

N° Ordre...../F.S.S.A/UAMOB/2022

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ DE BOUIRA



Faculté des Sciences et Sciences Appliquées
Département de Génie Civil

Mémoire de Fin d'Etude

Présenté par :

M. ABDELLI CHERIF

M. ABDEDOU ISLEM

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : Hydraulique

Option : Ressources Hydrauliques

Thème :

**EFFICACITE DE TRAITEMENT DES EAUX DE BARRAGE
TILESDIT BOUIRA**

Devant le jury composé de :

Mr. HADDAD Samir	MCA	UAMOB	Président
Mr. METAICHE Mehdi	MCA	UAMOB	Encadreur
Mr. GHERNAOUT Redhouane	MCA	UAMOB	Examineur

Année Universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mr METAICHE.M**, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent à **Mr BAGHDADI Youcef** pour son aide pratique et son soutien moral et ses encouragements, ainsi que tous les collaborateurs de l'entreprise algérien des eaux pour leurs bienveillances à notre égard.*

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Dédicace

Au nom du Dieu clément et miséricordieux et que le salut de Dieu, soit sur son prophète Mohammed.

A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour

A ceux qui m'ont encouragé pour continuer mon chemin universitaire

Et ceux à qui je dois tant

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de Tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à **ma mère HASSIBA ...***

*A mon père **AHMED**, école de mon enfance, qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

Que dieu les gardes et les protège.

Merci les prunes de mes yeux.

Je vous aime.

A mes chers frères : Koceila, Farhet, Rayan et le petit Younes.

Pour être présent dans mes meilleurs souvenirs d'enfance.

Je vous aime aussi!

A ma chère sœur : Hayet et son marie Djebbar et leur bébé Aksel.

*Spécial dédicace A ma femme **Katia** : pour ton encouragement ton soutien je t'aime.*

A mes chers amis : Rabah et Karim.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

A. CHERIF

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mon frère, « Aziz Je t'aime mon grand frère, J'aurais tant envie que tu sois là à mes côtés ! que dieu t'accueille dans son vaste Paradies ».

A ma Mère, « Tu m'as donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir.

Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte

En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.»

A mon père, « L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie.

A mes sœurs : Nedjma, Tawba, Lilya, Azziza.

La femme la plus proche de mon cœur « AOUADI. S ».

A.Islem

Résumé :

L'eau brute du barrage de TILESDIT est vulnérable face aux diverses pollutions et il est souvent de qualité médiocre.

A cet effet, le présent travail a pour objectif d'évaluer l'efficacité de la station de traitement TILESDIT dans la production de l'eau potable, en analysant les principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute issue du barrage TILESDIT et l'eau traitée durant le mois de mars et avril 2022 ,en comparant nos résultats avec les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation ,ceci pour assurer la santé et le bien- être du consommateur.

Les résultats montrent que l'eau brute est douce et fortement minéralisée. Les teneurs en turbidité sont faibles. Le pH est légèrement alcaline. Les coliformes, Germes et colibacilles sont présents avec des teneurs élevées.

Pour les eaux traitées, les valeurs des paramètres physicochimiques et bactériologiques sont conformes aux normes Algériennes de potabilité ce qui montre que la station de traitement TILESDIT a un bon fonctionnement et son traitement est efficace.

Mot clé : Eau brute, Eau traitée, station de traitement, analyse physico-chimique, bactériologique, normes.

Abstract:

The raw water of the TILESDIT dam is vulnerable to various pollutions and is often of poor quality.

Therefore, the present work aims at evaluating the efficiency of the TILESDIT treatment plant in the production of drinking water, by analysing the main physico-chemical and bacteriological parameters of the raw water coming from the TILESDIT dam and the treated water during the month of March and April 2022, by comparing our results with the Algerian norms of potability of the drinking water, this to ensure the health and the well-being of the consumer.

The results show that the raw water is soft and highly mineralized. Turbidity levels are low. The pH is slightly alkaline. Coliforms, germs and E. coli are present in high concentrations.

For the treated water, the values of the physicochemical and bacteriological parameters are in conformity with the Algerian standards of potability, which shows that the TILES-DIT treatment plant is functioning well and its treatment is effective.

Key word: The raw water, treated water, treatment plant, physic-chemical analysis, bacteriological, standards.

ملخص:

المياه الخام لسد تيلسديت معرضة لأنواع مختلفة من التلوث و غالبا ما تكون ذات جودة رديئة. لهذا الغرض، يهدف العمل الحالي إلى تقييم فعالية محطة معالجة المياه تيلسديت التي تعمل على معالجة مياه الشرب من خلال تحليل العوامل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية الرئيسية للمياه خلال شهر مارس و افريل عام 2022 ، قمنا بمقارنة نتائجنا على أساس معايير جودة مياه الشرب الجزائرية ، لضمان صحة ورفاهية المستهلك. أظهرت النتائج أن المياه عذبة و تحتوي على املاح معدنية عالية نسبياً. و بالنسبة لدرجات التعكر فهي منخفضة، و الرقم الهيدروجيني قاعدي قليلا، أما القلونيات و الجراثيم فهي موجودة بمستويات عالية. فيما يتعلق بالمياه المعالجة، تتوافق قيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية مع المعايير الجزائرية لإمكانية الشرب، مما يدل على أن محطة معالجة المياه تيلسديت تعمل بشكل جيد وأن علاجها فعال. الكلمات المفتاحية : المياه الخام ، الماء المعالجة ، العوامل الفيزيائية و الكيميائية ، البكتريولوجية ، معايير.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I :Généralité	2
I.1 Introduction.....	3
I.2 Définition de l'eau :.....	3
I.3 Cycle hydrologique :	3
I.4 Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement :.....	4
I.4.1 Les eaux de pluie :.....	5
I.4.2 Les eaux de surfaces :.....	5
I.4.2.1 Les eaux de rivière (partie amont) :.....	5
I.4.2.2 Les eaux de rivière (partie aval) :	5
I.4.3 Eaux de lac :.....	6
I.4.4 Les eaux souterraines :	6
I.5 Définition barrage :	7
I.6 Type des Barrages :	8
I.6.1 Barrages poids :.....	8
I.6.2 Barrages voûte :	8
I.6.3 Barrages à contreforts:.....	8
I.6.4 Barrage en terre homogène :.....	8
I.6.5 Barrage en remblai zoné :	8
I.7 Stocks et temps de résidence de l'eau dans les divers réservoirs :.....	9
I.8 Pollution de l'eau :	9
I.8.1 Définition de la pollution :.....	9
I.8.2 Principaux types de pollution :	9
I.8.2.1 Pollution physique :	10
I.8.2.2 Pollution chimique :.....	10
I.8.2.3 Pollution par les agents pathogènes :.....	10
I.8.3 Origines des pollutions des eaux :.....	10
I.8.3.1 Pollution d'origine industrielle :.....	11
I.8.3.2 Pollution d'origine agricole :.....	11
I.8.3.3 La pollution domestique :.....	11

I.9	Paramètres de mesure de la qualité de l'eau :.....	11
I.9.1	Paramètres physico-chimiques :.....	11
I.9.1.1	Température :	11
I.9.1.2	pH :	11
I.9.1.3	Salinité :	11
I.9.1.4	Conductivité électrique (CE) :.....	12
I.9.1.5	L'oxygène dissous :	12
I.9.1.6	Matière en suspension (MES) :	12
I.9.1.7	Turbidité :	12
I.9.1.8	Demande chimique en oxygène (DCO).....	13
I.9.1.9	Demande biochimique en oxygène (DBO5) :	13
I.9.1.10	Sulfate :.....	13
I.9.2	Éléments chimiques toxiques dangereux :.....	13
I.9.3	Paramètres microbiologiques :.....	13
I.9.3.1	Germes pathogènes :	13
I.9.3.2	Bactérie (Escherichia coli) :	14
I.9.3.3	Virus :	14
I.9.3.4	Parasites :	14
CHAPITRE II :	.....	15
Description du lieu d'étude. ....	.....	15
II.1	Présentation de la zone d'étude :.....	16
II.1.1	Présentation de la station de traitement :.....	16
II.1.2	Présentation et localisation du barrage TILES DIT :	16
II.1.3	Topographie, climat, hydrologie de la région :.....	18
II.1.3.1	Topographie :	18
II.1.3.2	Climatologie de site du barrage :	18
II.1.3.3	Température de l'air :	18
II.1.3.4	Les précipitations :	19
II.1.4	Caractéristique hydro-chimique d'eau :	19
II.2	Conclusion	19
Chapitre III :	.....	20
Procédés de traitement des eaux du barrage .....	.....	20
III.1	Introduction :	21

III.1.1	Description des différentes étapes de traitement des eaux potables :	22
III.1.1.1	Ouvrage de régulation du débit et de mesure :	23
III.1.1.2	Cascade d'aération :	23
III.1.1.2.1	Description & Fonction principale :	23
III.1.1.2.2	Réactifs utilisés sont :	24
III.1.1.3	Désinfection primaire :	24
III.1.1.4	Ouvrage de répartition de débit (RDC)	24
III.1.1.5	La clarification :	25
III.1.1.6	Les différents procédés de la clarification :	25
III.1.1.7	La coagulation floculation :	26
III.1.1.8	La décantation :	28
III.1.1.8.1	Les différents types de décantation :	28
III.1.1.8.1.1	Décantation lamellaire :	28
III.1.1.8.2	Zone des boues :	29
III.1.1.8.3	Extraction des boues :	29
III.1.1.9	Filtration :	30
III.1.1.9.1	Types des filtres :	30
III.1.1.9.2	Données techniques des filtres :	31
III.1.1.9.3	Cycle de filtration :	32
III.1.1.9.4	Colmatage du filtre :	32
III.1.1.9.5	Lavage des filtres :	33
III.1.1.9.6	Mécanisme de lavage :	33
III.1.1.10	Réservoir d'eau filtrée :	33
III.1.1.11	Désinfection secondaire et Réservoir d'eau traitée :	33
III.1.1.12	Conclusion :	35
CHAPITRE IV	.....	36
Matériels et méthodes	.....	36
IV.1	Introduction	37
IV.1.1	Méthodes d'analyses :	37
IV.1.1.1	Analyses physico-chimiques :	37
IV.1.1.1.1	Le jar test	37
IV.1.1.2	Détermination des paramètres organoleptiques :	38
IV.1.1.2.1	Mesure de la turbidité :	38

IV.1.1.2.2	Potentiel d'hydrogène (pH) :.....	39
IV.1.1.2.3	Conductivité électrique :.....	40
IV.1.1.2.4	Température.....	40
IV.1.1.2.5	Le chlore résiduel :.....	41
IV.1.1.2.6	Dosage des sulfates SO_4^{2-} :.....	41
IV.1.1.2.7	Dosage des chlorures (Cl ⁻).....	42
IV.1.1.2.8	Détermination de la dureté totale TH.....	43
IV.1.1.2.9	Dosage du calcium Ca^{2+} :.....	44
IV.1.1.2.10	Détermination de l'alcalinité TA et TAC.....	45
IV.1.1.2.11	Détermination de TA :.....	45
IV.1.1.2.12	Détermination de TAC :.....	45
IV.1.1.3	Méthodes d'analyses des paramètres des pollutions :.....	46
IV.1.1.3.1	Oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide :.....	46
IV.1.1.3.2	Vérification du titre de la solution de $KMnO_4$ (étalonnage) :.....	47
IV.1.1.3.3	Dosage des ions nitrites NO_2^- :.....	47
IV.1.1.3.4	Dosage de l'ammonium NH_4^+ :.....	48
IV.1.1.4	Les analyses microbiologiques :.....	49
IV.1.1.4.1	Exécution des analyses bactériologiques :.....	49
IV.1.1.4.1.1	Méthode solide (la membrane filtrante):.....	49
IV.1.1.4.1.2	La recherche et le dénombrement des germes totaux (ISO 6222 ; 1999) :	49
IV.1.1.4.1.3	La recherche et le dénombrement des coliformes totaux (ISO 9308 ; 1990) :	50
IV.1.1.4.1.4	La recherche et le dénombrement des coliformes thermo-tolérants (fécaux) (ISO 9308 ; 1990) :	51
IV.1.1.4.1.5	La recherche et le dénombrement des Escherichia coli (ISO 9308, 2000) :	51
IV.1.1.4.1.6	La recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux (NA 765) :	51
IV.1.1.4.1.7	La recherche et le dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs (Rodier J ;2005) :	52
IV.1.1.4.1.8	Méthode liquide (Le Nombre le Plus Probable NPP) :.....	52
IV.1.1.4.1.9	La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, des coliformes fécaux et d'Escherichia coli (ISO 9308-3 ; 1999) :.....	53
IV.1.1.4.1.10	La recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux :.....	54

CHAPITRE V :	56
Résultats et Discussion	56
V.1 Introduction.....	57
V.1.1 Paramètres physico chimiques :.....	57
V.1.1.1 Température :.....	57
V.1.1.2 pH :.....	57
V.1.1.3 Turbidité NTU :	58
V.1.1.4 Conductivité électrique :.....	59
V.1.1.5 Oxygène dissous :	59
V.1.1.6 Salinité :.....	60
V.1.1.7 TDS:	61
V.1.2 Paramètres de pollution :	61
V.1.2.1 Ammonium NH_4^+ :.....	61
V.1.2.2 Nitrite NO_2^- :	62
V.1.2.3 Nitrate NO_3^- :.....	62
V.1.2.4 Phosphate PO_4^- :.....	63
V.1.3 Minéralisation globale :	63
V.1.3.1 Calcium Ca^{2+} :.....	63
V.1.3.2 Magnésium Mg^{2+} :.....	64
V.1.3.3 Sodium Na^+ :	65
V.1.3.4 Potassium K^+ :.....	65
V.1.3.5 Chlorures Cl^- :	66
V.1.3.6 Sulfate SO_4^{2-} :.....	66
V.1.3.7 Dureté Totale TH :	67
V.1.3.8 Bicarbonate HCO_3^- :	67
V.1.4 Paramètres indésirables :	68
V.1.4.1 Fer Total :	68
V.1.4.2 Manganèse Mn^{2+} :.....	68
V.1.4.3 Aluminium Al^{3+} :.....	69
V.1.5 Paramètres bactériologiques :	69
V.1.5.1 Germes totaux à 22 °C :.....	70
V.1.5.2 Germes totaux à 37 °C :.....	70
V.1.5.3 Coliformes totaux :.....	70

V.1.5.4	Coliformes thermo tolérant :.....	71
V.1.5.5	Colibacilles :	71
V.1.5.6	Streptocoques fécaux :.....	71
V.1.6	Discussion générale des résultats d’analyses bactériologiques :	72
V.2	Conclusion :	72
Conclusion générale.....		73
ANNEXES		76
REFERENCE BIBELIOGRAPHIQUE		85

List des figures

Figure I -1: Le cycle de l'eau (wikipedia).....	4
Figure I -2: Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien.	7
FigureII-1: Positionnement du barrage TILES DIT wilaya de Bouira Algérie. (Originale)	17
FigureII-2: Carte de délimitation du barrage de TILES DIT Wilaya de Bouira_ Algérie.	17
FigureIII-1: Gammes approximatives de tailles de particules dans les eaux naturelles.	22
FigureIII-2: Cascade d'aération.	24
FigureIII-3: Clarificateur.	26
FigureIII-4: Décanteur lamellaire.....	29
Figure III-5: Tailles de particules et types de filtrations correspondants.	30
Figure III-6: Cellule de filtration.....	31
Figure IV-1: Le jar test	37
Figure IV-2: Turbidimètre de paillasse HACH.....	38
Figure IV-3: pH-mètre de paillasse HACH.	39
Figure IV-4: Conductimètre de paillasse Cond 3151, WTW.	40
FigureIV-5: Comparateur de chlore.	41
Figure V-1: Variation de la température avant et après traitement.	57
Figure V-2: Variation du pH avant et après traitement.	58
Figure V-3 : Variation de La turbidité avant et après traitement.	58
Figure V-4: Variation de la conductivité avant et après traitement.	59
Figure V-5 : Variation de l'Oxygène dissous avant et après traitement.....	60
Figure V-6 : Variation de La Salinité avant et après traitement.	60
Figure V -7 : Variation de La TDS avant et après traitement.	61
Figure V-8 : de l'ammonium avant et après le traitement.	61
Figure V-9: variation des nitrites avant et après le traitement.	62
Figure V-10: variation des nitrates avant et après le traitement.....	62
Figure V-11 : variation de phosphate avant et après le traitement.	63
Figure V-12 : Variation de la concentration de Calcium avant et après le traitement.	64
Figure V-13 : Variation de la concentration en de Magnésium avant et après le traitement....	64
Figure V-14 : Variation de la concentration en de Sodium avant et après le traitement.....	65
Figure V-15 : Variation de Potassium avant et après le traitement.....	65
Figure V-16 : Variation des teneurs en chlorure avant et après le traitement.....	66
Figure V-17 : La variation de sulfate avant et après le traitement.	66
Figure V-18 : La variation de la dureté avant et après le traitement.	67
Figure V-19 : La variation de Bicarbonate avant et après le traitement.....	67
Figure V-20 : La variation de fer avant et après le traitement.	68
Figure V-21 : La variation de Manganèse avant et après le traitement.	68
Figure V-22 : La variation de l'Aluminium avant et après le traitement.	69
Figure V-23 : La variation des Germes totaux à 22 °C avant et après le traitement.....	70
Figure V-24 : La variation des Germes totaux à 37 °C avant et après le traitement.....	70
Figure V-25 : La variation des Coliformes totaux avant et après le traitement.	70
Figure V-26 : La variation des Coliformes thermo tolérant avant et après le traitement.	71
Figure V-27 : La variation des Colibacilles avant et après le traitement	71

Figure V-28: La variation des Streptocoques fécaux avant et après le traitement71

List des tableaux

Tableau I-1:Stocks et temps de résidence de l'eau dans les divers réservoirs.....9

Tableau II-1: Les caractéristiques techniques du barrage TILES DIT.....18

Tableau III-1:constantes de corrélation de différentes régimes de décantation.....27

List des abréviations

H ₂ O	L'eau.
OMS	Organisation nationale de la santé.
T°	Température.
MES	Matière en suspension.
MO	Matière organique.
Mg ²⁺	Magnésium.
Ca ²⁺	Calcium.
pH	Potentiel hydrogène.
CE	Conductivité électrique.
OD	L'oxygène dissous.
O ₂	L'oxygène.
NTU	Nephelometric Turbidity Unit.
DCO	Demande chimique en oxygène.
DBO ₅	Demande biochimique en oxygène.
RN	Route nationale.
CO ₂	Le dioxyde de carbone.
H ₂ S	Hydrogène sulfuré.
Fe	Fer
CaO	L'oxyde de calcium.
DPD	Dipropyl-phénylédiamine.
SO ₄ ²⁻	Sulfates.
Cl ⁻	Chlorures.
K ₂ CrO ₄	Chromate de potassium.
AgNO ₃	Nitrate d'argent.
C	La concentration réelle d'AgNO ₃ .
F	Facteur de correction du titre d'AgNO ₃ .
TH	Dureté totale.
NaOH	Hydroxyde de sodium.
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
CO ₃	Carbonate.
OH ⁻	L'ion hydroxide.
VEch	Volume de KMnO ₄ consommé par l'échantillon.
V ₀	Volume de KMnO ₄ consommé par l'essai à blanc.
V _T	Volume de KMnO ₄ consommé pour l'étalonnage.
F	Facteur en mg/l pour recalculer l'oxygène et tenir compte de volume d'échantillon utilisé.
NO ₂ ⁻	Nitrites
NH ₄ ⁺	L'ammonium
EB	Eau brute
ET	Eau traitée
NO ₃ ⁻	Nitrate.
PO ₄ ³⁻	Phosphate.
Na ⁺	Sodium.
K ⁺	Potassium.
HCO ₃ ⁻	Bicarbonate.
Mn ²⁺	Manganèse.
Al ³⁺	Aluminium.
DN	Diamètre Normalisé (m) ;
EDTA	Acide éthylène-Diamine-Tétra-Acétique.

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est le composé le plus abondant sur la surface du globe (**Eisemberg, 1969**). Un des facteurs majeurs qui gouvernent le développement de sociétés humaines est la préoccupation d'obtenir et de maintenir une provision adéquate d'eau.

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lors qu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles de nuire à plus ou moins long terme à la santé des individus. Par conséquent, et en fonction des caractéristiques de l'eau brute destinée à la production d'eau potable, la mise en place de traitements spécifiques s'avère le plus souvent nécessaire afin de répondre aux exigences réglementaires établies par les organismes de la santé publique (**John et Donald., 2010**).

Le traitement pour la production d'eau potable consiste à assembler un certain nombre de procédés (ou opérations unitaires) de traitement des eaux, dans un ordre déterminé, destinés à produire une eau agréable, désinfectée et conforme aux exigences réglementaires, tout en minimisant la formation de sous-produits de traitement.

Le choix des procédés et de leur disposition dans la filière est évidemment guidé en priorité par le débit souhaité et par la nature de l'eau, après avoir effectué les analyses nécessaires sur la qualité de la ressource. Dans le cas d'une eau superficielle, sujette à des variations saisonnières, plusieurs campagnes analytiques seront réalisées. L'eau souterraine sera préférée à l'eau superficielle car de bien meilleure qualité microbiologique et contenant généralement moins de matières organiques et d'impuretés chimiques indésirables ou toxiques.

Les eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont également très sensibles à la pollution minérale et organique.

L'objectif de ce travail consiste à étudier l'efficacité de traitement à la station de traitement de l'eau TILES-DIT et faire des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute du barrage TILES-DIT et l'eau traité.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons opté pour la démarche suivante : En plus de l'introduction, le présent travail comprend cinq chapitres, à savoir :

- Le premier, porte sur les généralités sur les eaux, leurs pollutions et les barrages.
- Le deuxième est consacré à la description de lieu d'étude.
- Le troisième chapitre consiste sur les procédés de traitement des eaux du barrage.
- Le quatrième, matériels et méthodes.
- Le cinquième comprend la présentation des résultats et discussions.

Une conclusion et quelques suggestions mettront fin à ce travail.



CHAPITRE I : Généralité

I.1 Introduction

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

Le présent chapitre propose un aperçu des principaux concepts de base en relation avec l'eau afin de connaître l'aspect primordial de notre recherche est d'avoir un canevas général de l'ensemble des paramètres de mesures qualitatives de l'eau.

I.2 Définition de l'eau :

L'eau ou H₂O appelé aussi or bleu est le premier élément naturel vital indispensable à la vie, apparue il y a plus de 3 milliards d'années, l'eau est presque aussi ancienne que la terre (**Metayer, 2004**). L'eau définie comme une substance sans couleur ni odeur, ni goût. (**Saint-Laurent, 1984**) C'est le seul élément qui peut coexister sous les trois formes physiques ; solide, liquide, gazeuse (**Boislève, 2010**).

L'eau potable doit répondre à des normes établit soit au niveau national, ou international selon l'Organisation Mondiale de la Santé (**O.M.S., 1972**) l'eau ne peut être potable, que si elle présente des concentrations normalisées de sels physiologique nécessaires à l'organisme (potassium, sodium, magnésium et calcium) et assure l'absence de bactéries, de virus et de toute substance chimique toxique qui figure une nocivité. Ces substances sont la source majeure de plaintes des consommateurs (**Namkung et Rittmann, 1987**).

I.3 Cycle hydrologique :

Comme l'eau est une ressource naturelle très importante, bien qu'elle recouvre plus de 70% de la surface de notre planète. Depuis, son volume est resté globalement stable (**Hem, 1985**).

Entre la lithosphère et l'atmosphère, la même eau est en circulation depuis des milliards d'années (**Metayer, 2004**). Cette eau est toujours en mouvement et se transforme en permanence et change constamment d'état physique, de liquide en vapeur et en glace, cela par l'intervention des facteurs climatiques (T°, pression) (**Amjad, 2010**).

Suivant un cycle qui se répète indéfiniment six phases majeures sont interdépendantes durant ce cycle biogéochimique de l'eau (**figure I-1**) :

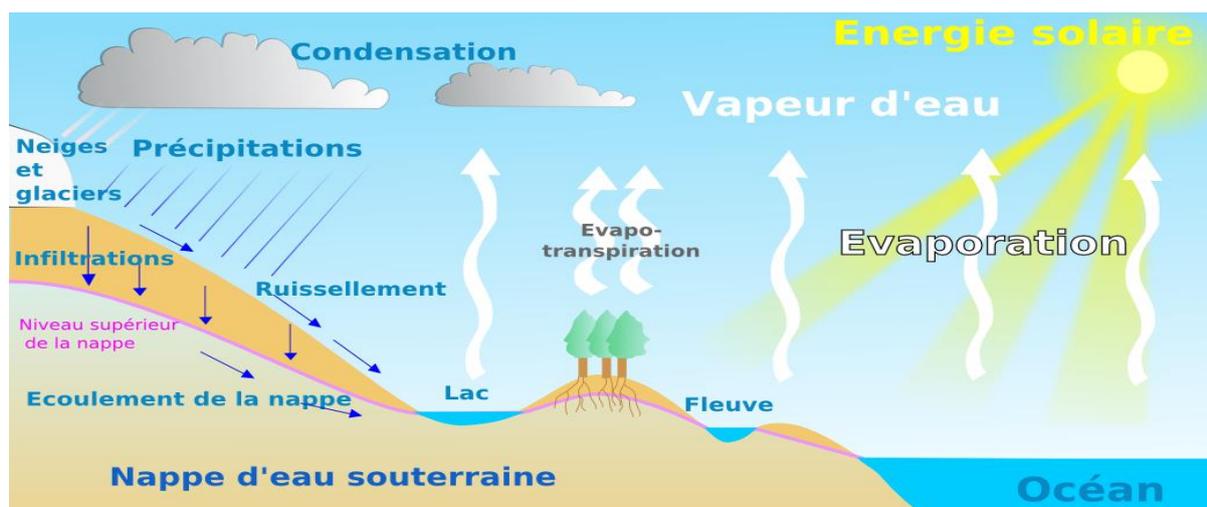


Figure 0-1: Le cycle de l'eau (wikipedia)

- 1) **Evaporation et évapotranspiration** : Grâce à l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère.
- 2) **Condensation** : Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en gouttelettes qui vont former les nuages, la brume ou le brouillard.
- 3) **Précipitation liquide et solide** : Par l'intervention des vents, les nuages se déplacent dans l'atmosphère. Lors d'un changement climatique et par effet de gravité, les nuages s'alourdissent et retombent sur le sol sous forme d'eaux pluviales, de grêle ou de neige.
- 4) **Infiltration dans le sous-sol** : Les eaux de pluie qui pénètrent dans le sol par infiltration peuvent stagner jusqu'à des milliers d'années avant de retourner dans les océans.
- 5) **Ruissellement** : 70% des eaux de pluie s'écoulent le long des pentes pour se jeter ensuite et se lessivent dans des mers, lacs et des barrages de réservation d'eau.
- 6) **Écoulement** : l'eau infiltré par le sol s'écoule lentement dans les couches lithosphériques jusqu'au nappes phréatiques proches de la surface les nappes captives qui sont plus profondes (Kiwad, 2018).

