

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'**Hydraulique**

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

ARBANE El Djida

MOUSSI Rida

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER en Hydraulique**

Option : **Hydraulique Urbaine**

INTITULE :

EVALUATION DE L'EFFICACITE DE LA STATION DE POTABILISATION DES EAUX DE TILESDIT (BOUIRA)

Soutenu le **19 /10/2020** devant le jury composé de :

- Président : **Mr YAKOUBI Mohamed**
- Promoteur (s) : **Mr KADJI Belaid**
- Examineur (s) : **Mr SAKHRAOUI Fouad**

Année Universitaire : 2019/2020

ملخص :

أول الثروات الماء. إنها ثروة ضرورية لكل نشاط بشري. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو التحقق من كفاءة محطة مياه الشرب تيلسديت من خلال مقارنة جودة المياه المعالجة بالمحطة بالمياه الخام. يتم ذلك عن طريق التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية في مختبر المحطة. تتكون الدراسة من إجراء تحاليل شهرية لمدة عام كامل (من أغسطس 2019 إلى يوليو 2020). أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها استنتاج أن الرقم الهيدروجيني لهذه المياه محايد ، وأن الناقلية الكهربائية تعكس تمعدنًا ضعيفًا ، وماء لا يمثل أي عكر معين. ومع ذلك ، فإن محتويات النترات تعكس مستوى منخفضًا جدًا من التلوث. أخيرًا ، تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن المياه المنتجة ذات جودة جيدة ومقبولة لأن النتائج تتوافق مع المعايير الجزائرية وتوصيات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب. هذه الجودة ترجع إلى كفاءة العلاج.

الكلمات المفتاحية : سد تيلسديت، جودة المياه، مياه الشرب، المعالجة.

Résumé :

Le premier des biens, c'est l'eau. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine. L'objectif principal de ce travail était de vérifier l'efficacité de la station de potabilisation de TILES-DIT en comparant la qualité de l'eau traitée par la station à l'eau brute. Ceci est réalisé par des analyses physico-chimiques et bactériologiques au sein du laboratoire de la station. L'étude consiste à réaliser des analyses mensuelles durant une année entière (d'août 2019 à juillet 2020). Les résultats obtenus ont permis de conclure que le pH de ces eaux est neutre, la conductivité électrique traduit une minéralisation faible, une eau qui ne présente aucun trouble particulier. Cependant, les teneurs en nitrates traduisent un niveau de pollution très faible. Finalement, les résultats obtenus indiquent que l'eau produite est de bonne qualité et acceptable vu que les résultats sont conformes aux normes algériennes et aux recommandations de l'OMS pour les eaux de consommation. Cette qualité, est due à l'efficacité de traitement.

Les mots clés : Barrage TILES-DIT, qualité de l'eau, eau potable, traitement.

Abstract

The first of the goods is water. It is a necessary wealth for all human activity. The main objective of this work was to verify the efficiency of the TILES-DIT drinking water station by comparing the quality of the water treated by the station with raw water. This is carried out by physico-chemical and bacteriological analyzes in the station's laboratory. The study consists of performing monthly analyzes for an entire year (from August 2019 to July 2020). The results obtained made it possible to conclude that the pH of these waters is neutral; the electrical conductivity reflects a weak mineralization, a water which does not present any particular cloudiness. However, the nitrate contents reflect a very low level of pollution. Finally, the results obtained indicate that the water produced is of good quality and acceptable since the results comply with Algerian standards and WHO recommendations for drinking water. This quality is due to the efficiency of the treatment.

Key words: TILES-DIT dam, water quality, drinking water, treatment.



Remerciements :

Avant tout, nous remercions **Allah** tout puissant qui nous a guidé tout au long de notre vie, qui nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qui nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Tout d'abord, nous tenons à remercier l'encadreur **Mr KADJI**, qui nous a permis de travailler sur ce sujet.

Nous remercions également **Mr YAKOUBI** président de jury et **Mr SAKHRAOUI** d'avoir examiner notre travail.

Sans oublier le personnel de la station de traitement de **TILESDIT** qui nous a bien accueillis et aider à acquérir les données nécessaires pour la réalisation de notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements également à tous ceux qui ont contribués de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à

**A mes parents qui ont fait de moi la personne que je suis
aujourd'hui et qui m'ont appris les valeurs de la vie.**

**Ceux qui ont toujours été là pour moi, avec leur amour, leur
patience et leur soutien.**

**Toi ma chère et tendre Mère qui m'a donné la vie, ainsi que toi mon
Père qui s'est tant sacrifié pour nous,**

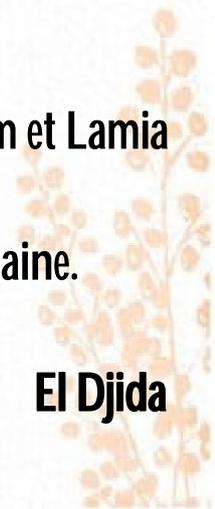
Vous êtes les prunes de mes yeux, mon inspiration et mon existence.

**Je dédie ce travail à mon binôme et toute sa famille, une
connaissance en Or.**

Sans oublier mes amies Cheyma, Hania, Asma, Meriem et Lamia

Ainsi que toute la promotion d'Hydraulique Urbaine.

El Djida



Dédicace :



**J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail,
A ma très chère mère, mon plus grand soutien dans la vie,
Qui me pousse toujours à ressortir le meilleur de moi-même.**

A mon père, pour sa confiance et son encouragement.

Je vous suis très reconnaissant pour tout ce que vous faites pour moi.

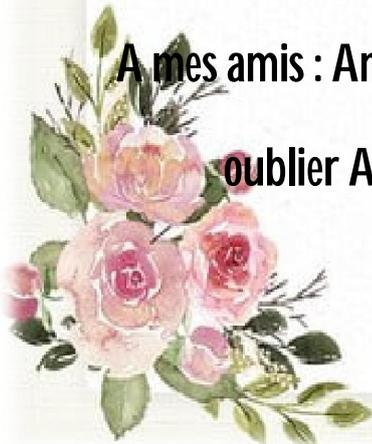
A mon frère Mouloud et sa femme Katia ainsi que mon petit frère

Ramy

A mon unique sœur Dihia

**Je dédie ce travail à ma binôme et ses parents, aux quels je porte un
grand respect.**

**A mes amis : Amar, Lamine, Jugurta, Azeddine, Nazim, Mahdi sans
oublier Alillou et tous les autres que je n'ai pas pu citer**



Rida



LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS :

A.N.B.T : Agence Nationale des Barrages et du Transfert.

ADE : Algérienne des eaux.

Ca²⁺ : ions calcium.

CaCO₃ : carbonates de calcium.

cl⁻ : l'ion Chlorure.

cm : Centimètre.

cm² : centimètre carré.

CMA : Concentration Maximale Admissible.

CO₂ : le dioxyde de carbone.

CO₃²⁻ : carbonate.

Cond : Conductivité.

COT : Carbone organique total.

d : densité.

DBO : Demande biologique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DOC : Carbone organique dissous

E. coli : Escherichia Coli.

EB : eau brute.

Ech : Echantillon.

EDTA : Ethylène Diamine Tetraacétique Acide

ET : eau traitée.

Fe²⁺ : ion de fer

g/l : gramme par litre.

h : heure.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

HCO₃⁻ : l'ion bicarbonate.

JO : Journal officiel

Km : kilomètre.

l/s : Litre par Seconde.

L'indicateur HSN : Formule chimique ($C_{21}H_{14}N_2O_7S.H_2O$)

m : mètre.

m/s : mètre par seconde.

m³ : mètre cube.

m³/h : mètre cube pas heure.

m³/j : mètre cube par jour.

Max : Maximum.

MES : Matière En Suspension.

mg : milligramme.

mg/l : milligramme par litre.

Mg²⁺ : ion magnésium.

Min : Minimum.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

MO : matière organique.

NH₄⁺ : ion d'ammonium.

NO₂⁻ : ion Nitrite.

NO₃⁻ : ion Nitrate.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel d'Hydrogène.

PO₄³⁻ : ions ortho phosphates

SO₄²⁻ : ion sulfates.

T : température.

TA : titre alcalimétrique

TAC : titre alcalimétrique complet

TH : titre hydrotimétrique ou dureté.

°C : degré Celsius.

µs/cm : micro-siémens par centimètre.

% : pourcentage.

(+) : positive.

(-) : négatif.

LISTE DES FIGURES :

Figure III.1 : la situation géographique du barrage Tilesdit.....	30
Figure III.2 : l'ouvrage d'entrée (station du barrage Tilesdit).....	32
Figure III.3 : La cascade d'aération (station du barrage Tilesdit).....	33
Figure III.4 : schématisation le la cascade d'aération.....	33
Figure III.5 : Le clarificateur (station du barrage Tilesdit).....	34
Figure III.6 : le bassin de coagulation (station du barrage Tilesdit).....	35
Figure III.7 : Schématisation du bassin de coagulation.....	35
Figure III.8 : bassin de floculation (station du barrage Tilesdit).....	36
Figure III.9 : Schématisation du bassin de floculation.....	36
Figure III.10 : système lamellaire (station du barrage Tilesdit).....	37
Figure III.11 : Schématisation du bassin de décantation.....	37
Figure III.12 : Les filtres à sable (station du barrage Tilesdit)	38
Figure III.13 : Schématisation des filtres à sable.....	38
Figure III.14 : Réservoir d'eau traitée (station du barrage Tilesdit).....	39
Figure V.1 : variation du pH en fonction du temps.....	59
Figure V.2 : Variation de la conductivité en fonction du temps.....	60
Figure V.3 : Variation de la température en fonction du temps.....	61
Figure V.4 : Variation de la turbidité en fonction du temps.....	61
Figure V.5 : Variation du taux de l'oxygène dissous en fonction du temps.....	62
Figure V.6 : Variation du taux d'ammonium en fonction du temps.....	63
Figure V.7 : Variation du taux de nitrites en fonction du temps.....	63
Figure V.8 : Variation du taux de nitrate en fonction du temps.....	64
Figure V.9 : Variation du taux de phosphates en fonction du temps.....	64
Figure V.10 : Variation de l'oxydabilité au KMnO_4 en fonction du temps.....	65
Figure V.11 : Variation du calcium en fonction du temps.....	66

Figure V.12 : Variation du magnésium en fonction du temps.....	66
Figure V.13 : Variation des chlorures en fonction du temps.....	67
Figure V.14 : Variation des sulfates en fonction du temps.....	68
Figure V.15 : Variation de la dureté totale en fonction du temps.....	68
Figure V.16 : Variation titre alcalin complet en fonction du temps.....	69
Figure V.17 : Variation du fer total en fonction du temps.....	70
Figure V.17 : Variation de l'aluminium en fonction du temps.....	70

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau I.1 : salinité des principales eaux de mer.....	04
Tableau I.2 : liste des principaux groupes d'odeurs types.	08
Tableau I.3 : diversité des goûts et des saveurs et leurs origines.	08
Tableau I.4 : classification des eaux en termes de dureté.....	10
Tableau II.1 : Importance des différents pathogènes véhiculés par l'eau.....	17
Tableau III.1 : Temps de décantation de différentes particules.	34
Tableau V.1 : résultat des analyses bactériologiques.....	71

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....01

Chapitre I : Généralité sur l'eau

I.1/ Introduction.....03

I.2/ Définition de l'eau.....03

I.3/ Le cycle de l'eau.....03

I.4/ Les différents types de eaux03

 I.4.1/ Les eaux de pluie.....03

 I.4.2/ Les eaux de surface.....03

 I.4.3/ Les eaux souterraines.....04

 I.4.4/ Les eaux de mer.....04

I.5/ La pollution de l'eau.....04

 I.5.1/ Les pollutions d'origine naturelle.....05

 I.5.1.1/ La pollution physique.....05

 I.5.1.2/ Les pollutions biologiques et biochimiques.....05

 I.5.2/ Les pollutions provoquées par les résidus des activités humaines.....05

 I.5.2.1/ La pollution physique.....05

 I.5.2.2/ La pollution chimique.....06

I.6/ Les impuretés des eaux naturelles.....07

 I.6.1/ Les matières en suspension (MES).....07

 I.6.2/ Matières colloïdales.....07

 I.6.3/ Matières organiques dissoutes.....07

I.7/ Les caractéristiques d'une eau potable.....07

 I.7.1/ Caractères organoleptiques.....08

 I.7.1.1/ La couleur.....08

 I.7.1.2/ L'odeur.....08

I.7.1.3/ Le gout (la saveur).....	08
I.7.2/ Caractères physico-chimiques.....	09
I.7.2.1/ L'alcalinité.....	09
I.7.2.2/ La dureté.....	10
I.7.2.3/ La turbidité.....	10
I.7.2.4/ Ph.....	10
I.7.2.5/ Conductivité électrique.....	10
I.7.3/ Caractères microbiologiques.....	11
I.8/ Conclusion.....	11

Chapitre II : Stratégie de l'OMS sur l'eau

II.1/ Introduction.....	13
II.2/ Rôle et responsabilité dans la gestion de la sécurité sanitaire de l'eau de boisson.....	13
II.2.1/ Surveillance et contrôle de la qualité.....	13
II.2.2/ Autorités de santé publique.....	14
II.3/ Protection et amélioration de la qualité de l'eau.....	14
II.3.1/ Choix et protection des sources d'eau.....	15
II.3.2/ Traitement de l'eau avant utilisation.....	15
II.3.3/ Choix du traitement.....	15
II.3.4/ Réseau de distribution.....	16
II.3.5/ Mesures d'urgence.....	16
II.3.6/ Options d'analyse de la qualité de l'eau de boisson.....	16
II.4/ Aspect microbiologique.....	17
II.4.1/ Agents importants.....	17
II.4.1.1/ Agents d'importance majeure pour la santé publique.....	19
II.4.1.2/ Organismes opportunistes.....	20
II.4.2/ Voies d'exposition.....	20
II.4.3/ Persistance dans l'eau.....	20
II.4.4/ Dose infectieuse.....	20
II.5/ Aspects physiques et chimiques.....	21

II.5.1/ Consommation d'eau de boisson et poids corporel.....	21
II.5.2/ Constituants inorganiques.....	21
II.5.2.1/ L'aluminium.....	21
II.5.2.2/ L'amiante.....	21
II.5.2.3/ L'ammoniac.....	21
II.5.2.4/ L'antimoine.....	22
II.5.2.5/ L'argent.....	22
II.5.3/ Les constituants organiques.....	22
II.5.3.1/ Tétrachlorure de carbone.....	22
II.5.3.2/ Dichlorométhane.....	22
II.5.3.3/ 1,1-Dichloréthane.....	23
II.5.3.4/ 1,2-Dichloréthane.....	23
II.5.3.5/ 1,1,1-Trichloréthane.....	23
II.6/ Aspect radiologique.....	23
II.6.1/ Conséquences sanitaires potentielles de l'exposition aux rayonnements.....	23
II.6.2/ Radioactivité alpha.....	24
II.6.3/ Radioactivité bêta.....	24
II.6.4/ Recommandations.....	24
II.7/ La surveillance.....	24
II.7.1/ Modèle de fréquence des prélèvements.....	25
II.7.2/ Garantie de qualité.....	25
II.7.3/ Eau distribuée sous canalisation.....	25
II.7.4/ Eau non traitée sans adduction.....	26
II.7.5/ Eau en bouteille.....	26
II.7.6/ Eau potable de secours.....	26
II.8/ Les normes de potabilités (législation algérienne).....	27
II.8.1/ Normes physico-chimiques de l'eau potable.....	28
II.8.2/ Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable.....	28
II.9/ Conclusion.....	28

Chapitre III : Présentation de la station de traitement TILES-DIT

III.1/ Description du barrage TILES-DIT	30
III.1.1/ Caractéristique du barrage.....	30
III.1.2/ Destination du barrage.....	31
III.1.2.1/ Alimentation en eau potable et industrielle.....	31
III.1.2.2/ Alimentation en eau potable.....	31
III.1.2.3/ Irrigation.....	31
III.2/ Présentation de la station de potabilisation.....	31
III.2.1/ La chaîne de traitement.....	32
III.2.1.1/ Ouvrage d'entrée.....	32
III.2.1.2/ La cascade d'aération.....	32
III.2.1.3/ Le clarificateur (coagulation / floculation / décantation).....	34
III.2.1.4/ Les filtres à sable.....	38
III.2.1.5/ Réservoir d'eau filtrée.....	39
III.2.1.6/ Réservoir d'eau traitée.....	39
III.2.1.7/ La chloration.....	39

Chapitre IV : Matériels et méthodes d'analyse des eaux

IV.1/ Introduction.....	42
IV.2/ Prélèvement et échantillonnage.....	42
IV.3/ Méthodes d'analyses.....	42
IV.3.1/ Analyses physico-chimiques.....	42
IV.3.1.1/ L'oxygène dissous.....	42
IV.3.1.2/ Potentiel d'hydrogène (pH).....	43
IV.3.1.3/ La turbidité.....	43
IV.3.1.4/ Conductivité électrique.....	44
IV.3.1.5/ La température.....	44
IV.3.1.6/ Le TA et TAC.....	44
IV.3.1.7/ Les matières en suspension (MES).....	45
IV.3.1.8/ Dosage des chlorures.....	46

IV.3.1.9/ Détermination de la dureté totale (TH).....	47
IV.3.1.10/ Dosage des sulfates.....	47
IV.3.1.11/ Dosage du calcium.....	48
IV.3.2/ Les paramètres polluants.....	49
IV.3.2.1/ Dosage des nitrates.....	49
IV.3.2.2/ Dosage des nitrites.....	49
IV.3.2.3/ Dosage des ions ortho phosphates.....	50
IV.3.2.4/ Dosage de l'ammonium.....	51
IV.3.2.5/ Oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide.....	51
IV.3.3/ Les paramètres indésirables.....	53
IV.3.3.1/ Dosage du Fer total.....	53
IV.3.3.2/ L'aluminium.....	54
IV.3.4/ Analyses bactériologique.....	55
IV.3.4.1/ Prélèvement à un robinet.....	55
IV.3.4.2/ Les bactéries coliformes.....	56
IV.4/ Conclusion.....	57

Chapitre V : Interprétation et discussion des résultats

V.1/ Introduction.....	59
V.2/ Suivi de l'évolution en fonction du temps des paramètres physico-chimiques et bactériologique caractérisant les eaux brutes et traitées au niveau de la station de TILES-DIT.....	59
V.2.1/ Les paramètres physico-chimiques.....	59
V.2.1.1/ Le Ph.....	59
V.2.1.2/ La conductivité.....	60
V.2.1.3/ La température.....	60
V.2.1.4/ La turbidité.....	61
V.2.1.5/ L'oxygène dissous.....	62
V.2.2/ Les paramètres polluants.....	62
V.2.2.1/ Ammonium.....	62
V.2.2.2/ Nitrites.....	63

V.2.2.3/ Nitrates.....	64
V.2.2.4/ Phosphates.....	64
V.2.2.5/ Oxydabilité.....	65
V.2.3/ Minéralisation globale.....	65
V.2.3.1/ Calcium.....	65
V.2.3.2/ Magnésium.....	66
V.2.3.3/ Chlorures.....	67
V.2.3.4/ Sulfates.....	67
V.2.3.5/ Dureté totale.....	68
V.2.3.6/ Titre alcalin.....	69
V.2.3.7/ Titre alcalin complet.....	69
V.2.4/ Paramètres indésirables.....	69
V.2.4.1/ Fer total.....	69
V.2.4.2/ Aluminium.....	70
V.2.5/ Les analyses bactériologique.....	71
V.3/ Conclusion.....	72
Conclusion générale.....	74
Références bibliographique.....	75
Annexe	

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est la substance la plus importante de l'existence humaine et l'élément clé pour le développement de la société moderne. Ses utilisations augmentent à différents endroits, par exemple : approvisionnement en eau potable, eau industrielle, irrigation agricole, loisirs ... etc.

A l'heure actuelle la disponibilité de l'eau de bonne qualité est indispensable pour le bien être de l'homme. Sachant que l'eau est une ressource renouvelable car elle se régénère par ce qu'on appelle le cycle de l'eau. La problématique de l'eau est dans sa quantité et sa qualité, liée à ses ressources et à sa pollution. Hélas, pour les eaux potables elles se font de plus en plus rares. Notons que ces eaux doivent absolument être contrôlées. Ces contrôles sont réalisés à différents stades de son cheminement aux consommateurs, partant de station de potabilisation et du réseau de distribution jusqu'au robinet. Le traitement et le contrôle garantissent la qualité. Les règlements sont basés sur les études médicales et des exigences de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui permettent de déterminer les doses admissibles des substances diverses sans que le sujet ne court aucun danger de santé.

L'objectif de notre travail se porte sur l'évaluation de l'efficacité de la station de potabilisation des eaux du barrage de TILESDIT (Bouira). Au préalable, nous présenterons les différents procédés de traitement de cette dernière puis nous étudierons l'efficacité de la coagulation-floculation utilisant des adjuvants industrielle dont le sulfate d'aluminium comme coagulant et un polymère synthétique comme floculant. Des essais sont menés pour une évaluation objective de ces substances.

Le manuscrit est élaboré de sorte qu'après une introduction générale, le premier chapitre va être une synthèse bibliographique portant sur un ensemble de généralités sur les différentes ressources en eau, leurs caractéristiques, les pollutions qui affectent l'eau et la potabilisation de cette dernière. Le deuxième chapitre va se porter sur la stratégie de l'OMS sur l'eau. Le troisième chapitre c'est une description de la station de potabilisation de TILESDIT, la mise en œuvre et le matériel sont donnés dans le quatrième chapitre. L'ensemble des résultats et leurs discussions sont présenté dans le cinquième chapitre et nous finirons par une conclusion générale qui résumera tous les acquis de ce travaux.

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I.1/ Introduction :

En se basant sur les situations précédentes et actuelles et en se projetant vers l'avenir, on peut affirmer que d'ici quelques années l'eau risque d'être plus désiré et convoité que le pétrole. Cette source qui en premier coups semble ce qu'il y a de plus présent sur notre planète bleu. Mais ce n'est pas pour autant que cette ressource est consommable par l'être humain.

En effet l'eau douce ne représente qu'une infime partie de cette eau globale. Depuis les temps la quantité des eaux existantes est toujours la même. Elle ne disparaît pas mais elle ne se crée pas non plus. Elle est conditionnée pas le cycle de l'eau.

I.2/ Définition de l'eau :

Liquide incolore, inodore, sans saveur, transparent sous faible épaisseur mais prenant une couleur vert bleu sous grande épaisseur, l'eau est une combinaison d'hydrogène et d'oxygène (H₂O)

Sa plus grande partie est salée ou contenue dans les calottes glaciaires. L'eau douce utilisable (2,3 % du total environ) se trouve dans les lacs et les marais, l'atmosphère et dans les cours d'eau. (Larousse, 1995)

I.3/ Le cycle de l'eau :

L'évaporation qui s'effectue au-dessus des océans, grâce à l'énergie solaire, conduit à la formation de nuages, lesquels, poussés par les vents, se résolvent en pluie ou en neige à la faveur d'une variation de température, donnant lieu à ce que l'on appelle les précipitations atmosphériques.

Sur les continents, l'eau ainsi tombée a des destinées diverses ; une partie s'évapore, une autre ruisselle, une autre s'infiltré. Ces manifestations se produisent suivant des proportions variables, où interviennent la topographie, la constitution géologique du sol, le climat, la température, etc... Finalement, toutes les eaux retournent à la mer par un système d'hydrographie de surface ou souterraine plus ou moins complexes. (Dupont, A., 1978)

I.4/ les différents types de ressources en eaux :

Les types des ressources en eau sont très divers, nous retrouvons :

I.4.1/ les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité, elles sont saturé d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, elles sont donc très douces. Cependant dans les régions industrialisées, les eaux peuvent être de moins bonne qualité à cause des contaminations atmosphériques. (Desjardins, R., 1997)

I.4.2/ les eaux de surface :

Elles sont alimentées par les eaux de pluie ou les eaux de ruissellement. Elles sont caractérisées par la présence d'une surface de contact eau atmosphère.

La qualité des eaux brutes de surface dépend fortement des phénomènes saisonniers (prolifération des algues et des planctons, etc.) et des événements météorologiques.

