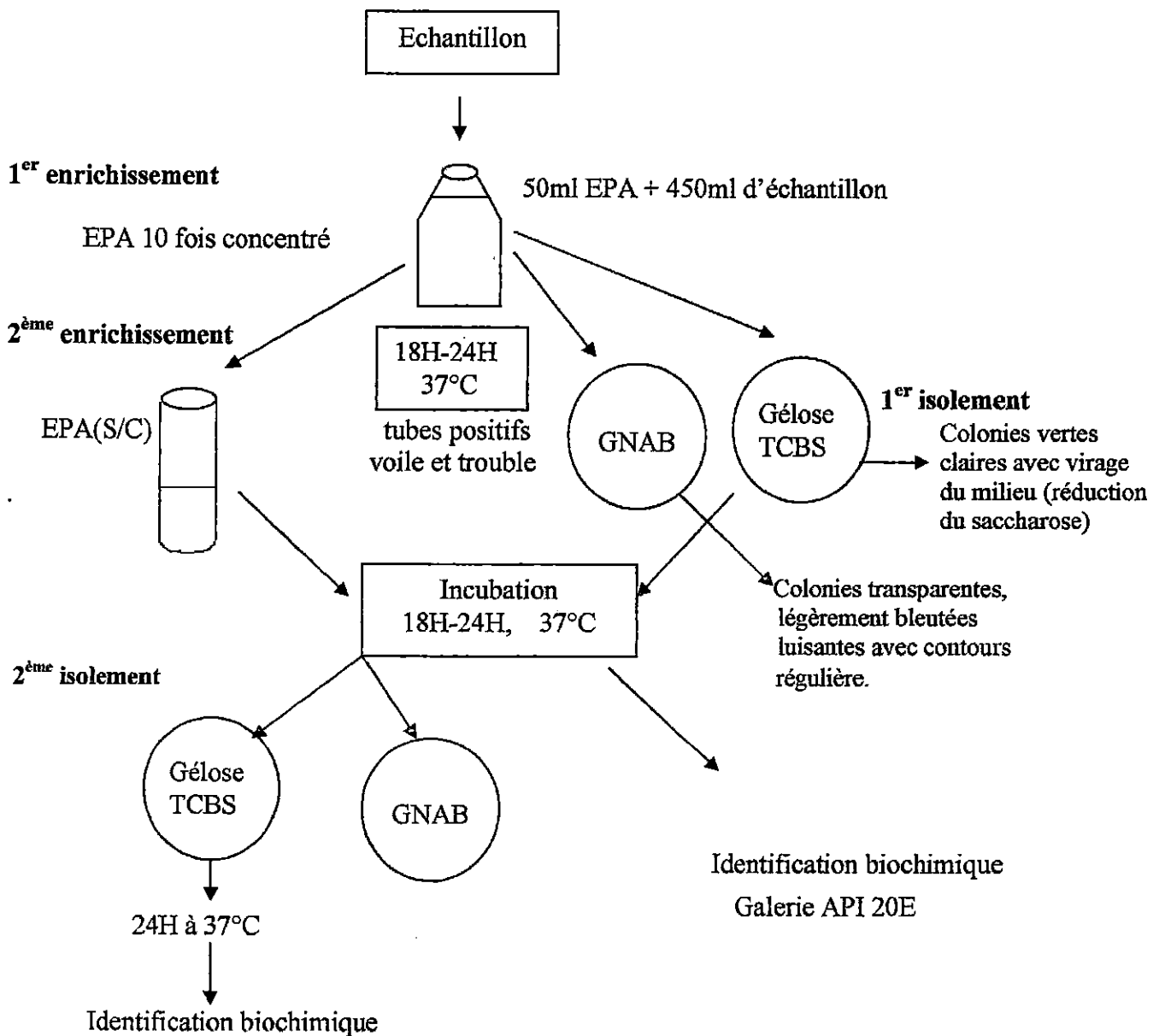




Figure 24 : Technique de recherche des vibrions.

### 2.2.3.3 Dénombrement des Sulfito-réducteurs :

Ce test permet de mettre en évidence une pollution fécale ancienne, en effet, les spores sont plus résistantes que les autres formes.

La technique de recherche des Sulfito-Réducteurs est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 05 : Méthode de recherche des Sulfito-réducteurs

Mode opératoire	Résultats	Aspect d'un tube négatif	Aspect d'un tube positif
<p>La gélose viande foie (VF) est régénérée par ébullition au bain-marie.</p> <p>On rajoute une ampoule d'Alun de Fer et une de Sulfite de Sodium à 250ml de gélose</p> <p>Les tubes contenant 5ml d'échantillon sont maintenus à 80°C pendant 10mn.</p> <p>On rajoute 15ml de la gélose (VF) à l'aide d'une pipette graduée et stérilisée.</p> <p>Laisser refroidir.</p> <p>Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 heures.</p>	<p>Les résultats sont directement obtenus par le comptage des spores qui ont germées.</p> <p>Ces résultats sont exprimés en (spores/20ml).</p>		

### 2.2.4. Techniques d'isolement et d'identification des bactéries recherchées :

Afin de mieux caractériser le profil biochimique des bactéries recherchées qui appartiennent aux groupes des Coliformes, des Streptocoques fécaux et surtout des germes pathogènes, une série de tests a été effectuée, il s'agit de :

#### 2.2.4.1. Coloration de Gram :

C'est un test signalé par Christian Gram en 1884 et reste utilisable jusqu'à l'heure actuelle. Il permet la distinction entre deux groupes bactériens, les Gram (+) et les Gram (-). Le premier se colore en violet et le second en rose. Il y a plusieurs théories expliquant ce phénomène, la plus retenue se base sur les différences dans la structure de la paroi de ces deux groupes G (+) et G (-).

La paroi des Gram (-) semble contenir 20 % de lipides qui se dissolvent dans l'alcool augmentant ainsi la perméabilité cellulaire, ce qui facilite l'élimination du colorant violet du

cytoplasme. La fuschine, colorant basique, permettra au Gram (-) d'acquérir une nouvelle coloration rose.

La paroi des Gram (+) ne contient que 5 % de lipides, l'alcool entraîne l'élimination d'eau et le rétrécissement des pores et donc la rétention du violet de Gentiane au niveau du cytoplasme.

### Mode opératoire :


Un frottis fixé à la chaleur est coloré pendant une minute avec une solution de violet de Gentiane, puis rincé rapidement avec une solution de Lugol (02 fois 45 secs). Le frottis est ensuite décoloré avec l'alcool à 95° pendant 30 secondes jusqu'à ce que l'excès de colorant soit éliminé.

Le frottis est rincé immédiatement à l'eau sous un robinet puis soumis à une coloration avec une solution de fuschine, on rince rapidement à l'eau et on sèche, après ces traitements les cellules Gram négatif sont roses et les cellules Gram positif sont violettes.

### 2.2.4.2 Test de catalase :

Les cocci Gram (+) font l'objet de test de la catalase, le mode opératoire de ce test est schématisé dans le tableau suivant :



Tableau 06 : Test de la catalase

Technique	Résultats	Aspect du test positif
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sur une lame propre et séchée déposer une goutte d'eau oxygénée à 10 volume.</li> <li>• A l'aide d'une pipette pasteur, une colonie bactérienne isolée est déposée sur la lame.</li> <li>• Observer immédiatement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apparition de bulles, dégagement gazeux de dioxygène : <b>catalase (+)</b></li> <li>• Pas de bulles : <b>catalase (-)</b></li> </ul>	

### 2.2.4.3. Test de l'esculinase sur milieu Bile Esculine Agar (BEA) :

L'esculinase est un test utilisé dans l'identification différentielle au sein de nombreux genres bactériens, notamment les Streptocoques fécaux qui ont la capacité de croître sur des milieux hostiles (en présence de la bile), le mode opératoire est résumé dans le tableau 07 :

Tableau 07 : Test de la bile esculine

Mode d'ensemencement	Résultats	Aspect d'un test négatif	Aspect d'un test positif
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Régénéré le milieu</li> <li>• Piqûre centrale dans le culot</li> <li>• Incubé à 37°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Test positif</b> : Le milieu présente une forte coloration noire à cause de l'hydrolyse de l'esculine. esculine (+).</li> <li>• <b>Test négatif</b> : Le milieu ne présente pas de coloration, esculine (-).</li> </ul>		

**2.2.4.4. Galeries d'identifications :**

Afin d'identifier les espèces bactériennes, les galeries d'identification API 20E et API 20 A, permettant de déterminer le profil biochimique et fermentaire, ont été utilisées.

**Mode opératoire :**

A partir d'une boîte Pétri pure (un seul type de bactérie) ensemencée, on prépare une suspension dans de l'eau physiologique. Avec cette solution bien homogénéisée, on remplit les galeries en respectant le mode d'emploi (figure 25, annexe 02). Les galeries sont incubées à 37C° pendant 24H.

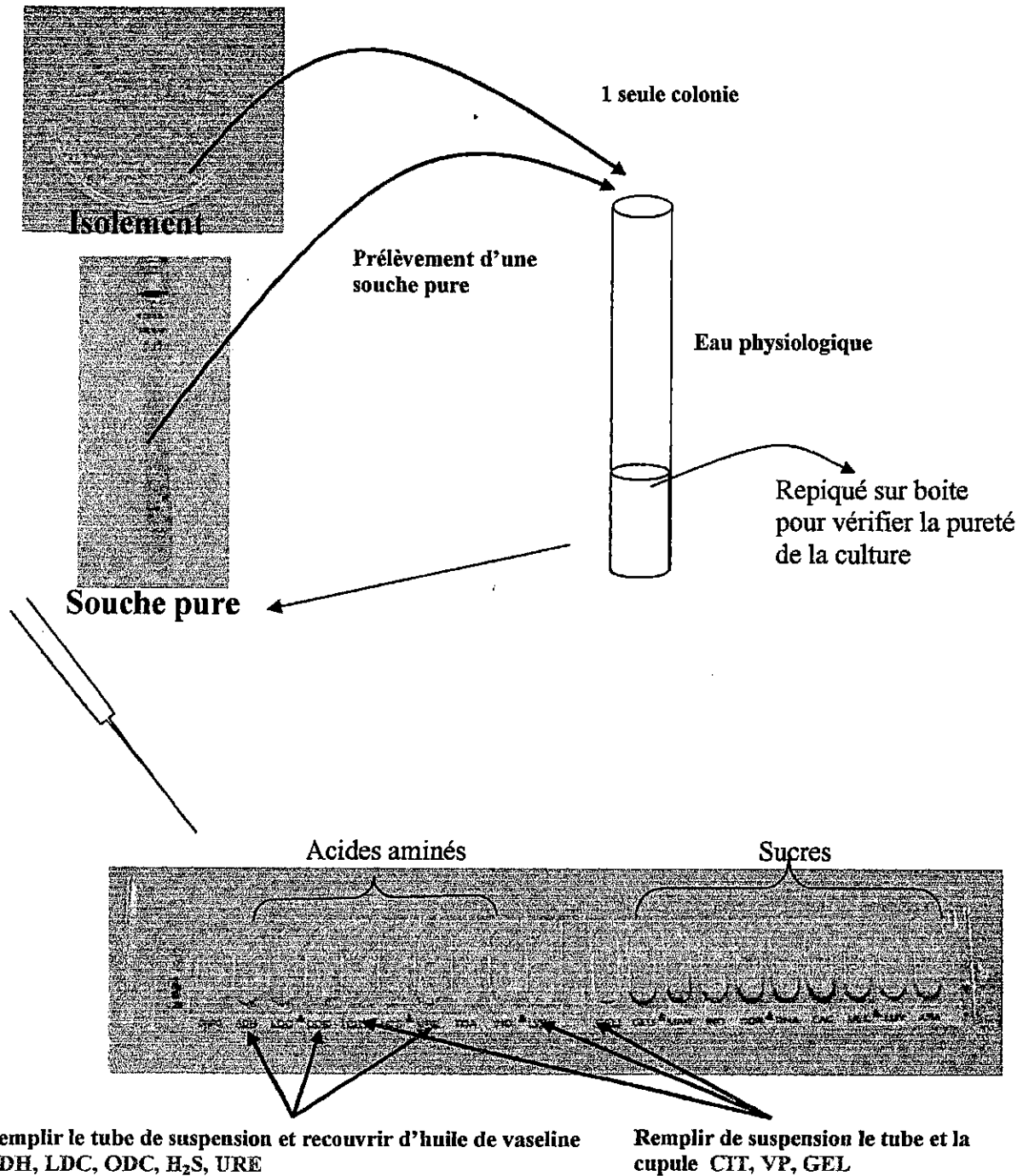


Figure 25 : Technique d'identification biochimique à partir d'une galerie API 20 E.

# Chapitre III :

## Résultats et interprétations

Après l'identification de la zone d'étude et le matériel utilisé au cours de la période de prélèvement, nous avons essayé de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, et cela dans les différents points de prélèvement de la lagune afin de vérifier l'efficacité d'épuration de ce système.

### I. Paramètres physico-chimiques :

Le tableau 22 (Annexe 5) représente un résumé récapitulatif des résultats des différents paramètres mesurés au cours de notre période de travail, à savoir la température de l'eau et de l'air, pH, salinité, conductivité, MES, DBO<sub>5</sub>, DCO, la Chlorophylle, les Phéopigments, les nitrites, les nitrates, l'ammonium et les orthophosphates, ceci à l'entrée et à sortie de chaque bassin.