I.4 Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement :

On retrouve cinq sources principales d'eau brutes : les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines, les eaux évaporées et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant. (Raymond et Desjardins, 1997).

I.4.1 Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaines. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent pas aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium : elles sont donc très douces. Dans des régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques.

I.4.2 Les eaux de surfaces :

On peut répartir les eaux de surfaces en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval), et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

I.4.2.1 Les eaux de rivière (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 matière en suspension (MES).
- 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 couleur faible. Ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur.

I.4.2.2 Les eaux de rivière (partie aval) :

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficile 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 des égouts domestique et agricoles.
- Contamination organique et inorganique élevée. Les eaux usées domestique, agricole et industrielle contiennent des grandes quantités de matières organiques (MO) et inorganiques.

- Indice de couleur peuvent être élevées. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, qui les colorent.

I.4.3 Eaux 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 y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des eaux de lac varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et automne. Durant ces périodes la différence de température entre les eaux de surfaces et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et en augmenter ainsi brusquement la turbidité. On peut expliquer le renversement d'un lac de la façon suivante :

- En été à la surface d'un lac la couche d'eau expose au rayonnement solaire et à l'atmosphère se réchauffe rapidement. Par contre, au fond d'un lac profond, l'eau se réchauffe beaucoup plus lentement.

I.4.4 Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous :

- Turbidité faible. Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- Débit constant. Contrairement à celles des eaux de rivière. La qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- Dureté souvent élevée. Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg, Ca, etc. ...) responsable de la dureté.
- Concentration élevée de fer et de manganèse. Ces métaux souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

I.5 Définition barrage :

Un barrage, nommé aussi retenue artificielle, est un ouvrage construit en travers d'une vallée, pour retenir l'eau ou constituer un réservoir...Etc. Il désigne l'étendue d'eau formée par des processus parfois non humains, par accumulation à l'amont du barrage et utilisée pour le stockage, la régularisation et le contrôle des ressources en eau. (UNESCO, 2005).

La plupart des barrages sont construits par des humains pour la recueillir des eaux des rivières et bien véhiculer les effluents des bassins versants pour se déboucher dans les barrages.

Le secteur hydrique en Algérie compte 136 retenue répartis sur tout le territoire national, atteindre une capacité de stockage de près de 12 milliards de mètres cubes sur l'ensemble du pays.

La création de ces barrages est conditionnée par des obligations et des nécessités bien définies. (MREE, 2018)

Les principaux objectifs des barrages peuvent être regroupés en quatre catégories :

- Réduire les irrégularités naturelles des flux d'eau à la surface du sol dans le but de les rendre compatibles avec les activités humaines.
- Garantir une source d'eau fiable pour les utilisations agricoles, industrielles et domestiques, réduire les risques liés aux crues.
- Utiliser l'eau comme source d'énergie (hydroélectricité...).
- Fournir un cadre pour certains loisirs.
- Un grand distributeur en eau potable après traitement. (ANBT, 1985)

La répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien est illustrée sur la figure (I-2):

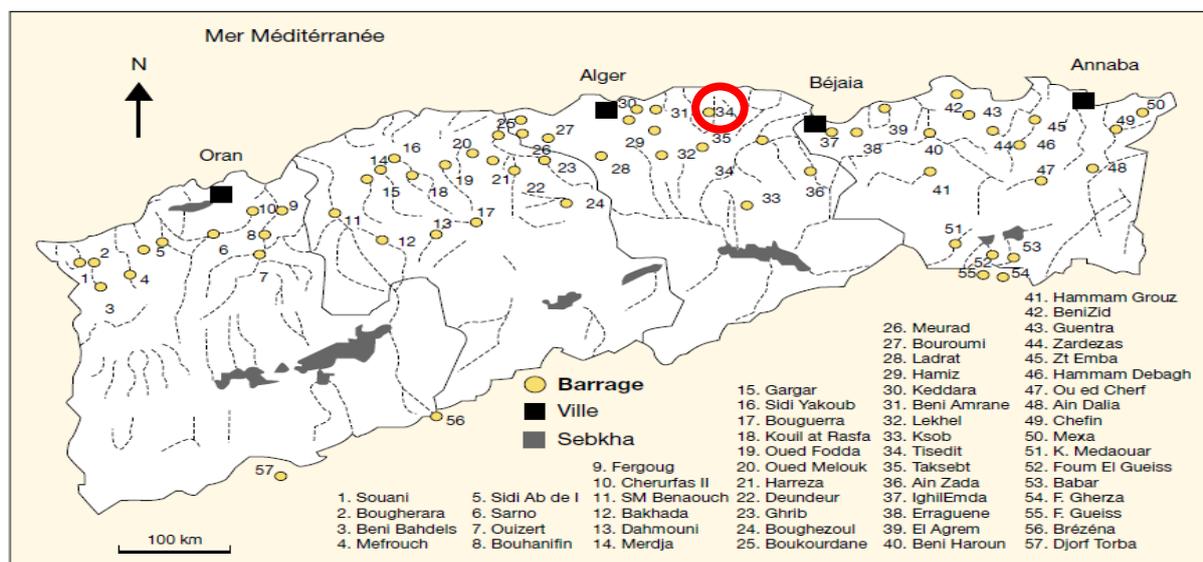


Figure 0-2: Répartition des barrages en exploitation dans le Nord algérien. [2009]

I.6 Type des Barrages :

I.6.1 Barrages poids :

Par leur poids et leurs sections trapézoïdales, ils résistent à la poussée de l'eau. Ce sont des ouvrages rigides construits sur un substratum rocheux (calcaire par exemple) et leur conception est aussi conditionnée par la qualité des fondations.

Il s'agit de barrer un cours d'eau par un obstacle qui résistera par sa géométrie et son poids à un certain nombre d'actions qui tendent à le faire basculer et/ou à le faire glisser. **(Christian Kert, 2008).**

I.6.2 Barrages voûte :

Ce sont des barrages dont la poussée de l'eau est reportée sur les flancs de la vallée au moyen d'un mur de béton arqué horizontalement, et parfois verticalement (on la qualifie alors de voûte "à double courbure"). La technique de barrage-voûte nécessite une vallée plutôt étroite et rocheuse **(Christian Kert, 2008).**

I.6.3 Barrages à contreforts :

Ces barrages sont bien adaptés aux vallées larges avec une fondation rocheuse de bonne qualité.

Ce type de barrages comprend :

- Une série de murs parallèles, généralement de forme triangulaire plus ou moins épais et plus ou moins espacés appelés les contreforts ;
- Une bouchure entre contreforts transmettant à ceux-ci la poussée de l'eau **(Christian Kert, 2008).**

I.6.4 Barrage en terre homogène :

Ce sont des digues en remblai, constituées d'un seul matériau suffisamment imperméable pour assurer à la fois l'étanchéité et la résistance.

Ce type de barrages est bien adapté aux sites ayant une fondation déformable car ils peuvent accepter des tassements de la fondation, par contre ils ne supportent pas bien les variations rapides du plan d'eau et ne supportent pas ou très peu la submersion sur la crête **(Christian Kert, 2008).**

I.6.5 Barrage en remblai zoné :

Les barrages zonés sont des ouvrages dont le découpage du corps est constitué de plusieurs types de matériaux appelé zonage. Le noyau central est argileux, afin d'assurer

l'étanchéité, et les appuis sont constitués de recharges de matériaux plus perméables (**Christian Kert, 2008**).

I.7 Stocks et temps de résidence de l'eau dans les divers réservoirs :

La répartition moyenne des volumes d'eau stockés dans les différents réservoirs naturels sont apparus dans le tableau ci-dessous. Cela montre aussi que chaque molécule d'eau reste dans un réservoir donné pendant une certaine période dont la durée moyenne est appelée « temps de résidence » il existe de grandes variations de temps de quelques heures à quelques millénaires (**Gremmel, 2016**) (tableau I-1).

Tableau 0-1: Stocks et temps de résidence de l'eau dans les divers réservoirs. (Gremmel, 2016)

Les réservoirs	Temps de résidence	Stocks en km ³ (%)
Océans	2500 ans	1 350 000 000 (97,40)
Glaciers	1600 à 1900 ans	27 500 000 (1,98)
Eaux souterraines	1400 ans	8 200 000 (0,59)
Mers intérieures	250 ans	105 000 (7,58 x10 ⁻³)
Barrages et Lacs	1 à 17 ans	100 000 (7,21 x10 ⁻³)
Eaux superficielles	1 an	70 000 (5,05 x10 ⁻³)
Rivières	16 jours	1 700 (1,23 x10 ⁻⁴)
Eaux continentales		35 976 700 (2,40)

I.8 Pollution de l'eau :

I.8.1 Définition de la pollution :

L'eau est un bien précieux qui subit diverses pollutions et dégradations : les écosystèmes et la santé des personnes sont directement impactés. Les pollutions présentes dans l'eau sont d'origines diverses : industrielle, domestique ou agricole (**Bassompierre, 2007**).

D'après **Soudi et al, (2009)**, la pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et les eaux souterraines.

I.8.2 Principaux types de pollution :

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique, organique de ces qualités naturelles, selon la nature des agents polluants et leurs modes d'action on distingue :

1.8.2.1 Pollution physique :

Les polluants physiques sont trois principes agent de pollution qui sont :

La température, transport de matière solide en suspension, et la radioactivité.

- ***La température*** : plus la température de l'eau est élevée plus le besoin en oxygène est grand, plus la teneur en oxygène de l'eau est basse (**Charbonneau, 1977**).
- ***Transport de matière solide en suspension*** : elle agit en augmentant la turbidité de l'eau qui réduit la pénétration de la lumière (**Charbonneau, 1977**).
- ***La radioactivité*** : libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle, ou d'une contamination liée à des retombées atmosphérique (explosions nucléaires), des champs rayonnements d'origine industrielle ou en fin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations centrales nucléaire. (**Bouziane, 2000**).

1.8.2.2 Pollution chimique :

Les polluants chimiques sont dus essentiellement aux déversements des polluants organiques et des sels des métaux lourds par les unités industrielles (**Bouziati, 2000**) et sont nombreux et d'origine diverses métaux lourds tel que : pesticides, détergents, et hydrocarbures. Les métaux lourds, pesticides et détergents constituent les micropolluants (**Abert, 1977**).

1.8.2.3 Pollution par les agents pathogènes :

C'est toutes les pollutions provoquées par des matières organiques susceptibles de subir une fermentation bactérienne. (**Charbonneau., 1977**).

La pollution biologique des eaux se traduit par une forte contamination bactérienne.

Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient ou qui sont transportés dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites les champignons et les algues. Ces microorganismes nocifs peuvent générer des maladies graves dans les cas de contact ou d'ingestion de l'eau qui en est porteuse (**Paul., 1998**).

I.8.3 Origines des pollutions des eaux :

La pollution des eaux provient essentiellement des activités domestiques et industrielles ainsi que des précipitations, elle perturbe les conditions de vie de la flore et la faune aquatiques, elle compromet également l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique. On distingue quatre grandes catégories d'eaux usées : (**Grommela and Guerre., 1983**).

1.8.3.1 Pollution d'origine industrielle :

Les caractéristiques des eaux industrielles varient d'une industrie à l'autre en plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micros polluants organiques des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un pré traitement de la part des industries avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte (**Paul, 1998**).

1.8.3.2 Pollution d'origine agricole :

Les rejets agricoles résultant de la percolation des eaux de pluie dans les sols et de son ruissellement, de l'épandage de produits chimiques sur les sols, des activités maraîchères et des élevages. (**Bouziani, 2000**).

1.8.3.3 La pollution domestique :

Les eaux domestiques sont riches en déchets organiques, en graisses, matières minérales et hydrocarbonées, azote, phosphore et potassium, qui polluent l'eau. Si le niveau de pollution n'atteint pas le seuil critique, l'eau est capable de s'auto épurer, c'est-à-dire d'éliminer progressivement les agents polluants (**Bouziani, 2000**).

I.9 Paramètres de mesure de la qualité de l'eau :

I.9.1 Paramètres physico-chimiques :

1.9.1.1 Température :

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit presque la totalité des caractéristiques importantes et réactions physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et aussi la détermination du pH. Sa mesure est effectuée par le thermomètre (**Nouayti et al, 2015**).

1.9.1.2 pH :

Le pH de l'eau est la mesure de la concentration en ions d'hydrogènes [H⁺] contenus dans l'eau, il renseigne sur son acidité et son alcalinité, ce paramètre peut être mesuré par un pH-mètre. Le potentiel d'hydrogène dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé. La valeur du pH est sensible à la température, la salinité, et aux gaz dessous dans l'eau. Selon les normes de l'OMS relatives à la potabilité des eaux, les valeurs optimales du pH est compris entre 6,5 et 9,5. (**Al-Qawati et al, 2015**)

1.9.1.3 Salinité :

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Elle correspond à la masse de sels contenue dans 1 kg d'eau. L'évaluation de la salinité permet de déduire la conductivité d'une eau, elle s'exprime en UPS : Unité Pratique de Salinité, qui équivaut approximativement à 1 mg/g de sel. La salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 UPS, soit 35g/kg d'eau, celle des eaux saumâtres est de 5 à 18 UPS et celle des eaux douces est inférieure de 0,5 UPS (**Chevallier, 2007**).

1.9.1.4 Conductivité électrique (CE) :

La conductivité est la mesure du degré de la salinité, désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, la conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. La CE se mesure par un conductimètre qui fournit une indication précise sur la concentration totale en sels dissous. (**Nisbet et al, 1970**)

1.9.1.5 L'oxygène dissous :

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme dissoute, d'autant plus que les eaux sont froides et douces, seuls les principaux facteurs de contrôle de la variation de l'OD y sont brièvement mentionnés, notamment l'influence de l'activité autotrophe et hétérotrophe en relation avec la productivité du milieu, de même que l'effet de la température sur les concentrations en oxygène. (**Valérie et al, 2005**)

La teneur de l'OD dans l'eau est mesurée en nombre de milligrammes d'oxygène (O₂) par litre d'eau (mg/L) ou en pourcentage de saturation. Sa valeur est en fonction de l'origine de l'eau. (**Hubiche, 2012**)

1.9.1.6 Matière en suspension (MES) :

La MES s'agit de la matière minérale ou de la matière organique sous forme de particules qui restent en suspension dans l'eau. Donc, elle représente tout élément en suspension dans l'eau dont la taille permet sa rétention sur un filtre de porosité donnée. C'est souvent un mélange des matériaux. Elle est mesurée par le pesage de la matière séchée (à 105 degrés Celsius) obtenue après avoir filtré ou centrifugé un volume connu d'eau. (**André et al, 2000**)

1.9.1.7 Turbidité :

La turbidité, un des principaux paramètres de détermination de la qualité de l'eau potable, est la mesure du trouble de l'eau. Elle est liée directement à l'existence de MES. La présence de ce paramètre peut être estimée à l'œil nu par le changement de couleur de l'eau et

son apparition trouble. La turbidité de l'eau brute est mesurée à l'aide d'un turbidimètre. La mesure est donnée directement en NTU (Nephelometric Turbidity Unit). (Amjad, 2010).

1.9.1.8 Demande chimique en oxygène (DCO)

Désigne la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement et totalement les matières organiques contenues dans l'eau qu'elle soit ou non biodégradables qui seront transformée en gaz carbonique. Dans ce cas, l'oxygène est fourni par un oxydant puissant (bichromate de potassium). Le principe repose globalement sur la technique de dosage effectué par spectrophotométrie. (Gomella et Guerree, 1978)

1.9.1.9 Demande biochimique en oxygène (DBO5) :

Elle est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau. C'est un paramètre qui permet d'évaluer la fraction de la pollution organique biodégradable. Par convention, la DBO5 est la valeur obtenue après cinq jours d'incubation. (Eckenfelder, 1982)

1.9.1.10 Sulfate :

Les sulfates sont issus naturellement de la dégradation de certains minéraux comme les gypses. Leurs origines peuvent être anthropiques telles des rejets industriels (mines, traitement métaux, les eaux usées, incinération d'ordure, lixiviat des décharges). Les concentrations maximales admissibles sont limitées à 250 mg/l. Des concentrations supérieures à 250 mg/l ne sont pas dangereuses mais comportent un risque de troubles gastro-intestinaux diarrhéiques, notamment chez les enfants. (Flood et Cahoon, 2011)

I.9.2 Eléments chimiques toxiques dangereux :

Ils sont plus couramment recherchés dans les eaux des barrages et des forages, sont constitués par de grand famille de composés telles que : les pesticides, les métaux lourds (plomb, cadmium, chrome, nickel, etc.), les hydrocarbures. Le rejet de tous ces produits est, en principe, interdit et, mais le mauvais contrôle ou le mal traitement de l'eau rejeté par les industries dans les réseaux d'eaux superficielles (Sbargoud, 2009).

I.9.3 Paramètres microbiologiques :

1.9.3.1 Germes pathogènes :

Les eaux peuvent contenir des organismes (virus, bactéries, protozoaires, helminthes...) qui peuvent être pathogènes. Il est d'usage de se contenter de mesurer des « germes tests » qui comprennent les coliformes du genre *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux dans l'eau.

La présence de certains germes dans l'eau sont indicateurs soit d'une contamination, soit de possibilité de contamination de l'eau par ces pathogènes (**Landreau et Sauter, 1983**).

1.9.3.2 Bactérie (Escherichia coli) :

E. coli est présente indépendamment avec une majeure partie dans l'eau, avec laquelle on la confond habituellement, mais abusivement il est un bon indicateur de contamination fécale d'origine liée au déversement des eaux usées dans les surfaces d'eau (**Paruch et Maehlum, 2012**).

1.9.3.3 Virus :

Les virus sont présents eux aussi en quantité dans les effluents urbains (poliovirus, adénovirus, hépatit A, etc.) mais y sont rarement recherchés. En revanche, les analyses de ses germes sont un peu plus fréquentes dans les eaux superficielles. (**Masschelein, 1992**)

1.9.3.4 Parasites :

Les parasites tels que les formes enkystées des amibes, des œufs de ténia sont très rarement recherché. L'ensemble des analyses réalisées dans le cadre de la recherche d'une contamination bactériologique doit toujours s'interpréter avec précaution, car le travail sur du matériel biologique est extrêmement complexe et soumis aux variations inhérentes aux microorganismes.

La présence de ces organismes dans l'eau est plus souvent due à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, à une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captages. Le paramètre d'évaluation de la qualité bactériologie de l'eau est plus important, ce qui doit être strictement suivi. Car la mise en évidence de ces germes dans l'eau témoigne de la possibilité de présence de germes pathogènes. (**Masschelein, 1992**).

CHAPITRE II :
Description du lieu
d'étude.

II.1 Présentation de la zone d'étude :

II.1.1 Présentation de la station de traitement :

La station de traitement de l'eau du barrage TILESDIT est située dans la commune de Bechloul, à 25 km de la wilaya de Bouira.

La station de traitement de l'eau potable est prévue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 3626 m³/heure pour une durée de 20 heures de travail par jour. L'eau brute est une eau de surface issue du barrage TILESDIT. Ses caractéristiques sont suivantes :

- ◆ Capacité de production de 72000 m³ / jour.
- ◆ 6 stations de pompage avec bâches.
- ◆ Réservoir de stockage de l'eau traité de capacité de 13000 m³.

II.1.2 Présentation et localisation du barrage TILESDIT :

Le barrage de TILESDIT est situé dans la partie septentrionale centrale d'Algérie, à 18km à l'Est de la ville de Bouira. Le site du barrage est à 4km de la RN n°5 Alger – Constantine. A l'aval, à 7km du site, on signale la confluence de l'oued Eddous avec Zaiane avec la formation de l'oued Sahel.

C'est un barrage récent, mis en service à la fin de l'année de 2005. La retenue a une capacité totale maximale de 167 millions de m³. La retenue est destinée à la régulation de l'écoulement d'oued Eddous pour l'alimentation en eau potable l'ensemble de la population de la wilaya de Bouira (695 583 habitants en 2008) ainsi que la zone industrielle de Sidi-khaled et EL-Hachimia, l'irrigation des plateaux d'EL-Esnam (2200 ha) et la vallée du Sahel (3400 ha) et alimente même les wilayas qui l'entourent comme Bordj Bou Arreridj et M'sila (ZARUBEZZHVODSTROY, 2004).

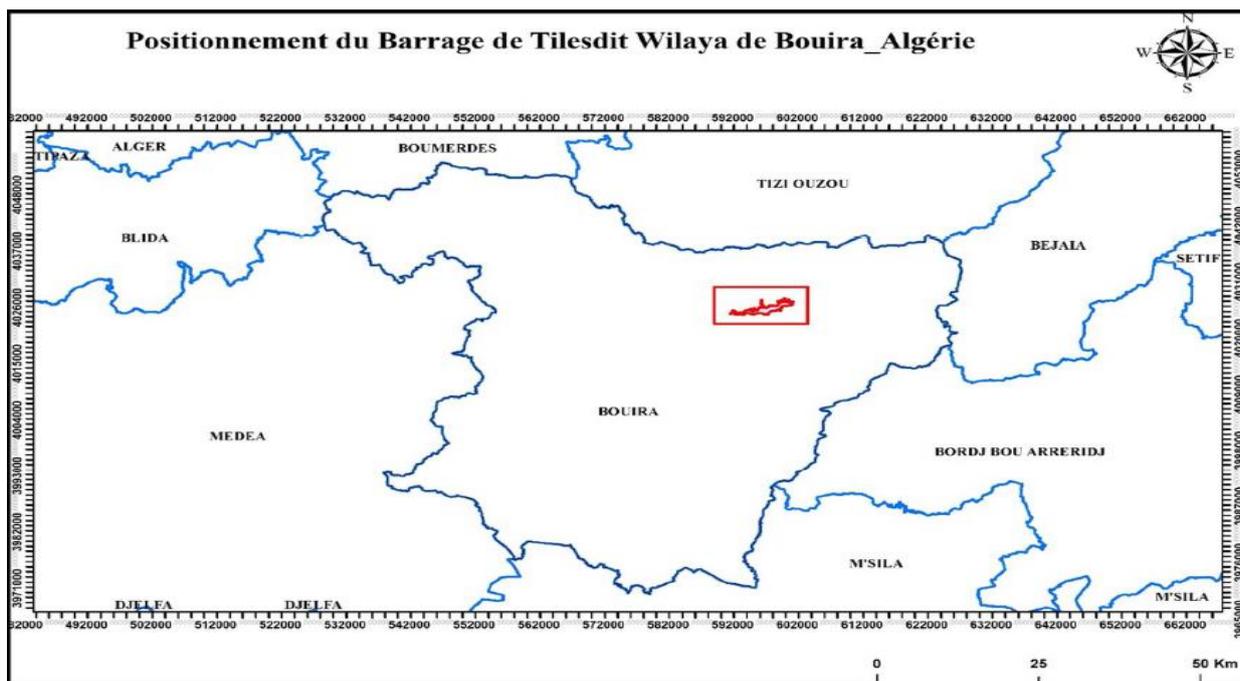


Figure 0-1: Positionnement du barrage TILES-DIT wilaya de Bouira Algérie. (Originale)

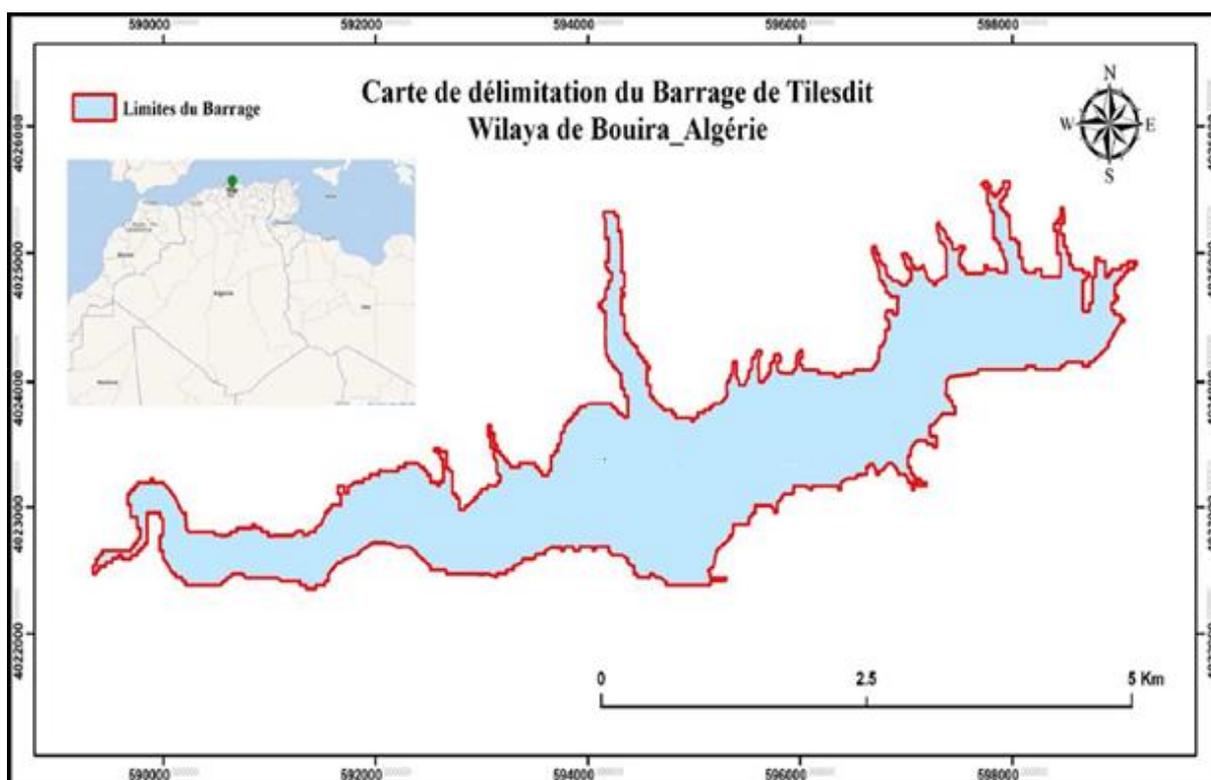


Figure 0-2: Carte de délimitation de la retenue du barrage TILES-DIT Wilaya de Bouira_Algérie.

Les caractéristiques techniques du barrage TILES DIT sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau II-1: Les caractéristiques techniques du barrage TILES DIT.

Caractéristique	Unité de mesure	Quantité
Niveau maximale normal	m	454.3
Superficie à NMN	Ha	810.0
Volume à NMN	10 ⁶ m ³	167.2
Profondeur devant la digue à NMN	m	55.0
Profondeur moyenne à NMN	m	20.6
Longueur de la retenue à NMN	Km	10.8
Longueur de la ligne côtière à NMN	Km	35.0
Cote d'eau morte CEM	m	424.5
Superficie à CEM	Ha	222.0
Volume à CEM	10 ⁶ m ³	20.8
Profondeur moyenne a CEM	m	9.4
VOLUME UTILE	10 ⁶ m ³	146.4

II.1.3 Topographie, climat, hydrologie de la région :

II.1.3.1 Topographie :

Sur le plan topographique, la vallée de l'oued Eddous qui porte le nom de Sahel à la direction sub latitudinale fait partie du plateau limité par la chaîne montagneuse du Djurdjura et la crête de Biban au sud est le seul territoire favorable sur l'oued Eddous permettant la formation d'une retenue avec un volume utile de 60 millions m³d'eau. Dans le site du barrage la largeur de la vallée de l'oued est de 80m, en aval, dans le secteur de confluence avec l'oued Barbar, la vallée s'élargi jusqu'à 3-4Km (UKRGUIPROVODKHOZ, 1988).