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lacs. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée. (Desjardins, R., 1997)

I.4.3/ les eaux souterraines :

Les eaux souterraines enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les principales caractéristiques de ces eaux sont les suivantes :

- ✓ turbidité faible. Grâce à la filtration du sol ;
- ✓ contamination bactérienne faible. À cause du très long séjour dans le sol ainsi que l'absence de matières organique nécessaires pour la croissance des bactéries ;
- ✓ indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, source de couleur ;
- ✓ température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire ;
- ✓ débit constant ;
- ✓ dureté souvent élevée. Un risque fort d'être en contact avec des formations rocheuses contenant des matériaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , ...) responsables de la dureté ;
- ✓ concentration élevée en fer et manganèse. Souvent présent dans le sol ils sont facilement dissous dans l'eau. (Desjardins, R., 1997)

I.4.4/ les eaux de mer :

Les eaux de mer sont caractérisées par un taux de salinité très élevée, elle varie généralement entre 33 à 37g/l.

Le tableau I.1 représente la salinité des différentes mers et océans sur la planète. On constate que ce n'est pas la même concentration partout.

Tableau I.1 : salinité des principales eaux de mer (Desjardins, R., 1997)

Mer ou océan	Concentration (mg/L)
Mer Rouge	43 000
Golfe Arabique	43 000
Mer Méditerranéenne	39 000
Océan Atlantique	36 000
Océan Indien	33 800
Océan Pacifique	33 000
Mer Adriatique	25 000
Mer Noire	13 000
Mer Baltique	7 000

I.5/ La pollution de l'eau :

L'eau naturelle contient toujours un mélange de diverses substances. Ces dernières peuvent atteindre les eaux superficielles ou souterraines par des moyens naturels, notamment par dissolution de roches ou par activité biologique.

La composition de l'eau varie considérablement en fonction de sa source. Certaines substances atteindront spontanément des niveaux nocifs. Mais beaucoup d'entre eux intègrent simplement le cycle de l'eau à travers les activités humaines.

Ces substances peuvent être des substances (telles que des sels) qui existent déjà naturellement dans l'eau, et les activités humaines ne font qu'augmenter leur concentration. Il peut également s'agir d'une substance synthétique produite par l'homme (par exemple des pesticides).

La pollution des eaux est une notion qui est en constante évolution dans le passé. La pollution concernait des substances ajoutées volontairement ou involontairement dans les eaux par l'homme. (**Chartier Marcel M., 1974**)

La pollution des eaux des lacs, des rivières et même la pollution des eaux souterraines, qui sont les plus difficilement perceptible, peuvent causer les dommages les plus directs à nos structures de vie.

Les pollutions peuvent avoir plusieurs origines telle que :

I.5.1/ les pollutions d'origine naturelle :

I.5.1.1/ la pollution physique :

La pollution naturelle physique est celle qui résulte de l'entraînement en suspension d'éléments minéraux menus : sable fin, limons, argiles, lors de pluies violentes ou de crues abondantes. (**Chartier Marcel M., 1974**)

I.5.1.2/ Les pollutions biologiques et biochimiques :

Les pollutions naturelles biologiques et biochimiques ont une origine commune : les manifestations de la vie, végétale et animale. (**Chartier Marcel M., 1974**)

Tous les organismes laissent traîner des éléments organiques (par exemple, les feuilles ou les fruits morts, les plumes ou les cheveux), en se décomposant ces éléments créent des composés chimiques. Ces résidus sont physiquement, chimiquement ou biologiquement modifiés et délaissés dans le sol ou trainés par le ruissellement, favorisant la contamination des ressources en eau dans tous ces états (superficielle ou souterraine).

I.5.2/Les pollutions provoquées par les résidus des activités humaines :

I.5.2.1/ la pollution physique :

Les pollutions physiques humaines sont celles provoquées par le rejet industriel provoquant de fort déséquilibre dans le milieu hydrique. Elles sont classées en trois types :

A/ les rejets de matières en suspension inertes ou fermentescibles :

Ce sont les rejets d'eau de lavage provenant de l'exploitation de minéraux ou bien les rejets d'eau de séparation par flottation. Mais certaines eaux résiduaires organiques, eaux usées domestiques et urbaines, eaux industrielles des industries alimentaires, des industries des cuirs et peaux, des industries textiles, etc. contiennent des matières en suspension très fermentescibles qui nécessitent un traitement biologique pour corriger un développement microbien intense et l'épuisement de l'Oxygène dissous. (**Chartier Marcel M., 1974**)

B/ les rejets de calories :

Deuxième type de pollution physique : les rejets d'eau de réfrigération, le plus souvent non souillés, mais chargés de calories. Ces rejets élèveront la température naturelle du milieu

hydrique récepteur et entraîneront un appauvrissement physique de la teneur de l'eau fluviale en oxygène, voire une mutation dans les espèces qui composent le potamoplancton (plancton des eaux douces). (**Chartier Marcel M., 1974**)

C/ les rejets pouvant entraîner une nuisance radioactive :

Actuellement, nous pouvons penser que la pollution radioactive est rarement préoccupante. La contamination pourrait avoir deux origines : d'une part, les retombées d'aérosols radioactifs consécutifs à l'explosion d'engins nucléaires et, d'autre part, les rejets dus à l'industrie nucléaire et aux applications scientifiques, industrielles et médicales. Les nuisances potentielles ont incité à des mesures de protection efficaces et à des contrôles attentifs du bilan de la contamination radioactive. (**Chartier Marcel M., 1974**)

1.5.2.2/ la pollution chimique :

A la suite du développement industrielle les pollutions chimiques humaines n'arrêtent pas d'accroître. Leurs provenances diffèrent, on trouve celles qui ont pour origine l'industrie, l'agriculture, les pollutions domestique, les transports et tant d'autres :

A/Pollution d'origine industrielle :

Les caractéristiques de la pollution industrielle sont d'une grande spécificité ; il existe une diversité importante de molécules ; par exemple, on en compte plus de 6 000 différentes pour la fabrication des engrais et des pesticides. On peut également craindre une interaction importante entre les différentes substances présentes au même moment dans le milieu naturel et pouvant donner de nouveaux produits encore plus toxiques que les premiers.

Dans l'industrie, l'eau a principalement trois grands rôles : un rôle d'entraînement (cheminement des matières premières dans les usines), un rôle de refroidissement et un rôle de matière première. L'eau peut ainsi être contaminée lors de ces différents emplois et dans toutes les branches de l'activité économique.

B/Pollution d'origine agricole :

Elle englobe la pollution par l'élevage, par les engrais et par les pesticides.

• ***Élevage***

L'élevage est une source d'azote, de phosphore et de potassium. Ces substances pénètrent dans le sol et pollue les nappes souterraines. (**Hartemann P., Montiel A., 2003**)

• ***Engrais***

La pollution par les engrais est due, entre autres, à une progression très importante de l'emploi de ceux-ci, en agriculture

Les conséquences les plus importantes de l'emploi des engrais sont une augmentation des nitrates (et des nitrites le cas échéant) et du phosphore dans les nappes souterraines. (**Hartemann P., Montiel A., 2003**)

• ***Pesticides***

La pollution par les pesticides est constituée, pour la majeure partie, par les produits phytosanitaires utilisés pour protéger les cultures contre les insectes ravageurs (insecticides), contre les mauvaises herbes (herbicides) et contre les champignons pathogènes (fongicides).

Une grande partie de ces substances rejoint directement ou indirectement le sol, qui stocke les pesticides et les transforme par ses microorganismes en divers produits de dégradation ou métabolites plus ou moins inoffensifs.

(Hartemann P., Montiel A., 2003)

I.6/ Les impuretés des eaux naturelles :

Elles représentent l'ensemble des matières en suspension, les colloïdes qui provoquent la turbidité et les matières organiques dissoutes qui entraînent une coloration de l'eau.

I.6.1/ Matières en suspension (MES) :

Elles se trouvent souvent dans les eaux superficielles ou les forages. C'est des particules de forme variée et hétérogènes, ce sont le sable fin, le fer oxydé et voire même des algues filamenteuses. A noter qu'il y'a deux types de matières

- Les matières volumineuses : souvent flottantes ou indécantables (feuilles, papiers,...) éliminées généralement par les méthodes mécaniques (dégrillage, tamisage,...)
- Les matières fines : elles demeurent en suspension soit par la fraction colloïdale ou en décantant très lentement (limons, sables, argiles, débris végétaux,...). Dans les deux situations il faut avoir recours à la coagulation et la floculation pour bien les éliminer.

(Berné, F., Cordonnier, J., 1991)

I.6.2/ Matières colloïdales :

Les particules en suspension, de taille entre (0,1 - 2) microns ont une surface spécifique qui est considérable et chargée électronégativement dans la plus grande majorité des situations. Ce qui engendre des forces électrostatiques de répulsion qui les maintiennent en suspension indéfiniment. Pour les précipiter on doit faire appel à des coagulants minéraux tel que sel d'Aluminium ou Fer. L'importance de l'état colloïdal peut être estimée par la turbidité ou la couleur de l'eau. **(Berné, F., Cordonnier, J., 1991)**

I.6.3/ Matières organiques dissoutes :

Dans les eaux naturelles, il existe plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides carboxyliques ainsi que les hydrates de carbone. Elles sont caractérisées par l'oxydabilité au permanganate. **(Berné, F., Cordonnier, J., 1991)**

I.7/ Les caractéristiques d'une eau potable :

La composition des eaux est étudiée par les laboratoires d'analyse après avoir effectué les prélèvements nécessaires. Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certains peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage.

I.7.1/Caractères organoleptiques :

I.7.1.1/ La couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances dissoutes, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 µm. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité. **(Rodier, J., 2009)**

I.7.1.2/ L'odeur :

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. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler. **(Rodier, J., 2009)**

Le tableau ci-dessous est une liste des principaux groupes d'odeurs types

Tableau I.2 : liste des principaux groupes d'odeurs types. (Rodier, J., 2009)

Nature de l'odeur	Description
Aromatique	Épice, camphre, girofle, citron
Chlore	Chlore libre
Hydrocarbure	Pétrole et dérivés
Sulfureuse	Hydrogène sulfuré
Poissons	Uroglenopsis et dinobryon
Terreuse	Terre ou argile humide
Fécaloïde	Fosse d'aisance
Herbe	Herbe écrasée
Moisi	Cave humide, tiroir humide rarement ouvert
Vase	Odeur d'étang, herbe ou feuille en décomposition

I.7.1.3/ Le goût (la saveur) :

On peut définir le goût comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche.

Le tableau suivant montre les différentes saveurs et leurs origines. **(Rodier J., Legube B., et coll., 2009)**

Tableau I.3 : diversité des goûts et des saveurs et leurs origines (Rodier J., Legube B., et coll., 2009)

Nature de la saveur ou du goût	Remarques
Saveur acide	
Saveur amère	
Saveur salée	sulfates-chlorures
Saveur sucrée	
Saveur salée et amère	eau magnésienne

Tableau I.2 : liste des principaux groupes d'odeurs types (suite et fin). (Rodier, J., 2009)

Goût hydrogénéo-carbonaté, alcalin	type eau de Vichy
Goût métallique	fer, manganèse, cuivre...
Goût chloré	
Goût d'hydrocarbures	traces d'hydrocarbures
Goût de mandarine	oxydation de traces d'hydrocarbures
Goût pharmaceutique	produits organiques
Goût de chlorophénol	chlorophénol
Goût de terre	eaux de zones calcaires
Goût de vase	eaux des étangs, eaux stagnantes
Goût de marée	poissons, métabolites de certains organismes du plancton
Goût de moisi	moisissures, champignons inférieurs, levures
Goût de bouchon moisi	herbicides, pesticides

I.7.2/ Caractères physico-chimiques :

Les substances organiques et inorganiques dissoutes déterminent la qualité chimique de l'eau. Ces substances ont un large éventail d'effets sur les propriétés chimiques de l'eau. Par exemple, certaines de ces substances peuvent être toxiques (chrome, arsenic), tandis que d'autres provoquent la dureté de l'eau ou la formation de tartre (carbonate de calcium) et d'autres composés peuvent affecter le goût et l'odeur de l'eau.

Une large gamme de composés chimiques inorganiques peut être présente dans l'eau. Ces composés tels que le chlorure de sodium, NaCl et le sulfate de calcium, CaSO₄ se dissolvent dans l'eau sous la forme des ions respectifs, c'est-à-dire Na⁺, Ca²⁺, Cl⁻ et SO₄²⁻. Une analyse chimique de l'eau donne la concentration des ions individuels en mg / l.

Une très grande variété de substances organiques peut être présente dans l'eau. Ces substances peuvent être des substances naturelles telles que des matières végétales en décomposition, des sous-produits algal ou bactériens et des glucides, ou des composés synthétiques tels que des pesticides, des herbicides et des solvants ainsi que des produits formés lors du traitement de l'eau tels que le chloroforme et autres produits chlorés.

Une indication de la qualité organique générale de l'eau peut être obtenue au moyen de la détermination de paramètres cumulatifs tels que :

- Carbone organique total (COT)
- Carbone organique dissous (DOC)
- Demande chimique en oxygène (DCO)
- Demande biologique en oxygène (DBO). (The Water Research Commission, 2006)

1.7.2.1/ L'alcalinité :

L'alcalinité de l'eau est une mesure de sa capacité de neutralisation d'acide. L'alcalinité joue un rôle important pour tamponner l'eau et empêcher les changements de pH dus à l'ajout d'acide ou de produits chimiques producteurs d'acide tels que le chlorure ferrique. (The Water Research Commission, 2006)

1.7.2.2/ La dureté :

La dureté de l'eau est déterminée par la concentration de cations bivalents dans l'eau, principalement le calcium et le magnésium et est exprimée en mg / l de CaCO₃. Différentes formes de dureté peuvent être distinguées toutes exprimées en mg / l de CaCO₃ :

- Carbonate ou dureté temporaire, causée par le calcium et le magnésium associés au bicarbonate dans l'eau
- Dureté non carbonatée ou permanente, causée par le calcium et le magnésium associés à des ions autres que le bicarbonate tels que le chlorure et le sulfate,
- Dureté calcique, causée par tous les ions calcium en solution,
- La dureté du magnésium, causée par tous les ions magnésium en solution,
- Dureté totale, qui est la somme de la dureté calcique et magnésienne.

Le tableau ci-dessous donne une indication de la classification des eaux en termes de dureté :

Tableau I.4 : classification des eaux en termes de dureté. (The Water Research Commission, 2006)

Classification de la dureté	Dureté totale en mg/l (CaCO ₃)
Très douce	Moins de 50
douce	50-100
Légèrement dure	100-150
Moyennement dure	150-250
dure	250-350
Très dures	Plus de 350

1.7.2.3/ Turbidité :

La turbidité donne une indication de la concentration de particules colloïdales dans l'eau. Elle est exprimée en unités de turbidité néphélométrique, NTU.

La turbidité de l'eau brute peut être aussi faible que 1 ou 2 NTU dans les eaux souterraines et jusqu'à plusieurs centaines dans les eaux de surface troubles. **(The Water Research Commission, 2006)**

1.7.2.4/ pH :

Le sigle "pH" désigne le Potentiel d'Hydrogène dans l'eau dont dépend l'acidité de l'eau : Un pH bas indique que l'eau est acide, tandis qu'un pH élevé signifie qu'elle est basique ; et on considère une eau neutre celle dont le pH est à 7,0.

1.7.2.5/ Conductivité électrique :

La conductivité électrique est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Puisque le courant électrique est conduit par le mouvement des ions en solution, la conductivité augmente lorsque la concentration des ions augmente. Les ions responsables de la conductivité électrique sont le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na⁺), le potassium (K⁺), le bicarbonate (HCO₃⁻), le sulfate (SO₄²⁻) et le chlorure (Cl⁻).

La conductivité de l'eau la plus pure que l'on ait obtenue est de 4,2 microsiemens par mètre. (Degrément, S., 2005)

I.7.3/ Caractères microbiologiques :

Une eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir aucun germe pathogène. On peut avoir une idée sur la valeur bactériologique d'une eau par la recherche d'une présence éventuelle de certains germe-tests facile à identifier.

Si cette présence est confirmée alors c'est un indice d'une contamination d'origine fécale et doit déclencher les mesures de protection et de stérilisation nécessaires si de nouvelles analyses viennent confirmer les faits constatés. (Dupont, A., 1978)

Les germes-tests à rechercher sont les suivant :

- Le E.Coli ou Escherichia Coli ;
- L'entérocoque ;
- Les clostridium sulfito-réducteurs ;
- Les bactériophages fécaux.

I.8/Conclusion :

Le captage est le départ du système urbain de distribution de l'eau. Les eaux souterraines sont prélevées soit au niveau de sources naturelles, soit par des forages. Les ressources souterraines sont en général de meilleures qualités et de composition plus stables que les eaux de surfaces et ne nécessitent que peu de traitements pour rendre l'eau potable. Mais le renouvellement naturel des nappes doit être préservé et il ne faut pas prélever plus que ce que permet la recharge annuelle de chaque aquifère. Lorsque ce n'est pas possible, ou lorsqu'il n'y a pas de ressources souterraines disponibles à proximité, l'eau potable est produite à partir d'eaux de surface et nécessite des traitements de potabilisation plus importants.

Afin de garantir une eau de meilleur qualité et préservé la santé publique, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a mis au point des stratégies et des mesure de sécurité incontournables.

Chapitre II : Stratégie de l'OMS sur l'eau

II.1/ Introduction :

Le monde du XXI^e siècle est caractérisé par la menace de l'accroissement de la crise d'eau. Cette ressource qui est précieuse et visée, constitue un enjeu économique et politique. Notant que les pays arides et semi arides telle que l'Algérie sont les plus touchés par cette crise. L'Algérie ou la région du Maghreb en générale est typiquement connue par une pluviométrie irrégulière sur le point spatiale et temporelle. Ajoutant à cela une surexploitation ou une gestion défectueuse, la ressource en eau disponible diminue tandis que la croissance démographique et le niveau de vie sont en augmentation continue. **(Bensekri M.)**

Les Directives de l'OMS expliquent que l'eau de boisson salubre ne rendra les gens malades à aucun moment de leur vie, y compris lorsqu'ils sont jeunes, vieux ou déjà malades. L'eau de boisson salubre est adaptée à l'ensemble de nos besoins personnels, dont la boisson, la cuisine et la lessive.

II.2/ Rôle et responsabilité dans la gestion de la sécurité sanitaire de l'eau de boisson :

Afin d'assurer la sécurité sanitaire de l'eau potable, on se penchera plus à adopter une méthode de gestion préventive en tenant compte des caractéristiques de l'approvisionnement en eau potable du bassin versant, source d'eau aux consommateurs. Prendre la stratégie de gestion préventive en collaboration avec toutes les organisations concernées est la méthode préférée pour assurer cette sécurité de l'eau potable. **(OMS, 2017)**

II.2.1/ Surveillance et contrôle de la qualité :

La surveillance est une activité d'enquête conçue pour identifier et évaluer les risques potentiels pour la santé associés à l'eau potable. La surveillance contribue à la protection de la santé publique en favorisant l'amélioration de la qualité, de la quantité, de l'accessibilité et de la couverture (c'est-à-dire les personnes disposant de droits d'accès fiables). Accessibilité économique et continuité de l'approvisionnement en eau potable (connu sous le nom de "Indice de service"). L'organisme de réglementation doit avoir le pouvoir de déterminer Si le fournisseur d'eau remplit ses obligations. **(OMS, 2017)**

Les dispositions organisationnelles visant à maintenir et à améliorer les services d'approvisionnement en eau de boisson doivent prendre en compte les rôles essentiels et complémentaires de l'organisme de surveillance et des fournisseurs d'eau. Il est préférable que les deux fonctions de surveillance et de contrôle de la qualité soient assurées par des entités séparées et indépendantes en raison des conflits d'intérêts qui interviennent lorsqu'on les combine. Dans ces conditions :

- les agences nationales fournissent un cadre composé d'objectifs, de normes et de réglementations permettant et imposant aux fournisseurs d'eau de remplir les obligations définies ;
- en aucun cas, les organismes intervenant dans la fourniture d'eau ne doivent être chargés de garantir et de vérifier l'aptitude des réseaux qu'ils administrent ;

- un organisme de surveillance est chargé de surveiller de manière indépendante (externe) la qualité de l'eau à travers des inspections périodiques de tous les aspects de la sécurité sanitaire et/ou d'analyses de contrôle. (OMS, 2017)

L'un des objectifs du programme devrait être de veiller à ce que des mesures soient prises pour prévenir les problèmes et corriger les défauts en temps opportun. Il est parfois nécessaire d'introduire des mesures punitives pour promouvoir et assurer le respect des exigences. Par conséquent, les régulateurs doivent être soutenus par des lois applicables strictes. Cependant, il est important que l'organisation établisse une relation de coopération positive avec les fournisseurs et n'utilise des mesures punitives qu'en dernier recours. (OMS, 2017)

II.2.2/ Autorités de santé publique :

Afin de fournir un soutien efficace, les agences nationales de protection de la santé publique doivent généralement intervenir dans quatre domaines :

- la surveillance de l'état et des tendances sanitaires, et notamment la détection des flambées épidémiques, en général de manière directe ou par l'intermédiaire d'un organe décentralisé dans certains cas ;
- l'établissement de normes et de critères pour l'eau de boisson, qui peuvent inclure des objectifs en matière de qualité de l'eau, de performances et de sécurité sanitaire...etc.
- la mise en avant des préoccupations sanitaires dans le développement de politiques de grande portée, et notamment d'une politique de santé et d'une gestion intégrée des ressources en eau.
- une action directe, généralement par l'intermédiaire d'organes auxiliaires (administrations) ou à travers l'apport de recommandations à d'autres entités locales (gouvernement local, par exemple) concernant la surveillance des approvisionnements en eau de boisson. Ces différents rôles prennent un aspect très variable selon les structures et les responsabilités nationales et locales. (OMS, 2017)

Les équipes de surveillance de la santé publique travaillent généralement aux niveaux national, régional ou local, ainsi que dans les grandes villes et les centres de santé ruraux. Périodiquement, la supervision de la santé publique comprend :

- Surveiller en permanence les maladies signalées, dont beaucoup peuvent être causées par des agents pathogènes aquatiques ;
- la détection des hausses épidémiques ;
- l'analyse des tendances à long terme ;
- l'analyse géographique et démographique ;
- le retour d'informations à l'intention des autorités dans le domaine de l'eau. (OMS, 2017)

II.3/ Protection et amélioration de la qualité de l'eau :

De nombreux problèmes peuvent être évités en protégeant l'intégrité de la source d'eau d'origine et de son bassin versant. Ceci en entretenant et en inspectant correctement les

installations de traitement et les systèmes de distribution, en formant le personnel de gestion et d'exploitation et en assurant de bonnes informations éducatives pour les consommateurs. C'est pour cela que les organismes chargés de la distribution de l'eau sont tenus à effectuer des évaluations continues de la qualité des eaux afin d'assurer un bon fonctionnement pour s'assurer que les conditions susceptibles d'avoir une incidence sur la qualité de l'eau n'ont pas été modifiées.

Il faut souligner que, du point de vue de la qualité de l'eau, les microorganismes pathogènes représentent toujours le danger le plus important, tant dans les pays développés que dans les pays en développement. (OMS, 1994)

II.3.1/ Choix et protection des sources d'eau :

L'approvisionnement en eau potable dépend principalement du choix judicieux et de la protection de la source d'approvisionnement. Il vaut mieux protéger l'eau de la pollution que de la traiter.

Avant de choisir une nouvelle source d'approvisionnement en eau de boisson, il est important de s'assurer que cette eau est de qualité satisfaisante, ou qu'il est possible de la traiter pour la rendre potable, et que la quantité disponible est suffisante pour répondre en permanence à la demande. Tout cela en tenant compte des variations journalières et saisonnières de débit et de la croissance prévue de la population à desservir.

L'emplacement et la structure des points de collecte des eaux souterraines doivent être protégés du danger des eaux de surface et des inondations. La zone de captage doit être clôturée pour empêcher l'accès du public et éliminer les ordures. Afin d'éviter la formation d'étangs par temps humide, des pentes doivent être construites. Les activités d'élevage dans ces zones doivent être réglementées. (OMS, 1994)

II.3.2/ Traitement de l'eau avant utilisation :

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des microorganismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé.

Le traitement des eaux de plaine destinées à la consommation urbaine comporte généralement les étapes suivantes : 1) stockage en réservoir ou pré désinfection, 2) coagulation, floculation et sédimentation (ou flottation), 3) filtration, 4) désinfection.