#### I.1. Température :

Nous avons procédé au moment du prélèvement à une prise de température de l'air, et celle de l'eau au niveau de chaque bassin.

Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 26.

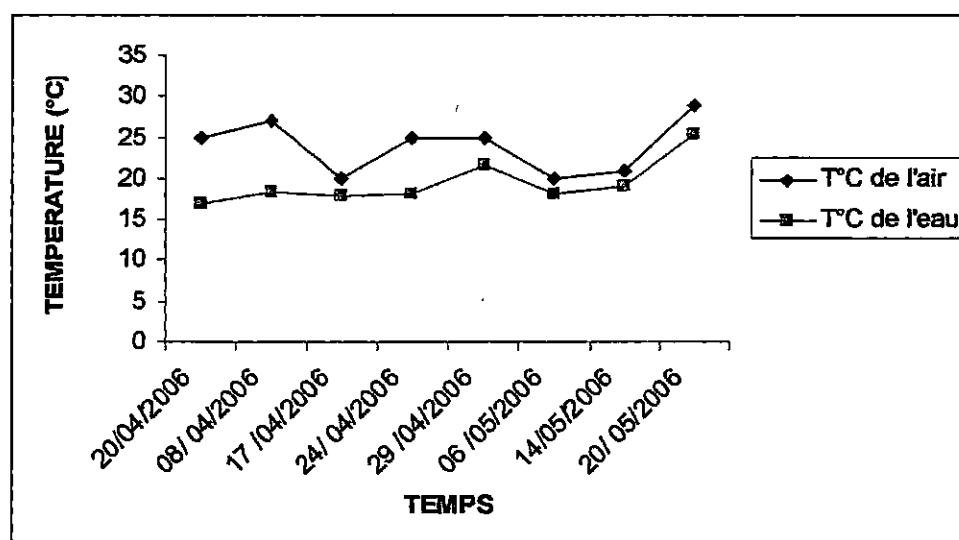


Figure 26 : Variation de température de l'eau et de l'air en fonction du temps.

La température de l'eau a évolué entre 15°C et 22°C, pour l'air les températures varient entre 17°C et 29°C.

Selon la figure 26 nous remarquons que, la température de l'eau est soumise à d'importantes fluctuations nyctémérales mais toujours en fonction de la température de l'air, ce lien est dû principalement au transfert de chaleur par convection entre les deux milieux.

La température de (15 à 22) °C permet le développement des bactéries psychrophiles et mésophiles, à des températures de (22 à 30) °C l'activité photosynthétique des algues est à son maximum.

Au-delà de cette limite, l'activité photosynthétique des algues est ralentie ce qui affecte le niveau de concentration en oxygène dissous, et par conséquent, le taux d'élimination des indicateurs fécaux. [36]

Durant nôtre étude la température moyenne de l'eau est de 19°C, elle se situe dans l'intervalle des températures qui favorisent le développement des micro-organismes épurateurs, qui est de 4°C à 35°C. [21]

### I.2 Potentiel d'hydrogène :

Le pH est considéré comme un paramètre important pour l'évaluation de la qualité d'eau, c'est pourquoi il doit être étroitement surveillé au cours de tout traitement. Les résultats obtenus sont représentés sur la figure 27, on remarque que les valeurs du pH différent légèrement en fonction des bassins, allant en moyenne de 8,2 jusqu'à 8,5.

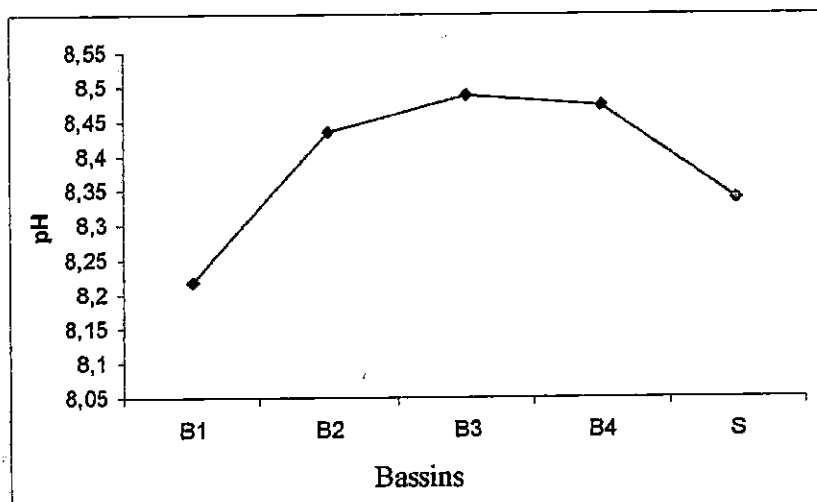


Figure 27 : Variation du pH moyen en fonction des bassins.

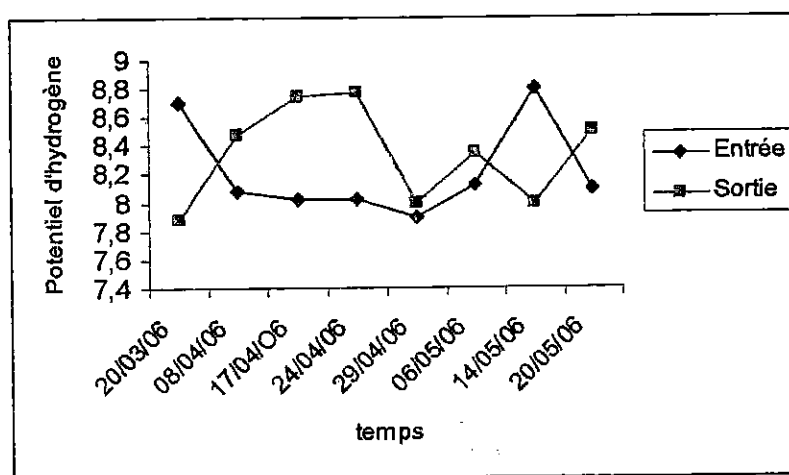


Figure 28 : Variation du pH au niveau de l'entrée et la sortie de lagune en fonction du temps.

Le pH des différents bassins varie ente 7,9 et 8,8, ce qui permet la biodégradation de la matière organique et donc favorise la décontamination des eaux usées.

Les valeurs de pH obtenues sont relativement élevées et cela s'explique par l'activité photosynthétique des algues qui engendrent une libération du CO<sub>2</sub> dans l'eau.

Il est à noter, que les pH alcalins avec des températures élevées dans les différents bassins jouent un rôle très important dans la dégradation biologique de la matière organique ainsi que l'élimination de l'azote par volatilisation de l'ammoniac.

Il a été démontré que les valeurs de pH approchant du 9 ou plus augmentent la mortalité des coliformes fécaux. [06]

### I. 3. Matière en suspension :

D'après les résultats obtenus, les concentrations des matières en suspension suivant les sorties sur terrain, présentent peu de variation pendant la période d'étude, ces résultats sont représentés dans la figure suivante :

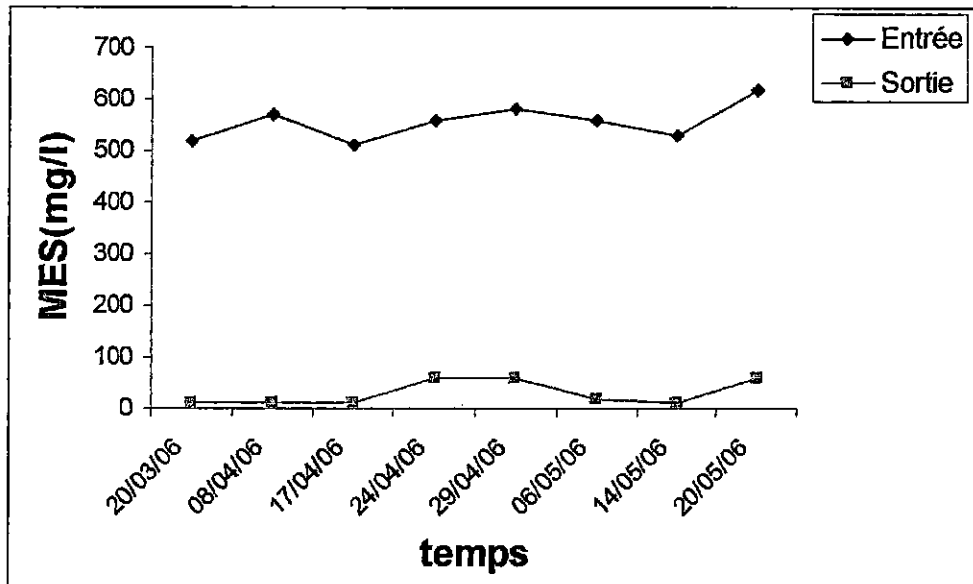


Figure 29 : Concentrations des MES à l'entrée et à la sortie de la lagune en fonction du temps.

En revanche, il y a une élimination très importante de la matière en suspension de l'eau brute (entrée) et celle de l'eau traitée (sortie).

En effet, à l'entrée de la lagune nous avons enregistré des valeurs très importantes des MES comprise entre 500 et 620 mg/l, cela reflète le fort débits des eaux usées dans l'oued Beni Messous et sa richesse en particules qui crée une pollution par MES. Par contre une faible teneur en MES entre 10 et 60mg/l a été observée à la sortie.

Les rendements d'élimination des MES dans la lagune varient de 89 % jusqu'à 98 %. Après le calcul du rendement moyen des différents de bassins, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 30 :

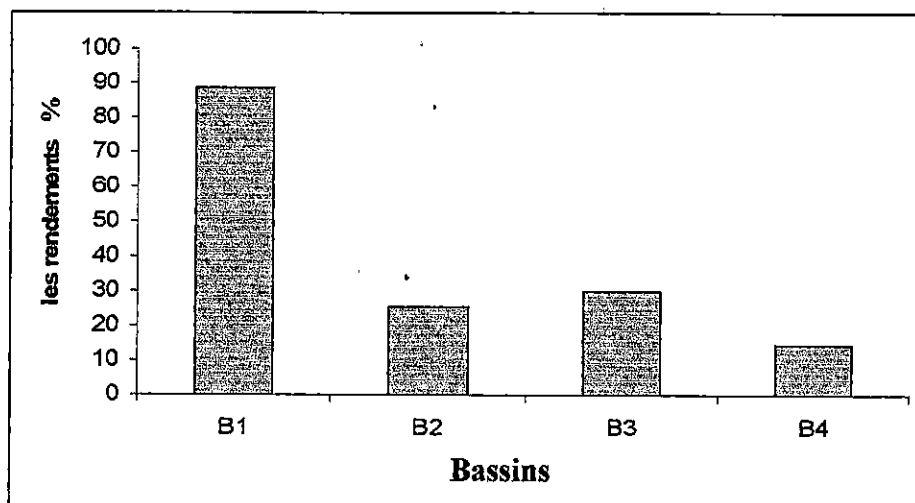


Figure 30 : Histogramme des rendements d'élimination des MES dans les différents bassins.

Selon la figure ci-dessus, nous remarquons que 88% des MES sont éliminées dès le premier bassin et 26% de la concentration restante au niveau du second bassin, dans le troisième et le quatrième le rendement est respectivement de 30% et 15%, mais il faut noter que le rendement d'élimination dans le troisième bassin est supérieur à celui du deuxième bassin cela est dû à une forte production d'algues et du zooplancton qui favorisent l'élimination des MES.

Au regard de la figure on remarque un abattement considérable des MES surtout dans le premier bassin, ce qui est tout à fait normal puisqu'il s'agit du bassin de décantation.

#### I.4. Demande biologique en oxygène $DBO_5$ :

La  $DBO_5$  constitue un moyen efficace pour l'étude des phénomènes de la dégradation de la matière organique.

Elle exprime l'importance de l'activité bactérienne qui se déroule dans l'eau.

