

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Présenté par :

ABDOUNE Rachid

Thème

Etude physico-chimique et microbiologique de l'eau de la
production (consommation)

Cas de la station de traitement des eaux du barrage de Tichy –haf

Soutenue le 25/06/2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom		
Mme BELHADJ Nadra	Université de Bejaia	Présidente
Mme BOUARICHE Zakia	Université de Bejaia	Examinatrice
Mme BELKACEMI Hayet	Université de Bejaia	Encadreur

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

J'exprime ma gratitude à ma promotrice madame Hayet BELKACEMI qui par l'effort fourni, sa disponibilité et ses conseils prodigués, sa rigueur scientifique, elle m'avait énormément aidé lors des phases d'élaboration et du suivi de ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi à Madame Ghanem chef du laboratoire d'analyse de l'ADE et Monsieur Kamel Hechache et à toute l'équipe du laboratoire d'analyse pour leur attention particulière, leur compréhension et les moyens mis à ma disposition pour la réussite de ce modeste travail.

Je tiens à remercier également l'ensemble des membres du jury pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Ma gratitude à tous les enseignants du département du génie des procédés qui nous ont encadrés durant notre cycle universitaire.

Je remercie aussi Messieurs Hicham Cherigui pour sa gentillesse et son esprit coopératif avec le personnel et les étudiants.

Enfin, j'adresse mes remerciements à mes parents, mes frères et sœurs, à mes amis, pour leur soutien et leur contribution à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents, qui m'ont encouragé tout au long de mes études. Aucun mot ne pourrait exprimer l'affection que j'ai pour eux.

Mon frère et mes sœurs pour leur soutien et leur respect.

Ma famille pour sa persévérance et ses encouragements.

Tous mes camarades, mes amis et ceux qui m'aiment.

Mouloud

Liste des figures

Chapitre I : Revue bibliographique

Figure I.1 : Schéma illustrant le procédé de coagulation-floculation.....	21
Figure I. 2 : Les procédés de traitement des eaux du barrage Tichy-Haf au niveau de la station traitement.....	24

Chapitre II : Méthodologie et protocoles expérimentaux

Figure II.1 : localisation de la région d'étude, du barrage et de la station de traitement	25
FigureII.2:vue globale du barrage de Tichy-Haf (photos personnelles, 2023).....	26
Figure II. 3 : Vue de la station de traitement d'eau potable Tichy-Haf (photo personnelle, 2023).....	27
Figure II.4 : L'ouvrage d'entrée, point de prélèvement de l'eau brute (photo personnelle, 2023).	27
Figure II.5 : Cascades d'aération: point de prélèvement d'eau (photo personnelle, 2023).....	28
Figure II.6 : Les décanteurs A et B: points de prélèvement (photo personnelle, 2023).....	29
Figure II.7 : Les filtres de A à G (photo personnelle, 2023).....	30
Figure II.8 : La bache à eau point de prélèvement de l'eau filtrée (photo personnelle, 2023).....	31
Figure II.9 : Les réservoirs A et B (photo personnelle, 2023).....	31
Figure II.10 : Le bâtiment des réactifs (Photo personnelle 2023).....	32
Figure II.11 : Le bâtiment de contrôle des procédures de traitements (photo personnelle, 2023).....	32
Figure II.12 : Schéma des méthodes d'analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de la station de traitement de Tichy- Haf	35
Figure II.13 : Turbidimètre HACH TL 2300N (photo personnelle, 2023).....	37
FigureII.14:Un conductimètre HQ 14d (photo personnelle, 2023).....	37
Figure II.15 : pH mètre AD1000 (photo personnelle, 2023).....	39
Figure II.16 : Le matériel utilisé selon l'ordre balance (a), Etuve (b) (photos personnelle, 2023).....	42
FigureII.17:Spectrophotomètre UV-Visible HACH DR 6000 (photo personnelle, 2023).....	43
Figure II.18 : Photomètre a flamme (PPP me) (photo personnelle, 2023).....	45
FigureII.19:Un agitateur numérique (photo personnelle, 2023).....	48

Liste des figures

Figure II.20 : Rampe de filtration pour les analyses bactériologiques (Laboratoire de l'ADE).....50

Chapitre III : résultats et discussion

Figure III. 1: Evolution de la température en fonction du temps pour l'eau brute et traitée les mois (mars et avril).....52

Figure III. 2: Evolution du pH en fonction du temps pour l'eau brute (EB) et traitée (ET) pendant 02 mois (mars et avril).....52

Figure III. 3: Evolution de la turbidité en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....53

Figure III. 4: Evolution de la conductivité électrique en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....53

Figure III. 5: Evolution des résidus sec en fonction du temps pour l'eau Brute et traitée.....54

Figure III. 6: Evolution du TDS en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....54

Figure III. 7: Evolution de (TAC) en fonction du temps pour l'eau brute et traitée.....55

Figure III. 8: Evolution de la dureté (TH) en fonction du temps pour l'eau Brute et traitée.....56

Figure III. 9: Evolution des sulfates en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....57

Figure III. 10: Evolution de Calcium (Ca^{2+}) en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....58

Figure III. 11: Evolution de magnésium en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....58

Figure III. 12: Evolution de chlorure en fonction du temps pour les eaux brutes et traitée.....59

Figure III. 13: Evolution du fer en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....59

Figure III. 14: Evolution du Al^{3+} en fonction du temps pour l'eau brute et traitée.....60

Figure III. 15: Evolution de l'ammonium en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....60

Figure III. 16: Evolution de Nitrate en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.....61

Liste des figures

Figure III. 17: concentration du chlore résiduel dans l'eau traitée pour les mois (mars – avril).....	62
---	----

Liste des tableaux

Chapitre I : Revue bibliographique

Tableau I-1 : Normes des eaux de surfaces (l'eau brute).	10
Tableau I-2 : Classes de turbidité usuelle (NTU, néphélogéométrie turbidité unité).....	12
Tableau I-3 : La minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	13

Chapitre III : Résultats et discussions

Tableau III-1 : récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complète de l'eau brute du mois de mars 2023.....	51
Tableau III-2 : récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complet de l'eau traitée du mois de mars 2023.....	52
Tableau III-3 : récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complet de l'eau brute du mois d'avril 2023.....	53
Tableau III-4 : récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complet de l'eau traitée du mois d'avril 2023.....	54
Tableau III-5 : analyses journalier du mois de Mars 2023.....	55
Tableau III-6 : Analyses journalier du mois d'Avril 2023.....	56
Tableau III-7 : récapitulatifs des résultats d'analyses microbiologiques de l'eau brute et traitée du mois de mars et avril 2023.....	68

Liste des abréviations

ADE : Algérienne Des Eaux.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

CE : Conductivité électrique.

Ca²⁺: Calcium

EB : Eau Brute.

EDTA : Acide éthylène-Diamine-Tétra-Acétique.

ET : Eau Traitée.

HCO₃⁻ : Bicarbonate

ISO : Organisation internationale de normalisation.

K: Potassium

MES : Matières En Suspensions

MO : Matières organiques

NTU: Néphélobimétrie Turbidité Unit.

Na⁺: Sodium

NH₄⁺: Ammonium

NO₂⁻: Nitrite

NO₃⁻: Nitrate

NTU: Unité Néphélobimétrique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

Pan : Précipitations moyennes annuelles.

PH : potentiel Hydrogène.

PO₄⁻³: Phosphate

RS : Résidu sec

SO₄: sulfates

S : salinité

μ S/cm: Micro semence par centimètre

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TDS : Total en Sels Dissous.

Trb: Turbidité.