Selon les conditions locales, des traitements différents ou complémentaires peuvent être prévus. La désinfection est une précaution finale qui vise également à protéger l'eau de boisson lors de sa distribution contre une contamination externe et une reprise de la croissance des microorganismes. Ces quatre étapes constituent en fait un système de barrières multiples qui assure l'élimination de la contamination microbienne. (OMS, 1994)

II.3.3/ Choix du traitement :

En ce qui concerne les petites villes rurales, la seule méthode de traitement est la protection de la source d'eau. Tandis que dans le cas des grandes villes, où on ne peut pas subvenir au besoin de la population qu'en faisant recours aux sources complémentaires qui sont de moins qualité, des moyens de traitement plus sophistiqués doivent être mis au point avant que l'eau ne soit distribuée aux consommateurs.

En général, les eaux de surface nécessitent un traitement complet. Un système combinant la coagulation, la floculation, la sédimentation et la filtration rapide, s'il est bien conçu et utilisé, peut assurer un degré d'élimination des micro-organismes équivalent à celui de la filtration lente sur sable. Un traitement supplémentaire tel que l'ozonisation, suivi d'un traitement au charbon actif pour éliminer le carbone organique assimilable, réduit les risques de problèmes dus à la croissance secondaire de bactéries indésirables dans le réseau de distribution. La désinfection doit être considérée comme obligatoire pour tous les réseaux d'adduction d'eau de surface, même s'il s'agit d'une eau de haute qualité non polluée. (OMS, 1994)

II.3.4/ Réseaux de distribution :

Le réseau de distribution transporte l'eau de la station de traitement aux utilisateurs. Sa conception et sa taille dépendront du terrain, de l'emplacement de la communauté qu'il dessert et de la taille de celle-ci. L'objectif doit toujours être de fournir aux consommateurs un approvisionnement adéquat et ininterrompu tout en évitant la pollution pendant le transport.

La qualité bactériologique de l'eau peut se détériorer lors de la distribution. Si l'eau contient du carbone organique ou de l'ammoniaque en quantité notable, la concentration résiduelle de désinfectant est insuffisante. Dans ce cas, les conduites doivent être fréquemment vidangées et nettoyées. Pour ce qui est des réservoirs de stockage souterrains doivent être inspectés pour vérifier l'absence de détériorations et d'infiltrations d'eaux de surface ou souterraines. Il est souhaitable que les terrains entourant ces réservoirs soient clôturés pour empêcher l'accès des hommes et des animaux et éviter les détériorations. (OMS, 1994)

II.3.5/ Mesures d'urgence :

Le service de distribution d'eau doit formuler un plan d'urgence en cas de besoins imprévus. Ces plans devraient tenir compte des catastrophes naturelles possibles (tremblements de terre, inondations, coupures de courant causées par la foudre, etc.), des accidents (pollution des bassins versants), des dommages aux installations de traitement et aux réseaux de distribution, et des actions humaines (grèves, destructions). Le plan d'intervention doit préciser clairement les responsabilités liées à une intervention coordonnée, les moyens de communication à utiliser pour avertir et informer les utilisateurs, et les mesures prévues pour assurer l'approvisionnement d'urgence. (OMS, 1994)

Voici quelques exemples de situations d'urgences :

- la décision de couper une source d'approvisionnement en eau entraîne l'obligation de trouver une autre source d'eau saine.
- Il peut être préférable de conseiller aux consommateurs de faire bouillir l'eau, de procéder à une sur-chloration et de prendre immédiatement des mesures correctives.
- Dans une situation d'urgence où l'on a mis en évidence une contamination fécale de l'eau, il peut être nécessaire soit de modifier le traitement des sources existantes, soit d'utiliser temporairement d'autres sources d'approvisionnement. (OMS, 1994)

II.3.6/ Options d'analyse de la qualité de l'eau de boisson :

Historiquement, les laboratoires conventionnels étaient surtout utilisés pour effectuer des analyses de qualité de l'eau. Aujourd'hui on dispose d'un large éventail de bons kits et produits

sur le marché, permettant d'effectuer des analyses par soi-même. Les sections suivantes présentent les cinq différentes méthodes d'analyse de qualité de l'eau disponibles :

1. Observation ;
2. Utilisation de kits d'analyse portables ;
3. Utilisation d'un laboratoire mobile ;
4. Envoi de vos échantillons à un laboratoire commercial ;
5. Installation de votre propre laboratoire de projet. (OMS, 1994)

II.4/ Aspect microbiologiques :

Les principaux risques pour la santé associés à l'eau potable sont la contamination directe ou indirecte des déchets humains ou animaux, notamment la contamination fécale. Si la pollution est récente et causée par des porteurs de maladies intestinales infectieuses, il peut y avoir des micro-organismes pathogènes dans l'eau. S'il est utilisé comme boisson ou préparation alimentaire, il peut provoquer de nouveaux cas d'infection. (OMS, 2000)

Les agents pathogènes en cause sont des bactéries, des virus et des protozoaires qui peuvent provoquer des maladies de gravité variable, de la gastroentérite bénigne à la diarrhée sévère et parfois mortelle, à la dysenterie, à l'hépatite ou à la fièvre typhoïde. La plupart d'entre eux sont présents presque partout dans le monde. La contamination fécale de l'eau de boisson n'est que l'un des mécanismes de transmission féco-orale des maladies d'une personne à l'autre, ou parfois de l'animal à l'homme. (OMS, 2000)

D'autres agents pathogènes présents dans l'eau peuvent provoquer des infections lors de la baignade ou des loisirs aquatiques. Si d'autres polluants sont présents en grandes quantités dans les gouttelettes d'eau telles que les douches et certains systèmes de climatisation ou l'irrigation agricole, l'inhalation peut être dangereuse. (OMS, 2000)

Le risque d'infection n'est pas le seul risque posé par la présence de micro-organismes dans l'eau potable. Dans certains cas, les toxines produites par les cyanobactéries peuvent persister dans l'eau même après la destruction de l'organisme lui-même. Enfin, certains organismes indésirables existent dans l'eau même s'ils ne causent pas de problèmes de santé publique. (OMS, 2000)

II.4.1/ Agents importants :

Les germes pathogènes pour l'homme qui peuvent être transmis par l'eau de boisson sont énumérés au (tableau II.1). La présente section donne des informations générales sur ces organismes.

Tableau II.1 : Importance des différents pathogènes véhiculés par l'eau. (OMS, 2000)

Agent pathogène	Importance sanitaire	Principale voie d'exposition	Persistance dans l'eau	Résistance au chlore	Dose infectante relative	Réservoir animal important
Bactéries <i>Campylobacter</i> <i>Jejuni, C Coli</i>	Grande	O	Modérée	Faible	Modérée	Oui

Tableau II.1 : Importance des différents pathogènes véhiculés par l'eau (suite). (OMS, 2000)

<i>Eschenchla coli</i> Pathogène	Grande	O	Modérée	Faible	Elevée	Oui
<i>Salmonella typhi</i>	Grande	O	Modérée	Faible	Elevée	
Autres <i>Salmonelles</i>	Grande	O	Longue	Faible	Elevée	Oui
<i>Shigella spp</i>	Grande	O	Brève	Faible	Modérée	
<i>Vibrio cholerae</i>	Grande	O	Brève	Faible	Elevée	Non
<i>Yersinia</i> <i>Enterocolitica</i>	Grande	O	Longue	Faible	Elevée(?)	Oui
<i>Legionella</i>	Modérée	I	Peut se multiplier	Modérée	Elevée	Non
<i>Pseudomonas</i> <i>Aeruginosa</i>	Modérée	C, IN	Peut se multiplier	Modérée	Elevée(?)	Non
<i>Aeromonas spp.</i>	Modérée	O, C	Peut se multiplier	Faible	Elevée(?)	Non
<i>Mycobacterium</i> <i>Atypique</i>	Modérée	I, C	Peut se multiplier	Elevée	?	Non
Virus						
Adénovirus	Grande	O, I, C	?	Modérée	Faible	Non
Entérovirus	Grande	O	Longue	Modérée	Faible	Non
Hépatite A	Grande	O	Longue	Modérée	Faible	Non
Hépatite E	Grande	O	?	?	Faible	Probable
Virus Norwalk	Grande	O	?	?	Faible	Non
Rotavirus	Grande	O	?	?	Modérée	Non(?)
Petit virus ronds (autres que le virus Norwalk)	Modérée	O	?	?	Faible(?)	Non

Tableau II.1 : Importance des différents pathogènes véhiculés par l'eau (suite et fin). (OMS, 2000)

Protozoaires						
<i>Entamoeba Histolytica</i>	Grande	O	Modérée	Elevée	Faible	Non
<i>Giardia mtestmalis</i>	Grande	O	Modérée	Elevée	Faible	Oui
<i>Cryptospondium Parvum</i>	Grande	O	Longue	Elevée	Faible	Oui
<i>Acanthamoeba Spp</i>	Modérée	C, I	Peut se multiplier	Elevée	?	Non
<i>Naeglerie Fowleri</i>	Modérée	C	Peut se multiplier	Modérée	Faible	Non
<i>Balantidium coli</i>	Modérée	O	?	Modérée	Faible	Oui
Helminthes						
<i>Dracunculus medinensis</i>	Grande	O	Modérée	Modérée	Faible	Oui
<i>Schistosoma spp</i>	Modérée	C	Brève	Faible	Faible	Oui

- ? = inconnue ou incertaine
- **Voie d'exposition** O = voie orale (ingestion), I = inhalation d'aérosol, C = contact cutané, IN= ingestion par des patients immunodéprimés
- **Durée de la période de détection du stade Infectant dans l'eau à 2°C :**
brève= Jusqu'à 1 semaine, modérée = 1 semaine à 1 mois, longue = supérieure à 1 mois

II.4.1.1/ Agents d'importance majeure pour la santé publique :

Tous les organismes pathogènes pour l'homme susceptibles d'être présents dans l'eau ne présentent pas la même importance du point de vue de la santé publique (tableau II.1). Certains d'entre eux, y compris la plupart de ceux qui sont ingérés, font courir un risque sérieux de maladie dès qu'ils sont présents dans l'eau de boisson et leur élimination doit être prioritaire. Parmi ces organismes, on peut citer *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, les virus et les parasites *Giardia*, *Cryptosporidium*, *Entamoeba histolytica* et *Dracunculus*. (OMS, 2000)

Si la plupart des pathogènes importants cités au (tableau II.1) se retrouvent partout dans le monde, d'autres ne posent un problème que dans certaines régions, par exemple le ver de Guinée, qui n'est présent que dans certains pays d'Afrique et d'Asie. (OMS, 2000)

II.4.1.2/ Organismes opportunistes :

Certains organismes qui sont naturellement présents dans l'environnement, mais qui ne sont généralement pas considérés comme pathogènes, peuvent néanmoins être à l'origine de maladies dites opportunistes. Ils peuvent provoquer des infections, surtout chez les personnes dont les mécanismes naturels de défense locale ou générale sont affaiblis. Le risque concerne principalement les personnes très âgées ou très jeunes et les patients hospitalisés. Si l'eau que ces patients utilisent comme boisson ou pour leur toilette contient un grand nombre d'organismes opportunistes, elle peut être à l'origine de diverses infections de la peau et des muqueuses (de l'œil, de l'oreille, du nez et de la gorge). Comme exemples de pathogènes opportunistes, on peut citer *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Acinetobacter*, *Klebsiella* et *Serratia*, ainsi que *Legionella*, qui peut infecter les poumons s'il est inhalé sous forme d'aérosol. Certains d'entre eux, comme *Legionella* et *Aeromonas*, peuvent aussi provoquer des maladies chez des sujets en bonne santé lorsque des conditions favorables leur permettent de se multiplier de façon excessive dans les réseaux de distribution. (OMS, 2000)

II.4.2/ Voies d'exposition :

L'importance de l'eau comme vecteur varie d'une maladie à l'autre et dépend des conditions locales. Par conséquent, la transmission de la poliomyélite d'origine hydrique n'a pas été définitivement confirmée, bien qu'il existe de nombreux cas de propagation de *Giardia*, de la typhoïde et du choléra par cette voie. Elle s'explique notamment par la persistance des pathogènes dans l'eau. (OMS, 2000)

II.4.3/ Persistance dans l'eau :

L'agent pathogène est moins persistant dans l'eau car il mourra rapidement après avoir quitté l'organisme hôte. En fait, le nombre d'agents pathogènes introduits dans l'eau à un moment donné a tendance à diminuer de façon exponentielle avec le temps, atteignant des niveaux indétectables et négligeables après une certaine période de temps.

La persistance de la plupart des pathogènes dans l'eau dépend de plusieurs facteurs, notamment de la lumière solaire et de la température. (OMS, 2000)

Certains agents pathogènes sont plus résistants aux traitements conventionnels, y compris la chloration, que d'autres. Ces différences sont également présentées dans le tableau II.1.

II.4.4/ Dose infectieuse :

Pour plusieurs pathogènes intestinaux, on s'est efforcé de déterminer le nombre d'organismes nécessaires pour provoquer soit une infection clinique apparente, soit une colonisation de l'intestin de l'homme. Lors d'une épidémie, le nombre de sujets exposés peut être très grand, mais seule une faible proportion d'entre eux sont infectés. Par conséquent, la dose infectieuse minimale et le taux d'attaque lors d'une épidémie sont probablement beaucoup plus faibles que dans une étude expérimentale. La probabilité d'ingérer un très grand nombre de pathogènes en une seule fois en buvant de l'eau est relativement faible car les pathogènes intestinaux ne se

multiplient normalement pas dans l'eau et celle-ci a tendance à les disperser. Par contre, si des aliments sont contaminés par une eau polluée, les pathogènes initialement présents en petit nombre pourront se multiplier dans des proportions très importantes. (OMS, 2000)

II.5/ Aspects physiques et chimiques :

II.5.1/ Consommation d'eau de boisson et poids corporel :

La consommation quotidienne moyenne par habitant est généralement inférieure à 2 litres, mais il existe des variations considérables d'un individu à l'autre. Celle-ci varie avec le climat, l'activité physique et les habitudes culturelles. Par exemple, lorsque la température dépasse 25°C, la consommation de liquide augmente rapidement pour compenser les pertes dues à la transpiration. (OMS, 2000)

Lors de l'élaboration des valeurs guides pour les produits chimiques potentiellement dangereux, on s'est généralement basé sur une consommation quotidienne de 2 litres pour une personne de 60 kg. Les valeurs ainsi établies pèchent en général par excès de prudence. Toutefois, une telle hypothèse peut sous-estimer la consommation d'eau par unité de poids, et donc l'exposition, des personnes vivant sous des climats chauds, ainsi que celle des nourrissons et des enfants, qui consomment davantage de liquide par unité de poids que les adultes. (OMS, 2000)

II.5.2/ Constituants inorganiques :

On retrouve plusieurs constituants inorganiques tels que : l'aluminium, l'amiante, l'ammoniac, l'antimoine, l'argent, l'arsenic, le baryum, le bore, le cadmium, le chlorure, le chrome, le cuivre, les cyanures, le fer, le manganèse, le mercure, le molybdène, les nitrates et nitrites, l'oxygène dissous, le sodium, les sulfates, l'uranium et le zinc. Ces composés sont plus ou moins nocifs à la santé. C'est ce que nous allons voir en citant quelques exemples d'entre eux. (OMS, 2000)

II.5.2.1/l'aluminium :

Il a de nombreuses applications industrielles et domestiques, par exemple comme un antiacide, aditif alimentaire, les sels d'aluminium sont aussi très utilisés comme agent de floculation dans le traitement de l'eau.

En ce qui concerne son effet sur l'homme, plusieurs études ont été menées. Certaines ont démontré la présence d'une corrélation entre l'aluminium et des maladies neurodégénératives graves telle que la Sclérose et la démence de Parkinson. Et il est l'un des éléments les plus soupçonnés d'être à l'origine de l'Alzheimer. (OMS, 2000)

II.5.2.2/l'amiante :

Il est souvent utilisé dans la construction des conduites en amiante-ciment, l'isolation électrique et thermique et plusieurs autres domaines.

Les risques sanitaires dus à l'inhalation d'amiante sont connus depuis très longtemps, tandis que les études menées sur l'amiante incéré par l'eau de boisson n'ont pas apporté des preuves concluantes de la cancérogénicité de cette substance. (OMS, 2000)

II.5.2.3/l'ammoniac :

Il sert à la fabrication d'énergies, d'explosifs et il est aussi utilisé dans le refroidissement.

L'ammoniac n'a pas d'effets toxiques sur un sujet en bonne santé, mais sous des quantités surveillées, car il risque de provoquer une perturbation du métabolisme. (OMS, 2000)

II.5.2.4/l'antimoine :

Souvent utilisé pour la fabrication d'alliages semi-conducteurs, de batteries, de verre ainsi que la poterie.

Des vomissements et de la diarrhée peuvent être causés par l'intoxication à l'antimoine allant jusqu'à la mort. (OMS, 2000)

II.5.2.5/l'argent :

Il est utilisé en photographie et dans les piles alcalines ainsi que dans la fabrication de matériels électroniques, de bijoux et dans plain d'autres utilisations.

Aucun cas d'argyrie ou d'autres effets toxiques résultant de l'exposition à l'argent n'a été signalé chez des personnes en bonne santé. (OMS, 2000)

II.5.3/ les constituants organiques :

Comme pour les composés inorganiques on retrouve les constituants organiques suivant : Tétrachlorure de carbone, Dichlorométhane, 1,1-Dichloréthane, 1,2-Dichloréthane, 1,1,1-Trichloréthane, Chlorure de vinyle, 1,1-Dichloréthène, 1,2-Dichloréthène, Trichloréthène, Tétrachloréthène, Benzène, Toluène, Xylènes, Ethylbenzène, Styrène, Hydrocarbures aromatiques polycycliques, Monochlorobenzène, Dichlorobenzènes, Trichlorobenzène, Adipate de di (2-éthylhexyle), Phtalate de di (2-éthylhexyle), Acrylamide, Epichlorhydrine , Hexachlorobutadiène, Acide édétique, Acide nitrilotriacétique, Organostanneux. (OMS, 2000)

II.5.3.1/ Tétrachlorure de carbone :

Il est utilisé principalement dans la fabrication de liquides réfrigérants, d'agents de gonflement pour mousses, de solvants, de peintures et de matières plastiques.

Ses effets sur l'homme varie en fonction de la dose à la quelle le sujet est exposé allant de aucun effet jusqu'à la mort passant par des effets neurologiques tels que les nausées et les dépressions. (OMS, 2000)

II.5.3.2/ Dichlorométhane :

Il est très utilisé comme solvant organique. Il entre dans la composition de peintures, d'insecticides, de liquides de dégraissage et de nettoyage, etc.

L'inhalation de dichlorométhane à haute dose a été associée à divers effets sur le système nerveux central, dont le plus notable est la narcose. Le dichlorométhane peut provoquer une altération des fonctions sensorielles et motrices. Les études épidémiologiques sur l'exposition professionnelle n'ont pas révélé de corrélation positive entre l'exposition par inhalation et l'augmentation de l'incidence des cancers. (OMS, 2000)

II.5.3.3/ 1,1-Dichloréthane :

Il est employé comme solvant pour l'élimination des peintures et des vernis, comme dégraissant ou comme nettoyeur. On l'utilise aussi comme agent de flottation des minerais et il était autrefois employé comme anesthésique.

Sa toxicité est relativement faible mais on peut supposer que l'inhalation de 1, 1-dichloréthane à hautes doses provoque une dépression du système nerveux central, étant donné que cette substance a été utilisée comme anesthésique avant d'être abandonnée parce qu'elle provoquait des arythmies cardiaques aux concentrations nécessaires pour obtenir l'anesthésie. (OMS, 2000)

II.5.3.4/ 1,2-Dichloréthane :

Il est employé comme solvant et comme additif dans les essences au plomb pour éviter les dépôts de plomb.

A la suite d'une exposition aiguë par voie orale au 1,2-dichloréthane, on a signalé des effets sur le système nerveux central ainsi que des troubles hépatiques, gastro-intestinaux, respiratoires, rénaux et cardio-vasculaires. L'issue mortelle d'une intoxication aiguë est le plus souvent attribuable à un collapsus cardio-vasculaire ou à un arrêt respiratoire. L'inhalation répétée de 1,2-dichloréthane sur le lieu de travail peut entraîner anorexie, nausées, vomissements, faiblesse et fatigue, nervosité, douleurs épigastriques, irritation des voies respiratoires et irritation oculaire (OMS, 2000)

II.5.3.5/ 1,1, 1-Trichloréthane:

Il est de plus en plus largement utilisé comme solvant pour le nettoyage du matériel électrique, des moteurs, des instruments électroniques et des tissus. Il entre également dans la composition d'adhésifs, de revêtements, de colorants pour textiles, d'encres et de produits de nettoyage pour les sanitaires.

L'ingestion de quantités importantes de 1,1, 1-trichloréthane a provoqué des nausées, des vomissements et de la diarrhée, tandis que son inhalation était suivie d'effets neurologiques, de fortes concentrations de cette substance dans l'air peuvent provoquer une insuffisance respiratoire et une arythmie cardiaque. (OMS, 2000)

II.6/ Aspects radiologiques :

Diverses activités humaines peuvent accroître la quantité de radionucléides naturels présents dans l'eau de boisson. Les radionucléides provenant des centrales nucléaires ou des applications médicales et autres utilisations de matériaux radioactifs, peuvent pénétrer dans les réseaux de distribution. L'importance de ces sources d'exposition est normalement limitée par les contrôles réglementaires pratiqués à la source ou en cours d'utilisation et c'est dans le cadre de ce mécanisme de réglementation que des mesures correctrices devront être prises en cas de risque de contamination. (OMS, 2000)

II.6.1/ Conséquences sanitaires potentielles de l'exposition aux rayonnements :

L'exposition aux rayonnements ionisants, qu'ils soient naturels ou artificiels, peut avoir deux sortes d'effets sur la santé. Les effets pour lesquels la gravité des dommages est proportionnelle à la dose, et pour lesquels il existe un seuil au-dessous duquel ils ne se produisent pas. Elles sont appelés effets « déterministes>>. Dans les conditions normales, la dose reçue du fait de la

radioactivité naturelle et d'une exposition normale à des activités réglementées, est bien inférieure à ce seuil.

Les effets dont la probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose sont appelés effets « stochastiques » et l'on considère qu'il n'existe pas de seuil au-dessous duquel ces effets n'apparaîtraient pas. L'effet stochastique le plus préoccupant est le cancer. (OMS, 2000)

II.6.2/ Radioactivité alpha :

Si la radioactivité alpha se révèle inférieure à 0,1 Bq/litre, aucun examen complémentaire n'est nécessaire, sauf si une surveillance de routine est exigée par les autorités compétentes. Si la radioactivité alpha est supérieure à 0,1 Bq/litre, il faut procéder à une enquête plus approfondie.

Les radionucléides suivants, qui émettent des rayons alpha, sont des éléments naturels hautement toxiques : ^{226}Ra , ^{224}Ra , ^{210}Po , ^{232}Th , ^{234}U et ^{238}U . La nécessité d'examiner l'eau pour y déceler des radionucléides particuliers doit reposer sur une connaissance des conditions hydrogéologiques locales et sur d'autres renseignements. (OMS, 1985)

II.6.3/ Radioactivité bêta :

Si la radioactivité bêta mesurée dans un échantillon d'eau se révèle inférieure à 1 Bq/litre, il n'y a pas lieu de procéder à un examen complémentaire, sauf si une surveillance de routine est exigée par les autorités compétentes.