II.1.3.2 Climatologie de site du barrage :

Les conditions climatiques de la région envisagée s'expliquent par sa situation géographique, caractère de circulation atmosphérique, l'effet thermique de la mer et le relief environnant. Les facteurs climatiques principaux sont caractérisés d'après les données des observations réalisées par les stations météo de la région. (Set Handassa, 2004)

II.1.3.3 Température de l'air :

La région du barrage de TILES DIT se caractérise par un été chaud et sec et un hiver relativement doux. La température annuelle moyenne est de 15,1°C à 18,8°C. Le mois de

Janvier est le plus froid ($7,5^{\circ} - 11,0^{\circ}$). Les baisses maximales observées de la température sont de $-1,1^{\circ}\text{C}$.

Le mois d'Aout est le plus chaud ($24,1^{\circ} - 29,2^{\circ}$). Les températures estivales maximales peuvent dépasser 46° (Set Handassa, 2004).

II.1.3.4 Les précipitations :

Dans le bassin de l'oued Eddous les précipitations ont une répartition irrégulière. On observe un net zonage vertical dans la distribution des précipitations atmosphériques avec une augmentation à la hauteur. Le taux annuel de pluviométrie dans le bassin est de 655mm.

Les taux maximaux journaliers de précipitation étant un facteur majeur de la formation des crues catastrophiques sur les versants de petites dimensions tombent pendant la période des cyclones méditerranéens. La répartition annuelle de précipitation est caractérisée par l'existence de deux périodes ; la période humide (novembre – avril) avec 80% de pluviométrie annuelle et la période sèche (mai – octobre). (Set Handassa, 2004).

II.1.4 Caractéristique hydro-chimique d'eau :

L'étude de la composition chimique et physique d'eau de l'oued Eddous dans le site de l'ouvrage hydraulique a été effectuée pendant une période suffisamment longue, de 1976 à 1985, 270 échantillons ont été prélevés pour cette étude avec le changement des débits de 0.01 à 176 m³/s. La systématisation et l'analyse des résultats des observations ont montré une augmentation de l'hydraulicité accompagnée de la baisse de minéralisation d'eau. (Normes etrègles de construction, 1986)

II.2 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la station de traitement des eaux, ainsi que la topographie et la climatologie de la région (BARRAGE TILES DIT).

Chapitre III :
Procédées de
traitement des eaux
du barrage

III.1 Introduction :

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent pas à assurer la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire, si non indispensable d'utiliser les eaux de surface.

Les eaux de surface contiennent les impuretés qui ont pour origine :

- La dissolution des encaissants (roches, terrains...) qui sont responsable du pH et de la conductivité.
- Les colloïdes minéraux (argiles ; sels de silice ...) qui sont responsable de la turbidité.
- Les matières organiques qui peuvent avoir deux origines.
 - *Origines naturelles* : produits de dégradation des végétaux ; métabolites des algues et des microorganismes.
 - *Origines artificielles* : due à la pollution urbaine ; industrielle et agricole (pesticides ; fongicides ; herbicides...)

Ainsi les eaux de surface devraient subir des modifications physiques ; chimiques et biologiques qui les rendent potables. Pour cela il faut traiter les eaux de surface par des moyens appropriés. Ces traitements correcteurs qu'on leur applique sont assez stéréotypés et n'éliminent pas tout ce qui est demanderait à être éliminé.

Pour traiter ces eaux de surface, la chaîne de traitement moderne utilise le procédé physicochimique qui consistait en deux primordiales phases :

- Clarification.
- Traitement bactéricide et virulicide.

L'eau brute destinée à la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau (Barrage) dont la qualité de ces eaux est très rarement excellente. Elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable où elle subit de divers traitements physiques, chimiques et biologiques. Ceci afin de la rendre potable aux consommateurs.

La station de traitement d'eau potable de Bouira est prévue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 3632 m³/h. L'eau brute est une eau de surface issue du barrage de TILES DIT dont la qualité sera à vérifier régulièrement pour que la potabilisation puisse être assurée. La qualité de l'eau traitée doit respecter les recommandations de l'OMS.

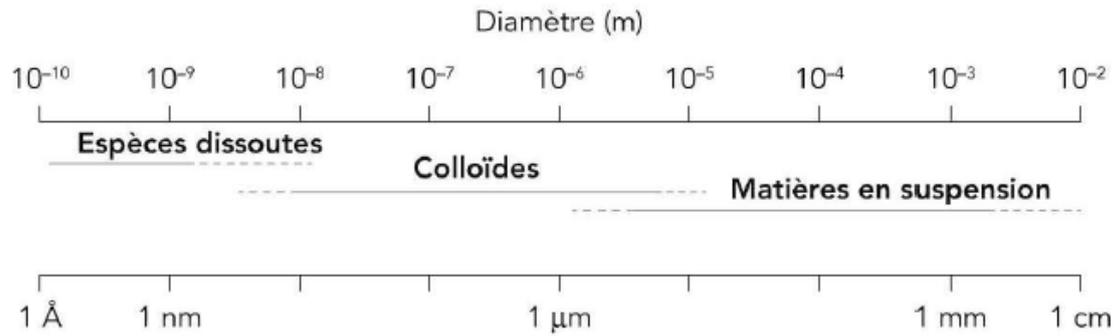


Figure 0-1: Gammes approximatives de tailles de particules dans les eaux naturelles.

III.1.1 Description des différentes étapes de traitement des eaux potables :

La chaîne de traitement est composée de deux lignes. Le débit est divisé sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station.

Les principales étapes de traitement sont :

- Arrivée de l'eau brute.
- Contrôle du débit par vanne annulaire,
- Aération de l'eau par cascade avec récolte des eaux dans un réservoir.
- Une pré-chloration au moyen d'eau chlorée dans le réservoir sous cascade,
- Une coagulation au sulfate d'alumine.
- Éventuellement ajustement du pH par injection de l'acide sulfurique ou lait de chaux.
- Injection du Charbon actif pour l'adsorption des goûts et des odeurs de l'eau du barrage.
- Une décantation sur deux lignes comprenant chacune :
 - ❖ Une floculation avec mélange par apport externe d'énergie mécanique et dosage d'un polymère dans un bassin de mélange rapide,
 - ❖ Une clarification dans un décanteur lamellaire,
 - ❖ Un épaissement des boues combiné à un dispositif de soutirage des boues en excès et de recirculation des boues.
 - ❖ Un canal de by-pass.
- Une deuxième correction du pH avec le lait de chaux pour l'amener à l'équilibre calco-carbonique,
- Filtration sur 6 filtres gravitaires à sable.

- Désinfection finale à l'eau chlorée en amont du réservoir d'eau traitée.

III.1.1.1 Ouvrage de régulation du débit et de mesure :

C'est le premier ouvrage du site de la station de traitement. Les eaux brutes de la station de traitement de Bouira proviennent du barrage. Les eaux brutes s'écoulent gravitairement dans la station de traitement.

L'ouvrage a ainsi pour fonction principale :

- ❖ L'isolement de la station au moyen d'une vanne motorisée 301.1 en DN 1000.
- ❖ Le réglage du débit d'eau brute qui sera assuré par deux vannes motorisées en DN 1000 asservies à la mesure du débit d'eau brute donnée par un débitmètre électromagnétique installé dans l'ouvrage (DN 1000).
- ❖ Cet ouvrage assure également une fonction de sécurité contre les débordements.

Ce regard d'entrée alimente entre autres gravitairement les instruments d'analyses et de mesure des caractéristiques physicochimiques de l'eau brute, soit la turbidité et le pH.

III.1.1.2 Cascade d'aération :

III.1.1.2.1 Description & Fonction principale :

Les cascades servent à l'aération de l'eau brute. Etant que le niveau de prise d'eau est fixé en niveau relativement bas du barrage, cette aération peut être nécessaire pour assurer les 70 % de saturation requis en fin du traitement.

L'aération, faite naturellement par chute, sera réalisée par une double cascade et a pour objet :

- D'augmenter la teneur en oxygène de l'ordre de 70% de la saturation ;
- D'éliminer l'odeur ainsi que la saveur indésirable ;
- De réduire ou même éliminer les teneurs en bioxyde de carbone ;
- De réduire ou même éliminer les teneurs en sulfure d'hydrogène ;
- D'oxyder le fer.

Le réservoir sous cascade assure principalement la distribution vers les lignes de décantations et une zone de mélange avec un temps de contact pour les injections des réactifs.

La cascade est constituée d'un canal central avec des marches créant **4 chutes** d'environ **0,3 m** sur **48 mètres linéaires chacune**. Cette disposition garantit le meilleur contact possible entre l'eau et l'oxygène de l'air. (Figure III-2)

Remarque :

L'aération permet de fournir l'oxygène nécessaire à l'oxydation de la pollution par les bactéries. En plus de l'aire naturelle on utilise des suppresseurs d'aire pour renforcer l'aération.

III.1.1.2.2 Réactifs utilisés sont :

L'injection de sulfate d'alumine, de l'acide sulfurique, de lait de chaux et de l'eau chlorée (ou en variante l'hypochlorite de sodium) se fait au niveau du réservoir sous cascade.



Figure 0-2: Cascade d'aération.

III.1.1.3 Désinfection primaire :

Le chlore est un oxydant puissant et un bactéricide utilisé, En pré chloration pour la destruction de composés de l'eau brute tels que microorganismes et algues. Par son effet rémanent, il assure la propreté des ouvrages contre la formation de couches d'algues par exemple sur les parois ou sur les plaques du décanteur ou encore en surface du lit filtrant des filtres à sable.

L'injection de l'eau chlorée (ou en variante l'hypochlorite de sodium) se fait au niveau du réservoir sous cascade, Le système de chloration est conçu pour l'utilisation d'un dosage équivalent à 5 mg/l pour la pré-chloration.

III.1.1.4 Ouvrage de répartition de débit (RDC)

Description & Fonction principale :

La fonction principale de l'ouvrage de décantation est de réduire la teneur en MES à un niveau suffisamment bas pour permettre un traitement économique par filtration.

L'ouvrage se décompose en :

- Ouvrage de répartition du débit
- Bassins de mélange/coagulation
- Flocculation
- Décantation lamellaire/Clarification

- Canal de by-pass
- Evacuation et recirculation des boues

Après la mesure de débit d'eau brute, l'aération sur cascade et l'injection des réactifs, l'eau brute arrive dans un ouvrage permettant la répartition du débit entre les 2 lignes de décantation, la mesure de la valeur du pH avant la coagulation, ainsi que l'introduction du débit de recirculation des eaux sales de lavage.

Une conduite de recirculation des eaux sales de lavage des filtres délivre de façon discontinue dans cette chambre de répartition le débit pompé à partir du réservoir des eaux sales de lavage. Elle est implantée suffisamment en amont des vannes murales pour une homogénéisation correcte. Il n'est pas prévu de variation de dosage en fonction du repos ou débit sur cette ligne.

III.1.1.5 La clarification :

Cette étape assure l'élimination de nombreux composés contenue dans les eaux de surfaces ou souterraines qui peuvent se regrouper en trois catégories :

✓ Matières en suspension :

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fulviques par exemple). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, plancton, algues et virus.

Ces substances sont responsables, en particulier, de la turbidité et de la couleur.

✓ Matières colloïdales (moins de 1 micron) :

Ce sont des MES de même origine que les précédentes mais de plus petite taille, dont la décantation est excessivement lente. Elles sont également génératrices de turbidité et de couleur.

✓ Matières dissoutes (moins de quelques nanomètres)

Ce sont généralement des cations ou des anions. Une partie de la matière organique est également sous forme dissoute. On trouve aussi des gaz (O₂, CO₂, H₂S, ...)

III.1.1.6 Les différents procédés de la clarification :

Les trois étapes de clarification dont elle se dispose cette station sont illustré sur la (figure III-3) :

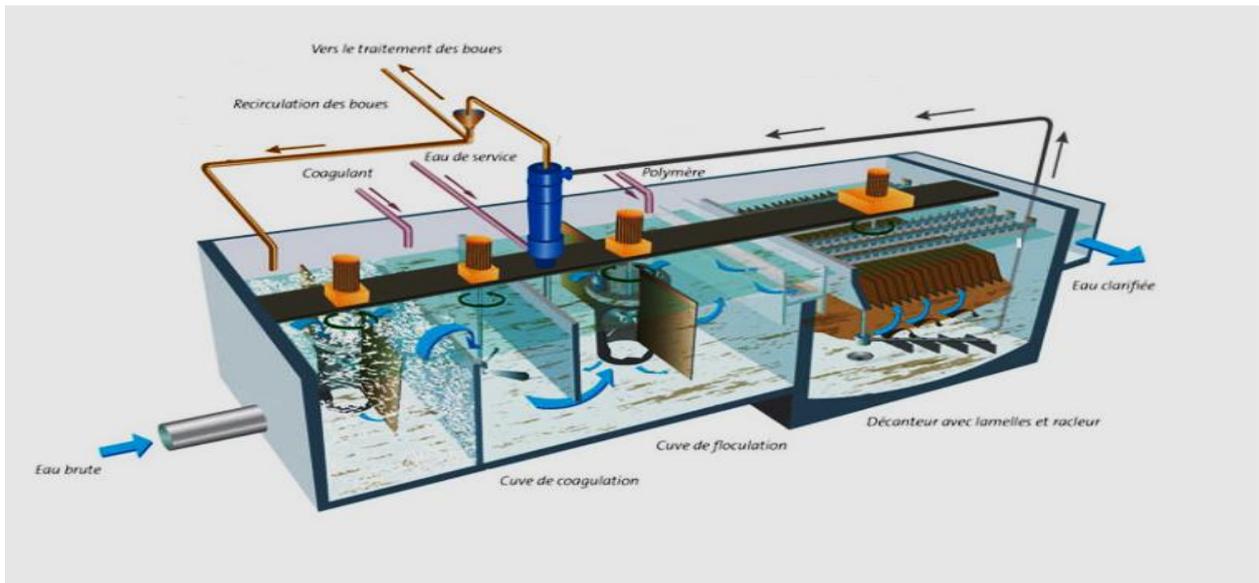


Figure 0-3: Clarificateur.

III.1.1.7 La coagulation floculation :

La coagulation et la floculation sont des opérations essentielles notamment pour le traitement des eaux de surface. Bien que constituant deux étapes distinctes (théoriquement comme techniquement), la coagulation et la floculation sont inséparables dans la majorité des cas.

C'est l'adjonction d'un coagulant provoque la déstabilisation des colloïdes (particules solides de petite taille qu'elles se répartissent de façon homogène) et forme des agrégats des tailles suffisantes pour être séparés de l'eau à l'aide d'un « *agitateur rapide* ».

Les réactifs utilisés sont :

On distingue trois types de réactifs :

- ❖ Les sels de métal trivalents à base de $Al(m)$ ou de $Fe<mi$, appelés coagulants ;
- ❖ Les polymères, appelés en pratique floculants ;
- ❖ Les acides (CO_2 principalement) et les bases (CaO ou $Ca(OH)_2$ principalement), réactifs d'ajustement du pH.
- ❖ Polyélectrolytes.
- ❖ Sulfate d'alumine.

Les procédés de coagulation et de floculation facilitent l'élimination des MES et colloïdales. Celle-ci est réalisée dans une étape ultérieure de séparation solide liquide : décantation, flottation ou filtration.

L'élimination des substances dissoutes nécessite pour chaque espèce un traitement spécifique, précédé ou non d'une coagulation -floculation, voire d'une séparation solide - liquide.

La floculation est l'opération conduisant à l'agglomération des particules déstabilisées par coagulation. C'est aussi le terme utilisé pour définir l'étude de la cinétique de cette agglomération.

Techniquement, on la définit plus simplement par «**agitation lente**». Cette opération se situe donc toujours après une coagulation.

La séparation solide liquide par décantation ou flottation :

L'extraction des floes se fait soit par décantation ou à l'inverse par flottation ils sont ensuite récupérés par raclage.

Théorie basée sur la formule de STOCKES :

Sous l'action de la gravité, une particule immergée dans un liquide est soumise à un déplacement vertical dont la vitesse atteint une valeur limite, lorsque le poids de la particule est équilibré par les forces antagonistes qui s'opposent à son déplacement, à savoir :

- la poussée d'Archimède
- les forces de frottement.

La loi de Stokes régit la chute de particules sphériques.

La vitesse de chute (V_p) est donnée par la formule suivante :

$$V_p^{2+n} = \frac{4d_p^{n+1} \cdot \mu_l^{-n}}{3a} \cdot \frac{(\rho_p - \rho_l)}{\rho_l^{1-n}} g \dots\dots\dots(III.1)$$

Avec :

- ρ_p (kg/m³) : masse volumique des particules à décanter ;
- ρ_l (kg/m³): masse volumique du fluide ;
- d_p (m) : diamètre de la particule ;
- g (m/s²): accélération de la pesanteur.
- μ_l (Pa. S) : viscosité dynamique du liquide.
- a, n : constantes de corrélation qui dépendent du régime de décantation.

Cette formule est valable dans les limites de l'hypothèse de STOCKES :

- régime laminaire ; donc les valeurs : n=1 et a =24
- particules sphériques ;

Tableau 0-1: Constantes de corrélation de différentes régimes de décantation.

Régime	Laminaire	Transitoire	Turbulent
Paramètres a et n	a = 24 ; n = 1	a = 18,5 ; n = 0,6	a = 0,44 ; n = 0

III.1.1.8 La décantation :

La décantation est la méthode de séparation des matières en suspension présentes dans l'eau brute et celles formées par l'étape de coagulation floculation.

Après l'étape de coagulation/floculation, dont l'objectif est de former des macro floes, l'eau est traitée par décantation, c'est-à-dire la séparation physique des matières solides et de l'eau claire.

III.1.1.8.1 Les différents types de décantation :

Il existe plusieurs types de décantation dont voici les principaux :

Décanteurs statiques

Décanteurs lamellaires (cas de notre station).

Décanteurs à étages

Décanteurs cylindro-coniques

Décanteurs circulaires

Décanteurs à contact de boues

Décanteurs à flux leste

III.1.1.8.1.1 Décantation lamellaire :

Il est constitué par des plaques inclinées à 55° disposées perpendiculairement au flux. (Figure III-4).

• <i>type de bassin</i>	Carré, cylindro-conique.
• <i>nombre de bassins</i>	2.
• <i>coté</i>	15 m.
• <i>profondeur du bassin</i>	6,60 m.
• <i>profondeur de l'eau</i>	5,70 m.
• <i>matériel</i>	Des plaques PVC (qualité alimentaire anti-UV).
• <i>dimension des plaques</i>	2,0 x 1,0 m.
• <i>nombre des plaques</i>	2376 /clarificateur.
• <i>surface projetée des plaques</i>	2725,6 m ²
• <i>Vitesse de montée</i>	1,18 m/h.

L'installation de lamelles dans la partie supérieure du décanteur améliore le rendement de cette séparation pour deux raisons :

- Flux contre-courant, c'est-à-dire le flux de boues s'écoule en direction inverse par rapport au débit de l'eau.
- Par le système lamellaire la surface de clarification est très grande, par rapport aux dimensions du bassin.

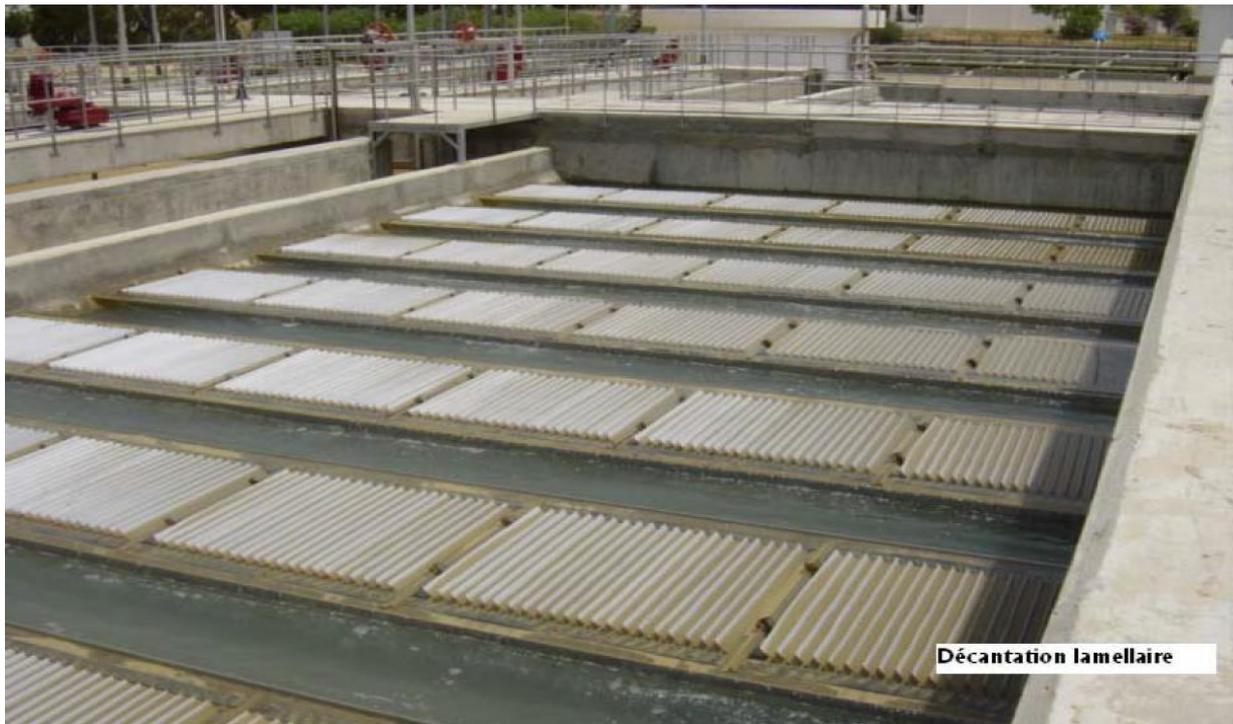


Figure 0-4: Décanteur lamellaire.

III.1.1.8.2 Zone des boues :

Les boues qui se forment progressivement au fur et à mesure de la sédimentation doivent être évacuées régulièrement car leur accumulation finirait par modifier la hauteur de décantation et nuirait au rendement du bassin.

D'autre part la stagnation de ces boues conduirait à la manifestation de réactions anaérobies.

Le volume utile de cette zone varie avec le mode d'évacuation de ces dernières, intermittent ou continu, leur charge et leur consistance.

Un volume utile de 25% du volume total est un minimum.

III.1.1.8.3 Extraction des boues :

Les boues sont rassemblées dans une trémie ; une pente d'au moins 1 % est ménagée pour le radier.

Des racleurs motorisés sont utilisés pour amener les boues vers la trémie. Ces racleurs peuvent être de différents types. Il peut s'agir entre autres de racleurs à pont qui se déplacent longitudinalement, ou de racleurs à chaînes sans fin immergées. L'évacuation des boues se fait par simple ouverture d'une vanne qui débouche sur un caniveau, ou par l'intermédiaire d'une pompe à boues.

Précisons que le temps de séjour de l'eau dans le décanteur est de l'ordre de 1 à 4 h.

Remarque :

Afin d'assurer une filtration économique, l'eau clarifiée doit être à moins de 10 mg/l, dépourvue de gros floccs et de polymère résiduel.

Les boues s'écoulent gravitairement vers le bas et seront collectées dans le système d'épaississement. Le débit de sur verse de chaque lamelle est collecté par un seuil dans des chenaux situés sur la partie supérieure.

Dans le moment actuelle cette station, ils ne font pas la recirculation des boues, parce qu'il en a de l'eau suffisamment dans le barrage (remplie a 54%).

III.1.1.9 Filtration :

L'eau brute, à l'issue des différents traitements qu'elle a pu subir depuis son entrée en station, qu'il s'agisse :

- De la coagulation floculation,
- De précipitations chimiques quelconques, se trouve chargée en particules solides plus ou moins décantables.

A partir de ce moment, deux voies s'offrent au traiteur d'eau pour éliminer l'ensemble des particules :

• **Décantation suivie d'une filtration.** Cette double opération sera nécessaire, si les impuretés se trouvent en concentration telle que le filtre serait très rapidement colmaté par l'arrivée massive de particules floculées.

• **Simple filtration.** Cette solution sera adoptée si la teneur en particules est faible.

Il est donc à noter que si la décantation est fréquente, elle n'est pas toujours nécessaire ; par contre la filtration s'avère pratiquement toujours indispensable.

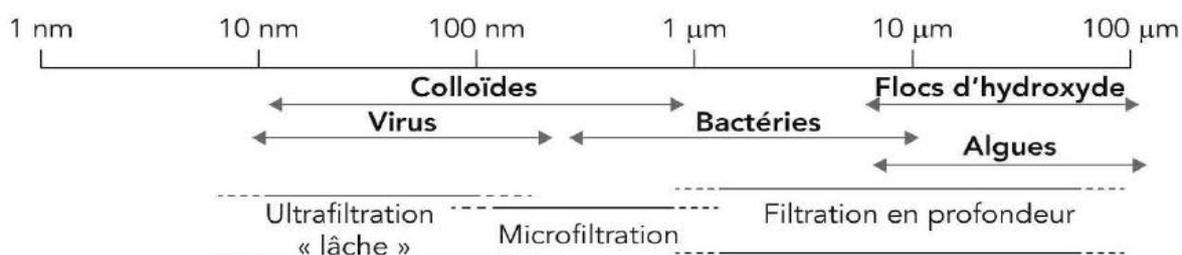


Figure 0-5: Tailles de particules et types de filtrations correspondants.

III.1.1.9.1 Types des filtres :

Pour le traitement des eaux potables, on utilise principalement :

- Des filtres à sable rapides ;
- Des filtres à sable lents ;

- Des filtres sous pression ;
- Des filtres à terre diatomée ;



Figure 0-6: Cellule de filtration.

La filtration est un procédé de séparation physique qui utilise le passage d'un mélange solide liquide en à travers un matériau poreux appelé filtre.

La phase liquide traverse le matériau poreux. La phase solide est retenue par celui-ci.

Les particules solides vont donc s'accumuler progressivement dans le filtre et conduire au colmatage inéluctable de ce dernier, si les mesures nécessaires ne sont pas prises pour y parer.

Il faut donc envisager périodiquement des opérations de nettoyage du filtre.

La filtration est un traitement « d'affinage » qui doit permettre une excellente élimination :

- Des bactéries
- De la turbidité
- De la couleur
- Des goûts et odeurs.