Sommaire

Tables des matières

Introduction générale.....	01
Chapitre I : Revue bibliographique	
I-1-Généralités sur les eaux.....	03
I-1-2-Aperçu sur Les eaux superficielles.....	03
I.1.2.1.Eaux de rivière (partie amont).....	03
I.1.2.2.Eaux de rivière (partie aval).....	03
I.1.2.3.Eau de lac.....	04
I .2. Barrages d’eaux.....	04
I.3.Le rôle des barrages d’eaux	04
I.3.1.La régulation des apports.....	04
I.3.2.La surélévation du plan d’eau d’une rivière	04
I.3.3.La création d’un plan d’eau.....	04
I- 4- Définition et Propriétés de l’eau.....	04
I-4-1 Propriétés physiques.....	05
a)La Température d’ébullition.....	05
b) La masse volumique	05
c)La viscosité	05
d) La tension superficielle	05
I-4-2 Propriétés chimiques.....	05
I-4-3 Propriétés biologiques de l’eau	06
I.5.La pollution de l’eau	06
I-5-1-Définition de la pollution de l’eau.....	06
I-5-2-Type de la pollution de l’eau	06
I-5-2-1-La pollution physique	06
a)Mécanique	06
b) Thermique.....	06
c)Radioactive	06
I-5-2-2- La pollution chimique.....	07
I-5-2-3-La pollution biologique	07
I-6-Conséquence de la pollution de l’eau	07
I-6-1- Sur la santé	07
I-6-2- Sur l’écologie et l’Environnement	08

Tables des matières

I-6-3-Sur l'économie	08
I-6-4-Sur l'esthétique	08
I.7.Qualité des eaux douces	08
I.8.Les normes fixées par OMS.....	09
I-9-Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux	09
I-9-1-Les Paramètres organoleptiques	09
I-9-1-1-La couleur	09
I-9-1-2-Le gout	09
I-9-1-3-L'odeur	10
I-9-2-Les paramètres physico-chimiques	10
I-9-2-1-La Température	10
I-9-2-2-Le pH	10
I-9-2-3-La Turbidité	10
I-9-2-4-La conductivité électrique (CE)	11
I-9-2-5-L'alcalinité (TA et TAC)	11
I-9-2-6-La Dureté(TH)	12
I-9-2-7-Les résidus secs	12
I-9-2-8-La TDS	12
I-9-2-9-Les matières en suspension MES.....	12
I-9-2-10-Les matières oxydables	13
I-9-3-Les paramètres indésirables	13
I-9-3-1-Le fer.....	13
I-9-3-2-Le manganèse Mn^{2+}	13
I-9-4-Les paramètres de pollution	13
I-9-4-1-Ammonium.....	13
I-9-4-2- NH_4^+	14
I-9-4-3- Les phosphates (SO_4^{2-})	14
I-9-4-4-Les Nitrites NO_2^-	14
I-9-4-5-Les Nitrates NO_3^-	15
I-9-4-6-Matières organique (MO)	15
I-10-Les paramètres microbiologiques	15
I-10-1-Recherche des coliformes totaux	15
I-10-2-Recherche des Coliformes fécaux(Thermo-tolérants)	16

Tables des matières

I-10-3-Recherche des streptocoques fécaux (37°C)	16
I-10-4-Recherche de Clostridium sulfito-réducteur	16
I-11-Eau potable	16
I.12- Chaîne de traitement	16
I-12-1- le prétraitement.....	17
a) Le dégrillage	17
b) Le Tamisage	18
I.12.2.2 La pré-oxydation.....	18
a) Aération	18
b) La pré-oxydation au chlore	18
I-12-2-3- Clarification	19
➤ Coagulation-floculation	19
• Coagulation	19
• Floculation.....	19
I-12-2-4-La Décantation.....	19
I-12-2-5-La Filtration.....	20
I-12-2-6- Post-chloration (désinfection finale).....	20
I-12-2-7- Stockage de l'eau potable (réservoir)	21

Chapitre II : Méthodologie et protocoles expérimentaux

II.1. Sources d'eau utilisée pour la production de l'eau potable à la station de distribution de Tichy-haf	22
II-2-Présentation du barrage Tichy-Haf.....	22
II-3-Présentation de la station de traitement de l'eau du barrage Tichy-Haf	23
II-4-Les procédés de traitement de la station Tichy-Haf (ADE).....	24
II-4-1-Ouvrage d'entrée de l'eau brute.....	24
II-4-2-Cascade d'aération.....	25
II-4-3-Chambre d'injection des produits chimiques.....	25
II-4-4-Bassin de coagulation-floculation.....	25
➤Coagulation.....	25
➤Floculation.....	26
II-4-5-Les décanteurs.....	26
II-4-6-La filtration.....	27
II-4-7-La bache à eau.....	27

Tables des matières

II-4-8-Les réservoirs.....	28
II-4-9-Bâtiment des réactifs	28
II-4-10-Bâtiment de contrôle (supervision).....	29
II-5- Echantillonnage.....	30
II-6- Prélèvement.....	30
II-7- Méthodes d'analyse effectuée au laboratoire de la station de traitement de Tichy-Haf.....	31
II-7-1- Les analyses quotidiennes	31
II-7-2- Les analyses hebdomadaires	31
II-8-Les paramètres organoleptiques.....	32
II-8-1-1-La couleur.....	32
II-8-2- L'odeur et la saveur.....	32
II-9-Les paramètres physico-chimiques.....	32
II-9-1-La turbidité.....	32
II-9-2- La conductivité électrique (CE).....	33
II-9-3-La température.....	34
II-9-4-Le potentiel hydrique (pH).....	35
II-9-5-Détermination des matières en suspension (MES).....	35
II-9-6-Détermination de la dureté totale (TH)	36
II-9-7-Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC).	36
II-9-7-1-Détermination du (TA)	36
II-9-7-2-Détermination du (TAC)	37
II-9-8-La salinité	37
II-9-9- Le totales de solides dissous (TDS).....	37
II-9-10-Résidu Sec	37
II-10- les paramètres chimiques.....	38
II-10-1-Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+).....	38
II-10-2-Détermination du calcium Ca^{2+} et du magnésium Mg^{2+}	39
II-10-3-Dosage de l'aluminium (Al^{3+}).....	40
II-10-4-Détermination de sodium et potassium (Na^+) et (K^+)	40
II-10-5- Dosages des sulfates (SO_4^{2-}).....	41
II-10-5-Dosage des chlorures (Cl^-).....	41
II-10-6- Dosage des nitrates (NO_3^-).....	42
II-10-7- Dosage de nitrite (NO_2^-).....	42

Tables des matières

II-10-8-Bicarbonate (HCO_3^-).....	43
II-11-Les éléments indésirables.....	43
II-11-1-Le dosage de fer.....	43
II-11-2-Dosage de manganèse (Mn^{2+}).....	44
II-12-Méthodes d'analyses bactériologiques	44

CHAPITRE III : Résultats et discussions

III. Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques.....	46
III-1-Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée du mois de mars et avril.....	46
III-2-Discussion des résultats des analyses physiques	51
III-2-1- La température.....	52
III-2-2-Le PH.....	52
III-2-3- La turbidité.....	53
III-2-4- La conductivité électrique (CE).....	53
III-2-5- Les résidus sec a 105 C°.....	54
III-2-6-Totale en sels dissous (TDS).....	54
III-3- discussion des paramètres chimiques.....	55
III-3-1- Titre alcalimétrique complet (TAC).....	55
III-3-2- Titre alcalin (TA).....	56
III-3-3- La dureté (TH).....	56
III-3-4- Le sulfate (SO_4^{2-}).....	57
III-3-5- Le calcium Ca^{2+}	58
III-3-6- Le magnésium Mg^{2+}	58
III-3-7- Le chlorure (Cl^-).....	59
III-4- Discussion sur les paramètres indésirables	59
III-4-1- Le fer	59
III-4-2- L'aluminium	60
III-5- Discussion sur les paramètres de pollution.....	60
III-5-1-Ammonium NH_4^+	60
III-5-2- Les nitrates	61
III-5-3- Les nitrites (NO_2^-)	61
III-5-4-Le chlore résiduel	62
III-6-Discussion des résultats d'analyses microbiologiques.....	62

Introduction

Introduction

Les problèmes liés à la disponibilité et à la qualité des ressources en eau deviennent de plus en plus complexes et difficiles à résoudre. La demande en eau augmente considérablement, entraînant une pénurie croissante dans de nombreux pays en développement. En effet, plus de deux milliards de personnes vivent dans des régions où le stress hydrique est très élevé, c'est-à-dire où la demande en eau dépasse la disponibilité de la ressource (Oki and Kanae, 2006). Selon les Nations Unies, si la consommation actuelle d'eau se poursuit, près d'un tiers de la population mondiale souffrirait d'une pénurie chronique d'eau d'ici 2025. Les problèmes liés aux changements climatiques ont été reconnus au cours de la dernière décennie comme l'un des principaux défis pour le développement à différents niveaux, du local à l'international. Cependant, les variations climatiques ne sont pas les seuls facteurs à considérer pour évaluer la vulnérabilité de cette ressource. Les aspects économiques, démographiques et environnementaux sont également des critères importants à prendre en compte (Shinde, 2005).