On a identifié comme étant des émetteurs bêta hautement toxiques les radionucléides suivants : ^{90}Sr , ^{89}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{131}I et ^{60}Co . L'examen de l'eau en vue de déceler ces différents radionucléides doit reposer sur une connaissance locale des déversements de radionucléides particuliers provenant d'opérations chimiques dans le bassin hydrologique. (OMS, 1985)

II.6.4/ Recommandations :

- En pratique, les valeurs guides recommandées pour l'activité volumique sont de 0,1 Bq/litre pour la radioactivité alpha globale et 1 Bq/litre pour la radioactivité bêta globale.
- Au-dessous de ce niveau de référence, l'eau de boisson est propre à la consommation humaine et aucune mesure visant à réduire la radioactivité n'est nécessaire. (OMS, 2000)

II.7/ La surveillance :

Une surveillance efficace de la qualité bactérienne de l'eau potable nécessite une fréquence d'échantillonnage et doit être soigneusement étudiée en fonction de nombreux facteurs, notamment la qualité de l'eau brute, le traitement (ou son absence), l'alimentation continue ou non. Une attention particulière doit être portée lors de la sélection des points d'échantillonnage pour les approvisionnements dans l'alimentation animale, car l'inspection d'un seul échantillon ne peut indiquer que les conditions dans lesquelles l'échantillonnage a été effectué à un point spécifique du système. Il est également important de prêter attention aux problèmes causés par la collecte correcte des échantillons, et la livraison rapide des échantillons de petits réseaux distants aux laboratoires accrédités. Pour toutes ces raisons, il est nécessaire que les directives concernant la surveillance de la qualité microbiologique de l'eau de boisson soient étudiées attentivement par les autorités nationales et locales, et ajustées aux conditions locales de l'hygiène publique. (OMS, 1985)

II.7.1/ Modèle de fréquence des prélèvements :

Les échantillons prélevés sur un réseau de distribution doivent être représentatifs des conditions microbiologiques qui y règnent. Il n'est malheureusement pas toujours possible d'atteindre cet objectif, parce que les microorganismes sont rarement dispersés au hasard dans les conduites, et qu'il y a des variations de débit causées par des variations de la demande.

Si une contamination, provenant de l'extérieur, se produit dans une conduite principale de grand diamètre, elle se retrouvera dans plusieurs secteurs et apparaîtra dans plus d'un échantillon prélevé. Si, en revanche, la contamination se produit dans une conduite de faible section, la pollution n'apparaîtra que dans des secteurs limités du réseau desservis par cette dérivation. **(OMS, 1985)**

Comme il n'est pas possible d'obtenir un grand nombre d'échantillons prélevés simultanément en tous points du réseau, on procède à des prélèvements périodiques dont les résultats accumulés fournissent des moyennes mensuelles. **(OMS, 1985)**

II.7.2/ Garantie de qualité :

Des méthodes standard de surveillance de la qualité de l'eau doivent être utilisées, mais de nombreux facteurs affectent la précision de ces méthodes, notamment la qualité du milieu de culture bactérien, la pureté des réactifs, les performances de l'équipement, l'espace de laboratoire disponible et la présence de personnel qualifié. Le contrôle de la qualité doit comprendre des vérifications quotidiennes du pH, de la stérilité, de la température de l'incubateur et de la stérilité de la verrerie et des bouteilles utilisées pour traiter les échantillons. La pureté de l'eau distillée utilisée pour préparer le milieu de culture, les réactifs et les dilutions des échantillons doit être vérifiée deux fois par an. Une fois par an, des échantillons de référence préparés à partir d'eau naturelle doivent être confiés à chaque technicien de laboratoire pour les analyses afin de tester leurs compétences. **(OMS, 1985)**

II.7.3/ Eau distribuée sous canalisation :

Comme le principal risque de contamination de l'eau distribuée sous canalisation est celui d'une éventuelle contamination au moment de la distribution et non à la station de traitement. La fréquence des prélèvements dépendra essentiellement de l'étendue du réseau.

Il faut adopter la même fréquence de prélèvement que l'eau soit désinfectée ou non, car les risques de pollution extérieure sont les mêmes dans les deux cas. Les prélèvements doivent être répartis de manière régulière sur le mois et avoir lieu de préférence une fois par semaine au moins. Ce n'est cependant pas toujours possible pour les réseaux de faibles dimensions dans des régions reculées. Les fréquences de prélèvement recommandées doivent être considérées comme des minima, l'objectif global étant de les accroître, surtout en période d'épidémie, d'inondation, dans les cas d'urgence ou après une interruption temporaire de l'approvisionnement normal, ainsi qu'après une réparation. Il faut noter que l'intervalle entre des prélèvements successifs doit être très court quand la population desservie dépasse 100 000 habitants et que les prélèvements doivent être très nombreux dans tous les secteurs du réseau de distribution. Même pour des collectivités de moins de 5000 habitants, un examen mensuel de l'eau peut s'avérer insuffisant. **(OMS, 1985)**

II.7.4/ Eau non traitée sans adduction :

On ne peut garantir la qualité de l'eau que par des mesures de surveillance de la pollution, par la protection des aires de captage, par des enquêtes sanitaires et par un examen bactériologique régulier susceptibles d'avertir très tôt de toute dégradation de cette qualité. Il s'agit en général de petits systèmes qui peuvent être situés dans des zones reculées, où le prélèvement d'échantillons n'est possible qu'une fois par mois ou par trimestre. Il est particulièrement important de déterminer la qualité microbiologique de cette eau pendant les périodes de pluie, quand le ruissellement des orages peut entraîner une pollution fécale sur toute l'étendue du bassin de drainage. Il est alors souhaitable d'accroître la fréquence des prélèvements pour déterminer l'importance du problème et la nécessité de mesures d'urgence, qui peuvent consister notamment à avertir la population de faire bouillir l'eau, à appliquer des mesures d'épuration simples ou à utiliser un approvisionnement de secours assurant une eau de meilleure qualité. (OMS, 1985)

II.7.5/ Eau en bouteille :

La qualité initiale de toute eau en bouteille dépend de la qualité de la source et des conditions sanitaires de sa mise en bouteille. Une contamination survenant lors de la mise en bouteille ou du stockage peut être due à un mauvais assainissement de l'usine ou à des récipients malpropres. Si la source est exposée à une contamination fécale, le traitement de l'eau devra comporter un système efficace de filtration et de désinfection garantissant que le produit est exempt de protozoaires et d'helminthes pathogènes.

La surveillance systématique de l'eau en bouteille est un important problème de santé publique, surtout dans les zones où l'usage en est fréquent. Il faut analyser ce type d'eau de boisson à une fréquence mensuelle qui dépend du volume de la production et les prélèvements doivent se faire tant à la source que sur le produit en bouteille. Si les analyses prouvent que l'eau n'est pas conforme aux normes pour l'eau de boisson, il faut renouveler les prélèvements et procéder à une enquête sanitaire pour déterminer l'origine de la contamination et les mesures à prendre pour éliminer les dangers de pollution fécale. (OMS, 1985)

II.7.6/ Eau potable de secours

Les approvisionnements de secours peuvent être constitués par d'autres sources nécessitant un traitement parce qu'elles sont de qualité inférieure, ou par des quantités limitées d'eau stockée de bonne qualité et réservée aux périodes de sécheresse ou d'autres désastres. Il est difficile de disposer pendant longtemps d'une eau de secours de bonne qualité. Il faut choisir au départ la meilleure qualité possible afin de réduire les dangers d'origine microbienne et il faut prendre des précautions pour éviter la contamination lors du remplissage des récipients de stockage ou des citernes mobiles. Il est recommandé en outre de désinfecter l'eau emmagasinée avant sa distribution, par précaution contre sa pollution éventuelle pendant la période de stockage.

La surveillance de l'eau de secours doit comporter des inspections mensuelles de réservoirs pris au hasard pour rechercher les fuites et contrôler l'évaporation, ainsi qu'un examen bactériologique semestriel de 2, 3 ou 4 réservoirs par zone de stockage quand les réserves se composent respectivement de 1 à 100, de 100 à 1000 ou de 1000 à 5000 réservoirs. Les tonneaux ou les citernes ayant subi des pertes d'eau ou situés dans des zones malpropres ou inondées seront lavés à grande eau pour éliminer toute trace de dépôts et de débris, puis remplis d'eau de

bonne qualité et traitée au chlore pour rétablir un résidu de chlore libre, équivalent de préférence à 10 mg/litre.

Il faut prévoir des approvisionnements de rechange pour les cas d'urgence et il convient de les choisir sur la base d'une enquête sanitaire. Si la distribution se fait sans adduction, il faut avertir la population de la nécessité de faire bouillir l'eau de boisson. (OMS, 1985)

II.8 / Les normes de potabilités (Législation algérienne) :

Le terme eau potable, en usage jusqu'à présent, est de moins en moins utilisé, pour désigner la qualité de l'eau. Actuellement, certaines réglementations Européennes n'utilisent plus le terme eau potable ou potabilité des eaux, car il est admis, qu'une eau dans laquelle tous les critères de qualité ne sont pas requis, pourrait cependant être potable. Étant donné la marge de sécurité intégrée dans les normes de qualité de l'eau, un dépassement temporaire et modéré, d'un polluant est la plupart du temps sans conséquences, il doit tout de même déclencher la mise en œuvre d'un programme d'action et de surveillance. En revanche, la qualité bactériologique doit être assurée en toutes circonstances et faire l'objet d'une surveillance de tous les instants (Frioua, 2014).

Le code de l'eau en Algérie, du 16 juillet 1983 (JO n° 30/83) qui stipule :

Art 50 : L'eau de consommation au sens de la présente 101, signifie l'eau destinée à la boisson et aux usages domestiques, la fabrication des boissons gazeuses, des eaux minérales et de la glace et à la préparation et la conservation de toutes denrées et marchandises destinées à l'alimentation.

Art 51 : Toute personne physique ou morale chargée de fournir l'eau de consommation est tenue de s'assurer que cette eau est potable.

Art 52 : L'eau est potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomme. Elle ne doit contenir, en quantités nuisibles, ni substances chimiques, ni germes nocifs à la santé. Les conditions et normes de potabilités sont fixées par voie réglementaires.

Art 53 : Les lieux de prélèvement et la périodicité des analyses de contrôle pratique au niveau des ouvrages de production, d'adduction, de stockage, de traitement et de distribution des eaux de consommation sont fixés par l'administration. Les modalités et méthodes d'analyse sont fixées par voie réglementaire.

Art 54 : Le contrôle bactériologique, physique et chimique de l'eau potable distribué sera assuré au moyen d'analyse périodique effectuée par des laboratoires agréés par l'administration.

Art 55 : Lorsque les sources de prélèvement de l'eau de consommation comportent des risques de contamination ou de pollution, l'administration compétente exige des organismes chargés d'assurer la distribution d'eau. De mettre en place des moyens appropriés de contrôle, en continu de la qualité de l'eau.

Art 56 : Les méthodes et produits chimiques employés pour le traitement et la correction des eaux de consommation doivent être autorisés par l'administration (**JO n° 30/83**).

II.8.1/ Normes Physico-chimiques de L'eau Potable

Les normes visent à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé. Dans les recommandations, on propose également des objectifs esthétiques. Une eau de mauvaise qualité esthétique fait naître un doute sur sa salubrité dans l'esprit du consommateur. Une mauvaise qualité esthétique découle souvent d'une contamination chimique ou bactériologique (**Hamed et al., 2012**). Les différents paramètres physicochimiques et recommandations de ces derniers sont présentés dans l'annexe.

II.8.2/ Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé est l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales. Ces dernières sont présentées dans l'annexe.

II.9/ Conclusion :

Sachant que l'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable, il est donc impératif de la rendre de la sorte, en la conduisant vers une station de traitement qui s'occupera de la rendre consommable suivant les consignes et les normes afin de produire une eau conforme aux exigences sanitaires.

Chapitre III : Présentation de la station de traitement TILESDIT

III.1/ Description du Barrage TILESDDIT :

Le barrage de TILESDDIT est situé dans la partie septentrionale centrale de l'Algérie à 18 Km à l'est de la ville de BOUIRA et à 4Km de la route nationale n° 5. (ANBT)

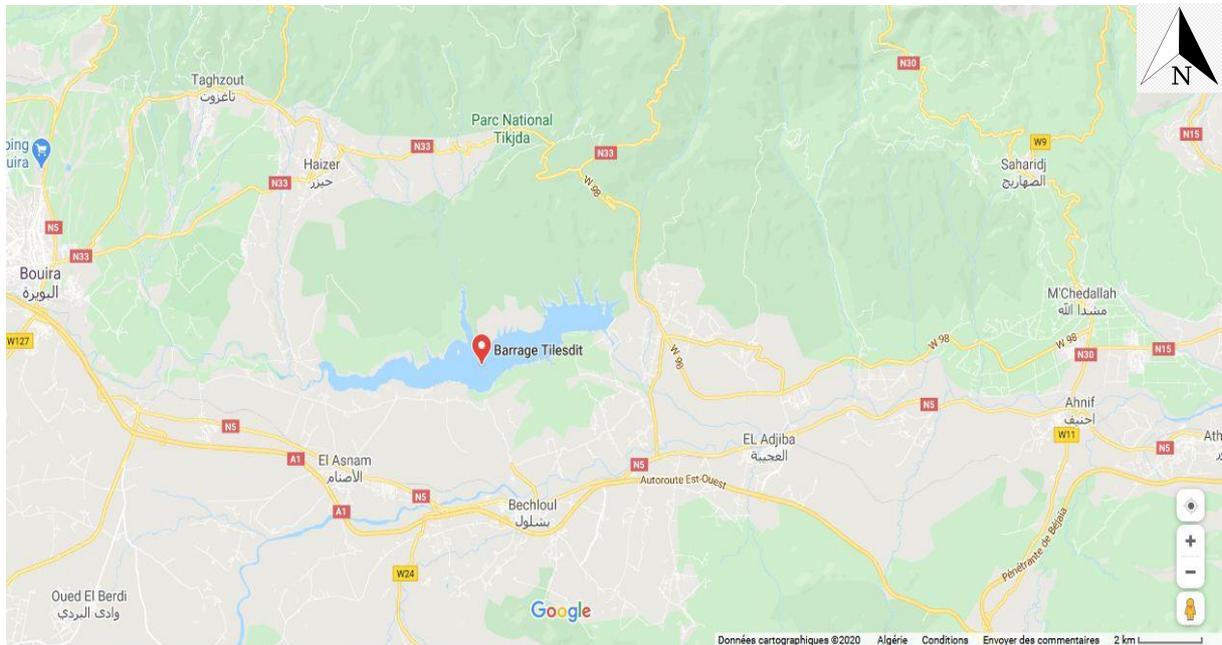


Figure III.1 : la situation géographique du barrage Tiledit (Google Map)

III.1.1/caractéristiques du barrage :

Bassin versant principale :

- La superficie du bassin versant en amont du barrage est de 843 km².
- L'apport moyen annuel s'élève à 83,06 Hm³/an.
- Les apports solides moyens annuels sont de 0,692 Hm³/an. (ANBT)

Barrage :

- Le barrage est de type : Digue en terre avec noyau argileux.
- Son volume mort est de 19,012 Hm³.
- Sa capacité initiale était de 167 Hm³.
- Sa capacité au dernier levé est de 164,549 Hm³.
- La cote retenue normale (RN) est 454,30m.
- La cote plus hautes eaux (PHE) est 457m. (ANBT)

Évacuateur de crue :

- Il est de type déversoir polygonal avec coursier et de saut de ski.
- Crue de projet [période de 100 ans] 2600 m³/sec. (ANBT)

III.1.2/Destination du barrage :

III.1.2.1/ Alimentation en eau potable et industrielle :

- La ville de BOUIRA. (ANBT)

III.1.2.2/ Alimentation en eau potable :

- Communes limitrophes (Bechloul, El-Esnam, Al-Adjiba, Oued El Berdi, Ahl-El-Ksar).
- Communes Sud-est (Tagdit, Oukhris, Mesdour, Ouled-Rached, Hadjr Zerga...). (ANBT)
- Zone industrielle de Sidi-Khaled et Hachimia.

III.1.2.3/ Irrigation :

- Plateau d'El-Esnam (2200 ha).
- Vallée du Sahel (3400 ha). (ANBT)

III.2/ Présentation de la station de potabilisation :

La station est conçue pour traiter et produire un débit moyen de 3600 m³/h. la provenance de l'eau brute est du barrage TILES DIT, et sa qualité sera régulièrement vérifiée afin d'assurer une eau de meilleure qualité répondant aux normes de potabilisations recommandées par l'OMS. Mise en fonction en 2008 elle est gérée par l'ADE (Algérienne des eaux). La station comporte deux chaînes de traitement, l'une est utilisée et l'autre est en stand-by (de secours) pour assurer la continuité de la production en cas de problèmes ou d'opérations de maintenance de la chaîne principale. (VATECH WABAG, 2006)

Les principales étapes de traitement sont :

- L'arrivée d'eau brute ;
- Contrôle du débit par vanne annulaire ;
- Aération de l'eau par le biais de la cascade et récolte des eaux ;
- Pré-chloration par l'eau chlorée dans le réservoir qui se situe sous la cascade ;
- Une coagulation au sulfate d'alumine ;
- Préconisation d'un ajustement de pH par injection de lait de chaux ;
- Injection du charbon actif pour l'adsorption des goûts et des odeurs ;
- Décantation composée de :
 - ✓ Flocculation
 - ✓ Passage par un décanteur lamellaire
 - ✓ Épaississement et décantation des boues et soutirage de ces dernières
 - ✓ Un canal de by-pass
- Éventuelle correction du pH avec le lait de chaux ;
- Filtration sur filtre gravitaire à sable ;
- Désinfection finale à l'entrée du réservoir d'eau traitée à l'aide d'eau chlorée. (VATECH WABAG, 2006)

III.2.1/ La chaîne de traitement :

III.2.1.1/ Ouvrage d'entrée :

C'est le premier ouvrage du site de la station de traitement. Sachant que les eaux brutes proviennent du barrage, et l'écoulement étant gravitaire.

L'ouvrage a ainsi pour fonction principale :

- ✓ L'isolement de la station au moyen d'une vanne motorisée.
- ✓ Le réglage du débit d'eau brute qui sera assuré par deux vannes motorisées asservies à la mesure du débit d'eau brute donnée par un débitmètre électromagnétique installé dans l'ouvrage.

Cet ouvrage assure également une fonction de sécurité contre les débordements par détection de niveau haut dans les deux réservoirs d'eau traitée. (VATECH WABAG, 2006)

La figure suivante représente l'ouvrage d'entrée appelé aussi ouvrage de régulation.



Figure III.2 : l'ouvrage d'entrée (station du barrage TILES DIT)

II.2.1.2/ La cascade d'aération :

Les cascades servent à l'aération de l'eau brute. 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 ;
- Réduire ou même éliminer les teneurs en dioxyde de carbone ;
- De réduire ou même éliminer les teneurs en sulfure d'hydrogène ;

➤ D'oxyder le fer. (VATECH WABAG, 2006)

La cascade est composée d'un canal central et les marches forment 4 cascades, chacune mesurant environ 0,3 m sur 48 mètres linéaires. Comme le montre la figure 3.

L'injection de sulfate d'alumine, de l'acide sulfurique, de lait de chaux et de l'eau chlorée se fait au niveau du réservoir sous cascade. 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. (VATECH WABAG, 2006)



Figure III.3 : La cascade d'aération (station du barrage Tilesdit)

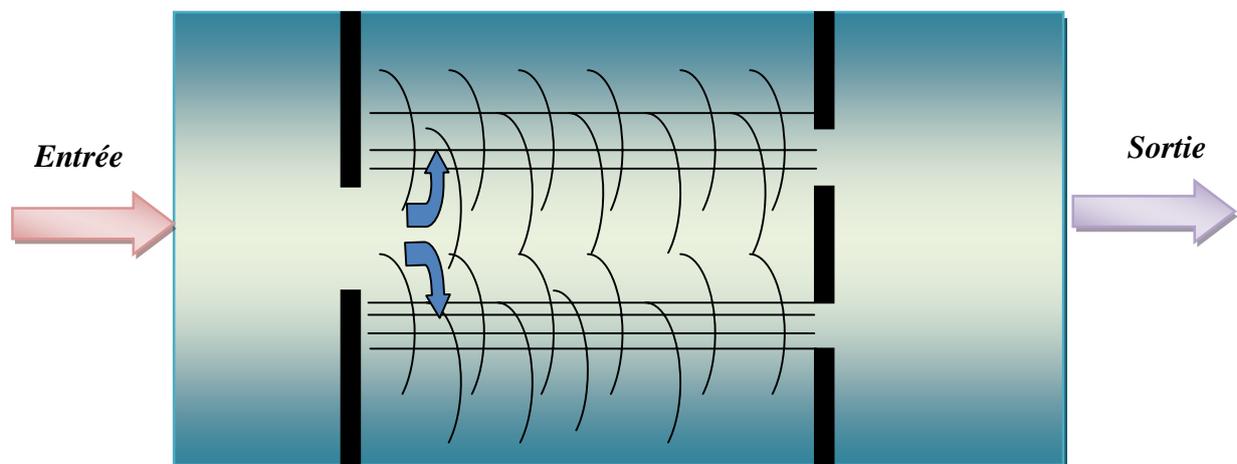


Figure III.4 : schématisation de la cascade d'aération

III.2.1.3/ Le clarificateur (coagulation/floculation/décantation) :

La figure 5 montre l'ouvrage chargé de la clarification. Il est constitué de trois compartiments : le bassin de coagulation, le bassin de floculation et le bassin de décantation.



Figure III.5 : Le clarificateur (station du barrage Tilesdit)

A/ Bassin de coagulation :

Les colloïdes présents dans l'eau brute sont des particules impossibles à décanter naturellement ou spontanément. Ils sont très généralement chargés négativement. (VATECH WABAG, 2006) Dans le tableau III.1 sont répertoriés certains matériaux ou organismes avec leur dimension et l'ordre de grandeur du temps nécessaire pour que, sous la seule influence de leur poids, les particules parcourent verticalement, à 20 °C, un mètre d'eau. (Degrément, S., 2005)

Tableau III.1 : Temps de décantation de différentes particules. (D'après la loi de STOKES). (Degrément, S., 2005).

Diamètre de particule	Type de particule	Temps de décantation pour 1m d'eau	Surface spécifique $m^2.m^3$
10	Gravier	1 seconde	$6. 10^1$
1	Sable	10 secondes	$6. 10^3$
10^{-1}	Sable fin	2 minutes	$6. 10^4$
10^{-2}	Argile	2 heures	$6. 10^5$
10^{-3}	Bactérie	8 jours	$6. 10^6$
10^{-4}	Colloïdale	2 ans	$6. 10^7$
10^{-5}	Colloïdale	20 ans	$6. 10^8$
10^{-6}	Colloïdale	200 ans	$6. 10^9$

Pour déstabiliser la suspension, et afin de favoriser l'agglomération des colloïdes, il faut neutraliser la charge négative de surface, au moyen des ions positifs. C'est la coagulation qui réalise cette déstabilisation.

La coagulation s'effectue par déstabilisation des colloïdes après mélange intime du sulfate d'alumine sous haute turbulence par apport d'énergie mécanique. Il s'agit de la première étape du traitement physico-chimique proprement dit.

Dans le système, l'eau traverse trois chambres placées en série comme le montre les figures 6 et 7. Chaque chambre est équipée d'un électro-agitateur. Pour optimiser l'homogénéité et augmenter le temps de séjour, l'eau passe alternativement par le haut et par le bas de ces bassins. (VATECH WABAG, 2006)



Figure III.6 : le bassin de coagulation (station du barrage Tilesdit).

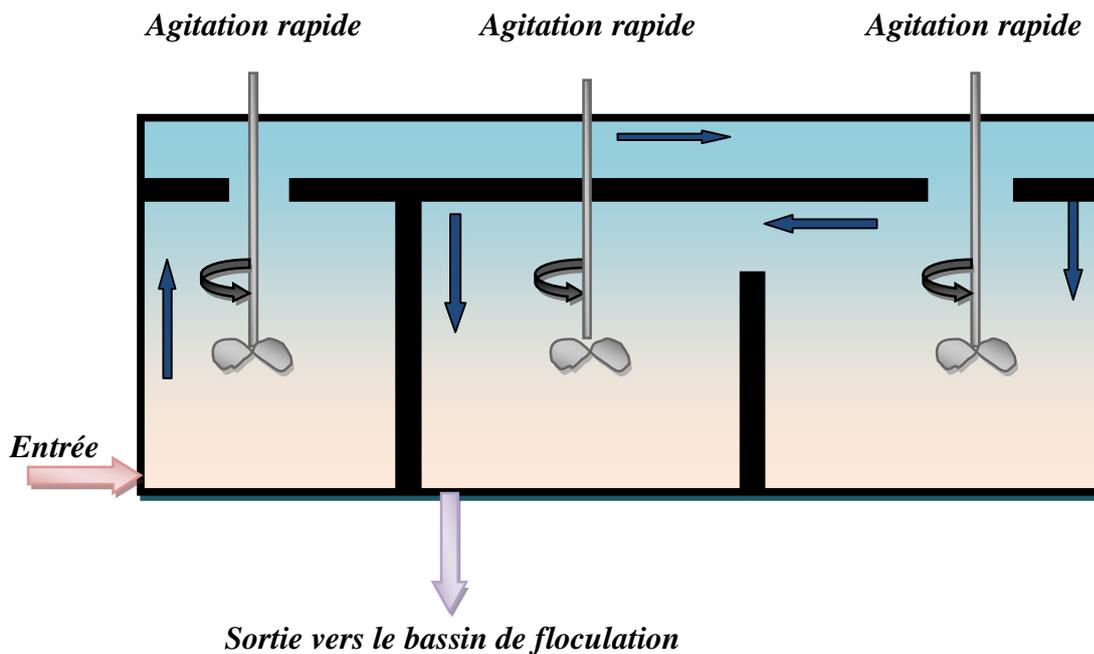


Figure III.7 : Schématisation du bassin de coagulation.

