

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**Université Blida - 1 -**

*Faculté des sciences de la Nature et de la Vie*  
*Département de Biologie et physiologie cellulaire*



***Mémoire***

**De fin d'Etude En Vue de l'Obtention du diplôme de Master en**  
**Biologie**

**Option : Restauration Des Milieux Aquatiques Continentaux**

**Thème**

**Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes  
du Barrage de Boukerdane et des eaux traitées au niveau de la  
station de traitement des eaux potables de Sidi Amer**

**(wilaya de Tipasa).**

**Présentée par :**

**Melle AMIMER Soumaya**

**Soutenu le : 15 Septembre 2015**

**Devant le jury composé de :**

<b>Présidente : M<sup>me</sup> Med MAHMOUD F.</b>	<b>MAA</b>	<b>UB 1</b>
<b>Examineur : Mr. GRANDI M.</b>	<b>MAA</b>	<b>UB 1</b>
<b>Promoteur: Mr. LARBI DOUKARA K.</b>	<b>MCB</b>	<b>UB 1</b>

**2014/2015**

# *Remerciements*

*Avant tout je remercie "Allah" tout puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce travail. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*J'adresse mes plus vifs remerciements à mon promoteur Mr LARBI DOUKARA.K, de m'avoir aidé dans ce sujet et pour son suivi durant la période de la réalisation de ce travail.*

*Merci à tous les membres du jury qui ont accepté de juger mon travail :  
Mme MOHAMED MAHMOUD et Mr GRANDI.*

*Mes gratitudes vont aussi à toutes les personnes de laboratoires de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amar.*

*Mes remerciements vont également aux personnels des laboratoires de SEAAL de la wilaya de Tipasa qui ont accepté de me guider pendant mon stage.*

*Je tiens à remercier tous les enseignants du département de la biologie et la physiologie cellulaire que j'ai l'honneur de les rencontrés et être parmi eux pendant mes études.*

*Finalement, je remercie tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.*

*A vous tous, un grand Merci.*

# *Dédicaces*

*Je dédie le fruit de mes études  
A mes chers parents, la lumière de ma vie  
Pour leur immense affection et tendresse à mon égard et leurs prières.  
Que Dieu les garde et les protège pour nous.*

*A mes grands parents.*

*A mes chers Sœurs : NOUR EL HOUDA et CHAIMA.*

*A mon très cher fiancé SOUFYANE pour l'espoir qu'il a semé à moi et toute sa  
famille.*

*A mes tantes RADIA et FARIDA et leurs maris.*

*A tous mes collègues de la promotion de 2ème année Master de  
Restauration Des Milieux Aquatiques Continentaux (2014-2015).*

*A tous ceux qui me sont chères.*

## *Sommaire*

Résumé

Liste des abréviations

Liste de tableaux

Liste des figures

Glossaire

**Introduction**..... 01

### **Chapitre I : Synthèses bibliographiques**

I. Généralités sur les eaux de surfaces.....	03
I.1 Cycle de l'eau .....	03
I.2 Eaux de surfaces.....	03
I.2.1 Définition .....	03
I.2.2 Différents types des eaux de surfaces .....	04
a. Eaux de rivière (partie amant).....	04
b. Eaux de rivière (partie avale).....	04
c. Eaux de lac.....	04
I.3 Usage de l'eau .....	05
I.4 Pollution de l'eau .....	05
I.5 Caractéristiques de l'eau de surface.....	06
I.5.1 Paramètres physico-chimiques.....	06
I.5.1.1 Paramètres organoleptiques.....	06
I.5.1.1.1 Couleur.....	06
I.5.1.1.2 Odeur.....	06
I.5.1.1.3 Gout.....	06
I.5.1.2 Paramètres physiques.....	07
I.5.1.2.1 Température.....	07
I.5.1.2.2 Turbidité.....	07
I.5.1.2.3 Conductivité.....	07
I.5.1.2.4 Potentiel d'hydrogène.....	07
I.5.1.3 Paramètres de pollution.....	08
I.5.1.3.1 Matières organiques.....	08
I.5.1.3.2 Azote ammoniacal .....	08
I.5.1.3.3 Nitrite.....	08
I.5.1.3.4 Nitrate.....	09
I.5.1.3.5 Phosphore.....	09
I.5.1.4 Minéralisations globales.....	09
I.5.1.4.1 Sulfate .....	09
I.5.1.4.2 Chlorure.....	09

I.5.1.4.3 Bicarbonate.....	10
I.5.1.4.4 Calcium et Magnésium.....	10
I.5.1.4.5 Oxygène dissous.....	10
I.5.1.5 Paramètres indésirables.....	10
I.5.1.5.1 Fer.....	10
I.5.1.5.2 Manganèse.....	11
I.5.2 Paramètres bactériologiques.....	11
I.5.2.1 Germes indicateurs de la pollution fécale.....	12
I.5.2.1.1 Coliformes totaux.....	12
I.5.2.1.2 Coliformes fécaux.....	13
I.5.2.1.3 Streptocoques fécaux.....	13
I.5.2.1.4 Clostridium Sulfito-Réducteurs.....	13
I.5.3 Maladies à transmission hydriques .....	13
II. Traitement des eaux de surfaces .....	15
II.1 Objectif de traitement .....	15
II.2 Etapes de traitements .....	16
II.2.1 Prétraitement.....	16
II.2.2 Pré-chloration.....	16
II.2.3 Coagulation et floculation .....	16
II.2.3.1 Particules en suspension .....	16
II.2.3.2 Particules colloïdales .....	17
II.2.3.3 Affinité des particules colloïdales pour l'eau .....	17
II.2.4 Décantation .....	18
II.2.5 Filtration .....	18
II.2.6 Désinfection .....	19

## **Chapitre II : Zone d'étude**

III. Description du site et de ses bassins versants.....	21
III.1 Situation géographique, morphologique, géologie et hydrologie .....	21
III.2 Type de formation végétale .....	23
III.2.1 Principaux espèces végétales.....	23
III.3 Faune.....	23
III.4 Caractéristiques climatologiques .....	24
IV. Usine de traitement d'eau potable de Sidi Amer.....	25
IV.1 Cascade d'aération.....	25
IV.2 Bassin de mélange rapide .....	25
IV.3 Floculation .....	25
IV.4 Décantation lamellaire.....	25
IV.5 Filtration .....	25
IV.6 Réservoir... ..	26

## Chapitre III : Matériel et Méthodes

V. Matériel et méthodes .....	27
V.1 Matériel.....	27
V.1.1 Matériels biologiques .....	27
V.1.2 Matériels non biologiques .....	27
V.2 Méthodes .....	27
V.2.1 Analyses physico-chimiques .....	27
A. Mode de prélèvement .....	27
B. Echantillonnage .....	27
C. Paramètres physiques .....	28
1. Mesure de la température et de pH.....	28
2. Mesure de la Turbidité .....	28
3. Mesure de la conductivité.....	29
D. Paramètres de pollutions .....	29
1. Détermination de la matière organique.....	29
2. Dosage d'Ammonium .....	31
3. Dosage de Nitrite.....	31
4. Dosage de Nitrate.....	32
5. Dosage de phosphore.....	33
E. Minéralisations globales.....	33
1. Dosage de sulfate.....	33
2. Dosage de chlorure.....	34
3. Dosage de Bicarbonate.....	35
4. Dosage de calcium et de magnésium.....	36
5. Oxygène dissous.....	37
F. Paramètres indésirables.....	38
1. Dosage de fer.....	38
2. Dosage de manganèse.....	38
V.2.2 Paramètres bactériologiques.....	39
A. Mode de prélèvement .....	39
B. Technique de prélèvement .....	40
C. Transport et conservation .....	40
1. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et d' <i>Escherichia coli</i> par filtration sur membrane.....	41
2. Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux par filtration sur membrane.....	42
3. Recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfite-réductrice par filtration sur membrane.....	44
V.2.3 Méthodes statistiques.....	45

## Chapitre IV : Résultats et discussions

IV. Résultats et discussions.....	46
IV.1 Résultats des paramètres physicochimiques.....	46
IV.1.1 Paramètres physiques .....	46
IV.1.1.1 Température.....	46
IV.1.1.2 pH.....	47
IV.1.1.3 Conductivité.....	48
IV.1.1.4 Turbidité .....	49
IV.1.2 Paramètres de minéralisations.....	50
IV.1.2.1 Calcium.....	50
IV.1.2.2 Magnésium.....	51
IV.1.2.3 Chlorure.....	52
IV.1.2.4 Sulfate.....	53
IV.1.2.5 Bicarbonate.....	54
IV.1.2.6 Oxygène dissous.....	55
IV.1.3 Paramètres de pollution.....	55
IV.1.3.3 Matière organique.....	55
IV.1.3.2 Nitrite.....	56
IV.1.3.4 Nitrate.....	57
IV.1.3.1 Azote ammoniacal.....	58
IV.1.3.5 Phosphore.....	59
IV.1.4 Paramètres indésirables.....	59
IV.1.4.1 Fer.....	60
IV.1.4.2 Manganèse.....	60
IV.2 Résultats des paramètres bactériologiques.....	61
IV.2.1 Eau brute.....	61
IV.2.2 Eau traitée.....	62
<b>Conclusion et perspectives .....</b>	<b>63</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>64</b>
<b>Annexe</b>	

## *Résumé*

Les changements climatiques de ces dernières décennies ont engendré un stress hydrique qui s'est répercuté négativement sur la végétation mais sur le niveau des barrages et les retenues collinaires. A cette situation, s'ajoute la qualité de l'eau qui se trouve bien dégradée suite aux multiples facteurs de pollution aussi bien domestiques qu'industrielle.

Ce travail a pour objectif d'étudier les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de barrage de Boukerdane (Wilaya de Tipasa) et de l'eau traitée au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer. Cette approche a nécessité un suivi de cinq mois (Janvier, Février, Mars, Avril et Mai 2015) au niveau de deux points de prélèvements au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer (le 1er c'est le prélèvement de l'eau brute et le 2<sup>eme</sup> de l'eau traitée).

Les analyses sur les eaux brutes de barrage de Boukerdane révèlent que les résultats de l'étude des paramètres physico-chimiques représentent une conformité aux normes tolérées.

L'étude bactériologique a révélé que les eaux de barrage de Boukerdane présentent une mauvaise qualité de point de vue bactériologique, d'après les normes annoncées par le journal officiel et l'OMS.

Les analyses sur les eaux traitées au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer montrent que les résultats physico-chimiques représentent une conformité aux normes tolérées.

Les résultats bactériologiques indiquent une qualité satisfaisante selon les normes données par le journal officiel et l'OMS.

### **Mots clés :**

Barrage Boukerdane, eaux brutes, eaux traitées, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques.

## *Abstract*

The climate changes of recent decades have led to water stress which impacted negatively on vegetation but on the level of dams and small dams. This situation is added the water quality which is much deteriorated following multiple factors for both domestic and industrial pollution.

This work aims to study the physical and chemical parameters and bacteriological Boukerdane dam water (Wilaya of Tipasa) and treated water at the drinking water treatment plant of Sidi Amer. This approach required a follow-up five months (January, February, March, April and May 2015) at two sampling points at the treatment plant for drinking water bitter Sidi Amer (1 is the sampling the raw water and the 2<sup>nd</sup> of the treated water).

Analyses of the raw water dam Boukerdane show that the results of the study of physico-chemical parameters present compliance with standardized tolerated.

Bacteriological study shows that water dams Boukerdane present a bad bacteriological quality according to the criteria described by the official newspaper and the WHO.

Analyses of the treated water at the treatment station of Sidi Amar drinking water show that the physico-chemical results present compliance with standardized tolerated.

The bacteriological results indicate a satisfactory quality as given by the official newspaper and the WHO.

### **Keywords:**

Boukerdane dam, raw water, treated water, physico-chemical analysis, bacteriological analysis.

## الملخص

تغير المناخ في العقود الأخيرة الإجهاد

السدود الصغيرة. يضاف لهذا الوضع نوعية المياه التي تدهورت كثيرا هذه التالفة انت من عوامل متعددة للتلوث سواء المنزلية منها أو الصناعية.

و يهدف هذا العمل إلى دراسة المعايير الفيزيوكيميائية و البكتيريولوجية لمياه سد بوكوردان - ولاية تيبازة - و المياه المعالجة على مستوى محطة معالجة المياه الصالحة للشرب بسيدي أعمر التي تم معالجتها لمدة خمسة أشهر - فيفري- - افريل و ماي 2015 - في نقطتين اخذ العينات ع مستوى محطة معالجة المياه الصالحة للشرب بسيدي - هي جمع المياه الخام و الثانية المياه المعالجة.

التحاليل التي أجريت على مياه الخام لسد بوكوردان أثبتت أن التحاليل الفيزيوكيميائية مطابقة للمعايير المطلوبة .

النتائج البكتيريولوجية تثبت أن مياه سد بوكوردان ذات نوعية بكتيريولوجية رديئة حسب معايير المقدمة من طرف المنظمة العالمية للصحة و الجريدة الرسمية.

التحاليل التي أجريت على المياه المعالجة على مستوى محطة معالجة المياه الصالحة للشرب بسيدي أعمر أثبتت أن النتائج الفيزيوكيميائية مطابقة للمعايير المطلوبة.

النتائج البكتيريولوجية تثبت مياه المحطة ذات نوعية بكتيريولوجية مرضية حسب المعايير المقدمة من طرف المنظمة العالمية للصحة و الجريدة الرسمية.

### الكلمات المفتاحية :

- مياه الخام - المياه المعالجة - التحاليل الفيزيوكيميائية - التحاليل البكتيريولوجية.

## *LISTE DES ABREVIATIONS*

AEP	: Alimentation en Eau Potable.
ASR	: Anaérobie Sulfito-Réducteurs.
BEA	: Bile Esculine Azide.
CF	: Coliformes fécaux.
CT	: Coliformes totaux.
EB	: Eau brute.
ET	: Eau traitée.
FTSA	: Fiche Technique de Sidi Amer.
JORA	: Journal Officiel de la République Algérienne.
MgO <sub>2</sub> /l	: Milligramme oxygène par litre.
MO	: Matière organique.
Mm <sup>3</sup>	: milliard mètre cube.
N	: Normalité.
NTU	: Unité de Turbidité Néphélométrique.
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé.
PVC	: Poly chlorure de vinyle.
SAA	: Sécurisation d'Alimentation d'Alger en eau potable.
SF	: Streptocoques Fécaux.
TAC	: Titre Alcalimétrique Complet.
TCC	: Triphényl-Tétrazolium.
TH	: Titre Hydrométrique.
TSA	: Tryptic-Ase Soja.
µs/cm	: Micro-siemens par centimètre.

## *Liste des tableaux*

Tableau I	: Principales caractéristiques des eaux de surfaces.....	11
Tableau II	: Principales maladies transmises par l'eau.....	14
Tableau III	: Principaux espèces végétales.....	24
Tableau IV	: Résultats des moyennes mensuelles de phosphore.....	59
Tableau V	: Résultats des moyennes mensuelles de manganèse.....	60

## *Liste des figures*

Figure I	: Représentation schématique de la chaîne de traitement de l'eau de consommation.....	20
Figure II	: Localisation géographique du barrage de Boukerdane.....	22
Figure III	: Variation des moyennes mensuelles de la température (°C) en fonction du temps (Mois) .....	46
Figure IV	: Variation des moyennes mensuelles du pH en fonction du temps (Mois)..	47
Figure V	: Variation des moyennes mensuelles de la conductivité ( $\mu\text{slcm}$ ) en fonction du temps (mois).....	48
Figure VI	: Variation mensuelles de la turbidité (NTU) en fonction du temps (Mois).....	49
Figure VII	: Variation des moyennes mensuelles du calcium (mg/l) en fonction du temps (mois).....	50
Figure VIII	: Variation des moyennes mensuelles du Magnésium (mg/l) en fonction du temps (mois).....	51
Figure IX	: Variation des moyennes mensuelles du chlorure (mg/l) en fonction du temps (mois).....	52
Figure X	: Variation des moyennes mensuelles du sulfate (mg/l) en fonction du temps (mois).....	53
Figure XI	: Variation des moyennes mensuelles du bicarbonate (mg/l) en fonction du temps (mois).....	54
Figure XII	: Variation des moyennes mensuelles d'oxygène dissous (mg/l) en fonction du temps (mois).....	55
Figure XIII	: Variation des moyennes mensuelles de la matière organique ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ) en fonction du temps (mois).....	56
Figure XIV	: Variation des moyennes mensuelles de nitrite (mg/l) en fonction du temps (mois).....	56

Figure XV	Variation des moyennes mensuelles de nitrate (mg/l) en fonction du temps (mois).....	57
Figure XVI	: Variation des moyennes mensuelles d'azote ammoniacal (mg/l) en fonction du temps (mois).....	58
Figure XVII	: Variation des moyennes mensuelles de fer (mg/l) en fonction du temps (mois).....	60
Figure XVIII	: Présentation graphique des teneurs des germes (CF, CT, Strep et ASR) des eaux brutes.....	61

## *Glossaire*

**Biomasse :** Quantité totale de matière (masse) de toutes les espèces vivantes présentes dans un milieu naturel donné (**Ramade, 1998**).

**Colmatage :** Obstruction progressive des interstices de la matière filtrante (**Desjardins, 1990**).

**Détritus :** Organismes morts et particules des matières décantées ou non (**Afnor, 2005**).

**Eau brute :** Eau dans son état naturel, avant qu'elle ne soit traitée (**Allal et Gouisssem, 2009**).

**Eau de ruissèlement :** Eau de surface s'écoulant vers un cours d'eau à la suite d'une forte chute de pluie (**Afnor, 2005**).

**Eau purifiée :** Eau obtenue à partir de l'eau potable et ce par différents procédés (**Allal et Gouisssem, 2009**).

**Eutrophisation :** Enrichissement d'un milieu aquatique en sels minéraux qui entraînent une prolifération des plantes aquatiques (**Ramade, 1998**).

**Filtration sur membrane :** Technique d'élimination ou de concentration des particules des fluides, inclut les microorganismes, par filtration à travers un filtre de porosité connue (**Afnor, 2005**).

**Effluent :** Toute eau usée rejetée directement ou indirectement dans les eaux de surface ou dans un égout pluviale (**Amir, 2005**).

**Floc :** Particules macroscopiques formées dans un liquide par floculation, généralement séparable par sédimentation ou floculation (**Afnor, 2005**).

**Flottation :** Remontée en surface des matières en suspension, par exemple par entrainement gazeux de ces particules (**Afnor, 2005**).

**Hétérotrophe :** Se dit d'un être vivant qui se nourrit de substances organiques, comme les animaux et la plus part des plantes dépourvues de pigment assimilateur (**Ramade, 1998**).

**Infiltration :** Introduction naturelle ou artificielle (recharge) d'eau dans le sol (**Afnor, 2005**).

**Organooleptique :** Qualificatif de certaines propriétés de l'eau (couleur, goût, odeur et aspect) perceptible par les organes des sens (**Ramade, 1998**).

**Phytoplancton** : Partie végétale du plancton (**Afnor, 2005**).

**Pollution** : Effets de l'ensemble des composés toxiques libérés par l'homme dans la biosphère (**Ramade, 2000**).

## *Introduction*

---

L'hydrosphère (du grec hydro : eau, sphéria : boule, globe) est l'enveloppe aqueuse de la Terre, c'est-à-dire la partie de l'environnement qui est avant tout constituée d'eau : les océans, les lacs, les cours d'eau, les nappes phréatiques, la glace polaire et les glaciers (**Bliefret et Perraud, 2001**).

L'eau n'est pas seulement indispensable à la vie, c'est également une grande présence culturelle, elle inspire les artistes, fait l'objet d'une recherche scientifique et dans beaucoup de traditions et de religions, elle est un élément indispensable du rituel (**Annan, 2006**).

Malgré son importance et son caractère souvent sacré, l'eau continue partout dans le monde à être gaspillée et souillée, dans les villes comme dans les campagnes. A ce jour, 18% de la population mondiale n'a pas l'eau potable, 40% n'ont pas de moyens d'hygiène élémentaires, chaque jour, les maladies causées par l'eau souillée font 6 000 morts, surtout des enfants (**Annan, 2006**).

En Algérie la demande en eau, connaît un accroissement important, pour répondre à une demande cumulée de trois secteurs souvent concurrentiels (la ville, l'industrie et le périmètre d'irrigation). En plus de la rareté de l'eau, la sécheresse s'étant accrue, la mobilisation des eaux superficielles par la construction des barrages et des retenues collinaires devient indispensable (**Habila, 2002**).

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et/ou perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines (**Painchaud, 1997**).

Il faut rappeler que l'eau est une source de richesse et un bien-être pour l'homme, elle peut être la cause de pauvreté, de malnutrition et de famines, si elle venait à manquer ou si elle subit des altérations (**Bouziyani, 2006**). Il semble donc que le contrôle et l'amélioration de la qualité de l'eau sont indispensables pour la protection de l'environnement et de la santé des consommateurs.

En fait, rien n'est plus important que la qualité microbiologique d'une eau, car toutes sortes de maladies (fièvre typhoïde, choléra, maladie entéro-virale, dysenterie bacillaire, dysenterie amibienne et de nombreuses variétés de maladies gastro-intestinales) peuvent être transmises par l'eau (**Barbe et al., 2003**).

L'objectif du présent travail porte à déterminer l'efficacité de traitement grâce à une comparaison physico-chimique et bactériologique entre l'eau brute issue du barrage Boukerdane et l'eau traitée au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer (wilaya de Tipasa).

## *Introduction*

---

La présentation de notre travail de recherche s'articule autour de quatre chapitres:

✓ **Le premier chapitre** : relatif au contexte bibliographique comporte deux principaux volets: Le premier volet est consacré à la généralité sur les eaux de surfaces ; Le second volet est dédié à la généralité sur le traitement de ces eaux.

✓ **Le deuxième chapitre** : aborde la zone d'étude, description du site et de ses bassins versants, et l'usine de traitement d'eau potable de Sidi-Amer.

✓ **Le troisième chapitre** : détaille le matériel et méthodes utilisés dans cette étude.

✓ **Le quatrième chapitre** : a été consacré à l'interprétation des résultats.

Une conclusion synthétise l'ensemble des données obtenues dans le cadre de ce travail de recherche et enfin, des perspectives d'avenir sont également exposées.

### **I. Généralités sur les eaux de surfaces :**

La Terre est l'unique planète du système solaire, dont la surface est recouverte de grandes parties d'eau à l'état liquide (environ 70%) (**Bliefret et Perraud, 2001**).

Sur la Terre, l'eau existe dans les trois états, liquide - solide - gazeux, ce qui est dû aux conditions particulières de température et de pression qui règnent à sa surface :

- Sous forme liquide, l'eau consiste avant tout les océans, les cours d'eau des eaux côtières et les nappes phréatiques ;
- Sous forme solide constitue par exemple : la glace des couches polaires ;
- Sous forme gazeux, est en proportions variables un des constituants de l'atmosphère (Sa teneur volumique dans la troposphère varie de 0.1 à 0.4%) (**Bliefret et Perraud, 2001**).

#### **I.1 Cycle de l'eau :**

Sur la Terre, l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturel : solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'eau) (**Sokona, 2002**).

L'eau s'évapore de toutes les étendues d'eau, depuis la simple flaque jusqu'aux océans, de même à travers la végétation, on parle alors d'évapotranspiration (**Sokona, 2002**).

Lorsque la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère devient suffisamment grande, la vapeur se condense sur les particules en suspension dans l'air pour former les nuages. Les nuages précipitent éventuellement sous forme de pluie, de neige ou de grêle (**Sokona, 2002**).

L'eau qui est libérée retourne au sol où elle est absorbée par la végétation ou ruisselle vers les rivières et les fleuves si elle n'est pas absorbée par le sol. L'eau peut également percoler (pénétrer lentement dans le sol) vers les couches les plus profondes pour alimenter la nappe phréatique et le système des fleuves et des rivières (**Sokona, 2002**).

#### **I.2 Eaux de surfaces**

##### **I.2.1 Définition**

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes et/ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...) (**Bliefret et Perraud, 2001**).

La composition chimique des eaux de surfaces dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants (**Bliefret et Perraud, 2001**).

Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu

extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (**Bliefret et Perraud, 2001**).

Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable, la pollution rendant souvent impropre à l'utilisation en absence d'un traitement préalable (**Boeglin, 2003**).

### **I.2.2 Différents types des eaux de surface**

On peut repartir les eaux de surface en trois catégories :

#### **a. Eaux de rivières (partie amont) :**

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Turbidité élevée, le régime des rivières étant torrentiel, les eaux transportent de grande quantité de matières en suspension.
- Contamination bactérienne faible, la pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- Température froide, ces eaux proviennent soit de sources, soit de la fonte des neiges et des glaciers.
- Indice de la couleur faible, ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principale source de couleur (**Desjardins, 1990**).

#### **b. Eaux de rivières (partie aval)**

L'aval d'une rivière est en général située dans une région où la population est dense. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Contamination bactérienne élevée, cette contamination est surtout imputable au déversement d'égouts domestiques et agricoles.
- Contamination organique et inorganique élevée, les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.
- Indice de couleur pouvant être élevée, dans beaucoup de cas, des eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, qui les colorent (**Desjardins, 1990**).

#### **c. Eau de lac**

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau est donc faible et la contamination bactérienne est

habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année (**Desjardins, 1990**).

### **I.3 Usage de l'eau**

Les besoins en eau et leur évolution sont variables selon le type d'usage, les régions et les saisons (**Satin et Selmi, 1999**).

Les usages doivent être considérés au sens large, ils sont classés en trois catégories :

- Les usages quotidiens : Alimentation en eau potable, rejets d'eaux usées, urbanisation et imperméabilisation des sols.
- Les usages professionnels : Agriculture, élevage d'animaux terrestres ou aquatiques, hydroélectricité, transport fluvial, refroidissement, extraction de granulats, prélèvement d'eau de procès industriel, pêche professionnelle.
- Les usages liés aux loisirs, baignade, sport d'eau vive, pêche de loisirs, tourisme fluvial (**Satin et Selmi, 1999**).

### **I.4 Pollution de l'eau**

Selon **Gaujous (1995)**, la pollution résulte de l'introduction dans un milieu des substances conduisant à son altération.