Comme les autres pays du Maghreb, l'Algérie est confrontée à la rareté de l'eau. Cette rareté est mesurée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs qui pourraient s'aggraver avec le changement climatique. En effet, l'Algérie est l'une des régions du monde où les défis de l'eau et de l'alimentation se posent de manière très critique (Côte, 1994).

La question de l'eau constitue un défi permanent, car la réaction des consommateurs et les mécanismes de gestion de cette ressource déterminent en grande partie la vulnérabilité des ressources en eau en Algérie (Hamlat et al. 2012; Nichane et Khelil, 2015). Alors que le changement climatique a un impact sur une hydrologie déjà difficile, les besoins croissants en eau potable urbaine, industrielle et pour l'irrigation dépassent largement ceux du passé. Selon les scénarios du Plan Bleu, la pression sur la ressource en eau mettrait l'Algérie, un pays en pleine transformation, en situation de crise aiguë d'ici 2025 (moins de 500 m³ par habitant et par an) (Benoit et Cameau, 2005).

Face à cette situation, de nombreuses études menées dans le monde et en Algérie ont analysé les effets des rejets industriels et urbains sur la qualité des eaux de surface. Parmi ces études, on peut citer les cas de l'Inde (Gurunadha Rao et al. 2001), du Maroc (Azzaoui et al., 2002) et de l'Algérie (Harrat et Achour, 2010; Chaoui et al., 2011; Bougherira et al., 2015). En effet, les normes de qualité exigées pour les eaux dépendent évidemment de leurs utilisations, et une attention particulière est accordée à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Les normes de qualité de l'eau potable exigent qu'elle soit conforme et répondent à certaines normes de potabilité. Cela signifie qu'elle ne doit contenir aucun micro-organisme, parasite ou

Introduction

substance pouvant représenter un danger pour la santé humaine. Dans les méthodes traditionnelles de traitement de l'eau potable, la coagulation-floculation peut considérablement réduire la présence de ces substances même si elles sont dissoutes (Christian et al., 2000). Cependant, l'efficacité de ce processus dépend de la composition des liquides, du type de coagulant utilisé et de la structure des composés organiques à éliminer, en particulier des groupes fonctionnels qu'ils contiennent (Rezeg et Achour, 2005).

Problématique:

La problématique abordée concerne les différents types de risques sanitaires associés à la pollution de l'eau, tels que les infections (virus, bactéries, parasites, champignons), les risques chimiques (minéraux, organiques) et les risques physiques (thermiques, radioactifs). Ces risques peuvent se manifester à court ou à long terme, certains étant bien connus et confirmés pour leur impact sur la santé, tandis que d'autres sont soupçonnés ou émergents. La gestion efficace de l'eau potable représente donc l'un des défis majeurs des décennies à venir, en plus des problèmes liés à la disponibilité de la ressource en eau. Il est essentiel d'optimiser les processus de traitement de l'eau à la fois pour des raisons sanitaires et économiques. Dans cette étude, les questions principales abordées sont les suivantes:

- Comment améliorer et préserver la qualité de l'eau destinée à la consommation?
- Quel est le coagulant chimique approprié à utiliser?
- Quels sont les indicateurs de pollution qui permettent de suivre la qualité de ces eaux?

Objectifs:

Notre étude se concentre sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de consommation provenant du barrage de Tichy-Haf. Les principaux objectifs de notre travail sont les suivants:

- Étudier et surveiller l'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau produite pendant une période de 2 mois.
- Déterminer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute et de l'eau traitée.
- Comparer les résultats obtenus aux normes algériennes pour l'eau destinée à la consommation humaine.

Chapitre I :

Revue bibliographique

I-1-Généralités sur les eaux

L'eau, très présente sur notre Terre et indispensable à la survie de tout être vivant, animal ou végétal, 72% de la surface de la terre est occupé par l'eau (97% d'eau salée et 3% d'eau douce dans différents réservoirs), essentiellement sous forme d'océans, mais l'eau est aussi présente sous forme gazeuse (vapeur d'eau), liquide et solide.

De la tête aux pieds, nous sommes en eau : notre sang en contient 83%, notre squelette 22%, nos muscles 76%, et notre cerveau 75%. L'homme perd en moyenne 2 litres d'eau par jour :

- 0,5 litre par transpiration ;
- 0,5 litre par respiration ;
- 1 litre environ par les urines.

Pour compenser ces pertes, l'homme doit absorber en moyenne 2 litres d'eau par jour. Il les trouve dans les boissons et les aliments, ... S'il perd 2% de son eau, l'homme éprouve le besoin de boire ; s'il en perd 10%, il a des hallucinations et sa peau se rétracte ; s'il en perd 15%, il meurt. [1]

I-1-2-Aperçu sur Les eaux superficielles

Incluant les eaux circulant ou stockées à la surface des continents, elles sont également appelées les eaux de surface. Elles représentent moins de 1% des eaux douces. Il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des lacs et des eaux de ruissellement. Ce qui amène à une différence dans la composition chimique due à la nature des formations géologiques acheminées durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. C'est également le réservoir majeur des bactéries responsables des maladies à transmission hydrique causé par l'importante surface de contact avec le milieu extérieur [2].

I.1.2.1.Eaux de rivière (partie amont)

Les eaux de rivière dite partie amont sont généralement situées dans une région montagneuse, où la densité de population et les activités industrielles sont faibles. Ils sont principalement caractérisés par une turbidité élevée qui est due aux quantités de matières en suspension transportées par ces eaux par effet de gravitation. Biologiquement, la contamination bactérienne est faible. La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante. Ces eaux sont d'une température basse car elles proviennent généralement de source et la fonte des neiges et des glaciers. [3]

I.1.2.2.Eaux de rivière (partie aval)

Les eaux de rivière dite partie aval sont les eaux situées dans une région où la population est dense et l'activité industrielle et agricole est plus ou moins nombreuses. Par comparaison à celle en amont. Ces eaux sont habituellement moins bonnes en termes de qualité, plus difficiles à traiter, leur contamination bactérienne, organique et inorganique est élevée. [4]

I.1.2.3.Eau de lac

Par définition, un lac est une cuvette naturelle ou artificielle, remplie d'eau, sans connexion avec l'océan. Au sens de la science qui les étudie (limnologie), le terme s'applique aussi bien aux lacs d'altitude, aux lacs de barrage, qu'aux grands lacs de plaine. [5]

I .2. Barrages d'eaux :

Les barrages sont, par définition, des ouvrages hydrauliques qui barrent sur toute la largeur une section d'une vallée et créent ainsi une cuvette artificielle géologiquement étanche. De manière générale et dans la plupart des cas, la hauteur du barrage dépasse le niveau d'eau atteint par les cours d'eau en période de forte crue. [6]

I.3.Le rôle des barrages d'eaux

Dus à l'écoulement naturel des eaux et la variation des eaux de ruissellement, l'homme intervient par la construction des barrages, les raisons principale peuvent justifier Cette intervention est : [7]

I.3.1.La régulation des apports

Les besoins en eau sont répartis de manière homogène sur l'année or que dans la Plupart des régions du monde, les précipitations sont concentrées sur des périodes courtes se qui nécessite la réalisation d'une retenue pour compenser la différence entre ces apports. [8]

I.3.2.La surélévation du plan d'eau d'une rivière

La mise en place d'un barrage en travers d'un cours d'eau a pour effet de surélever le Plan d'eau à l'amont. Cet effet est bien entendu utilisé pour la production hydroélectrique. Mais également pour gérer la dérivation des eaux d'une rivière vers une prise d'eau, puis un Canal d'amenée pour l'irrigation ou l'alimentation en eau potable. [9]

I.3.3.La création d'un plan d'eau

La réalisation d'un lac artificiel permet de disposer d'une surface qui peut entres autres être destinée aux loisirs, au tourisme, à la pisciculture, à la navigation, à la protection incendie. [10]

I- 4- Définition et Propriétés de l'eau

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Sur la terre, l'eau existe dans les trois états : liquide (eau proprement dite), solide (glace) et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression [11].