B/ Bassin de floculation :

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de floes par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un flocculant. La floculation repose sur l'étude de la vitesse d'agglomération des particules. Et pour obtenir une bonne floculation, il est impératif de bien coaguler, d'avoir une concentration en colloïdes la plus élevée possible (ou de l'augmenter artificiellement) et d'agiter convenablement pour favoriser une bonne croissance des floes (visibles dans la figure 8) sans toutefois les casser après leur formation. (VATECH WABAG, 2006)



Figure III.8 : bassin de floculation (station du barrage Tilesdit).

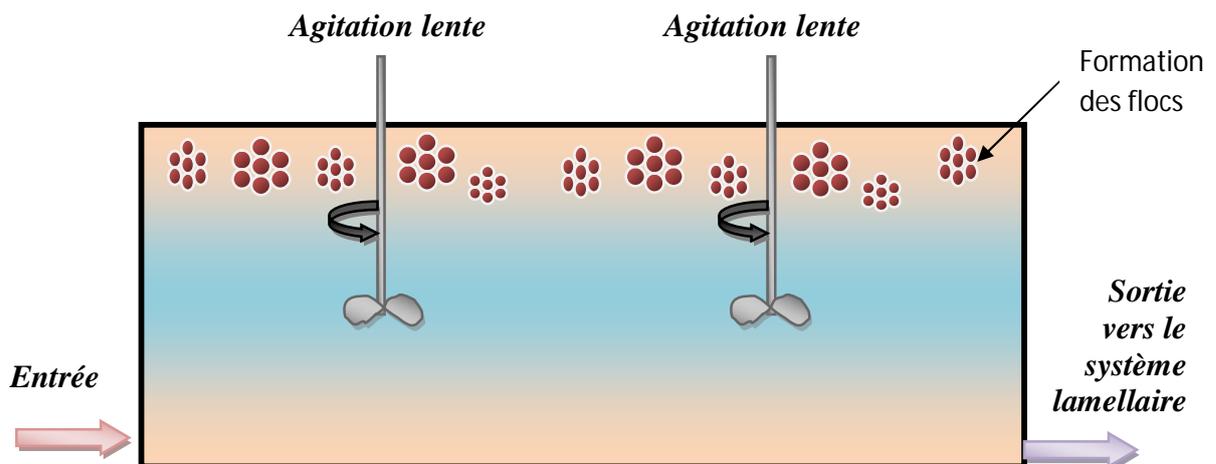


Figure III.9 : Schématisation du bassin de floculation.

C/ Canal bay-passe

Il sert de passage de l'eau brute directement de la cascade d'aération vers les filtre à sable sans passé par la coagulation-floculation et décantation, il est utilisé lorsque la qualité de l'eau brute ne nécessite pas un traitement physique.

D/ Décanteur :

Elle représente la séparation physique des matières solides et de l'eau claire. Voir les figures 10 et 11. 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. (VATECH WABAG, 2006)



Figure III.10 : système lamellaire (station du barrage Tilesdit).

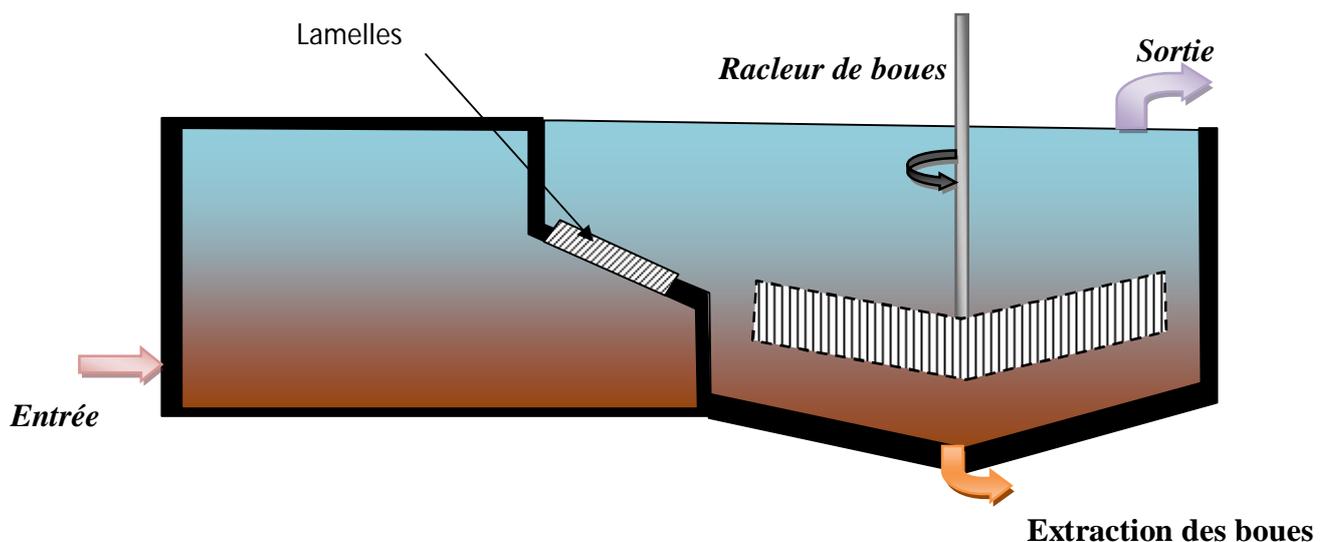


Figure III.11 : Schématisation du bassin de décantation.

III.2.1.4/ Les filtre à sable :

L'eau présente alors une turbidité stable de 10 NTU après une série de coagulation/floculation/décantation, afin d'obtenir une eau claire répondant aux normes de potabilité en matière de turbidité avant désinfection, il est nécessaire de la filtrer sur un lit de sable d'une granulométrie adaptée.

La durée et la qualité de la filtration est basé sur une équipartition de la vitesse de filtration entre tous les filtres.

Afin de régénérer la capacité de filtration des filtres, les MES piégées dans le lit filtrant doivent être évacuées régulièrement par rétro lavage. (VATECH WABAG, 2006)

L'ouvrage de filtration est constitué d'un canal de distribution d'eau décantée en béton, formé d'une arrivée d'eau centrale et d'une batterie de 6 filtres comme le montre les figures 12 et 13.



Figure III.12 : Les filtres à sable (station du barrage Tilesdit).

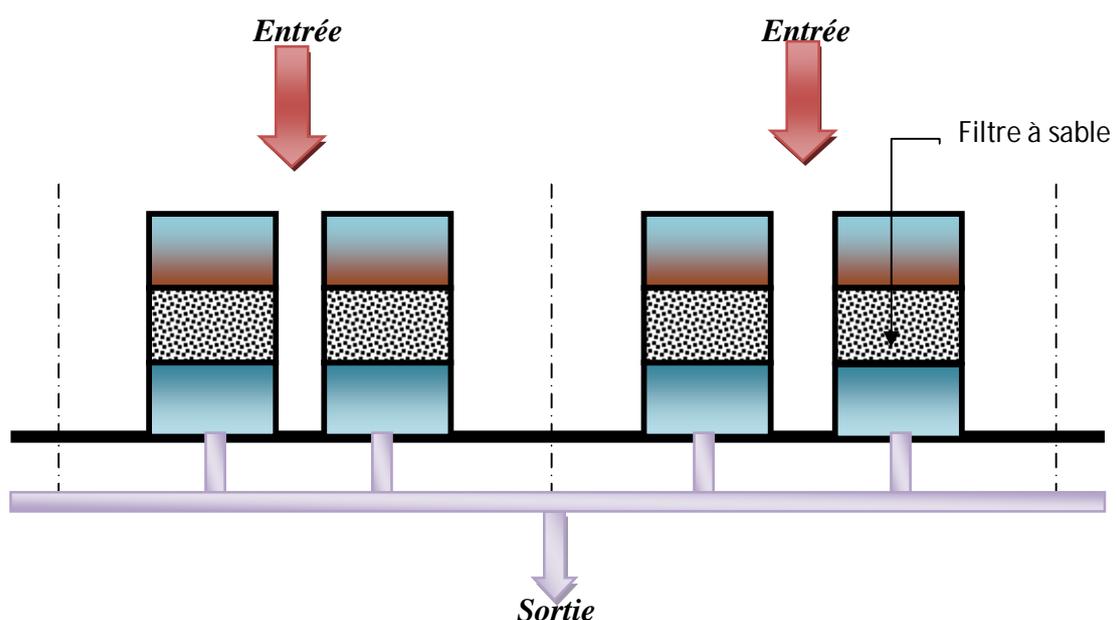


Figure III.13 : Schématisation des filtres à sable.

III.2.1.5/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 est d'une capacité suffisante pour procéder au lavage de deux filtres, même en l'absence de débit de filtration. Il se termine par un déversoir qui permet de maintenir le réservoir plein pendant les phases de filtration. (VATECH WABAG, 2006)

III.2.1.6/Réservoir d'eau traitée :

Après le réservoir d'eau de lavage, l'eau s'écoule dans le réservoir d'eau traitée (figure 14). 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 réservoir est de capacité totale de 13 000 m³ et qui peut être isolé en amont et en aval par des vannes murales motorisées. 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 (chlore résiduel) dans le réseau de distribution.

A l'avant de chaque compartiment, après la vanne murale d'entrée, nous avons un premier compartiment, dit 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. Ces compartiments servent également de stockage et de volume tampon pour le fonctionnement des pompes de la Station de refoulement. Il y a également un déversoir faisant office de trop plein de chaque compartiment. (VATECH WABAG, 2006)



Figure III.14 : Réservoir d'eau traitée (station du barrage Tilesdit)

III.2.1.7/ La chloration :

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. En post chloration (ou désinfection finale), il assure la destruction nécessaire à la

potabilisation de l'eau de la plupart des germes et microorganismes pouvant être rencontrés dans l'eau filtrée. Son effet rémanent agit également sur les micros organismes se trouvant ou pouvant être introduits dans les premiers ouvrages de stockage et conduites d'adduction. Cependant, l'effet rémanent étant limité dans le temps, la désinfection doit être poursuivie en aval de la station de traitement. (**VATECH WABAG, 2006**)

Chapitre IV : Matériels et Méthodes d'analyse des eaux

IV.1/ Introduction :

Les normes de qualité sont de plus en plus sévères, le traitement de plus en plus sophistiqués et le contrôles doit être autant plus précis et fiable.

C'est pour cela que les analyses sont indispensables à l'élaboration d'une station de traitement d'eaux potable, ainsi que pour le contrôle du fonctionnement et de l'efficacité de cette dernière.

IV.2/ Prélèvement et échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate et doit être effectué avec un soin extrême. Il détermine le résultat de l'analyse et l'explication à donner. L'échantillon doit être homogène, représentatif et pouvoir être obtenu sans modifier les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau (gaz dissous, solides en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas, le gestionnaire d'échantillons n'est pas l'analyste, l'échantillonneur doit comprendre avec précision l'état de l'échantillon et son importance pour la qualité du résultat de l'analyse. Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable. **(Rodier et al, 2009)**

Le prélèvement s'effectue à différents niveau de traitement, dont on prélève un échantillon d'eau brute (à 10 m de la surface libre), décantée, filtrée et traitée, mais nous nous baserons pour notre travail seulement sur les résultats d'eau brute et traitée.

IV.3/ Méthodes d'analyses :

IV.3.1/ Analyses physico-chimiques :

IV.3.1.1/ L'oxygène dissous :

➤ Principe

La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution. **(Rodier et al, 2009)**

➤ Matériels

- ❖ Oxymètre de paillasse OXI 7310, WTW.
- ❖ Flacon de 250 ml.
- ❖ Thermomètre. **(Rodier et al, 2009)**

➤ Mode opératoire

- ❖ On prélève l'échantillon dans un flacon de 250 ml de façon à ce qu'il n'y ait pas de bulles d'air.
- ❖ On rince la sonde de l'oxymètre avec de l'eau distillée.
- ❖ On prolonge la sonde dans l'eau à analyser.
- ❖ On attend jusqu'à l'affichage soit constants.
- ❖ On saisit la valeur affichée par l'oxymètre. **(Rodier et al, 2009)**

➤ **Expression des résultats**

La concentration en oxygène dissous, à la température de mesure, est exprimée en mg/l. (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.2/ Potentiel d'hydrogène (pH) :

➤ **Principe**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon l'expression de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ présents par la relation. (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériels**

- ❖ pH mètre de paillasse HACH.
- ❖ Agitateur magnétique

➤ **Réactifs**

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

➤ **Mode opératoire**

- ❖ Introduire l'électrode du pH-mètre, préalablement rincé avec l'eau distillée, dans un bêcher contenant l'échantillon à analyser.
- ❖ Agiter doucement avec un barreau magnétique.
- ❖ Appuyer sur Read, et attendre jusqu'à stabilisation de la valeur du pH et de la température.
- ❖ Lire la valeur. (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.3/ 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. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériels**

- ❖ 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. (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.4/ Conductivité électrique

➤ Principe

La conductivité électrique d'une eau (σ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. (Rodier et al, 2009)

➤ Matériels

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

➤ Mode opératoire

- ❖ Rincer l'électrode du conductimètre avec de l'eau distillée.
- ❖ Plonger 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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.5/ La Température :

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre étalonné .

➤ Mode opératoire

On plonge le thermomètre dans l'eau jusqu'au niveau de lecture. On laisse la température se stabiliser et on effectue la lecture.

IV.3.1.6/ Le TA et TAC :

➤ Principe

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes. On distingue comme pour la mesure de l'acidité, deux titres qui sont le titre alcalimétrique ou titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC). (Rodier et al, 2009)

A/ Titre alcalimétrique simple (TA) :

Le TA correspond donc à la somme des concentrations des ions carbonates (CO_3^{2-}) et des ions hydroxydes (OH^-). Mais, à partir du seul résultat de la mesure, il n'est pas possible de différencier la part du TA qui correspond aux carbonates de celle qui correspond à la concentration en ions hydroxyde. (Rodier et al, 2009)

B/ Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur en alcalis libres, carbonates et hydrogencarbonates (HCO_3^- , CO_3^- , OH^-). (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériels**

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

➤ **Réactifs**

- ❖ Solution tampon
- ❖ EDTA : Solution titrée : C (EDTA) = 0.01 mol/l.
- ❖ Mordant noir, indicateur 0.2 g

➤ **Mode opératoire**

◆ **Détermination de TAC**

- ❖ A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 100 ml.
- ❖ Ajouter 4 ml de la solution tampon (2-1) et environ 0.2g de l'indicateur mordant noir.
- ❖ Mélanger et titrer immédiatement. Ajouter la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter.
- ❖ Verser lentement en fin de titrage.
- ❖ Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue.
- ❖ La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. (**Rodier et al, 2009**)

IV.3.1.7/ Les matières en suspension (MES)

➤ **Principe**

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle. La formule de calcul suivante permet la détermination des MES :

$$\text{MES} = (M1 - M0) / 150 * 1000 \quad (\text{Rodier et al, 2009})$$

➤ **Matériel spécial**

- ❖ Dispositif de filtration sous vide ou sous pression.
- ❖ Disques filtrants en fibres de verre.

➤ **Mode opératoire**

- ❖ Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105 °C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur.
- ❖ Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre.
- ❖ Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 ml d'eau permutée.
- ❖ Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.
- ❖ Laisser essorer le filtre, sécher à 105 °C.

- ❖ Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à masse constante. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats**

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg /l) est donnée par l'expression

$$\frac{M_1 - M_0}{V} \times 1000$$

M_0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M_1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V = volume d'eau utilisé (ml). (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.8/ Dosage des chlorures (Cl^-)

➤ **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. Après addition d'une goutte de solution de Chlorure de Sodium cette coloration doit disparaître. (Rodier et al, 2009)

➤ **Réactifs**

- ❖ Nitrate d'argent : $[Ag NO_3]$ 0.02 mol / l :
- ❖ Chromate de Potassium : $[K_2 Cr O_4]$ 10 % :
- ❖ Chlorure de sodium (solution étalon de référence (0.02 mole/l)).

➤ **Mode opératoire :**

- ❖ Introduire 100 ml d'échantillon dans un bécher,
- ❖ Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium et titrer par $AgNO_3$ jusqu'à la couleur brun-rougeâtre (V_s).
- ❖ Après addition de solution de NaCl, cette coloration doit disparaître.
- ❖ Titrer 100 ml d'eau distillée pour une solution à blanc, la valeur de l'essai à blanc ne devrait pas dépasser 0.2 ml de solution d' $AgNO_3$.
- ❖ Noter (V_b). (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats :**

$$[Cl^-] \frac{mg}{l} = (V_s - V_b) \times C \times \frac{F}{V_a}$$

V_a : Volume en ml de l'échantillon (100 ml).

V_b : Volume en ml d' $AgNO_3$ pour le titrage du blanc.

V_s : Volume en ml d' $AgNO_3$ pour le titrage de l'échantillon.

C : Concentration réelle en mol/l d' $AgNO_3$.

F : Facteur de conversion. (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.9/ Détermination de la dureté totale (TH)

➤ Principe

Les ions Ca^{2+} , Mg^{2+} sont titrés par complexométrie avec une solution de l'E.D.T.A. Au pH 10, le mordant noir est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette, en présence de ces ions. L'E.D.T.A. réagit avec les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} combinés avec l'indicateur qui fait virer la couleur du violet au bleu. (Rodier et al, 2009)

➤ Réactifs :

- ❖ Solution de noir erichrome T à 0,5 %.
- ❖ Solution tampon pH 10.
- ❖ Solution d'EDTA.

➤ Matériels

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

➤ 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 foncé 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. (Rodier et al, 2009)

➤ Expression des résultats

Les résultats obtenus sont donnés par mg CaCO_3 /l. (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.10/ 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. (Rodier et al, 2009)

➤ 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 chlorure de Baryum BaCl₂. (Coreil, F., 1896)
- **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 a nouveau.
 - ❖ Effectuer les lectures a $\lambda=650$ nm. (Rodier et al, 2009)
- **Expression des résultats**

Les concentrations sont affichées directement par le spectrophotomètre en mg/l SO_4^{2-} . (Rodier et al, 2009)

IV.3.1.11/ Dosage du calcium Ca^{2+} :

➤ Principe

Le principe est identique à celui de la méthode titrimétrique décrite pour la dureté totale (A-5.9.1). Toutefois, comme le dosage se fait à un pH élevé (12-13), le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas. Par ailleurs, l'indicateur choisi, ne se combine qu'avec le calcium pour former un complexe rouge. (Rodier et al, 2009)

➤ Matériels

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

➤ Réactifs

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

➤ Mode opératoire :

- ❖ A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 100 ml.
- ❖ Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium (2 mol/l) et environ 0.2 g de l'indicateur du murexide.
- ❖ Mélanger et titre immédiatement avec la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter.
- ❖ Verser lentement en fin de titrage
- ❖ Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.

- ❖ La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats**

La teneur en calcium, exprimée en mg/l. (Rodier et al, 2009)

IV.3.2/ Les paramètres polluants :

IV.3.2.1/ Dosage des nitrates NO_3^- :

➤ **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique. (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériel spécial**

- ❖ Capsule de 60 ml environ.
- ❖ Bain-marie.

➤ **Réactifs**

- ❖ Solution d'azoture de Sodium 0.5 g/l
- ❖ Solution d'hydroxyde de sodium
- ❖ Acide sulfurique, C (H_2SO_4) =18 mole/l, d=1.84 g/ml
- ❖ Acide acétique cristallisable, C (CH_3COOH)=17 mole/l, d=1.05 g/ml.
- ❖ Solution de salicylate de sodium 10 g/l.

➤ **Mode opératoire**

- ❖ Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10 mg/l, opérer une dilution).
- ❖ Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.
- ❖ Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.
- ❖ Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau déionisée.
- ❖ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.
- ❖ Se reporter à la courbe d'étalonnage. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO_3), multiplier ce résultat par 4,43. (Rodier et al, 2009)

IV.3.2.2/ Dosage de nitrites NO_2^- :

➤ **Principe**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (pH=1,9) avec le réactif amino-benzène sulfonamide ($NH_2 C_6H_4 SO_2 NH_2$) en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-(Naphtyle1) diamino-

1,2éthane ($\text{Cl}_2 \text{H}_{16} \text{Cl}_{12} \text{N}_2$). Il s'agit de mesure spectrophotométriques qui se fait à la longueur d'onde $\lambda=540 \text{ nm}$. (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériel utilisé**

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

➤ **Réactifs**

Réactif coloré 1 (amino-4-benzène 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 coloré 1.
- ❖ Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- ❖ Laisser reposer 20 mn.
- ❖ Effectuer les lectures au spectrophotomètre a la longueur d'onde de 540 nm. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats**

Le résultat donne la teneur en azote nitreux N-NO_2 exprimée en mg/l, pour obtenir la teneur en nitrite NO_2^- on multiplie le résultat par 3.29. (Rodier et al, 2009)

IV.3.2.3/ Dosage des ions ortho phosphates (PO_4^{3-})

➤ **Principe**

Les ions ortho phosphates réagissent avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimoniyle-phosphomolybdate. Ce dernier est réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu qui est dosé par spectrophotométrie à la longueur d'onde $\lambda=880 \text{ nm}$. (Rodier et al, 2009)

➤ **Réactifs :**

- ❖ Solution de molybdate acide.
- ❖ Solution d'acide ascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ à 100g/l.
- ❖ Solution d'acide sulfurique à 4.5 mol/l.
- ❖ Solution d'acide sulfurique à 9 mol/l.

➤ **Modes opératoire :**

- ❖ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- ❖ Agiter bien la solution.
- ❖ Ajouter 2 ml de la solution de molybdate.
- ❖ Compléter jusqu'à 50 ml avec l'eau distillée.
- ❖ Laisser reposer pendant 10 à 30 mn.
- ❖ Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880 nm. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats :**

Les concentrations sont affichées directement par le spectrophotomètre en mg/l de PO_4^{3-} . (Rodier et al, 2009)

IV.3.2.4/ Dosage de l'ammonium NH_4^+ :

➤ **Principe**

L'ammonium réagit avec les ions hypochlorite (qui sont générées par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurates de sodium) pour former des chlorés amines. Ces derniers réagissent par la suite avec le salicylate de sodium à pH=12,6 en présence de nitroso penta cyanoferrate 3 pour former un composé bleu du citrate de sodium qui est incorporé aux réactifs pour masquer l'interface des cations, notamment le calcium et le magnésium. (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériels**

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

➤ **Réactifs :**

- ❖ Réactif coloré.
- ❖ Dichloroisocyanurates de sodium.

➤ **Mode opératoire :**

- ❖ Prendre 40ml de l'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 4ml du réactif coloré 1.
- ❖ Homogénéiser bien la solution.
- ❖ Ajouter 4 ml de la solution Dichloroisocyanurates de sodium ; le pH doit être égal à 12.
- ❖ Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au 50 ml.
- ❖ Laisser reposer 60 mn.
- ❖ Effectuer les lectures au spectrophotomètre a la longueur d'onde de 655 nm. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats**

Le résultat donne la teneur en ammonium exprime en mg/l de N, pour obtenir la teneur en NH_4^+ on multiplie le résultat par 1.28. (Rodier et al, 2009)

IV.3.2.5/ Oxydabilité au permanganate de potassium en milieu acide :

➤ **Principe**

Chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique, réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables de

l'échantillon et détermination de l'excès d'une solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate. (Rodier et al, 2009)

➤ **Matériels**

- ❖ Flacons erlenmeyer de 100ml.
- ❖ Pipette volumétrique 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 à 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 KMnO₄ a 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 V₀ le volume de KMnO₄ utilisé. (Rodier et al, 2009)

➤ **Expression des résultats**

$$I_{M_n} = \left(\frac{V_1 - V_0}{V_2} \right) \times F$$

I_{M_n} : Indice de permanganate de potassium (mg/l d'oxygène).