Elle désigne l'ensemble des rejets que l'homme libère dans l'écosystème et qui, sans être vraiment dangereux pour l'organisme, exercent une influence perturbatrice sur l'environnement (**Ramade, 1998**).

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétants de la crise globale de l'environnement (**Ramade, 1998**).

Les eaux continentales de surface des lacs et des cours d'eau sont alimentées par des ruissellements et les eaux souterraines résurgentes. Trop souvent, elles reçoivent des eaux usées fortement polluées (**Henry et Beaudry, 1992**).

Les origines de la pollution de l'eau sont variées et intimement liées aux activités humaines : pollution domestique, industrielle et agricole (**Zerrouki et al., 2006**).

Très souvent, les eaux de surface sont polluées par l'apport d'eaux résiduaires : Eaux de ruissellement ou eaux résiduaires d'origine agricole, riches en matière organique, en engrais et en pesticides (**Henry et Beaudry, 1992**).

- Eaux résiduaires d'origine industrielle susceptibles de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradables (**Henry et Beaudry, 1992**). Les pollutions industrielles des

eaux sont dues à des rejets de matières en suspension, de matières organiques, de produits azotés ou phosphorés et de produits toxiques (**Schmidt, 2005**).

- Eaux domestiques : eaux ménagères et eaux vannes riches en bactéries, virus, protéines, hydrate de carbone et autres déchets organiques ainsi qu'en détergent (**Henry et Beaudry, 1992**), provenant des habitants, elle est en générale véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration.

La pollution domestique se caractérise d'après **Gaujous (1995)** par :

- ✓ Des germes fécaux ;
- ✓ Des fortes teneurs en matières organiques ;
- ✓ Des sels minéraux ;
- ✓ Des détergents.

### **I.5 Caractéristiques de l'eau de surface**

#### **I.5.1 Paramètres physicochimiques**

L'évaluation de la pollution de l'eau nécessite de nombreuses analyses, incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimiques. Ces analyses sont réalisées par des méthodes dont les protocoles sont bien définis.

##### **I.5.1.1 Paramètres organoleptiques**

###### **I.5.1.1.1 Couleur**

La couleur apparente est due aux matières en suspension et en solution. Elle est en fonction des composés chimiques solubles qui sont colorés (**Djermakoye, 2005**).

###### **I.5.1.1.2 Odeur**

L'existence d'une odeur est synonyme de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition, ce qui est trop dangereux pour la santé des consommateurs (**Fall, 2007 ; Rodier et al., 2009**).

###### **I.5.1.1.3 Goût**

Il peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et de sensibilité chimique perçue lorsque l'eau est dans la bouche (**Rodier et al., 1996**).

### **I.5.1.2 Paramètres physiques**

#### **I.5.1.2.1 Température**

C'est un paramètre souvent négligé, mais qui devrait être plus souvent mesuré car le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration, notamment les dégraisseurs, est sensible à des températures trop élevées. Ainsi la température de tout rejet doit être inférieure à 30°C (**Satin et Selmi, 1999**).

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination de pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (**Rodier et al., 2009**).

#### **I.5.1.2.2 Turbidité**

La turbidité est définie comme l'inverse de la limpidité ou de la transparence, une eau turbide est donc plus ou moins trouble (**Henry et al., 1992**). C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (**Degremont, 1995**).

Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : l'argile, limons, grains de silice et matières organiques (**Rodier et al., 2005**).

La turbidité doit aussi être éliminée pour d'autres raisons :

- Permettre une bonne désinfection de l'eau ;
- Éliminer les polluants adsorbés sur les matières en suspension (métaux lourds ...) ;
- Éviter tous dépôts dans le réseau de distribution (**Degremont, 1995**).

#### **I.5.1.2.3 Conductivité**

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à transmettre le courant électrique. Elle est directement liée à la concentration des substances ionisées (**Gaujous, 1998**).

Sa mesure nous renseigne sur la salinité de l'eau, elle est utile pour la surveillance dans le temps d'une même eau, car elle permet de détecter de suite des variations dans sa composition (**Gaujous, 1998**).

#### **I.5.1.2.4 Potentiel d'hydrogène (pH)**

Le potentiel d'hydrogène est par définition une mesure de l'activité des ions  $H^+$  contenus dans une eau (**Henry et al., 1992**).

C'est l'un des paramètres les plus importants de la qualité ; Il doit être étroitement surveillé au cours de toute opération de traitement. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,5 et 8,5. C'est à l'intérieur de ces deux valeurs que se situe le pH des eaux distribués aux collectivités (**Rodier et al., 2005**).

### **I.5.1.3 Paramètres de pollution**

#### **I.5.1.3.1 Matières organiques (MO)**

La diversité chimique extrêmement élevées des espèces moléculaires consistants la matière organiques (**Bontoux, 1983**).

Les matières organiques sont inoffensives pour la santé humaine mais présentent l'inconvénient d'interférer avec tous les procédés de traitement d'eau potable (**Degrémont, 1995**).

Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique totale (**Berné et Cordonnier, 1992**).

#### **I.5.1.3.2 Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

Les eaux naturelles contiennent toujours de l'azote ammoniacal, produit normal de la biodégradation de l'azote organique : protéines, acides aminés, urées (**Henry et al., 1992**).

Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans l'eau de surface est un indicateur de pollution (**Degremont, 1995**).

L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de la consommation, car il interfère avec la chloration (formations de chlora-mines) et c'est un aliment qui peut permettre à la bactérie de proliférer dans les réseaux de distribution (**Degremont, 1995**).

#### **I.5.1.3.3 Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ )**

Les ions nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et les ions nitratent ( $\text{NO}_3^-$ ). Les bactéries nitrifiantes transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, nécessite une forte consommation d'oxygène, c'est la nitratisation (**Sevrin Reyssac et al., 1995**).

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Les organismes aquatiques meurent par asphyxie (**Sevrin Reyssac et al., 1995**).

### I.5.1.3.4 Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes (**Bliefret et al., 2001**).

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

Les nitrates ne sont pas toxiques, mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu (**Sevrin Reysac et al., 1995**).

### I.5.1.3.5 Phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Dans les rejets d'eau résiduaire, le phosphore peut se trouver sous forme de sels minéraux (orthophosphates, poly phosphates), mais aussi sous forme de composés organiques solubilités ou à l'état de matière en suspension (**Faby et Brissaud, 1997**).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes, les composés phosphatés, sont progressivement transformés en phosphates solubles (**Tidanint et Amdoun, 2003**).

### I.5.1.4 Minéralisations globales

Les composés minéraux présent dans l'eau naturelles essentiellement leur origine dans les échanges qui se produisent entre l'eau et le sol, entre l'eau et l'atmosphère. Ils résultent aussi du métabolisme des éléments constitutifs de la biomasse aquatique (**Bontoux, 1983**).

La minéralisation totale d'une eau de boisson de bonne qualité est de l'ordre de quelques centaines de milligrammes par litre (**Bontoux, 1983**).

#### I.5.1.4.1 Sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses, et d'oxydation des sulfures répandus dans les roches (**Henry et Beaudry, 1992**).

#### I.5.1.4.2 Chlorure ( $\text{Cl}^-$ )

L'eau contient toujours de chlorure, mais en proportion très variable. La teneur en chlorure augmente avec le degré de minéralisation d'une eau (**Henry et Beaudry, 1992**).

### I.5.1.4.3 Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les bicarbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  sont peu solubles dans l'eau par rapport aux bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$ , la présence de ces deux composés est liée au phénomène de respiration et de photosynthèse.



Au cours de la photosynthèse, les cellules phytoplanctoniques prélèvent de l'eau du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ . Le sens de la réaction est dirigé vers la gauche, ceci entraîne une augmentation de  $\text{CO}_3^{2-}$  et une diminution de  $\text{HCO}_3^-$  (**Henry et Beaudry, 1992**).

Au cours de respiration, le sens de la réaction est dirigé vers la droite puisqu'il y'a libération du dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  donc une diminution des carbonates (**Henry et Beaudry, 1992**).

### I.5.1.4.4 Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et Magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ )

Dans les eaux naturelles continentales, les cations les plus abondants sont le calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et le magnésium  $\text{Mg}^{2+}$ , qui sont responsables de la dureté de l'eau. La dissolution du Ca et du Mg résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques (**Henry et Beaudry, 1992**).

#### • Dureté totale ou Titre Hydrométrique (TH)

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degrés de  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  et s'exprime par le TH (**Berné et Cordonnier, 1992**).

#### • Alcalinité totale ou Titre Alcalimétrique complet (TAC)

La plupart des eaux naturelles ont un pH compris entre 4,5 et 8,3 et leur alcalinité est attribuable essentiellement aux bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) (**Henry et Beaudry, 1992**).

### I.5.1.4.5 Oxygène dissous ( $\text{O}_2$ dissous)

Ce paramètre est très important, du fait qu'il mesure la solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température, de la pression atmosphérique, de l'agitation et de la salinité (**Ladjel, 2001**).

### I.5.1.5 Paramètres indésirables

#### I.5.1.5.1 Fer ( $\text{Fe}^{2+}$ )

Le fer est élément de transition très répandus sur la terre (**Merksem, 2010**).

## CHAPITRE I: Synthèse bibliographique

La présence du fer dans les sources naturelles en eau est attribuable à la décomposition de la roche et des minéraux, aux eaux de lessivage de décharges contrôlées, aux effluents d'égouts ainsi qu'aux rejets des secteurs industriels qui traitent le fer (**James, 1980**).

### I.5.1.5.2 Manganèse ( $Mn^{2+}$ )

Le manganèse est un métal lourd que l'on trouve dans les milieux urbains. Leur origine est multiple, il provient des produits consommés au sens large par la population, aux effluents d'égouts, des eaux pluviales (**Potelon, 1998**).

Le manganèse est généralement associé au fer mais en quantité plus faible. C'est le  $Mn^{2+}$  qui est soluble dans les eaux naturelles bien que le manganèse présente de nombreux autres états d'oxydation (**Rodier et al., 1996**).

La teneur en Manganèse est limitée à 0,05mg/l dans les eaux potables pour le goût qu'il peut communiquer, pour les taches et les dépôts qu'il peut occasionner et aussi parce qu'il favorise la croissance de certains micro-organismes. (La teneur souhaitable est inférieure ou égale à 0,01mg/l) (**Potelon, 1998**).

Les principaux paramètres physico-chimiques sont regroupés dans le tableau I.

**Tableau I : principales caractéristiques des eaux de surfaces.**

Caractéristiques	Eaux se surfaces
Température	Variable suivant les saisons.
Turbidité	Variables, parfois élevées.
Couleur	Liées surtout aux matières en suspension (argiles, algues...) sauf dans les eaux douces et acides (acides humiques).
Gouts et odeur	Fréquent.
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur de l'eau en état d'eutrophisation.
O <sub>2</sub> dissous	Le plus souvent au voisinage de saturation : absent dans le cas d'eau très polluées.
NH <sub>4</sub>	Présent seulement dans les polluées.
Nitrates	Peu abondants en général.

## CHAPITRE I: Synthèse bibliographique

Micropolluants minéraux et organiques	Présent dans les eaux des pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source.
Solvants colorés	Rarement présent.
Eléments vivants	Bactéries (dont certains pathogènes), virus, plancton (animal et végétale).

(Degrement, 1995).

### I.5.2 Paramètres bactériologiques

Quelque soit son origine la mauvaise qualité microbiologique de l'eau est un facteur de risque pour l'environnement (Martineau, 1997), ce qui rend indispensable d'effectuer les analyses microbiologiques afin d'apprécier les risques sanitaires (Gaujous, 1995).

Les bactéries les plus couramment recherchées dans l'eau sont principalement des témoins de contamination fécale (Gaujous, 1995).

Les effluents industriels, agroalimentaires ou papetiers, ont des charges importantes en germes pathogènes et en entérobactéries indicatrices, dont les proportions varient selon la nature de l'industrie responsable (Hasley et Leclerc, 1993).

#### I.5.2.1 Germes indicateurs de la pollution fécale

##### I.5.2.1.1 Coliformes totaux (CT)

Le terme coliforme correspond à des organismes à la forme de bâtonnet, non sporogène, Gram négatif, oxydase négatif et facultativement aéro-anaérobies appartenant à la famille des *Entérobacteriaceae* (Hasley et Leclerc, 1993 ; Rodier et al., 2005).

Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres d'agents de surface qui possèdent des activités inhibitrices similaire, et capable de fermenter le lactose et le mannitol avec production d'acide et de gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37 °C (Hasley et Leclerc, 1993 ; Rodier et al., 2005).

Les coliformes regroupent les genres : *Escherichia*, *Citobacter*, *Entérobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (Rodier et al., 2005 ; Jolet et Reynaud, 2003).

Les Coliformes Totaux sont présents un peu partout dans la nature, dans les eaux riches en éléments nutritifs (Hade, 2003).

### I.5.2.1.2 Coliformes fécaux (CF)

Groupe de bactéries coliformes qui produisent de gaz à partir du lactose en 48 heures à 44°C. Ces microorganismes appelés aussi « coliformes d'origine fécales » (**Lebres et al., 2002**).

*Escherichia coli* est l'espèce la plus spécifique de ces bactéries car en plus de ces caractéristiques, elle produit l'indole à partir de tryptophane (**Bennefoy et al., 2002**).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale (**Rodier et al., 2005**).

### I.5.2.1.3 Streptocoques fécaux (SF)

On distingue dans le genre *streptococcus* le groupe pyogènes, l'espèce *S. pyigènes*, pathogène pour l'homme, le groupe *viridans* comprenant des espèces -hémolytique, des espèces commensales des cavités oro-pharyngées, le groupe lactique, avec l'espèce rencontrées dans le lait, enfin le groupe entérocoque qui rassemble des espèces d'origine intestinale, ayant toutes la particularité de se multiplier dans les conditions hostiles de croissance (température, pH, etc.) et recherchées comme témoins de contamination (**Leclerc et Haslay, 1993**).

### I.5.2.1.4 Clostridium Sulfito-Réducteurs (ASR)

Les clostridium sulfito-réducteurs appartiennent à la famille des *Bacillariaceae*, à Gram positif, anaérobie strict, mobile par ciliature péritriche mais parfois immobiles et capsulés. Leurs bacilles subsistent sous forme sporulée lorsque les conditions de vie deviennent défavorables à leurs multiplications. Ils se retrouvent dans le sol et dans l'intestin de l'homme et d'autres animaux (**Singleton, 1999**).

Les spores sont ovoïdes ou sphériques, généralement déformantes, subterminales ou terminales, naturellement thermo résistantes (**Dellaras, 2006**).

Leur recherche est habituellement prise en compte dans les réglementations destinées à garantir la qualité des eaux d'alimentation (**Leclerc, 1977**).

## I.5.3 Maladies à transmission hydriques

Les maladies d'origine hydrique sont des infections dues à un agent infectieux ; bactérie, virus ou protozoaire (Tableau II). Dans le cas de transmission de la maladie infectieuse, les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent des individus malades, des porteurs

## **CHAPITRE I: Synthèse bibliographique**

sains, ou des animaux, qu'on appelle communément des réservoirs des germes (**Leclerc et al., 1993**).

Si ces microorganismes potentiellement pathogènes, conservent dans l'eau leur viabilité en même temps que toutes leurs propriétés intrinsèques et si leur nombre est suffisant, alors l'individu réceptif pourra faire la maladie en absorbant de l'eau contaminée (**Leclerc et al., 1993**).

**Tableau II : Principales maladies transmises par l'eau.**

MICRO-ORGANISMES	MALADIES	PRINCIPAL SITE ATTEINT
<b>1. Bactéries</b>		
<i>Shigella Shigelloses</i> (dysenterie bacillaire) Système gastro-intestinal	Shigelloses (dysenterie bacillaire)	Système gastro-intestinal
<i>Salmonella typhi</i>	Fièvre typhoïde	Intestin
<i>Salmonella chlera</i>	Fièvre entérique	Système gastro-intestinal
<i>Salmonella entéritique</i>	Gastro entérite	Système gastro-intestinal
<i>Escherichia coli</i>	Gastro entérite	Système gastro-intestinal
<i>Vibrio chleras</i>	Choléra	Intestinal
<i>Francisella tul arensis</i>	Tularémie	Système respiratoire foie – rate ganglions lymphatiques
<i>Leptospirose icterohaemorrhagiae</i>	Leptospirose	Foie
<b>2. Virus</b>		
<i>Poliovirus</i>	Poliomyélite méningite aseptique	Moelle épinière Méningite
<i>Coxsackievirus</i>	Myocardite méningite aseptique – épidémie myalgia	Cœur -muscle
<i>Echovirus</i>	Méningite aseptique gastroentérite	Méningites- intestin
<i>Adénovirus</i>	Pharyngite	Pharynx

## CHAPITRE I: Synthèse bibliographique

<i>Réovirus</i>	Maladies respiratoires diarrhées	Appareil respiratoire et digestif
<i>Virus A del'hépatite</i>	Hépatite infectieuse	Foie
<i>Virus gastro- entéritique</i>	Gastro-entérite	Système gastro intestinal
<b>3. Protozoaires</b>		
<i>Entamoeba histolytica</i>	Ambiase	Système gastro-intestinal
<i>Naegleria grubéria</i>	Méningite encephalitique	Système nerveux central

(ASANO, 1998).

## II. Traitement des eaux de surface

### II.1 Objectif de traitement

Pour définir les objectifs d'un traitement, deux paramètres s'imposent (Figure I) :

#### ✓ Connaissance de l'eau à traiter

- Analyse complètes sur l'échantillon représentatif ;
- Variation annuelles des caractéristiques de l'eau à traitée avec la connaissance des maxima et minima ;
- Eventuellement prévision de changement de qualité d'eau (exemple : usine polluante prévue en construction, en amont de la prise d'eau, point d'eau, barrage exposé à une pollution) (Kettab, 1992).

#### ✓ Définition des objectifs exacts du traitement

Ceux-ci peuvent être répartis en trois groupes :

- La santé publique, qui implique de l'eau distribuée ne doit pas apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques ;
- L'agrément de consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire tout en étant dangereuse (source polluée...), il s'agit des qualités organoleptiques, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir couleur, odeur et goût ;
- La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usages (robinetterie, chauffe d'eau,...) contre l'entartrage et/ou la corrosion (Kettab, 1992).

### **II.2 Etapes de traitement**

#### **II.2.1 Prétraitement**

Il consiste à faire un dégrillage et un dessablage à fin d'éliminer les particules de grosse taille, les branches, le sable... (**Kettab, 1992**).

#### **II.2.2 Préchloration**

Traitement préliminaire de l'eau brute par le chlore dans le but d'arrêter ou réduire sensiblement la croissance des bactéries, des végétaux, des animaux, d'oxyder les matières organiques et inorganiques, de faciliter la floculation et/ou d'atténuer l'odeur (**Afnor, 2005**).

On utilise dans l'eau des doses de chlore, le taux de traitement en chlore est déterminé en fonction de la longueur du réseau et des infiltrations (**Kettab, 1992**).

#### **II.2.3 Coagulation et Floculation**

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence des particules de très faible diamètre comme colloïdes (**Desjardins, 1990**).

Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible, le temps nécessaire pour parcourir 1m en chute libre peut être de plusieurs années (**Cardot, 1999**).

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation (Figure I) (**Desjardins, 1990**).

##### **II.2.3.1 Particules en suspension**

Les particules en suspension dans une eau de surface proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution de substances minérales et de la décomposition de substances organiques (**Desjardins, 1990**).

A cet apport naturel, il faut ajouter des déversements d'eau d'égout domestiques, industrielles et agricoles. En général, la turbidité de l'eau est causée par des particules de matières organiques (particules d'argile) alors que sa couleur est imputable à des particules de matières organiques et d'hydroxyde de métal (exemple : le fer) (**Desjardins, 1990**).

On peut classer les particules en fonction de leur taille :

- Les particules des matières organiques ou inorganiques sont des particules dont le diamètre est supérieur à 1µm et que se déposent facilement ;
- Les particules colloïdales sont des particules dont le diamètre est inférieur à 1µm et que se déposent lentement (**Desjardins, 1990**).

### **II.2.3.2 Particules colloïdales**

Ce sont des éléments présents dans l'eau, un état intermédiaire entre l'état dissous et l'état solide (**Ramade, 1998**).

Leur élimination nécessite de neutraliser au préalable les charges électriques et de les rassembler en particules plus grosses, décantables et filtrables, par mise en œuvre des produits coagulants ou flocculants (**Ramade, 1998**).

Les principales origines des matières colloïdales sont : les argiles, les poussières atmosphériques et la silice (**Ramade, 1998**).

### **II.2.3.3 Affinité des particules colloïdales pour l'eau**

Les particules colloïdales sont soit hydrophiles soit hydrophobes. Les particules hydrophiles déshydratées se dispersent spontanément dans l'eau et sont entourées de molécules d'eau qui les préviennent tout contact ultérieur entre ces particules (**Desjardins, 1990**).

Les particules hydrophobes ne sont pas entourées de molécules d'eau ; leur dispersion dans l'eau n'étant pas spontanées, on doit la faciliter à l'aide de moyens chimiques ou physiques. Les particules colloïdales possèdent habituellement une charge électrique négative situées à leur surface (**Desjardins, 1990**).

Ces charges dites primaires, attirent les ions positifs en solution dans l'eau, lesquels adhèrent fortement à la particule et attirent à leur tour des ions négatifs accompagnés d'une faible quantité d'ions positifs (**Desjardins, 1990**).

### **✓ La coagulation**

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles tend à éloigner les particules l'une des autres et par conséquent, à les stabiliser dans la solution (**Desjardins, 1990**).

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour les agglomérer, cette agrégation des particules permet ensuite une clarification efficace de l'eau à traiter par sédimentation. Elle consiste en l'adsorption d'une espèce chimique de charge opposée à la charge de surface de colloïde stable à éliminer (**Aouabed, 2003**).

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont : le Sulfate d'alumine  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ , Aluminat de sodium  $\text{NaAl}_2$ , le Chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3$ , le Sulfate ferrique  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ ... (**Desjardins, 1990**).

### ✓ **La floculation**

Formation par agglomération des petites particules, des grosses particules séparables, le mode de formation est généralement accéléré grâce à des moyens mécaniques, physiques, chimiques et biologiques (**Afnor, 2005**).

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

### **II.2.4 Décantation**

La décantation, procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, à pour but pour éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau (**Desjardins, 1990**).

Ces particules en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration (**Desjardins, 1990**).

Il existe plusieurs types des décanteurs, les plus utilisés sont décanteurs à lamelles. Dans le décanteur à lamelles, constitués d'un empilement de plaque inclinées à 35° par rapport à horizontale, l'eau s'écoule de haut en bas (**Desjardins, 1990**).

Les solides s'accumulent sur la plaque inférieure et glissent jusqu'au fond du bassin de décantation, tandis que l'eau clarifiée est acheminée par tube vers une goulotte située au-dessus des lamelles et qui déverse son contenu sur les filtres (**Desjardins, 1990**).

### **II.2.5 Filtration**

Procédé de traitement au cours du quel l'eau passe à travers d'une couche de matière poreuse (**Afnor, 2005**).

La filtration a pour but de retenir les particules en suspension dans l'eau, c'est en fixant par adsorption les matières solides en suspension dans l'eau que les filtres exercent leur action essentielle (**Afnor, 2005**).

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs des matières filtrantes (**Kettab, 1992**).

A mesure que le colmatage se produit, la perte de charge subie par le courant d'eau en traversant les filtres s'accroît (**Kettab, 1992**).

La rapidité du colmatage dépend :

- De la nature des eaux traitées ; elle est d'autant plus rapide que les eaux sont plus chargées ;
- Du débit par unité de surface filtrante, ou vitesse de filtration, elle s'accroît avec cette vitesse ;
- De la granulométrie de la matière filtrante ; le colmatage est d'autant plus rapide que la granulométrie est faible (**Kettab, 1992**).

### ➤ **Types des filtres**

Il existe plusieurs types des filtres, on peut trouver :

- Des filtres à sables rapides ;
- Des filtres à sables lents ;
- Des filtres sous pression ;
- Des filtres à terre diatomée.

En pratique, les filtres à sables rapides sont les plus utilisés (**Desjardins, 1990**).

### **II.2.6 Désinfection**

Le traitement de l'eau de consommation vise à supprimer les bactéries et les virus pathogènes (**Henry et Beaudry, 1992**).

Avec l'augmentation de la pollution, la transformation de l'eau brute en eau potable devient de plus en plus difficile (**Bliefret et Perraud, 2001**).