La molécule de l'eau telle qu'elle existe est composée de deux atomes d'hydrogènes et d'un atome d'oxygène liés par des liaisons covalentes, disposés en V inversé selon un angle de $104,45^\circ$. Sa dimension moyenne est de l'ordre de $3,3 \text{ \AA}$, de formule chimique H_2O [11].

L'équilibre de dissociation de l'eau répond à l'équation qui suit,



I-4-1 Propriétés physiques

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que :

a) La Température d'ébullition: anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène.

Dans les conditions normales elle est de 100°C .

b) La masse volumique : elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm^3 .

c) La viscosité : elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures [12].

d) La tension superficielle : elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface. Elle est extrêmement élevée ; égale à 73erg/cm à 18°C [13].

I-4-2 Propriétés chimiques

L'énergie de formation de la molécule d'eau est élevée (242 kJ/mol). Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solides. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques. La solvataion (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures [12-13].

I-4-3 Propriétés biologiques de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants [14]. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

I.5. La pollution de l'eau

I-5-1-Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une détérioration ou une perturbation d'un milieu naturel [15]. C'est la contamination de l'eau, par des déversements, rejets dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Ce qui provoque la dégradation de la qualité de l'eau, ainsi les paramètres physico-chimique ou bactériologique, Qui ont un effet nocif sur les organismes vivants (la faune ou la flore, la santé) et perturbe les usages humains de cette eau [16].

I-5-2-Type de la pollution de l'eau

I-5-2-1-La pollution physique

Une pollution de nature physique peut être mécanique, thermique ou radioactive :

a) Mécanique : Elle est d'origine essentiellement d'activités humaines (effluents industriels, chantiers divers, les remous de dragage... etc.) ou simplement par le changement de débit des cours d'eau ainsi qu'aux charges importantes en éléments en suspension (d'amiante, de silice ...etc.). Elle n'est souvent pas décelable car elle agit principalement sur l'habitat et les conditions de développement de la vie aquatique du cours d'eau [17].

b) Thermique : découlant d'un réchauffement des eaux, nous parlons alors d'une importante hausse ou diminution de la température normale corrélée par le changement climatique et de saisons, mais accentuée par les divers rejets thermiques industriels. Ce qui impacte grandement l'environnement aquatique et la biodiversité. Le régime thermique d'une masse d'eau est un facteur important du fait que la tolérance des espèces aquatiques est souvent limitée (par exemple les microorganismes sont souvent très résistants, tandis que les poissons peuvent rapidement souffrir de conditions de température inadaptées) [18].

c)Radioactive : La pollution par les agents radioactifs est pour sa part limitée du point de vue sanitaire puisque jusqu'à présent aucune action sur les espèces végétales ou animales n'a été décelée. Dans les conditions actuelles, cette pollution a deux origines principales qui sont les explosions d'armes nucléaires et les déchets radioactifs. Celles-ci déversent des déchets ou effluents qui contiennent des substances radioactives provoquant l'ionisation qui peut être

consumé ni chimiquement ni biologiquement. Sa particularité réside dans le fait qu'elle est mal connue [19].

I-5-2-2-La pollution chimique

Ce sont des éléments minéraux (phosphates, nitrates, nitrites, sulfates, l'ammoniaque, pesticides, métaux lourds, détergents toxiques ... etc.) qui engendrent une pollution chimique. Cette dernière inclue la pollution à dominance minérale et à dominance organique. Elle résulte de diverses sources, principalement des eaux usées partiellement traitées, des effluents industriels (agro-alimentaires, papeteries...) et aussi du lessivage des engrais et effluents d'élevage dans les zones agricoles. La réponse des apports importants de ces substances se reflète par l'eutrophisation et le vieillissement du cours d'eau, déséquilibres chimiques (la modification du pH et de la salinité), les effets létaux sur les organismes vivants et la perturbation des cycles de reproduction des biocénoses...etc. [20].

I-5-2-3-La pollution biologique

C'est une pollution par des micro-organismes (bactéries, virus, protozoaires), d'origine humaine ou animale et peut se révéler nuisibles pour la santé de l'homme ou des espèces vivantes de façon directe et immédiate [21].

I-6-Conséquence de la pollution de l'eau

Certains auteurs (Rudolph et Antoni, 1998) insistent sur le nécessaire respect de normes strictes. « Il ne faut pas consommer une eau ou l'utiliser pour des usages sanitaires et agroalimentaires, sans avoir la connaissance de sa qualité bactériologique et chimique [22].

On peut classer les conséquences sanitaires de la pollution de l'eau en quatre grandes catégories :

I-6-1-Sur la santé

La pollution de ces eaux représente un aspect très inquiétant, d'autant plus que leurs utilisations à des fins alimentaires constituent des risques sanitaires chez les consommateurs, la consommation de l'eau polluée par l'homme est une véritable problématique en matière de santé publique. En effet les rejets domestique non traités, polluant les ressources en eau disponible, ce qui pourrait engendre des maladies diarrhéiques causé par infection hydrique telles que : choléra, typhoïde, hépatites et intoxications chimique [23].

On appelle pathologies hydriques, les pathologies transmises à l'homme par l'intermédiaire de l'eau. Les nitrites (sels de l'acide nitrique) existants dans l'eau potables peuvent être la cause de maladies mortelles chez les jeunes enfants. Le cadmium, présent dans les engrais dérivés des boues d'épuration, est susceptible d'être stocké par les plantes cultivées. La consommation

ultérieure de ces végétaux contaminés peut provoquer des troubles digestifs sérieux et une atteinte du foie ou des reins. Le mercure, l'arsenic et le plomb sont toxique [24].

I-6-2- Sur l'écologie et l'Environnement

La pollution de l'eau, quelle que soit sa nature (organique, chimique, microbiologique) peut avoir des conséquences désastreuses, en se traduisant par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propre aux milieux aquatiques. En effet, les microorganismes aérobies engendrent une autoépuration des eaux qui se traduit par un épuisement de l'oxygène présent dans l'eau, lequel est indispensable pour la faune aquatique. Le processus d'eutrophisation, Elle a pour conséquences : La destruction des ressources vivantes; Le déséquilibre des milieux physiques, biologiques et des écosystèmes aquatiques ; elle entraîne des odeurs désagréables, une prolifération d'algues verts, l'épuisement des réserves d'oxygène des profondes et des modifications de la composition chimique de l'eau, par oxydation, par consommation bactérienne, par fermentation ou par altération de l'équilibre physico-chimique du milieu récepteur .[24]

I-6-3-Sur l'économie

La pollution peut réduire le nombre de ressources utilisables, ainsi la dégradation des ressources peut devenir un frein au développement industriel, parce que L'industrie est un grand consommateur d'eau [23]. Une eau de mauvaise qualité aura aussi une conséquence sur la production agricole car l'agriculture à recours aux eaux brutes, non traitées, pour l'irrigation des sols.

I-6-4-Sur l'esthétique

Il s'agit de la pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importantes. Ce sont les conséquences les plus subjectives (plus perceptibles), n'en est pas moins importante. Qui perturbent l'image d'un milieu (par exemple, des bouteilles plastiques ou du Goudron rejeté sur une plage). On peut inclure dans cette catégorie les problèmes de goût de l'eau [25].

I.7.Qualité des eaux douces

Les eaux de surfaces sont susceptibles de contenir des substances diverses de nature Physico-chimique (sels minéraux, matières en suspension, micro polluants organique et minéraux) et de nature biologique (bactérie, virus, parasites,...). Certain de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique [26].

Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat.

I.8. Les normes fixées par OMS

tableau-1 : Normes des eaux de surfaces (l'eau brute).