V_0 : Volume du KMnO₄ pour titrer le blanc (ml).

V_1 : Volume du KMnO₄ pour titrer l'échantillon (ml).

V_2 : Volume du KMnO₄ pour l'étalonnage (ml).

F : Facteur en mg/l, utilisé pour recalculer l'O₂ pour tenir compte du volume d'échantillon utilisé. (Rodier et al, 2009)

IV.3.3/ Les paramètres indésirables :

IV.3.3.1/ Dosage du Fer totale (Méthode à la phénanthroline)

➤ Principe

Pour le dosage du fer total et le fer total dissous, le chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le Fe^{3+} en Fe^{2+} . En présence du fer non dissous (oxydes de fer ou complexes de fer), un prétraitement est nécessaire pour mettre ces composés en solution. L'addition d'une solution de phénanthroline 1,10 donne un complexe rouge-orange, qui reste stable dans l'intervalle de pH entre 2.5 et 9. Ce dosage se fait par spectrophotométrie à la longueur d'onde $\lambda=510\text{nm}$. (Rodier et al, 2009)

➤ Réactifs

Préparer tous les réactifs à partir d'eau déionisée exempte de toute trace de fer.

- ❖ Acide chlorhydrique (d = 1,25).
 - ❖ Solution d'acétate d'ammonium.
 - ❖ Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l.
 - ❖ Solution de peroxydisulfate de potassium à 40 g/l.
 - ❖ Solution de chlorhydrate de phénanthroline 1,10 à 0,5 %.
 - ❖ Solution mère étalon de fer à 1 g/l.
 - ❖ Solution fille étalon de fer à 10 mg/L. (à préparer au moment de l'utilisation).
- (Rodier et al, 2009)

➤ Modes opératoire

- ❖ Introduire 50 ml de l'échantillon acidifié dans une capsule (**le blanc et la gamme d'étalonnage est acidifier par 0.5 ml d'acide sulfurique 4.5 mole/l**)
- ❖ Ajouter 5 ml de peroxydisulfate de potassium.
- ❖ Maintenir à douce ébullition durant environ 40 min, en s'assurant que le volume ne descende pas en dessous de 20 ml.
- ❖ Refroidir complètement et transvaser dans une fiole jaugée de 50 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée.
- ❖ Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml
- ❖ Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.
- ❖ Mélanger soigneusement.
- ❖ Ajouter 2ml de la solution tampon acétate pour obtenir un pH comprise entre 3.5 et 5.5, de Préférence 4.5.
- ❖ Ajouter 2 ml de la solution de phénanthroline 1,10.
- ❖ Conserver à l'obscurité pendant 15 mn
- ❖ Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm.

(Rodier et al, 2009)

➤ Expression des résultats

Le résultat de Fe^{2+} est exprimé en mg/l. (Rodier et al, 2009)

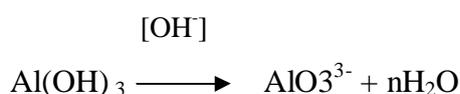
IV.3.3.2/ L'aluminium :**➤ Principe**

Le test de l'aluminium est indiqué pour les stations de traitement où le sulfate d'aluminium est utilisé comme coagulant. Un dosage incorrect de ce coagulant se note à la quantité significative d'aluminium qui persiste dans l'eau traitée. L'hydroxyde d'aluminium – $\text{Al}(\text{OH})_3$ – formé dans la réaction est amphotère. Son ionisation s'effectue par le pH acide ou basique, selon les équations. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

En pH acide :



En pH basique :

**➤ Matériel**

- ❖ un tube de Nessler de forme haute de 50 ml.
- ❖ une pipette graduée de 1 ml.
- ❖ une pipette graduée de 5 ml.
- ❖ une pipette graduée de 10 ml.
- ❖ un support pour les tubes de Nessler. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

➤ Réactifs

- ❖ acide sulfurique 0,02N.
- ❖ réactif tampon d'acétate de sodium.
- ❖ ériochrome Cyanine -R- (colorant).
- ❖ solution de travail du colorant. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

➤ Mode opératoire

- ❖ mesurer 25 ml d'échantillon ou une portion diluée pour 25 ml dans un flacon Erlenmeyer de 125 ml.
- ❖ ajouter 3 gouttes de méthylorange et titrer avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4) 0,02N jusqu'à obtenir une légère coloration rose pâle.
- ❖ noter le volume utilisé d'acide et jeter l'échantillon.
- ❖ mesurer à nouveau 25 ml d'échantillon ou un aliquote dilué dans 25 ml et les placer dans un tube de Nessler de 50 ml.
- ❖ ajouter à l'échantillon le même volume d'acide sulfurique utilisé dans l'étape N° 2, en ajoutant 1 ml en trop.
- ❖ ajouter 1,0 ml d'acide ascorbique et mélanger.
- ❖ ajouter 10,0 ml du réactif tampon et mélanger.
- ❖ ajouter 5,0 ml de la solution de travail du colorant et mélanger.
- ❖ diluer immédiatement jusqu'à la marque de 50 ml avec de l'eau distillée.
- ❖ mélanger et laisser reposer 5 à 10 minutes, ensuite comparer la couleur développée par l'échantillon avec les standards préparés de la même manière et à la même heure. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

➤ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en mg/l d'aluminium. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

IV.3.4/ Analyses bactériologiques :

L'objectif de l'examen microbiologique de l'eau est de fournir des informations quant à la potabilité, c'est à dire sans risque d'ingestion de micro-organismes qui causent des maladies, provenant généralement d'une contamination par des matières fécales humaines ou d'autres animaux à sang chaud. Soulignons que les micro-organismes présents dans les eaux naturelles sont pour la plupart inoffensifs pour la santé humaine. Mais dans la contamination par les eaux usées certains micro-organismes qui sont présents peuvent être nocifs pour la santé humaine. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

IV.3.4.1/ Prélèvement à un robinet

Un examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai, ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Dans ce cas, la manipulation s'effectue dans les meilleures conditions de stérilité. Avant de procéder au prélèvement proprement dit :

- enlever les brise-jets et tuyaux de caoutchouc adaptés au robinet choisi, débarrasser celui-ci le cas échéant des concrétions calcaires, qui ont pu s'y déposer ;
- se laver très soigneusement les mains et avant-bras, les rincer à l'alcool, laisser sécher ;
- flamber le robinet pendant au moins 1 minute, en utilisant, par exemple, une lampe à souder portative au gaz butane ;
- ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement. Durant cette attente, et durant le prélèvement, il est utile qu'un assistant maintienne la lampe à souder allumée, un peu au-dessus du robinet ; l'opérateur, dans ses manipulations, pourra l'utiliser comme un bec bunsen au laboratoire. (**Rodier et al, 2009**)

Lorsque le prélèvement est fait par un manipulateur averti, disposant d'un récipient d'échantillonnage présenté dans le conditionnement normal décrit précédemment, procéder ainsi :

- dégager de l'emballage stérile, le sommet du flacon, ce qui libère le paquet spécial du bouchon ;
- vérifier que ce paquet est intact, tenir le bouchon de la main gauche par la partie ronde que l'on sent à travers le papier, déchirer celui-ci pour saisir le méplat par le petit doigt replié de l'autre main, selon le geste bactériologique habituel, dégager complètement le bouchon de son enveloppe, le maintenir de cette façon, rodage en bas, si possible près de la flamme durant tout le prélèvement ;
- prendre le flacon de la main gauche, l'approcher des doigts libres de la main droite, enlever avec ceux-ci le coton bouchant le goulot ;

- flamber rapidement le bord de ce goulot ; remplir presque entièrement le flacon, flamber à nouveau rapidement le bord du goulot, et mettre le bouchon.

Si un conditionnement simplifié est utilisé, tenir le flacon de la main gauche, dégager le flacon de son enveloppe, saisir le méplat, retirer le bouchon (ce qui fait tomber la bandelette de papier évitant le grippage) et le maintenir près de la flamme durant le remplissage du flacon.

Le prélèvement terminé, inscrire sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du prélèvement. Replacer le flacon dans son enveloppe de papier, en protégeant préférentiellement le bouchon et le goulot. Sur une feuille annexe, noter tous les renseignements utiles à l'interprétation de l'analyse. Introduire le tout, éventuellement, dans l'étui métallique. (**Rodier et al, 2009**)

IV.3.4.2/ Les bactéries coliformes :

- ❖ **Coliformes totaux (bactéries coliformes)** : bacilles gram-négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzyme β -galactosidase. La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, bien que plusieurs autres genres et espèces appartiennent également au groupe ; (**Fondation nationale de la santé, 2013**)
- ❖ **Coliformes fécaux (thermo-tolérants)** : sous-groupe de bactéries coliformes qui fermentent le lactose à $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures, dont le principal représentant est la bactérie *Escherichia*, d'origine exclusivement fécale ; (**Fondation nationale de la santé, 2013**)
- ❖ ***Escherichia coli*** : bactérie du groupe coliforme qui fermente le lactose et le mannitol, produisant de l'acide et du gaz à $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures, produit de l'indole à partir de tryptophane, oxydase négative, n'hydrolyse pas l'urée et présente les enzymes β -galactosidase et la β -glucuronidase, et est considéré comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro-organismes pathogènes.

L'origine fécale de *E. coli* est incontestable et sa nature omniprésente peu probable, ce qui valide son rôle précis d'organisme indicateur de contamination tant dans les eaux naturelles que traitées.

Le comptage standard des bactéries est très important pendant le processus de traitement de l'eau, car il permet d'évaluer l'efficacité des différentes étapes de traitement. Il est également important de connaître la densité des bactéries car une augmentation considérable de la population bactérienne peut nuire à la détection des organismes coliformes. Bien que la plupart de ces bactéries ne soit pas pathogènes, elles peuvent présenter des risques pour la santé, ainsi que pour la qualité de l'eau, provoquant des odeurs et saveurs désagréables. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

- ❖ **Streptocoques** : Celui-ci englobe le genre « *Enterococcus* » et les streptocoques du groupe antigénique D. Le genre *Enterococcus* comprend une vingtaine d'espèces qui se retrouvent dans différents habitats et chez différents hôtes. On les retrouve souvent dans le tractus gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux. Les streptocoques du groupe D susceptibles de contaminer les eaux d'approvisionnement sont plutôt typiques des déjections animales, comme *Streptococcus* bovins. Les streptocoques fécaux sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne tandis que les coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente.

➤ **Matériel utilisé en bactériologie**

- ✓ Autoclave.
- ✓ incubateur biologique
- ✓ incubateur de stérilisation et de séchage.
- ✓ Balance.
- ✓ Distillateur.
- ✓ bain-marie.
- ✓ compteur de colonies.
- ✓ anse de platine avec câble.
- ✓ tube Durham
- ✓ tube à essai.
- ✓ milieux de culture.
- ✓ Coton.
- ✓ flacons de collecte.
- ✓ pipettes graduées.
- ✓ Pipeteur.
- ✓ papier aluminium.
- ✓ lampe à alcool ou bec Bunsen.
- ✓ boîtes de Pétri.
- ✓ pincettes en acier inoxydable.
- ✓ filtres à membrane.
- ✓ porte-filtres en verre ou en acier inoxydable.
- ✓ lampe à ultra-violet. (**Fondation nationale de la santé, 2013**)

IV.4/ Conclusion :

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

Chapitre V : Interprétation et Discussion des Résultats

V.1/ Introduction :

Nous avons choisi de faire un suivi des caractéristiques des eaux du barrage TILES-DIT de BOUIRA au long d'une année complète (allant de Aout 2019 à Juillet 2020).

Nous présentons dans ce qui suit les résultats des différentes analyses effectuées lors de la réalisation de ce travail.

Les résultats obtenus sont comparés aux normes données par l'OMS (cas des TAC) et Algérienne (pour le reste des résultats) et représentés graphiquement par des diagrammes en bâtons qui permettent de faciliter la comparaison entre les résultats et les normes utilisées.

Sachant que (B) représente l'eau brute et (T) représente l'eau traitée.

V.2/ Suivi de l'évolution en fonction du temps, des paramètres physico-chimiques et bactériologiques caractérisant les eaux brute et traitée au niveau de la station de TILES-DIT :

V.2.1/ Les paramètres Physico-chimiques :

Les résultats obtenus sont résumés sous forme de tableau dans l'annexe.

V.2.1.1/ le pH :

Les résultats des variations du pH en fonction du temps représentés sur figure V.1 montrent certaines fluctuations des valeurs de ce paramètre et qui varie entre 7,7 et 8.32, mais qui reste dans la norme (entre 6.5 et 9). Ce qui explique la nécessité de son contrôle afin d'optimiser la dose d'acide ou de base à injecter pour mener à bien le traitement.

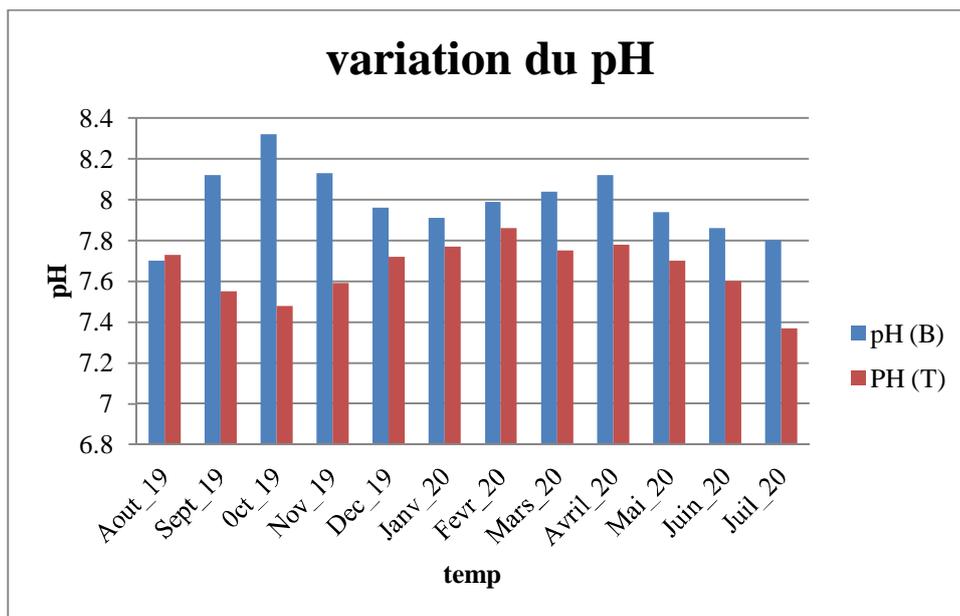


Figure V.1 : variation du pH en fonction du temps.

V.2.1.2/ La conductivité :

La conductivité électrique moyenne des deux eaux, est de $645.5825 \mu\text{S}/\text{cm}$, cette valeur ne dépasse pas la norme recommandée, qui est de l'ordre de $2800 \mu\text{S}/\text{cm}$ (figure V.2). Une conductivité supérieure à cette dernière fait considérer l'eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées. La conductivité reste presque constante entre l'entrée et la sortie du traitement ce qui montre que ce dernier est sans effet sur ce paramètre.

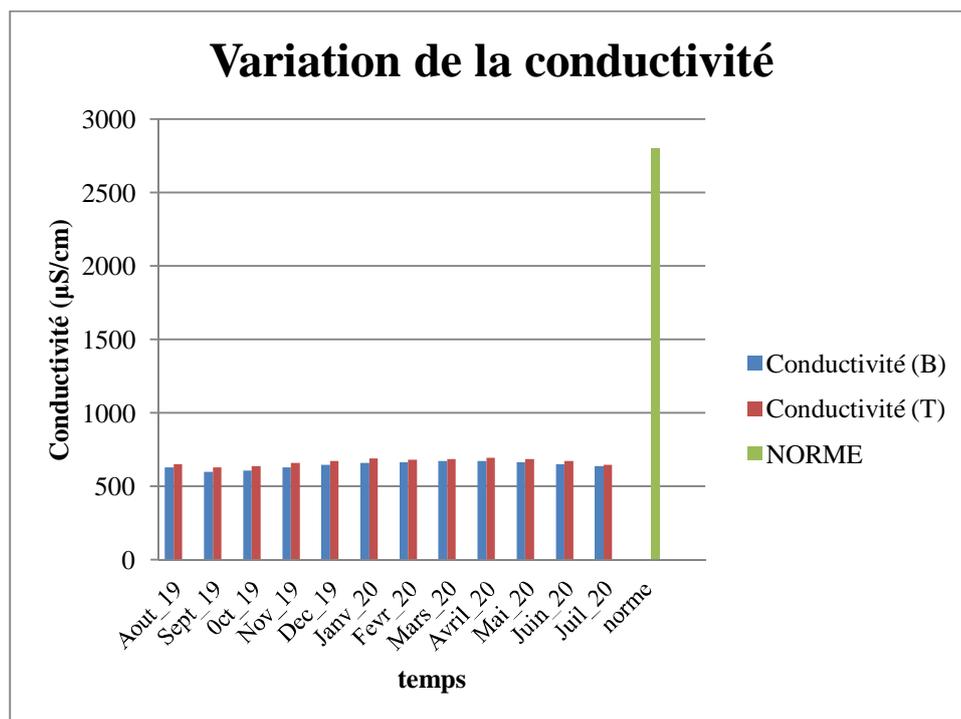


Figure V.2 : Variation de la conductivité en fonction du temps.

V.2.1.3/ La température :

La température de l'eau est relativement stable entre l'entrée et la sortie (figure V.3). Toutefois une chute de la température (en dessous de $15 \text{ }^\circ\text{C}$) a été notée durant les mois de Décembre, Janvier, Février et Mars, cette variation est directement liée au changement climatique enregistrée en cette période.

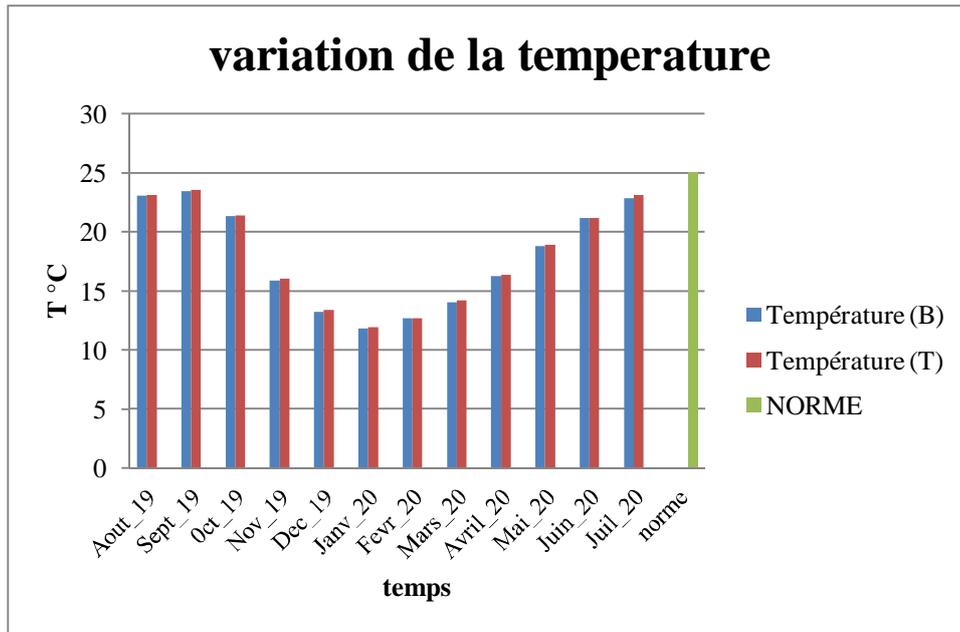


Figure V.3 : Variation de la temperature en fonction du temps.

V.2.1.4/ La turbidité :

Les résultats de l'évolution de la turbidité représentés sur la figure V.4, montrent des variations de ce paramètre (allant de 1,68 à 3,82 NTU). Les valeurs de turbidité relativement élevées de l'eau brute (B > 1 NTU) sont causées par les pluies enregistrées en cette période. On note que l'eau traitée contient de faibles quantités de MES (T < 0,8).

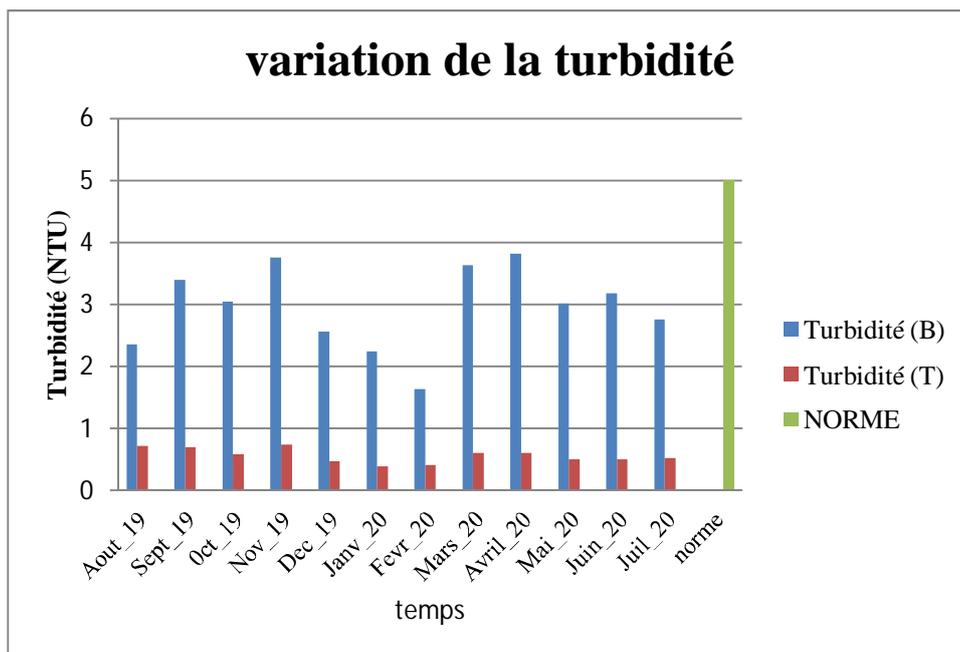


Figure V.4 : Variation de la turbidité en fonction du temps.

V.2.1.5/ L'oxygène dissous :

La quantité d'oxygène dissous varie de 1 à 7 mg/l, comme le montre la figure V.5. L'eau traitée et mieux aérée (contient plus d'O₂) que l'eau brute, cela est dû à son enrichissement lors de son passage dans les différents équipements de la station, ce qui favorise son contact avec et la dissolution de plus d'O₂.

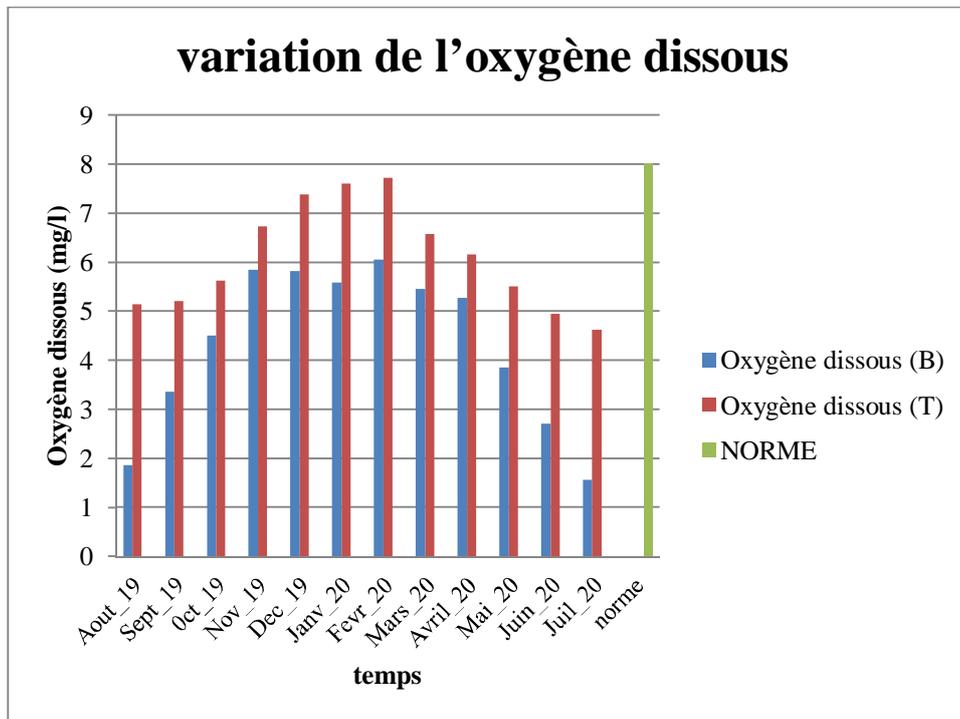


Figure V.5 : Variation du taux de l'oxygène dissous en fonction du temps.