III.1.1.9.2 Données techniques des filtres :

Les filtres ont les dimensions suivantes (par filtre) :

- Longueur du filtre : $L_F = 12 \text{ m}$
- Largeur du filtre : $l_F = 2 \times 3,5 = 7 \text{ m}$
- Surface du filtre : $A_F = 7 \times 12 = 84 \text{ m}^2$
- Surface filtrante totale : $F_A = 6 \times 84 = 504 \text{ m}^2$

- Surface filtrante pendant le lavage d'un filtre : $F_{A'} = 5 \times 84 = 420 \text{ m}^2$

Lorsque les 6 filtres sont opérationnels, la vitesse de filtration est de :

$$V_n = \frac{Q}{A_n} = 3600/504 = 7,14 \text{ (m/h)} \dots\dots\dots \text{(III.2)}$$

Avec :

- $Q(\text{m}^3/\text{h})$: le débit entrant à la station ;
- $A_n(\text{m}^2)$: surface filtrante totale ;

❖ **Couches filtrantes :**

❖ **Couche filtrante (sable) :**

- Granulométrie 0.8-1.25 mm VolF' = 1,00 m x 84 m²
- Hauteur 100 cm = 84 m³
- Volume têt. Couche filtrante Voltot' = 84 m³ x 6= 504 m³

III.1.1.9.3 Cycle de filtration :

De par son principe même, un filtre ne peut fonctionner indéfiniment :

- il s'encrasse progressivement ;
- les pertes de charges deviennent prohibitives ;
- la qualité de l'eau diminue ;
- à un certain moment, il ne retient plus les particules.

On dit alors que le filtre est crevé et il convient alors de procéder à sa remise en état par un lavage qui éliminera les particules retenues.

III.1.1.9.4 Colmatage du filtre :

Le colmatage est l'obstruction progressive des interstices du matériau filtrant liée au fonctionnement du filtre.

Le colmatage entraîne l'augmentation des pertes de charge que l'on constate au cours du vieillissement du filtre.

Si l'on fonctionne à pression d'alimentation constante, le débit va baisser.

Si l'on veut travailler à débit constant, il est nécessaire d'augmenter la pression d'alimentation, au fur et à mesure du colmatage.

On observe que la vitesse de colmatage est fonction :

- De la nature des particules retenues
- De la vitesse de filtration
- Des caractéristiques du matériau.

III.1.1.9.5 Lavage des filtres :

Lorsque la perte de charge, la turbidité ou les deux, atteignent leurs valeurs maximales, on lave le filtre en injectant de l'eau par le fond.

L'opération de lavage des cellules de filtration est du type assisté à partir du pupitre des filtres. Chaque cellule peut être lavée séparément tout en continuant à produire le débit initial de traitement sur les autres filtres.

Le lavage des filtres sera un lavage à l'air et à l'eau.

- Le lavage à l'air se fait par les Suppresseurs d'air (un en fonctionnement et un en réserve) de Caractéristiques :
 - Débit 5 040 m³/h.
 - Pression différentielle 500 mbar.
- Le lavage à l'eau se fait par les pompes de lavage (deux en fonctionnement et une en réserve) de

Caractéristiques :

- Débit 1040 m³/h.
- Hauteur manométrique 10 mCE.

III.1.1.9.6 Mécanisme de lavage :

Ce rétro lavage se fait par dé tassage à l'air seul (60 m³/m²/h) pendant environ 2 minutes, agitation à l'air (60 m³/m²/h) et à l'eau (12 m³/m²/h) pendant environ 2 minutes, rinçage à l'eau (25 m³/m²/h) pendant environ 6 minutes.

III.1.1.10 Réservoir d'eau filtrée :

Après la filtration, l'eau collectée en sortie des vannes de régulation des filtres s'écoule dans le réservoir d'eau claire, situé sous la galerie des filtres. Le réservoir d'eau claire d'une capacité suffisante pour procéder au lavage de deux filtres même en l'absence de débit de filtration et à maintenir le fonctionnement en eau de service et eau motrice. Il se termine par un déversoir qui permet de maintenir le réservoir plein pendant les phases de filtration.

III.1.1.11 Désinfection secondaire et Réservoir d'eau traitée :

Le post chloration (ou désinfection finale), il assure la destruction nécessaire à la potabilisation de l'eau de la plupart des germes et microorganisme pouvant être rencontrés dans l'eau filtrée. Son effet rémanent agit également sur le microorganisme se trouvant où pouvant être introduits dans les premiers ouvrages de stockage et conduites de d'adduction. Cependant, l'effet rémanent étant limité dans le temps, la désinfection doit être poursuivie en aval de la station de traitement.

L'eau qui a traversé le milieu filtrant sera collectée et évacuée vers le réservoir d'eau traitée de capacité totale 13 000 m³. Le réservoir est divisé en deux compartiments, dont une partie est munie de chicane (volume d'environ 1/3 du bassin) pour assurer un mélange minimum de 30 minutes et sert de contact entre le chlore et l'eau traitée.

Le point d'injection de la post-chloration est situé au niveau de l'entrée du réservoir d'eau traitée pour l'appoint de la pré-chloration et maintenir donc une teneur en chlore dans le réseau de distribution.

A l'avant de chaque compartiment, il a un canal de contact, qui permet d'assurer un temps de contact minimum avec le chlore, l'eau se déverse alors vers le compartiment principal par un déversoir.

Remarque :

1-La solution de lait de chaux est injectée à l'entrée de la cascade d'aération ainsi qu'à l'entrée du réservoir eau traitée, en fonction de la qualité de l'eau.

-La première injection est faite afin d'optimiser l'effet du sulfate d'alumine par maintien d'un pH optimal dans les chambres de mélange.

-La deuxième est pour ajuster le pH de l'eau traitée afin que son caractère agressif ou incrustant soit maintenu.

2-Le sulfate d'aluminium est utilisé pour la déstabilisation des substances colloïdales contenues dans l'eau brute afin d'initier la formation de floes ayant de bonnes caractéristiques de décantation/clarification. Le sulfate d'aluminium est injecté à l'entrée de la cascade d'aération.

3-L'acide sulfurique est injecté à l'entrée de la cascade d'aération pour abaisser la valeur du pH de l'eau brute. Le but est d'obtenir un pH d'optimisation pour l'effet du sulfate d'alumine en coagulation. De même il abaisse ce pH si celui-ci est trop élevé en sortie de station.

4-Le polymère est injecté dans la troisième chambre de mélange juste avant la chambre de floculation. Le polymère est l'élément de floculation. Il contribue à l'agglomération des particules colloïdales déstabilisées (ou coagulées) ainsi que des autres particules issues de la recirculation des boues et eaux sales de lavage afin d'augmenter la taille des floes et réduire la turbidité interstitielle.

5-La solution de charbon actif est injectée à l'entrée des décanteurs, en fonction de la qualité de l'eau, mais dans le cas de cette station ils ne font pas cette procédure à cause de manque de réactifs.

III.1.1.12 Conclusion :

Dans ce présent chapitre, on a pu d'avoir les différentes étapes de traitement dans la station de TILSEEDIT et de savoir le mécanisme de fonctionnement de chaque procédée.

Pour traiter ces eaux de surface, la chaîne de traitement moderne utilise le procédé physicochimique qui consistait en deux primordiales phases (La Clarification et le Traitement bactéricide et virulicide).

Cette station est prévue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 3632 m³/h, dès que cette eau est traitée, elle doit être stockée dans un réservoir de 13000 m³.

Dans le traitement de finition l'injection de charbon actif est indispensable, mais dans cette station ils ne le font pas à cause de manque de réactif (charbon en poudre) une chose qui peut engendrer des risques sur la santé.

CHAPITR IV :

Matériels et méthodes

IV.1 Introduction

En Algérie, l'eau destinée à la consommation humaine est contrôlée. Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques doivent être surveillée quotidiennement et mensuellement pour produire une eau de qualité qui réponde aux normes fixées par l'OMS et les normes algériennes.

Ce chapitre décrit les analyses qui sont faits, quotidiennement ou mensuellement pour contrôler la potabilité de l'eau traitée par la station de potabilisation de barrage TILES DIT.

IV.1.1 Méthodes d'analyses :

IV.1.1.1 Analyses physico-chimiques :

IV.1.1.1.1 Le jar test

La détermination de ces grandeurs en laboratoire est réalisée par ce qu'on appelle le *jar test*. Il consiste en une rangée de béchers alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse. Les différents béchers ont reçu une dose différente de réactifs et à la fin de l'expérimentation, on détermine quels sont les couples quantités de réactifs/vitesse et temps d'agitation qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide, les floccs les plus gros et les mieux décantés. Concernant les vitesses d'agitation, la seule certitude est que la coagulation nécessite une vitesse d'agitation plutôt rapide (afin de bien mélanger l'eau et que les colloïdes et les cations métalliques se rencontrent et se neutralisent) et que la floculation, quant à elle, nécessite une vitesse relativement lente (afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes mais sans détruire les floccs déjà formés), ...etc. (figure IV-1)

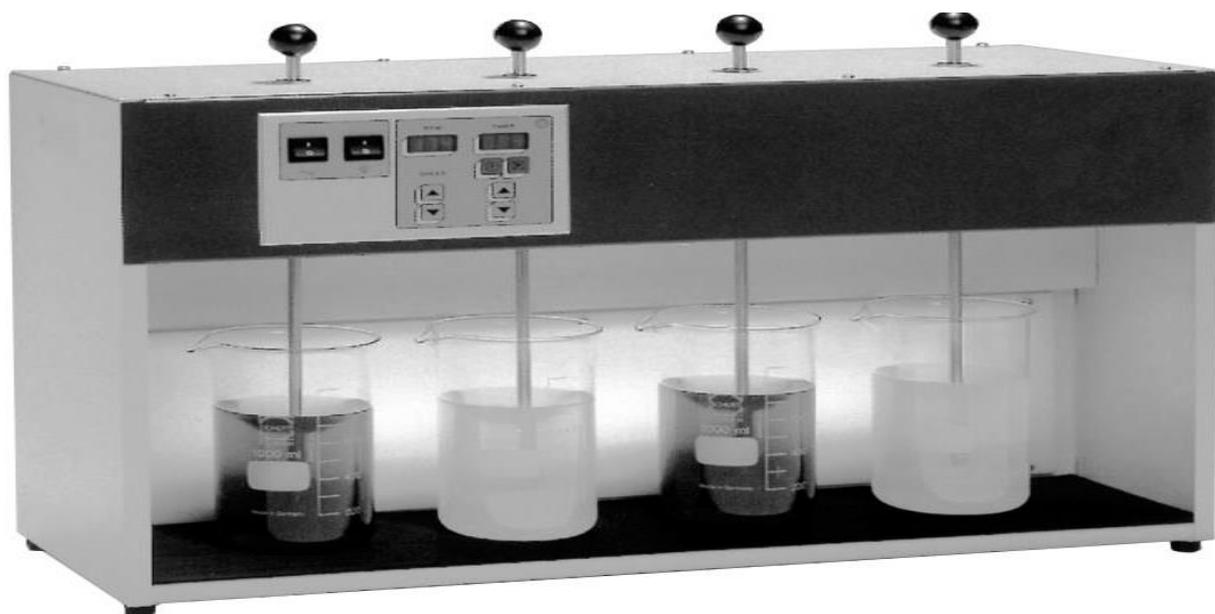


Figure 0-1: Le jar test

IV.1.1.2 Détermination des paramètres organoleptiques :

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif.

Ainsi que le goût et la couleur qui peuvent être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et olfactives.

IV.1.1.2.1 Mesure de la turbidité :

❖ Principe :

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc.

➤ Matériels :

Elle se détermine à l'aide d'un turbidimètre de paillasse HACH.

➤ Mode opératoire :

Avant d'effectuer les mesures on doit s'assurer de l'absence de bulles d'air et de la propreté de la cuve :

- Remplir le tube de mesure avec l'échantillon.
- Essuyer le tube de mesure.
- Introduire le tube de mesure dans la chambre.
- Fermer la chambre.
- Lire directement le résultat.

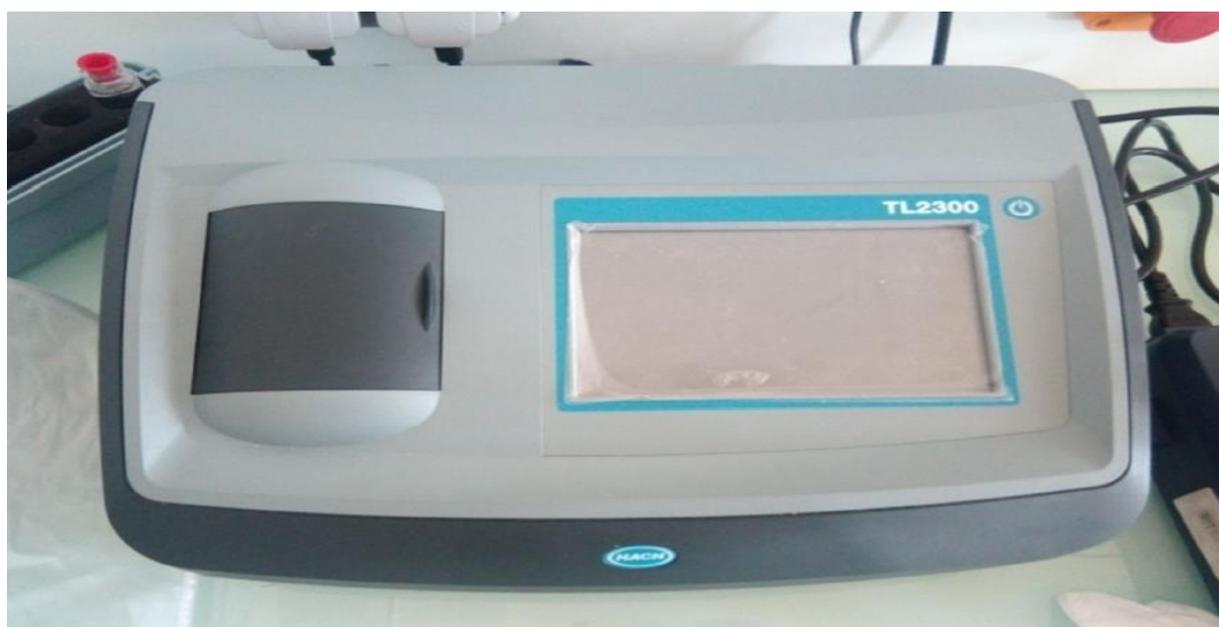


Figure 0-2: Turbidimètre de paillasse HACH.

IV.1.1.2.2 Potentiel d'hydrogène (pH) :

❖ Principe :

Le pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre électrode de mesure (électrode de verre) et une électrode de référence a potentiel connu (électrode au calomel a concentration saturée en KCl).

➤ Matériels :

- pH mètre de paillasse HACH.
- Becher.



Figure 0-3: pH-mètre de paillasse HACH.

▪ Réactifs

- Tampon pH =4.
- Tampon pH =7.
- Tampon pH =10.

➤ Mode opératoire

Étalonnage de l'appareil :

- Rincer l'électrode de pH mètre avec de l'eau distille.
- Placer l'électrode dans la solution tampon pH=7.
- Attendre que la mesure se stabilise.
- Re-étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH=10 et pH=4.

Mesure du pH :

Après avoir étalonne le pH-mètre avec trois solutions tampon de pH égal à 4, 7 et 10. On introduit l'électrode de l'appareil dans un bécher qui contient de l'eau à analyser.

La lecture se fait après stabilité de la valeur affichée.

IV.1.1.2.3 Conductivité électrique :

❖ Principe

La mesure est délimitée par deux électrodes de platine (Pt) maintenues parallèles.

➤ Matériels

- Conductimètre de paillasse Cond 3151, WTW
- Becher (ou un flacon.)



Figure 0-4: Conductimètre de paillasse Cond 3151, WTW.

➤ Mode opératoire

- Rincer l'électrode de conductimètre avec de l'eau distillée.
- Prolonger complètement l'électrode dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- Après la stabilisation de l'affichage on lit la valeur.

Les résultats s'expriment en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

IV.1.1.2.4 Température

❖ Principe

La mesure de la température s'effectue ainsi à l'aide d'une sonde thermométrique à résistance de platine, pour connaître la température d'un échantillon d'eau.

➤ Matériels

- pH mètre de paillasse HACH (équipe d'une sonde thermométrique).
- Becher.

➤ Mode opératoire

On prolonge la sonde thermométrique dans un b cher rempli de l'eau à analyser et on lit la valeur.

IV.1.1.2.5 Le chlore r sidual :

❖ Principe :

Dans une solution faiblement acide, le chlore libre réagit avec le dipropyl-phénylènediamine (DPD) pour donner un colorant rouge violet qui est dosé par photométrie.

➤ Matériels

- Comparsateur de chlore.
- Tubes à essais.



Figure 0-5: Comparsateur de chlore.

▪ Réactifs :

- DPD1.

➤ Mode opératoire :

Au moment de prélèvement, on injecte un comprimé du réactif DPD1 dans un tube de 10 ml d'eau à analyser et on mélange.

Après un certain temps on effectue la lecture avec un comparsateur de couleur positionné contre une source de lumière.

Les résultats sont exprimés en mg/l.

IV.1.1.2.6 Dosage des sulfates SO_4^{2-} :

❖ Principe

L'ion sulfate est précipité dans l'acide chlorhydrique contenant du chlorure de baryum d'une manière telle qu'il se forme des cristaux de sulfate de baryum de taille uniforme. L'absorbance de la suspension de sulfate de baryum est mesurée par spectrophotomètre.

➤ **Matériels**

- Eprouvette volumétrique de 50 ml.
- Pipettes volumétriques de 1 ml et 5 ml.
- Erlenmeyer de 250 ml.
- Spectrophotomètre UV-Visible DR 5000.
- Une poire.

▪ **Réactifs :**

- Acide chlorhydrique HCL N/10.
- Solution stabilisante de chlorure de Baryum BaCl₂.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml de HCl N/10.
- Ajouter 5 ml de la solution BaCl₂.
- Agiter 2 ou 3 fois énergiquement, laisser au repos pendant 15 mn, agiter à nouveau.
- Effectuer les lectures à $\lambda=650$ nm.

Les résultats sont exprimés en mg/l de SO₄²⁻.

IV.1.1.2.7 Dosage des chlorures (Cl⁻)

❖ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution de nitrate d'argent. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent avec des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur.

Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

➤ **Matériels**

- Ballon volumétrique de 250 ml.
- Eprouvette volumétrique de 100 ml.
- Pipette volumétrique de 1 ml.
- Burette volumétrique.
- Une poire.

▪ **Réactifs**

- Solution indicateur de chromate de potassium K₂CrO₄ a (10%) ;
- Solution de nitrate d'argent AgNO₃ (0.02 mol/l).

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium (coloration jaunâtre).

- Titrer avec la solution de nitrate d'argent a 0.02 mol/l jusqu'à coloration brun rougeâtre.
- Après addition d'une goutte de la solution NaCl, cette coloration doit disparaître.

Noter le volume d'AgNO₃.

Essai à blanc :

Utiliser 100 ml de l'eau distillée à la place de l'échantillon. La valeur ne devrait pas dépasser 0.2 ml d'AgNO₃.

Expression des résultats :

$$[Cl^-] = \frac{V_s - V_b}{V_a} \times C \times F \quad (mg/l) \dots \dots \dots (IV.1)$$

Tel que :

- V_s: volume d'AgNO₃ a 0.02 mol/l nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- V_b: volume d'AgNO₃ a 0.02 mol/l nécessaire pour le dosage de blanc.
- V_a: volume total de l'échantillon.
- C: la concentration réelle d'AgNO₃.
- F: facteur de correction du titre d'AgNO₃.

IV.1.1.2.8 Détermination de la dureté totale TH

❖ Principe

Les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ sont titrés par une réaction de complexation avec une solution de l'EDTA. A un pH de 10. Le mordant est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence de ces ions.

➤ Matériels

- Ballon volumétrique de 100 ml.
- Eprouvette volumétrique de 50 ml.
- Pipette volumétrique de 50ml.
- Burette d'EDTA.
- Poire.
- Agitateur magnétique.

▪ Réactifs

- Solution d'EDTA = 0.01 mol/l.
- Solution tampon pH=10.
- Indicateurs colores : mordant noir (noir eriochrome).

➤ Mode opératoire :

- Prendre 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 100 ml.

- Ajouter 4 ml de la solution tampon
- Ajouter 3 gouttes de noir erichrome (la solution doit se colorer en rouge fonce violet, et son pH doit être de 10).
- Titrer immédiatement avec l'EDTA (verser rapidement au début puis lentement vers la fin) jusqu'au virage bleu.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

Expression des résultats :

$$TH = V_{EDTA} \times 20 \text{ (mg CaCO}_3\text{/l)} \dots\dots\dots \text{(IV.2)}$$

IV.1.1.2.9 Dosage du calcium Ca^{2+} :

❖ Principe

Les ions calcium sont titrés avec une solution de l'EDTA à pH entre 12 et 13.

L'indicateur HSN forme un complexe rouge avec le calcium. Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde. L'EDTA réagit avec les ions Ca^{2+} libres puis avec les ions Ca^{2+} combinés avec le HSN qui vire de la couleur rouge au bleu clair ou violet.

➤ Matériels

- Eprouvette volumétrique de 50 ml.
- Flacon erlenmeyer de 100ml.
- Pipette volumétrique de 2 ml.
- Spatule.
- Burette de l'EDTA.
- Poire.

▪ Réactifs :

- Solution d'EDTA = 0.01 mol/l.
- Solution hydroxyde de sodium (NaOH) à 2N.
- Indicateur colore de Murexide.

➤ Mode opératoire :

- Prendre 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 2 ml de NaOH à 2N.
- Ajouter 0.2 g de murexide puis mélanger.
- Titrer immédiatement avec l'EDTA (verser lentement) jusqu'au virage violet.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

Expression des résultats

$$[Ca^{2+}] = 8 \times V \text{ (mg/l)} \dots\dots\dots(IV.3)$$

Avec : V: le volume de titrage.

$$[Mg^{2+}] = (V_{TH} - V_{Ca}) \times 4.86 \text{ (mg/l)} \dots\dots\dots(IV.4)$$

IV.1.1.2.10 Détermination de l'alcalinité TA et TAC

➤ **Principe**

L'alcalinité correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

- Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur en alcalins libres et carbonates alcalins caustiques.
- Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates (HCO_3 , CO_3 , OH^-).

➤ **Matériels**

- Eprouvette volumétrique de 100 ml.
- Flacon erlenmeyer.
- Burette volumétrique.
- Agitateur magnétique.
- pH mètre.

▪ **Réactifs :**

- Solution phénolphtaléine.
- Solution méthylorange.
- Solution HCl (0.02N).

➤ **Mode opératoire**

IV.1.1.2.11 Détermination de TA :

- Prendre 100ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 à 2 gouttes de solution phénolphtaléine, une coloration rose doit se développer ; si non TA est nul.
- Titrer avec la solution HCl a (0.02N), (soit V le volume d'acide utilise).

IV.1.1.2.12 Détermination de TAC :

- Prendre l'échantillon traite précédemment s'il n'y a pas eu de coloration.
- Ajouter 2 gouttes de solution de méthylorange (coloration jaune).
- Titrer avec la solution HCl (0.02N) jusqu'au virage du jaune a jaune orange, (Soit V le volume d'acide nécessaire pour le virage de l'indicateur).

Expression des résultats :

TA :

$$TA \text{ (meq/l)} = \frac{V}{S} \cdot F_{TA} = V \dots \dots \dots (IV.5)$$

TAC:

$$TAC \text{ (meq/l)} = (V - 0.5) \times 10, \bullet F_{TAC} = V - 0.5 \dots \dots \dots (IV.6)$$

HCO₃:

$$[HCO_3^-] = TAC \times 1.22 \dots \dots \dots (IV.7)$$

IV.1.1.3 Méthodes d'analyses des paramètres des pollutions :

IV.1.1.3.1 Oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide :

➤ **Principe :**

Elle consiste à mesurer, en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières oxydables contenues dans une eau.

➤ **Matériels**

- Flacons erlenmeyer de 100ml.
- Pipette volumétriques de 5 ml.
- Burette volumétrique.
- Poire.
- Eprouvette volumétrique.
- Un agitateur.
- Plaque chauffante.
- Thermomètre.

▪ **Réactifs :**

- H₂SO₄ 735 g/l (comme stabilisant).
- Solution de lavage : KMnO₄ acidifiée.
- Acide sulfurique 196 g/l.
- Solution de KMnO₄ a 0.01 N.
- Solution d'oxalate de sodium a 0.01 N.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 25 ml d'eau à analyser stabilisée.
- Ajouter 5ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement.
- Placer le flacon sur plaque chauffante pendant 10 mn.
- Ajouter 5ml de la solution de KMnO₄ ; noter l'heure.
- Après 10 mn, ajouter 5 ml de la solution d'oxalate de sodium et attendre la décoloration de la solution.

- Titrer l'échantillon encore chaud avec la solution de KMnO_4 à 0.01N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pale. Noter le volume V_{Ech} .
- Procéder à un essai à blanc dans les mêmes conditions mais sur 25ml d'eau distillée. Soit V_0 le volume de KMnO_4 utilise.

IV.1.1.3.2 Vérification du titre de la solution de KMnO_4 (étalonnage) :

- Ajouter 5ml de la solution d'oxalate de sodium à l'essai à blanc.
- Si nécessaire réchauffer la solution à 80° .
- Titrer avec la solution de KMnO_4 jusqu'à l'apparition d'une coloration rose ; soit V_T le volume utilise.

Expression des résultats :

La quantité de matière oxydable par le permanganate de potassium exprimée en mg/l d' O_2 , est donnée par la formule suivante :

$$\text{M.O} = f \times \frac{V_{\text{Ech}} - V_0}{V_t} \dots\dots\dots(\text{IV.8})$$

$$\text{M.O} = 16 \times \frac{V_{\text{Ech}} - V_0}{V_t} \dots\dots\dots(\text{IV.9})$$

V_{Ech} : Volume de KMnO_4 consomme par l'échantillon.

V_0 : Volume de KMnO_4 consomme par l'essai à blanc.

V_T : Volume de KMnO_4 consomme pour l'étalonnage.

F: facteur en mg/l pour recalculer l'oxygène et tenir compte de volume d'échantillon utilisé.

Remarque :

Ajouter 5ml de H_2SO_4 a 1 litre d'échantillon avant ou après le prélèvement.

IV.1.1.3.3 Dosage des ions nitrites NO_2 :

➤ **Principe :**

En milieu acide (pH=1.9), les ions nitrite réagissent avec le réactif amino-4- benzène sulfonamide ($\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$) en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel de diazoïque selon une réaction appelé dilatation, qui forme un complexe de coloration rose ; qui est mesuré par spectrophotométrie a la longueur d'onde $\lambda = 540 \text{ nm}$.

La méthode est applicable à des concentrations des ions nitrites jusqu'à 0.25 mg/l de NO_2 .

➤ **Matériel utilisé :**

- Eprouvette volumétrique de 50ml.
- Pipettes volumétrique de 1mL.
- Fiole jaugée de 50mL.

- Spectrophotomètre.

▪ **Réactifs :**

Réactif colore 1 (amino-4-benzene sulfonamide ($\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$)).

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 40 ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif colore 1.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au 50 ml.
- Laisser reposer 20 mn.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre a la longueur d'onde de 540 nm.

Expression des résultats

Le résultat donne la teneur en azote nitreux N- NO_2 exprime en mg/l, pour obtenir la teneur en nitrite NO_2 , on multiplie le résultat par 3.29.