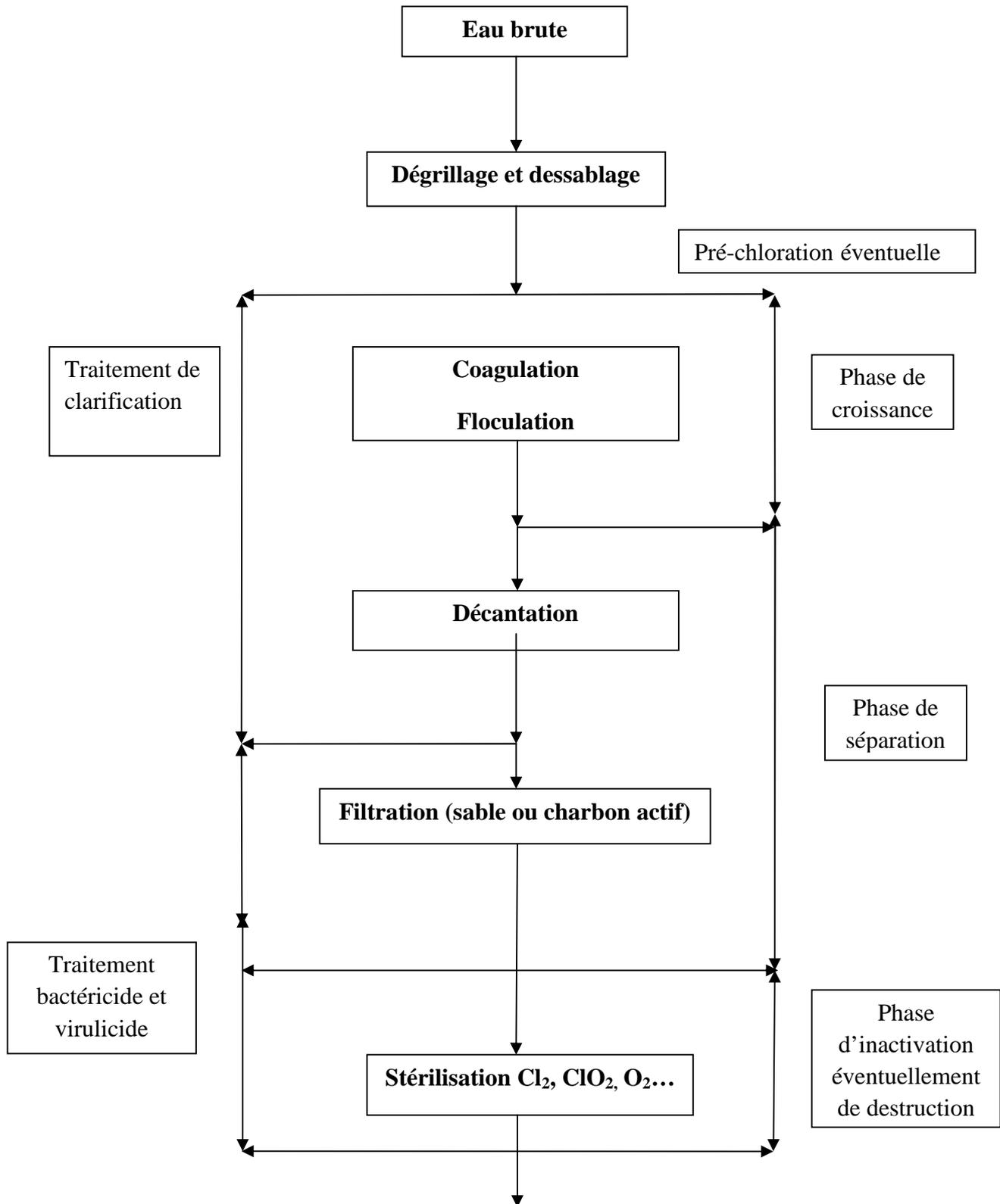
Le chlore par sa grande efficacité à l'état de traces et par sa facilité d'emploi, est le réactif le plus utilisé pour assurer la stérilisation de l'eau (**Kettab, 1992**).

La stérilisation vise à tuer les germes pathogènes, qui peuvent se trouver dans l'eau susceptibles peuvent causer des maladies infectieuses chez l'homme ou le bétail... Les réactifs utilisés sont le chlore et certains composés chlorés, l'iode, l'ozone, le permanganate de potassium et l'eau oxygénée (**Kettab, 1992**).

### ➤ **Les critères permettant de choisir le désinfectant**

Tous les procédés et produits de désinfections n'étant pas équivalents, il faut choisir le procédé le plus approprié, compte tenu de certaines conditions particulières (caractéristiques et usages de l'eau, types de microorganismes à éliminer, qualité du réseau de distribution, etc.) (**Degrémont, 2005**).

Les étapes de traitement des eaux potables sont présentées dans la figure I.



**Figure I :** Représentation schématique de la chaîne de traitement de l'eau de consommation (kettab, 1992).

### III. Description du site et de ses bassins versants

#### III.1 Situation géographique, morphologique, géologiques et hydrologique

Le barrage de BOUKERDANE est situé dans la partie Nord-ouest de la grande plaine de la Mitidja et localise environ 1.3 Km du village de Sidi Amer (Wilaya de Tipasa) aux coordonnées géographiques : 36°30 Nord et 2°20 Est .Ce plan d'eau est implanté dans une zone de collines s'étendant en direction Est-ouest. Au Nord, il est distant de 11 Km de la méditerranée et au Sud, il est délimité par la montagne de Bou-Maad (Figure II) (S. T. E. P., 2015).

Le barrage de BOUKERDANE est construit sur le lit de Oued El Hachem (au confluent des deux principaux oueds : Menaceur (Boukadir) et Fedjana qui donne naissance à Oued El Hachem). La mise en eau du barrage (début d'exploitation) s'est faite en 1996 (S. T. E. P., 2015).

Le barrage est conçu pour l'irrigation de la Mitidja Ouest et l'alimentation en eau potable (AEP) de la Wilaya de Tipasa. A partir de 2002, il participe au renforcement de l'AEP d'Alger (réseau d'alimentation en eau potable) dans le cadre du projet SAA (Sécurisation d'Alimentation d'Alger en eau potable) (S. T. E. P., 2015).

Selon le programme défini par l'avant projet de construction du barrage, le volume d'eau régularisé par le barrage est de 49 Mm<sup>3</sup> par années, dont 8 Mm<sup>3</sup> d'eau potable et 41 Mm<sup>3</sup> d'eau d'irrigation. S'éparpillant en forme d'une feuille, les oueds Safsaf, Fedjana, Nache, Mousour, Tegza, Boukadir et Achechou donnent par leur confluence à 900 m en amont du barrage la naissance à Oued El Hachem (S. T. E. P., 2015).

La cuvette du barrage est entourée des hautes montagnes et de massifs. La surface du bassin versant, qui est l'aire de réception des précipitations et d'alimentations du cours d'eau en amont du barrage compte 177 Km<sup>2</sup>. Cette cuvette est amplement recouverte de marnes gris verdâtres et les vallées sont surmontées par alluvions, de gravier et sable (S. T. E. P., 2015).

La strate de couverture de la retenue est constituée à divers niveaux d'anciennes terrasses fluviales, formant ainsi les rives imperméables. La cuvette est donc de la possibilité d'une filtration permanente (S. T. E. P., 2015).

Les formations géologiques du site du barrage sont divisées en trois groupes :

- Les roches basiques et les produits de leur altération actuelle in situ ;
- Les roches sédimentaires tertiaires et les terrains qui s'y développent ;

Les dépôts quaternaires, alluvions de l'Oued et déjections torrentielles (S. T. E. P., 2015).



Figure II : Localisation géographique du barrage de Boukerdane (Google Earth, 2015).

### III.2 Types de formations végétales

Les types de formations végétales ont été identifiés et délimités dans la carte d'occupation du sol.

Les différents types de formations végétales sont :

➤ **Forêts claires** : cette catégorie est constituée de l'ensemble des formations végétales hautes dont le taux de recouvrement est inférieure à 50 % quelle soit la nature de l'essence qui la constitue ainsi que les formations mixtes ou la forte claire est dominante (**Conservation des forêts, 2013**).

➤ **Maquis dense** : il englobe toutes les superficies à couverture végétale basse (dont le taux de recouvrement est supérieur à 50% présentant des signes de surpâturage et de dégradation intense du forêt) et formation mixtes ou le maquis dense est dominant (**Conservation des forêts, 2013**).

➤ **Maquis clairs** : il englobe toutes les superficies à couverture végétales basse (dont le taux de recouvrement est inférieur à 50% présentant des signes de surpâturage et de dégradation intense du forêt) et formation mixte ou le maquis clairs est dominant au relief accident et à la sensibilité des terres à l'érosion (80% des terres ont des pontes 12.5% et plus de 60% sont instables à très instables) (**Conservation des forêts, 2013**).

➤ **Vergers** : les terres cultivées sont très morcelées et de faible superficie (pour les différencier des jardins) sont des terres généralement de bas piémonts, de plaines, de fond de vallée, de dépression et de terrasses alluviales, utilisée pour la production fruitière (l'amandier, vigne,...) (**Conservation des forêts, 2013**).

#### III.2.1 Principaux espèces végétales (**Conservation des forêts, 2013**).

- ✓ Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ;
- ✓ Le chêne verte (*Quercus ilex*) ;
- ✓ Le chêne liège (*Quercus suber*).

### III.3 Faune

Une étude de la conservation des forêts portant sur 13 communes de la wilaya de Tipasa montre que malgré la diversité du paysage, la faune est peu abondante (Tableau III) (**Conservation des forêts, 2013**).

Ceci est dû à la dégradation des forêts, aux braconnages et à la chasse illicite (**Conservation des forêts, 2013**).

## CHAPITRE II : Zone d'étude

La faune, bien qu'abondante, peut jouer un rôle important pour le développement de la région, en créant des réserves cynégétiques et développant ainsi le tourisme (**Conservation des forêts, 2013**).

Parmi ses invertébrés, les batraciens sont essentiellement composés de grenouilles et crapauds (**Conservation des forêts, 2013**).

**Tableau III : Principaux espèces végétales.**

Espèces recensées	Effectifs
Canard Colvert	195
Foulque	123
Grand cormoran	018
Grebe Huppé	037
Goeland	167
Heron cendre	013
Aigrette garzette	011
Milan noir	004
Petit gravelot	003
Sarcelle d'hiver	006
Bergennette grise	011
Fuligule milouin	030
Grebe castagneux	002

(**Conservation des forêts, 2013**).

### III.4 Caractéristiques climatologiques :

Les caractéristiques climatiques ont en effet des effets directs sur le régime hydrographique du plan d'eau. Pour une meilleure compréhension du fonctionnement de ce plan d'eau, le rapprochement des données climatiques à celle relatives aux débits, permet de mettre en évidence les relations entre ces dernières factures et les variations des températures de la masse d'eau de la solubilité de l'oxygène et surtout sur les activités métaboliques de la biomasse (**Bontoux, 1993**).

## IV. Usine de traitement d'eau potable de Sidi-Amer (Annexe VII)

### IV.1 Cascade d'aération

Ce dispositif est utilisé lorsqu'on dispose d'une certaine hauteur de chute (entre 1 et 2m) et qu'on ne recherche pas d'une efficacité trop importante. C'est une oxydation par l'air, on utilise l'oxygène de l'air à froid et au voisinage de la pression atmosphérique.

L'oxygène moléculaire n'est pas un bon oxydant en conséquence il ne peut pas être mis en œuvre que lors oxygénation des composés facilement oxydables tels que :  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $S^{2-}$  (Annexe VIII) (S. T. E. P., 2015).

L'injection de sulfate d'alumine (coagulant) et l'eau de javel se fait à l'entrée de la cascade (S. T. E. P., 2015).

### IV.2 Bassin de mélange rapide

Le polymère cationique est introduit dans la chambre de mélange rapide. Le bassin de mélange rapide est équipé d'un agitateur rapide (Annexe VIII) (S. T. E. P., 2015).

### IV.3 Flocculation

La station est composée par deux bassins de flocculation. Chaque bassin a un volume équivalent à  $125\text{ m}^3$  qui correspond à un temps de séjour dans le bassin de flocculation enivrants 20 minutes (Annexe VIII) (S. T. E. P., 2015).

### IV.4 Décantation lamellaire

Après formation de micro-flocs, l'eau s'écoule vers le bassin de décantation au nombre de deux. Les décanteurs lamellaires sont équipés de plaque en PVC, ces plaques sont fixées en angle de  $35^\circ$  par rapport à l'horizontale (S. T. E. P., 2015).

Le nombre de plaque installée dans les décanteurs à été choisi d'une telle façon que la vitesse de sédimentation dans les décanteurs ne dépasse pas  $0.8\text{m}^2/\text{h}$  c'est-à-dire 8 rangées de plaques en VPC à raison de 187 plaques en rangées (Annexe VIII) (S. T. E. P., 2015).

### IV.5 Filtration

Les filtres sont de type WABAG et sont au nombre de quatre filtres. Ces filtres sont composés de gravier (3 – 5.6mm de diamètre) avec une hauteur de couche de 200mm et de sable (1 – 1.7mm de diamètre) avec une hauteur de couche de 1200mm (Annexe VIII) (S. T. E. P., 2015).

L'opération de lavage est composée des phases suivantes :

- ✓ Abaissement du plan d'eau ;
- ✓ Décolmatage à l'air ;
- ✓ Dégazage ;
- ✓ Lavage par l'eau (S. T. E. P., 2015).

### **IV.6 Réservoir**

Le réservoir de l'eau traitée est installé à coté des filtres et comprend 3 compartiments c'est-à-dire un réservoir de chlore de 200m<sup>3</sup> et un réservoir d'eau traitée de 800m<sup>3</sup>, soit une capacité totale du réservoir d'eau traitée de 1000m<sup>3</sup> (S. T. E. P., 2015).

## **V. Matériel et Méthodes**

### **V.1 Matériel**

Le matériel sur le quel nous avons effectué notre analyse est l'eau brute du barrage de Boukerdane et l'eau traitée au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer.

Dans notre travail, le choix des zones d'échantillonnages s'est fixé sur deux points de prélèvements représentés comme suit :

- 1<sup>er</sup> point : un prélèvement de l'eau à l'entrée de la station (EB : c'est le prélèvement de l'eau brute).
- 2<sup>eme</sup> point : un prélèvement au niveau de la sortie de la station (ET : c'est le prélèvement de l'eau traitée).

Les appareillages utilisés, solutions, réactifs et milieux de cultures sont mentionnées en annexe II, IV et VI (paramètres physicochimiques et bactériologiques).

### **V.2 Méthodes**

#### **V.2.1 Analyses physicochimiques**

##### **A. Mode de prélèvement**

Quelle que soit la qualité d'une analyse, son résultat n'est valable que dans les conditions suivantes :

- L'échantillon analysé est bien représentatif de la masse considérée,
- Cet échantillon n'est pas altéré entre le moment de prélèvement et celui de l'analyse

**(Henry et Beaudry, 1992).**

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée **(Rodier et al., 2005).**

##### **B. Echantillonnage**

Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'eau que l'on désire analyser **(Dégrément, 1995).**

Nos analyses physico-chimiques ont été réalisées durant les mois de Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, 2015. On a travaillé avec trois répliques (les analyses sont faite chaque jours, dans chaque analyse on fait trois essaye donc trois répliques, on suite on fait la moyenne des analyses pour avoir notre graphe dans le chapitre Résultats et discussions).

### **C. Paramètres physiques**

#### **1. Mesure de la température et de pH**

##### **✓ Objectif**

Ce protocole opératoire a pour objet la description de la mesure du pH des eaux par une méthode potentiométrique à l'aide d'une électrode au platine combinée à une sonde de température.

##### **✓ Mode opératoire**

- Introduire l'électrode du pH-mètre, préalablement rincée avec de l'eau distillée, dans un bêcher contenant l'échantillon à analyser ;
- Agiter doucement avec un barreau magnétique ;
- Appuyer sur la touche (Read / Enter), la valeur du pH et de la température évoluent jusqu'à se stabiliser, un bip sonore indique la stabilité de la valeur, noter cette dernière ;
- La valeur du pH est donnée directement par l'appareil ainsi que la température ;
- A la fin de la mesure, rincer l'électrode avec de l'eau distillée et la placer dans la solution de conservation KCL.

##### **✓ Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur de la température en degré Celsius (°C) ainsi que la valeur du pH correspondante.

#### **2. Mesure de la Turbidité**

##### **✓ Objectif**

Ce protocole opératoire décrit la méthode de mesure de la turbidité.

##### **✓ Mode opératoire**

- L'échantillon doit être remis à température ambiante et être homogénéisés doucement avant la mesure ;
- La cuve de mesure doit être propre et essuyée à chaque utilisation, elle doit être rincée avec l'échantillon à analyser avant mesure ;
- La mesure de la turbidité s'effectue de la manière suivante :
  - Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon et sécher la cuve ;
  - Insérer la cuve dans le puits de mesure en plaçant la flèche de la cuve face au repère ;
  - Fermer le capot de l'appareil ;
  - Attendre l'affichage automatique d'une valeur. Si la valeur n'apparaît pas au bout de quelques secondes, appuyer sur (ENTRER) et lire la valeur affichée ;

- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.

✓ **Expression des résultats**

Les résultats exprimaient en Néphlometric Turbidity Unit (NTU).

### **3. Mesure de la Conductivité**

✓ **Objectif**

Ce protocole opératoire décrit la méthode de mesure de la conductivité en utilisant un conductimètre électrique.

✓ **Mode opératoire**

- Prendre un échantillon conservé dans de bonnes conditions (température ambiante, hygiène).
- Remplir un bécher avec une quantité d'eau suffisante pour l'immersion de l'électrode du conductimètre.
- Mettre l'électrode dans le bécher puis appuyer sur la touche READ. La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil.

✓ **Expression de résultats**

Les résultats exprimaient en micro-siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

## **D. Paramètres de pollutions**

### **1. Détermination de la matière organique**

✓ **Objectif**

Le protocole décrit la détermination de l'indice de  $\text{KMnO}_4$  ou « oxydabilité » permettant d'évaluer la contamination en matière organique et matière inorganique oxydables dans des eaux peu ou moyennement polluées.



✓ **Réactifs**

- Acide sulfurique ;
- Permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$ , solution mère ;
- Oxalate de sodium  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , solution étalon.

✓ **Mode opératoire**

- Transférer à l'aide d'une pipete, 100ml d'échantillon (ou d'échantillon dilué) dans un bicher de 250ml. Ajouter 20ml de l'acide sulfurique 2mol/l et mélanger en agitant doucement.

### CHAPITRE III : Matériel et Méthodes

---

- Placer le bicher sur une plaque chauffante et porter à ébullition.
- Ajouter 20ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium.
- Démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes  $\pm$  2 minutes.
- Après 10 minutes ajouter à l'aide d'une pipette 20 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.
  - Retirer alors le bicher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pâle à venir).
  - Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à une coloration rose pâle persistant environ 30s.

Noter le volume  $V_1$  de permanganate consommé.

- Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 100 ml d'eau distillé (de préférence sortant du purificateur).

Noter le volume  $V_0$  de solution de permanganate consommé.

- Conserver le blanc titré pour la vérification de permanganate de potassium :
  - Au blanc titré, ajouter 20 ml de solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l. Réchauffer la solution une à deux minutes (à environ 90°C) et re-titrer avec le permanganate 2 millimoles jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30s.
  - Noter le volume  $V_2$  de solution de permanganate consommé, qui devrait être entre 19 et 21 ml. Dans le cas contraire re-préparer une solution titrante de permanganate de concentration 2 millimoles/l et refaire l'analyse. Si le problème persiste refaire la solution mère de permanganate 20 millimoles/l.

#### ✓ Expression des résultats

L'indice de permanganate IMn exprimé en milligramme d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$IMn = \frac{(V1 - V0)}{V2} \times f$$

Avec :

- $V_0$  est le volume, en millilitre, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

- $V_1$  est le volume, en millilitre, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.
- $V_2$  est le volume, en millilitre, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.
- $f$  est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligramme d'oxygène par litre.  $f$  est égal à 16.

### 2. Dosage d'Ammonium (Norme : ISO N°7150,1984).

#### ✓ Objectif

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes et eaux résiduaires.

#### ✓ Principe

C'est une mesure par spectrophotomètre d'un composé verdâtre formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate de sodium (nitroprussiate de sodium). La lecture s'effectue à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655nm.

#### ✓ Réactifs

- Réactifs dichloroisocyanurate de sodium;
- Réactifs (coloré).

#### ✓ Mode opératoire

- On ajout 4ml de réactif dichloroisocyanurate de sodium et homogénéis et et 4ml de réactif coloré homogénéisé à 40ml de l'eau à analysée, après homogénéisation on laisse agir pendant 60min. L'apparition d'une couleur verdâtre indique la présence d'ammoniaque, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655nm.

#### ✓ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

### 3. Dosage de Nitrite

#### ✓ Objectif

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage des nitrites dans les eaux potables, eaux brutes, eaux résiduaires.

### ✓ Principe

La diazotation de la sulfanilamide en milieu acide et sa copulation avec la N-1naphtyl-éthylène diamine donne un complexe coloré rose et susceptible d'un dosage colorimétrique.

- Acide sulfalinique (réactifs 1).
- N-1naphtyl éthylène diamine (réactifs 2).

### ✓ Mode opératoire

On ajout 1ml de réactifs mixte à 50ml d'eau à analyser, après homogénéations on laisse agir pendant 10 min. L'apparition d'une couleur rose indique la présence du nitrite, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde 543nm.

### ✓ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

## 4. Dosage de Nitrate

### ✓ Objectif

Ce protocole à pour objet la description du dosage spectrométrique nitrate par la méthode au salicylate de sodium.

### ✓ Principe

En présence de salicylates de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

### ✓ Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 0.5% ;
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30% ;
- Acide sulfurique concentrée ;
- Tartrate double de sodium et de potassium.

### ✓ Mode opératoire

- On ajoute 2 à 3 gouttes de NaOH à 30% et 1 ml de salicylate de sodium à 10 ml de l'échantillon à analyser et on évapore à sec à l'étuve à 75°C-88°C, puis on laisse refroidir.
- On reprend le résidu avec 2ml d'acide sulfurique et on laisse reposer 10min, puis en ajoute 15ml de l'eau distillée et 15ml de tartrate double de sodium et de potassium, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde 420nm.

### ✓ Expression des résultats

Les résultats sont données directement en mg/l (**Rodier et al., 2005**).

## **5. Dosage de phosphore**

### **✓ Objectif**

Ce protocole a pour objet la description du dosage de spectrométrie des ortho phosphates par la méthode au molybdate d'ammonium dans les eaux potables, les eaux brutes et les eaux résiduaires.

### **✓ Principe**

Repose par formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm et l'autre plus intense à 880nm).

### **✓ Réactifs**

- Heptamolybdate d'ammonium ;
- Acide ascorbique

### **✓ Mode opératoire**

- Prélever 40ml de d'échantillon à analyser, ajoute sans attendre entre chaque ajout :
  - 1ml d'acide Ascorbique à 100 g/l ;
  - 2ml d'heptamolybdate d'ammonium.
- Agiter quelque seconde. Après un temps compris entre 10 et 30nim (temps nécessaire au développement de la couleur) :
  - Si aucun couleur n'est apparu, il n'y a pas de phosphores ( $\text{PO}_4^{-3}$ ). Indique alors comme résultats : < 0.09 mg/l de phosphore.
  - C'est une coloration bleu est apparue, effectuer la mesure au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880nm.

### **✓ Expression des résultats**

Les résultats de dosage son données directement en mg/l.

## **E. Minéralisation globale**

### **1. Dosage de sulfate**

#### **✓ Objectif**

Ce protocole a pour but pour déterminé les sulfates spectrophotomètre d'absorption moléculaire.

#### **✓ Principe**

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum.

✓ **Réactifs**

- Solution stabilisante ;
- Solution de chlorure de baryum.

✓ **Mode opératoire**

- On complète les 20ml de l'eau à analyser par l'eau distillée à 100ml ;
- On ajout 5ml de solution stabilisante et 2ml de chlorure de baryum ;
- Après agitation pendant 1min, la lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 420 nm.

✓ **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

**2. Dosage de chlorure**

✓ **Objectif**

Détermination de la concentration des chlorures en mg/l dans un échantillon donnée.

✓ **Principe**

La réaction des ions de chlorure avec des ions d'argent pour former le chlorure d'argent insoluble qui précipite quantitativement. L'édiction d'un petit excès d'ion d'argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui on ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

✓ **Réactifs**

- Nitrate d'argent.....0.01N ;
- Chromate de potassium.....10%.

✓ **Mode opératoire**

- Introduire 5ml de l'échantillon dans un bicher ;
- Ajouter 3 gouttes d'indicateur de chromate de potassium qui donne la couleur jaune ;
- Après homogénéation, on titre avec la solution de nitrate d'argent jusqu'au virage au brun rougeâtre.

✓ **Expression des résultats**

La concentration en chlorure exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = F \times V \times N \times M \times 1000 / PE$$

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = 1 \times V \times 0.01 \times 35.5 \times 1000 / 5$$

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = V \times 71$$

Avec:

- Cl<sup>-</sup> : La concentration en milligramme par litre de chlore ;
- V : Le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon ;
- N : Normalité de nitrate d'argent.
- M : Masse la chlorures ;
- PE : Pris d'essai ;
- F : Facteur lie en réactif.

### 3. Dosage de Bicarbonate

#### ✓ Objectif

Le présent protocole opératoire a pour objet de déterminer l'alcalinité d'une eau par la mesure de titre alcalimétrique (TA) et de titre alcalimétrique complet (TAC).

#### ✓ Principe

Les carbonates n'existent qu'à pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,3 et 8,3. Au cours d'un dosage acimétrique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon.

#### ✓ Réactifs

- Solution HCl.....0,1N ;
- pH mètre.

#### ✓ Mode opératoire

- On mesure le pH de 100ml d'eau à analyser, ensuite on titre par l'acide de chlorhydrique 0,1N jusqu'au pH égale 4,3.

#### ✓ Expression des résultats

La concentration en bicarbonate exprimée en milligramme par litre est donnée par la formule suivante :

$$\text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = F \times V \times N \times M \times 1000 / \text{PE}$$

$$\text{HCO}_3^- (\text{mg/l}) = F \times 0,1 \times 61 \times M \times 1000 / 100$$

$$\text{HCO}_3^- = V \times 61 (\text{mg/l}).$$

Avec:

- $\text{HCO}_3^-$  : La concentration en milligramme par litre de chlore ;
- V : Le volume en ml de la solution utilisée pour le titrage de l'échantillon ;
- N : La normalité d'acide chlorhydrique ;
- M : La masse d'acide chlorhydrique ;
- PE : Pris d'essai ;
- F : Facteur lié au réactif.

Titre d'alcalinométrique complet est :

$$\text{TAC } (^\circ\text{F}) = V \times 5$$

#### **4. Dosage de calcium et de magnésium**

##### **✓ objectif**

Ce protocole a pour objet de déterminer la somme des concentrations en calcium et magnésium d'eau.

##### **✓ Principe**

Le calcium est dosé par une solution aqueuse EDTA à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de Murexide.

L'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium libres puis avec les ions de calcium combinés, l'indicateur vire de la couleur rose à la couleur violet.

##### **✓ Réactifs**

- Solution EDTA.....0.02N ;
- Solution d'hydroxyde de sodium NaOH.....2N ;
- Solution d'hydroxyde d'ammonium.....pH=10.1 ;
- Indicateur colorés :
  - Murexide ;
  - Noir eriochrome.