V.2.2/ Les paramètres de pollution :

V.2.2.1/ Ammonium :

Les concentrations en ammonium enregistrées dans l'eau brute voir la figure V.6, peuvent être dues aux rejets directs d'eaux usées dans le barrage. L'absence d'ammonium dans l'eau traitée traduit l'efficacité du traitement effectué.

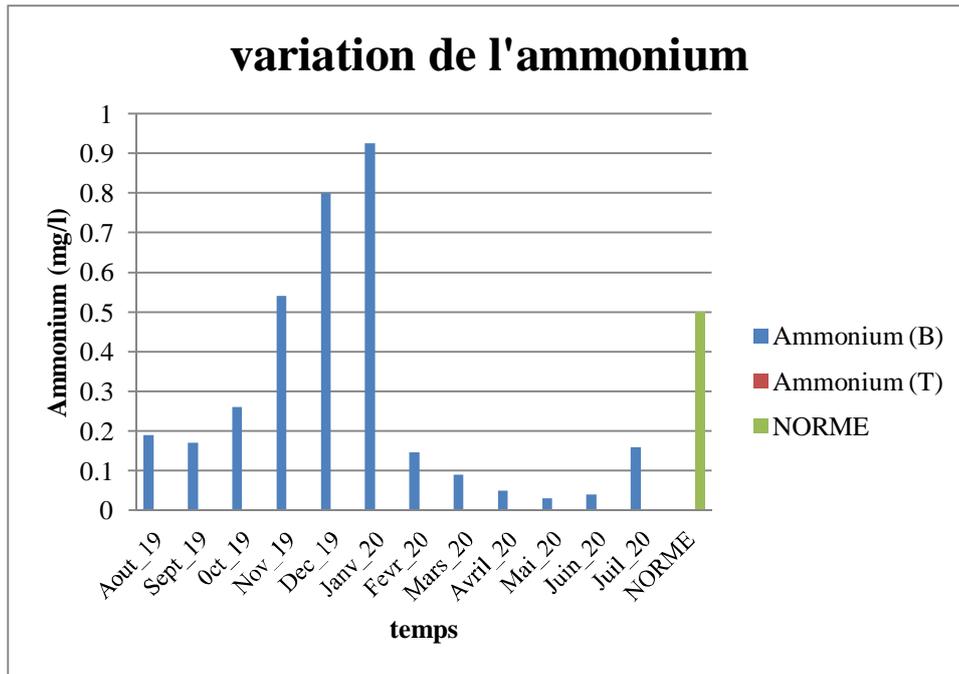


Figure V.6 : Variation du taux d'ammonium en fonction du temps.

V.2.2.2/ Nitrites :

D'après la figure V.7, les échantillons de l'eau avant traitement contiennent des quantités de nitrites variables. La concentration des nitrites dans l'eau traitée est nulle ce qui nous fait encore dire que le traitement est efficace.

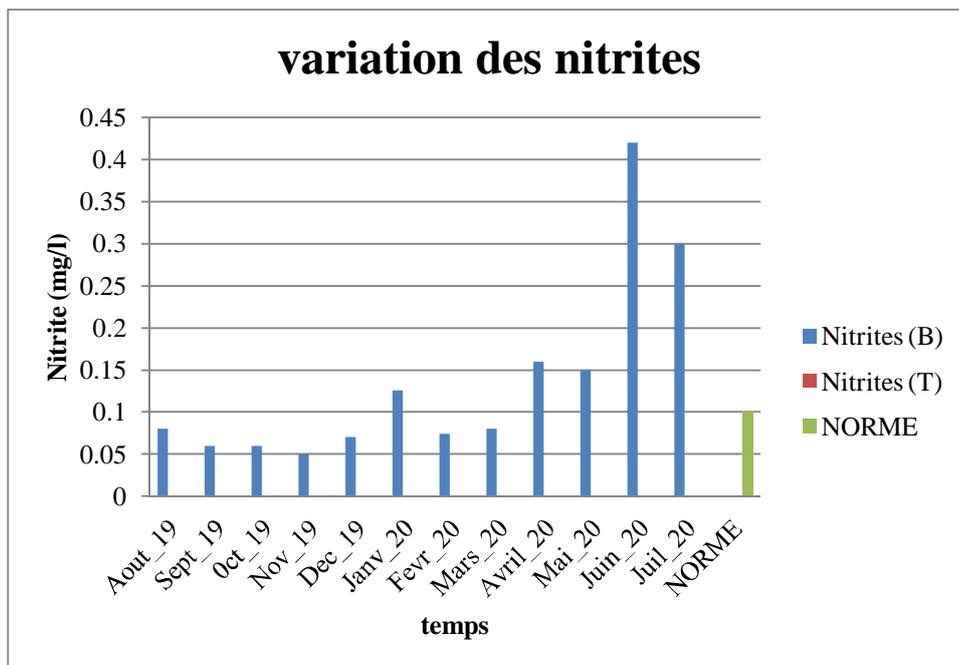


Figure V.7 : Variation du taux de nitrites en fonction du temps.

V.2.2.3/ Nitrates :

Les résultats d'analyse des nitrates représentés sur la figure V.8 nous montrent que les concentrations en nitrates sont relativement basses durant toute l'année, et ne dépassent pas la norme recommandée qui est de l'ordre de 50mg/l, dans tous les cas.

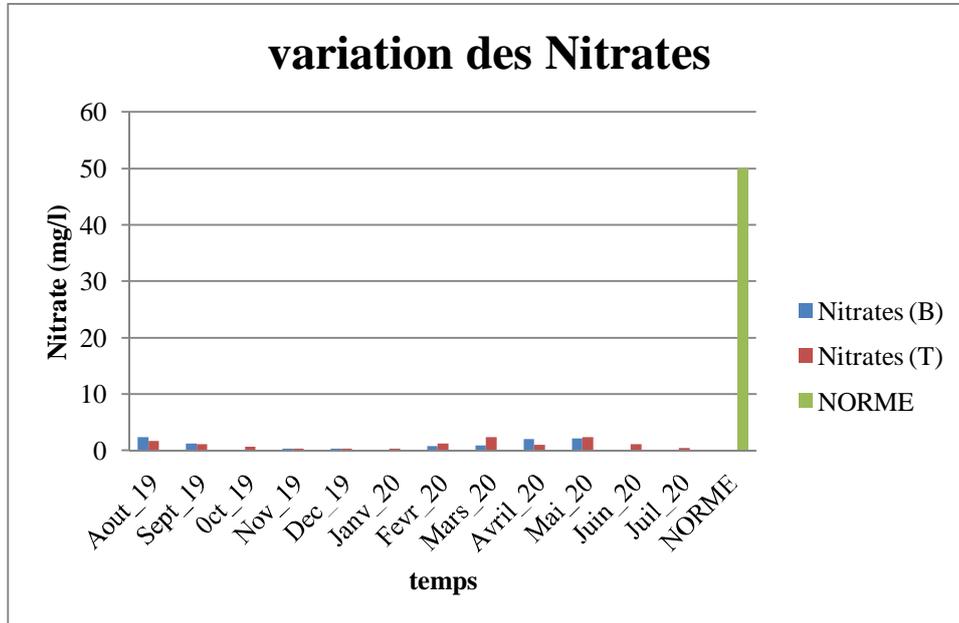


Figure V.8 : Variation du taux de nitrate en fonction du temps.

V.2.2.4/ Phosphates :

Les eaux analysées, ne sont pas assujetties à un risque de pollution par le phosphate figure V.9 du fait que les valeurs enregistrées lors des analyses sont toutes nulles.

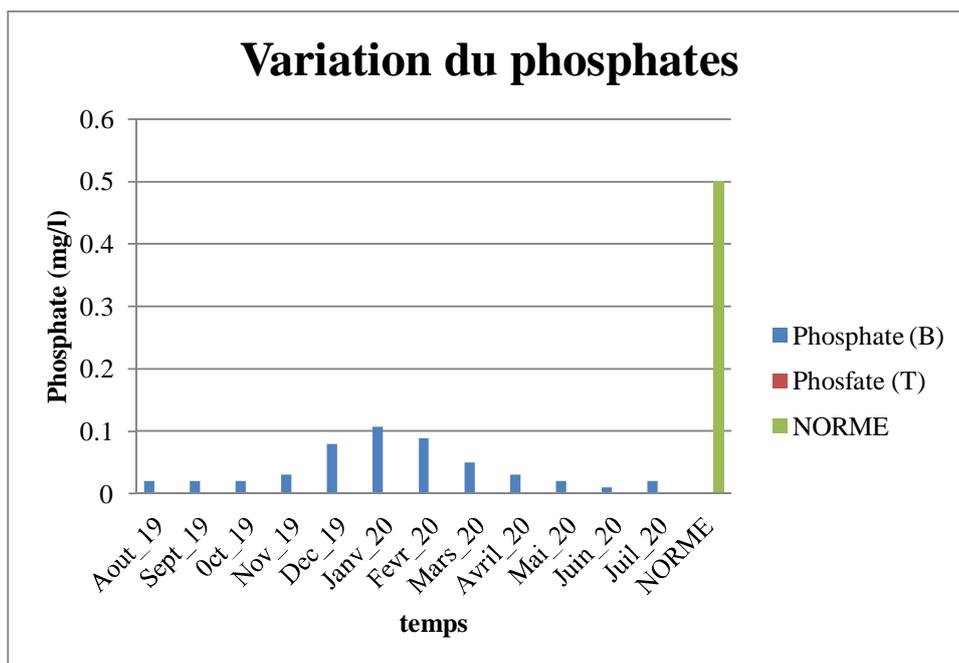


Figure V.9 : Variation du taux de phosphates en fonction du temps.

V.2.2.5/ Oxydabilité :

Les résultats représentés sur figure V.10 montrent que l'oxydabilité au KMnO_4 dans l'eau brute est plus élevée que celle de l'eau traitée. Ce qui révèle donc l'efficacité du traitement adopté pour l'élimination des matières organiques contenues dans l'eau brute. Ces valeurs ne dépassent jamais la valeur seuil de la norme (3mg/l).

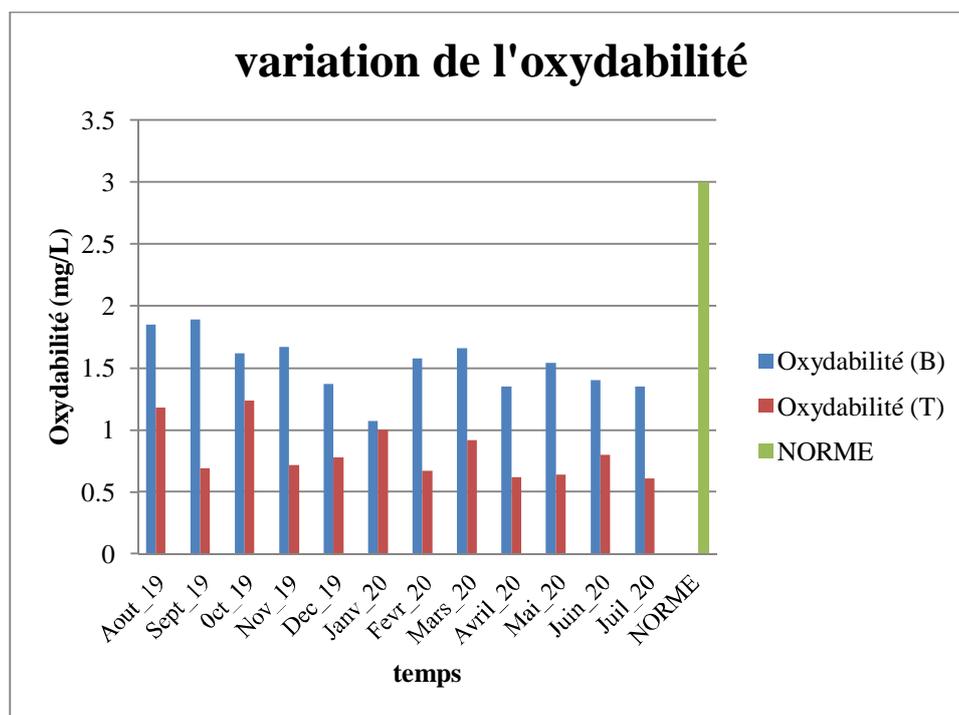


Figure V.10 : Variation de l'oxydabilité au KMnO_4 en fonction du temps.

V.2.3/ Minéralisation globale :

V.2.3.1/ Calcium :

La réglementation algérienne indique 200 mg/l comme concentration maximale. Les analyses de l'eau traitée donnent 36.8 mg/l comme valeur minimale et 53.6mg/l comme valeur maximale. Ces teneurs restent sous la valeur guide. Voir la figure V.11

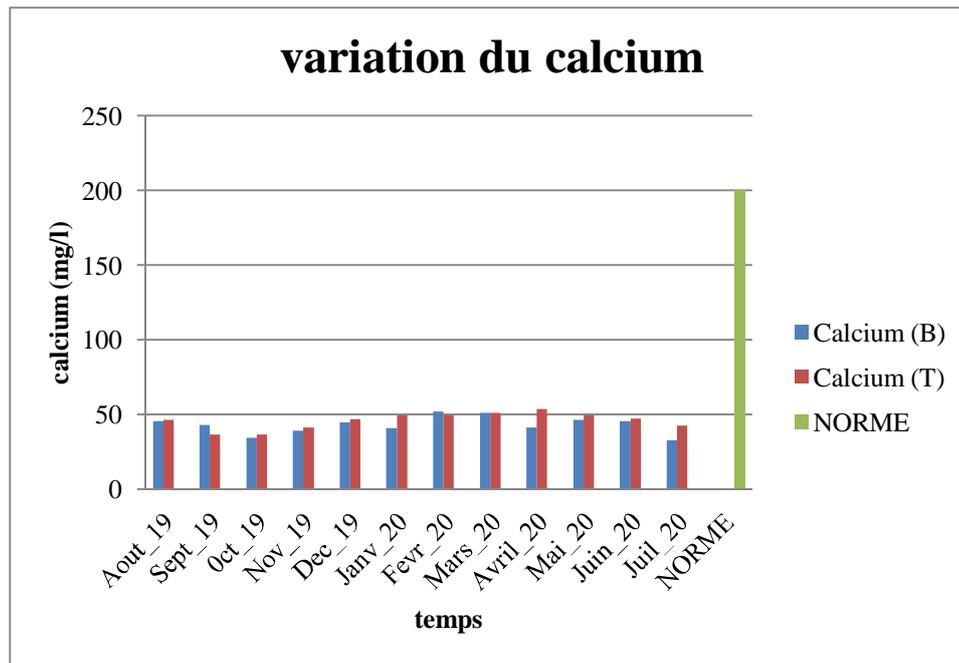


Figure V.11 : Variation du calcium en fonction du temps.

V.2.3.2/ Magnésium :

D'après la figure V.12, les résultats obtenus pour l'eau traitée montrent que la teneur en magnésium est presque constante avec une légère oscillation entre 22 et 25 mg/l. Ces teneurs en magnésium sont en accord avec les normes algériennes qui fixent 150 mg/l comme valeur maximale. Mais on peut dire que l'eau traitée de cette station a une faible teneur en magnésium si on considère que la consommation journalière recommandée est de l'ordre de 300 mg/l d'après l'OMS.

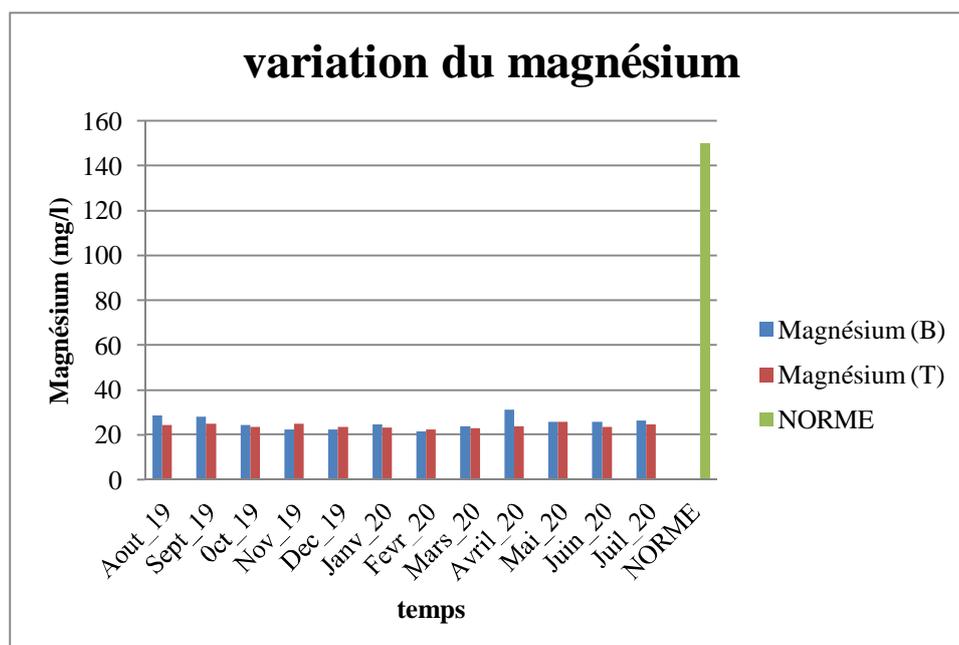


Figure V.12 : Variation du magnésium en fonction du temps.

V.2.3.3/ Chlorure :

Sur la figure ci-dessous, on remarque que les concentrations en chlorures de l'eau brute avant traitement sont très proches entre elles durant toute la période de l'étude, elles varient entre 58 mg/l et 69 mg/l. Pour l'eau traitée les teneurs en chlorures sont légèrement supérieures à celle enregistrées pour l'eau brute ; elles restent aux alentours de 70 mg/l.

En comparant les résultats à ceux de la réglementation algérienne qui fixe la valeur maximale de chlorure à 500mg/l, on peut constater que cette eau est dans la norme.

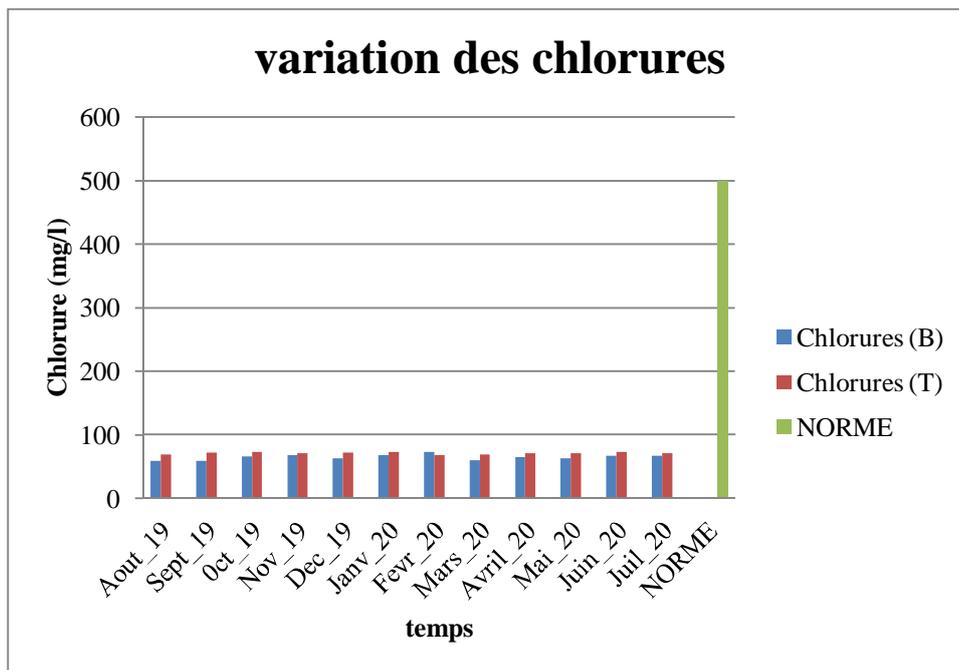


Figure V.13 : Variation des chlorures en fonction du temps.

V.2.3.4/ Sulfate :

La réglementation algérienne recommande 400 mg/l de sulfate comme une valeur maximale admissible. On a constaté que les teneurs en sulfates ont généralement augmenté après traitement. L'allure du graphe dans la figure V.14, montre que les teneurs en sulfates varient légèrement d'un mois à l'autre, la teneur la plus faible 60.36 mg/l a été enregistrée au mois de juillet 2020, la teneur la plus élevée 106.24 mg/l, a été enregistrée au mois de Novembre 2019. Leurs présences résultent de la dissolution des formations gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les couches géologiques.

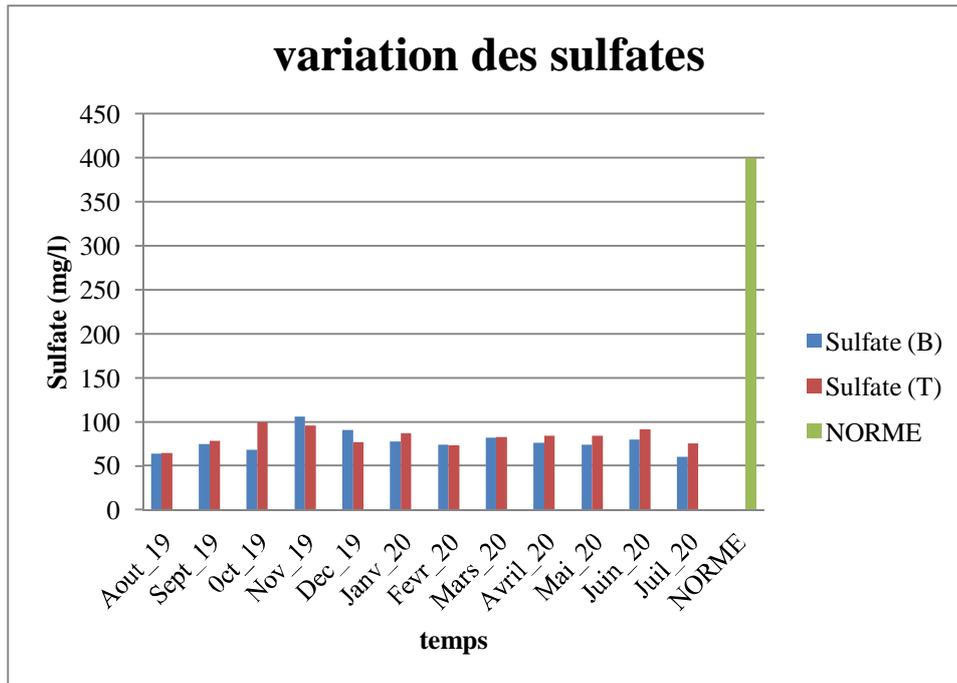


Figure V.14 : Variation des sulfates en fonction du temps.

V.2.3.5/ Dureté totale :

La dureté est représentée par plusieurs éléments tels que Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , CO_3^- ... D'après l'interprétation des résultats obtenus sous la forme du graphe de la figure V.15, on remarque que notre eau brute a une dureté moyenne qui ne nécessite pas un adoucissement et que les valeurs de l'eau traitée sont conformes à la norme.