Paramètres	Unités	Valeur guide	Valeur limite
Température	°C	22	25
pH	-	5,5	9
Conductivité électrique	µs/cm	1500	2800
TDS	mg/l	-	-
Salinité	%	-	1,5
Turbidité	NTU	-	140
Germe aérobies à 37°C	Germe/100ml	3000	-
Germe aérobies à 22°C	Germe/100ml	3000	-
Coliformes totaux	Germe/100ml	5000	-
Coliformes	Germe/100ml	2000	-
Escherichia coli	Germe/100ml	2000	-
Streptocoques	Germe/100ml	1000	-
Clostridium	µs/cm	-	-

I-9-Paramètres caractéristiques de la qualité de l'eau

I-9-1- Les Paramètres organoleptiques

I-9-1-1- La couleur

La couleur de l'eau est considérée comme réelle ou vraie car elle est due à la seule matière dissoute, c'est-à-dire passant à travers un filtre de porosité égale à 0,45 micron. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. La couleur réelle et la couleur apparente sont approximativement, la même chose dans l'eau claire et l'eau à faible turbidité [27].

I-9-1-2- Le goût

Peut être défini comme : l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche ; la propriété des produits provoquant ces sensations [27].

La saveur est le terme utilisé pour décrire la sensation ressentie dans la bouche lors de l'absorption de nourriture ou d'un liquide. La saveur peut être décrite comme l'addition des composantes de l'odeur, du goût d'une eau et du facteur d'impression. Quatre goûts de base peuvent être perçus par l'humain : sucré, salé, aigre et amer. Les goûts salés et aigres sont

occasionnés surtout par des molécules ioniques tandis que les goûts sucrés et amers sont généralement attribuables à des molécules organiques [28].

I-9-1-3-L'odeur

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, les hypochlorites, le bioxyde de soufre SO₂ ou le sulfure d'hydrogène H₂S ; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites, les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution [29].

I-9-2-Les paramètres physico-chimiques

I-9-2-1-La Température

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gazes, et dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C. Dans les eaux naturelles et au dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de microorganismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables, une modification de la couleur, ainsi qu'une augmentation de la turbidité. La température est un paramètre important dans l'étude et la surveillance des eaux soient souterraines ou superficielles, les eaux souterraines gardent généralement une fraîcheur constante, mais la température des eaux de surface varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres [30-31-32]. Généralement on utilise un thermomètre pour mesurer la température.

I-9-2-2-Le pH

Le pH correspond pour une solution diluée, à la concentration d'ions d'hydrogène. Il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois dans :

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- Les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites des pH ;
- L'efficacité de certains traitements (coagulation, contrôle de la corrosion, chloration). Pour mesurer le pH, on utilise un pH mètre [30-31].

I-9-2-3-La turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les

microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale [33-34].

Pour mesurer la turbidité on utilise souvent le turbidimètre

Cette turbidité doit être éliminée pour améliorer l'aspect esthétique de l'eau de consommation mais aussi pour permettre une désinfection efficace et éviter les dépôts dans l'usine ou dans le réseau. En effet, les MES peuvent servir de support aux microorganismes qui seront ainsi partiellement protégés de l'action des désinfectants et qui pourront ensuite se développer dans les réseaux et entraîner des problèmes sanitaires [33].

Tableau I-2 : Classes de turbidité usuelle (NTU, nephelometric turbidity unit).

La turbidité	Aspect visuel de l'eau
NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement claire
30 < NTU < 50	Eau moyennement trouble

I-9-2-4- La conductivité électrique (CE)

La conductivité, caractéristique physico-chimique de l'eau liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. Les matières organiques et colloïdes ne présentent qu'une faible conductivité. Elle varie avec la température.

C'est une mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Plus la charge en ions dissous est importante, plus la conductivité augmente. Ce paramètre dépend également de la température. La conductivité d'une eau est généralement ramenée à 25 °C et s'exprime en micro Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) [33].

Tableau I-3 : La minéralisation des eaux en fonction de la conductivité électrique.

La conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	La minéralisation de l'eau
Conductivité < 100	Très faible
100 < conductivité < 200	Faible
100 < conductivité < 333	Moyenne
333 < conductivité < 666	Moyenne accentuée
666 < conductivité < 1000	Importante
conductivité > 1000	Elevée

I-9-2-4- L'alcalinité (TA et TAC)

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogène (H) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-), carbonate (CO_3^{2-}) et hydroxyde (OH^-). Autrement dit, on est amené à considérer deux types d'alcalinité qui correspondent, encore une fois à deux bornes de pH :

- alcalinité au virage du rouge de méthyle : elle correspond à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- . Cette alcalinité se nommée également titre alcalimétrique complet TAC.

- alcalinité au point de virage de la phénophtaléine (alcalinité composite) : elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité Composite est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égal à 8.3. L'alcalinité composite se nommée également titre alcalimétrique (TA) [30-31-35].

I-9-2-5- La Dureté(TH)

La dureté totale d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins (Na^+ , K^+) et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO_3 par litre [36].

I-9-2-5-Les résidus secs

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement avant la mesure, le résidu correspond alors à la matière dissoute [37].

I-9-2-6-La TDS

Ils sont essentiellement constitués de produits minéraux dissous.ces dissolutions sont à l'origine de :

- l'esséyage naturel de roches aux caractéristiques égologiques différents
- Approvisionnement en eaux usées des villes et des unités industriels
- L'appétence (gout et saveur) de l'eau est la suivante

Riche < 300 mg/L ; Bon 300-600 mg/L ; moyenne 600-900 mg/L ; pauvre 900-1200 mg/L [38].

I-9-2-7-Les matières en suspension MES

Elles constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques dans une eau naturelle ou polluée. Dans les eaux superficielles non polluées, les matières en suspension ont surtout pour origine le bassin versant sous l'effet de l'érosion naturelle, les détritrus d'origine organique (débris végétaux...etc.) et le plancton. La nature des MES est donc souvent minérale et leur taux relativement bas sauf en périodes de crues des cours d'eau. Les eaux naturelles ne sont jamais exemptes de matière en suspension et on admet une teneur inférieure à 30 mg/l. [31]

I-9-2-8-Les matières oxydables

Les matières oxydables peuvent être présentes sous forme dissoutes (carbohydrates, acide humique, pigment et composés d'origines artificielles comme les hydrocarbures, les solvants, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton..). Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi des composés issus de l'activité humaine. Leur concentration, infime dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface. La conséquence quasi immédiate de la pollution des eaux par les matières organiques et oxydables est une diminution de la teneur en oxygène dissous. Celle-ci résulte de l'action des bactéries qui naturellement en assurent la dégradation [39].

I-9-3-Les paramètres indésirables

I-9-3-1-Le fer :

Les besoins journaliers de l'organisme en fer s'élèvent à l'ordre de 1 à 2 mg. Les limites de potabilité sont basées sur des effets esthétiques, le seuil gustatif, les effets ménagers et les inconvénients qu'entraîne le fer, à trop fortes concentrations, dans les réseaux de distribution. A des concentrations de l'ordre de 300 mg/l, le fer tache le linge et les installations sanitaires en lui conférant de mauvais goût l'eau. Sa concentration maximale admissible est de 200 mg/l. [17]

I-9-3-2-Le manganèse Mn^{2+} :

Le manganèse est très réparti dans la nature. Les concentrations dans l'écorce terrestre peuvent varier de 500 à 900 mg/kg. Le manganèse présent dans l'eau peut s'y trouver à des valences différentes (I, III, IV), à l'état soluble ou en suspension ou sous forme de complexes. La concentration en manganèse de l'eau de mer varie suivant les zones de 0,5 à 6, le manganèse est nécessaire à l'homme pour la croissance, pour le métabolisme des glucides et des lipides et comme des catalyseurs dans certaines réactions enzymatiques.

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS indique une valeur guide provisoire de 500 µg/L.

Dans les stations de traitement, l'élimination du manganèse peut s'effectuer par oxydation (oxygène, dioxyde de chlore, permanganate de potassium, ozone) [27].

I-9-4-Les paramètres de pollution

I-9-4-1-Ammonium NH_4^+ :

L'azote ammoniacal (L'ammonium) est assez souvent rencontré dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique.