##### **✓ Mode opératoire**

###### **❖ Pour le $\text{Ca}^{2+}$**

- On ajoute 4ml d'eau distillée à 10ml d'eau à analyser, 2ml de NaOH (2N) et quelque milligramme de murexide qui donne la couleur rose ;
- Après homogénéisation on titre avec l'EDTA jusqu'à virage au violet (on obtient un volume d'EDTA  $V_1$ ).

❖ **Pour Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup>**

• On ajout 40ml d'eau distillée à 10ml d'eau analyser, 2ml NH<sub>4</sub>OH (Ph=10.1) et quelque milligramme de eriochrome ;

• Après homogénéation on titre avec l'EDTA jusqu'au virage au bleu (on obtient un volume d'EDTA V<sub>2</sub>).

✓ **Expression des résultats**

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{V_1 \times N (\text{EDTA}) \times M(\text{Ca}^{2+}) \times 1000 \times F}{\text{PE} \times 2}$$

$$\text{Ca}^{2+} = V_1 \times 8 \times 5 \times F \quad (\text{Mg/l})$$

$$\text{Mg}^{2+} = \frac{(V_2 + V_1) \times N (\text{EDTA}) \times M(\text{Mg}^{2+}) \times 1000 \times F}{\text{PE} \times 2}$$

$$\text{Mg}^{2+} = (V_2 - V_1) \times 4.8 \times 5 \times F \quad (\text{Mg/l})$$

1°F degrés français et la dureté correspondant à une teneur en carbonate de calcium de 10mg/l, donc :

$$\text{TH}^\circ (\text{°F}) = V_2 \times 10 \times 5$$

## 5. Oxygène dissous

✓ **Objectif**

Ce protocole opératoire a pour objet la description du dosage de l'oxygène dissous par une méthode électrochimique à la sonde.

✓ **Mode opératoire**

Une fois l'électrode soigneusement stabilisée et calibrée, la mesure doit être effectuée comme suit :

- Placer l'électrode dans l'échantillon. La sonde de la température doit être émergée.
- Agiter correctement l'échantillon ou remuer l'électrode dans l'échantillon afin de retirer toute bulle d'air de la membrane.
- Le résultat de mesure s'affiche lorsque la valeur de mesure est stabilisée. Noter la valeur ou l'enregistrer.

✓ **Expression des résultats**

Le résultat est donné en concentration milligramme d'oxygène par litre.

**F. Paramètres indésirables**

**1. Dosage de fer**

✓ **Objectif**

Le présent mode opératoire spécifie une méthode spectrométrique à la phénanthroline pour le dosage du fer ( $\text{Fe}^{++}$ ).

✓ **Principe**

Le complexe fer-phénanthroline, est stable dans l'intervalle de pH entre 2,5 et 9, l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer présent. La relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5mg de fer par litre. Le maximum d'absorbance se situe à environ 510 nm.

✓ **Réactifs**

- Tampon acétate ;
- Chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Solution phénanthroline (1,10).

✓ **Mode opératoire**

- On ajout 1ml de solution HCl 0,1N et 5ml de persulfate de potassium à 50ml d'eau à analyser ;
- après chauffage de 20mn, on ajoute 2ml d'acétate d'ammonium et 2ml de solution phénanthroline et 2ml chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- On mélange soigneusement puis conserver la fiole à l'obscurité pendant 15 min.
- La lecture sera effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 510nm.

✓ **Expression des résultats**

Les résultats sont donnés directement en mg/l.

**2. Dosage de manganèse**

✓ **Objectif**

Le présent mode opératoire spécifie une méthode spectrométrique au persulfate d'ammonium pour le dosage du manganèse ( $\text{Mn}^{++}$ ).

✓ **Principe**

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé colorimétriquement à la longueur d'onde de 525 nm.

### ✓ Réactifs

- Acide nitrique ;
- Solution de nitrate de mercure ;
- Nitrate d'argent ;
- Acide phosphorique ;
- Persulfate d'ammonium

### ✓ Mode opératoire

- Verser 100ml de l'échantillon à analyser dans un bécher ;
- Ajouter 5ml d'acide nitrique à chacune des solutions ;
- Puis 5ml de solution de nitrate de mercure ;
- Agiter soigneusement ;
- Ajouter 0,5ml de nitrate d'argent ;
- Placer l'échantillon sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 5min ;
- Retirer de la plaque ;
- Ajouter 1ml d'acide phosphorique concentré à 85 % ;
- Puis 10ml de persulfate d'ammonium ;
- Replacer de nouveau sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 10min ;
- Laisser refroidir ;
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de 525nm.

### ✓ Expression des résultats

Les résultats sont donnés directement en mg/l (**Rodier et al., 2005**).

## V.2.2 Analyses bactériologiques

### A. Mode de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération très délicate à la quelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques bactériologiques (**Rodier, 2005**).

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière :

- Les bouteilles sont en verre borosilicate de 1L d'un large col et d'un bouchon en verre rodé à vis en métal ou en plastique pour les analyses bactériologiques.

- Pour les prélèvements d'eau destinée à l'analyse bactériologique le flacon en verre et ces accessoires doivent être stérilisés à l'autoclave dans un emballage en papier kraft ou d'aluminium (**Guiraud, 1998**).

#### **B. Technique de prélèvement**

Au cours de notre étude, nous avons effectué un type de prélèvement à partir d'un robinet. La quantité nécessaire d'eau à analyser est de 1750 ml (pour chaque point de prélèvement), prélevée dans un flacon de 1L pour les analyses bactériologiques, et dans une bouteille en verre.

Avant de procéder au prélèvement proprement dit, il y a lieu d'entreprendre les opérations suivantes :

- Stériliser l'embout du robinet avec un chalumeau ou coton imbibé d'alcool. Ouvrir le robinet avant le prélèvement de l'échantillon en prenant toutes les précautions possibles pour éviter de le contaminer, laisser couler l'eau quelque instant.
- Prélever l'échantillon dans un flacon stérile adéquat, sans faire déborder, laisser un volume d'air d'environ un 1/10 du volume du flacon, tout en maintenant la flamme à proximité de l'embout du robinet.
- Reboucher immédiatement le flacon, identifier les flacons avec une étiquette (date, lieu et heure de prélèvement).

#### **C. Transport et conservation**

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans les flacons après les prélèvements, c'est pourquoi toute analyse microbiologique n'a de chance d'être représentative que si elle est réalisée le plus tôt possible.

Si la durée de transport dépasse une heure et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des flacons avec une température qui doit être comprise entre 4 et 6°C (**Rodier, 2005**).

Un délai maximum de 8 heures est généralement recommandé entre les opérations de prélèvement et l'analyse. La conservation au laboratoire se fait aussi à 4° C (**Larpent, 1997**).

Nos analyses bactériologiques ont été réalisées durant les mois de Janvier, Février, Mars, Avril, Mai 2015.

### **1. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes et d'*Echerichia coli* par filtration sur membrane**

#### **✓ Objectif**

L'objet de ce mode opératoire est de décrire la méthode de recherche et de dénombrement des *Echerichia coli* et des coliformes (coliformes fécaux) par filtration sur membrane.

#### **✓ Principe**

- Filtration de 100ml de l'échantillon à travers une membrane filtrante d'une porosité de 0,45µm.

- Poser cette membrane sur un milieu sélectif : la gélose lactosée au tergitol et au T.T.C.

#### **✓ Mode opératoire (Annexe V)**

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

- Laisser refroidir ;

- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile ;

- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration ;

- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser ;

- Verser stérilement la quantité d'eau désirée (100ml, sauf pour de l'eau minérale : 250ml) ;

- Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler ;

- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord ;

- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitol et au T.T.C) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air ;

- Incubation à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $22 \pm 2\text{h}$ , le couvercle vers le bas.

#### **✓ Dénombrement et confirmation**

Après la période d'incubation, on dénombre les colonies (nombre C) caractéristiques qui se présentent des colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées jaune quelle que soit leur diamètre.

Repiquage 5 à 10 colonies (nombre A) bien déterminées respectivement sur :

- Le milieu T.S.A : déposer la colonie en stries sur toute la surface du milieu.

Incubation à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $22 \pm 2\text{h}$ .

- Un bouillon au Tryptophane : incuber à  $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$  pendant  $22 \pm 2\text{h}$ .

Après la période d'incubation effectuer le double test de confirmation suivant :

## CHAPITRE III : Matériel et Méthodes

- Sur le milieu T.S.A, un des deux essais à l'oxydase suivants :
  - Essai avec disque : imbiber un disque d'oxydase avec une goutte distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile à la colonie.

Considérer la réaction positive s'il y a apparition d'une couleur violette dans les 30 secondes qui suivent.

- Sur le bouillon au Tryptophane, la recherche d'indole se fait comme dit :
  - Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.
  - L'apparition d'une coloration rouge à la surface du bouillon confirme la présence d'indole.

➤ **Interprétation de test de confirmation :**

- Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.
- Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole sont des *Echerichia coli*.

✓ **Expression des résultats**

Calcul de la valeur a du nombre de bactéries coliformes ou des *E. coli*. Le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A \cdot C}$$

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

A : nombre de colonies repiquées (05 à 10 colonies).

C : nombre totale de colonies caractéristiques (jaunes) trouvées dans la boîte.

### 2. Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux par méthode filtration sur membrane

✓ **Objectif**

La présente méthode a pour objet de déterminer la recherche et le dénombrement des entérocoques dans l'eau par filtration sur membrane.

✓ **Principe**

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

Le filtre est placé sur un milieu sélectif solide contenant de l'azoture de sodium pour supprimer la croissance des bactéries Gram<sup>-</sup> et du chlorure de triphenyl-tetrazolium, qui est réduit en formazan rouge par les entérocoques intestinaux.

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

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

#### ✓ **Mode opératoire** (Annexe V)

Stériliser la rampe de filtration à l'aide d'un Bec Bunsen ; Prendre le filtre stérile à l'aide d'un prince stérilisé à l'alcool (flambée) ; Placer le filtre au centre de la membrane poreuse de la rampe ; Fermer l'entonnoir et verser l'échantillon à analyser (100ml) ; Attendre que la tonalité de l'échantillon soit filtré pour retirer le filtre ; Placer le filtre dans la boîte de pétri contenant la gélose Slanetz et Bartley avec TTC ; S'assurer que le filtre adhère bien sur la surface de la gélose (absence de bulles d'air) ; Mettre la boîte de pétri dans l'incubateur à 44 ± 22°C pendant 44 ± 4h bas.

#### ✓ **Dénombrement et confirmation**

Après l'incubation, les entérocoques intestinaux donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge. Si des colonies typiques se présentent sur le filtre, transférer le filtre ou moyen d'une pince stérile, sans retournement, sur la boîte de pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffée au préalable à 44°C. Faire incuber à 44 ± 0,5°C pendant 2h. Retirer la boîte de pétri et compter les colonies entourées d'un halo noire indiquant l'esculine plus.

#### ✓ **Expression des résultats**

La mesure est exprimée en UFC pour 100 ml d'eau.

### **3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrice par Méthode de filtration sur membrane**

#### ✓ Objectif

L'objet de ce mode opératoire est de décrire une méthode de recherche et de dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrice par méthode de filtration sur membrane.

#### ✓ Principe

Rétention des spores de bactéries sur filtre de porosité  $0,22\ \mu\text{m}$  (de préférence, si non  $0,45\ \mu\text{m}$ ) après destruction des formes végétatives par chauffage de l'échantillon à  $75 \pm 5^\circ\text{C}$  (bain-marie) pendant 15 min ;

Incubation de la membrane sur milieu gélose Viande-Foie (ou milieu gélose Tryptoe sulfite) additionné d'une ampoule de sulfite de sodium et une ampoule l'alun de fer pendant  $22 \pm 2\text{h}$  et  $44 \pm 4\text{h}$  à  $37^\circ\text{C}$  ;

Dénombrement des colonies noires. Cette coloration est due à la réduction des sulfites en sulfures par action des bactéries, ces sulfures réagissent avec le fer et donnent la couleur noire.

#### ✓ Mode opératoire (Annexe V)

Avant de précéder à l'essai, l'échantillon à analyser doit être chauffé des un bain marie à  $75^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  pendant 15 mn à partir du moment où cette température a été atteinte ;

Refroidir immédiatement sous l'eau de robinet jusqu'à la température ambiante ; Filtration de 100 ml sur une membrane de  $0,22\ \mu\text{m}$  ;

Après filtration, enlever la membrane avec une pince stérile et la placer, face supérieur tourné vers le bas dans le fond d'une boîte de pétri en s'assurant qu'il ne reste pas de bulle d'air sous la membrane ;

Ensuite verser soigneusement le milieu de culture liquéfié avec additifs, jusqu'au rebord de la boîte de pétri ; Incuber à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant  $22 \pm 2\text{h}$  (1<sup>ère</sup> lecture) et  $44 \pm 4\text{h}$  (2<sup>ème</sup> lecture).

#### ✓ Lecture

Une première lecture (dénombrement des colonies) après  $22 \pm 2\text{h}$  d'incubation doit être impérativement faite, pour éviter un développement trop important de bactéries. En effet, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniformes de la membrane, rendant le dénombrement impossible en 48h.

Toute colonie noire entourée d'un halo noir est considérée comme résultats d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.

#### ✓ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en nombre des spores de germe anaérobies sulfito-réducteurs dans 100 ml d'eau.

### **V.2.3 Méthodes statistiques**

Pour le traitement statistique, on a utilisé le logiciel Excel afin de nous faciliter la conception des tableaux et l'exploitation des différents paramètres d'analyse.

## IV. Résultats et discussions

Au cours de notre stage pratique qui s'étalé sur cinq mois (Janvier, Février, Mars, Avril et Mai) nous avons réalisé un contrôle de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux brutes du barrage de Boukerdane et des eaux traitées au niveau de la station de traitement des eaux potable de Sidi Amer.

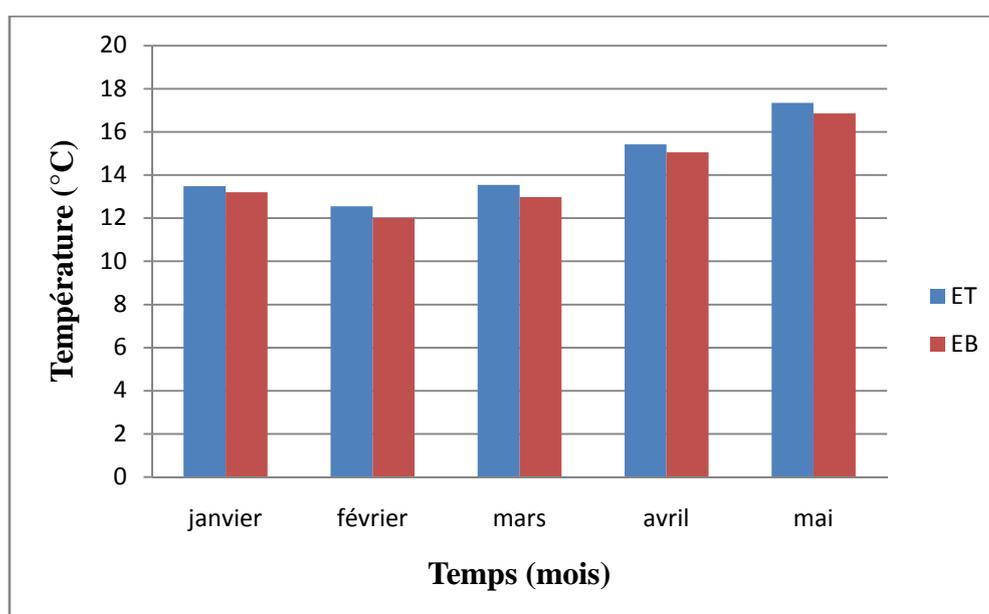
### IV.1 Résultats des paramètres physicochimiques

#### IV.1.1 Paramètres physiques

Les résultats des paramètres physiques sont regroupés dans l'Annexe I.

##### IV.1.1.1 Température

La variation de la température est illustrée dans la figure III.



**Figure III:** Variation des moyennes mensuelles de la température (°C) des eaux brutes (EB) et traitées (ET) en fonction du temps (Mois)

D'après la figure III, l'analyse thermique des moyennes mensuelles de la température des eaux brutes du barrage de Boukerdane et des eaux traitée de la station de Sidi Amer montre que celle-ci varie d'un mois à l'autre.

Pour les eaux brutes du barrage, les températures restent presque stables durent les mois de : Janvier (13,20°C) et Mars (12,99°C), et augmentent progressivement durant les mois d'Avril (15,05°C) et Mai (16,86°C).

## CHAPITRE IV : Résultats et discussions

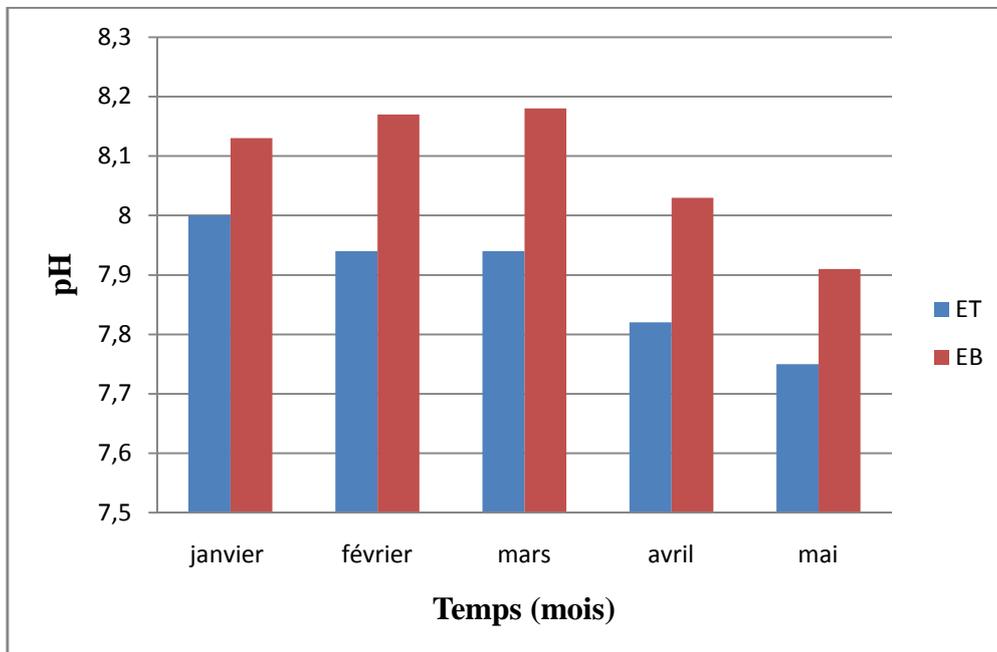
Les valeurs de la température de l'eau traitée de la station de traitement des eaux potables sont comprises entre 12,55°C au mois de Février et 17,35°C au mois de Mai.

On signale une différence de température entre l'eau brute et l'eau traitée de 0,5°C dans certains cas à causée par la durée de traitement et l'exposition directe de l'eau au soleil dans le décanteur et les filtres.

La températures des eaux superficielles est influencée par la température de l'air (**Rodier et al., 2005**).

### IV.1.1.2 pH

Les résultats de la mesure de pH sont représentés dans la figure IV.



**Figure IV** : Variation des moyennes mensuelles du pH en fonction du temps (Mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

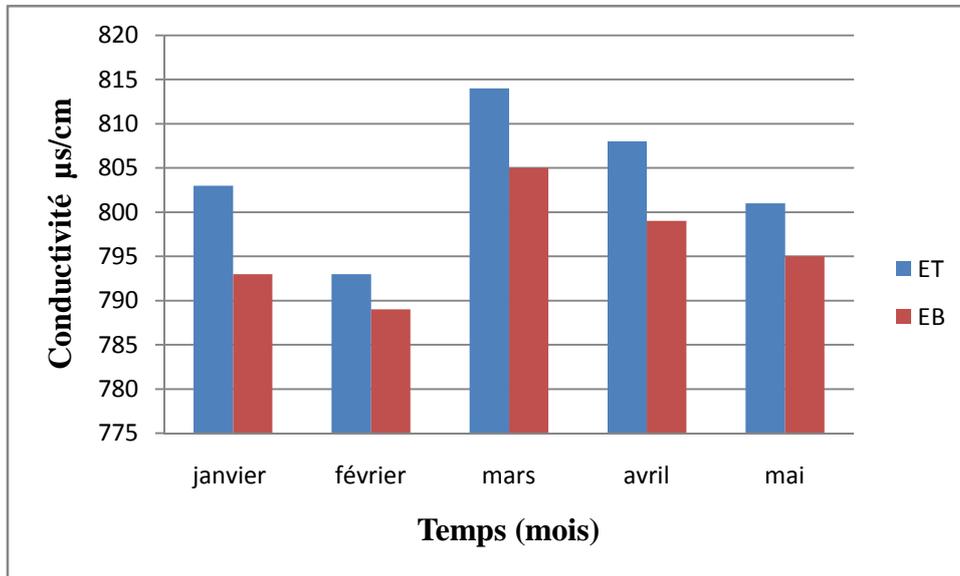
La figure IV révèle que les eaux de barrage sont alcalines et dépassent les 7 unités de pH durant toute la période d'étude et une variabilité des valeurs des moyennes mensuelles de pH de 7,91 (Mai) et 8,18 (Mars) présentent une conformité par rapport aux normes (**JORA, 2011**).

D'autre part on remarque qu'il y a une diminution de certaines valeurs de pH de l'eau traitée par rapport de celle de l'eau brute qui est liée au traitement qui élimine certaines charges.

Selon l'OMS (1991), les valeurs de pH montrent que tous les points d'eaux se trouvent dans l'intervalle de la norme de potabilité et varie entre 7,5 et 8,5.

### IV.1.1.3 Conductivité

Variation de la conductivité est illustrée dans la figure V.



**Figure V :** Variation des moyennes mensuelles de la conductivité ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) en fonction du temps (Mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après la figure V et les résultats de la variation de la conductivité (Annexe I), nous avons noté que la variation des moyennes mensuelles de la conductivité des eaux traitées varie entre 793  $\mu\text{s}/\text{cm}$  et 814  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Les valeurs des moyennes mensuelles des eaux brutes obtenues durant les cinq mois de prélèvements varient entre un minimum de 789  $\mu\text{s}/\text{cm}$  au mois de Février et un maximum de 805  $\mu\text{s}/\text{cm}$  au mois Mars.

La conductivité de l'eau pure absolue est voisine de 36  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . La conductivité de l'eau d'une rivière augmente avec les teneurs en sels électrolytables dissous, elle augmente aussi avec la mobilité de ces ions, conséquence de l'élévation de la température (Arrigon, 1998).

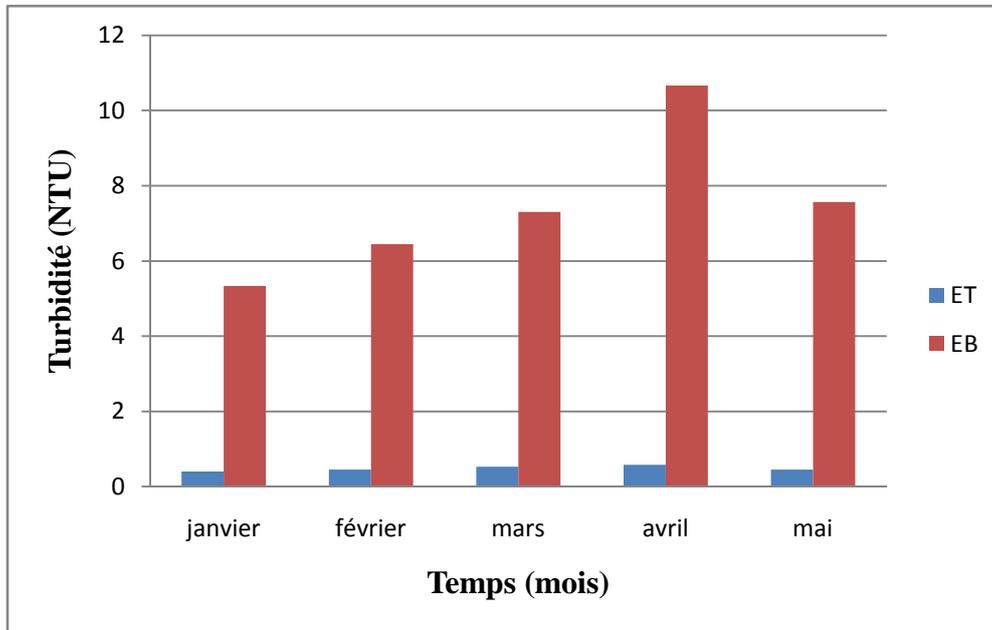
La conductivité électrique d'une eau dépend essentiellement de la qualité de l'eau potable utilisée, du régime alimentaire de la population et des activités industrielles (Salghi, 2007).

Elle permet d'apprécier rapidement et approximativement la minéralisation de l'eau et d'en suivre l'évolution (Samake, 2002).

D'après **Rodier et al., (2009)**, une conductivité supérieure à 666  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , ceci implique une minéralisation importante des eaux.

### IV.1.1.4 Turbidité

Variation de la turbidité est illustrée dans la figure VI.



**Figure VI :** Variation des moyennes mensuelles de la turbidité (NTU) en fonction du temps (Mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après la figure VI, la variation des moyennes mensuelles de la turbidité des eaux brutes montre que :

- Les valeurs varient entre 5,33 NTU notée au mois de Janvier et 10,67 NTU relevée durant le mois d'Avril.
- Les valeurs les plus faibles ont été observées durant le mois de Janvier avec une valeur de 5,33 NTU.
- On remarque un pic d'augmentation au mois d'Avril 10,67 NTU.

Cette variation de la turbidité est causée généralement par les tempêtes et les vents qui influent sur la stabilité et les mouvements d'eau de barrage.

Les valeurs des moyennes mensuelles de la turbidité de l'eau traitée varient entre 0,44 NTU (Janvier) et 0,58 NTU (Avril).

Selon **Henry et Beaudry (1992)**, la turbidité de l'eau traitée sur toute la période d'étude se trouve dans les normes ( $<5\text{NTU}$ ) mais sa variation est liée à plusieurs causes :

- La charge de l'eau brute ;

- L'état de déchanteur ;
- L'efficacité de pré-chloration.