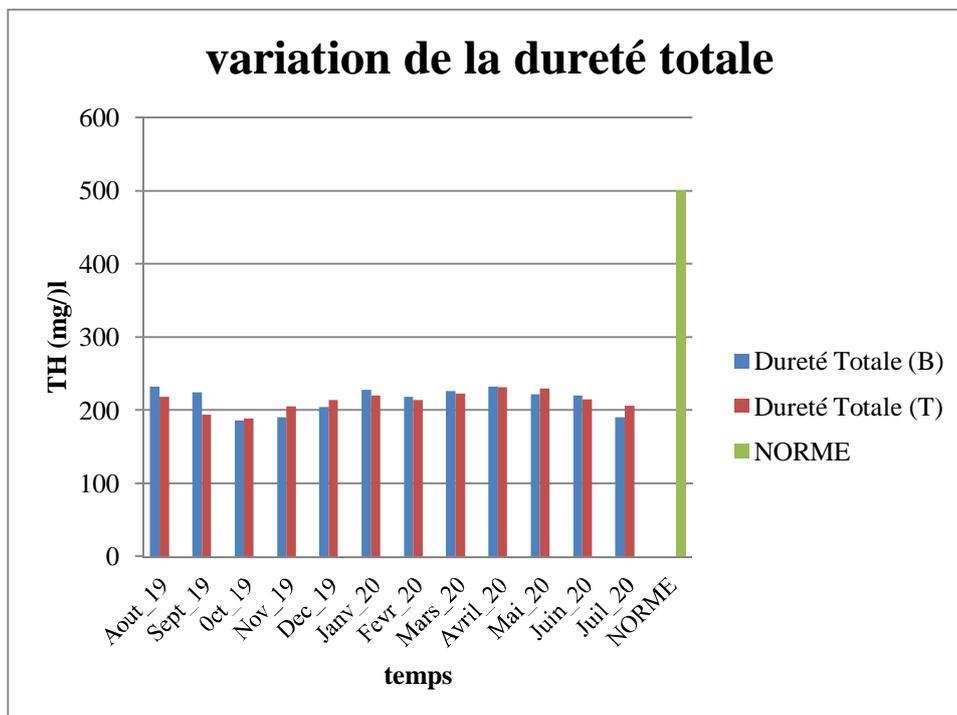


Figure V.15 : Variation de la dureté totale en fonction du temps.

V.2.3.6/ Titre alcalin :

Le titre TA étant nul, la concentration en ion hydroxydes (OH^-) est donc négligeable, l'alcalinité est donc constituée par les hydrogénocarbonates.

V.2.3.7/ Titre alcalin complet :

Le TAC représente la concentration en ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes présents dans l'eau. Les résultats des analyses des eaux traitées (Figure V.16) varient entre 113 mg/l et 168 mg/l.

En comparant ces résultats avec les normes International de l'OMS (15mg/l), nous constatons que les eaux analysées sont très riches en carbonates, bicarbonates et hydroxydes.

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

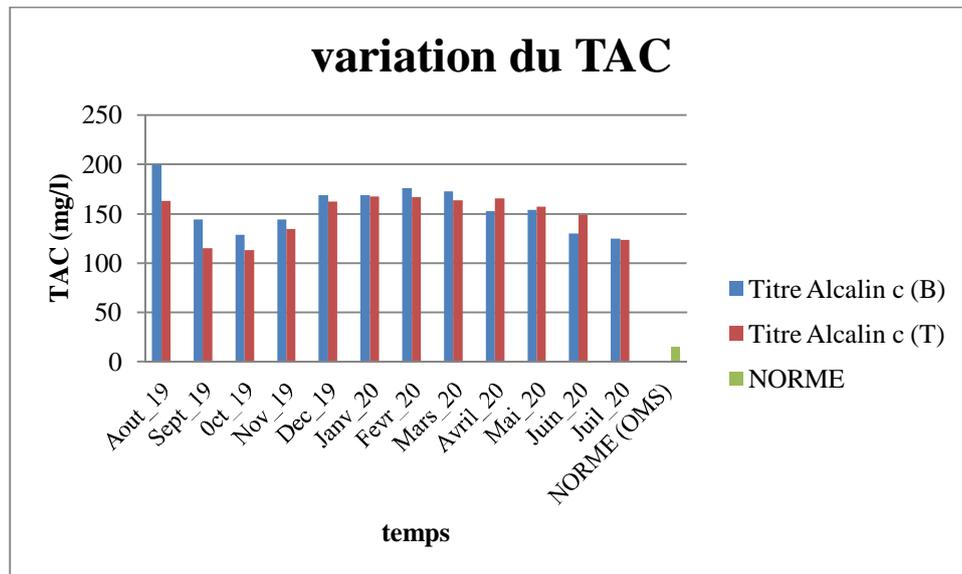


Figure V.16 : Variation titre alcalin complet en fonction du temps.

V.2.4/ Paramètres indésirables :

V.2.4.1/ Fer total :

Dans les eaux de distribution, le fer provient le plus souvent de la corrosion des conduites d'amenée, en particulier dans le cas d'une mauvaise maîtrise des différentes opérations d'emploi de sels de fer pour les traitements de coagulation-floculation (Rodier et al., 2009). Comme il est indiqué sur la figure V.17, les valeurs de fer durant toute l'année restent très basses, sauf pour le moi d'avril 2020. Tandis que pour les eaux traitée les valeurs du Fe son presque nulles. Le risque de corrosion des conduites est donc faible voir absent.

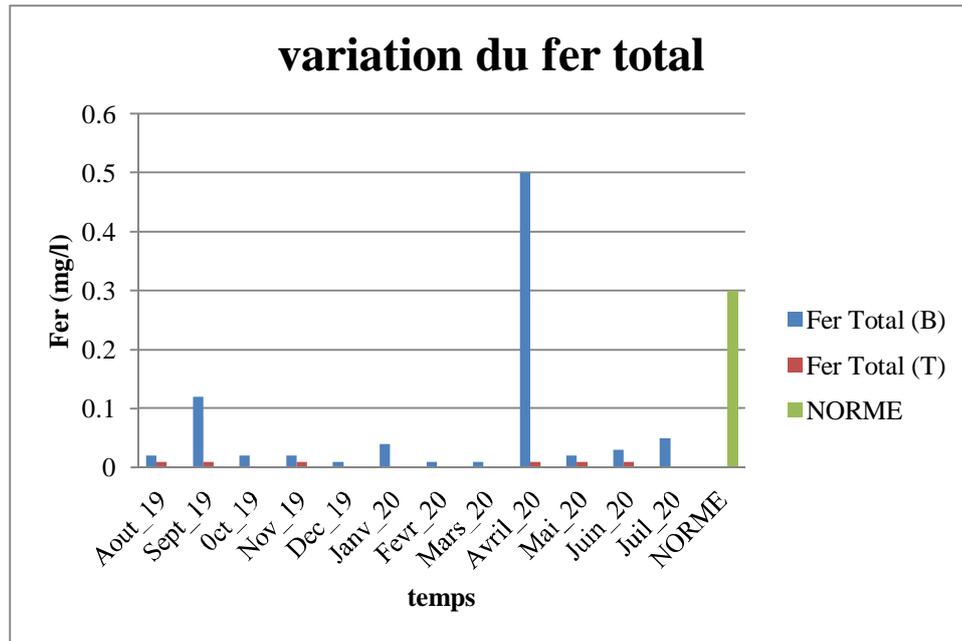


Figure V.17 : Variation du fer total en fonction du temps.

V.2.4.2/ Aluminium :

L'évolution de la quantité de l'aluminium dans l'eau traitée est représentée sur la figure V.18. Les concentrations obtenues varient de 0,09 à 0,19 mg/l et restent donc dans les normes (< 0,2 mg/l). Tandis que pour les mois aout et septembre 2019 les valeurs ont atteint 0.24 mg/l

Rappelons que l'aluminium retrouvé dans l'eau traitée provient de l' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ utilisé comme coagulant.

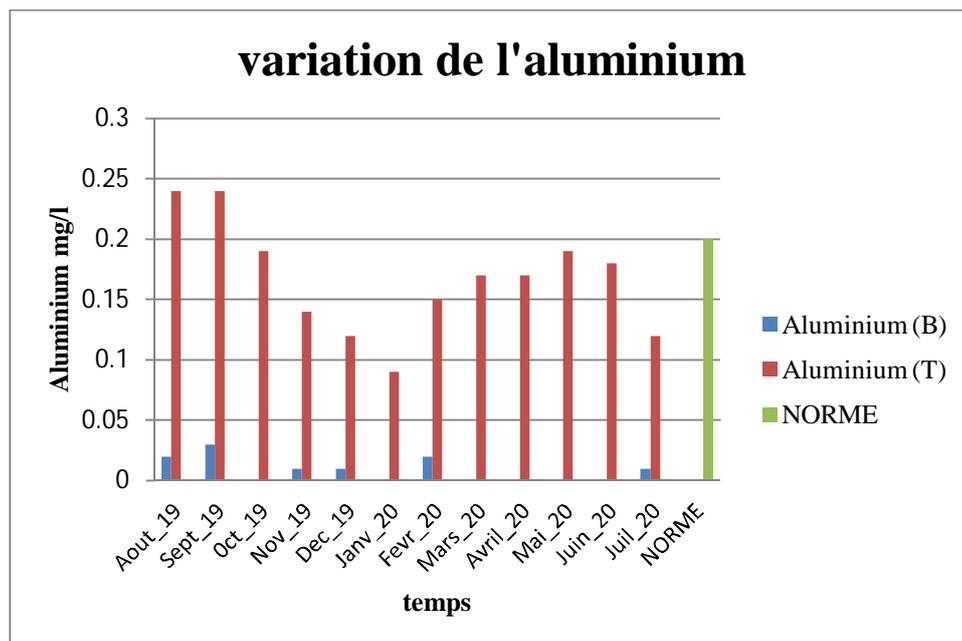


Figure V.17 : Variation de l'aluminium en fonction du temps.

V.2.5/ Les analyse bactériologiques :

Les résultats obtenus sont représenté dans le tableau V.1

- **L'eau brute**

Les résultats obtenus de l'analyse complète de l'eau brute du barrage TILES-DIT confirment sa contamination car les taux de germes recherché ne sont souvent pas conformes aux normes relatives à l'eau de consommation.

Les résultats obtenus étaient prévisibles car le barrage est vraisemblablement sujet à une contamination à cause de problème de rejets urbains et de rejets des stations d'élevage. Une recommandation obligatoire, l'eau brute doit être analysée avant tout traitement. Ces contrôles peuvent notamment permettre d'évaluer la nécessité d'appliquer une désinfection ou d'accroître l'efficacité du traitement déjà appliqué.

- **L'eau traitée :**

Les résultats des analyses bactériologiques réalisées sur l'eau traitée montrent que la totalité des prélèvements ont donné des résultats négatifs, témoignant d'une bonne qualité microbiologique de l'eau analysée.

Tableau V.1 : résultat des analyses bactériologiques

les germes types de l'eau	coliforme totaux		coliforme fécaux		E. coli		Streptocoques	
	brute	traitée	Brute	traitée	brute	traitée	brute	traitée
Aout_19	1	ABS	1	ABS	1	ABS	ABS	ABS
Sept_19	28	ABS	1	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Oct_19	224	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Nov_19	22	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Dec_19	8	ABS	1	ABS	1	ABS	1	ABS
Janv_20	92	ABS	17	ABS	1	ABS	1	ABS
Fevr_20	35	ABS	1	ABS	1	ABS	10	ABS
Mars_20	45	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS
Avril_20	54	ABS	11	ABS	2	ABS	ABS	ABS
Mai_20	11	ABS	2	ABS	2	ABS	ABS	ABS
Juin_20	3	ABS	1	ABS	1	ABS	ABS	ABS
Juil_20	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS

V.3/ Conclusion :

Enfin, Les résultats de l'analyse physicochimique et microbiologique ont montré que l'eau destinée à la consommation humaine ne renferme pas de contamination ou des germes pathogènes, ce qui répond aux normes Algériennes, et celle de l'OMS. Ceci prouve que le traitement de l'eau dans la station de potabilisation des eaux du barrage de TILES-DIT est très efficace et bien contrôlée.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Une eau potable représente l'eau qui peut être consommée sans faire courir de risques pour la santé, elle doit donc être conforme aux critères de qualité fixés par la loi. Si un des paramètres dépasse les concentrations limites autorisées, il y a absence de conformité aux normes établies. Mais si le dépassement est infime et limité dans le temps et en absence de pollution accidentelle importante, le dépassement de la norme ne doit pas être systématiquement considéré comme introduisant un risque significatif pour la population, car ces normes sont définies avec certaines marges de sécurité.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but d'évaluer l'efficacité de la station de traitement du barrage TILES DIT de la wilaya de BOUIRA, c'est-à-dire vérifier la qualité des eaux distribuées une fois le traitement achevé. Ceci grâce aux analyses physicochimiques et bactériologiques réalisées au niveau du laboratoire de la station.

Et nous avons fait les constatations suivantes :

☞ Du point de vue physico-chimique :

Les eaux étudiées ont montré dans l'ensemble une très bonne qualité de potabilité tout au long de l'année. En effet, les paramètres physico-chimiques, les ions des minéraux majeurs, les paramètres de pollution et les paramètres indésirables obéissent tous aux règles des normes de potabilité des eaux exigées par la réglementation algérienne ainsi qu'à la réglementation internationale exigée par l'OMS (les valeurs des résultats d'analyses étant toutes inférieures par rapport aux valeurs limites).

☞ Du point de vue bactériologique :

Il y a une absence totale des germes pathogènes et des germes de contamination fécale.

L'analyse bactériologique des échantillons de l'eau de barrage indique qu'elle renferme une charge microbienne diversifiée et en nombre plus ou moins élevé, il s'agit des germes totaux, fécaux. Par contre l'échantillon prélevé de la station de traitement a présenté une qualité d'eau exempte de toutes pollution, aussi une absence totale des germes pathogènes donc le fonctionnement de cette station de traitement semble efficace.

Références bibliographiques :

A

Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT) : Fiche technique du barrage Tilesdit

VATECH WABAG, 2006, Manuel de description du fonctionnement et d'exploitation de la station de traitement d'eau potable de Bouira, 150 pages

Anonyme, 1995 : *Le petit Larousse*, Dictionnaire encyclopédique, Ed. Larousse.

B

Bensekri M. : Données de base sur les ressources en eau dans la région maghrébine, *Revue l'alternative économique*, vol.4, n°2, pp. 269-288.

Berné, F., Cordonnier, J., 1991 : *Traitement des eaux*, Ed. Technip, Paris, 310 pages.

C

Chartier Marcel M., Avril-Juin 1974 : Les types de pollutions de l'eau, *Norois*, n°82, pp. 183-193.

Coreil, F., 1896 : *L'Eau potable... généralités, analyse chimique, examen microscopique des eaux, analyse bactériologique, amélioration des eaux*, paris, 360 pages

D

Degrément, S., 2005 : *Memento technique de l'eau, deuxième édition*, tome 1, 1718 pages.

Desjardins, R., 1997 : *Le traitement des eaux*, 2^{ème} édition, Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal, 317 pages.

Dupont, A., 1978 : *Hydraulique urbaine*, Tome 1, Ed. Eyrolles, Paris, 263 pages.

F

Fondation nationale de la santé, 2013 : *Manuel pratique d'analyse de l'eau*, 4^{ème} édition, Brésil, FUNASA, 150 p.

Frioua.S, 2014 : *localisation et caractérisation des zones sources de pollution des ressources en eau de la ville de Biskra à l'aide de S.I.G*, mémoire de fin d'études, master, Université Mohamed Khider , Biskra, Algérie, 79 pages.

H

Hamed .M, Guettache. A, Bouamer .L, (2012) : *Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar*, mémoire de fin d'études, master, Université de Bechar, Algérie, 134 pages.

Hartemann P., Montiel A., 2003 : Pollution des eaux. *Encycl. Méd. Chir., Toxicologie-Pathologie professionnelle*, 16-001-K-10, 11 p.

J

Journal Officiel de la République Algérienne N°30 (JO), (Juillet 1983), Code de l'eau en Algérie.

L

LEGUBE, B., 2015 : 12. *Potabilisation de l'eau In : L'eau à découvert [en ligne].* Paris : Ed. CNRS, (généralisé le 13 mai 2020).

O

Organisation Mondiale de la Santé, 1985 : *Directives de qualité pour l'eau de boisson* : 1e éd., Volume 1 : Recommandation, Genève.

Organisation Mondiale de la Santé, 1994 : *Directives de qualité pour l'eau de boisson* : 2e éd., Volume 1 : Recommandation, Genève.

Organisation Mondiale de la Santé, 1994 : *Directives de qualité pour l'eau de boisson* : 2e éd., Volume 2 : Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève.

Organisation Mondiale de la Santé, 2017 : *Directives de qualité pour l'eau de boisson* : 4e éd. Genève.

R

Rodier J., Legube B., Merlet N., et coll., 2009 : *L'analyse de l'eau*, 9^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris, 1579 pages.

S

Source (<http://id.eaufrance.fr/par/5479>)

T

The Water Research Commission The Water Institute of Southern Africa, Mars 2006: Handbook for the operation of water treatment works, Ed. Frik Schutter, Afrique du sud, 242 pages.

ANNEXE I : Normes Algériennes :

Arrêté interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 14 safar 1415 correspondant au 23 juillet 1994 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires paru au Journal Officiel De La République Algérienne N° 35 du 27 mai 1998 . Ce dernier détermine les paramètres de qualité paramètres bactériologiques de l'eau distribuée traitée et leurs valeurs limites. Ces derniers sont résumés dans le tableau suivant :

GROUPE DE PARAMETRES	Paramètres	Unités	Valeur limitant (JOA N°35)
Paramètres microbiologiques	<i>coliformes totaux et fécaux</i>	nb/100ml	0
	<i>Streptocoques fécaux</i>	nb/100ml	0
	<i>Escherichia coli et entérocoques</i>	nb/100ml	0
	<i>Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores</i>	Nb/20 ml	0

Décret exécutif n°14-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine. Ce dernier détermine les paramètres de qualité paramètres physico-chimiques de l'eau distribuée traitée et leurs valeurs limites. Ces derniers sont résumés dans le tableau suivant :

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	mg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

ANNEXE II : Tableau des résultats obtenus des analyses physico-chimiques

• **EAU BRUTE :**

	Paramètres PHYSICO-CHIMIQUES				
	PH	Conductivité µs/cm	Température °C	Turbidité NTU	Oxygène dissous mg/l
Aout_19	7.7	631.54	23.06	2.36	1.86
Sept_19	8.12	601.68	23.44	3.4	3.36
Oct_19	8.32	608.07	21.31	3.05	4.51
Nov_19	8.13	631.72	15.89	3.76	5.84
Dec_19	7.96	646.15	13.23	2.56	5.82
Janv_20	7.91	662.16	11.84	2.24	5.59
Fevr_20	7.99	663.56	12.69	1.64	6.05
Mars_20	8.04	673.4	14.01	3.63	5.45
Avril_20	8.12	673.41	16.27	3.82	5.27
Mai_20	7.94	665.63	18.78	3.02	3.85
Juin_20	7.86	652.29	21.15	3.18	2.71
Juil_20	7.8	637.38	22.84	2.76	1.56

	Paramètres de POLLUTION				
	Ammonium mg/l	Nitrites mg/l	Nitrates mg/l	Phosphate mg/l	Oxydabilité mg/lo
Aout_19	0.19	0.08	2.43	0.02	1.85
Sept_19	0.17	0.06	1.33	0.02	1.89
Oct_19	0.26	0.06	0.07	0.02	1.62
Nov_19	0.54	0.05	0.35	0.03	1.67
Dec_19	0.8	0.07	0.35	0.08	1.37
Janv_20	0.925	0.126	0.12	0.107	1.073
Fevr_20	0.147	0.074	0.81	0.089	1.577
Mars_20	0.09	0.08	0.97	0.05	1.66
Avril_20	0.05	0.16	2.04	0.03	1.35
Mai_20	0.03	0.15	2.14	0.02	1.54
Juin_20	0.04	0.42	0.17	0.01	1.4
Juil_20	0.16	0.3	0	0.02	1.35

	MINERALISATION GLOBALE						
	Calcium mg/l	Magnésium mg/l	Chlorures mg/l	Sulfate mg/l	Dureté Totale mg/l	Titre Alcalin mg/l	Titre Alcalin Complet mg/l
Aout_19	45.52	28.72	59.27	63.52	232	0	200.08
Sept_19	43.2	28.19	58.6	74.64	224	0	144
Oct_19	34.4	24.3	66.01	67.98	186	1	129
Nov_19	39.2	22.35	68.2	106.24	190	0	144
Dec_19	44.8	22.36	63.32	90.32	204	0	169
Janv_20	40.8	24.78	68.22	77.28	228	0	169
Fevr_20	52	21.38	73	74.08	218	0	176
Mars_20	51.2	23.81	60.4	82.03	226	0	173
Avril_20	41.6	31.1	65.33	75.84	232	0	153
Mai_20	46.4	25.75	62.98	73.88	222	0	154
Juin_20	45.6	25.76	66.68	79.79	220	0	130
Juil_20	32.8	26.24	66.68	60.36	190	0	125

	Paramètres INDESIRABLES	
	Fer Total mg/l	Aluminium mg/l
Aout_19	0.02	0.02
Sept_19	0.12	0.03
Oct_19	0.02	0
Nov_19	0.02	0.01
Dec_19	0.01	0.01
Janv_20	0.04	0
Fevr_20	0.01	0.02
Mars_20	0.01	0
Avril_20	0.5	0
Mai_20	0.02	0
Juin_20	0.03	0
Juil_20	0.05	0.01

- EAU TRAITÉE :

	Paramètres PHYSICO-CHIMIQUES				
	PH	Conductivité µs/cm	Température °C	Turbidité NTU	Oxygène dissous mg/l
Aout_19	7.73	653.82	23.11	0.72	5.14
Sept_19	7.55	628.97	23.54	0.7	5.21
Oct_19	7.48	638.15	21.36	0.59	5.62
Nov_19	7.59	658.86	16.05	0.74	6.73
Dec_19	7.72	675.55	13.39	0.47	7.38
Janv_20	7.77	689.55	11.91	0.39	7.6
Fevr_20	7.86	682.15	12.68	0.41	7.72
Mars_20	7.75	686.22	14.19	0.61	6.57
Avril_20	7.78	697.39	16.36	0.61	6.16
Mai_20	7.7	687.55	18.89	0.5	5.51
Juin_20	7.6	673.35	21.17	0.5	4.95
Juil_20	7.37	647.31	23.09	0.52	4.62
NORME	6,5-9	2800	25	5	8

	Paramètres de POLLUTION				
	Ammonium mg/l	Nitrites mg/l	Nitrates mg/l	Phosphate mg/l	Oxydabilité mg/lo
Aout_19	0	0	1.79	0	1.18
Sept_19	0	0	1.12	0	0.69
Oct_19	0	0	0.72	0	1.24
Nov_19	0	0	0.42	0	0.72
Dec_19	0	0	0.38	0	0.78
Janv_20	0	0	0.39	0	1
Fevr_20	0	0	1.279	0	0.67
Mars_20	0	0	2.37	0	0.92
Avril_20	0	0	1.09	0	0.62
Mai_20	0	0	2.45	0	0.64
Juin_20	0	0	1.12	0	0.8
Juil_20	0	0	0.51	0	0.61
NORME	0.5	0.1	50	0.5	3

MINERALISATION GLOBALE							
	Calcium mg/l	Magnésium mg/l	Chlorures mg/l	Sulfate mg/l	Dureté Totale mg/l	Titre Alcalin mg/l	Titre Alcalin Complet mg/l
Aout_19	46.69	24.33	68.97	64.31	218		163.17
Sept_19	36.8	24.79	71.8	78.5	194		115.22
Oct_19	36.89	23.38	72.76	99.43	188.67		113.06
Nov_19	41.3	25.03	71.41	96.07	205		134.56
Dec_19	46.8	23.47	71.64	76.91	214		162.25
Janv_20	49.6	23.16	73.05	86.72	220.33		167.77
Fevr_20	49.73	22.39	67.71	73.16	213.5		166.63
Mars_20	51.2	22.82	69.09	82.78	222.75		163.56
Avril_20	53.6	23.81	70.87	84.07	231.5		165.5
Mai_20	49.4	25.76	70.81	84.43	229.5		157.5
Juin_20	47.2	23.62	73.48	91.26	215.2		148.9
Juil_20	42.57	24.74	71.31	75.54	206.4		123.4
NORME	200	150	500	400	500		15

Paramètres INDESIRABLES		
	Fer Total mg/l	Aluminium mg/l
Aout_19	0.01	0.24
Sept_19	0.01	0.24
Oct_19	0	0.19
Nov_19	0.01	0.14
Dec_19	0	0.12
Janv_20	0	0.09
Fevr_20	0	0.15
Mars_20	0	0.17
Avril_20	0.01	0.17
Mai_20	0.01	0.19
Juin_20	0.01	0.18
Juil_20	0	0.12
NORME	0.3	0.2