IV.1.1.3.4 Dosage de l'ammonium NH_4^+ :

❖ **Principe :**

En milieu alcalin l'ammoniaque réagit quantitativement avec l'hypochlorite et donne du monochloramine. Cette dernière forme avec du salicylate de sodium en présence de nitrosopentecyanoferrate 3, un composé bleu, susceptible d'un dosage colorimétrique a une longueur d'onde de 655 nm.

➤ **Matériels :**

- Eprouvette volumétrique de 50ml.
- Pipettes volumétrique de 5mL.
- Fiole jaugée de 50mL.
- Poire.
- Spectrophotomètre.

▪ **Réactifs:**

- Réactif colore.
- Dichloroisocyanurates de sodium.

➤ **Mode opératoire:**

- Prendre 40ml de l'eau à analyser.
- Ajouter 4ml du réactif colore 1.
- Homogénéiser bien la solution.
- Ajouter 4ml de la solution Dichloroisocyanurates de sodium; le pH doit être égal à 12.

- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au 50ml.
- Laisser reposer 60 mn.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre a la longueur d'onde de 655 nm.

Expression des résultats

Le résultat donne la teneur en ammonium exprime en mg/l de N, pour obtenir la teneur en NH₄ on multiplie le résultat par 1.28.

IV.1.1.4 Les analyses microbiologiques :

IV.1.1.4.1 Exécution des analyses bactériologiques :

IV.1.1.4.1.1 Méthode solide (la membrane filtrante):

❖ Principe :

Elle consiste à faire passer un liquide à travers un filtre dont les pores ont un diamètre de 0,45m ; les micro-organismes sont retenus par le filtre. Pour forcer ce liquide à traverser le filtre on utilise deux solutions :

- Mise en pression du liquide par l'intermédiaire d'un piston.
- Aspiration du liquide en créant par exemple une enceinte dépressurisée de l'autre cote du filtre.

IV.1.1.4.1.2 La recherche et le dénombrement des germes totaux (ISO 6222 ; 1999) :

❖ Principe :

Les micro-organismes reviviscibles se définissent comme étant la totalité des bactéries,

Levures et moisissures capables de former des colonies dans ou sur le milieu de culture spécifique dans les conditions d'essai décrites.

➤ Mode opératoire :

- On prend deux boites de pétri vides et stériles et on note sur chaque boite la date et la température d'incubation.
- Près d'un bec benzène ; on prélève 2 fois 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boite.
- On fait couler la gélose Glucosée Tryptonee extrait Agar (TGEA) environ 15 ml préalablement fondue et refroidie à 45 °C.
- On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène puis laisser solidifier.

Incubation et lecture :

- Retourner les boîtes et incuber, l'une à 37 °C pendant 24 h à 48 h, l'autre à 22 °C pendant 72 h. La lecture se fait après chaque 24 h.
- On calcule le nombre de colonies formées présentes dans un millilitre d'échantillon.

Expression des résultats :

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par ml (Germe/1 ml).

IV.1.1.4.1.3 La recherche et le dénombrement des coliformes totaux (ISO 9308 ; 1990) :**❖ Principe :**

Après filtration de l'eau à analyser, la membrane est déposée sur un milieu gélose approprié. Ceci permet aux colonies de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures, et donne un aspect suffisamment caractéristique.

➤ Mode opératoire :

- Mettre en marche la trompe à eau.
- Flamber la surface supérieure de la filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme) et le réservoir.
- 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 (100 ml).
- Ouvrir le robinet pour laisser l'eau s'écouler.
- Dès que la membrane paraît sèche, enlever le réservoir et prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son extrême bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose ENDO) en prenant soin de ne pas piéger des bulles d'air.

Incubation et lecture :

- Incuber à 37°C les boîtes de pétris, le couvercle vers le bas.
- Après 24 heures d'incubation. Toutes les colonies suspectes lactose positif sont comptées puis repiquées sur le milieu TSI pour confirmer l'utilisation du lactose et le dégagement du gaz, caractère principal des coliformes.
- Pour le milieu Triple sugar iron (TSI) inoculer la colonie isolée à l'aide d'une pipette pasteur stérile à la fois en stries à la surface de l'agar (plan incliné) et par piqure centrale sur toute la profondeur du tube.
- Ensuite incuber à 37°C pendant 24 h.

Remarque : Les tubes de TSI présentant un virage au jaune + production de gaz sont considérés comme étant positif c'est-à-dire présence des coliformes totaux.

IV.1.1.4.1.4 La recherche et le dénombrement des coliformes thermo-tolérants (fécaux) (ISO 9308 ; 1990) :

- Inoculer le contenu de chaque tube TSI positif dans un tube de Schubert en versant le contenu de ce dernier dans le tube de TSI puis renverser l'inoculum dans le tube de Schubert.

Incubation et lecture :

- Incuber à 44 °C pendant 24 h.
- Après 24 h d'incubation, tous les tubes présentant une culture, du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs, c'est-à-dire comme contenant des coliformes fécaux.

IV.1.1.4.1.5 La recherche et le dénombrement des Escherichia coli (ISO 9308, 2000) :

- Inoculer le contenu de chaque tube de Schubert positif, puis ajouter quelques gouttes du réactif de Kovac.

La lecture :

Apparition d'un anneau rouge, (témoin de la production d'indole par *E-Coli*), c'est-à-dire présence d'*E-coli*.

IV.1.1.4.1.6 La recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux (NA 765) :

❖ Principe :

Après filtration sur une membrane, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies de Streptocoques fécaux.

➤ Mode opératoire :

- On filtrera les mêmes quantités d'eau que pour la volumétrie selon la même technique.

Le milieu utilisé dans ce cas est le milieu de Slanetz.

- Après filtration, les membranes sont disposées sur le milieu Slanetz.

Incubation et lecture :

- Incubée à 37 °C pendant 48 h. Après 48 h d'incubation, les colonies roses à marron qui apparaissent sont considérées comme résultat positif, c'est-à-dire présence des Streptocoques fécaux.

- Pour la confirmation (test confirmatif), transférer la membrane sur le milieu Bille esculine azide (BEA), puis incube à 44°C. La lecture se fait après 2 à 3 heures.
- La présence de noircissement implique la présence des Streptocoques fécaux.

Expression des résultats :

Le résultat est donné en nombre de germes par 100 ml.

IV.1.1.4.1.7 La recherche et le dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* (Rodier J ;2005) :**❖ Principe :**

Après traitement de l'échantillon par la chaleur pour détruire les formes végétatives, la filtration sur membrane est déposée sur un milieu sélectif (viande foie) Incubées dans des conditions permettant une croissance en anaérobiose, les colonies *sulfito-reductrices* sont reconnaissables par un halo noir.

➤ Mode opératoire :

- Remplir 100 ml d'eau à analyser dans un flacon, le porter au bain marie à 80°C pendant 10 minutes, puis le refroidir brutalement sous l'eau de robinet.
- Retirer la membrane de 0,22 μ m de porosité à l'aide d'une pince stérile après filtration, puis la placer à l'inverse dans la boîte de pétri.
- Couler la gélose viande foie (VF) sur la membrane, après refroidissement ajouter la deuxième couche de la gélose.

Incubation et lecture :

- L'incubation se fait à 37°C pendant 48 heures.
- En tenant compte du volume de la prise d'essai et du nombre de colonies observées sur la membrane, exprimer le résultat en nombre de spores de bactéries anaérobies *sulfito-réductrices* dans 100 ml.
- Les *Clostridium sulfito-réducteurs* réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir du a la formation de sulfure de sodium.

IV.1.1.4.1.8 Méthode liquide (Le Nombre le Plus Probable NPP) :**❖ Principe :**

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des bactéries dans les eaux destinées à la consommation humaine ; en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable NPP. On applique cette méthode sur les eaux brutes en général.

La recherche et le dénombrement des bactéries, se fait dans deux milieux de culture :

- BCPL pour la recherche des coliformes totaux, coliformes fécaux, l'*Escherichia coli*.
- ROTH pour la recherche des streptocoques fécaux.

Cette technique est basée sur deux étapes consécutives :

- Le test de présomption.
- Le test de confirmation.

IV.1.1.4.1.9 La recherche et le dénombrement des coliformes totaux, des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli* (ISO 9308-3 ; 1999) :

❖ Principe :

Les résultats positifs permettent de donner le nombre le plus probable des coliformes totaux par la consultation de la table NPP.

➤ Mode opératoire :

➤ 1 ère étape :

Test présomptif :

- Une série de trois tubes de 10 ml de bouillon lactose au pourpre (B.C.P.L) double concentré (D/C) auquel on ajoute 10 ml d'eau à analyser.
- Une série de trois (03) tubes de 10ml de bouillon, de (B.C.P.L) en simple concentration (S/C) auquel on ajoute 1 ml d'eau à analyser dans chaque tube.
- Une série de trois (03) tubes de 10 ml de B.C.P.L en simple concentration(S/C) au quelle on ajoute 0,1ml d'eau à analyser dans chaque tube.

Incubation et lecture :

- Incuber à 37 C° pendant 24 heures à 48 heures.
- Un trouble microbien accompagne d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) avec la production de gaz présent dans la cloche de Durham indique une présence de germes coliformes dans l'eau.

➤ 2^{ème} étape :

Test confirmatif :

- Ensemencer 6 à 8 gouttes des milieux positifs (virage au jaune et production de gaz) dans des tubes contenant un milieu appelé Schubert.

Incubation et lecture :

- Incuber à 44 C° pendant 24 heures.
- Une réaction positive est traduite par : Virage au jaune et production de gaz.
- Formation d'un anneau rouge, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après addition de quelques gouttes de réactif de Kovac, dans ce cas on confirme la présence d'*Escherichia coli* dans l'eau analysée.

- La lecture des résultats qualitatifs se fait à partir du tableau de N.P.P (nombre le plus probable) le résultat est donné par le nombre de germes, dans 100 ml d'eau analysée.

IV.1.1.4.1.10 La recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux :

❖ Principe :

On utilise le milieu de culture Rothe dans le premier test, le repiquage des tubes positifs sur un milieu qui ne laisse développer que les Streptocoques fécaux (Milieu Eva Lits Ky).

➤ Mode opératoire :

➤ 1^{ère} étape :

Test présomptif :

- Une série de trois (03) tubes de 10 ml de bouillon lactose a l'azide de sodium (milieu de Rothe) en double concentration à laquelle on ajoute 10 ml d'eau à analyser.
- Une série de trois (03) tubes de 10 ml de bouillon de Rothe en simple concentration à laquelle on ajoute 1 ml d'eau à analyser dans chaque tube.
- Une série de trois (03) tubes de 10 ml de bouillon de Rothe en simple concentration à laquelle on ajoute 0,1 ml d'eau à analyser dans chaque tube.

Incubation et lecture :

- Incuber ces milieux à 37 C° pendant 24 heures à 48 heures.
- Une lecture positive est traduite par un trouble de milieu.

➤ 2^{ème} étape :

Test confirmatif :

On procède au test confirmatif qui consiste à :

- Ensemencer 6 à 8 gouttes des réactions positives dans un milieu sélectif : bouillon glucose a l'éthyle violet a l'azide de sodium (milieu d'Eva-Lits Ky)

Incubation et lecture :

- Incuber ces milieux à 37 C° pendant 24 heures.
- Une réaction positive est annoncée en présence d'une pastille violette au fond des tubes, ce qui prouve la présence de Streptocoques fécaux, le nombre de ces derniers est déterminé à l'aide des tables N.P.P.

Conclusion :

Ce chapitre permis d'identifier toutes les analyses physico-chimique et bactériologiques faits au niveau de laboratoire ainsi que les différents modes opératoires et les appareils de mesure.

CHAPITRE V :

Résultats et

Discussion

V.1 Introduction

Afin de vérifier la qualité de l'eau brute du barrage de TILES DIT (**EB** représente les eaux **brute**) et la potabilité de celle traitée par la station de traitement (**ET** représente les eaux **traitée**), des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées sur des échantillons d'eau brute et d'eau traitée, provenant respectivement du barrage et de la station de traitement. L'étude s'est étalée sur une période de 2 mois, Mars et Avril 2022 (Annexe 2 et 3).

Les résultats des analyses effectuées sont présentés et commentés comme suit :

V.1.1 Paramètres physico chimiques :

V.1.1.1 Température :

La variation des températures dans les deux mois mars et avril sont illustrées sur la figure (V-1).

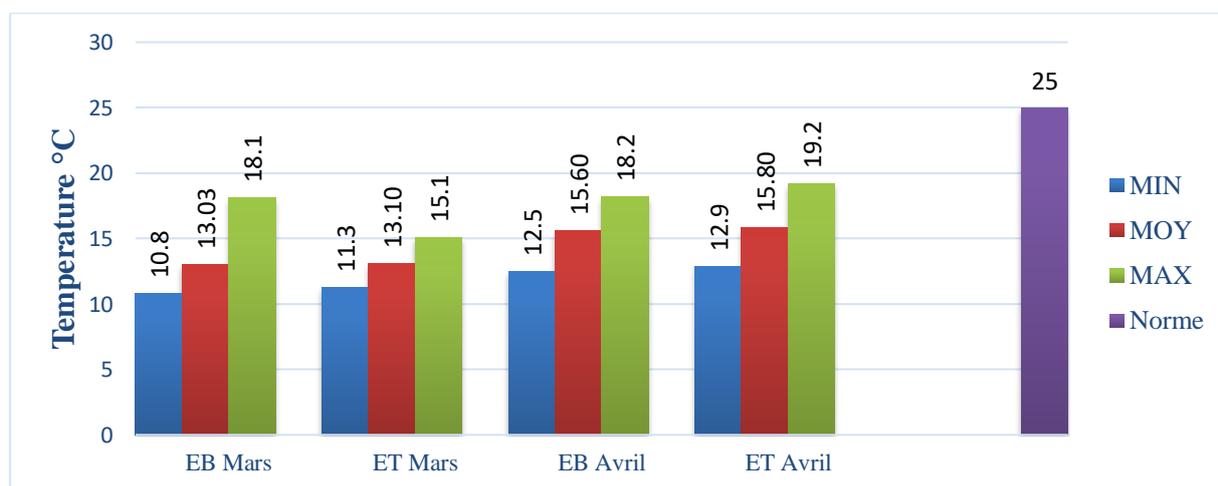


Figure 0-1: Variation de la température avant et après traitement.

On remarque sur le graphe que les températures sont constantes dans les deux (2) mois dans les eaux de surface et les eaux traitées.

La valeur maximale est de 19°C en mois d'Avril. Valeur répondant aux normes Algérienne estimés de 25°C.

V.1.1.2 pH :

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, La norme édictée par la recommandation algérienne pour le ph l'eau potable prévoit une marge de pH allant de 6.5 à 9.

Les résultats obtenus pour le pH sont présentés dans la figure (V-2).

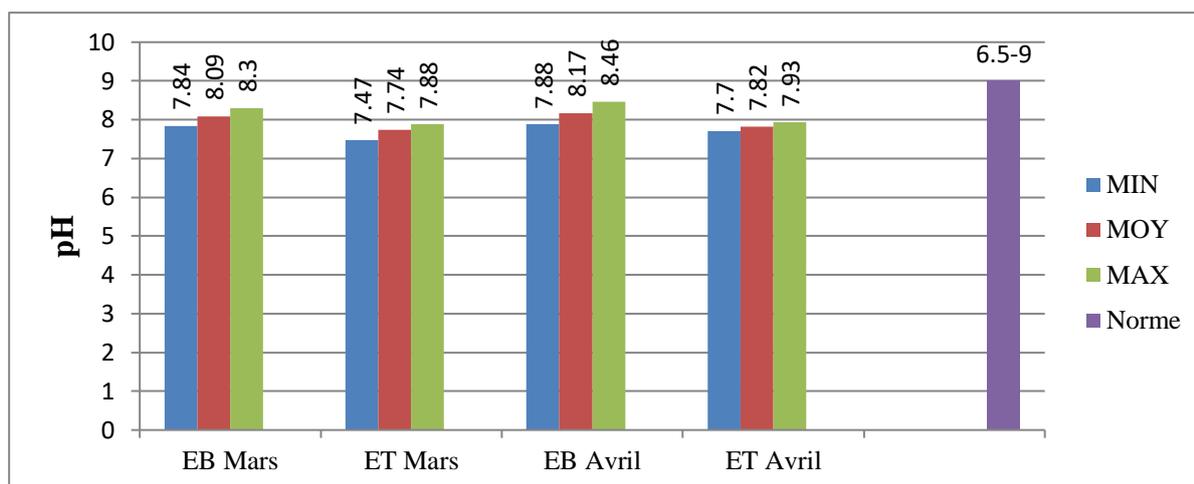


Figure 0-2: Variation du pH avant et après traitement.

La figure ci-dessus nous montre que dans les deux mois d'étude la valeur moyenne de pH est d'environ 8, que ce soit pour les eaux brutes du barrage ainsi que les eaux traitées, cette valeur est légèrement alcaline et elle due à la présence de carbonate et bicarbonate ce qui est expliquée aussi par la chaîne de Djurdjura qui appartient à la chaîne calcaire.

V.1.1.3 Turbidité :

La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux et la dissolution des végétaux.

Les résultats obtenus pour la turbidité sont présentés dans la figure (V-3).

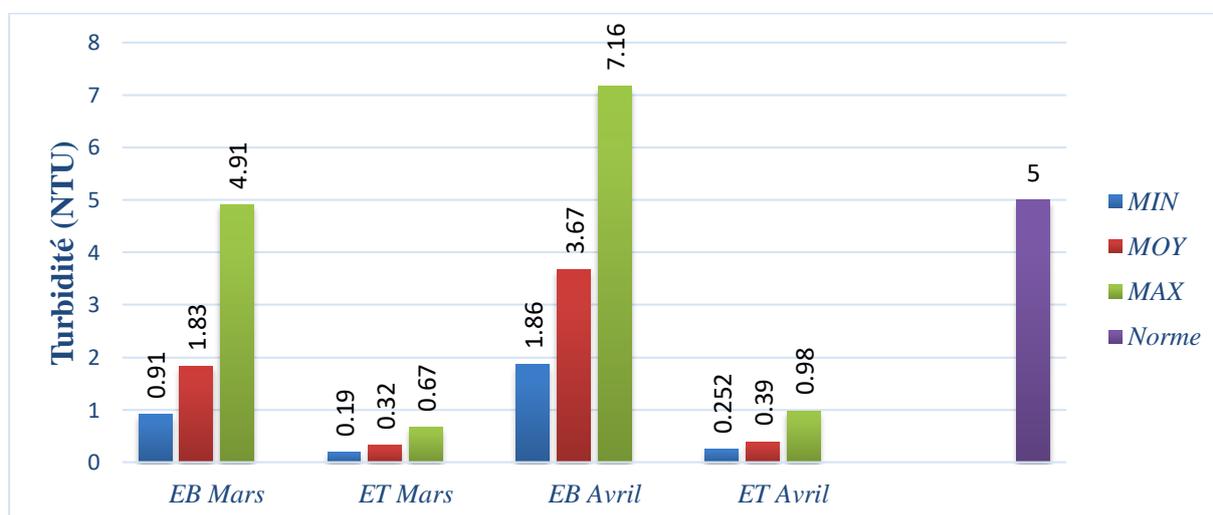


Figure 0-3 : Variation de La turbidité avant et après traitement.

A partir de la figure (V-3), on a enregistré une valeur moyenne de 1.83 NTU en mois de mars qui a été presque doublée en mois d'avril 3.86 NTU, elle peut être d'origine naturelle (dégradation des végétaux), anthropique (dégradation des déchets), les bactéries et les micros algues.

L'objectif de traitement est de diminuer la turbidité de l'eau en éliminant toute sorte de matière organique, matière en suspension, etc. Cet objectif est atteint au niveau de la sortie de la station de traitement, en respectant la norme Algérienne fixées de 5 NTU.

V.1.1.4 Conductivité électrique :

La conductivité est la capacité à conduire le courant. Cette conductivité exprimée en ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), donne des informations importantes sur la minéralisation de l'eau. Les ions responsables de la conductivité sont le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le bicarbonate, le sulfate et le chlorure.

Les résultats obtenus pour l'analyse de la conductivité sont présentés dans la figure (V-4).

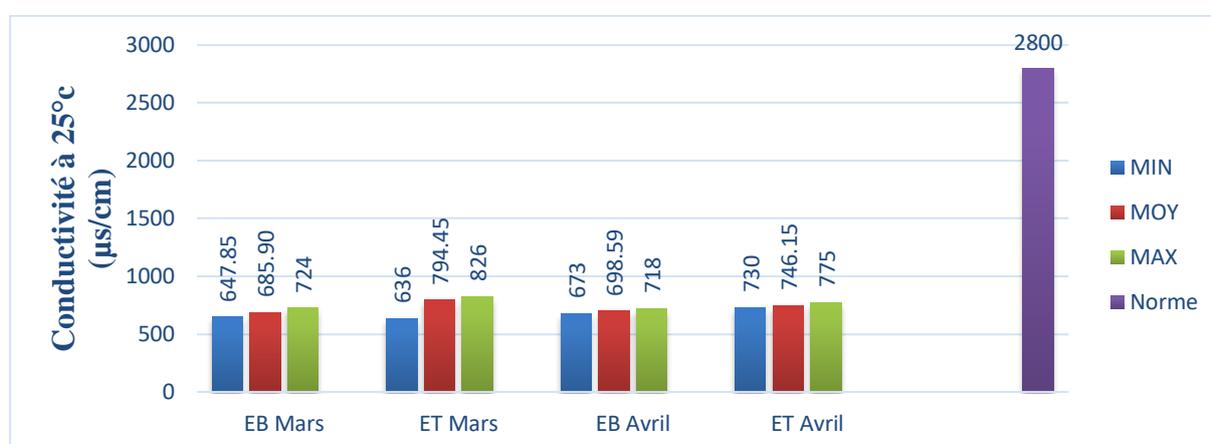


Figure 0-4: Variation de la conductivité avant et après traitement.

A partir de la figure (V-4), nous remarquons une légère variation de la conductivité pour les eaux de surface ainsi que pour les eaux traitées durant les deux mois.

D'après la valeur maximale enregistrée en mois de mars qui atteint $724\mu\text{S}/\text{cm}$, on peut constater que ces eaux sont fortement minéralisées.

L'eau traitée présente une augmentation de conductivité expliquée par l'augmentation des ions après désinfection par l'eau de javel.

On peut conclure que tous les résultats obtenus sont conformes aux normes de la réglementation algérienne qui fixe la valeur en $2800\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximale.

V.1.1.5 Oxygène dissous :

Les teneurs en oxygène dissous enregistrées au niveau du barrage TILES DIT et de la station de traitement durant la période d'étude, sont illustrées sur la figure ci-dessous.

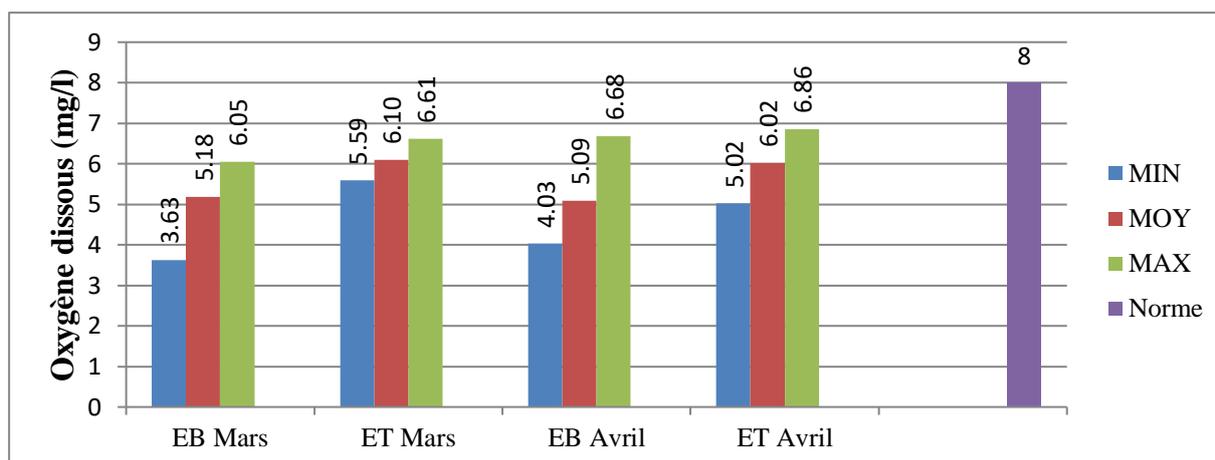


Figure 0-5 : Variation de l'Oxygène dissous avant et après traitement.

On remarque sur la figure (V-5) que les concentrations en oxygène dissous enregistrer dans ces deux mois sont élevée dans les eaux traitées par rapport à l'eau brute et ne dépasse pas le seuil recommander 8 mg/l ce qui répond à la norme.

On note aussi que la teneur en oxygène dissous est toujours plus élevée à la sortie de la station de traitement par rapport à l'eau brute. Cette augmentation en teneur en oxygène dissous peut être expliquée par la libération du maillage moléculaire de l'eau par élimination des matières dissoutes telles que les molécules organiques.

V.1.1.6 Salinité :

La variation de la salinité des eaux de barrage et celle de la station de traitement sont illustrées sur la figure (V-6)

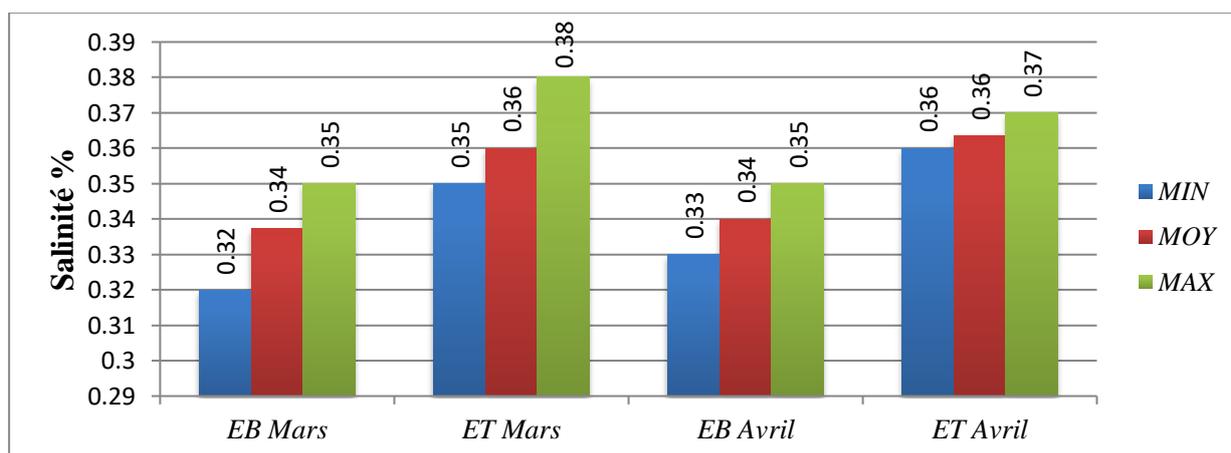


Figure 0-6 : Variation de La Salinité avant et après traitement.