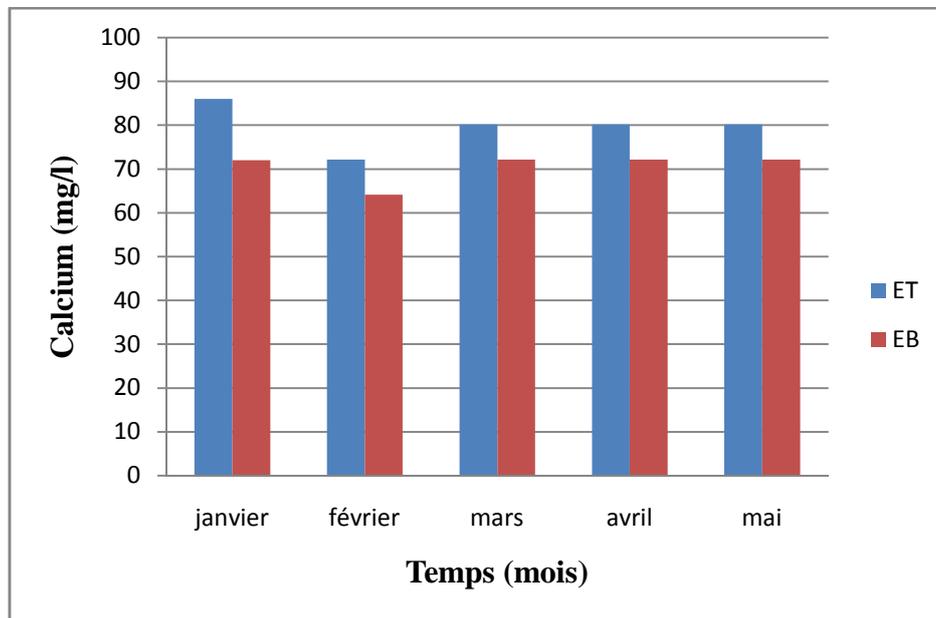
La mesure de la turbidité selon **Rodier et al. (2005)**, à un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes, celle-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau est plus efficace.

### IV.1.2 Paramètres de minéralisation

Les résultats des paramètres de minéralisation sont regroupés dans l'Annexe I.

#### IV.1.2.1 Calcium

Les résultats de la mesure de calcium sont représentées dans la figure VII.



**Figure VII :** Variation des moyennes mensuelles du calcium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après la figure VII, nous avons noté que la variation des moyennes mensuelles de calcium des eaux traitées varie entre 80,16 mg/l et 86 mg/l.

- La valeur la plus faible a été observée au niveau des mois Mars, Avril et Mai avec une valeur de 80,16 mg/l.
- On remarque un pic d'augmentation au niveau de mois de Janvier avec une valeur de 86 mg/l.

On observe qu'il n'y'a pas une grande différence entre les valeurs des moyennes mensuelles du calcium des eaux brutes qui sont enregistrées au niveau des différents mois.

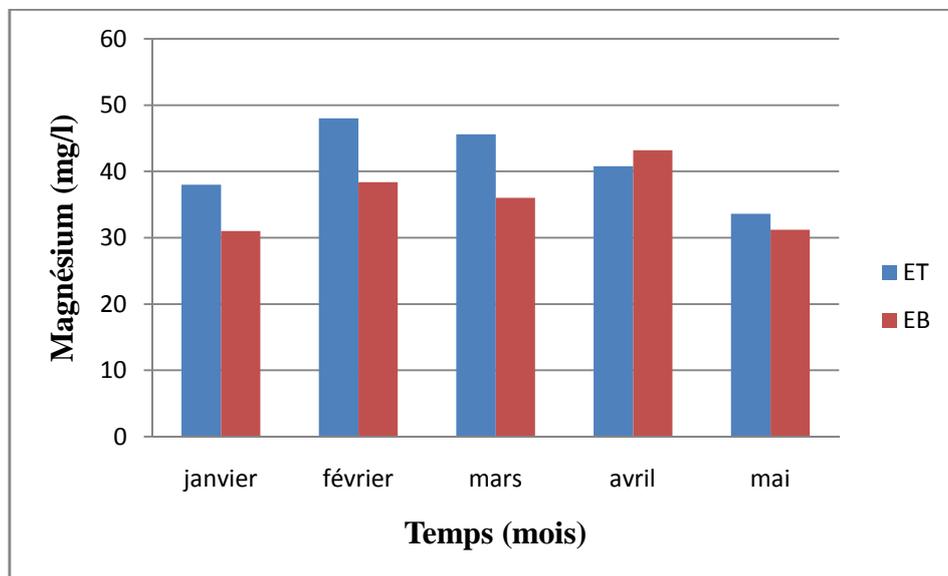
Nous remarquons aussi que les teneurs en calcium pour les eaux traitées sont élevées par rapport à celle des eaux brutes et cela due à la nature des terrains traversés et au traitement effectué.

Les taux relatifs en calcium sont conformes aux normes algériennes (OMS, 1991 ; JORA, 2011).

Selon Degrémont (1978), les eaux chargées de calcium sont dures et celles qui sont faiblement chargées sont denses. Les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

### IV.1.2.2 Magnésium

Variation de magnésium est illustrée dans la figure VIII.



**Figure VIII :** Variation des moyennes mensuelles du Magnésium (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

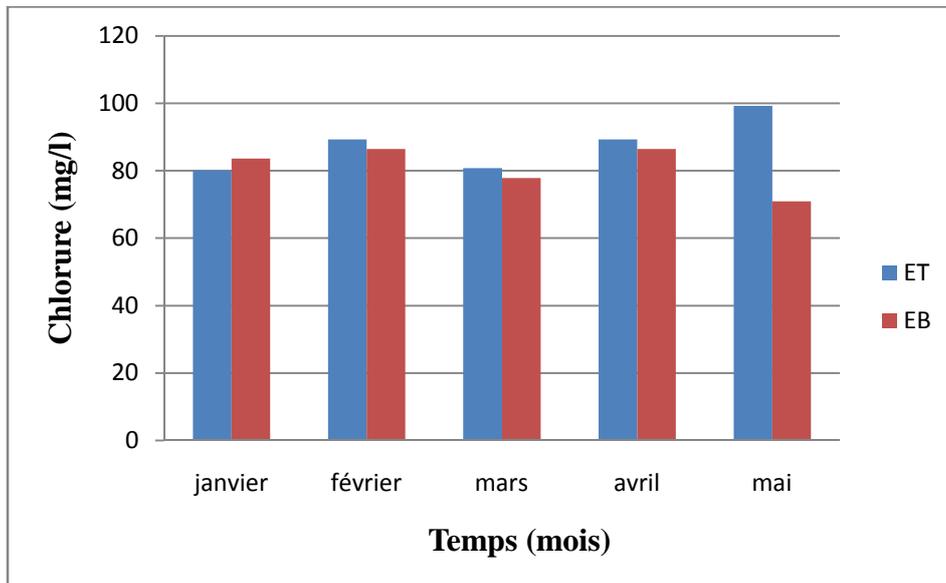
A partir de la figure VIII, les teneurs moyennes mensuelles du magnésium des eaux brutes oscillent entre 31 mg/l (Janvier) et 43,2 mg/l (Avril).

Les concentrations des eaux traitées en magnésium répondent aux normes recommandées (inférieur à 150 mg/l) (JORA, 2011).

Magnésium contribue à la dureté de l'eau. Une forte teneur en magnésium procure à l'eau une saveur amère (Degrémont, 1978).

IV.1.2.3 Chlorure

Variation de chlorure est représentée dans la figure IX.



**Figure IX :** Variation des moyennes mensuelles du chlorure (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

Nous remarquons que les valeurs des moyennes mensuelles des chlorures des eaux brutes du barrage varient d'un mois à l'autre et que ces dernières diminuent progressivement durant les mois de Mai 70,90 mg/l, Mars 77,9 mg/l puis augmente en Janvier 83,66 mg/l pour atteindre une valeur maximale de 86,50 mg/l au mois de Février.

On observe que les valeurs des moyennes mensuelles des chlorures des eaux traitées enregistrées durant les cinq mois varient entre 80,12 mg/l (Janvier) et 99,26 mg/l (Mai).

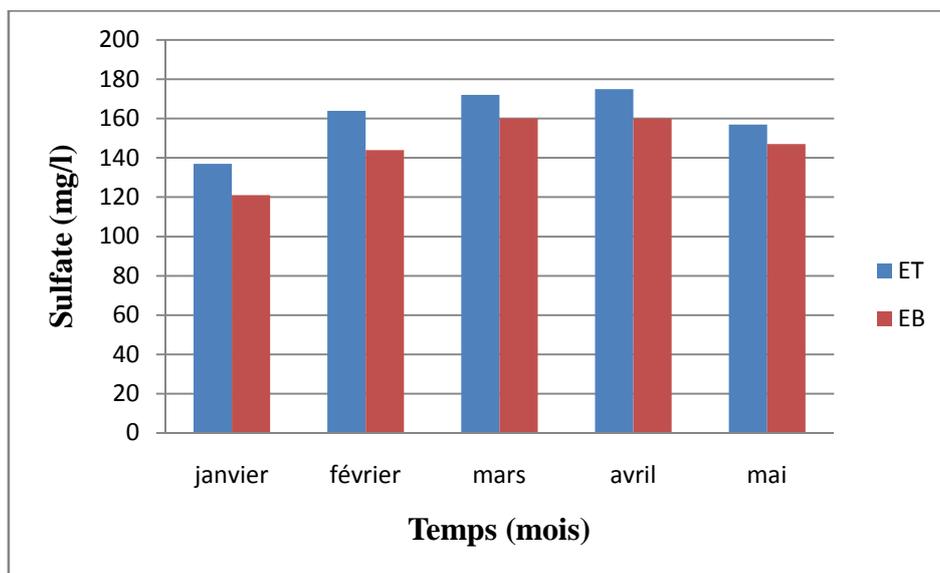
Les concentrations des eaux en chlorure ne débordent pas l'intervalle des normes recommandées (OMS, 1991 ; JORA, 2011).

Selon **Henry et Beaudry (1992)**, la pollution apporte aux eaux de surface des quantités appréciables de chlorure, les excréctions humaines en particulier l'urine est riche en chlorure.

Selon **Degrémont (1978)**, une présence excessive de chlorure dans l'eau favorise une corrosion.

### IV.1.2.4 Sulfate

Variation de sulfate est illustrée dans la figure X.



**Figure X :** Variation des moyennes mensuelles du sulfate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après la figure X, les valeurs des moyennes mensuelles des eaux brutes obtenues durant les cinq mois de prélèvements varient entre un minimum de 121 mg/l au mois de Janvier et un maximum de 160 mg/l au mois Mars et Avril. Ces valeurs sont faibles, car la norme de qualité des eaux de surfaces est de 400 mg/l (JORA, 2011).

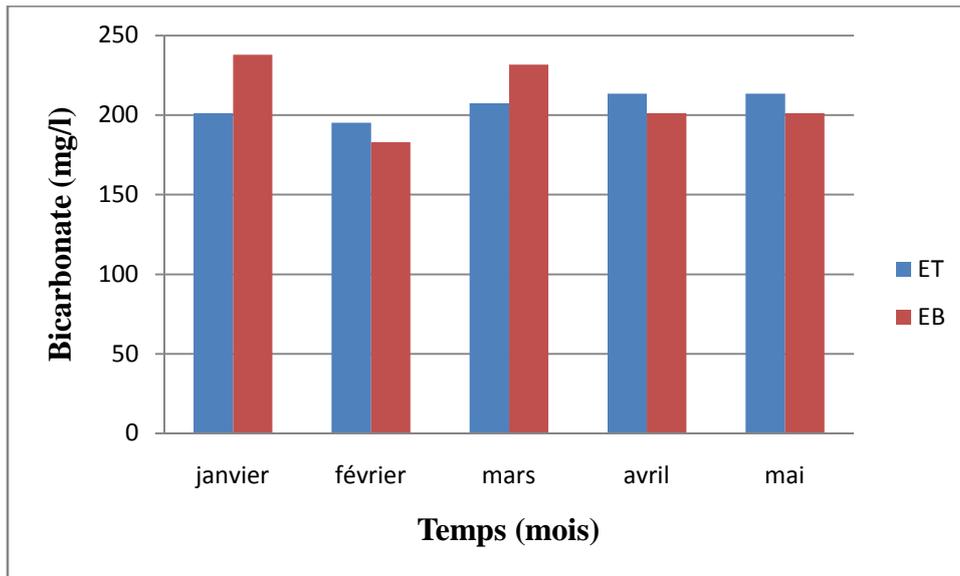
On remarque une augmentation de sulfate à cause de sulfate d'alumine utilisé dans le traitement mais ne dépasse pas les normes recommandées (OMS, 1991 ; JORA, 2011).

Selon Degrémont (1978), les teneurs élevés en sulfates peuvent occasionner des troubles diarrhéiques et contribuer à la corrosion des systèmes de distribution.

Selon Cornaz (2004), le sulfate n'est pas généralement considéré comme minéral majeur à l'eutrophisation.

### IV.1.2.5 Bicarbonate

Variation de bicarbonate est illustrée dans la figure XI.



**Figure XI :** Variation des moyennes mensuelles du bicarbonate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

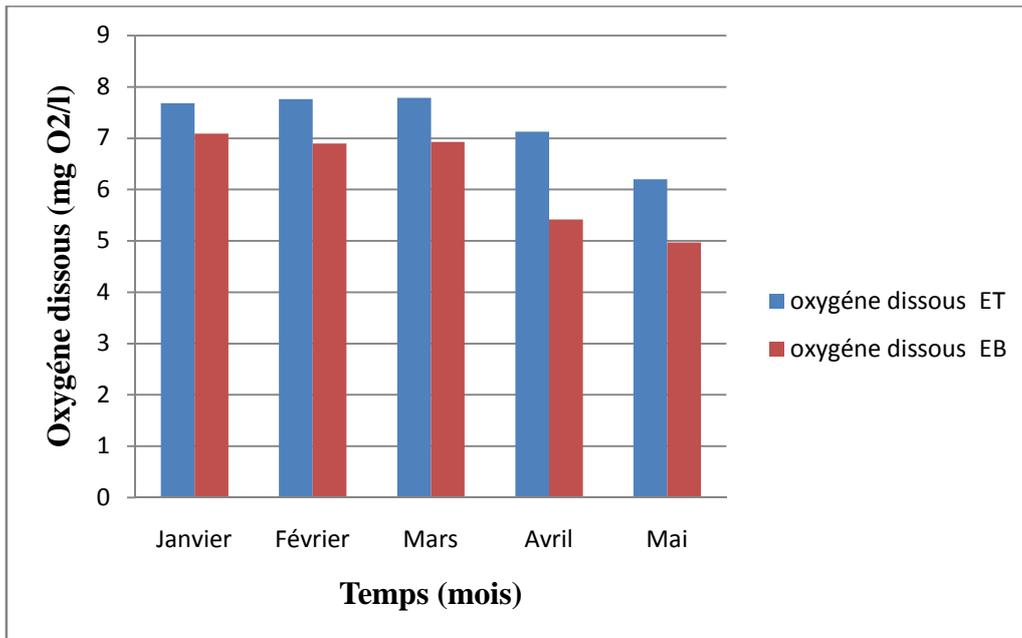
D'après la figure XI, les résultats des moyennes mensuelles du dosage des bicarbonates dans l'eau traitée sont conformes aux normes (OMS, 1991 ; JORA, 2011). Sa présence qui est due à la nature des terrains qui travers par ces eaux car les ions bicarbonates proviennent de la dissolution des roches calcaires ou aux nombreux effluent qui alimente le barrage et qui lors de leur trajet se chargent en ion bicarbonates.

Selon Rodier et al., (2005), la concentration des eaux en bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  est en fonction du pH de l'eau et de la température.

Dans les eaux douces, les ions bicarbonates sont produits par une forte photosynthèse des plantes (Berne et Levy, 2007).

#### IV.1.2.6 Oxygène dissous

Variation de l'oxygène dissous est représentée dans la figure XII.



**Figure XII :** Variation des moyennes mensuelles de l’oxygène dissous (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D’après la figure XII, la variation des moyennes mensuelles de l’oxygène des eaux traitées sont presque les même durant tous les mois varient entre 6,20 mg/l (Mai) et 7,79 mg/l (Mars).

La même observation pour les eaux brutes, avec une valeur minimale de 4,97 mg/l (Mai) et une valeur maximale de 7,09 mg/l (Janvier).

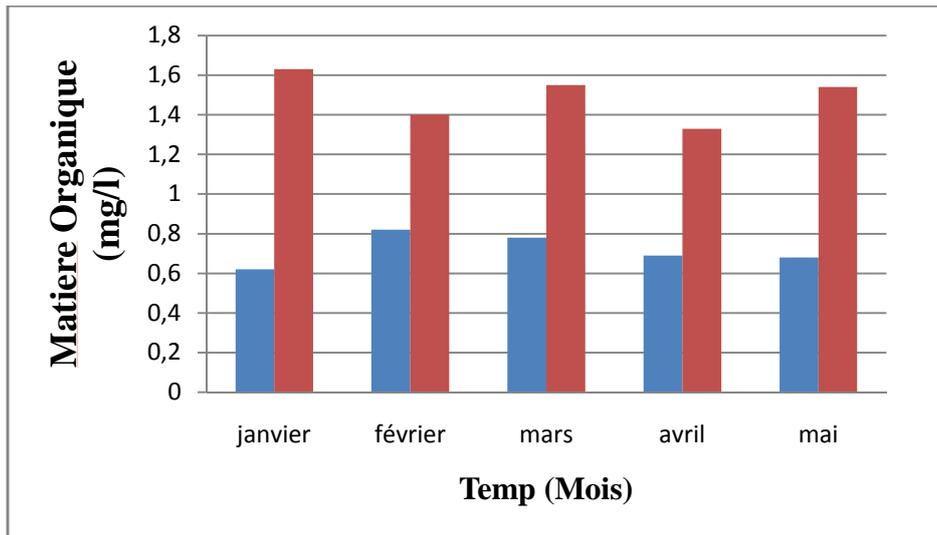
Dans les milieux aquatiques, l’oxygène dissous a deux origines : la dissolution directe de l’oxygène atmosphérique et la production par les végétaux aquatiques (représentés par le phytobenthos et le phytoplancton) (Schlumberge, 1971 et Leveque, 1996).

#### IV.1.3 Paramètres de pollution

Les résultats des paramètres de pollution sont regroupés dans l’Annexe I.

##### IV.1.3.1 Matière organique

Variation de matière organique est illustrée dans la figure XIII.



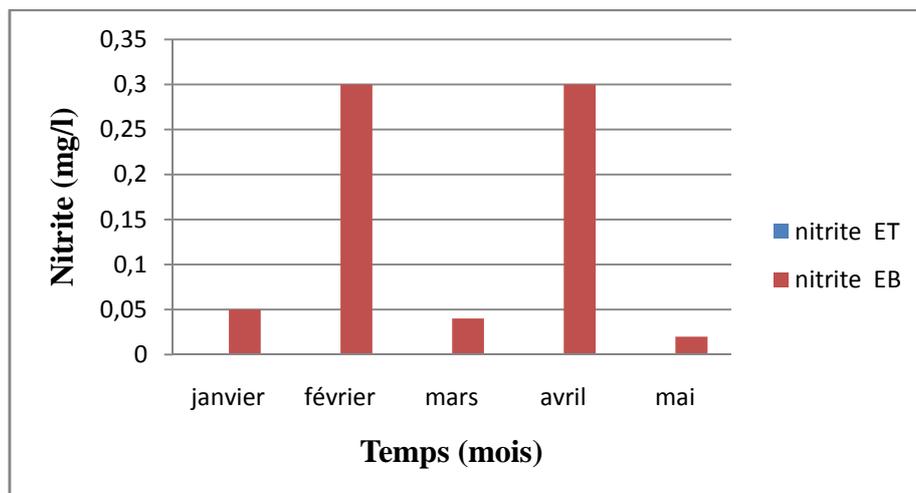
**Figure XIII :** Variation des moyennes mensuelles de matière organique (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

A partir de la figure XIII, nous remarquons que les cinq mois présentent une certaine hétérogénéité des valeurs des moyennes mensuelles de la matière organique que ce soit des eaux brutes ou traitées. On observe que les eaux traitées sont moins chargées en matières organiques que celle des eaux brutes.

Selon **Aouabed (2003)**, les matières organiques sont responsables de la coloration des eaux des surfaces et elles sont issues de processus de biodégradation des végétaux et des détritux animaux.

#### IV.1.3.2 Nitrite

Variation de nitrite est illustrée dans la figure XIV.



**Figure XIV:** Variation des moyennes mensuelles de nitrite (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

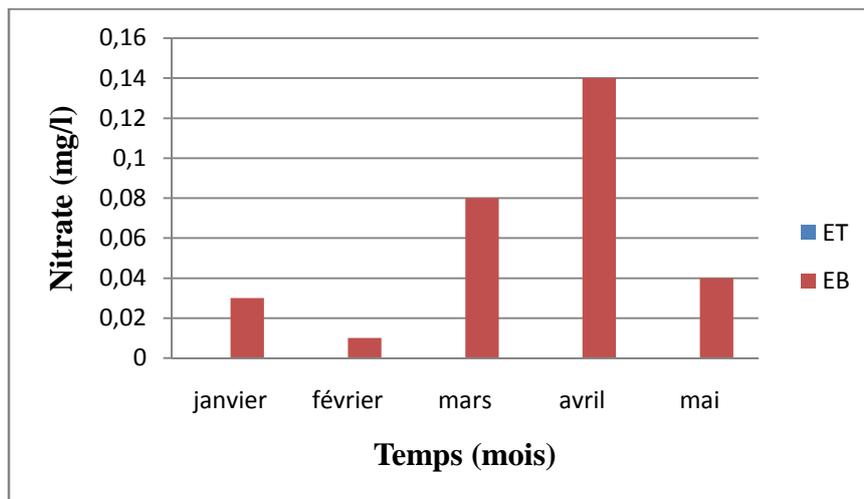
La figures XIV, relève que les teneurs en nitrite pour les eaux traitées sont relativement faibles et conformes aux normes ( $<0,2$  mg/l) (OMS, 1991 ; JORA, 2011). Ces faibles teneurs sont dues probablement à leur transformation en nitrate par le processus d'oxydation en présence d'une quantité d'oxygène suffisante.

Nous remarquons que les moyennes mensuelles des nitrites des eaux brutes varient entre un minimum de 0,02 mg/l noté au mois de Mai et un maximum de 0,3 mg/l relevé au mois de Février. Ces teneurs sont peut être dues à l'accès libre des ovins et des bovins à la prairie qui entoure ce barrage.

Selon Cornaz (2004), les nitrites sont présents souvent en faibles teneurs dans les eaux naturelles.

### IV.1.3.3 Nitrate

Les résultats de la mesure de nitrate sont représentés dans la figure XV.



**Figure XV :** Variation des moyennes mensuelles de nitrate (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après la figure XV, on ne note aucunes valeurs des moyennes mensuelles de concentration des nitrates dan les eaux traitées. Ces valeurs jugées acceptables et conformes aux normes (50 mg/l) (OMS, 1991 ; JORA, 2011).

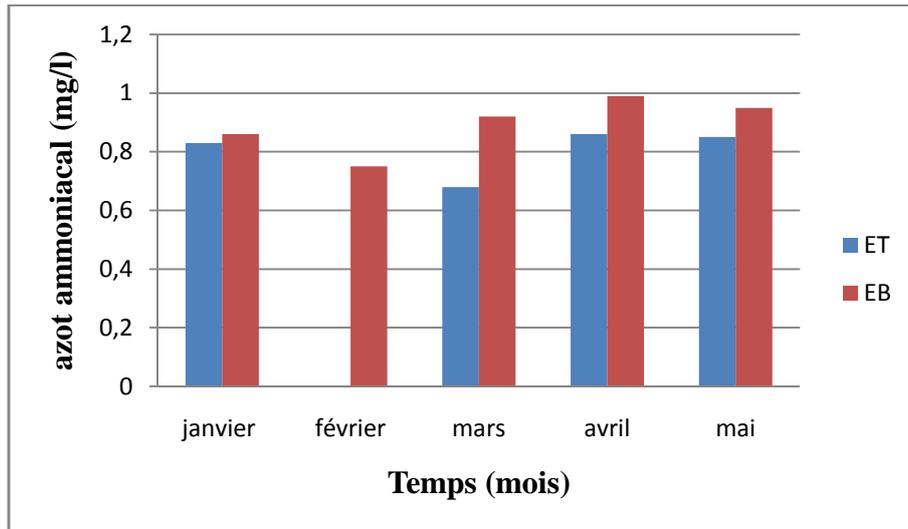
Les moyennes mensuelles des nitrates des eaux brutes varient entre 0,01 mg/l notée au mois de Février et 0,14 mg/l enregistré au mois d'Avril.

Selon **Henry et Beaudry (1992)**, les nitrates contenus dans les engrais sont entraînés par les eaux de ruissèlement.

La présence de nitrate provoque le phénomène d'eutrophisation permettant la prolifération des algues.

### IV.1.3.4 Azote ammoniacal

Variation de l'azote ammoniacal est représentée dans la figure XVI.



**Figure XVI :** Variation des moyennes mensuelles d'azote ammoniacal (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après la figure XVI, nous remarquons que la variation des moyennes mensuelles d'azote ammoniacal des eaux traitées est hétérogène, une valeur moyenne mensuelles minimale de 0,68 mg/l notée au mois de Mars et une valeur moyenne mensuelles maximale de 0,86 mg/l relevée au mois de Mai. Cette valeur est largement supérieure à 0,5 mg/l, norme exigée par **JORA, 2001**. On ne note aucune valeur en Février.

Nous remarquons une répartition spatiale de cet élément dans les eaux brutes, ceci est constaté par les différences qui existent entre les mois de : Janvier (0,86 mg/l), Février (0,75 mg/l), Mars (0,92 mg/l), Avril (0,99 mg/l) et le mois de Mai (0,95 mg/l).

Selon **Cornaz (2004)**, l'origine de l'ammonium dans les eaux superficielles peut être de la matière végétale des cours d'eau, de la matière organique animale ou humaine, des rejets industriels (engrais).