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine : la matière végétal des cours d'eau .l'ammonium peut être rencontrée dans les eaux météoriques (0,1a 2mg/L) et l'élimination de l'ammonium pour la production de l'eau potable peut se faire par les échangeurs d'ion, l'oxydation par le chlore et la nitrification biologique .celle –ci consiste en une oxydation des ions ammonium en nitrites, suivie d'une oxydation des nitrites en nitrates. [27].

I-9-4-2-Les phosphates (SO_4^{2-}) :

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, poly-phosphates des formulations détergentes, eaux traités aux phosphates, industrie chimique...) [41]. Le contenu en phosphore total comprend non seulement les ortho-phosphates mais également les poly-phosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en Phosphates ($50 \mu\text{g P/l}$). [40]

I-9-4-3-Les Nitrites NO_2^- :

Les nitrites provient soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque , la nitrification n'étant pas conduite a son terme ,soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant .Une eau qui renferme des nitrites est a considérer comme suspect car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique.

Pour l'eau destinée a la consommation humaine, l'OMS recommande une valeur guide provisoire de 3 mg/L (NO_2^-). Les nitrites pouvant apparaitre comme sous- produits lors de la chloration de l'eau, cette disposition permet de maintenir la chloration tout garantissant un niveau adéquat de protection pour les consommateurs [27].

I-9-4-4-Les Nitrates NO_3^- :

Une eau contenant plus de 50 mg/l de nitrates est officiellement non potable car elle concentration maximale. Cependant, on n'estime que la consommation d'une eau ayant une teneur en nitrates comprise entre 50 et 100 mg/l peut être tolérée, sauf pour les femmes enceintes et les nourrissons. Au-delà de 100 mg/l , l'eau ne doit pas être consommée. Les populations concernées doivent être informées dans les meilleurs délais et par tous les moyens adaptés. Pour les effets néfastes des nitrates sur la santé, il y a lieu de noter que l'ingestion de nitrates à fortes doses est susceptible, sous certaines conditions, de perturber l'oxygénation du

sang chez les nourrissons ("maladie bleue", ou méthémoglobinémie). En outre, ils sont suspectés d'être à l'origine de l'apparition de cancers digestifs. Sur le plan floral, les effets des nitrates sur l'écosystème sont considérables. Associés au phosphore, les nitrates modifient le comportement de certaines espèces végétales. Dans les eaux douces, ils participent aux phénomènes de prolifération d'algues microscopiques (eutrophisation), préjudiciables aux traitements de potabilisation et à la sécurité des baignades (diminution de la transparence de l'eau). Dans les eaux de mer, cette eutrophisation se manifeste par des accumulations importantes d'algues vertes sur les plages. [33]

I-9-4-5-Matières organique (MO) :

La matière organique est une composante ubiquiste des milieux aquatiques naturels. Elle est constituée d'une vaste ensemble des composés complexes et hétérogènes.

La matière organique naturelle représente au moins 90 % de la charge en matières organiques des eaux naturelles et elle constitue un constituant d'intérêt majeur lors de la production d'eau potable, car elle interfère avec de nombreux procédés de traitement.

Pour caractériser cette matière organique, de nombreux protocoles ont été développés. Ils font appel à des méthodes de concentration, d'extraction et de fractionnement, et associent parfois ces procédés. Ils peuvent mettre en œuvre une simple concentration par lyophilisation ou évaporation, une adsorption sur des résines macroporeuses non ioniques ou sur des résines échangeuses d'ions, ou encore une filtration sur des membranes d'osmose inverse, de nano filtration ou d'ultrafiltration [27].

I-10-Les paramètres microbiologiques :

I-10-1-Définition des micro-organismes

Ce sont des bâtonnets anaérobies facultatifs, Gram négatif, non sporulant, oxydases négatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes (inhibitrices) et capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C. Sont présents en grand nombre dans les excréments humains et animaux, mais peuvent proliférer dans les sols et les milieux aquatiques [46].

I-10-2- Les types des micro-organismes

Parmi les différentes bactéries pathogènes présentes dans les eaux : les groupes des coliformes totaux et des coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les bactéries sulfite-réductrices sont les plus courants et les plus facilement décelables par les analyses. Les germes qui devront être analysés dans une eau traitée sont essentiellement :

I-10-2-1-Recherche des coliformes totaux :

Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs(BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de

Fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C.

Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels [43]

I-10-2-2-Recherche des Coliformes fécaux(Thermo-tolérants):

Les coliformes fécaux sont des bactéries du groupe des coliformes (famille des Enterobactériacée), qui, après incubation à 44 C°, fermentent le lactose avec dégagement de gaz dans le milieu de culture spécifique ou ils sont ensemencés dans les conditions optimale [27]. Ces coliformes sont intéressants, car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les milieux fécaux des animaux à sang chaud et de ce fait, constitue des indicateurs fécaux de la première importance [44].

I-10-2-3-Recherche des streptocoques fécaux (37°C) :

Il s'agit de Cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aérobies et anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène, disposés en chainettes ,ils fermentent les sucres (glucose) [45].

I-10-2-4-Les Clostridium sulfito-réducteurs:

Les Clostridium sulfito-réducteur sont des germes témoins de contamination pouvant être fécale et à l'origine d'accident technologique, deux espèces sont responsables de toxoinfection alimentaire : Clostridium perfringens et Clostridium botulinum [46].

Cette recherche concerne des bactéries anaérobies strictes. Ces bactéries ne peuvent pas vivre en présence d'oxygène : pour qu'elles se développent, il faut créer des conditions d'anaérobiose. Parmi ces bactéries anaérobies le genre Clostridium, également recherché dans le domaine de l'eau, qui est constitué par des bacilles Gram positif de grande taille, isolés ou en chainette, ces bactéries sont mobiles, capable de se sporuler, catalase (-), anaérobies strictes, mésophile, sacharolytique, protéolytique et fréquemment gazogène.

I-11-Eau potable :

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. [11]

I.12- Chaîne de traitement

La station effectuée les procédés du traitement suivants :

- ✓ La pré-chloration.
- ✓ Coagulation – Flocculation
- ✓ Décantation.
- ✓ Filtration sur sable.
- ✓ Désinfection (Post-chloration).

Chacune de ces étapes comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau.

Selon la qualité de l'eau brute, le traitement de potabilisation est plus ou moins complexe. On distingue, en général, deux étapes de traitement : la clarification et la désinfection ; auxquelles s'ajoutent parfois une étape complémentaire lorsque la qualité de l'eau brute L'impose.

- La clarification repose sur des:
 - Procédés physiques : élimination des Matières En Suspension (MES) par filtration (par Sable ou charbon actif), tamisage, décantation et flottation.
 - Procédés physico-chimiques : lorsque l'élimination des MES nécessite une coagulation des matériaux en suspension dans l'eau, celle-ci s'opère par ajout d'un réactif chimique.
- La désinfection repose sur des :
 - Procédés chimiques : il s'agit d'ajouter des produits tels que le chlore, ou des oxydants puissants, tels que le peroxyde (eau oxygénée) ou l'ozone. Ces oxydants permettent également l'élimination du fer et du manganèse, et ont une action organoleptique (suppression de l'odeur « de terre » par exemple).
 - Outre ces procédés, il existe des traitements neutralisants et acidifiants, employés pour réguler la « dureté » de l'eau et son pH et ce, afin entre autres de protéger les canalisations de la corrosion ou de l'entartrage.

I-12-1- le prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements

ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface Dans le cas d'une eau potable [43].

Les prétraitements sont principalement de deux types :

a) Le dégrillage :

Le dégrillage, premier poste de traitement, permet de protéger les ouvrages aval de l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de traitement. Ceci permet également de séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution. Le dégrillage est avant tout destiné à l'élimination de gros objets : morceaux de bois, matières grossière, etc.

b) Le Tamisage :

Le tamisage, quant à lui, permet d'éliminer des objets plus fins que ceux éliminés par le dégrillage. Il s'agit de feuilles ou de morceaux de plastique par exemple.

I.12.2.2 La pré-oxydation

a) Aération :

Une cascade d'aération a été aménagée en aval de l'arrivée de l'eau brute l'aération de l'eau brute a pour objectifs :

-assurer l'oxygénation de l'eau brute pour permettre une saturation en O₂ dissous nécessaire a l'oxydation de certains éléments minéraux et organiques.