La concentration moyenne de la  $DBO_5$  dans les trois points de prélèvement (E1, E3, S) est représentée dans l'histogramme suivant :

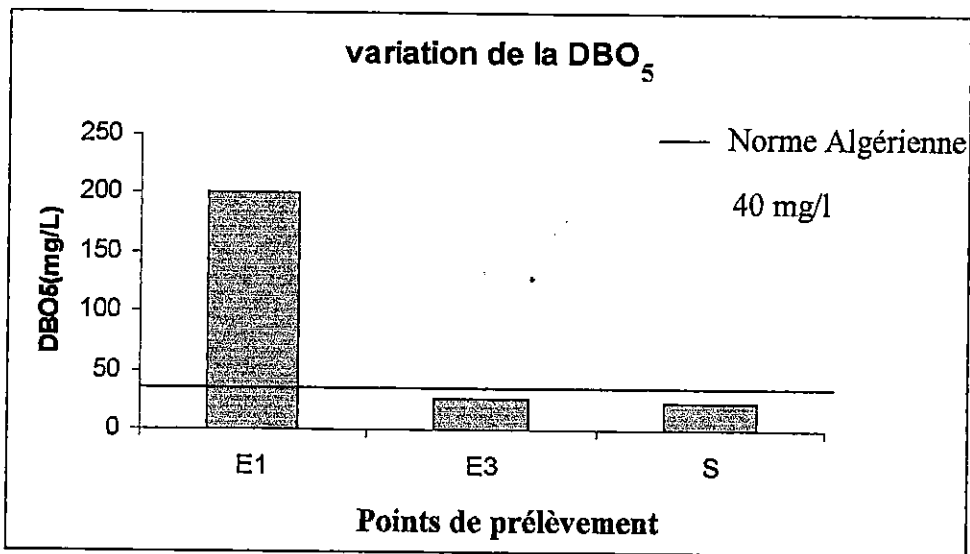


Figure 31: Variation des concentrations moyennes de la DBO<sub>5</sub> selon les points de prélèvement

Les résultats obtenus nous permettent de déduire que les valeurs les plus élevées de la DBO<sub>5</sub> sont enregistrées à l'entrée du premier bassin (200mg/l), puis elles diminuent dans les autres bassins E3 et S, Ces valeurs sont respectivement de l'ordre de 26 et 23 mg/l, cela s'explique par :

- Une augmentation de la DBO<sub>5</sub> dans le premier bassin dûe au faible débit de l'effluent où la concentration des germes est trop importante, ce qui influence positivement sur l'activité bactérienne.
- Une diminution de la DBO<sub>5</sub> dans le troisième et le quatrième bassin due probablement à la réduction du temps de séjour, qui va influencer négativement sur le développement bactériens.

A l'entrée du premier bassin la concentration est largement au-dessus de la norme Algérienne (40 mg/), pour les bassins E3 et S les valeurs sont acceptables selon la norme en vigueur. Le rendement moyen d'élimination de la DBO<sub>5</sub> entre le premier et le troisième bassin (B1/B3) est de 82 %, en ce qui concerne le troisième bassin et la sortie (B3/S) le rendement moyen est de 36%

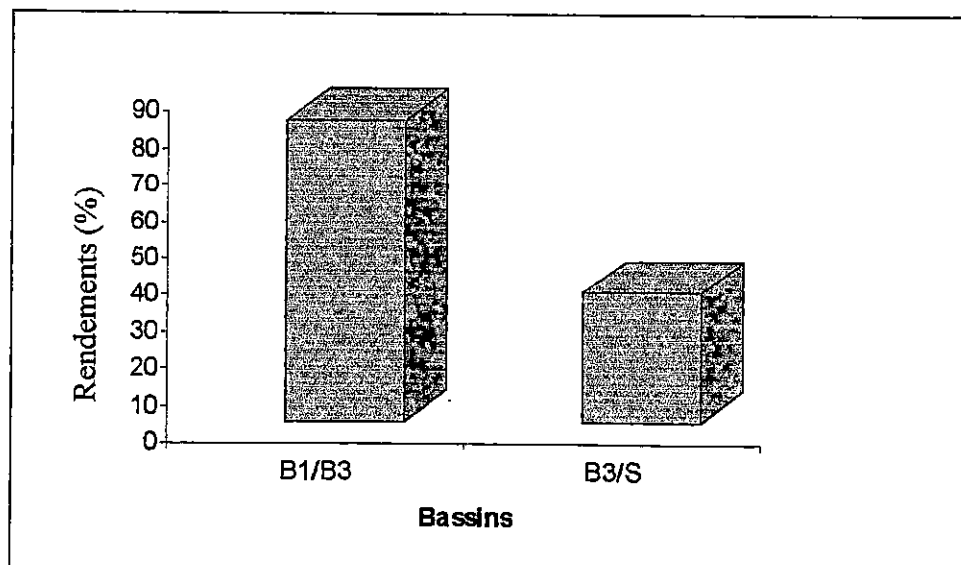


Figure 32 : Variation des rendements d'élimination de la DBO<sub>5</sub> dans les différents bassins.

D'après la figure on conclut que le rendement de la DBO<sub>5</sub> s'effectue principalement dans le premier bassin, dans les autres bassins il est moins important.

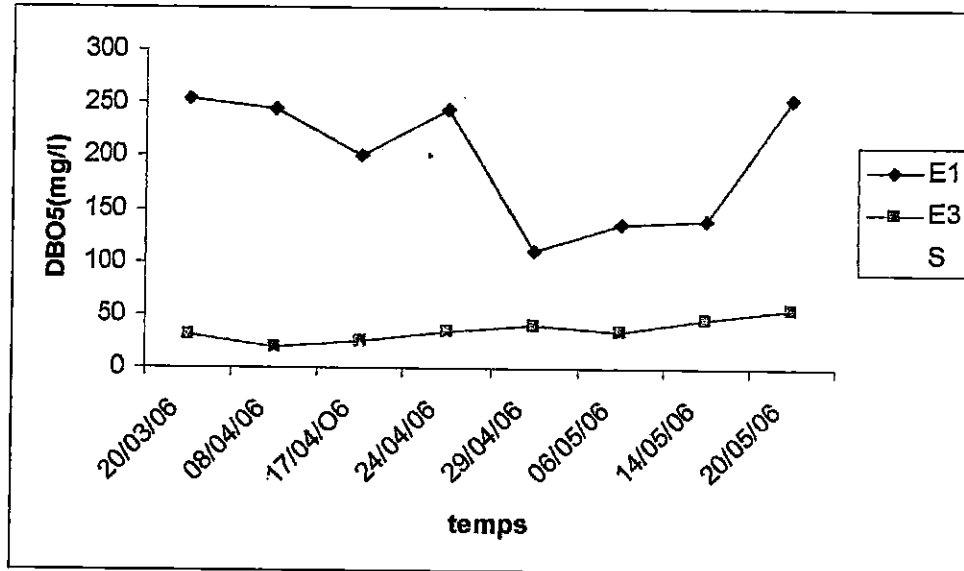


Figure 33 : Variation de la DBO<sub>5</sub> dans les différents bassins en fonction du temps.

Le suivi de la mesure de DBO<sub>5</sub> pendant deux mois d'étude montre que les valeurs de celle-ci à l'entrée ont des fluctuations importantes, au niveau de la sortie, ces concentrations restent relativement stable au cours du temps, vu que l'essentiel de la pollution biologique a été éliminé dans le premier bassin.

### I.5. Demande chimique en oxygène DCO:

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existant dans l'eau. Cette analyse sert essentiellement à la surveillance des eaux usées et des rejets industriels. C'est une mesure globale des matières organiques et de certains sels minéraux oxydables, à la différence de la DBO<sub>5</sub>, qui ne prend en compte que les matières organiques biodégradables. Pour cela, sa valeur est toujours supérieure à celle de la DBO<sub>5</sub>.

La concentration de la DCO dans les différents bassins est représentée par l'histogramme suivant :

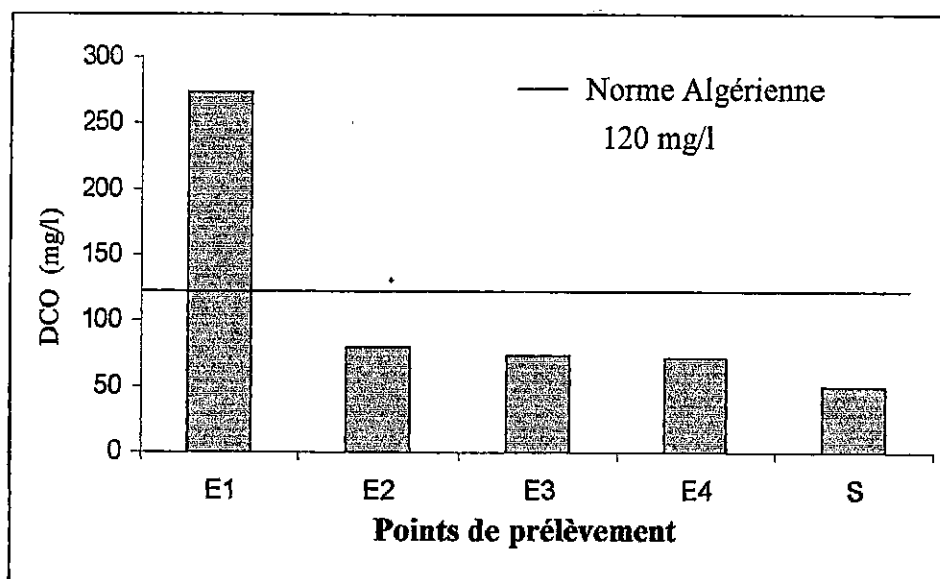


Figure 34 : Variation de la DCO selon les points de prélèvement.

La plus grande valeur de la DCO se situe au niveau de E1 (273 mg/l), la plus faible est enregistrée au niveau de la sortie S (48 mg/l).

De cet histogramme on remarque que mise à part l'entrée les autres bassins sont largement en dessous de la norme Algérienne.(120mg/l)

D'après les valeurs de la DCO dans les différents bassins, on peut calculer les rendements d'élimination qui sont représentés dans la figure 35:

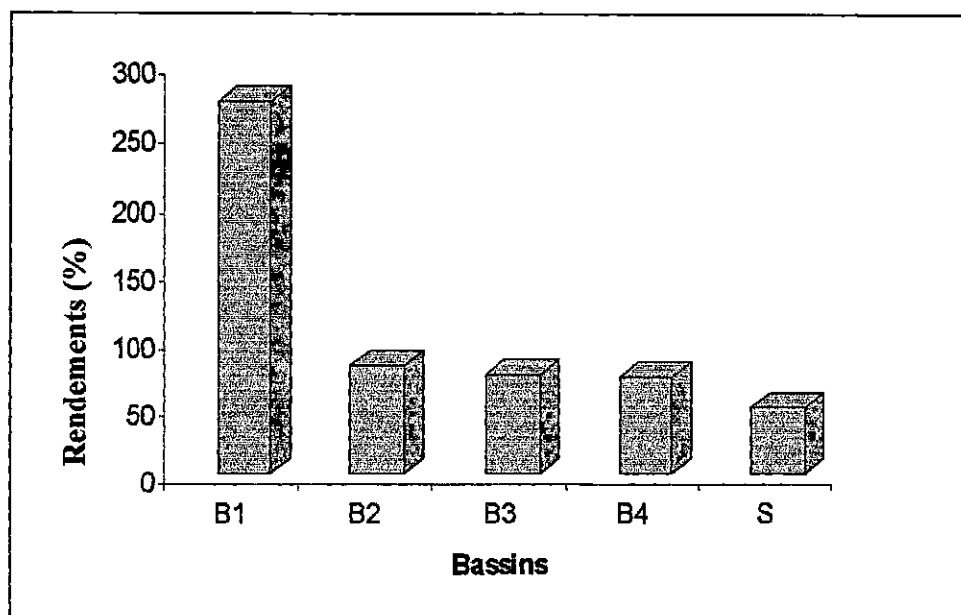


Figure 35 : Variation des rendements d'élimination de la DCO dans les différents bassins.

Le meilleur rendement est observé au niveau du premier bassin (70%), dans le deuxième et le troisième bassin, les rendements sont respectivement de 9% et 1%. en ce qui concerne la sortie, le rendement est anormalement élevé (30%).

### I.6. Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> :

Ce rapport évalue la biodégradabilité d'une eau usée, c'est à dire la faculté de transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel.

- Pour les effluents des industries agroalimentaires, il est de l'ordre de 1,5 à 2, ce qui traduit une forte biodégradabilité.
- Pour un effluent domestique, ce rapport est généralement compris entre 2 et 3.

Enfin, lorsqu'il est supérieur à 3 cela traduit l'apport d'un effluent industriel plus ou moins difficilement biodégradable. [6]

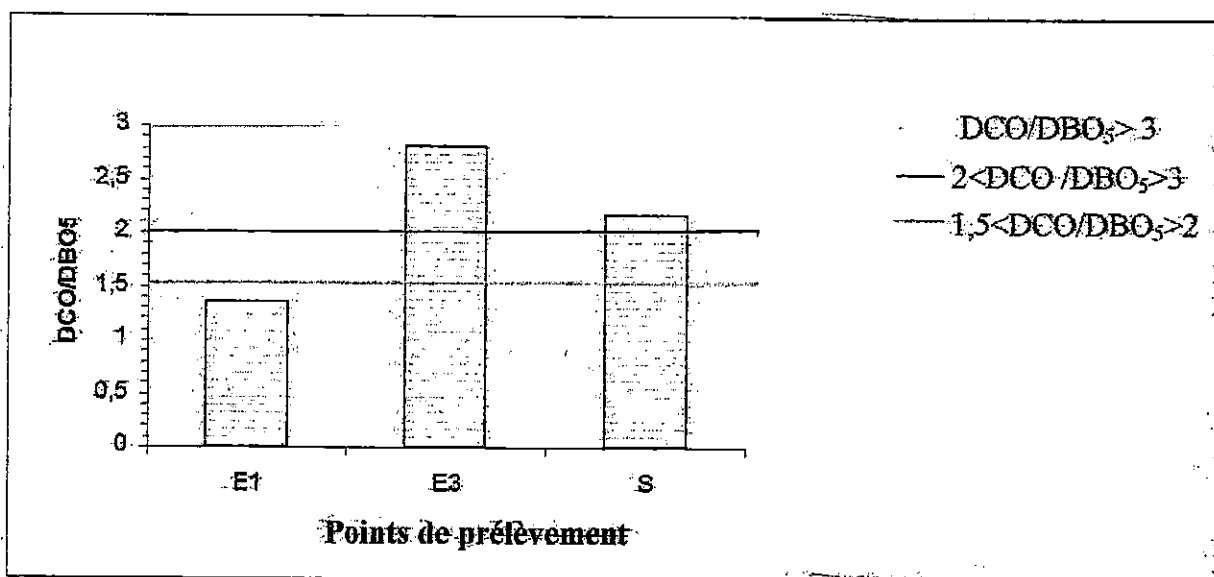


Figure 36 : Variation du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> en fonction des bassins

Concernant l'entrée E1 le rapport DCO/DBO est inférieur à 1.5 ce qui se traduit par une eau à très forte biodégradabilité.