## CHAPITRE IV : Résultats et discussions

La teneur en azote ammoniacal, dans les eaux naturelles devrait être relativement faible puisque l'ammoniac est oxydé graduellement en nitrite justifiant sa diminution dans les eaux traitées (**Henry et Beaudry, 1992**).

### IV.1.3.5 Phosphore

**Tableau IV** : Résultats des moyennes mensuelles de phosphore.

Mois	Moyennes mensuelles de phosphore (mg/l)	
	ET	EB
Janvier	<0,09	0,00
Février	/	<0,09
Mars	<0,09	0,17
Avril	<0,09	/
Mai	<0,09	<0,09

D'après le tableau IV et l'annexe I nous remarquons que la variation des moyennes mensuelles de phosphore des eaux brutes et traitées à l'entrée qu'à la sortie de la station ont révèle des valeurs à l'état de trace (<0,09 mg/l) (**OMS, 1991 ; JORA, 2011**) pour tous les mois sauf la valeur de la moyenne mensuelle de cet élément pour l'eau brute durant le mois de Mars (0,17 mg/l).

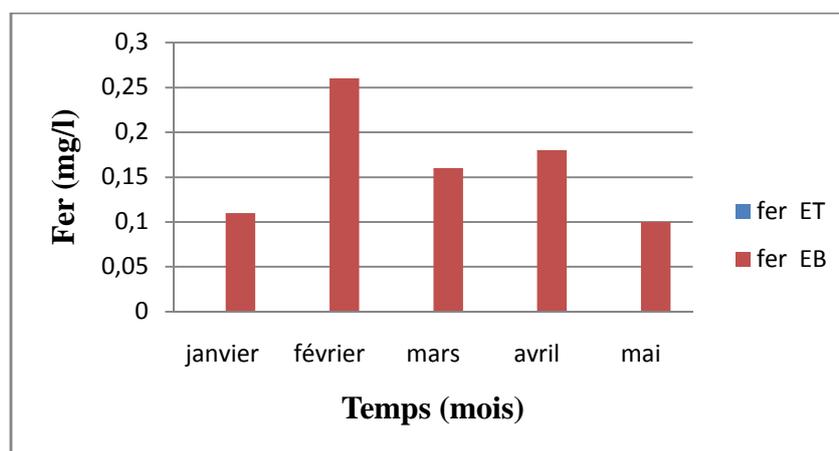
Selon **Hnery et Beaudry (1984)**, le phosphore peut être d'origine organique ou minérale ; le plus souvent leur teneur dans les eaux naturelles résulte de leur utilisation en agriculture, de leur emploi comme additif dans les détergents.

### IV.1.4 Paramètres indésirables (métaux)

Les résultats des paramètres indésirables sont regroupés dans l'Annexe I.

#### IV.1.4.1 Fer

Variation de Fer est illustrée dans la figure XVII.



**Figure XVII :** Variation des moyennes mensuelles de Fer (mg/l) en fonction du temps (mois) des eaux brutes (EB) et traitées (ET).

D'après les résultats, on remarque :

L'absence de fer dans les eaux traitées et sa présence dans les eaux brutes. Les teneurs sont toujours conformes aux normes de potabilité (<0,3 mg/l) (OMS, 1991 ; JORA, 2011).

Le fer est parmi les éléments métalliques les plus fréquemment rencontrés dans les eaux. Il peut être de l'origine de la plupart des problèmes de corrosion (Bontoux, 1983).

Sa présence dans l'eau peut avoir par l'origine les rejets industriels et aux lessivages des terrains avec dissolution des roches (Potelon, 1998).

#### IV.1.4.2 Manganèse

**Tableau V :** Résultats des moyennes mensuelles de manganèse.

Mois	Moyennes mensuelles de manganèse (mg/l)	
	ET	EB
Janvier	<0,05	0,08
Février	<0,05	/
Mars	<0,05	/
Avril	<0,05	/
Mai	<0,05	<0,05

D'après le tableau V et l'annexe I, on observe l'absence de concentration des moyennes mensuelles de manganèse dans les eaux brutes et traitées sauf durant le mois de Janvier (0,08 mg/l) pour les eaux brutes.

D'après **Rodier et al., (2005)** la présence de manganèse dans les eaux superficielles provient des industries, des usines d'engrais.

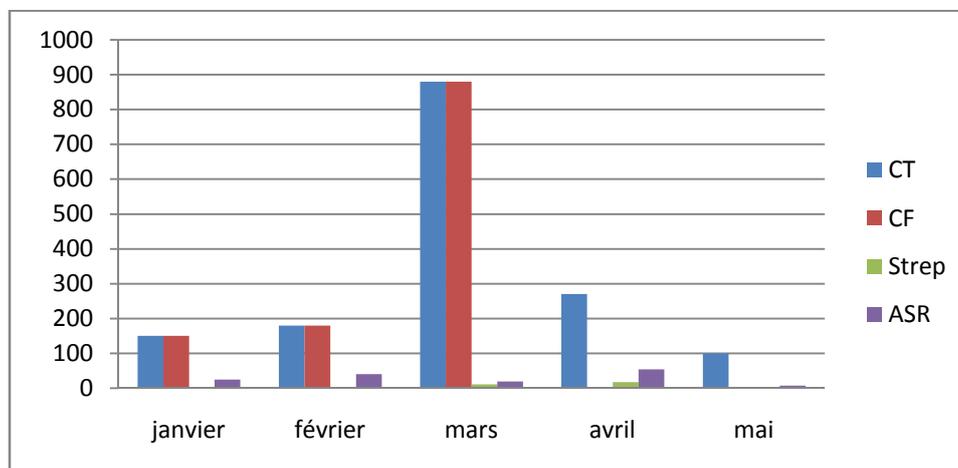
### IV.2 Résultats des paramètres bactériologiques

Selon **Bontoux (1983)**, l'essentielle de l'analyse microbiologique consiste à la recherche et au dénombrement de ce qu'il est convenu d'appeler les germes tests de contamination fécale, les plus communs sont les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

Les résultats des paramètres bactériologiques sont regroupés dans l'Annexe III.

#### IV.2.1 Eau brute

Variation des germes (CF, CT, Strp et ASR) de l'eau brute est illustrée dans la figure XVIII.



**Figure XVIII :** Présentation graphique des teneurs des germes (CF, CT, Strep et ASR) des eaux brutes.

Le dénombrement des bactéries présente un intérêt considérable pour contrôler l'efficacité des différentes étapes de traitements des eaux d'alimentation.

D'après la figure XVIII, le nombre des coliformes totaux excitants dans les eaux brutes est compris entre 100-880 germes/100 ml. Cette présence est due à l'appauvrissement en matière organique des eaux brutes qui rend le milieu défavorable au développement bactérien.

Pour les coliformes fécaux, les valeurs comprises entre 150-880 germes/100 ml. Cette teneur élevée serait due à l'augmentation de la température le jour de prélèvement.

Le nombre des streptocoques fécaux existants dans les eaux brutes est compris entre 11-17 germes/100 ml. Leur détection dans une eau témoigne généralement d'une pollution fécale.

Selon **Leclerc et Haslay (1993)**, la recherche d'Anaérobies Sulfito-Réducteurs est destinée à garantir la qualité des eaux d'alimentation. Les spores de clostridiums sulfito-réducteurs proviennent de l'érosion de berge et des ruissèlements après les précipitations.

Nos résultats ont montré que le nombre des spores dans les eaux brutes est compris entre 07-54 spores/20 ml. Ces valeurs dépassent les normes recommandées par le journal officiel et OMS.

Selon le **JORA (2011)**, les eaux brutes destinées à la production d'eau pour la consommation humaine doit être contenir :

- Moins de 50000 de coliformes totaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 20000 de coliformes fécaux dans 100 ml d'eau.
- Moins de 10000 de streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau.
- Absence des spores ASR.

### **IV.2.2 Eau traitée**

On remarque l'absence totale de tous les germes indicateurs de la contamination fécale pour l'ensemble des eaux traitées étudiées présentant ainsi une bonne qualité bactériologique et témoigne donc l'efficacité de traitement appliqué.

L'eau est une richesse essentielle à la vie et présente dans toutes les activités humaines. Elle constitue un atout économique majeur pour un développement durable. En effet, pour aboutir à une eau potable au robinet de chacun, l'eau brute puisée dans rivières, des fleuves, des lacs, ou l'eau de pluie a subi de nombreux traitements. Cette opération peut se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines.

Pour une meilleure appréciation de la qualité de l'eau du barrage de Boukerdane et de l'eau traitée, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées, les résultats obtenus montrent la conformité de ces eaux aux normes salubrités admises au plan international.

En effet, les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont révélé les résultats suivants :

- ✓ L'eau brute de barrage était chaude et ne dépassent pas 8,5 unité de pH ;
- ✓ Il présente des faibles concentrations des paramètres indésirables (Fer et manganèse) ;
- ✓ Les paramètres de pollution respectent aux normes de potabilité ;
- ✓ Les résultats des analyses physicochimiques de l'eau traitée ont montré que tous les paramètres étudiés sont conformes aux normes recommandés.
- ✓ Pour les analyses bactériologiques des eaux brutes de Barrage de Boukerdane, le nombre de coliforme est un indicateur de potabilité de la présence de bactérie pathogène comme les Anaérobies Sulfite Réducteurs donc cette eau est de mauvaise qualité bactériologique.
- ✓ Les résultats bactériologiques obtenus montrent clairement l'efficacité du traitement effectué au niveau de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer (Tipasa) par l'élimination totale des germes indicateurs de pollution fécale et une forte réduction des germes totaux ce qui confère à cette eau une bonne qualité bactériologique durant la période d'étude.

Le contrôle permanent de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables, est indispensable.

Il serait intéressant de continuer cette étude en portant la lumière sur le dosage des métaux lourds et les produits phytosanitaires (pesticides).

Enfin, les dispositifs de traitement de l'eau sont coûteux, il faut mettre des mesures préventives concernant l'utilisation et le stockage de cette ressource.

## Références bibliographiques

---

- **Afnor, 2005.** Qualité de l'eau, norme et réglementation. Saint-Denis La Plaine Cedex, France. Pp 48-50-54.
- **Allal Mohamed B., Gouissem Z., 2006-2009.** L'étude de l'efficacité de la chaîne de traitement d'eau de procédé au niveau de l'unité SAIDAL EL-Harrach. Mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un Diplôme de Technicien Supérieur de Traitement des eaux Institut Professionnel Spécialisé en agro-alimentaire INSEP « BLIDA ».
- **Amir S., 2005.** Contribution à la valorisation des boues de station d'épuration par compostage : Devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 309P.
- **Annan K., 2006.** L'eau, source de vie. Message du secrétaire générale de l'ONU à l'occasion de la journée mondiale de l'eau.
- **Aouabed A., 2003.** Extraction, caractérisation et aptitude à la coagulation-floculation des matières organiques naturelles des eaux de barrage de Kaddara (Alger). Thèse de Docteur de science physique, université de Blida. pp20-98.
- **Arrignon J., 1998.** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, 3<sup>ème</sup> édition, Gauthier-Villars. Paris. 340p.
- **ASANO T., 1998.** Wastewater reclamation and reuse, Water quality management library. 1475p.
- **Barbe J., Lafont M., Mouthon J. et Philippe M., 2003.** Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau.30p.
- **Berné F et Cordonnier J., 1992.** Traitement des eaux. Edition technip, paris p 5-14.
- **Berne H et Lery D., 2007.** Principes de physiologie. Paris 21p.
- **Bennefoy C., Guilet F., Leyral G et Verne-Bourdais E., 2002.** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires. Paris : collection : biosciences et techniques, Série : Science des aliments. P248.
- **Bliefret C. et Perraud R., 2001.** Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Bruxelles : De Boeck, pp285-286-287-326-477.
- **Boeglin J-C., 2003.** Technique de l'ingénieur, volume 1.Edition : Paris, 20p.
- **Bontoux J., 1983.** Introduction à l'étude des eaux douces- eaux usées- eaux de boisson. Edition CEBEDOC sprl, Liège ; pp7-16-38-39-41-50-51.
- **Bontoux J., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson, qualité et santé, 261116 édit. CEBEDOC. Liège : 169p.

## Références bibliographiques

---

- **Boudjenah M., 2002.** Suivi de la qualité des plans d'eau proposition méthodologiques pour les lacs et les réservoirs d'Algérie. Master européen : 63p.
- **Bouziani, 2006.** L'eau De La Pénurie A la Maladie. Edition Eben Khaldoun. 2000, pp84.
- **Cardot C., 1999.** Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques-cours et problèmes résolus. Ellipses édition Marketing. S. A. P18.
- **Conservation des forêts, 2013.** Conservation des forêts de la wilaya de Tipasa. Fiche technique.
- **Cornaz A., 2004.** Evaluation du statu trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origine diffuses et ponctuelles. Pp10-19.
- **Dégrment T., 1998.** Mémento technique de l'eau, 8<sup>ème</sup> édition. Lavoisier France, pp36-643.
- **Dégrment T., 1995.** Mémento technique de l'eau, tome 1.10<sup>ème</sup> édition. Lavoisier France, PP60-63-40-46-59-1114.
- **Dégrment T., 2005.** Mémento technique de l'eau, tome 2, 10<sup>ème</sup> édition. Lavoisier, France, pp1114.
- **Delarras C., 2006.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, réglementation-prélèvement-analyse, Edition Tec et Doc-Lavoisier. Paris, 269p.
- **Desjardins R., 1990.** Le traitement des eaux-2<sup>ème</sup> édition de l'école polytechnique de Montréal, pp-3-4-8-27-28-29-31-34-47-68-72-111.
- **Djermakoy M.M., 2005.** Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques, et impact sur les eaux de surfaces et les eaux souterraines. Thèse de Doctorat. Université de Bamako. Mali. P 119.
- **Faby J. A. et Brissaud F., 1997.** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, pp76.
- **Fall C., 2007.** Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. PP 11-12.
- **Figarella J., Leyral G. et Tarret M., 2001.** Microbiologie appliqué (tom 2).Edition : Laureus.P285.
- **Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire .Edition technique et documentation Lavoisier.220p.
- **Gaujous D., 1998.** La pollution des milieux aquatiques 2<sup>ème</sup> édition Lavoisier 219p.

## Références bibliographiques

---

- **Google Earth, 2015.** Vue satellitaire de la zone d'étude (Localisation géographique du barrage de Boukerdane).
- **Guiraud JP., 1998.** Microbiologie alimentaire Lavoisier : technique et documentation « Edition DUNOD » Paris PP133-615-652.
- **Habila Safia., 2002.** Evaluation du Risque de Contamination des Eaux du Barrage Beni Haroun (Wilaya de Mila) Par les Polluants Organiques et Minéraux ; P240
- **Hade A., 2003.** Nos lacs : les connaître pour mieux les protéger. Canada : FIDES. P 359.
- **Haslay C. et Leclerc H., 1993.** Microbiologies des eaux d'alimentation. Edition : Techniques et documentation –Lavoisier. Paris, P495.
- **Henry M. et Beaudry J., 1992.** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada. PP 71-105.
- **Henry M. et Beaudry J., 1992.** Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada. PP 103-106-130-136-153-157-258-264.
- **James SC., 1980.** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Documentation à l'appui – Le fer 78p.
- **Jolet B. et Reynaud A., 2003 :** « Entérobactéries : systématique et méthode de diagnostic », coll. Monographie de microbiologie, édition Médicales internationales. P356.
- **(JORA) Journal Officiel de la République Algérienne, 2011.** Annexe des valeurs limites maximales des paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine, n°18, PP 7et 8.
- **Kettab A., 1992.** Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Documentation à l'appui – Le fer78p.
- **Ladjel F., 2001.** Exploitation d'une station d'épuration à boues activées. Ed.ONA.P74.
- **Lebres E., Azizi D., Hamza A., Taleb F. et Taouchtb, 2002.** Manuel des travaux pratiques. Institut Pasteur d'Alger. P20.
- **Leclerc H. et Haslay C., 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. Paris. PP 8-70-105-108.
- **Leclerc H., 1977.** Microbiologie appliquée. 2eme édition : Dion. Paris, 227P.
- **Martineau G. P., 1997.** Maladies d'élevage des porcs. 1<sup>ere</sup> édition. Ed. France agricole.316p.
- **Leveque C., Paugy D., 1999.** Les poissons des eaux continentales africains, diversité, écologie, utilisation par l'homme, édit. De l'IRD, Paris : 521p.

## Références bibliographiques

---

- **Meksem A., 2010.** « Etudes structurales et fonctionnelles des récepteurs Ton B-dépendants des bactéries à gramme négatifs ». Thèse de doctorat. Ecole supérieure de biotechnologie de Strasbourg, 15p.
- **OMS, 1991.** Détracter pour l'eau potable et assainissement suburbain.
- **Paichaud J., 1997.** La qualité de l'eau des rivières des Québec. Etat et tendance direction des écosystèmes aquatiques.
- **Potelon J., 1998.** Guide d'analyse d'eau potable, lavoisier, Paris. P145-237.
- **Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience international, Paris. Pp 486.
- **Rodier J.; Bazin C.; Broutin JP.; Chambon G-P.; Chompson H et Rodi L., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux résiduaires, eaux de mers 5ème Edition, Edition DUNOD. P633, 668.
- **Rodier J., Bazin C., Chambon P., Broutin G-P., Champsaur H et Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8eme édition. Paris : DUNOD technique. PP 383-782-784-803.
- **Rodier J., Legube B., Merlet N. et Colli., 2009.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9<sup>ème</sup> édition. Paris : DUNOD technique. 1579p.
- **S. T. E. P., 2015.** Fiche technique de la station de traitement des eaux potables de Sidi Amer (Wilaya de tipasa).
- **Salghi R., 2007.** Différents filières de traitement des eaux. Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir. 320p.
- **Samake H., 2002.** Analyses physico-chimiques et bactériologiques eu LNS des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de Doctorat. Mali. 77p.
- **Satin M. et Selmi B., 1999.** Guide technique de l'assainissement ; 2<sup>ème</sup> édition. Paris : Le moniteur. 680p.
- **Schmidt P., 2005.** Guide pratique de l'eau et d'assainissement, Berger-Levrault. Paris, 17p.
- **Schluberger O., 1997.** Mémento de pisciculture d'étang, 3<sup>ème</sup> édition. France. 238p.
- **Sevrin Reyssac G., Delanoue J., Proulx D., 1995.** Le recyclage de lisier de porc par lagunage. Edition Technique et Documentation Lavoisier. 118p.
- **Singleton et Sainsury D., 1999.** « Bactériologie », édition MASSON, Paris. P151.
- **Sokana., 2002.** Manuel du cour d'hygiène du milieu, (F.M.P.O.S 2002) 50P

## Références bibliographiques

---

- **Tidaninit M.L. et Amdoun A., 2003.** Etude hydro biologique de lac du barrage de boukerdane (Wilaya de Tipaza : Variation spatio-temporelle du peuplement zoo planctonique, physico-chimique, composition spécifique du plancton. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en aquaculture, U.S.T.B, 110p.
- **Zerrouki H., Selt M.T., Ouadjina N., Milliani Z., Menoueri K., Krider C., Haddadi N., Bouzertit N., Boudjella A., Benguerba D., Azzouz D. et Ahmed Messoud R., 2006.** Le fian de l'eau. Le magazine des journalistes scientifiques. Université SSAD DAHLAB DE BLIDA 24P.

# ANNEXE

## Annexe I

### Résultats des paramètres physiques de mois de Janvier.

Dates	Température (°C)		pH		Conductivité (µs/cm)		Turbidité (NTU)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-12-2014	14,40	13,60	8,08	8,01	788	770	0,49	3,19
26-12-2014	14,40	14,10	7,97	8,12	778	771	0,40	3,54
27-12-2014	14,65	14,30	8,05	8,15	778	770	0,35	3,87
28-12-2014	15,05	14,80	8,04	8,11	774	763	0,53	3,63
29-12-2014	15,40	15,20	8,02	8,12	773	772	0,38	3,92
30-12-2014	13,80	13,55	8,04	8,09	796	785	0,21	5,45
31-12-2014	13,65	13,30	8,02	8,16	816	806	0,28	5,10
01-01-2015	13,50	13,10	8,06	8,11	815	809	0,25	7,37
02-01-2015	13,10	12,70	8,04	8,14	818	812	0,14	6,60
03-01-2015	13,25	12,95	8,00	8,08	820	809	0,38	7,27
04-01-2015	13,00	15,55	7,92	8,10	815	804	0,33	8,46
05-01-2015	13,50	12,30	8,02	8,13	810	805	0,33	9,14
06-01-2015	13,60	13,55	8,00	8,18	806	793	0,47	3,64
07-01-2015	13,65	13,25	8,00	8,14	799	784	0,46	5,55
08-01-2015	13,35	14,00	8,02	8,13	801	784	0,36	9,43
09-01-2015	13,25	12,85	7,89	8,14	807	796	0,42	4,08
10-01-2015	13,15	12,55	7,86	8,11	811	801	0,48	5,17
11-01-2015	12,85	12,95	7,98	8,15	804	788	0,32	4,63
12-01-2015	13,25	12,15	8,01	8,15	808	796	0,50	9,47
13-01-2015	14,90	12,50	7,97	8,08	809	801	0,35	4,68
14-01-2015	14,15	14,00	7,97	8,13	805	798	0,39	7,38
15-01-2015	13,85	13,90	8,00	8,16	808	794	0,48	5,15
16-01-2015	13,80	13,55	8,01	8,14	807	800	0,43	5,07
17-01-2015	13,90	13,65	8,01	8,15	809	800	0,35	4,41
18-01-2015	13,10	13,10	8,00	8,19	805	794	0,60	3,41
19-01-2015	13,45	13,25	8,03	8,17	803	798	0,45	4,25
20-01-2015	13,15	12,70	8,03	8,15	806	797	0,33	3,18
21-01-2015	12,80	12,35	8,02	8,19	803	799	0,71	3,49
22-01-2015	12,90	12,40	8,02	8,19	808	800	0,49	5,56
23-01-2015	12,35	12,05	7,99	8,11	807	805	0,33	4,25
24-01-2015	12,05	12,05	7,92	8,13	803	793	0,39	5,94
Moy	13,49	13,20	8,00	8,13	803	793	0,40	5,33
Max	15,40	15,20	8,06	8,19	820	812	0,71	9,47
Min	12,05	12,05	7,86	8,01	773	763	0,14	3,18

## ANNEXE

### Résultats des paramètres physiques de mois de Février.

Dates	Température (°C)		pH		Conductivité (µs/cm)		Turbidité (NTU)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-01-2015	13,50	11,80	8,00	8,12	801	798	0,40	6,36
26-01-2015	12,25	12,50	7,99	8,16	809	798	0,27	4,64
27-01-2015	12,50	11,90	7,93	8,13	805	794	0,38	7,29
28-01-2015	12,20	12,10	7,98	8,15	805	795	0,42	4,68
29-01-2015	12,40	11,85	7,96	8,14	806	899	0,25	4,17
30-01-2015	13,65	13,45	7,89	8,08	807	798	0,38	4,74
31-01-2015	14,40	13,40	7,99	8,35	808	805	0,34	7,08
01-02-2015	13,25	12	7,92	8,14	808	801	0,33	5,91
02-02-2015	12,95	12,10	7,92	8,17	807	800	0,55	5,93
03-02-2015	13,40	12,65	7,91	8,18	812	804	0,46	6,27
04-02-2015	12,80	11,90	8,01	8,19	812	800	0,46	6,70
05-02-2015	12,00	12,05	7,99	8,20	773	770	0,31	7,04
06-02-2015	11,45	11,00	7,98	8,15	782	774	0,44	7,01
07-02-2015	11,25	10,86	7,98	8,15	781	787	0,41	9,91
08-02-2015	11,30	10,75	7,99	8,13	778	775	0,49	6,05
09-02-2015	11,40	10,70	8,02	8,16	785	773	0,45	7,26
10-02-2015	11,70	11,25	7,98	8,21	785	779	0,48	4,49
11-02-2015	12,05	11,40	7,80	8,22	782	777	0,40	4,88
12-02-2015	12,40	11,55	7,99	8,19	786	778	0,48	6,03
13-02-2015	12,20	12,05	7,95	8,20	781	775	0,46	4,80
14-02-2015	11,90	11,70	8,00	8,24	785	775	0,54	7,07
15-02-2015	13,25	12,40	7,98	8,12	785	780	0,54	5,01
16-02-2015	13,00	12,45	7,72	8,23	785	778	0,49	3,63
17-02-2015	13,20	12,20	7,86	8,17	784	778	0,58	4,28
18-02-2015	12,95	11,85	7,92	8,10	788	779	0,53	11,65
19-02-2015	13,10	12,35	7,92	8,18	784	779	0,37	7,16
20-02-2015	12,95	13,45	7,96	8,20	789	784	0,40	9,53
21-02-2015	12,80	14,40	7,94	8,15	791	781	0,46	9,06
22-02-2015	12,25	11,80	7,97	8,11	793	786	0,47	7,62
23-02-2015	12,40	11,65	7,81	8,14	788	780	0,69	6,65
24-02-2015	12,85	12,80	7,95	8,15	793	783	0,47	9,96
Moy	12,55	12,00	7,94	8,17	793	789	0,45	6,45
Max	14,40	13,45	8,02	8,35	812	899	0,69	11,65
Min	11,25	10,70	7,72	8,08	773	770	0,25	3,63