Généralement, la salinité dans les eaux de surfaces est presque nulle, on peut remarquer dans les résultats obtenus des valeurs inférieures à 0.38%, ce qui implique que les eaux de barrage sont conformes.

V.1.1.7 TDS:

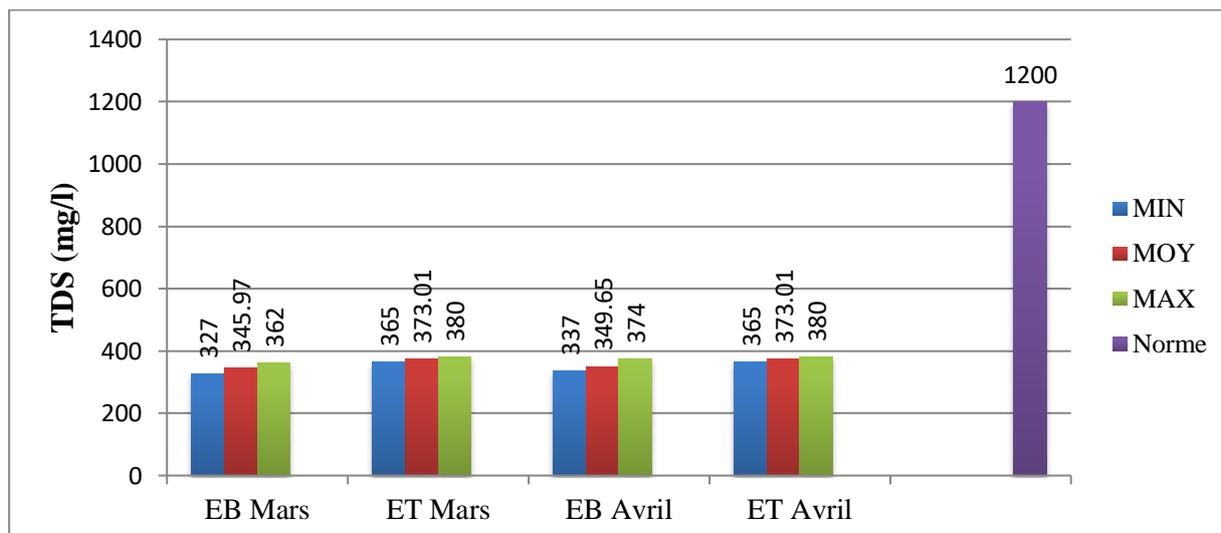


Figure 0-7 : Variation de La TDS avant et après traitement.

V.1.2 Paramètres de pollution :

V.1.2.1 Ammonium NH₄⁺ :

L'ammonium est l'un des paramètres de pollution qu'on peut trouver dans une eau, La figure suivante représente la variation de la teneur en ammonium pour les eaux du barrage et celles destinées pour la consommation.

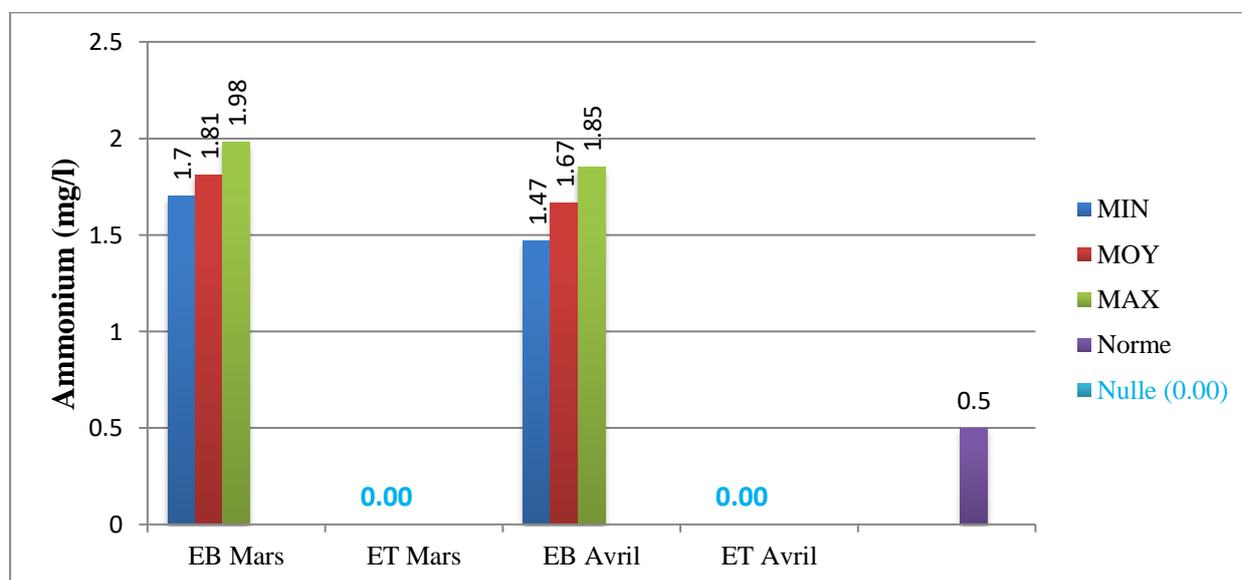


Figure 0-8 : de l'ammonium avant et après le traitement.

On remarque par l'analyse de graphe ci-dessus que la concentration de NH₄⁺ est élevée dans les eaux brutes en mois de mars et avril, ce qui peut être due aux rejets des eaux usées de la ville de Bouira traversant l'oued eddous.

Après le traitement la concentration de NH₄⁺ est nulle ce qui nous indiquons que l'eau traitée est très conforme.

V.1.2.2 Nitrite NO_2^- :

La figure (V-9) nous montrons la variation de la concentration des nitrites NO_2^- dans les deux mois d'étude.

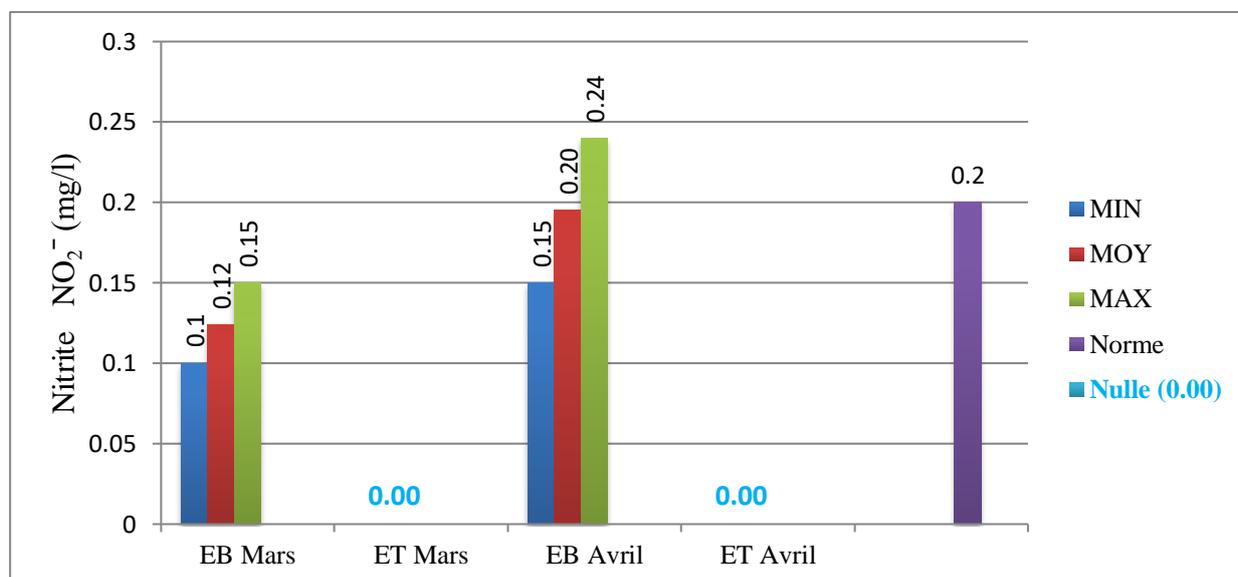


Figure 0-9: variation des nitrites avant et après le traitement.

On remarque sur la figure ci-dessous, la concentration des nitrites dans l'eau brute du barrage est presque nulle dans le mois mars, par contre dans le mois d'avril la concentration dépasse la norme, ce qui peut être justifié par l'apport important en nitrites par les eaux de ruissellements traversant des terres agricoles.

L'absence des nitrites dans l'eau traitée traduit l'efficacité du traitement effectué.

V.1.2.3 Nitrate NO_3^- :

La teneur en nitrates des échantillons analysés est représentée par la figure (V-10)

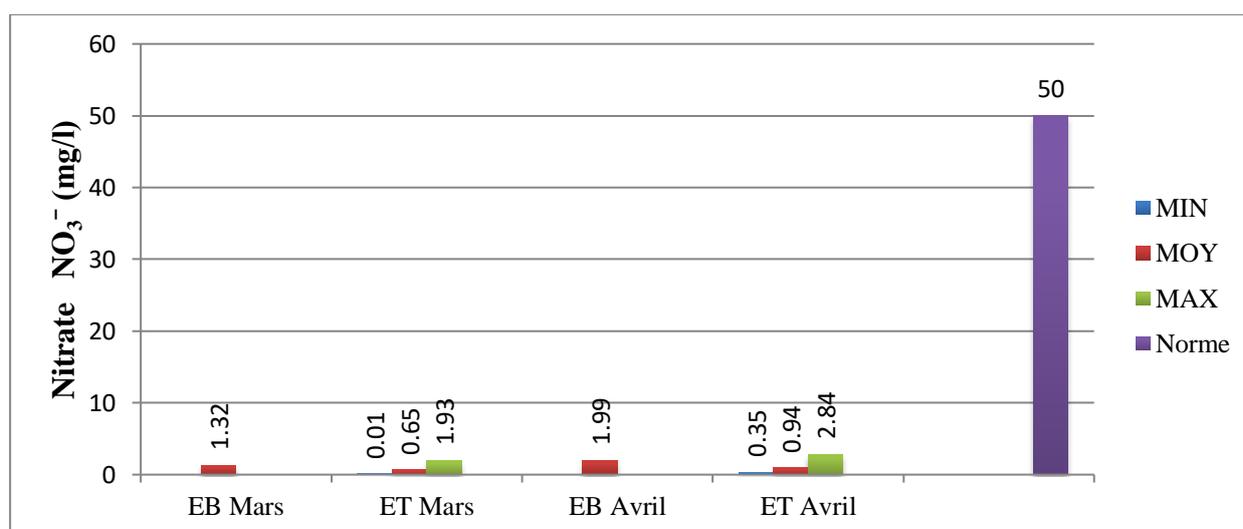


Figure 0-10: variation des nitrates avant et après le traitement.

D'après les résultats, les valeurs sont très variables.

La concentration des nitrates dans l'eau brute est comprise entre une valeur minimale de 1.32 mg/l et une valeur maximale de 1.99 mg/l.

En revanche, dans les eaux traitées la concentration des nitrates est entre deux valeurs respectivement de 0.01 mg/l et 2.84 mg/l.

La norme algérienne indique que la concentration des nitrates recommandées est de 50 mg/L, valeur qui n'est pas dépassée pour tous les prélèvements effectués, donc la limitation est assurée.

V.1.2.4 Phosphate PO_4^{3-} :

Les rejets d'eaux domestiques constituent généralement la principale source de pollution des eaux par les phosphates. La figure (V-11) illustre la variation des teneurs en phosphate pour les eaux brutes et après traitement.

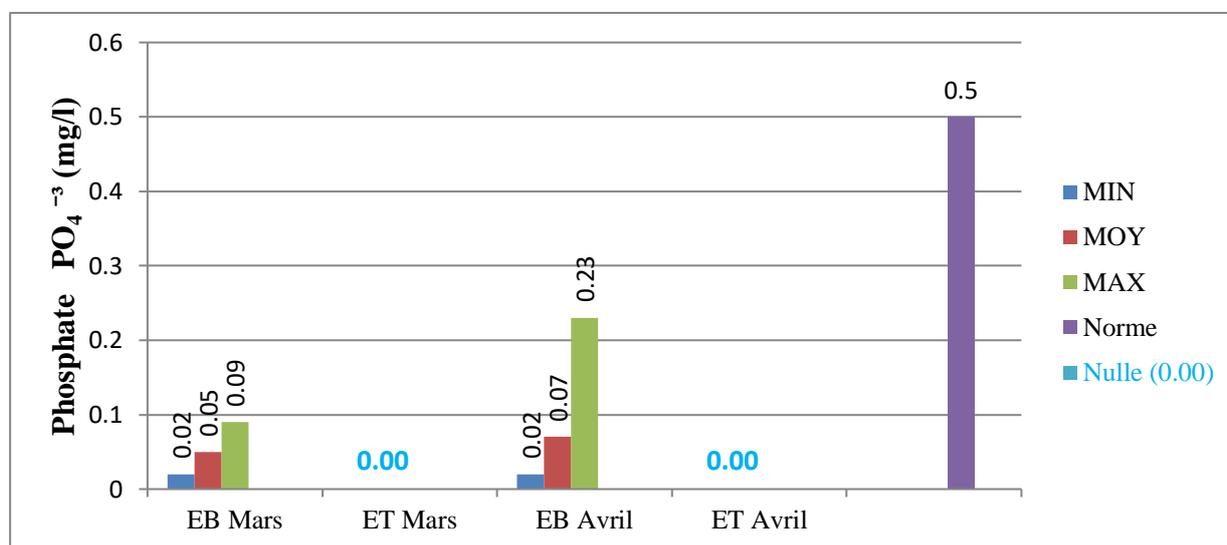


Figure 0-11 : variation de phosphate avant et après le traitement.

D'après la figure on peut remarquer une légère augmentation de la teneur en phosphate dans les eaux brutes du barrage dans les deux mois d'étude, ce qui peut être d'origine naturelle, urbaine (composant des détergents) ou agricole (lessivage d'engrais).

Après le traitement on constate l'élimination totale de taux de phosphate, ce qui répond aux normes algériennes de potabilisations.

V.1.3 Minéralisation globale :

V.1.3.1 Calcium Ca^{2+} :

La figure (V-12) nous montrons la variation de la concentration en Calcium Ca^{2+} dans les deux mois d'étude, pour les eaux de surfaces et les eaux traitées.

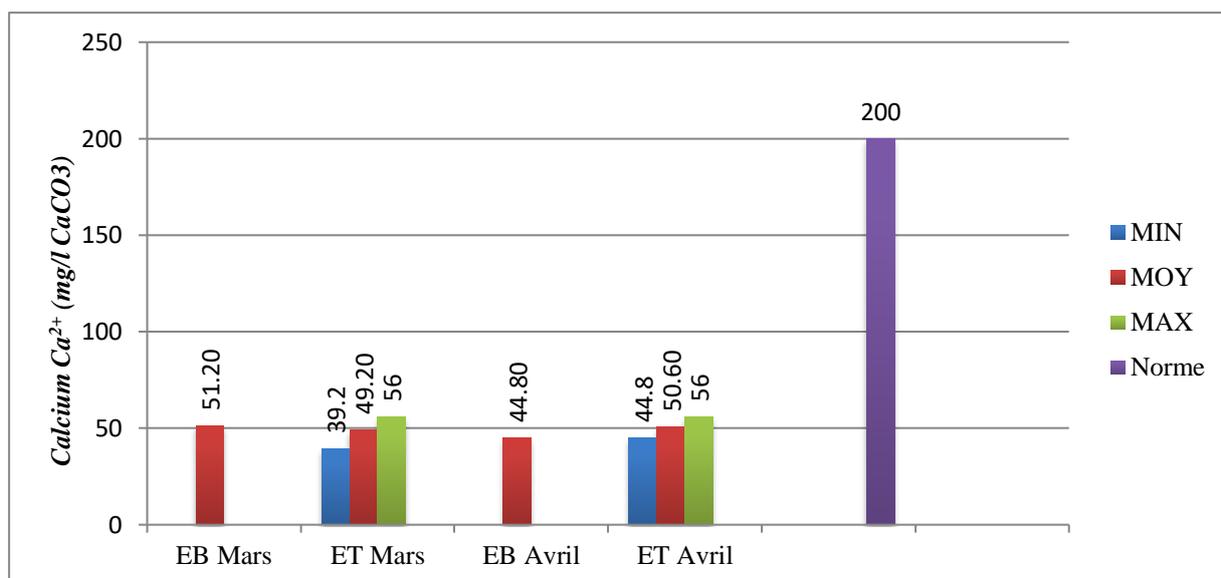


Figure 0-12 : Variation de la concentration de Calcium avant et après le traitement.

La figure (V-12) montre que les concentrations en calcium restent presque constantes entre l'entrée de la station et la sortie, avec une légère augmentation justifiée par l'apport important en calcium par les eaux de ruisselées par l'oued eddous...etc. Mais ces valeurs sont conformes aux normes (<200 mg /l).

V.1.3.2 Magnésium Mg²⁺ :

La variation des teneurs en magnésium des eaux de surface de barrage TILESDIT et celle produite par la station de traitement sont illustrées dans la figure (V-13) :

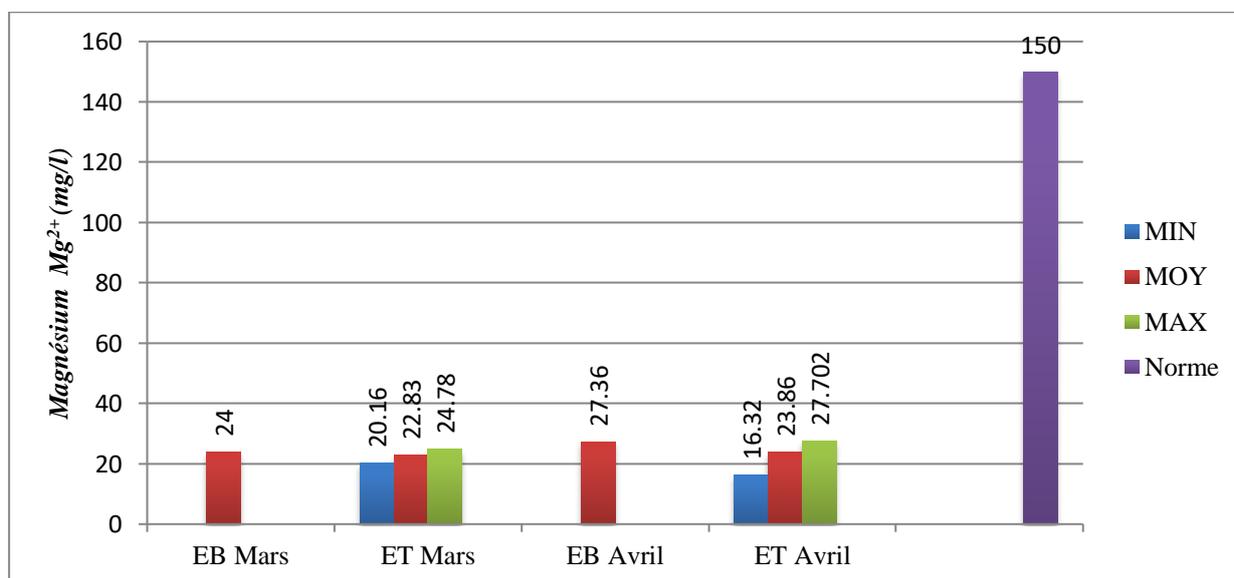


Figure 0-13 : Variation de la concentration en de Magnésium avant et après le traitement.

Dans notre étude, On remarque la présence de magnésium en faible concentration que ce soit pour les eaux brute de barrage ou bien les eaux désignées à la consommation avec une légère oscillation entre 20.16 et 27.00 mg/l.

Ces concentrations ne dépassent pas les valeurs fixées par la norme Algérienne 150 mg/l.

V.1.3.3 Sodium Na^+ :

La figure (V-14) nous montrons la variation de la concentration en Sodium Na^+ dans les deux mois d'étude, pour les eaux de surfaces et les eaux traitées.

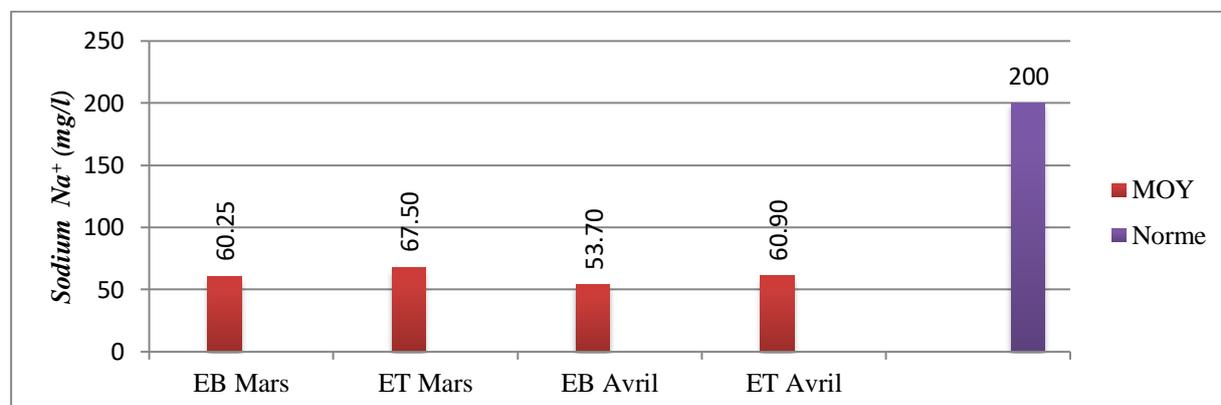


Figure 0-14 : Variation de la concentration en de Sodium avant et après le traitement.

On remarque dans la figure ci-dessus que la concentration de sodium dans les eaux brutes est constante dans le mois de mars (60.25 mg/l) et (53.7 mg/l) dans le mois d'avril avec une légère augmentation de sa concentration après le traitement qui atteint (67.5 mg/l) et (60.9mg/l) pour les deux mois respectivement, d'après ces résultats on peut dire que ces eaux ont un gout agréable.

Mais cette valeur reste toujours loin de la valeur maximum fixée par la norme algérienne.

V.1.3.4 Potassium K^+ :

Le potassium est un élément naturellement présent dans les eaux de surface mais peut également provenir de l'activité humaine, la variation de ces concentrations avant et après le traitement sont illustrée sur la figure (V-15) :

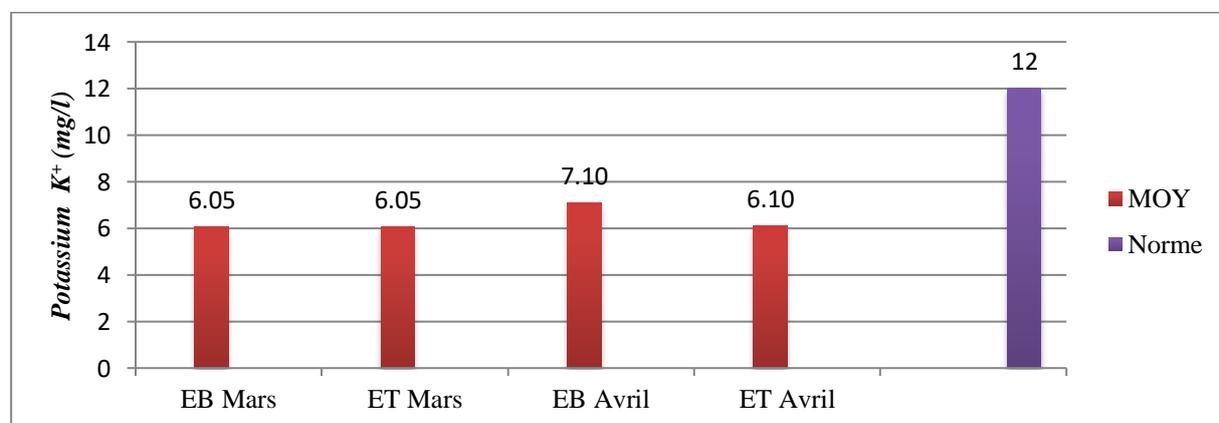


Figure 0-15 : Variation de Potassium avant et après le traitement.

D'après la figure (V-15), on peut constater que l'eau brute et l'eau traitée ont les mêmes concentrations en potassium dans le mois de Mars et une légère diminution de sa concentration dans le mois d'Avril. Mais toujours sa restent dans les valeurs fixées par la norme algérienne de l'eau potable.

V.1.3.5 Chlorures Cl^- :

La figure (V-16) représente la concentration de chlorure des eaux brute de barrage TILES-DIT et celle obtenue après les procédés de traitement :

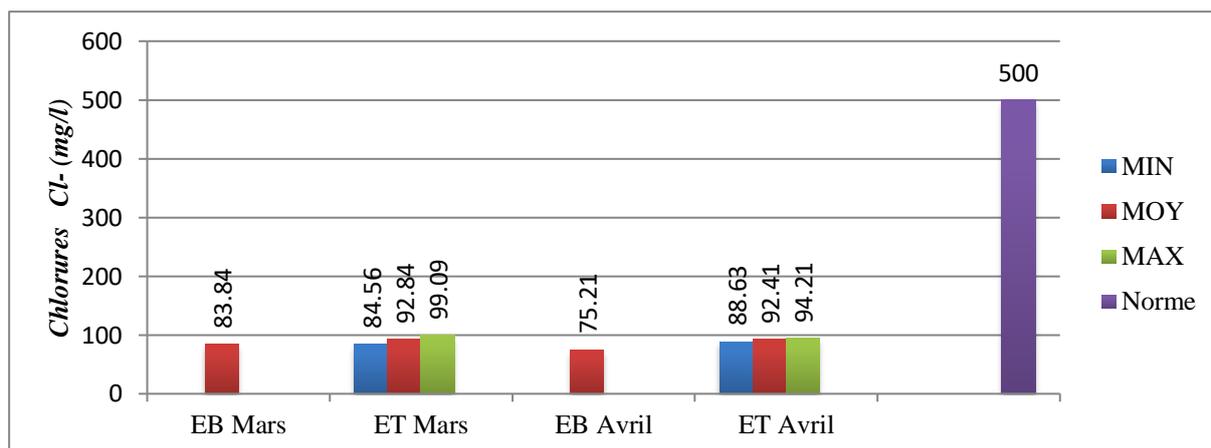


Figure 0-16 : Variation des teneurs en chlorure avant et après le traitement.

Pour la teneur en chlorure, on peut distinguer que sa charge à la sortie de traitement est élevée par rapport à celle de l'entrant ce qui peut être justifié par l'apport en chlore dans la phase de désinfection.

Il est à noter que les teneurs en chlorure avant et après le traitement pour les deux mois répondent aux normes <500 mg/l.