Pour les bassins E3 et S ce rapport est compris entre 2.5 et 3, donc l'eau est biodégradable.

### I.7. Chlorophylle et Phéopigments :

Les concentrations de chlorophylle et des phéopigments sont représentées dans la figure suivante :

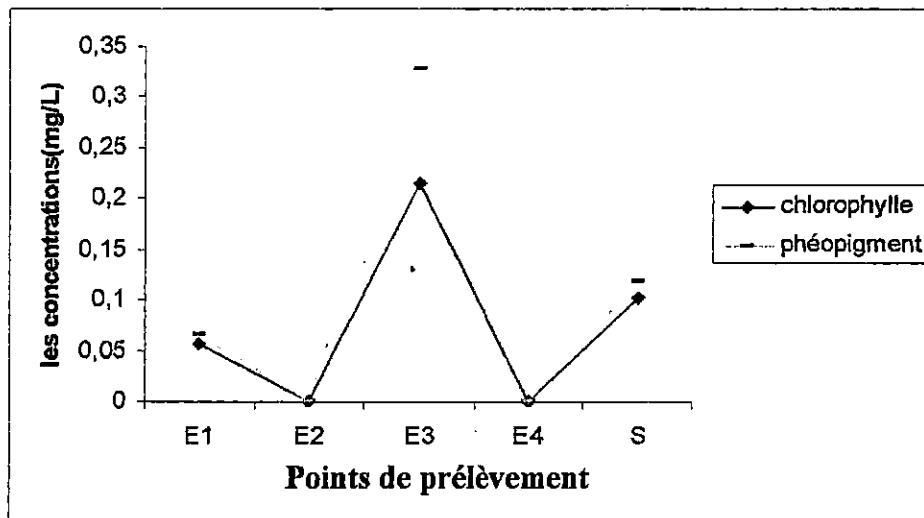


Figure 37 : Variation de la Chlorophylle et des Phéopigments selon les points de prélèvement

Les concentrations les plus élevées de Chlorophylle et des Phéopigments sont enregistrées dans le deuxième et troisième bassin où les conditions sont réunies pour une bonne production algale, à l'entrée la forte turbidité empêche la pénétration de la lumière, à la sortie la concentration de la chlorophylle et des phéopigments est due probablement à la réduction des sels nutritifs ainsi que la prolifération du zooplancton.

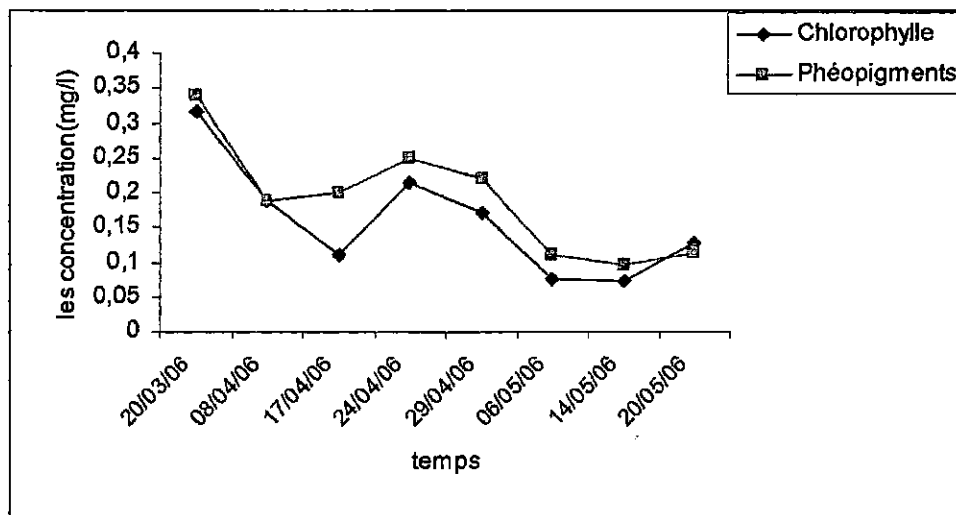


Figure 38 : Concentration moyenne de chlorophylle et phéopigments en fonction du temps.

Les courbes des concentrations moyennes de chlorophylle et phéopigments ont la même tendance, leurs variations est influencées par des facteurs climatiques ( $T^{\circ}$ , ensoleillement,...), et physico-chimiques (turbidité, sels nutritifs...).

**I.8. Sels nutritifs (orthophosphates, ammonium, nitrites) :**

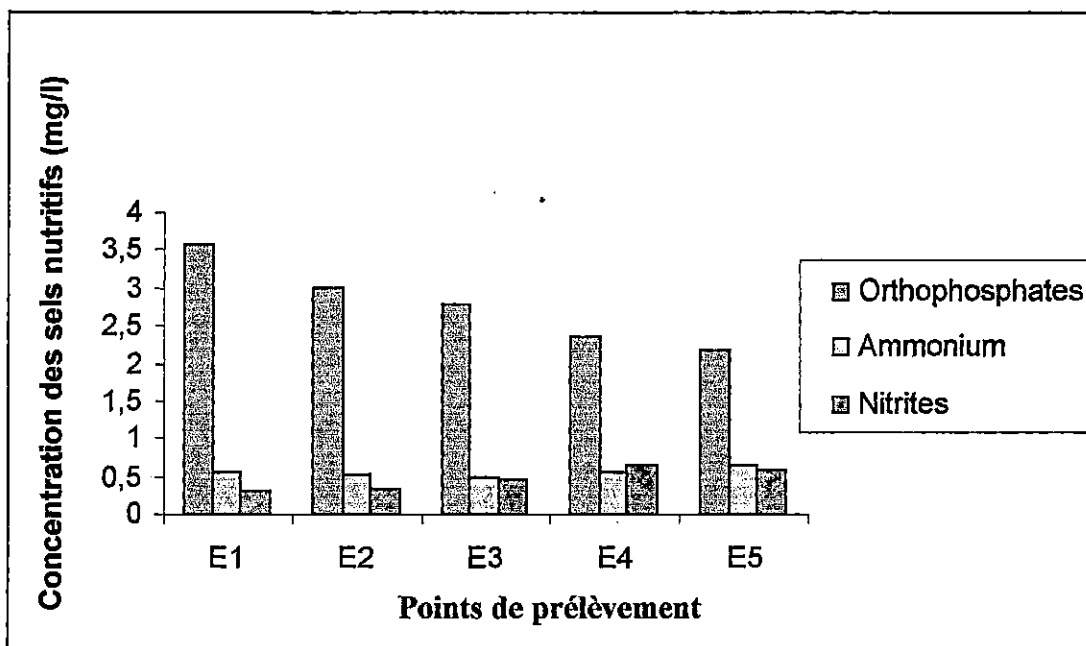


Figure 39 : Variation des concentrations moyennes des sels nutritifs selon les points de prélèvement.

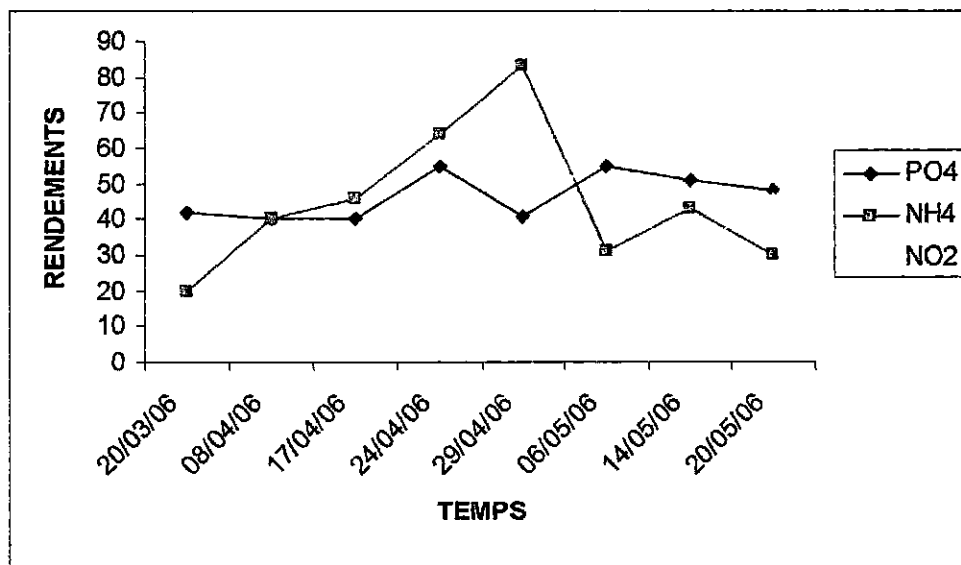


Figure 40 : Variations des concentrations des sels nutritifs en fonction du temps.

**Orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ):**

Les phosphates peuvent provenir des rejets industriels et domestiques ainsi par le lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides.

L'évolution de la concentration moyenne des orthophosphates dans les différents bassins est représentée dans la figure 39.

Les eaux brutes (E1) ont une concentration élevée elle est comprise entre 2,83 et 3,47 mg/l.

A la sortie de la lagune la concentration est de 1,41 à 2,72 mg/l. Le rendement moyen total d'élimination est de 46.5 %.

**Azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>):**

Proviennent essentiellement de la dégradation de l'azote, protéines et des acides aminés par les bactéries ainsi que des excréments animaux et planctonique. [32]

Les concentrations moyennes de ce paramètre est relativement constante dans les différents bassins, elle est comprise entre 0.5 et 0.63 mg/l.

**Nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) :**

Les nitrites proviennent d'une oxydation de l'ammonium (nitrosation ) et de la réduction des nitrates (dénitrification).

La figure 39 représente l'histogramme des variations des concentrations moyennes des nitrites dans les différents bassins.

Les eaux brutes arrivent au premier bassin avec une teneur moyenne de 0,58mg/l, à la sortie la concentration moyenne est de 0,29 mg/l.

Le rendement moyen d'élimination est de 50%.

## 2. Paramètres bactériologiques :

### 2.1. Indicateurs de contamination fécale :

L'analyse est effectuée dans le but de connaître les variations des concentrations des germes après le passage de l'effluent à travers les différents bassins. Les concentrations moyennes des différents germes sont reportées dans le tableau suivant :

Tableau 08 : Concentrations en germes et rendements du traitement.

Paramètres	Entrée lagune	Sortie lagune	Rendement %
CT/1ml	$140.10^8$	$35.10^8$	75
CF/1ml	$140.10^8$	$6,48.10^8$	95
<i>E. coli</i> /1ml	$140.10^8$	$4.10^8$	97
SF/1ml	$140.10^8$	$6,89.10^8$	95
Salmonelles/1ml	1600	1072	33
Sulfitoréducteurs (bac/20ml)	1650	33	98

La figure (41) illustre la variation de concentration moyenne des Coliformes totaux, Coliformes fécaux, *Echerichia coli*, Streptocoque fécaux au niveau de l'entrée et la sortie de la station.

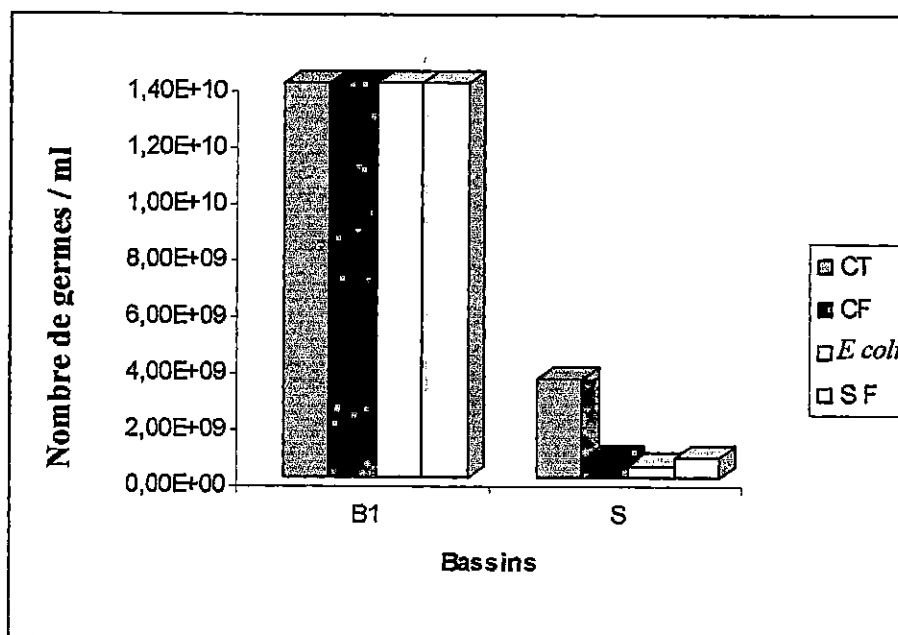


Figure 41 : Evolution de la moyenne des indicateurs de contamination fécale au niveau de l'entrée et la sortie de la station.