## ANNEXE

### Résultats des paramètres physiques de mois de Mars.

Dates	Température (°C)		pH		Conductivité (µs/cm)		Turbidité (NTU)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-02-2015	12,85	12,70	7,94	8,16	797	788	0,44	8,73
26-02-2015	12,80	12,30	7,91	8,18	793	786	0,45	8,21
27-02-2015	12,85	12,30	8,01	8,20	807	801	0,49	11,49
28-02-2015	12,40	12,10	7,97	8,24	793	790	0,52	8,00
01-03-2015	13,25	12,80	7,96	8,12	806	789	0,49	5,16
02-03-2015	13,35	12,75	8,00	8,22	821	804	0,61	7,99
03-03-2015	13,50	13,00	7,91	8,16	818	811	0,50	5,81
04-03-2015	13,70	12,80	7,97	8,21	808	797	0,68	4,58
05-03-2015	13,95	13,15	8,03	8,27	816	793	0,57	6,24
06-03-2015	12,70	12,40	7,99	8,24	811	811	0,49	6,46
07-03-2015	13,05	12,50	7,94	8,20	817	809	0,62	7,02
08-03-2015	13,05	12,20	7,83	8,22	819	807	0,65	7,66
09-03-2015	12,85	12,50	7,89	8,24	821	812	0,61	5,05
10-03-2015	12,70	12,45	7,93	8,24	816	809	0,54	7,44
11-03-2015	13,30	13,00	7,91	8,20	814	803	0,55	6,39
12-03-2015	13,60	13,55	7,97	8,21	813	806	0,51	6,13
13-03-2015	13,75	13,40	7,99	8,14	809	803	0,60	7,85
14-03-2015	13,10	12,70	7,99	8,16	818	808	0,48	9,66
15-03-2015	13,05	12,30	7,86	8,18	820	815	0,46	5,87
16-03-2015	12,95	12,80	7,91	8,14	820	817	0,47	5,61
17-03-2015	13,50	12,90	7,89	8,13	820	814	0,53	6,38
18-03-2015	13,60	13,10	7,94	8,15	824	818	0,34	10,64
19-03-2015	13,95	13,30	7,89	8,03	829	813	0,39	7,38
20-03-2015	15,10	14,65	7,95	8,11	815	807	0,46	9,40
21-03-2015	14,20	13,90	7,92	8,12	816	806	0,56	8,43
22-03-2015	14,05	13,75	7,96	8,17	813	806	0,50	7,27
23-03-2015	15,05	14,4	7,85	8,14	819	810	0,57	7,19
24-03-2015	14,75	14,10	7,95	8,15	821	811	0,48	6,49
Moy	13,54	12,99	7,94	8,18	814	805	0,53	7,30
Max	15,10	14,65	8,03	8,27	829	818	0,68	11,49
Min	12,40	12,10	7,83	8,03	793	786	0,34	4,58

## ANNEXE

### Résultats des paramètres physiques de mois d'Avril.

Dates	Température (°C)		pH		Conductivité (µs/cm)		Turbidité (NTU)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-03-2015	13,95	13,95	7,91	8,16	816	808	0,48	6,65
26-03-2015	14,00	13,20	7,80	8,14	817	808	1,01	31,72
27-03-2015	14,65	14,35	7,93	8,15	823	818	0,69	39,18
28-03-2015	14,90	14,80	7,79	8,10	828	820	0,91	22,52
29-03-2015	14,07	14,80	7,87	8,08	820	814	0,95	14,72
30-03-2015	15,00	14,40	7,92	8,07	822	812	0,63	11,15
31-03-2015	15,65	15,30	7,84	8,06	818	811	0,58	10,50
01-04-2015	16,30	15,45	7,92	8,08	806	798	0,66	9,33
02-04-2015	15,10	15,05	7,72	8,10	805	801	0,61	8,88
03-04-2015	15,40	14,75	7,80	8,04	810	800	0,60	9,49
04-04-2015	15,25	14,60	7,83	8,05	806	797	0,68	8,35
05-04-2014	14,80	15,35	7,71	8,13	807	799	0,54	6,79
06-04-2015	15,00	15,35	7,85	8,12	804	790	0,61	6,87
07-04-2015	15,15	14,90	7,82	8,01	809	797	0,44	7,32
08-04-2015	14,60	14,10	7,80	8,02	808	799	0,48	9,71
09-04-2015	14,60	14,35	7,84	8,07	803	789	0,45	8,27
10-05-2015	15,20	14,45	7,74	7,95	802	796	0,64	10,50
11-04-2015	15,40	15,10	7,79	8,02	803	798	0,62	9,73
12-04-2015	15,30	15,05	7,80	8,05	802	791	0,63	8,55
13-04-2015	15,75	15,15	7,81	7,96	805	793	0,67	9,43
14-04-2015	15,45	15,10	7,85	8,06	801	794	0,36	7,77
15-04-2015	16,35	16,05	7,73	8,10	799	792	0,58	6,01
16-04-2015	15,90	15,60	7,84	7,95	803	791	0,68	7,31
17-04-2015	15,70	15,40	7,89	8,03	797	794	0,51	6,58
18-04-2015	15,65	15,75	7,84	8,00	801	794	0,55	7,99
19-04-2015	15,60	15,45	7,83	7,93	800	794	0,67	7,26
20-04-2015	15,05	15,05	7,84	7,99	805	794	0,41	7,69
21-04-2015	15,30	15,40	7,79	7,93	802	795	0,40	6,90
22-04-2015	17,30	16,20	7,81	7,83	801	795	0,48	7,18
23-04-2015	16,40	16,20	7,89	7,96	800	795	0,39	8,85
24-04-2015	15,90	15,80	7,80	7,91	802	795	0,45	7,52
Moy	15,43	15,05	7,82	8,03	808	799	0,58	10,67
Max	17,30	16,20	7,93	8,16	828	820	0,95	39,18
Min	14,07	13,20	7,71	7,83	797	789	0,36	6,01

## ANNEXE

### Résultats des paramètres physiques de mois de Mai.

Dates	Température (°C)		pH		Conductivité (µs/cm)		Turbidité (NTU)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-04-2015	15,65	15,60	7,85	7,99	800	795	0,44	8,00
26-04-2015	16,30	16,00	7,75	7,94	799	794	0,67	9,77
27-04-2015	16,05	16,05	7,73	7,94	800	793	0,52	7,94
28-04-2015	16,10	16,20	7,78	7,82	800	793	0,57	6,54
29-04-2015	16,95	16,25	7,61	7,96	799	795	0,43	6,33
30-04-2015	16,25	15,35	7,65	7,93	797	792	0,58	7,87
01-05-2015	16,35	16,15	7,77	7,90	797	793	0,45	8,08
02-05-2015	16,50	16,30	7,81	7,98	798	794	0,37	7,37
03-05-2015	17,35	16,80	7,79	7,95	799	791	0,51	7,07
04-05-2015	17,50	17,55	7,79	7,94	800	789	0,52	7,73
05-05-2015	17,90	17,75	7,79	7,98	804	797	0,34	7,84
06-05-2015	17,45	17,10	7,78	7,96	802	795	0,42	8,43
07-05-2015	17,50	17,10	7,77	7,86	797	792	0,53	8,07
08-05-2015	17,50	17,30	7,83	7,98	805	797	0,34	7,33
09-05-2015	17,45	16,80	7,78	7,89	801	795	0,51	8,05
10-05-2015	17,55	17,15	7,74	7,85	803	795	0,43	6,66
11-05-2015	18,20	17,30	7,75	7,93	798	802	0,38	6,65
12-05-2015	17,65	16,95	7,77	7,90	803	793	0,48	7,24
13-05-2015	17,60	16,95	7,76	7,84	804	798	0,42	7,73
14-05-2015	19,90	19,10	7,79	7,94	812	805	0,45	7,95
15-05-2015	17,70	17,60	7,78	7,86	803	797	0,44	7,67
16-05-2015	18,00	17,05	7,78	7,88	804	799	0,46	8,52
17-05-2015	17,50	16,90	7,65	7,95	801	794	0,42	7,39
18-05-2015	17,10	16,95	7,78	7,90	800	794	0,54	7,80
19-05-2015	17,65	17,20	7,68	7,84	799	796	0,44	6,82
20-05-2015	17,15	16,95	7,77	7,90	805	795	0,44	6,96
21-05-2015	17,00	17,05	7,71	7,91	804	791	0,44	7,16
22-05-2015	17,10	16,80	7,76	7,93	801	792	0,36	7,69
23-05-2015	16,50	16,50	7,79	7,96	801	797	0,41	7,56
24-05-2015	17,10	17,00	7,67	7,80	807	793	0,34	6,74
Moy	17,35	16,86	7,75	7,91	801	795	0,45	7,57
Max	19,90	19,10	7,83	7,99	812	805	0,58	9,77
Min	16,05	15,35	7,61	7,80	797	789	0,34	6,33

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de minéralisation de mois de Janvier.

Dates	TH (°F)		TAC (°F)		Ca <sup>2+</sup> (mg/l)		Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		Cl <sup>-</sup> (mg/l)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> /l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
28-12-2014	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,72	7,48
30-12-2014	38	31	/	/	86	72	38	31	80,12	83,66	/	/	/	/	/	/
31-12-2014	/	/	16,5	19,5	/	/	/	/	/	/	137	121	201,3	237,9	/	/
04-01-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,68	6,79
12-01-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,92	7,24
20-01-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,38	6,86
Moy	38	31	16,5	19,5	86	72	38	31	80,12	83,66	137	121	201,3	237,9	7,68	7,09
Min	38	31	16,5	19,5	86	72	38	31	80,12	83,66	137	121	201,3	237,9	7,92	7,48
Max	38	31	16,5	19,5	86	72	38	31	80,12	83,66	137	121	201,3	237,9	7,38	6,79

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de minéralisation de mois de Février.

Dates	TH (°F)		TAC (°F)		Ca <sup>2+</sup> (mg/l)		Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		Cl <sup>-</sup> (mg/l)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> /l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
28-01-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	89,34	86,5	/	/	/	/	7,79	6,88
29-01-2015	38	32	/	/	72,15	64,13	48	38,4	/	/	164	144	/	/	/	/
01-02-2015	/	/	16	15	/	/	/	/	/	/	/	/	195,2	183	/	/
05-02-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,81	6,92
17-02-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,69	6,89
Moy	38	32	16	15	72,15	64,13	48	38,4	89,34	86,5	164	144	195,2	183	7,76	6,90
Min	38	32	16	15	72,15	64,13	48	38,4	89,34	86,5	164	144	195,2	183	7,81	6,92
Max	38	32	16	15	72,15	64,13	48	38,4	89,34	86,5	164	144	195,2	183	7,69	6,88

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de minéralisation de mois de Mars.

Dates	TH (°F)		TAC (°F)		Ca <sup>2+</sup> (mg/l)		Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		Cl <sup>-</sup> (mg/l)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> /l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
02-03-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	80,80	77,90	/	/	/	/	/	/
03-03-2015	39	32	/	/	80,16	72,15	45,60	36	/	/	/	/	/	/	/	/
05-03-2015	/	/	17	19	/	/	/	/	/	/	/	/	207,4	231,8		
08-03-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	172	160	/	/	/	/
09-03-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,7	6,57
23-03-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,89	7,29
Moy	39	32	17	19	80,16	72,15	45,6	36	80,8	77,9	172	160	207,4	231,8	7,79	6,93
Min	39	32	17	19	80,16	72,15	45,6	36	80,8	77,9	172	160	207,4	231,8	7,89	7,29
Max	39	32	17	19	80,16	72,15	45,6	36	80,8	77,9	172	160	207,4	231,8	7,7	6,57

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de minéralisation de mois d'Avril.

Dates	TH (°F)		TAC (°F)		Ca <sup>2+</sup> (mg/l)		Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		Cl <sup>-</sup> (mg/l)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> /l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
28-03-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7,65	6,38
30-03-2015	37	36	/	/	80,16	72,15	40,8	43,2	/	/	/	/	/	/	/	/
31-03-2015	/	/	17,5	16,5	/	/	/	/	/	/	/	/	213,5	201,3	/	/
01-04-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	175	160	/	/	/	/
06-04-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	89,34	86,5	/	/	/	/	/	/
24-04-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,60	4,45
Moy	37	36	17,5	16,5	80,16	72,15	40,8	43,2	89,34	86,5	175	160	213,5	201,3	7,13	5,42
Min	37	36	17,5	16,5	80,16	72,15	40,8	43,2	89,34	86,5	175	160	213,5	201,3	7,65	6,38
Max	37	36	17,5	16,5	80,16	72,15	40,8	43,2	89,34	86,5	175	160	213,5	201,3	6,60	4,45

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de minéralisation de mois de Mai.

Dates	TH (°F)		TAC (°F)		Ca <sup>2+</sup> (mg/l)		Mg <sup>2+</sup> (mg/l)		Cl <sup>-</sup> (mg/l)		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)		HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		Oxygène dissous (mg O <sub>2</sub> /l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
27-04-2015	/	/	17,5	16,5	/	/	/	/	/	/	/	/	213,5	201,3	/	/
29-04-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	156,95	147	/	/	/	/
30-04-2015	34	31	/	/	80,16	72,15	33,6	31,2	/	/	/	/	/	/	/	/
04-05-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	99,26	70,9	/	/	/	/	/	/
10-05-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,22	4,33
24-05-2015	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,17	5,61
Moy	34	31	17,5	16,5	80,16	72,15	33,6	31,2	99,26	70,9	156,95	147	213,5	201,3	6,20	4,97
Min	34	31	17,5	16,5	80,16	72,15	33,6	31,2	99,26	70,9	156,95	147	213,5	201,3	6,22	5,61
Max	34	31	17,5	16,5	80,16	72,15	33,6	31,2	99,26	70,9	156,95	147	213,5	201,3	6,17	4,33

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de pollution de mois de Janvier.

Dates	NH <sup>4+</sup> (mg/l)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		MO (mg/l)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-12-2014	<0,02	0,05	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
28-12-2014	/	/	<0,02	0,14	0,88	1,53	/	/	/	/
04-01-2015	<0,02	0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
05-01-2015	/	/	<0,02	0,023	0,81	2,01	/	/	/	/
09-01-2015	/	/	/	/	/	/	0,83	0,86	/	/
13-01-2015	<0,02	0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
14-01-2015	/	/	/	/	0,44	1,46	/	/	/	/
15-01-2015	/	/	<0,02	0,017	/	/	/	/	/	/
21-01-2015	<0,02	0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
22-01-2015	/	/	<0,02	0,015	0,33	1,51	/	/	/	/
Moy	<0,02	0,03	<0,02	0,05	0,62	1,63	0,83	0,86	<0,09	0,00
Max	<0,02	0,05	<0,02	0,14	0,88	2,01	0,83	0,86	<0,09	0,00
Min	<0,02	0,02	<0,02	0,02	0,33	1,46	0,83	0,86	<0,09	0,00

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de pollution de mois de Février.

Dates	NH <sup>4+</sup> (mg/l)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		MO (mg/l)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
26-01-2015	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
27-01-2015	/	/	<0,02	0,037	/	/	/	/	/	/
28-01-2015	/	/	/	/	0,82	1,32	/	/	/	/
29-01-2015	/	/	/	/	/	/	<0,05	0,75	/	/
03-02-2015	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
04-02-2015	/	/	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/
05-02-2015	/	/	/	/	0,9	1,73	/	/	/	/
12-02-2015	<0,02	<0,02	/	/	0,73	1,14	/	/	<0,09	<0,09
15-02-2015	/	/	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/
22-02-2015	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/	/	/
Moy	<0,02	/	<0,02	0,3	0,82	1,40	0,00	0,75	/	<0,09
Max	<0,02	0,00	<0,02	0,04	0,90	1,73	0,00	0,75	0,00	<0,09
Min	<0,02	0,00	<0,02	0,02	0,73	1,14	0,00	0,75	0,00	<0,09

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de pollution de mois de Mars.

Dates	NH <sup>4+</sup> (mg/l)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		MO (mg/l)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
25-02-2015	/	/	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/
26-02-2015	<0,02	0,1	/	/	/	/	/	/	/	/
02-03-2015	/	/	/	/	0,56	1,76	/	/	/	/
04-03-2015	/	/	0,02	0,05	/	/	/	/	/	/
07-03-2015	<0,02	0,13	/	/	/	/	/	/	<0,09	0,11
10-03-2015	/	/	/	/	0,49	1,77	/	/	/	/
12-03-2015	/	/	<0,02	0,04	/	/	0,68	0,92	/	/
15-03-2015	<0,02	0,04	/	/	/	/	/	/	<0,09	0,23
17-03-2015	/	/	/	/	0,64	1,2	/	/	/	/
22-03-2015	<0,02	0,03	/	/	/	/	/	/	/	<0,09
23-03-2015	/	/	<0,02	0,028	/	/	/	/	/	/
24-03-2015	/	/	/	/	0,98	1,47	/	/	/	/
Moy	<0,02	0,08	<0,02	0,04	0,78	1,55	0,68	0,92	<0,09	0,17
Max	<0,02	0,13	<0,02	0,05	0,98	1,77	0,68	0,92	<0,09	0,23
Min	<0,02	0,03	<0,02	0,03	0,56	1,20	0,68	0,92	<0,09	0,11

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de pollution de mois d'Avril.

Dates	NH <sup>4+</sup> (mg/l)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		MO (mg/l)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
29-03-2015	/	/	/	/	0,72	1,28	/	/	/	/
30-03-2015	<0,02	0,23	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
31-03-2015	/	/	<0,02	0,08	/	/	/	/	/	/
06-04-2015	/	/	/	/	0,84	1,34	/	/	/	/
07-04-2015	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
08-04-2015	/	/	/	/	/	/	0,86	0,99	/	/
13-04-2015	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
14-04-2015	/	/	/	/	0,58	1,26	/	/	/	/
20-04-2015	<0,02	0,04	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
21-04-2015	/	/	<0,02	0,03	0,62	1,43	/	/	/	/
Moy	<0,02	0,14	<0,02	0,07	0,69	1,33	0,86	0,99	<0,09	/
Max	<0,02	0,23	<0,02	0,84	1,43	0,86	0,99	0,92	<0,09	0,00
Min	<0,02	0,04	<0,02	0,03	0,58	1,26	0,86	0,99	<0,09	0,00

## ANNEXE

### Résultats des paramètres de pollution de mois de Mai.

Dates	NH <sup>4+</sup> (mg/l)		NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		MO (mg/l)		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)		PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB	ET	EB
27-04-2015	/	/	/	/	0,98	1,72	/	/	/	/
28-04-2015	<0,02	0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
29-04-2015	/	/	<0,02	0,021	/	/	/	/	/	/
03-05-2015	/	/	/	/	/	/	0,85	0,95	/	/
05-05-2015	/	/	/	/	0,8	1,68	/	/	/	/
06-05-2015	/	/	<0,02	<0,02	/	/	/	/	/	/
07-05-2015	<0,02	0,02	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
13-05-2015	/	/	<0,02	<0,02	0,64	1,34	/	/	/	/
14-05-2015	<0,02	0,07	/	/	/	/	/	/	<0,09	<0,09
21-05-2015	/	/	/	/	0,6	1,43	/	/	/	/
Moy	<0,02	0,04	<0,02	0,02	0,68	1,54	0,85	0,95	<0,09	<0,09
Max	<0,02	0,07	<0,02	0,02	0,68	1,72	0,85	0,95	<0,09	<0,09
Min	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,60	1,34	0,85	0,95	<0,09	<0,09

## ANNEXE

### Résultats des paramètres indésirables (métaux) de mois de Janvier.

Dates	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)		Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB
28-12-2014	/	/	<0,05	<0,05
04-01-2015	/	/	<0,05	<0,05
07-01-2015	<0,02	0,11	/	/
12-01-2015	/	/	<0,05	0,08
15-01-2015	<0,02	0,10	/	/
20-01-2015	/	/	<0,05	<0,05
22-01-2015	<0,02	0,084	/	/
Moy	<0,02	0,10	<0,05	0,08
Max	<0,02	0,11	<0,05	0,08
Min	<0,02	0,08	<0,05	0,08

### Résultats des paramètres indésirables (métaux) de mois de Février.

Dates	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)		Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB
27-01-2015	<0,02	0,26	/	/
28-01-2015	/	/	<0,05	<0,05
04-02-2015	<0,02	<0,02	/	/
05-02-2015	/	/	<0,05	<0,05
11-02-2015	<0,02	0,21	/	/
16-02-2015	/	/	<0,05	<0,05
19-02-2015	<0,02	0,13	/	/
24-02-2015	/	/	<0,05	<0,05
Moy	<0,02	0,20	<0,05	/
Max	<0,02	0,26	<0,05	0,00
Min	<0,02	0,13	<0,05	0,00

## ANNEXE

### Résultats des paramètres indésirables (métaux) de mois de Mars.

Dates	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)		Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB
26-02-2015	<0,02	0,16	/	/
01-03-2015	/	/	<0,05	<0,05
05-03-2015	<0,02	<0,02	/	/
09-03-2015	/	/	<0,05	<0,05
15-03-2015	0,09	0,14	/	/
16-03-2015	/	/	<0,05	<0,05
22-03-2015	<0,02	0,14	/	/
23-03-2015	/	/	<0,05	<0,05
Moy	<0,02	0,15	<0,05	/
Max	<0,02	0,16	<0,05	0,00
Min	<0,02	0,14	<0,05	0,00

### Résultats des paramètres indésirables (métaux) de mois d'Avril.

Dates	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)		Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB
28-03-2015	/	/	<0,05	<0,05
06-04-2015	/	/	<0,05	<0,05
08-04-2015	<0,02	0,13	/	/
12-04-2015	/	/	<0,05	<0,05
15-04-2015	<0,02	0,15	/	/
22-04-2015	0,03	0,179	/	/
24-04-2015	/	/	<0,05	<0,05
Moy	<0,02	0,15	<0,05	/
Max	<0,02	0,18	<0,05	0,00
Min	<0,02	0,13	<0,05	0,00

## ANNEXE

---

### Résultats des paramètres indésirables (métaux) de mois de Mai.

Dates	Fe <sup>2+</sup> (mg/l)		Mn <sup>2+</sup> (mg/l)	
	ET	EB	ET	EB
28-04-2015	0,047	0,098	/	/
30-04-2015	/	/	<0,05	<0,05
06-05-2015	0,02	0,02	/	/
10-05-2015	/	/	<0,05	<0,05
12-05-2015	0,02	0,07	/	/
18-05-2015	/	/	<0,05	<0,05
Moy	<0,02	0,06	<0,05	<0,05
Max	<0,02	0,10	<0,05	<0,05
Min	<0,02	0,02	<0,05	<0,05

## Annexe II

### Matériels des analyses physicochimiques

#### Appareils

- ✓ Spectrophomètre (HACH) DR5000 ;
- ✓ Etuve BINDER à (105°C) ;
- ✓ pH mètre (HACH) ;
- ✓ Turbidimètre (HACH ,2001N) ;
- ✓ Balance de précision du laboratoire ;
- ✓ Agitateur magnétique chauffant IKA (RET) ;
- ✓ Conductivimètre.

#### Verreries

- ✓ Fiole ;
- ✓ Becher ;
- ✓ Pipettes;
- ✓ Erlenmeyers.

#### Réactifs

##### ➤ Azote ammoniacal

##### Réactif 1

- Acide dichloroisocyanurique
- Hydroxyde de sodium NaOH.....32 g
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

##### Réactif 2

- Tricarbonate de sodium.....130 g
- Salicylate de sodium.....130 g
- Nitroprussiate de sodium.....0,97 g
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

## ANNEXE

---

### ➤ Nitrite

#### Réactif 1 Acide sulfanilique

- Acide sulfanilique.....40 g
- Hydrogénosulfate de potassium.....100 ml
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

#### Réactif 2 N-1 –Naphtyl éthylène diamine

- N-1 –Naphtyl –éthylène-di aminé.....2 g
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

#### Réactif mixte

- Acide sulfanilique.....40 g
- N-1 –Naphtyl –éthylène-é diamine.....2 g
- Acide phosphorique.....100 ml
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

### ➤ Nitrate

#### Solution de salicylate de sodium à 0,5% (renouveler toutes les 24h)

- Solution d'hydroxyde de sodium à 30%
- Acide sulfurique concentré
- Tartrate double de sodium et de potassium
- ✓ Hydroxyde de sodium NaOH.....400 g
- ✓ Tartrate de sodium et de potassium.....60 g
- ✓ Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

Laisser refroidir avant de compléter par de l'eau distillée. Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

#### Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg L<sup>-1</sup>

- Nitrate de potassium anhydre.....0,722 g
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

## ANNEXE

---

- Chloroforme.....1 ml

### Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg L<sup>-1</sup>

#### ➤ Phosphore

##### Réactif mixte

A : 13 g d'heptamolybdate d'ammonium.....100 ml d'eau distillée

B : 0,35 g tartrate d'antimoine.....100 ml d'eau distillée

C : 150 ml d'acide sulfurique concentrée.....150 ml d'eau distillée

(A+B) + C.....150 ml d'eau distillée

Acide ascorbique à 10%

#### ➤ Matière organique

##### Solution d'acide oxalique à 0,1N

- C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O.....6,3033 g
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d=1,84).....50 ml
- Eau distillée..... q.s.p .....1000 ml

##### Solution d'acide sulfurique diluée

- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d=1,27).....1 volume
- Eau distillée.....3 volumes

##### Solution de permanganate de potassium à 0,1

- KM<sub>n</sub>O<sub>4</sub> .....3,1608 g
- Eau distillée bouillante..... q.s.p .....1000 ml

##### Solution de permanganate de potassium à 0,01

- Solution KM<sub>n</sub>O<sub>4</sub> à 0,1N.....100 ml
- Eau distillée..... q.s.p .....100 ml

#### ➤ Chlorures

- ✓ Nitrate d'argent 0,01N ;

## ANNEXE

---

- ✓ 1,6987 g à 1000 ml d'eau distillée, agitation faible ;
- ✓ Chromate de potassium  $K_2CO_4$  à 10% ;
- ✓ 10 g ajoutés à 100 ml d'eau distillée, agitation faible.

### ➤ Sulfates

Solution mère de sulfate à 1 g à partir de  $NO_2SO_4$ .

Peser 1,47 g de  $NO_2SO_4$  à 1000 ml d'eau distillée.

### Solution de permanganate de potassium à 0,01

- Acide chlorhydrique.....60 ml
- Ethanol .....200 ml
- Chlorure de sodium .....150 g
- Glycérol .....100 ml
- Eau distillée ..... q.s.p .....600 ml

### Solution de chlorure de baryum

- Chlorure de baryum.....150 g
- Acide chlorhydrique .....5 ml
- Eau distillée ..... q.s.p .....600 ml

### ➤ Calcium et magnésium

#### E.D.T.A à N/50 $C_{10}H_{14}Na_2O_8 \cdot 2H_2O$

- Sécher une quantité de produit à 80-105°C pendant 2h
- Introduire 3,722 g de produit dans 100 ml d'eau distillée

#### NaOH 2N

- NaOH.....80 g dans 1000 ml d'eau distillée.