-éliminer l'excès de CO₂ dissous contenu dans l'eau : opération de stripage qui permet de saturer l'eau en oxygène dissous.

-Permettre aux bactéries nitrifiantes de proliférer (bactéries aérobies).

b) La pré-oxydation au chlore

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matières organiques, ou encore de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape de pré-chloration (cette étape s'effectue dans la cascade d'aération).

La pré-chloration permet non seulement d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape suivante (clarification) et déstructurer les particules colloïdales et améliorer les performances de coagulation /floculation et de ce fait le fonctionnement de la décantation, mais aussi l'oxydation des matières organiques et notamment celles responsables des goûts et odeurs (micro-algues) et l'oxydation du fer et du manganèse [02].

La station utilise comme un oxydant le chlore gazeux ou Hypochlorite de sodium. La dose optimale de l'injection des réactifs dépend de la demande en chlore mesurer au laboratoire [02].

I-12-2-3- Clarification

La clarification consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspension organique et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elle se décantent au fond du bassin de décantation ou elles sont régulièrement extraites. Par contre, l'eau surnageant est filtrée sur sable [47].

✓ Coagulation-floculation

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux. Il réside dans la formation, par l'addition de coagulant, de trames floconneuses appelées "Floccs". Les concentrations en sulfate d'alumine

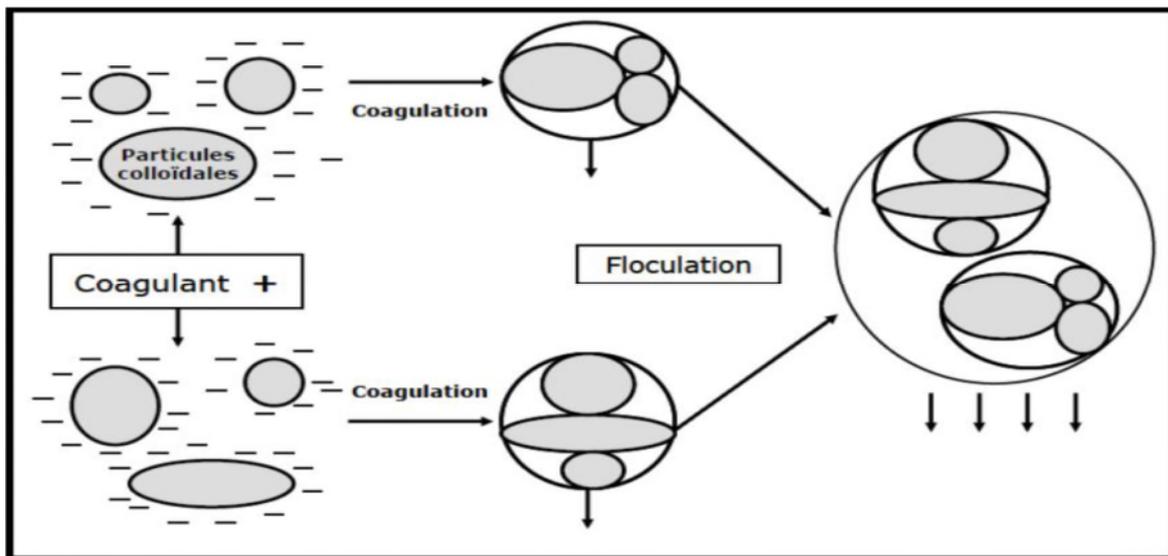


Figure 1 : Schéma illustrant le procédé de coagulation-floculation.

- **Coagulation**

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables.

Les MES et les particules en suspension (colloïdales) se repoussent naturellement les unes aux autres de part leur charge superficielle. Dans l'objectif de les rapprocher à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant (sulfate d'alumine) avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en floccs facile à décanter ou filtrables. L'injection du sulfate d'alumine a aussi une influence sur le pH de l'eau (fait diminuer le pH)

- **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.

L'agglomération des particules colloïdales neutralisées appelée la floculation. Les micros floes s'agrègent ensuite en flocons plus volumineux et décantables. Cette floculation est améliorée par l'ajout d'un réactif (adjuvant de floculation).

La floculation complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floe et une meilleure vitesse de sédimentation. Le temps nécessaire pour la coagulation-floculation est de 20 à 30 minutes.

L'étude des étapes de coagulation-floculation et les concentrations de sulfate d'alumine et polymère sont déterminées au laboratoire à l'aide d'une installation appelée Jar-test, permettant la sélection du meilleur jeu de conditions opératoires en vue de l'étape de décantation, la vitesse d'agitation, le temps d'agitation sont autant de paramètres à optimiser. L'utilisation de plans d'expérience dans ce test pratique en constitue une de ses originalités [02].

I-12-2-4-La Décantation

La décantation a pour but d'éliminer les floes issus de la coagulation et floculation, elle se fait grâce au bassin de décantation.

Les floes obtenus en phase de coagulation / floculation vont naturellement décanter du fait de leur poids plus important. La vitesse de décantation varie en fonction de la taille des floes ainsi que du type de décanteur prévu (statique ou dynamique).

Les décanteurs sont des ouvrages spécialement conçus pour permettre aux floes d'être récupérés et concentrés afin d'être ultérieurement évacués.

Sur la station des décanteurs de type PULSATUBE ont été mis en place et permettent une vitesse de passage de 4 à 6 m/h. Ces décanteurs sont à lit de boue pulsée et permettent des rendements 2 à 3 fois supérieurs que pour un décanteur statique [02].

I-12-2-5-La Filtration

La filtration est la barrière ultime et obligatoire de la filière de traitement des eaux dans la majeure partie des cas. Elle vise à réaliser ou à compléter, à travers un lit filtrant, la réduction des particules en suspension, des coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité.

I-12-2-6- Post-chloration (désinfection finale)

En raison de la présence occasionnelle de germes (Entérocoques, Escherichia Colis) l'injection d'hypochlorite de sodium existante sera conservée pour assurer ainsi une désinfection de l'eau distribuée dans le réseau.

L'injection de chlore au niveau du réservoir d'eau traitée est nécessaire pour s'assurer de l'absence totale d'élément pathogène.

La quantité de chlore à injecter est obtenue au laboratoire à partir d'un «test de demande en chlore» qui consiste à injecter progressivement du chlore dans l'eau et de mesurer le chlore résiduel (chlore non consommé) donc actif.

Le chlore résiduel assure une protection contre des contaminations extérieures et doit être supérieur à 0,3 ppm au niveau du réservoir de stockage [02].

I-12-2-7- Stockage de l'eau potable (réservoir)

Le stockage de l'eau traitée se fait à la station de traitement Tichy Haf équipée de deux réservoirs (A et B) dont la capacité est de 10000m³ pour chacun. L'injection de chlore dans les réservoirs est nécessaire pour s'assurer de l'absence totale de l'élément pathogène.

Ainsi le chlore résiduel assure une protection contre des contaminations extérieures et pour éviter la création des zones mortes dans le réservoir.

La dose optimale en chlore résiduel à la sortie du réservoir doit être comprise entre 0,2 et 1,0mg/l [02].