### Coliformes totaux (CT) :

D'après l'histogramme, on remarque que la charge bactérienne en Coliformes totaux est maximum dans le premier bassin puis diminue de plus en plus avec le sens d'écoulement des eaux. A l'entrée le nombre moyen de germes par 1 ml est de  $140.10^8$  et à la sortie ce nombre est de  $35.10^8$  avec un rendement moyen de 75 %.

**Coliformes fécaux (CF) :**

A l'entrée du premier bassin (B1) la concentration moyenne est de  $140.10^8$  germes/ml, à la sortie cette concentration est en nette diminution, elle atteint une valeur de  $6,48.10^8$ . Le rendement est de 95%.

**Echerichia coli (E. coli) :**

Pour ce germe l'histogramme a la même tendance que le précédent. A l'entrée (B1) la concentration moyenne est de  $140.10^8$  germe/ml, à la sortie elle est de  $4.10^8$  germe/ml. Le rendement moyen est de 97 %.

**Streptocoques fécaux (SF) :**

La concentration moyenne diminue avec le sens d'écoulement des bassins, celle-ci passe de  $140.10^8$  à  $6,89.10^8$  germe/ml, avec un rendement de 95%.

**2.2. Salmonelles :**

D'après l'analyse faite à l'entrée et à la sortie de la lagune, le nombre de Salmonelles par 1 ml est supérieur à 1600 germes à l'entrée, et 1072 à la sortie.

Le rendement est de l'ordre de 33%.

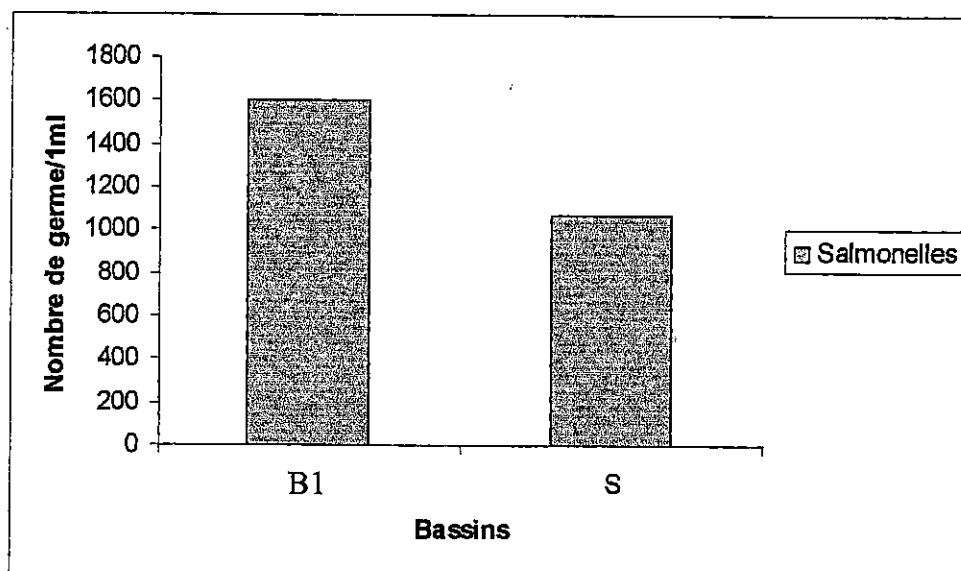


Figure 42 : Evolution de la moyenne des germes entre l'entrée et la sortie de la lagune.

### 2.3. Vibrions :

Leur présence est détectée au niveau de tous les bassins de la station.

### 2.4. Sulfito-réducteurs :

L'histogramme ci-dessous illustre très bien l'abattement des Clostridium sulfito-réducteurs, le nombre de ces derniers passent de 1650 à 33 par 20 ml soit un rendement moyen de 98%.

La diminution des Sulfito-réducteurs dans le deuxième bassin peut s'expliquer par un certain nombre de point :

- Les conditions dans le premier bassin (E1) favorable au développement des bactéries Sulfito-réductrices, car il s'agit du bassin anaérobie où les conditions sont très réduites.
- Le deuxième bassin (E2) par contre est moins profond, c'est le bassin aérobie, les conditions deviennent de plus en plus défavorables à ces germes, en effet, l'épuisement du substrat, la présence d'oxygène inhibe la croissance des bactéries et la germination des spores.

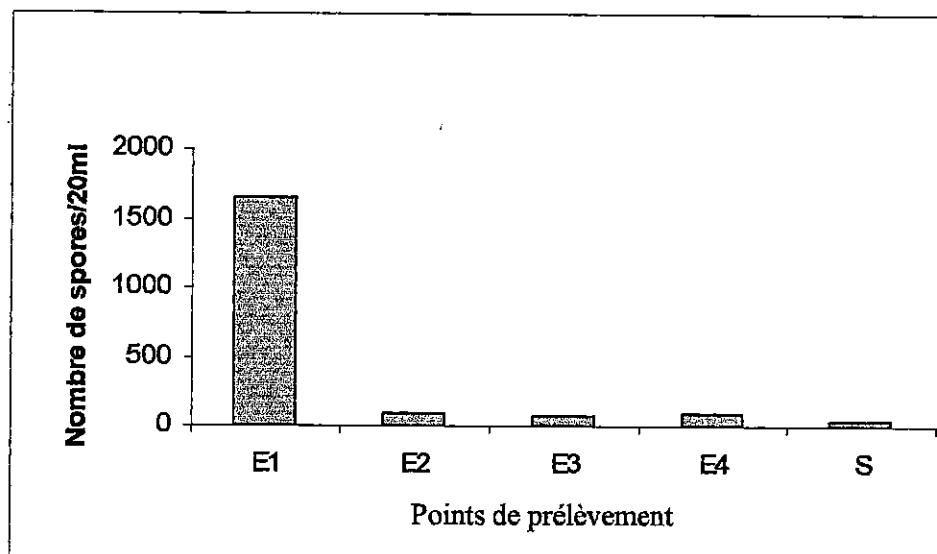


Figure 43 : Nombre de Clostridium sulfito-réducteur dans les différents bassins.

### 2.5. Identification bactérienne :

Le profil biochimique de quelques bactéries est résumé dans les tableaux 09 et 10.

Tableau 09: Profil biochimique de quelques bactéries identifiées (Enterobacteriaceae).

Caractères	Enterobacteriaceae			
	Coliformes		Salmonelles	
Aspect des cellules	Bacilles	Bacilles	Bacilles	Bacilles
Gram	-	-	-	-
Catalase	-	-	V	V
Production de gaz	+	+	+	+
Coagulase	/	/	/	/
Esculinase	/	/	/	/
Oxydase	-	-	-	-
ONPG	+	+	+	+
ADH	-	+	-	+
LDC	+	-	-	+
ODC	+	+	+	-
CTT	-	+	+	-
H <sub>2</sub> S	-	-	-	+
Nom de l'espèce	<i>E. coli</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Salmonella arizonae</i>
				<i>Salmonella typhi</i>

V : variable selon la souche

Tableau 10: Profil biochimique de quelques bactéries identifiées (Vibrionaceae et Micrococcaceae).

Groupe	Vibrionaceae				Micrococcaceae (Streptococques)
	Aeromonas	Bacilles	Bacilles incurvés	Bacilles incurvés	
Aspect des cellules	Bacilles	Bacilles	Bacilles incurvés	Bacilles incurvés	Paires en chaînettes
Gram	-	-	-	-	+
Catalase	/	/	V	V	-
Production de gaz	+	-	+	+	-
Coagulase	/	/	/	/	-
Esculinase	/	/	/	/	+
Oxydase	+	+	+	+	-
ONPG	+	-	+	-	/
ADH	+	-	-	-	/
LDC	-	+	+	+	/
ODC	-	+	V	V	/
CIT	+	V	+	-	/
H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	/
Nom de l'espèce	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>S. faecalis</i>

V : variable selon la souche

**Chapitre IV :**  
**Discussion générale**

## Discussion générale

Dans la présente étude, nous avons voulu évaluer l'efficacité du traitement des eaux usées par lagunage naturel.

Les performances de la station d'épuration de Beni Messous ont été évaluées sur la base du respect d'exigences de rejet et de réutilisation en irrigations, pour les paramètres de contrôles (pH, DBO<sub>5</sub>, DCO, T°, MES, Chlorophylle et Phéopigments, germes indicateurs de contaminations fécale, germes pathogènes et les sulfitoréducteurs).

Pour ce faire les eaux ont été contrôlées (08) huit fois durant la période printanière s'étalant du 20/03/06 au 20/05/06 à raison d'un prélèvement par semaine.

Les rendements moyens d'élimination de la pollution sont reportés dans le tableau ci-dessus

**Tableau 11 : Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques**

Paramètres	Entrée	Sortie	Rendement %
<b>Physicochimiques (mg/l)</b>			
MES	547	26	95
DBO <sub>5</sub>	198	23	88
DCO	273	50	82
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	3,6	1,92	47
NH <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,63	0,50	21
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,58	0,29	50
<b>Bactériologiques (bac/ml)</b>			
CT	140.10 <sup>8</sup>	35.10 <sup>8</sup>	75
CF	140.10 <sup>8</sup>	6,48.10 <sup>8</sup>	95
<i>E. coli</i>	140.10 <sup>8</sup>	4.10 <sup>8</sup>	97
SF	140.10 <sup>8</sup>	6,89.10 <sup>8</sup>	95
Salmonelles	1600	1072	33
Sulfitoréducteurs (bac/20ml)	1650	33	98

Rappelant qu'il s'agit d'un traitement naturel, de ce fait il est influencé par un certain nombre de facteurs tels que, les conditions climatiques (la température de l'air, la pluie, l'évaporation...etc.), ainsi que les caractéristiques des bassins constituant la lagune (la profondeur, le temps de séjours des eaux), la nature des eaux usées brutes et le débit de l'écoulement.

A cela s'ajoute quelques incidents survenus pendant la période d'étude à savoir :

- Un faible débit d'eau et parfois quasiment nul due à l'obstruction des canalisations ce qui a entraîné l'augmentation du temps de séjours. L'absence totale de l'écoulement entre les bassins a fait que la lagune est devenue un étang de stabilisation. Durant cette période on a constaté que l'eau était de plus en plus claire au fur et à mesure qu'on se dirige vers la sortie.

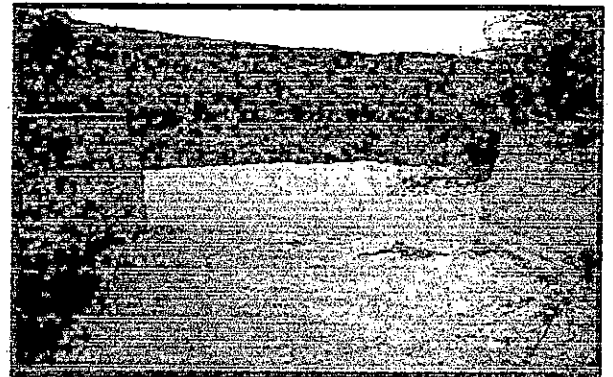
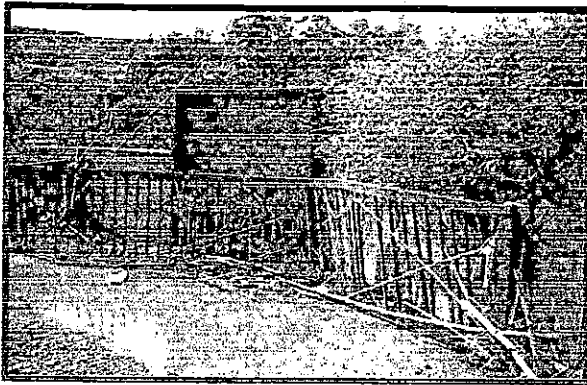


Figure 45: Absence de l'écoulement.

- Une période caractérisée par la présence abondante des mousses dues probablement aux rejets industriels et à la forte teneur des eaux en détergents



Figure 46 : Mousse abondante au niveau des bassins.

- Une période de stabilisation après l'ouverture des canalisations à l'approche de la saison estivale. Nous avons noté la clarté de l'eau traitée.

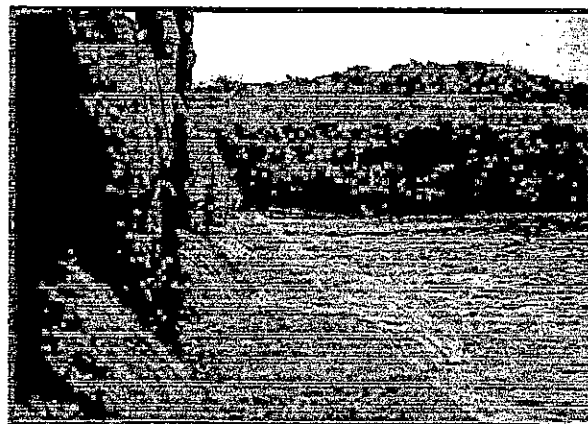


Figure 47: Vue générale de l'écoulement entre les bassins (état normal).