V.1.3.6 Sulfate SO_4^{2-} :

La variation de la teneur en sulfates pour les eaux brutes et celles traitées. Est illustré dans la figure (V-17)

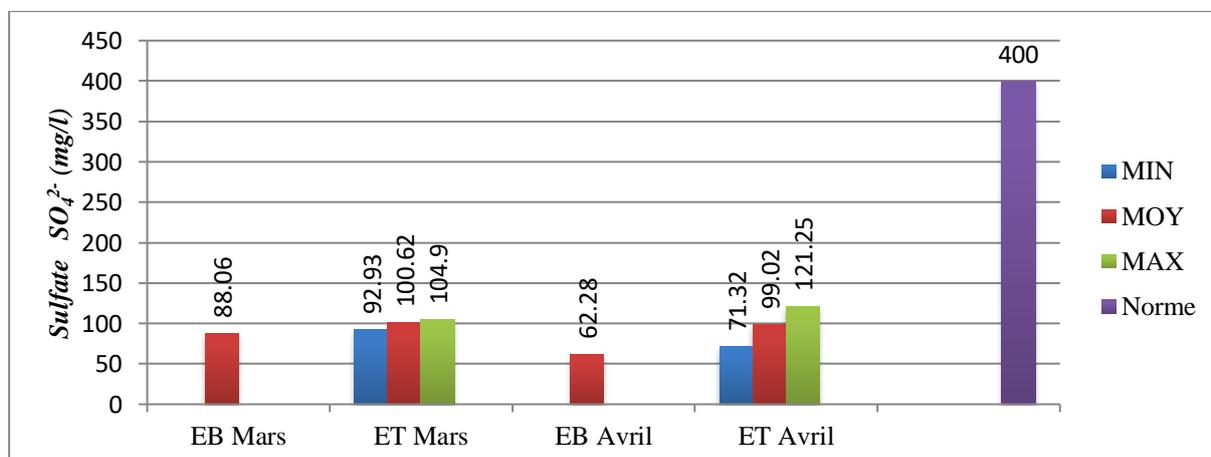


Figure 0-17 : La variation de sulfate avant et après le traitement.

Dans la figure (V-17) ci-dessus, on constate que le taux de sulfate dans les eaux brutes sont constants dans les deux mois, mais il a augmenté après le traitement, ceci est due à l'utilisation du sulfate l'alumine comme coagulant.

Mais ces teneurs ne dépassent toujours pas la norme Algérienne qui doit être inférieure à 400mg/l.

V.1.3.7 Dureté Totale TH :

Les résultats de la dureté sont illustrés dans la figure suivante :

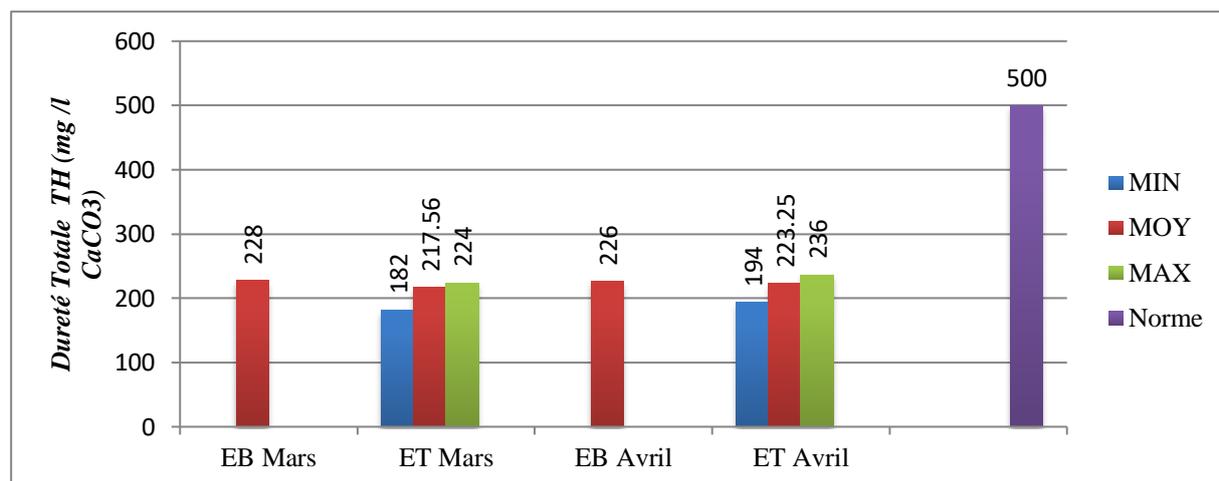


Figure 0-18 : La variation de la dureté avant et après le traitement.

La dureté est représentée par plusieurs éléments tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3 -...

En remarque que les eaux brutes de notre barrage ont une dureté moyenne inférieure a la valeur guide (norme algérien), qui ne nécessite pas un adoucissement et que les valeurs de l'eau traitée sont conformes à la norme.

V.1.3.8 Bicarbonate HCO_3^- :

La variation de bicarbonate dans les deux mois mars et avril sont illustrées sur la figure (V-19) :

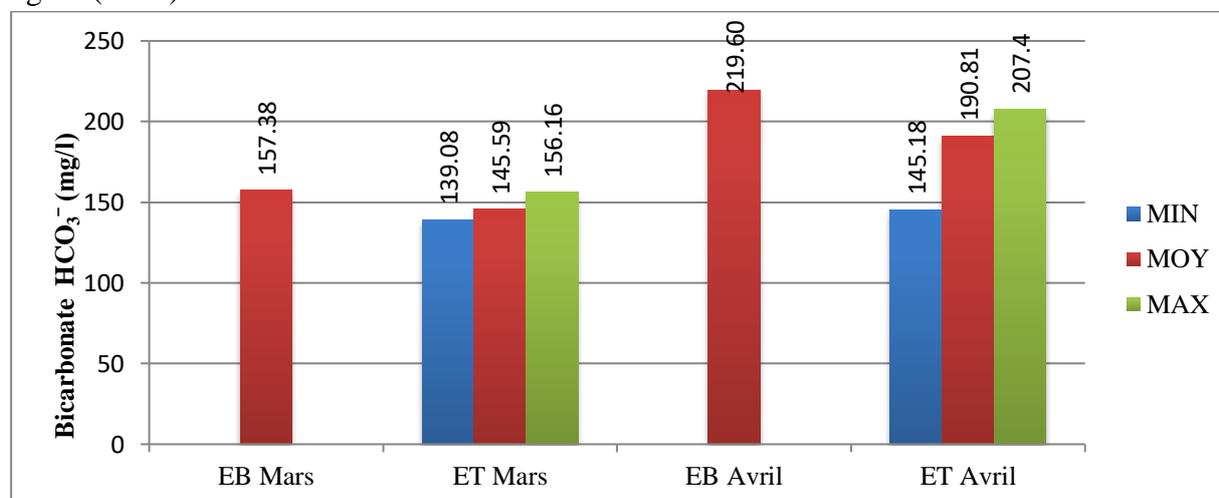


Figure 0-19 : La variation de Bicarbonate avant et après le traitement.

Les bicarbonates sont en relation directe avec le **TH** et le **TAC** qui sont conformes à la norme algérienne. Et cette dernière ne fixe aucune valeur pour les HCO_3^- , donc quel que soit les teneurs en bicarbonates la potabilité de l'eau n'est pas affectée.

V.1.4 Paramètres indésirables :

V.1.4.1 Fer Total :

Les résultats obtenus pour le Fer sont présentés dans la figure (V-20).

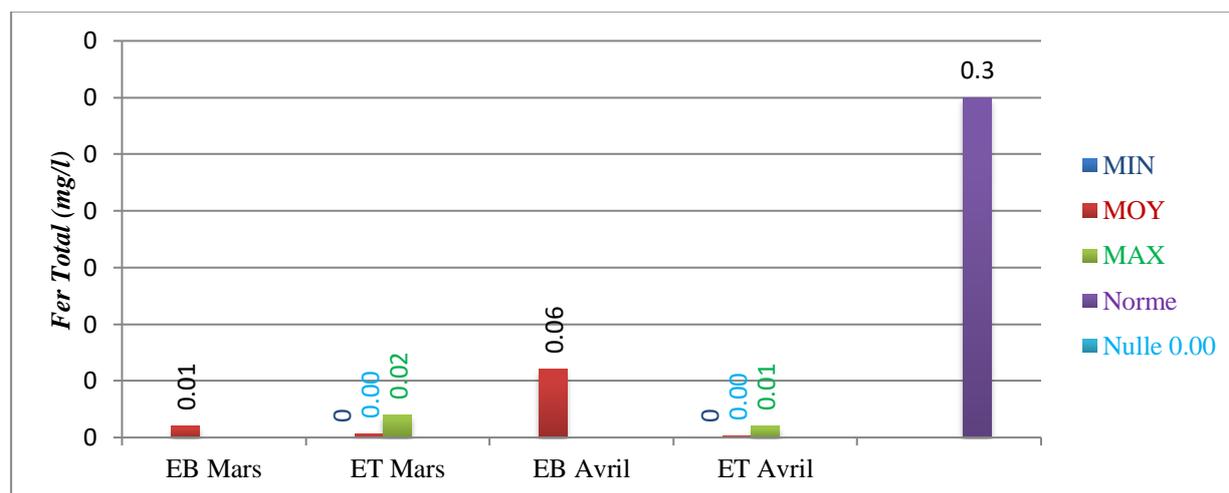


Figure 0-20 : La variation de fer avant et après le traitement.

Le taux de fer dans les eaux brutes est constant pour les deux mois 0.01 mg/l en Mars et 0.06 mg/l en Avril, mais cette valeur est réduite dans les eaux traitées. Ces valeurs de la concentration de fer restent dans les normes Algérienne fixées de 0,3 mg/l.

V.1.4.2 Manganèse Mn^{2+} :

La variation de la teneur en manganèse pour les eaux de surface et les eaux traitées sont illustrées sur la figure suivante :

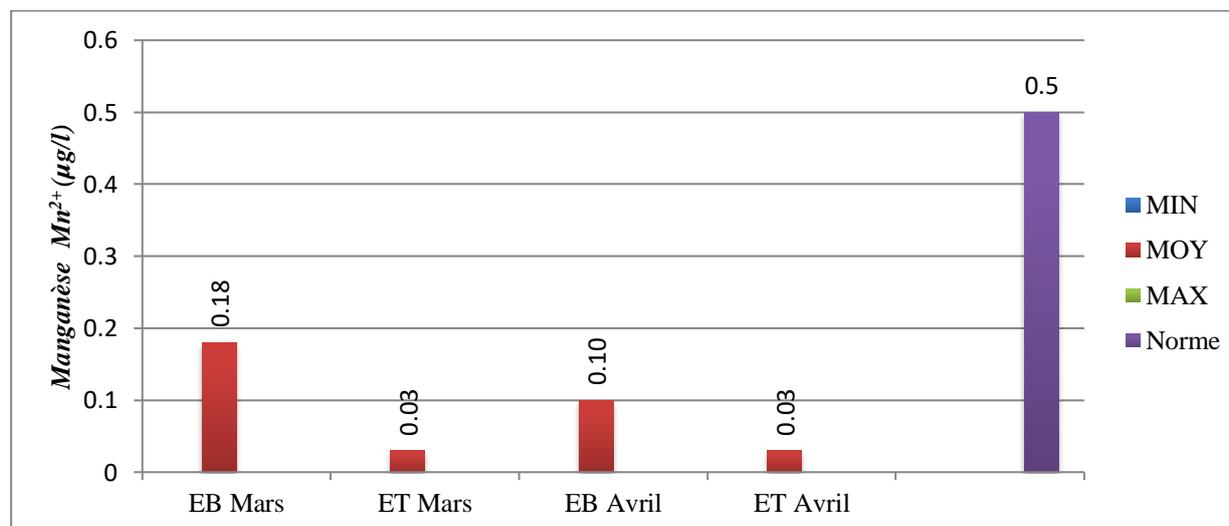


Figure 0-21 : La variation de Manganèse avant et après le traitement.

D'après la figure (V-21), on peut constater que la teneur en manganèse dans l'eau brute est aux alentours de 0.18 mg/l et 0.1 mg/l dans les deux mois respectivement, et après le traitement les résultats sont diminués sa une valeur de 0.03 mg/l ce qui répond aux normes algériennes.

V.1.4.3 Aluminium Al^{3+} :

La variation de la teneur en aluminium pour les eaux de surface et celles destinées pour la consommation sont illustrées sur la figure suivante.

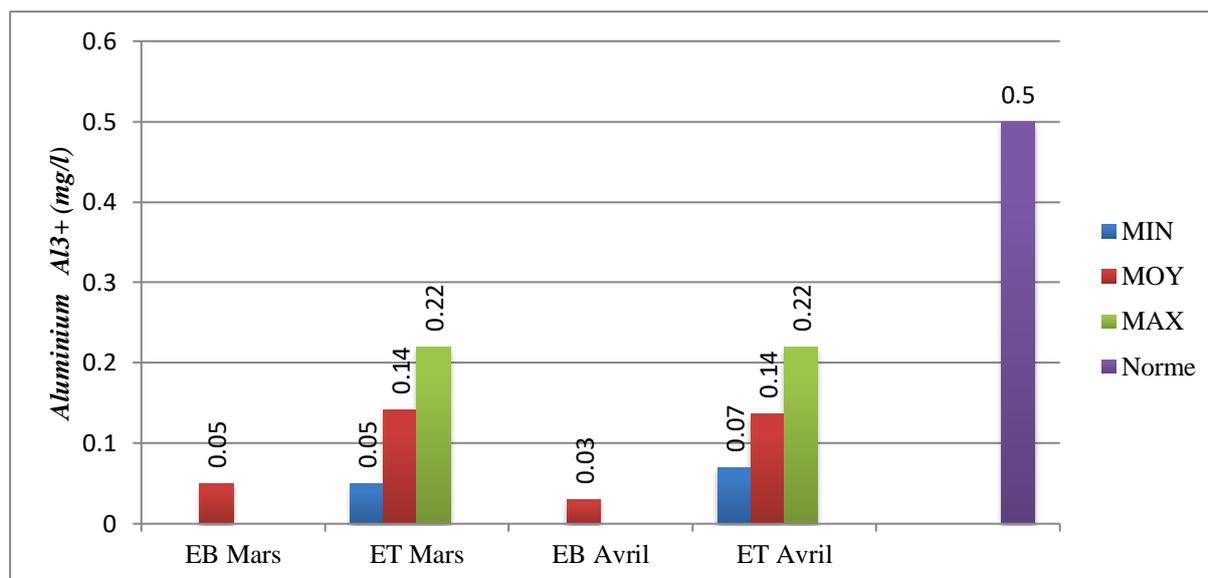


Figure 0-22 : La variation de l'Aluminium avant et après le traitement.

Sur la figure ci-dessus, on peut distinguer que le taux d'aluminium dans les eaux brutes est presque nulle, d'autre part dans les eaux traitée son peut observer une augmentation de sa concentration. Ce qui peut se justifier par l'injection de sulfate d'alumine dans l'étape de coagulation. Mais son reste toujours inférieur à 0.5 mg/l (la norme).

V.1.5 Paramètres bactériologiques :

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau de laboratoire qui consiste à la recherche des Coliformes totaux et thermo tolérant, des germes, Colibacilles et les Streptocoques fécaux existants dans les eaux brutes du barrage.

Les résultats obtenus sont illustrés sur les figures suivantes :

V.1.5.1 Germes totaux à 22 °C :

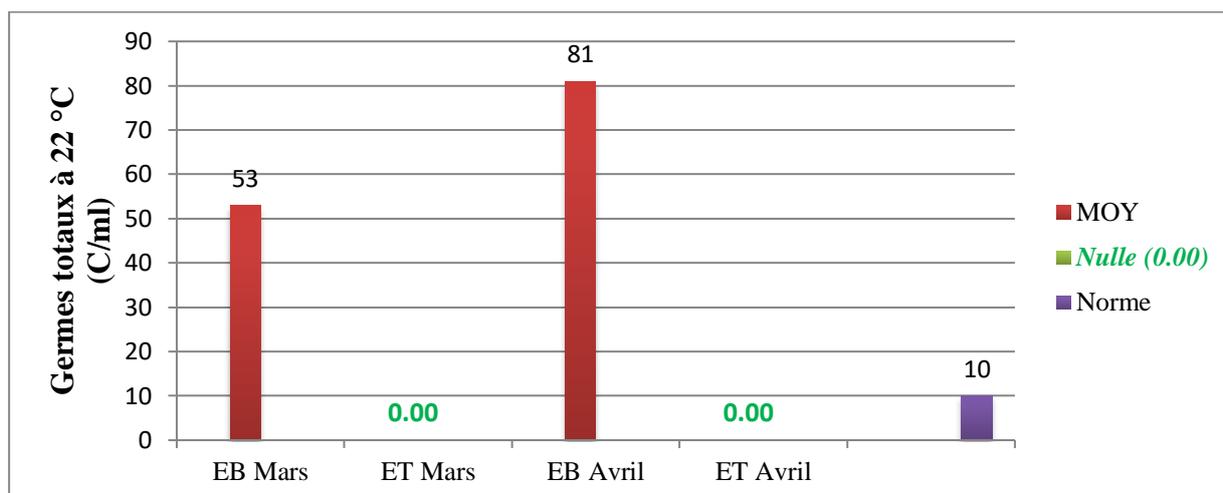


Figure 0-23 : La variation des Germes totaux à 22 °C avant et après le traitement.

V.1.5.2 Germes totaux à 37 °C :

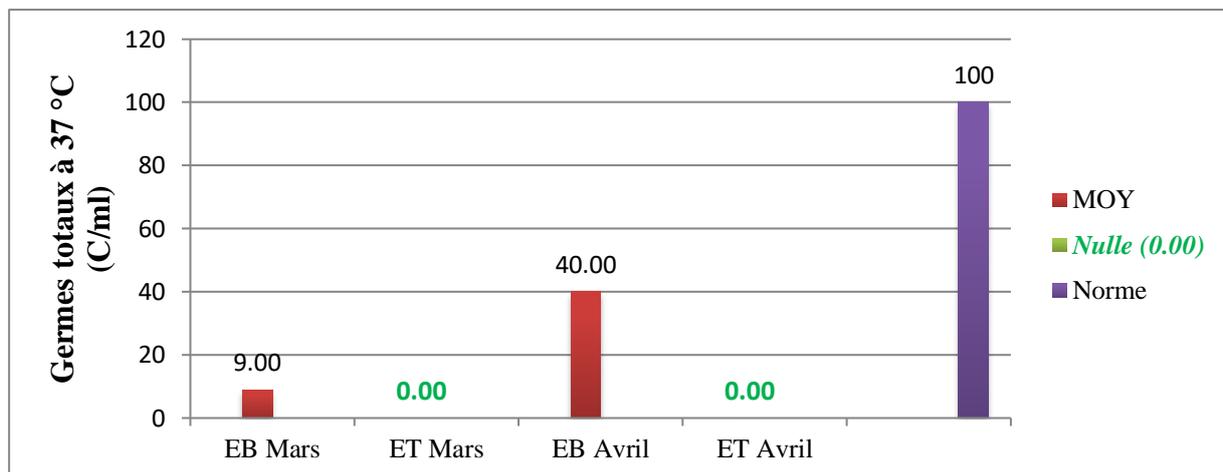


Figure 0-24 : La variation des Germes totaux à 37 °C avant et après le traitement

V.1.5.3 Coliformes totaux :

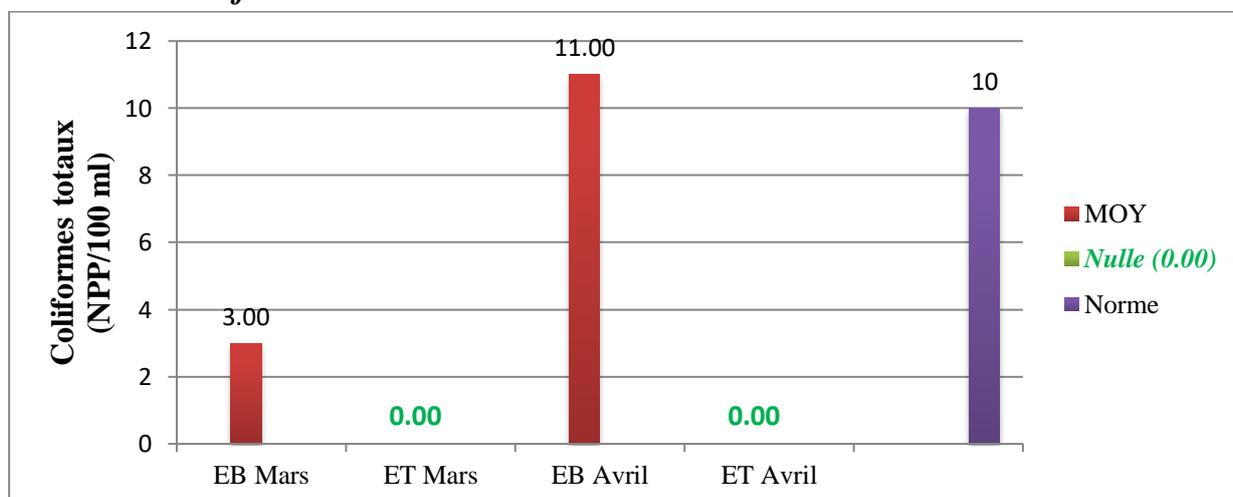


Figure 0-25 : La variation des Coliformes totaux avant et après le traitement.

V.1.5.4 Coliformes thermo tolérant :

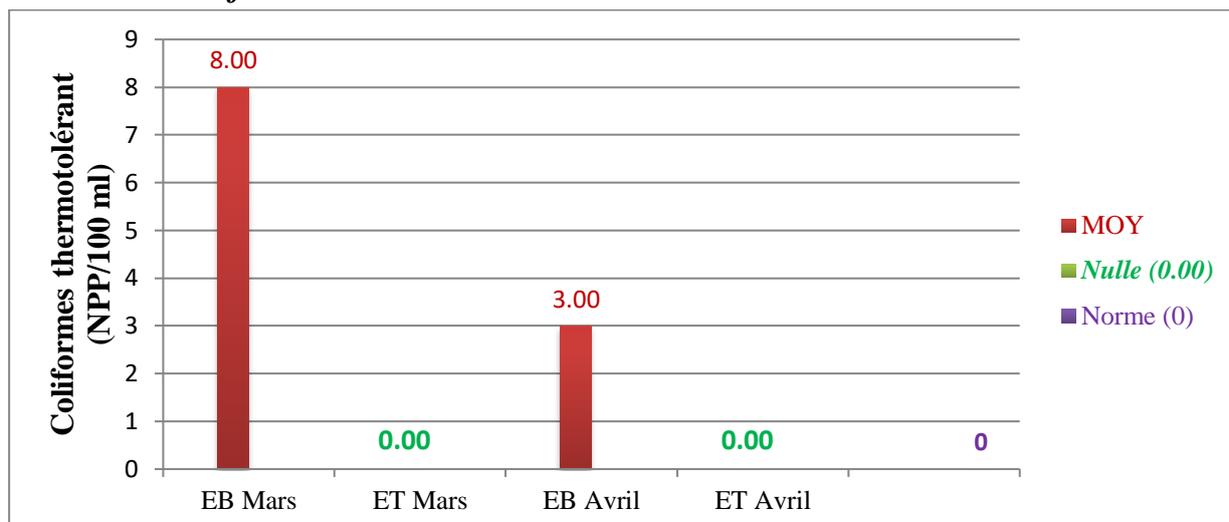


Figure 0-26 : La variation des Coliformes thermo tolérant avant et après le traitement.

V.1.5.5 Colibacilles :

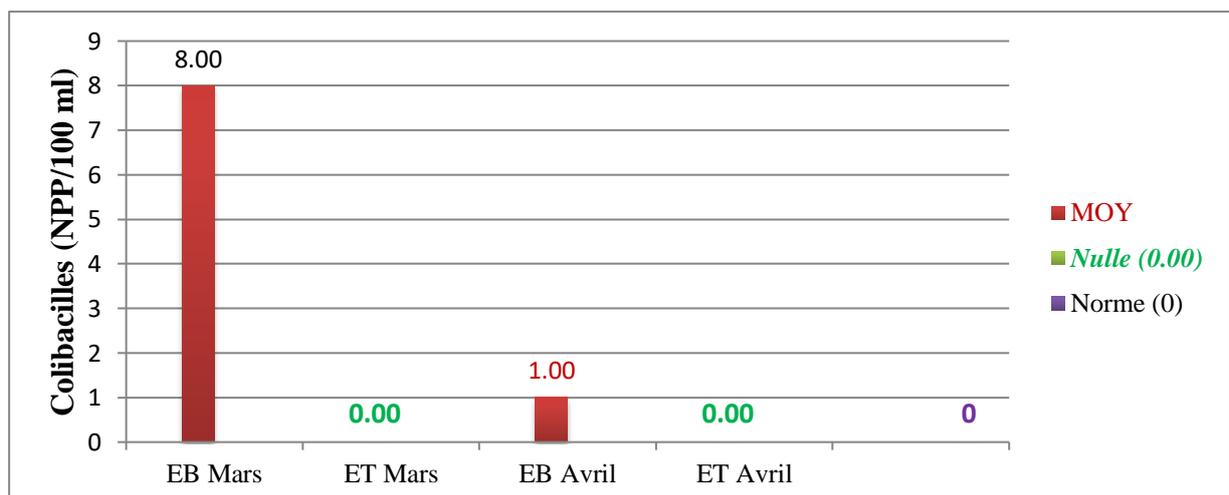


Figure 0-27 : La variation des Colibacilles avant et après le traitement

V.1.5.6 Streptocoques fécaux :

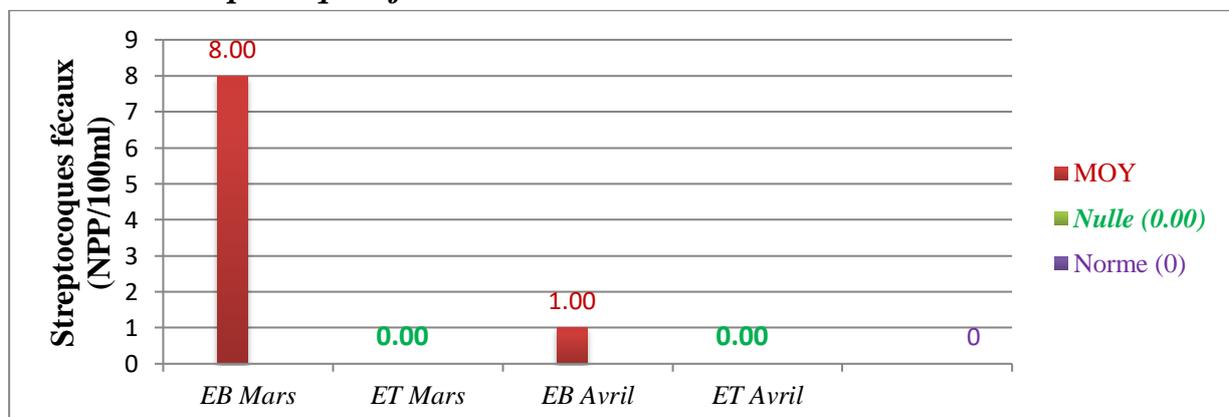


Figure 0-28: La variation des Streptocoques fécaux avant et après le traitement

V.1.6 Discussion générale des résultats d'analyses bactériologiques :

D'après les résultats obtenus, on constate que l'eau du barrage de TILESDIT est une eau brute avec une qualité bactérienne satisfaisante et doit être chlorée.

D'une part, nous avons constaté que l'eau traitée était exempte de coliformes fécaux, ce qui a confirmé l'absence de contamination fécale. Et également exempt de coliformes totaux, ce qui dépend en grande partie de l'efficacité du traitement (désinfection).