Solution : Tampon pH/10(Ca/Mg)

## ANNEXE

---

Dissoudre 67,5 g de chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) dans 570 ml de solution ammoniacale à 25% ( $\text{NH}_3$ )  $\text{m/mQ20}=0,910 \text{ g ml}^{-1}$ .

Ajouter ensuite 5 g de sel dissodique de manganèse de l'E.D.T.A ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_8\text{Mg}$ ).

Compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

Conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène.

Diluer 10 ml de la solution à 1000 ml d'eau distillée.

Murexide 0,2 g dans 100 g de NaCl.

Noir eriochrome 0,5 g dans 25 ml d'éthanol.

### ➤ Fer

#### Tampon acétate

Dissoudre 40 g d'acétate d'ammonium ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) dans l'eau, ajouter 50 ml d'acide acétique cristallisable ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )  $\text{P}=1,06 \text{ mg ml}^{-1}$ . Compléter avec 100 ml d'eau distillée.

#### Chlorhydrate d'hydroxylamine : solution à 100 mg/l

Dissoudre 10 g de chlorhydrate d'hydroxylamine ( $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HO}$ ) dans l'eau et compléter à 100 ml. Cette solution est stable à une semaine.

## ANNEXE

### Annexe III

#### Résultats des paramètres bactériologiques d'eau brute.

Période	Nombre de germes (CT, CF et Strep/100 ml) (ASR/20 ml)			
Date de prélèvements	Eau Brute			
	CT	CF	Strep	ASR
01-01-2015	150	150	00	25
01-02-2015	180	180	00	40
01-03-2015	880	880	11	19
01-04-2015	270	00	17	54
01-05-2015	100	00	00	07

#### Résultats des paramètres bactériologiques d'eau traitée.

Période	Nombre de germes (CT, CF et Strep/100 ml) (ASR/20 ml)			
Date de prélèvements	Eau Traitée			
	CT	CF	Strep	ASR
05-01-2015	0	0	0	0
08-01-2015	0	0	0	0
16-01-2015	0	0	0	0
18-01-2015	0	0	0	0
05-02-2015	0	0	0	0
08-02-2015	0	0	0	0
16-02-2015	0	0	0	0
18-02-2015	0	0	0	0
05-03-2015	0	0	0	0
08-03-2015	0	0	0	0
16-03-2015	0	0	0	0
18-03-2015	0	0	0	0
05-04-2015	0	0	0	0
08-04-2015	0	0	0	0
16-04-2015	0	0	0	0
18-04-2015	0	0	0	0
05-05-2015	0	0	0	0
08-05-2015	0	0	0	0
16-05-2015	0	0	0	0
18-05-2015	0	0	0	0

## Annexe IV

### Matériels pour les analyses microbiologiques

#### Milieu de culture

- ✓ Milieu TTC+gélose Lactosée au Tergitol ;
- ✓ Milieu TTC+gélose Slanetz et Bartley ;
- ✓ Gélose BEA ;
- ✓ Gélose viande foie (VF).
- ✓ Gélose TSA
- ✓ Bouillon tryptophane
- ✓ Alain de fer
- ✓ Sulfite de sodium

#### Matériels pour analyser

- ✓ Pinces
- ✓ Filtre
- ✓ Pipettes pasteur stériles à usage unique
- ✓ Boîte à pétrie Ø55 mm
- ✓ flacon stérile
- ✓ Lampe à soudé.
- ✓ Alcool

#### Appareillages

- ✓ Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme
- ✓ Membrane de filtration stérile de 0,45 µm de porosité
- ✓ Étuve
- ✓ Bec de benzen
- ✓ Trompe à vide
- ✓ Lampe à soudé.
- ✓ Bain marie
- ✓ Hotte bacteriologique
- ✓ Compteur de colonie

## ANNEXE

---

### Composition des différents milieux de culture

#### ➤ Milieu TTC + gélose au Tergitol

Lactose

BBT

Tergitol 7

TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium).

#### ➤ Milieu TTC + gélose Slanetz et Bertley

Glucose

Azide de sodium

TTC (chlorure de 2-3-5 triphényltétrazolium).

#### ➤ Gélose viande foie (VF)

Glucose

Amidon

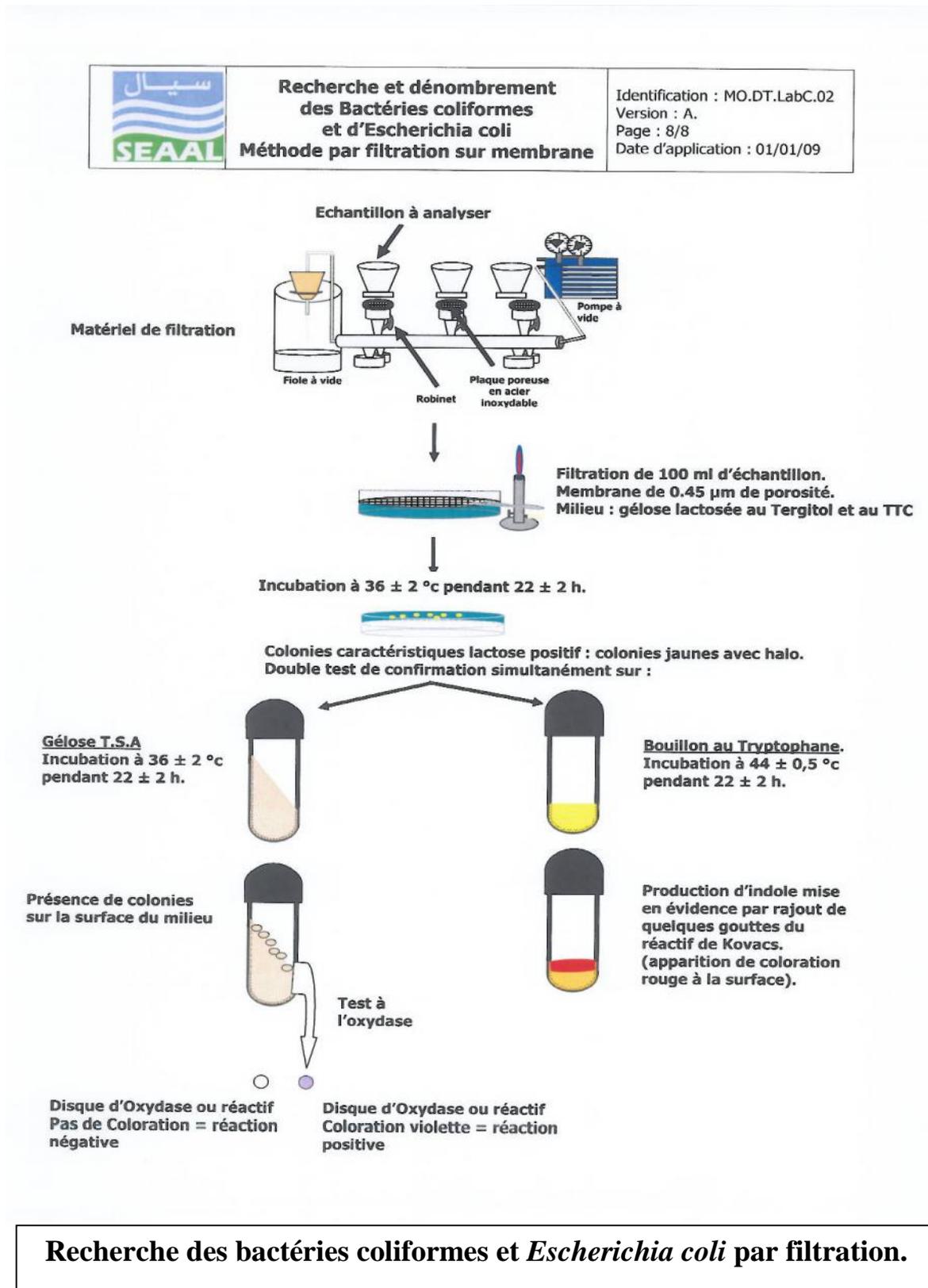
Agar

Eau distillée

Ajuster le pH à 7,6-7,8, stériliser pendant 15 minutes à 212°C.

Annexe V

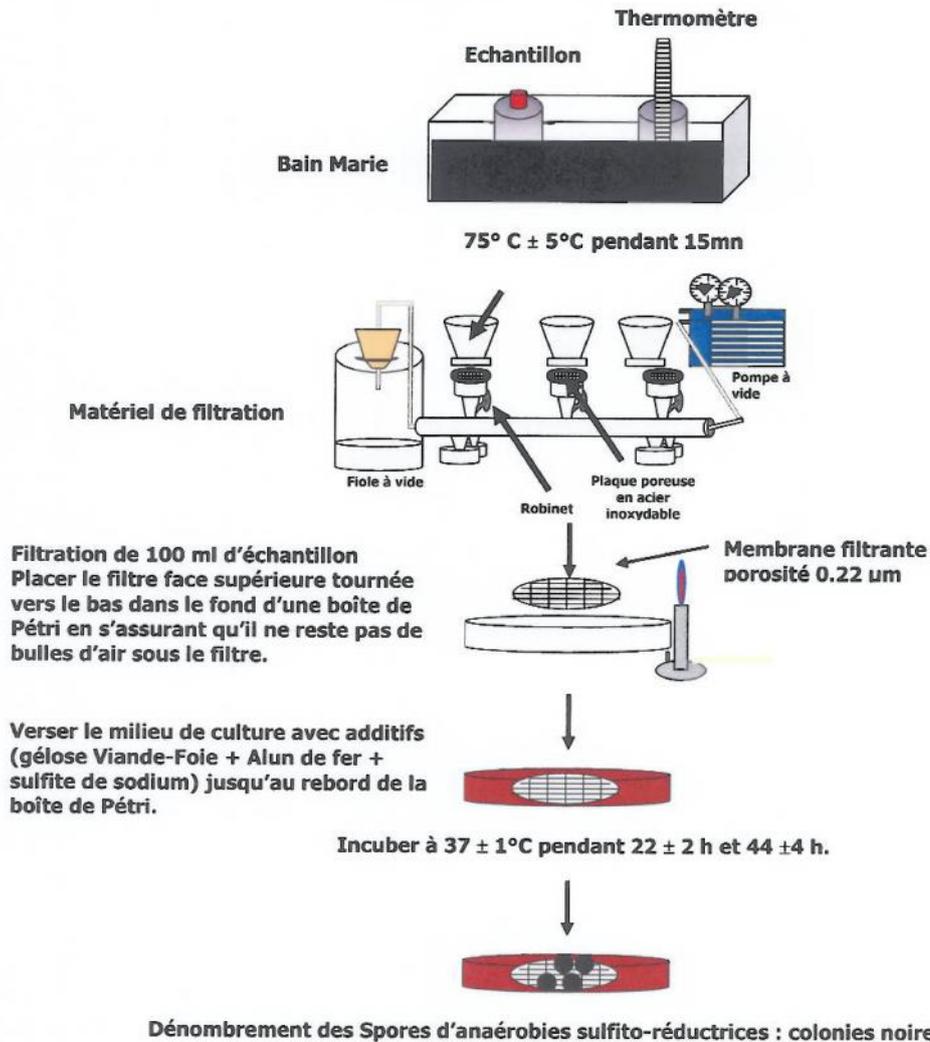
Technique de dénombrements des germes bactériologiques par la méthode de filtration sur membrane.



# ANNEXE

	<b>Recherche et dénombrement des Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices</b> <b>Méthode par filtration sur membrane</b>	Identification : MO.DT.LabC.03 Version : A. Page : 6/6. Date d'application : 01/01/2009
---	---	--

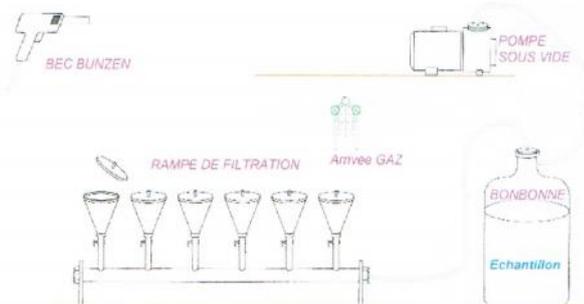
## Logigramme



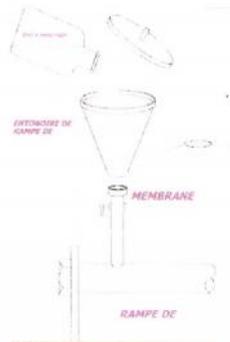
**Recherche des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par filtration.**

	<b>Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux Méthode par filtration sur membrane</b>	Identification : MO.DT.LabC.05 Version : A. Page : 6/6. Date d'application : 01/01/2009
---	---	--

## PRESENTATION DU MATERIEL



## APPLICATION



### Milieu Stanetz et Bartley



Placer le filtre dans la boîte pétri contenant la gélose Stanetz et Bartley.

Mettre la boîte de pétri dans l'incubateur à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  h.



Après incubation, les entérocoques intestinaux typiques donnent des colonies bombées de taille moyenne, rose ou rouge.

### Milieu B. E. A



Transférer le filtre au moyen d'une pince stérile, sans retournement sur la boîte de pétri contenant la gélose B.E.A qui a été préchauffé au préalable à  $44^\circ\text{C}$ .

Faire incuber à  $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$  pendant 2h



Compter les colonies entourées d'un halo noir indiquant l'esculine plus.

**Recherche des Entérocoques intestinaux par filtration.**

# ANNEXE

## Annexe VI

### Matériels des analyses physicochimiques et bactériologiques



Burette



Turbidimètre



pH mètre



compteur des colonies



Balance



Conductimètre



Distillateur



Rampe de filtration



Etuve



Plaque chauffante



Boite à pétrie de 0,45µm



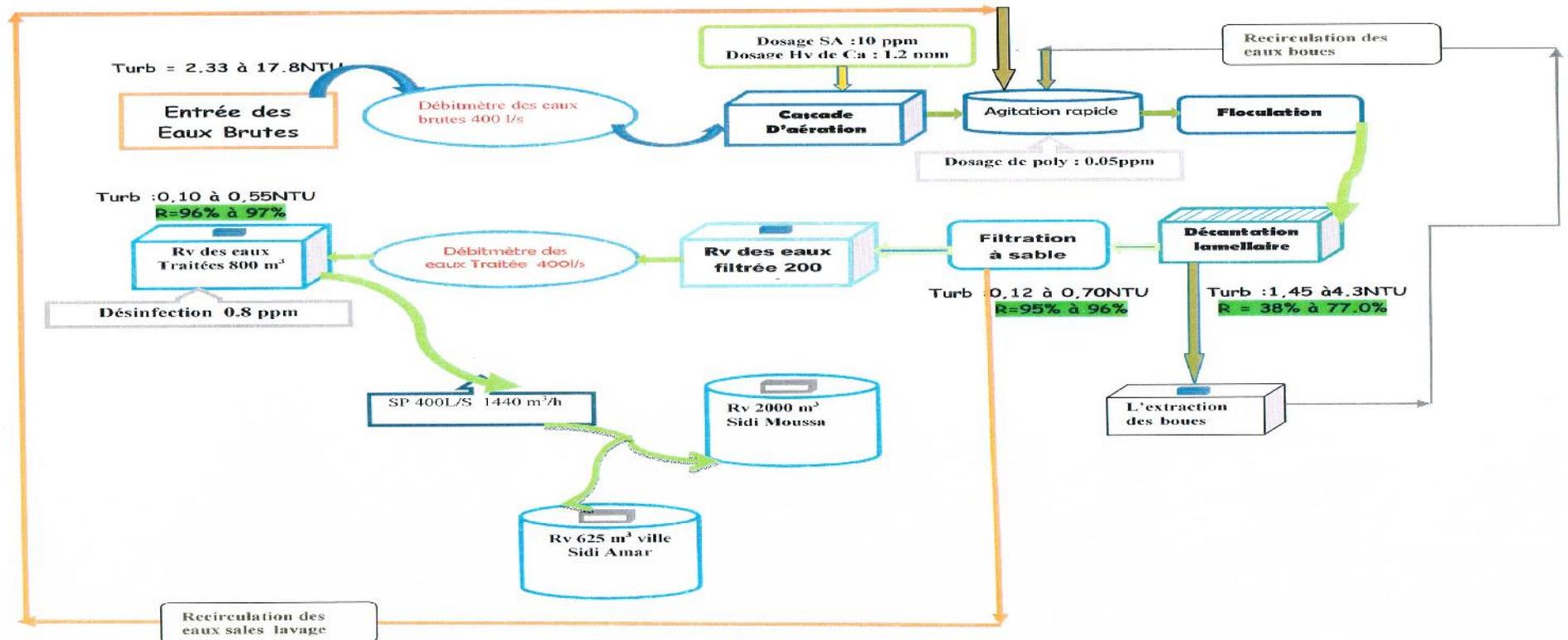
Membrane de filtration

# ANNEXE

## Annexe VII

### Usine de traitement des eaux potables de Sidi Amer

#### Process de Traitement Usine Sidi Amar



Annexe VIII

Usine de traitement d'eau potable de Sidi-Amer



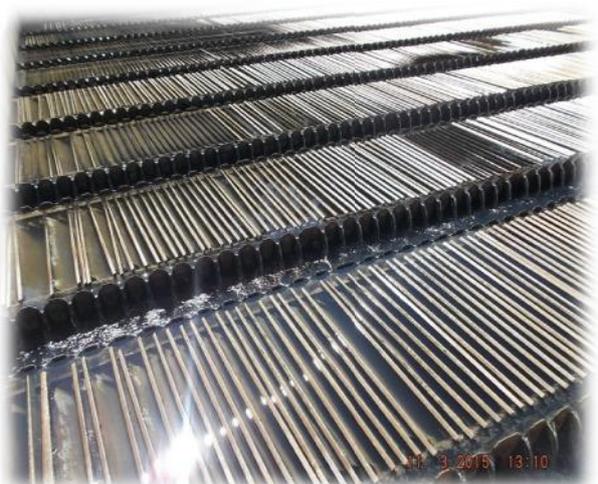
Cascade d'aération



Bassin de mélange rapide



Floculation



Décantation lamellaire



Filtration

## ANNEXE

### Annexe IX

#### Normes organoleptiques d'une eau potable.

Paramètres organoleptiques	Unités	Recommandation(OMS)	Valeurs limites (Normes Algériennes)
Coloration	Mg/l platine	Ne doit pas passer 5mg/l de platine en référence à l'échelle Platine cobalt	15
Turbidité	NTU	Ne doit pas être supérieur à une valeur équivalente à une 2 unité Jackson	5
Odeur à 12°C	Taux dilution	Le taux de dilution doit être de 2	4
Saveur à 25°C	Taux dilution	Le taux de dilution doit être de 3	4

(OMS, 1991 ; JORA, 2011).

#### Normes physico-chimiques d'une eau potable.

	Paramètres physico-chimiques	unités	Recommandation	Normes Algériennes 2011
Paramètres physiques	La température	(°C)	Ne doit dépasser 25°C	25
	pH	Unité pH	7.5<pH<8.5	7.5 et <9
	Conductivité à 20°C	(µs/cm)	2800	2800
Paramètres chimiques	Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	<200	500
	Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	<250	400
	Magnésium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	<50	150
	Sodium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	<150	200
	Potassium (K <sup>+</sup> )	mg/l	<12	12
	Résidus sec	mg/l	<1500	1500
Paramètres chimiques indésirables	Nitrates (NO <sup>3-</sup> )	mg/l	<50	50
	Nitrites (NO <sup>2-</sup> )	mg/l	<0.1	0.2
	Ammonium (NH <sup>4+</sup> )	mg/l	<0.5	0.5
	Fer (Fe <sup>2+</sup> )	mg/l	<0.2	0.30
	Manganèse (Mn <sup>2+</sup> )	µg/l	<0.05	50
	Cuivre (Cu)	mg/l	<1	2
	Zinc (Zn)	mg/l	<5	5
	Phosphore (P)	mg/l	<5	5
	Argent (Ag)	µg/l	<0.01	100
Paramètres chimiques toxiques	Arsenic (As)	µg/l	<0.05	10
	Cadmium (Cd)	µg/l	<0.005	3
	Cyanures (Cu)	µg/l	<0.05	70
	Mercure (Hg)	µg/l	<0.001	6
	Plomb(Pb)	µg/l	<0.05	10

(OMS, 1991 ; JORA, 2011).

## ANNEXE

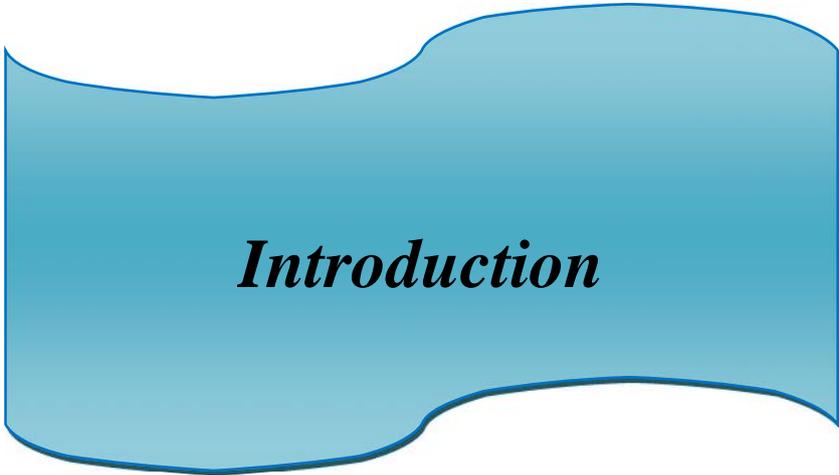
---

### Annexe X

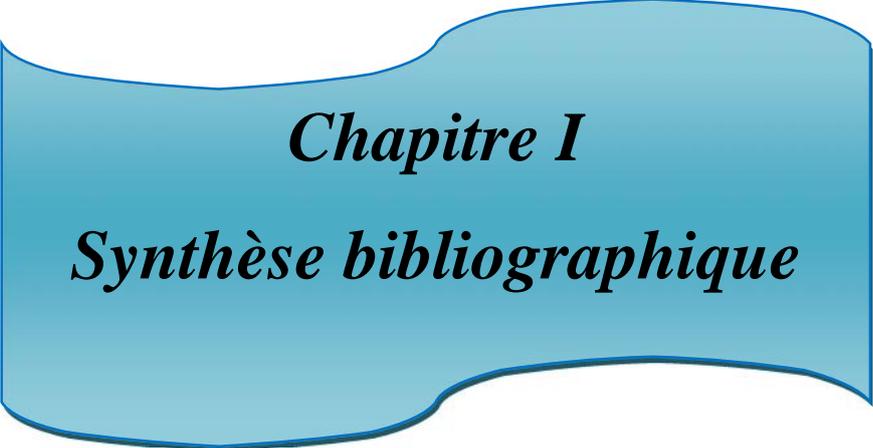
#### Normes microbiologiques d'une eau potable.

Paramètres microbiologiques	Unités	Recommandation(OMS)	Valeurs limites (Normes Algériennes)
<i>Escherichia coli</i>	n/100ml	0	0
<i>Entérocoque</i>	n/100ml	0	0
<i>Bactéries sulfitoréductrice+spore</i>	n/200ml	0	0

(OMS, 1991 ; Figarella *et al.*; 2001 ; JORA, 2011).



***Introduction***



***Chapitre I***  
***Synthèse bibliographique***



***Chapitre II***  
***Zone d'étude***



***Chapitre III***  
***Matériel et Méthodes***

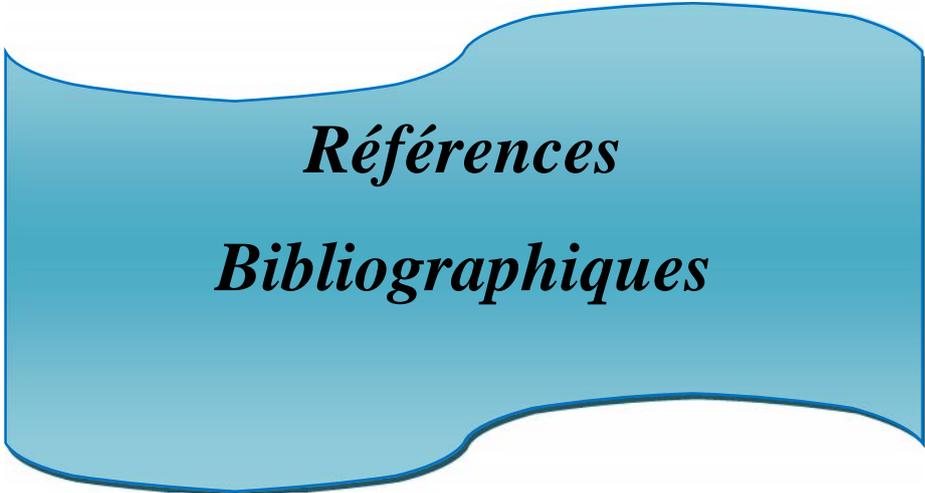


***Chapitre VI***

***Résultats et discussion***

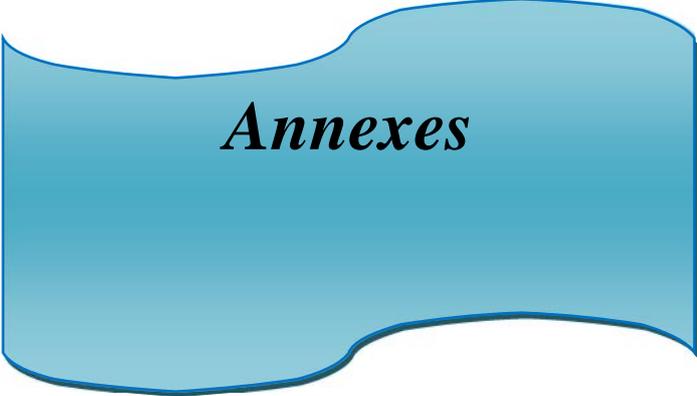


***Conclusion et perspectives***



*Références*

*Bibliographiques*



***Annexes***