Au regard du tableau 11, nous constatons un très bon abattement de :

- MES qui est de l'ordre de 95 %, la plus grande élimination a été enregistrée dans le premier bassin où on a noté une diminution importante de la turbidité.
- DBO<sub>5</sub> : 88 % de la pollution biologique a été éliminée, ce taux est satisfaisant si on se réfère aux normes Algérienne de rejet fixés à 40mg/l, cependant il est élevé par rapport aux normes de réutilisations des eaux en irrigation (10mg/l).
- DCO : 82 % de la pollution chimique a été éliminée, on a relevé 50mg/l à la sortie du dernier bassin de la lagune ce qui est conforme aux normes d'irrigation (120mg/l) et de rejet (150mg/l)

➤ Sels nutritifs :

L'abattement des taux des sels nutritifs est peut être dû au développement des micro algues et des bactéries dont certaines ont été identifiées.

En effet, au cours de la recherche et de l'identification des bactéries, nous avons identifié ; *Pseudomonas cepaciae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Rhizobium aquatilis* et *Desulfovibrio*.

Ces bactéries sont connues pour leur action épuratrice, certaines d'entre-elles ont la capacité de réduire les sulfates d'autres sont dénitrifiantes et d'autres déphosphatantes.

➤ Les indicateurs de contamination fécale :

Une élimination de l'ordre de 75 % des CT, 95 % des CF, et 97 % de *E coli*, SF 95 % a été enregistrée. Ce traitement semble être très efficace et cette performance est à son maximum lors de l'élévation de la température.

On devrait donc s'attendre à un rendement très satisfaisant durant l'été.

Par contre en hiver, cette activité biologique serait probablement à la baisse.

Parmi les entérobactéries identifiées on a, *Citrobacter braakii*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella Pneumoniae*.

Pour les SF on a remarqué les souches suivantes : *Streptococcus bovis* et *Streptococcus faecalis*. [41]

➤ Germes pathogènes :

salmonelle et vibrions, si le lagunage naturel est efficace pour la réduction des germes de contamination fécale, il l'est beaucoup moins en ce qui concerne l'élimination des salmonelles et des vibrions. On a identifié les bactéries suivantes : *Salmonella typhi*, *Salmonella arizonae*, *Vibrio fluvialis*, *Vibrio alginolyticus*.

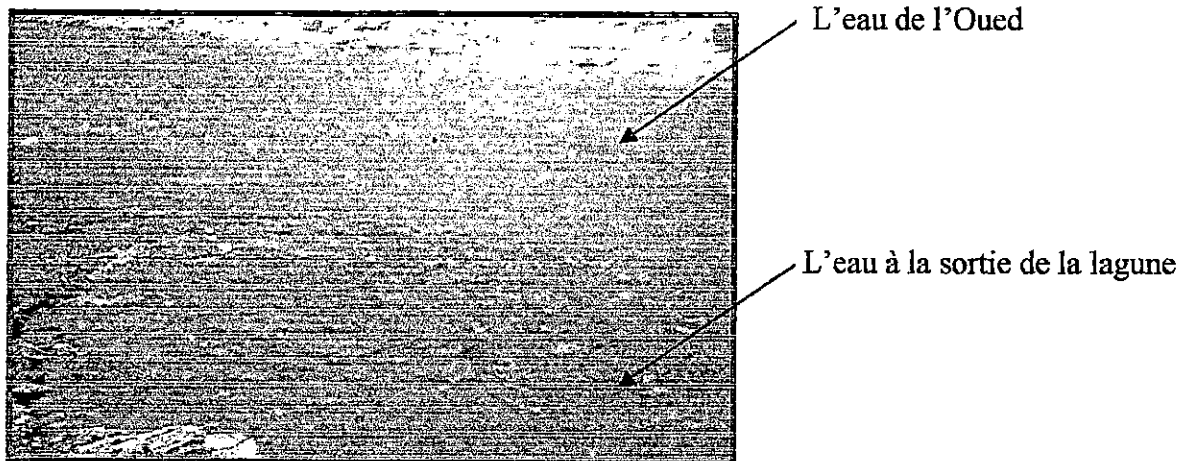


Figure 48 : Point de rencontre de l'eau épurée avec l'Oued Beni Messous.

Toutefois, ces résultats concordent avec ceux obtenus dans différents travaux qui ont permis de mettre en évidence la présence de Salmonelles, en nombre parfois élevé, dans les eaux usées traitées par lagunage [36] [37] [38]

Les eaux traitées de la station ne possèdent pas la qualité bactériologique requise pour l'irrigation, en revanche, on a enregistré un abattement de près de 98% des spores de Clostridium sulfito-réducteurs.

# Conclusion générale

## Conclusion générale

De l'analyse physicochimique et bactériologique des eaux traitées par lagunage naturel au niveau de la station d'épuration de Beni Messous, il en ressort que :

- Il y a une réduction de façon significative du niveau des polluants chimiques et de la matière organique. Des taux d'élimination élevés de la DBO<sub>5</sub>, de la DCO, des MES ainsi que les coliformes totaux, les coliformes fécaux (dont *E. coli*), des streptocoques fécaux des Sulfito-réducteurs ont été enregistrés.
- Ce traitement semble être moins efficace quant à la réduction des sels nutritifs ainsi qu'à l'élimination des germes pathogènes (salmonelles, vibrions). Une désinfection après traitement biologique serait le meilleur moyen de réduire de façon importante les micro-organismes. Suivant le devenir de ces eaux traitées (rejet en mer, réutilisation en irrigation) la chloration ou la photocatalyse pourrait être proposée pour compléter la décontamination et assurer une meilleure protection de la santé publique et de l'environnement.
- Ces résultats restent tributaires des conditions climatiques, du suivi et de l'entretien des ouvrages, de la nature et de la charge des eaux usées affluant sur la lagune.
- Malgré les rendements encourageants obtenus, des défaillances dans le procédé ont été remarquées :
  - Une fluctuation du débit de l'effluent
  - Un manque d'entretien (nettoyage, dragage, et étanchéité des bassins).
  - Seul une partie de l'effluent est traitée, le reste est directement rejeté en mer.
  - Manque de suivi et de contrôle de la qualité des eaux traitées.
- Toutefois le lagunage naturel reste le procédé le mieux adapté au contexte socio-économique Algérien. Bien maîtrisé, il pourra répondre aux attentes tant des agriculteurs que des industriels.

A l'avenir il serait intéressant de :

- Pousser les analyses microbiologiques en recherchant :
  - Les parasites tel que Giardia et Cryptosporidium
  - Les coliphages et les virus entériques humains.
  - Les pseudomonas, les levures et les moisissures.
- Multiplier les paramètres physico-chimiques, dosage des sulfates, des hydrocarbures ... etc.
- Proposer et tester des traitements complémentaires pour affiner la qualité de l'eau et protéger les prises d'eaux potables, les eaux à vocation récréatives, les cultures et enfin l'homme.

Les eaux qui ont fait l'objet de notre étude ne possèdent pas la qualité bactériologique requise pour l'irrigation des cultures. Par contre elles sont acceptables du point de vue physico-chimique.

# Références bibliographiques

## Bibliographie :

- [1] F.VALIRON N.; (1983). La réutilisation des eaux usées, Edition technique et documentaire laisisier, 73-84.
- [2] DESJARDINS R., (1990). Le traitement des eaux, 2<sup>ème</sup> édition revue édition de l'école polytechnique de Montréal. 220 p.
- [3] GROSCLAUDE G., Coord., (1999), L'eau : usages et polluants, édition BIALECS.
- [4] GOMELLA C. et GUERREE H., (1978) Le traitement des eaux publiques industrielles et privées, édition Eyrolles Paris. 340 p.
- [5] TRAVERT R., 1973. L'eau et l'homme. Édition Maloine, Paris. 196 p.
- [6] RODIER J.,BAZIN C., CHANBON P., BROUTIN J.P., CHAMPSAUR H., RODI L., 1996.analyse de l'eau , l'eau naturel , eau résiduaire, eau de mer,DUNOD.8<sup>ème</sup> édition, paris. 1383p.
- [7] MISSIMER T. M. et WRIGHT R., (1995). « REUSE: The experience I trend direction» Int. Desalination and Water Reuse N° 195, 27-34.
- [8] Y. RACAULT, C. Boutin et A. Segin (1995), Wastewater stabilisation ponds in France: a report an fiteen years experience, Wat.Sci.Tech. 31, 12.
- [9] DRICHE M., (2002). Etude de l'efficacité du lagunage naturel comme traitement des eaux usées urbaines en vue de leur réutilisation à fins d'irrigation, mémoire de magister, USTHB, FGM/GP.
- [10] MESSAOUD-NACERS (2003). Suivis de la qualité des eaux et des sols dans le cadre du développement durable de la région de REGHALA.
- [11] AMINOT A. et CHAUSSEPIED M., (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin, CNEOX, édition BND/ DOCUMENTATION, BREST. 369p
- [12] RODIER J., (1984). Analyse de l'eau, DUNOD. 7<sup>ème</sup> édition, Paris. 1383p.
- [13] BRISOU JF., DENIS F., (1978). Hygiène de l'environnement maritime. Éd Masson. 248 p.
- [14] BRISOU JF., DENIS F., (1980). Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Édition Masson. 206 p.
- [15] OMS/ PNUE., (1977). Rapport publié sous le patronage conjoint du programme des nations unies pour l'environnement et l'organisation mondiale de la santé. 384p
- [16] BOURGOIS C.M (1988), microbiologie alimentaire, tome I, aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. Paris. 419 p.
- [17] Journal officiel de la république Algérienne. ; Juillet (1993). N° 46.
- [18] CARDOT C., (2001). Techniques appliquées au traitement de l'eau, édition Ellipses, 195p.
- [19] GAUJOUS D., (1995). La pollution des milieux aquatiques, 2<sup>ème</sup> édition revue, édition Lavoisier Tec et doc Paris, 129 p.
- [20] THOMAZEAU R., (1981). Station d'épuration : eaux potables, eaux usées, édition Lavoisier Tec et doc Paris. 356 p.
- [21] EDELINE F., (1980). L'épuration biologique des eaux résiduaires : théorie et technologie, édition Lavoisier Tec et doc Paris,.
- [22] Agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H). ,(1996). Étude de la faisabilité de lagunage sur les hauts plateaux, 20p.
- [23] FRESENIUS W., W. SHNEIDER., (1990). Technologie des eaux résiduaires, édition Springer Verlag, Berlin, 527p.
- [24] DEGREMONT, MEMENTO. ;(1989). Technique de l'eau, 9<sup>ème</sup> édition, édition Lavoisier Tec et doc Paris. 169 p.

- [25] BRAIK.D.J. ;(1989). Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl - Sédimentologie – Morphologie - Problème d'érosion de littoral - Aménagement. Thèse Magistère en Géologie. U.S.T.H.B, 174 p.
- [26] Direction de l'Hydraulique et de l'économie de l'eau de la wilaya d'Alger (DHEEWA). ;(2001). Document interne.
- [27] Recensement général de la Population et de l'Habitat (RGPH). ;(2004) Document interne
- [28] BOUKRICHA K. ;(2001). Projet de lagunage Oued Béni-Messous, Document interne, Direction de l'Hydraulique et de l'Economie de l'Eau de la Wilaya d'ALGER (DRHEEAW).
- [29] MOKRANI Nabil ROUMADI Abdelaziz. ;(2005). Traitement des eaux usées par lagunage naturel : Evaluation des paramètres physico-chimiques. (Cas de la lagune de Beni Messous), mémoire d'ingénieur ISMAL.
- [30] JOFFIN J-N., LEYRAI G.,(2001) Microbiologie technique: dictionnaire des techniques. Collection biologie technique 3<sup>ème</sup> édit. 312 p.
- [31] ALAHMED. M, et al. ;(1999). The application of flowsheeting technology in wastewater and water reuse. The international desalination and water reuse.
- [32] Goujou.D. ;(1995). La pollution en milieu aquatique. Ingénieur ISIM, et TEC DOC paris. 129 P.
- [33] KHEZANA A., CHALLAL S. et BELHOCINE B., (2004). Traitement des eaux usées par lagunage naturel : évaluation de la charge bactériologique, mémoire d'ingénieur ISMAL.
- [34] Office national de la météorologie de Dar El Baida. ;(2005). Document interne.
- [35] Americans public health association, Americans water works association and water pollution control federation,;(1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition.
- [36] Empananza -Knörr A., Torella F. ;(1995). Microbiological performance and Salmonella dynamics in wastewater depuration pond system of southeastern Spain. Wat. Sci. Tech., 31, 12. 239-248.
- [37] Garcia J., Mujeriego R., Bourrouet A., Penuelas G. and Freixes A. ;(2000). Wastewater treatment by pond systems : experiences in Catalonia, Spain. Wat. Sci. Tech. 42 10-11. 35-42.
- [38] BOUKEF I. ;(2003) 24-25 Septembre. Qualité bactériologique de quelques effluents urbains traités et rejetés dans l'environnement. Proceedings des actes du Séminaire International. Institut National des Sciences et Technologie de la Mer. Tunis
- [39] Bulletin des énergies renouvelables. ;(2005) N°7 Juin. Publication du Centre de Développement des Energies Renouvelables.
- [40] O.M.S/P.N.U.E. ;(1995). Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles : recommandations générales, I (041). 45-47.
- [41] AZZOUG M., LAMANI K.,(2005). Contribution à l'évaluation de la contamination microbiologique des eaux littorales, cas de l'émissaire de l'hôpital de Bainem, mémoire d'ingénieur en environnement ISMAL.
- [42] 2<sup>nd</sup> MEDITERRANEAN COLLOQUIUM ON WATER AND ENVIRONMENT. (2002) OCTOBER. MESRS. ALGIERS.
- [43] Levé topographique réalisé par : CHAML M CHAML R FERHAT. S OURAHMOUNE. H.; (2006).