En revanche, nous avons constaté l'absence de Streptocoques fécaux dans l'eau traitée, résultat de la chloration et de la bonne désinfection de cette eau, car Streptocoques fécaux résistent au chlore.

L'analyse de l'eau a également montré l'absence de Clostridium, suggérant l'absence de contamination ancienne. Cela peut être dû à un bon traitement de l'eau, y compris la filtration et la floculation.

Il est à noter que la qualité microbiologique de ces eaux analysées était satisfaisante selon les exigences normatives algériennes.

Enfin, les résultats d'analyses microbiologiques montrent que l'eau destinée à la consommation humaine dans certaines régions ne contient pas de contaminants ou de bactéries pathogènes, et est conforme aux normes sanitaires internationales de l'Algérie, de l'Organisation mondiale de la santé et de diverses organisations. Cela prouve que le traitement de l'eau à la station de potabilisation de TILESDIT est très efficace et bien maîtrisé.

V.2 Conclusion :

Ce chapitre consiste à faire une interprétation sur les résultats obtenus par les différentes analyses physico-chimique et bactériologique de l'eau brute de barrage TILESDIT (*EB*) et celle de l'eau traité (*ET*).

On peut conclure que les eaux de barrage TILESDIT sont des eaux alcalines de bonne qualité pour la santé des individus, mais leurs goûts sont indésirables ce qui est due à la concentration importante de la TDS.

La présence de calcium et magnésium nous indiquent que cette eau est douce et fortement minéralisées, mais qui a tendance de corroser les canalisations.

L'absence de traitement des métaux lourds dans la station, telle que l'analyse de mercure ou le cadmium qui ont des effets néfastes sur la santé.

On constate aussi que cette eau brute est d'une qualité bactérienne satisfaisante qui ne contient pas des contaminants ou des bactéries pathogènes ce qui fait qu'une désinfection finale sur le chlore suffira pour éliminer tous les paramètres bactériologiques.

Conclusion générale

Les eaux des barrages sont vulnérables face aux diverses pollutions et sont souvent de qualité médiocre.

Au terme de ce travail qui a pour but d'étudier l'efficacité de traitement à la station de potabilisation de l'eau de barrage TILES DIT dans la wilaya de Bouira.

Le premier objectif c'était de bien étudier les différentes procédures de traitement des eaux destinées à la consommation humaine, dont on estime (05) cinq étapes dans l'ordre suivant :

- L'arrivée de l'eau brute à la station.
- La cascade d'aération qui sert à fournir l'oxygène nécessaire à l'oxydation de la pollution par les bactéries.
- La clarification : cette étape assure l'élimination de nombreux composés contenus dans les eaux de surfaces, elle se répartit en trois procédures :
 - ✓ La coagulation : c'est une opération dont on ajoute un coagulant qui va provoquer la déstabilisation des colloïdes et former des agrégats de tailles suffisantes pour être séparés de l'eau à l'aide d'un « agitateur rapide ».
 - ✓ Flocculation : La flocculation est l'opération conduisant à l'agglomération des particules déstabilisées par coagulation à l'aide d'un « agitateur lent ».

(Les procédés de coagulation et de flocculation facilitent l'élimination de MES et colloïdales.)

- ✓ Décantation : La décantation est la méthode de séparation des matières en suspension présentes dans l'eau brute et celles formées par l'étape de coagulation flocculation.
- Filtration sur sable : est un traitement « d'affinage » qui doit permettre une excellente élimination des particules solides plus ou moins décantables, les bactéries, la turbidité, la couleur et les goûts et odeurs à travers un matériau poreux appelé filtre.
- Réservoir d'eau traité : L'eau qui a traversé le milieu filtrant sera collectée et évacuée vers le réservoir d'eau traitée de capacité totale 13 000 m³ puis il va être distribué vers (05) cinq réservoirs de stockage de 5000 m³ pour chaque un.

Le deuxième objectif c'était de vérifier la qualité de l'eau brute du barrage de TILES DIT et la potabilité de celle traitée par la station de traitement, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été réalisées au niveau de laboratoire pour faire ensuite une discussion et comparaison entre les résultats obtenus et ceux fixés par les normes algériennes de potabilisation.

Avec cette démarche on avait la chance de voir les différents instruments d'analyses et de mesure.

En conclusion, le barrage TILES-DIT est un barrage jeune mise en service en 2005 le cours d'eaux principale qui l'alimente c'est l'oued eddous. A l'amont de cet oued il a une station d'épuration des eaux usées urbaine de la ville de Bouira, ce qui réduit une grande quantité de pollution organique due aux rejets d'assainissement.

- Le barrage se trouve dans une situation géologique favorable pour la récolte des eaux de la montagne de DJURDJURA ainsi les eaux de la ville de Bouira.
- Les procédés de traitement dans la station fonctionnent avec efficacité et suffisent pour produire une eau de qualité.
- On constate que les prélèvements se font à l'amont et à l'aval de chaque procédé pour vérifier la qualité de l'eau brute et le taux d'élimination d'impureté et de la pollution liée à cette eau.
- On peut noter aussi que dans le moment actuel la station de traitement n'utilise pas le charbon actif dans le traitement de finition, puisque l'eau brute est de bonne qualité ce qui fait qu'une filtration sur sable avec une désinfection secondaire sur chlore suffira.
- Le contrôle de qualité de l'eau de barrage de TILES-DIT se fait au laboratoire ainsi que sa surveillance jusqu'à la consommation (réseau de distribution).
- Parmi les inconvénients de cette station, c'est qu'ils ne font pas les analyses sur les métaux lourds contenus dans ces eaux de surface, qui sont des risques majeurs sur la santé humaine.
- Les eaux brutes de notre barrage ont une dureté moyenne inférieure à la valeur guide (norme algérienne), qui ne nécessite pas de faire l'adoucissement.
- Une faible concentration de paramètre de pollution, qui peut être justifiée par l'apport important des engrais par les eaux de ruissellements traversant des terres agricoles.
- Les résultats d'analyses physico-chimiques et microbiologiques montrent que l'eau destinée à la consommation humaine ne contient pas de contaminants ou de bactéries pathogènes, et conforme aux normes algériennes de potabilisation.

En fin, d'après cette étude on peut conclure que la chaîne de traitement dans cette station fonctionne avec efficacité et produit une eau de qualité prête à être consommable.

ANNEXES

ANNEXE 01

Objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations

<i>Groupes de paramètres</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Unité</i>	<i>Valeur maximale</i>	
			<i>Eaux superficielles</i>	<i>Eaux souterraines</i>
<i>Paramètres organoleptiques</i>	Couleur	mg/l Echelle Pt	200	20
	Odeur (taux dilution à 25°)	--	20	3
<i>Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux</i>	Chlorures	mg/l Ci	600	500
	Concentration en ions hydrogène (pH)	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800	2800
	Demande biochimique en oxygène (DBO 5)	mg/l O2	7	< 3
	Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O2	30	—
	Matières en suspension	mg/l	25	25
	Sulfates	mg/l SO4	400	400
	Taux de saturation en oxygène dissous	% O2	30	> 70
	Température	°C	25	25
	<i>Paramètres chimiques</i>	Ammonium	mg/l	4	0,5
Baryum		mg/l	1	0,7
Bore		mg/l	1	1
Fer dissous		mg/l	1	0,3
Fluor		mg/l	2	1,5
Manganèse		mg/l	1	0,05
Nitrates		mg/l NO3	50	50
Phosphore		mg/l	10	5
Arsenic		μg/l	100	10
Cadmium		μg/l	5	5
Chrome		μg/l	100	50
Cuivre		Mg/l	2	0,05
Cyanures		μg/l	100	50
Mercure		μg/l	10	6
Plomb		μg/l	50	10
Sélénium		μg/l	50	10
Zinc		mg/l	5	5
Hydrocarbures polycycliques aromatiques		μg/l	1	0,2

	Hydrocarbures dissous	µg/l	1000	10
	Phénols	µg/l	2	0,5
	Agents de surface	mg/l	0,5	0,2
	Azote Kjeldhal	mg/l	3	1
	Pesticides	µg/l	1	0,5
<i>Paramètres microbiologiques</i>	Escherichia coli	n/100ml	20.000	20
	Entérocoques	n/100ml	10.000	20
	Salmonelles	--	Absence dans 1000 ml	Absence dans 5000 ml

ANNEXE 02

Les analyses multiple d'eau brute de la station du traitement de l'ADE TILES-DIT-BOUIRA
pendant deux (02) mois.

EAU BRUTE DE MOIS MARS 2022					
		N ^{br} d'analyse	MIN	MOY	MAX
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES					
Couleur	mg/l Platine	0			
Odeur à 25°C	Dilut	0			
Saveur à 25°C	Dilut	0			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES					
Concentration en ions Hydrogène	PH	115	7,84	8,09	8,3
Conductivité à 25 °C	ms/cm	115	647,85	685,90	724
Température	°C	115	10,8	13,03	18,1
Turbidité	NTU	115	0,91	1,83	4,91
Oxygène dissous	mg/l	115	3,63	5,18	6,05
Salinité	%	115	0,32	0,34	0,35
T.D.S	mg/l	115	327	345,97	362
Salinité	‰	115	0,32	0,34	0,35
T.D.S	mg/l	115	327	345,97	362
Résidu sec à 105 °C	mg/l	0			
M.E.S à 105 °C	mg/l	0			
PARAMETRES DE POLLUTION					
Ammonium	mg/l	8	1,7	1,81	1,98
Nitrite NO-2	mg/l	8	0,1	0,12	0,15
Nitrate NO3-	mg/l	1	1,32		
Phosphate PO4-	mg/l	8	0,02	0,05	0,09
Oxvdabilité	mg/Lo	8	1,16	1,51	1,959
MINERALISATION GLOBALE					
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	1	51,20		
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	1	24,00		
Sodium Na ⁺	mg/l	1	60,25		
Potassium K ⁺	mg/l	1	6,05		
Chlorures Cl ⁻	mg/l	1	83,84		
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	1	88,06		
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l	1	157,38		

Carbonate CO3 ²⁻	mg/l	0	0
Dureté Totale TH	mg/l CaCO ₃	1	228,00
Dureté Permanente	mg/l CaCO ₃	1	99,00
Titre alcalin	mg/l CaCO ₃	0	0,00
Titre alcalin complet	mg/l CaCO ₃	1	129,00
PARAMETRES INDESIRABLES			
Fer Total	mg/l	1	0,01
Manganèse Mn ²⁺	µg/l	1	0,18
Aluminium Al ³⁺	mg/l	1	0,05
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES			
Germes totaux A 22 °C	C/ml	1	53,00
Germes totaux A 37 °C	C/ml	1	9,00
Coliformes totaux	NPP/100 ml	1	3,00
Coliformes thermotolérant	NPP/100 ml	1	8,00
Colibacilles	NPP/100 ml	1	8,00
Streptocoques fécaux	NPP/100 ml	1	8,00
Clostridium sulf-red.	NPP/100 ml	1	0,00

Les analyses multiple d'eau brute de la station du traitement de l'ADE TILES-DIT-BOUIRA pendant deux (02) mois.

EAU BRUTE DE MOIS D'AVRIL 2022					
		N ^{br} d'analyse	MIN	MOY	MAX
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES					
Couleur	mg/l Platine	0			
Odeur à 25°C	Dilut	0			
Saveur à 25°C	Dilut	0			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES					
Concentration en ions Hydrogène	PH	112	0,32	8,17	8,46
Conductivité à 25 °C	ms/cm	112	673	698,59	718
Température	°C	112	12,5	15,60	18,2
Turbidité	NTU	112	1,86	3,67	7,16
Oxygène dissous	mg/l	112	4,03	5,09	6,68
Salinité	%	112	0,33	0,34	0,35
T.D.S	mg/l	112	337	349,65	374
Salinité	‰	112	0,33	0,34	0,35

T.D.S	mg/l	112	337	349,65	374
Résidu sec à 105 °C	mg/l	0			
M.E.S à 105 °C	mg/l	0			
PARAMETRES DE POLLUTION					
Ammonium	mg/l	8	1,47	1,67	1,85
Nitrite NO-2	mg/l	8	0,15	0,20	0,24
Nitrate NO3-	mg/l	1	1,99		
Phosphate PO4-	mg/l	8	0,02	0,07	0,23
Oxvdabilité	mg/l O	8	1,6	1,94	2,1747
MINERALISATION GLOBALE					
Calcium Ca2+	mg/l CaCO3	1	44,80		
Magnésium Mg2+	mg/l	1	27,36		
Sodium Na+	mg/l	1	53,70		
Potassium K+	mg/l	1	7,10		
Chlorures Cl-	mg/l	1	75,21		
Sulfate SO42-	mg/l	1	62,28		
Bicarbonate HCO3-	mg/l	1	219,60		
Carbonate CO32-	mg/l	0	0,00		
Dureté Totale TH	mg/l CaCO3	1	226,00		
Dureté Permanente	mg/l CaCO3	1	46,00		
Titre alcalin	mg/l CaCO3	1	0,00		
Titre alcalin complet	mg/l CaCO3	1	180,00		
PARAMETRES INDESIRABLES					
Fer Total	mg/l	1	0,06		
Manganèse Mn2+	µg/l	1	0,10		
Aluminium Al3+	mg/l	1	0,03		
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES					
Germes totauxA 22 °C	C/ml	1	81,00		
Germes totauxA 37 °C	C/ml	1	40,00		
Coliformes totaux	NPP/100 ml	1	11,00		
Coliformes thermotolérant	NPP/100 ml	1	3,00		
Colibacilles	NPP/100 ml	1	1,00		
Streptocoques fécaux	NPP/100 ml	1	1,00		
Clostridium sulf-red.	NPP/100 ml	0	0,00		

ANNEXE 03

Les analyses multiple d'eau traité de la station de traitement de l'ADE TILES-DIT-BOUIRA
pendant deux (02) mois.

EAU TRAITE DE MOIS MARS 2022						
		Normes	Nbrd'analyse	MIN	MOY	MAX
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES						
Couleur	mg/l Platine	15	0			
Odeur à 12°C	Dilut	4	0			
Saveur à 25°C	Dilut	4	0			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES						
Concentration en ions Hydrogène	PH	6,5-9	115	7,47	7,74	7,88
Conductivité à 25 °C	ms/cm	2800	115	636	794,45	826
Température	°C	25	115	11,3	13,10	15,1
Turbidité	NTU	5	115	0,19	0,32	0,67
Oxygène dissous	mg/l	8	115	5,59	6,10	6,61
Salinité	%		115	0,35	0,36	0,38
TDS	mg/l		115	354	368,84	378
T.D.S	mg/l	1400	115	354	368,84	378
Résidu sec à 105 °C	mg/l	2000	0			
M.E.S à 105 °C	mg/l		0			
PARAMETRES DE POLLUTION						
Ammonium	mg/l	0,5	9	0,00		
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	9	0,00		
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	50	9	0,01	0,65	1,93
Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,5	9	0,00		
Oxydabilité	mg/l O	5	9	0,32	0,79	1,3
MINERALISATION GLOBALE						
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	200	9	39,2	49,20	56
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150	9	20,16	22,83	24,78
Sodium Na ⁺	mg/l	200	1	67,50		
Potassium K ⁺	mg/l	12	1	6,05		
Chlorures Cl ⁻	mg/l	500	9	84,56	92,84	99,09
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	400	9	92,93	100,62	104,9
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l		9	139,08	145,59	156,16
Carbonate CO ₃ ²⁻	mg/l		0	0		

Dureté Totale TH	mg/l CaCO ₃	500	9	182	217,56	224
Dureté Permanente	mg/l CaCO ₃		9	50,4	92,60	108
Titre alcalin	mg/l CaCO ₃		0	0		
Titre alcalin complet	mg/l CaCO ₃	500	9	114	119,33	128
PARAMETRES INDESIRABLES						
Fer Total	mg/l	0,3	9	0	0,00	0,02
Manganèse Mn ²⁺	mg/l	0,5	1	0,03		
Aluminium Al ³⁺	mg/l	0,2	31	0,05	0,14	0,22
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES						
Germes totauxA 22 °C	C/ml	10	1	0,00		
Germes totauxA 37 °C	C/ml	100	1	0,00		
Coliformes totaux	NPP/100 ml	<10	1	0,00		
Coliformes thermotolérant	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Colibacilles	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Streptocoques fécaux	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Clostridium sulf-red.	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Chlore résiduel libre	mg/l	0,6 à 1,0	115	0,44	1,29	1,89

Les analyses multiple d'eau traité de la station de traitement de l'ADE TILES-DIT-BOUIRA pendant deux (02) mois.

EAU TRAITE DU MOIS D'AVRIL 2022						
		Normes	N ^{br} d'analyse	MIN	MOY	MAX
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES						
Couleur	mg/l Platine	15	0			
Odeur à 12°C	Dilut	4	0			
Saveur à 25°C	Dilut	4	0			
PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES						
Concentration en ions Hydrogène	PH	6,5-9	112	7,7	7,82	7,93
Conductivité à 25 °C	ms/cm	2800	112	730	746,15	775
Température	°C	25	112	12,9	15,80	19,2
Turbidité	NTU	5	112	0,252	0,39	0,98
Oxygène dissous	mg/l	8	112	5,02	6,02	6,86
Salinité	%		112	0,36	0,36	0,37
TDS	mg/l		112	365	373,01	380
T.D.S	mg/l	1400	112	365	373,01	380

Résidu sec à 105 °C	mg/l	2000	0			
M.E.S à 105 °C	mg/l		0			
PARAMETRES DE POLLUTION						
Ammonium	mg/l	0,5	8	0,00		
Nitrite NO ₂ ⁻	mg/l	0,2	8	0,00		
Nitrate NO ₃ ⁻	mg/l	50	8	0,35	0,94	2,84
Phosphate PO ₄ ⁻	mg/l	0,5	8	0,00		
Oxydabilité	mg/Lo	5	8	0,65	1,13	1,745
MINERALISATION GLOBALE						
Calcium Ca ²⁺	mg/l CaCO ₃	200	8	44,8	50,60	56
Magnésium Mg ²⁺	mg/l	150	8	16,32	23,86	27,702
Sodium Na ⁺	mg/l	200	1	60,90		
Potassium K ⁺	mg/l	12	1	6,10		
Chlorures Cl ⁻	mg/l	500	8	88,63	92,41	94,21
Sulfate SO ₄ ²⁻	mg/l	400	8	71,32	99,02	121,25
Bicarbonate HCO ₃ ⁻	mg/l		8	145,18	190,81	207,4
Carbonate CO ₃ ²⁻	mg/l		0	0		
Dureté Totale TH	mg/l CaCO ₃	500	8	194	223,25	236
Dureté Permanente	mg/l CaCO ₃		8	24	66,85	107
Titre alcalin	mg/l CaCO ₃		2	0,00		
Titre alcalin complet	mg/l CaCO ₃	500	8	119	156,40	170
PARAMETRES INDESIRABLES						
Fer Total	mg/l	0,3	8	0	0,00	0,01
Manganèse Mn ²⁺	mg/l	0,5	1	0,03		
Aluminium Al ³⁺	mg/l	0,2	30	0,07	0,14	0,22
PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES						
Germes totauxA 22 °C	C/ml	10	1	0,00		
Germes totauxA 37 °C	C/ml	100	1	0,00		
Coliformes totaux	NPP/100 ml	<10	1	0,00		
Coliformes thermotolérant	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Colibacilles	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Streptocoques fécaux	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Clostridium sulf-red.	NPP/100 ml	0	1	0,00		
Chlore résiduel libre	mg/l	0,6 à 1,0	112	0,29	1,26	1,91

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Abert G, 1977 :** *Intoxication, maladie par agent physique*, édition Technique Paris, Volume 1.
- AGENCE NATIONALE DES BARRAGES ET TRANSFERTS. (1985).**
- AL-QAWATI M, IDRISSE Y A, ALEMAD A, BELHAILI I , MARC I ,BAICHOUTIF, EL KHARRIM KH, BELGHYTI D. (2015).** *Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la région Sidi Allal Tazi-Gharb (MAROC)*. International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 13. p. 420-429. ISSN 2028-9324.
- AMINOT A, CHAUSSEPIED M (1983).** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin CNEXO*. Brest, p. 395.
- AMJAD Z .(2010).** *The science and technology of industrial water treatment*. United States of America IWA Publishing, Alliance House, 2010.
- ANDRE B, HOFFERT M, ANDRE S, MARC T. (2000)** *L'eau, sa pollution, et son traitement : Chapitre 4 : La pollution de l'eau*. Edition sciences de la terre et de l'univers. «Les eaux du ciel». Vuibert Paris: Robert Kandel, ISBN 2-7117-5280-1
- BAMPTON.M. (2003).** *Dams and their reservoirs, in Environmental Geology*. Springer Netherlands: Dordrecht, p. 110-111.
- BOISLEVE BJ. (2010).** *Structure et propriétés de l'eau Holosysconsiel et formation Santé relations humaines*, p.1/23.
- Boualem Remini, Christian Leduc, Wassila Hallouche (2009).** Evolution des grands barrages en régions arides : *quelques exemples algériens* [Article de recherche].
- Bouziane M, 2000 :** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition Iben Khldoune, 247P.
- Charbonneau J, 1977 :** Encyclopédie de l'écologie, Edition librairie Larousse, 471P.
- CHEVALLIER H. (2007).** *L'eau un enjeu pour demain*, p. 26.
- Christian Kert., 2008 :** RAPPORT sur *l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques*.
- Cycle de l'eau (wikipedia).**
- ECKENFELDER W. (1982).** *Gestion des eaux usées urbaines et industrielles. Caractérisation, techniques d'épuration, aspects économiques*. Traduit de l'Américain par L.Vandevenne. Edition Technique et documentation : Lavoisier, Paris. ISBN: 2-85206-129-5.
- Eisenberg D, Kauzman W. (1969),** the structure and Properties of Water. Oxford University Press, New York and London, 1969.
- FLOOD JF, CAHOON LB. (2011).** *Risks to coastal wastewater collection systems from sea-level rise and climate change*. Journal of Coastal Research, vol. 27(4), p. 652-660.

- GREMMEL J. (2016).** *L'invention de l'eau sociale trajectoire du problème de l'accès à l'eau en France (1984-2016)*. Thèse doctorat : Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement. France : Université de Strasbourg, 509 p.
- GOMELLA C, GUERREE H. (1978).** *Le traitement des eaux publiques industrielles et privées*. Editions Eyrolles. Paris.
- GROMMELLA M, GURREE H, (1983) :** *les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurales* Ed EYROLLES 61 boulevard saint – Germain, 249 p.
- GROMOV V, GASPIROVITCH. (1999).** *Rapport de prospections géologiques et géotechniques*. Algérie, (N° D18-GRP 230) : p. 43.
- HEM JD. (1985).** *Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water*. United States Government Printing Office, vol. 2254, p.85.
- HUBICHE JL. (2012).** *L'eau support de vie : L'oxygène de l'eau*. Revue / journal : La dynamique de la vie, pp. 6.
- John P.H, Donald A.K, 2010,** *Microbiologie*, 3^{ème} Édition, 1216 p.
- KIWAD. (2018).** *Le cycle de l'eau [en ligne] : le voyage de l'eau à travers la Terre centre d'information sur l'eau*. Disponible sur «<https://www.cieau.com/espace-enseignantset-jeunes/les-enfants-et-si-on-en-apprenait-plus-sur-leau-du-robinet/>»(consulté le14/11/2018).
- LANDREAU A, SAUTER M. (1983).** *Eléments de microbiologie des eaux : Service Géologique National*. Institut Pasteur : Lyon, 1983, ISBN : 83 SGN 386 EAU.
- MASSCHELEIN WJ. (1992).** *Unit processes in drinking water treatment (Environmental Science & Pollution)*. Taylor & Francis, vol. 13. ISBN: 9780824786786.
- METAYER H. (2004).** *Traitement d'eau Par Catherine Bossard*. Journal d'Association destechniciens de dialyse, vol. 23.
- MREE. (2018).** Ministère des ressources en eau et de l'environnement, *monographie*. Réf.
- NAMKUNG E, & RITTMANN B. (1987).** *Removal of taste- and odor-causing compounds by biofilms grown on humic substances*. Journal American Water Works Association, vol. 7, p.79.
- NISBET EG, VERNEAU O. (1970).** *Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques*. International Journal of Limnology, vol. 6(2), p.161-190.
- NOUAYTI N, KHATTACH D, HILALI M. (2015).** *Evaluation de la qualité*

- physicochimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc)*. Journal Environ Sci, vol.6(4), p. 1068-1081.
- NORMES ET REGLES DE CONSTRUCTION. (1986).** *Assises des ouvrages hydrotechniques*. SNiP 2.02.02-85.
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. (1972).** *Département de l'eau potable*.
- PARUCH A, MAEHLUM T. (2012).** *Specific features of Escherichia coli that distinguish it from coliform and thermotolerant coliform bacteria and define it as the most accurate indicator of faecal*. Ecological indicators, vol. 23, p. 140-142.
- Paul R., 1998 :** Eaux d'égout et eaux résiduaires industrielles: Épuraton, utilisation, Société d'Éditions techniques, 192 p.
- Raymond et Desjardins, ing.** Professeur à l'école polytechnique de Montréal : *Le traitement des eaux*, 2^{em} édition, Page 3,4 et 6.
- Rodier J, Legube B, Merlet N, et coll. 2009 :** *L'Analyse de l'eau*. 9^{ème} édition. Dunod. Paris. P: 35, 40 , 50.
- SAINT-LAURENT. (1996).** *Règlement sur l'eau potable*. Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Journal d'Éditions Multimodes, vol. 1, p.2123
- SBARGOUD A. (2009).** *Diagnostic environnemental de la gare routière (Pollution atmosphérique par TSP et métaux lourds)*. Mémoire : Ingénieur d'état en Ecologie et Environnement.
- SET HANDASSA. (2004).** *Fiche technique, Bureau d'étude : direction des études techniques*.
- AGENCE NATIONALE DES BARRAGES ET TRANSFERTS. P. 2.**
- Soudi B, Benosmane F, Dimitri X, Mahi M.(2009).** Etude ONEP / FAO -*Atelier sur l'assainissement, l'épuration et la réutilisation des eaux usées Présentation du Guide Technique de la Réutilisation des Eaux Usées Epurées Agadir* ,Vol 33, p. 45-50.
- UKRGUIPROVODKHOZ. (1988).** ANNEXE I Rapport hydrologique KIEV : Institut d'Etat de Projets et de Recherches Scientifiques, 1988, p. 91.
- UNESCO. (1999).** *La Science Et La Culture*. [En ligne] Département Sécurité de l'approvisionnement en eau. Consulté sur « [https://fr.unesco.org/themes/securiteapprovisionnement- eau](https://fr.unesco.org/themes/securiteapprovisionnement-eau) », le 10/12/2018.
- VALERIE V, LEGARE S, PAINCHAUD J, VINCENT W. (2005).** *Dynamique Et Modélisation De L'oxygène Dissous En Rivière*. Édifice Marie-Guyart, 2005, vol. 7.
- ZARUBEZZHVODSTROY.(2004).**(Entreprise Russe), Monographie MRE. Administration du barrage, 10.08.2004.p. 71.