# Annexes

## ANNEXE 1

### Dosage des orthophosphates

#### Les réactifs :

**1. Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium (R1) :**

Dissoudre 0.28g de tartrate double d'antimoine dans 100ml d'eau distillée

**2. Solution d'acide sulfurique (R2) :**

Acide sulfurique 15ml dans 85 ml d'eau distillée

**3. Solution molybdate d'ammonium (40g/l) (R2)**

Dissoudre 5g de molybdate d'ammonium dans 120ml d'eau distillée

**4. Solution d'acide ascorbique (20g/l) (R3)**

Dissoudre 2g d'acide ascorbique dans 100ml d'eau distillée.

### Dosage de l'azote ammoniacal

#### Les réactifs :

**1. Solution phénol-ritroprussiate (R1) :**

On dissout 35g de phénol et 400mg de nitroprussiate de sodium dans l'eau distillée et compléter à 1000ml. (Cette solution doit être conservée au réfrigérateur à l'abri de la lumière)

**2. Solution alcaline d'hypochlorite (R2) :**

On dissout 280g de citrate trisodique et 22g de soude dans 800ml d'eau distillée, ajoute alors 44ml de solution d'hypochlorite de sodium à 10° et compléter à 1000ml.

**3. Solution étalon primaire (SE1):**

Faire sécher une quantité de sulfate d'ammonium pendant 1h à 110° et peser 0.661 et ajouter 1000ml d'eau distillée

**4. Solution étalon secondaire (SE11) :**

Diluer (E2) 20 fois pour obtenir la solution fille et ajouter 1ml de chloroforme

### Dosages de nitrites

#### Les réactifs :

**1-Solution de sulfanilamide :**

Pour préparer 500ml de réactifs diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré (d=1018) dans 300ml d'eau distillée, dissoudre 5g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml.

**2-Solution de N-naphtyl-éthylènediamine :**

Dans 500ml d'eau distillée dissoudre 0.5g de chlorhydrate de N-N (1-naphtyle)-éthylène diamine.

Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière.

**3-Solution étalon primaire (SE1):**

Sécher à 110°C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre, et on dissout 0.345 g dans d'eau distillée et compléter 1000ml.

Cette solution doit être conservée au froid à l'abri de lumière.

**4- Solution étalon secondaire (SE11) :**

Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire.

Cette solution doit être préparée extemporanément.

## ANNEXE 2

## Milieux de culture et réactifs utilisés

## 1- Bouillon Lactosé (BL) en g/l :

Composition	Quantité (g/l)	
	S/C	D/C
Extrait e viande de bœuf	3	6
Peptone	5	10
Lactose	5	10

S/C : simple concentration, D/C : double concentration  
pH : 6.7, autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.

## 2- Bouillon lactosé au vert brillant (VBL) en g/l :

Composition	Quantité (g/l)
Peptone de viande	10
Lactose	10
Bile de bœuf desséchée	20
Vert brillant	0.013

pH final : 7.2, autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.

## 3- Eau peptonée exempte d'indole (EPI) en g/l :

Composition	Quantité (g/l)
Peptone tryptique de caséine	10
Na Cl	5

pH final : 7.2, autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.

## 4- Milieu de Rothe en g/l :

Composition	Quantité (g/l)	
	S/C	D/C
Peptone	20	40
Glucose	5	10
Na Cl	5	10
Monohydrogenophosphate de Potassium	2.7	5.4
Dihydrogenophosphate de Potassium	2.7	5.4
Azide de sodium	0.2	0.4

pH final: 6.8- 7, autoclaver à 120°C pendant 20 minutes.

**5- Milieu de Litsky (EVA) en g/l:**

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	20
Na Cl	5
Monohydrogenophosphate de Potassium	5
Dihydrogenophosphate de Potassium	2.7
Azide de sodium	2.7
Ethyl violet	0.3
	0.0005

pH final: 6.8-7, autoclaver à 120°C pendant 20 minutes

**6- Reactif de Kovacs en g/l:**

Composition	Quantité (g/l)
Paradiméthylamino-benzaldehyde	5
Alcool amylique	75
HCl pure	35
Eau permutée	1000 ml

**7- Bouillon au Sélénite de sodium S/C :**

Composition	Quantité (g/l)
Peptone bactériologique	5
Phosphate de sodium	10
Lactose	4

Stériliser au bain- marie bouillant ou à la vapeur pendant 10 minutes .Ne pas autoclaver .  
S/C / Simple concentration

**8- Gélose viande-foie (milieu déshydraté) :**

Composition	Quantité (l)
Base viande-foie	30
Glucose	2
Amidon	2
Agar	11

pH :7.6 – 7.8

**9- Gélose Hektoen :**

Composition	Quantité (g/l)
Protéose peptone	12
Extrait de levure	3
Chlorure de lithium	5
Thiosulfate de sodium	5
Sels biliaires	9
Citrate de fer ammoniacal	1.5
Salicine	2
Lactose	12
Saccharose	12
Fuschine acide	0.1
Bleu de bromothymol	0.065
Agar	14

pH : 7.5 , ne pas autoclaver .

**10- Gélose Mac Conkey:**

Composition	Quantité (g/l)
Peptone bactériologique	20
Sels biliaires	1.5
Chlorure de sodium	5
Lactose	10
Rouge neutre	0.03
Cristal violet	0.001
Agar	15

pH : 7.1

**11- Gélose Columbia au sang frais.**

Composition	Quantité (g/l)
Mélange spécial de peptones	23
Amidon	1
Chlorure de sodium	5
Agar	10

pH : 7.3

**12- Milieu eau peptonée alcaline (EPA)**

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Chlorure de sodium	10

pH : 8.5 autoclaver 10 minutes à 121°C.

**13- Gélose TCBS**

<b>Composition</b>	<b>Quantité (g /l)</b>
Peptone	10
Extrait de levure	5
Citrate de sodium	10
Thiosulfate de sodium	10
Chlorure de sodium	10
Bile de bœuf	8
Citrate ferrique	1
Saccharose	20
Bleu de bromothymol	0.04
Bleu de thymol	0.04
Agar (gélose)	13.5

pH: 8.6

**14- Gélose esculine**

<b>Composition</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone	20
Extrait de levure	5
Bile de boeuf	10
Chlorure de sodium	5
Citrate de sodium	1
Esculine	1
Citrate de fer ammoniacal	0.5
Azide de sodium	0.25
Agar (gélose)	13.5

pH:6.2

Code d'identification biochimique de quelques bactéries

*Escherichia coli*

**Oxapi 20 E**

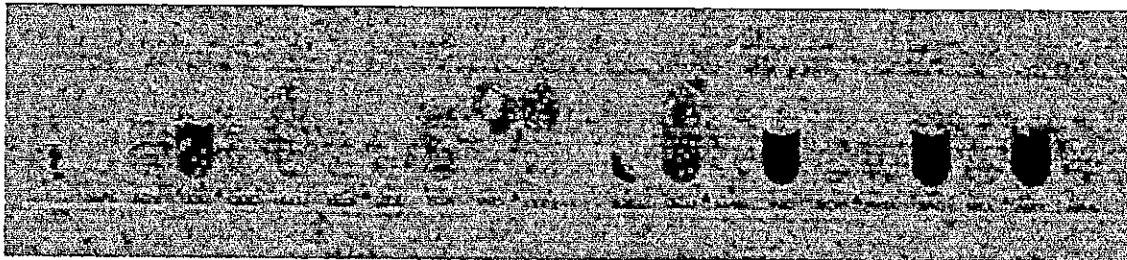
REF: 514 45 52  
 Origine / Source / Herkunft / Origen / Origen / Proisхождение / Ursprung / Oprindelse / Pochodzenie

+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+		
1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
ONPG	ADH	LDC	DEC	LDH	W.S.	MR	TDA	IND	LD	GLU	MAN	IND	SOR	PHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX	
5		4				4		4		5		5		2						

Autres tests / Other tests / Weitere Tests / Altri tests / Outros testes / Άλλες εξετάσεις / Andra tester / Andre teste / Inne testy

Ident. / Ταυτοποίηση: E. coli

Oxapi BO MERIEUX SA / 69280 Marcy l'Etoile / France



*Enterobacter cloacae*

**Oxapi 20 E**

REF: Boite 3  
 Origine / Source / Herkunft / Origen / Origen / Proisхождение / Ursprung / Oprindelse / Pochodzenie

+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+		
1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
ONPG	ADH	LDC	DEC	LDH	W.S.	MR	TDA	IND	LD	GLU	MAN	IND	SOR	PHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX	
3		3		0		5		9		7		3		0						

Autres tests / Other tests / Weitere Tests / Altri tests / Outros testes / Άλλες εξετάσεις / Andra tester / Andre teste / Inne testy

Ident. / Ταυτοποίηση: 3305773  
Enterobacter cloacae

*Citrobacter freundii*

**Oxapi 20 E**

REF: Boite n° 11  
 Origine / Source / Herkunft / Origen / Origen / Proisхождение / Ursprung / Oprindelse / Pochodzenie

+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+				
1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
ONPG	ADH	LDC	DEC	LDH	W.S.	MR	TDA	IND	LD	GLU	MAN	IND	SOR	PHA	SAC	MEL	AMY	ARA	OX	
1			3			0		3		5		7		7		2				

Autres tests / Other tests / Weitere Tests / Altri tests / Outros testes / Άλλες εξετάσεις / Andra tester / Andre teste / Inne testy

Ident. / Ταυτοποίηση: Citrobacter freundii

## ANNEXE 3

Tableau 12 : Températures maximales moyennes, exprimées en un dixième de degré Celsius.

	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	An
1995	162	194	187	210	260	272	312	329	282	269	232	197	242
1996	190	156	189	204	233	267	308	310	272	231	216	197	231
1997	182	190	197	221	247	283	289	315	298	268	210	185	240
1998	179	192	197	216	230	279	315	320	301	247	203	180	238
1999	167	154	194	218	266	290	318	333	303	280	188	170	240
2000	147	191	203	230	258	275	322	338	295	252	217	198	244
2001	184	178	241	228	247	322	323	332	297	290	194	165	250
2002	178	186	213	221	266	297	306	308	297	259	216	194	256
2003	155	157	198	216	246	312	340	348	299	257	216	170	243
2004	174	184	184	213	219	288	312	337	317	292	198	176	241

Tableau 13 : Variation de la température de l'air et de l'eau en fonction du temps.

	20/3/06	08/4/06	17/4/06	24/4/06	29/4/06	06/5/06	14/5/06	20/5/06
T° air	25	20	21	25	20	21	22	29
T° moy eau	17	18	18	22	18	19	19	25

Tableau 14 : Précipitation, cumules mensuels et annuels exprimés en (mm).

	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	An
1995	171	40	107	29	<1	24	<1	49	18	19	58	39	555
1996	94	232	57	161	36	32	7	4	38	86	27	34	808
1997	38	24	09	95	22	10	09	33	37	45	130	93	545
1998	29	52	37	76	151	01	0	08	22	49	103	82	610
1999	121	133	86	47	01	2	0	04	19	22	170	202	807
2000	16	06	19	17	53	0	01	01	04	47	74	41	280
2001	126	73	0	34	14	01	0	03	45	39	49	57	441
2002	39	15	34	39	14	0	0	34	12	54	145	102	488
2003	200	133	22	87	20	0	0	28	40	38	58	110	736
2004	90	46	79	56	149	01	02	01	12	43	116	109	704

Tableau 15 : Ensoleillement, totaux mensuels et annuels exprimés en (heures).

	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	An
1995	178	223	236	280	308	269	381	333	251	199	177	139	2974
1996	145	124	221	200	295	307	320	290	259	251	223	144	2779
1997	129	228	308	234	261	335	300	299	257	221	153	160	2885
1998	188	201	244	248	244	314	364	301	241	233	159	173	2910
1999	146	174	212	314	259	254	348	287	271	294	142	154	2855
2000	226	251	256	262	260	334	330	327	252	215	188	170	3071
2001	164	205	251	276	263	363	343	300	261	237	170	161	2994
2002	205	203	263	242	302	290	304	273	258	239	145	152	2876
2003	131	130	221	227	265	328	279	296	238	184	136	134	2569
2004	210	172	171	242	201	310	313	293	253	214	196	148	2723

**Tableau 16 : Ensoleillement moyennes mensuelles de la région de Beni Messous (ONM – 1995-2004).**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Insolation (h).	172,2	191,1	238,3	252,5	256,8	310,4	327,3	299,9	254,1	228,7	168,9	168,3

**Tableau 17 : Vitesse des vents, moyennes mensuelles et annuelles du vent en un dixième de (m/s).**

	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	An
1995	23	17	21	20	22	28	24	23	22	12	24	29	22
1996	29	36	28	28	24	24	22	20	22	13	24	20	24
1997	26	12	15	21	21	24	27	23	20	18	29	19	21
1998	22	12	14	26	21	21	21	21	25	17	18	13	19
1999	20	22	20	16	28	31	28	32	28	26	24	33	25
2000	12	19	21	43	25	30	32	32	28	28	33	32	28
2001	33	24	31	30	33	37	31	25	30	19	20	14	27
2002	15	20	28	27	31	31	31	24	29	24	30	28	27
2003	40	34	20	27	25	28	27	25	24	20	25	33	26
2004	24	20	24	32	32	47	24	24	20	16	16	31	26

**Tableau 18 : Evaporation, totaux mensuels et annuels exprimés en (mm) mesurés sous l'abri avec l'Evaporomètre Piche.**

	Jan	Fév.	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	An
1995	53	56	68	87	118	106	134	147	131	89	138	81	1208
1996	111	68	77	97	103	113	139	136	133	87	109	87	1260
1997	122	56	90	107	102	121	164	168	169	132	95	74	1400
1998	78	50	69	111	76	106	152	152	143	96	62	63	1158
1999	60	57	79	88	113	137	177	167	126	123	58	68	1253
2000	48	75	87	132	92	127	137	181	110	75	85	90	1239
2001	62	39	80	85	84	151	125	105	80	72	48	34	966
2002	35	40	64	72	104	94	93	85	90	71	65	50	863
2003	48	44	49	53	51	110	121	132	81	50	47	58	844
2004	45	38	42	59	51	81	89	141	105	124	38	39	852

## ANNEXE 4

Tableau 19 : Nombre le plus probable (NPP) dans les cas du système trois tubes (dilution) (BRISOU et DENIS, 1980).

Table de MC Grady

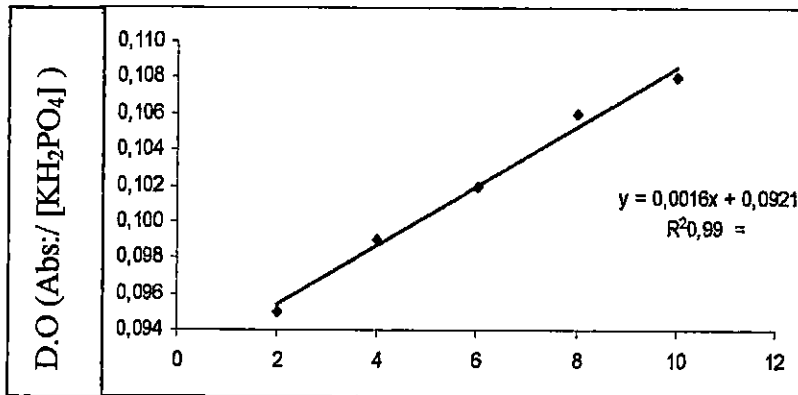
Nombre caractéristique	NPP dans 1 ml	Nombre caractéristique	NPP dans 1 ml	Nombre caractéristique	NPP dans 1 ml
000	0.1	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Tableau 20: Indice NPP/ml d'échantillon pour Salmonelles (3 séries de 5 tubes) (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec). 2003

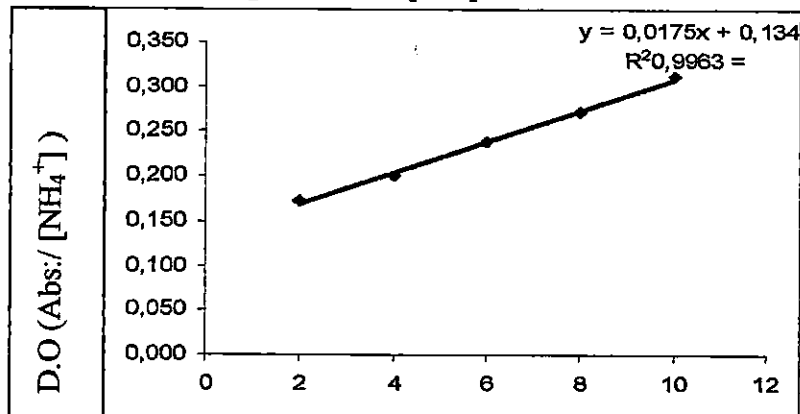
Nombre caractéristique	NPP	Nombre caractéristique	NPP
000	>2	430	27
001	2	431	33
010	2	440	34
020	4		
100	2	500	23
101	4	501	30
110	4	502	40
111	6	510	30
120	6	511	50
		512	60
200	4	520	50
201	7	521	70
210	7	522	90
211	9	530	80
220	9	531	110
230	12	532	140
		533	170
300	8	540	130
301	11	541	170
310	11	542	220
311	14	543	280
320	14	544	350
321	17		
400	13	550	240
401	17	551	300
410	17	552	500
411	21	553	900
412	26	554	1600
420	22	555	>1600
421	26		

**Tableau 21:** Paramètres micro biologiques de la qualité de l'effluent en fonction de son milieu récepteur

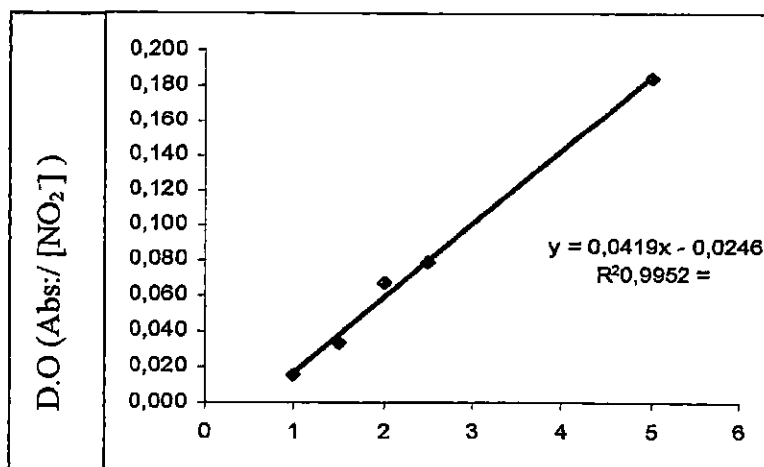
Paramètres	Unités	Domaine Public maritime	Domaine Publique hydraulique
Coliformes Fécaux	Par 100 ml	2000	2000
Streptocoques Fécaux	Par 100 ml	1000	1000
Salmonelles	Par 5000 ml	Absence	Absence
Vibrions Cholériques	Par 5000 ml	Absence	Absence



**Figure 50 :** Courbe d'étalonnage des Orthophosphates.



**Figure 51 :** Courbe d'étalonnage de l'Ammonium.



**Figure 52 :** Courbe d'étalonnage des Nitrites.

## ANNEXE 5

Tableau 22 : Résultats des analyses physicochimiques.

Paramètres	Dates	Entrée E1	Entrée E2	Entrée E3	Entrée E4	Sortie S	Rendement %
T (°C)	20-03-2006	15	18	16	17	19	/
	08-04-2006	17	18	18	19	20	/
	17-04-2006	17	19	18	18	19	/
	24-04-2006	17	18	18	19	19	/
	29-04-2006	19	23	21	24	21	/
	06-05-2006	17	18	18	18	19	/
	14-05-2006	18	19	19	19	20	/
	20-05-2006	23	25	26	26	27	/
(S %)	20-03-2006	0.8	0.5	0.6	0.6	0.6	/
	08-04-2006	0.7	0.5	0.7	0.5	0.6	/
	17-04-2006	0.8	0.5	0.7	0.5	0.5	/
	24-04-2006	0.8	0.5	0.6	0.6	0.6	/
	29-04-2006	0.9	0.7	0.7	0.7	0.6	/
	06-05-2006	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	/
	14-05-2006	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	/
	20-05-2006	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	/
Cond (µS/cm)	20-03-2006	1637	1184	1229	1237	1251	/
	08-04-2006	1528	1287	1174	1221	1417	/
	17-04-2006	1656	1246	1600	1157	1079	/
	24-04-2006	2000	2750	1680	1635	1565	/
	29-04-2006	2040	1770	1640	1690	1560	/
	06-05-2006	1630	1440	1570	1583	1534	/
	14-05-2006	1526	1636	1534	1592	1850	/
	20-05-2006	1854	1675	1563	1575	1523	/
pH	20-03-2006	8.70	8.44	8.25	7.89	7.88	/
	08-04-2006	8.08	8.52	8.62	8.35	8.47	/
	17-04-2006	8.02	8.63	8.77	8.79	8.74	/
	24-04-2006	8.02	8.21	8.43	8.73	8.77	/
	29-04-2006	7.90	8.20	8.36	8.50	8.00	/
	06-05-2006	8.12	8.19	8.22	8.28	8.35	/
	14-05-2006	8.80	8.70	8.60	8.50	8.00	/
	20-05-2006	8.10	8.60	8.66	8.74	8.50	/
MES (mg/l)	20-03-2006	520	40	30	10	10	98
	08-04-2006	570	60	30	20	10	98
	17-04-2006	510	50	40	30	10	98
	24-04-2006	560	80	70	60	60	89
	29-04-2006	580	70	60	60	60	90
	06-05-2006	560	70	50	20	20	96
	14-05-2006	530	70	40	10	10	98
	20-05-2006	620	80	70	60	60	90
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	20-03-2006	255	30	30	10	10	96
	08-04-2006	245	/	20	/	10	94
	17-04-2006	200	/	25	/	20	90
	24-04-2006	245	/	35	/	25	90
	29-04-2006	110	/	40	/	25	77
	06-05-2006	135	/	35	/	25	81
	14-05-2006	140	/	45	/	30	78
	20-05-2006	255	/	55	/	40	84

DCO (mg/l)	20-03-2006	/	/	/	/	/	P
	08-04-2006	/	/	/	/	/	/
	17-04-2006	/	/	/	/	/	/
	24-04-2006	/	/	/	/	/	/
	29-04-2006	/	/	/	/	/	/
	06-05-2006	/	/	/	/	/	/
	14-05-2006	/	/	/	/	/	/
	20-05-2006	273	80	73	72	50	82
Chloro (mg/m <sup>3</sup> )	20-03-2006	0.071	0.331	0.654	0.344	0.185	/
	08-04-2006	0.051	0.011	0.102	<b>0.718</b>	0.056	/
	17-04-2006	0,04	0,054	0,110	<b>0,240</b>	0,113	/
	24-04-2006	0.093	0.032	0.177	0.632	0.136	/
	29-04-2006	0.075	0.024	0.240	0.451	0.070	/
	06-05-2006	0.016	0.027	0.156	0.101	0.082	/
	14-05-2006	0.010	0.032	0.122	0.122	0.078	/
	20-05-2006	0.098	0.031	0.165	0.255	0.090	/
Phéo (mg/m <sup>3</sup> )	20-03-2006	0.061	0.339	0.591	0.480	0.227	/
	08-04-2006	0.061	0.042	0.304	0.486	0.054	/
	17-04-2006	0.082	0.112	0.305	0.445	0.054	/
	24-04-2006	0.074	0.162	0.321	0.454	0.233	/
	29-04-2006	0.105	0.174	0.654	0.122	0.041	/
	06-05-2006	0.057	0.063	0.164	0.143	0.125	/
	14-05-2006	0.036	0.055	0.136	0.159	0.091	/
	20-05-2006	0.046	0.085	0.152	0.156	0.125	/
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	20-03-2006	3.468	2.840	2.3731	2.203	2.019	42
	08-04-2006	3.363	2.727	2.344	2.252	2.021	40
	17-04-2006	3.553	2.816	2.565	2.238	2.127	40
	24-04-2006	3.152	2.738	2.076	1.497	1.413	55
	29-04-2006	4.643	4.016	4.515	3.404	2.721	41
	06-05-2006	2.985	2.406	2.599	2.518	1.340	55
	14-05-2006	4.602	3.994	3.249	2.862	2.261	51
	20-05-2006	2.828	2.468	2.472	1.731	1.456	48
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	20-03-2006	1,183	1,313	1,233	1,463	1,333	20
	08-04-2006	1,333	2,183	2,093	2,153	2,233	40
	17-04-2006	1,453	0,113	0,113	0,182	0,783	46
	24-04-2006	0,013	0,022	0,036	0,028	0,025	64
	29-04-2006	0,056	0,058	0,04	0,101	0,238	83
	06-05-2006	0,199	0,24	0,229	0,288	0,254	31
	14-05-2006	0,077	0,099	0,136	0,111	0,11	43
	20-05-2006	0,14	0,155	0,117	0,125	0,108	30
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	20-03-2006	0,439	0,199	0,386	0,472	0,169	61
	08-04-2006	0,189	0,146	0,141	0,128	0,076	60
	17-04-2006	0,505	0,242	0,419	0,676	0,202	60
	24-04-2006	0,439	0,207	0,386	0,473	0,169	61
	29-04-2006	0,469	0,214	0,378	0,522	0,172	63
	06-05-2006	0,461	0,235	0,342	0,695	0,252	45
	14-05-2006	1,012	0,61	0,919	1,045	0,700	31
	20-05-2006	1,135	0,912	0,808	1,112	0,610	46