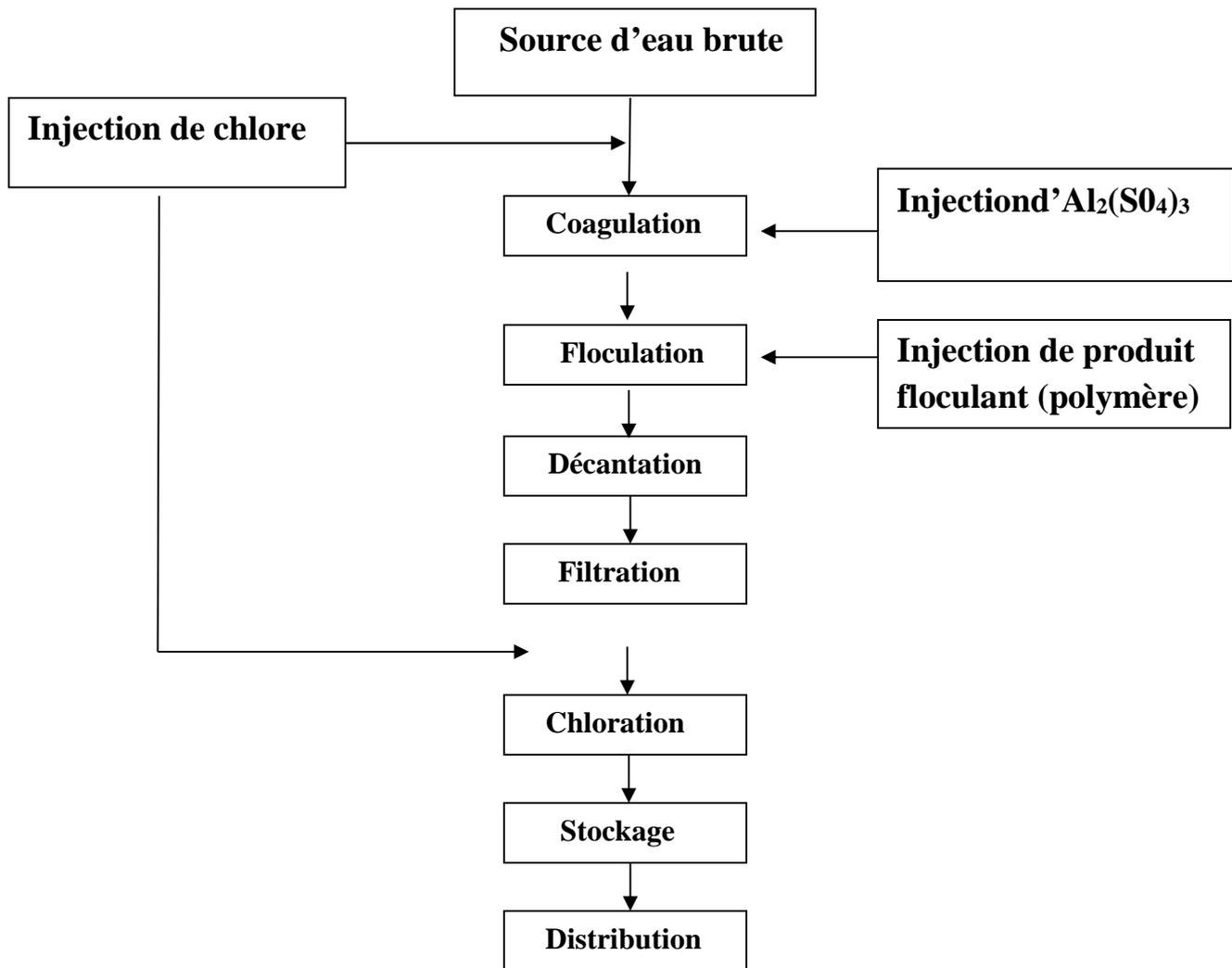


Figure 2: Les procédés de traitement des eaux du barrage de Tichy –Haf au niveau de la station de traitement

Chapitre II :

Méthodes et protocoles

Expérimentaux

II.1. Sources d'eau utilisée pour la production de l'eau potable à la station de distribution de Tichy-haf :

L'eau brute utilisée au niveau de la station de traitement des eaux Tichy-haf, Akbou est : une eau obtenue à partir du barrage même arrivée sur une conduite de 14 km.

II-2-Présentation du barrage Tichy-Haf

Tichy -Haf est un barrage hydraulique en béton (poids-voûte) d'une hauteur de 90 m par rapport au lit de l'Oued de Boussellam. Il est situé dans le village de mahfouda, commune de bouhamza dans la wilaya de Bejaia. L'eau du barrage, avec un pH 8.75, oxygène dissous 16.5 %, température de l'eau 22.8 °C, est destinée à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation. L'apparence de cette zone est en partie semblable à celle des lacs. L'eau est plus ou moins stagnante et boueuse sur les berges [41].

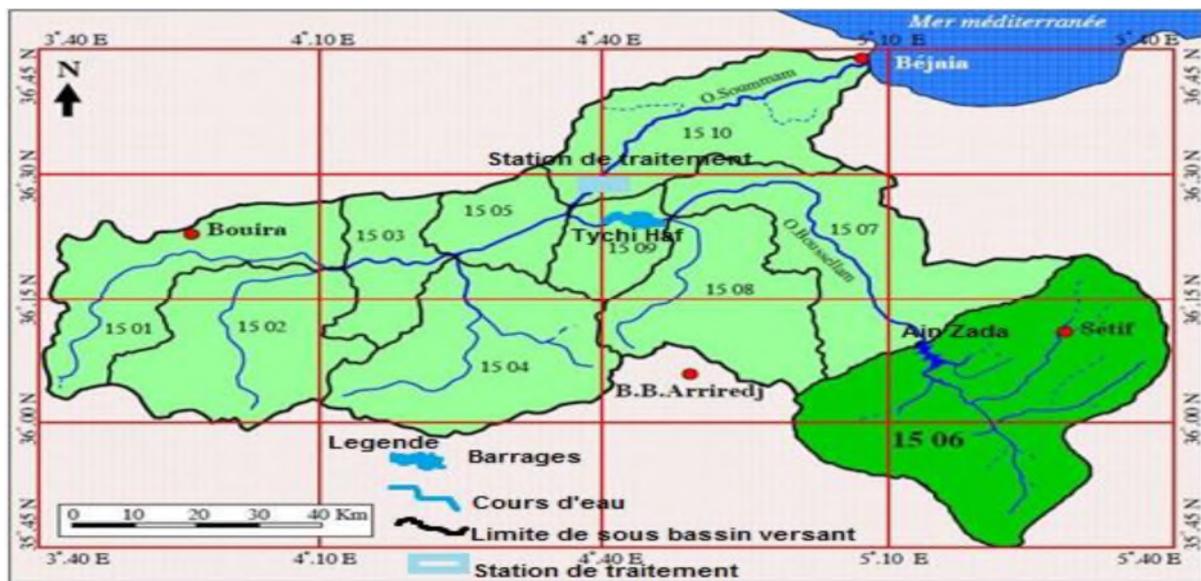


Figure II-1 : localisation de la région d'étude, du barrage et de la station de traitement des eaux.

Le barrage a créé une réserve d'eau sur le bas de l'oued Boussellam qui vise l'allègement des contraintes hydriques sur la vallée du sahel et de la basse Soummam (Figure II.2). Le barrage représente l'une des sources les plus importantes pour l'alimentation en eau potable et industrielle du couloir Akbou-Bejaïa [42].



Figure-II-2: vue globale du barrage de Tichy-Haf (photos personnelles, 2023).

II-3-Présentation de la station de traitement de l'eau du barrage Tichy-Haf

Les eaux captées de leurs milieux naturels sont généralement soumises à acheminement vers la station de traitement, avant leur distribution. L'eau arrivé depuis le barrage à travers une canalisation de 14 Km sachant que le niveau du barrage est supérieur à celui de la station, dans lesquelles l'eau s'écoule naturellement par gravité, elles vont subir une série transformation (les analyses : physico-chimique, hydro biologique et bactériologique), visant à les rendre propre à la consommation humaine [43].

L'alimentation en eau potable, du couloir Akbou-Bejaia est assurée à partir du barrage Tichy Haf. La station de traitement Tichy-Haf est située à Ichoukar, commune Ait Rzine, Akbou, wilaya de Bejaia gérée par l'Algérienne des eaux (ADE). Elle est destinée à alimenter environ 9 communes: Tamoukra, Akbou, Amalou, ouezellaguen, Timezrit, Sidi Aich, El Keur, Oued Ghir et Bejaia.



Figure II-3: Vue de la station de traitement d'eau potable Tichy-Haf (photo personnelle, 2023).

II-4-Les procédés de traitement de la station Tichy-Haf (ADE)

Les eaux de surface contiennent généralement des particules solides en suspension et nécessitent donc de multiples opérations de traitement et de purification [43].

La station de traitement de Tichy-Haf est composée d'un ouvrage d'entrée (chambre de comptage), d'une cascade d'aération, de bassin d'injection de produits chimiques, de bassin de coagulation-floculation, de 2 décanteurs (A et B), de filtres, d'une bache à eau, de 2 réservoirs (A et B), d'appareils de mesure en ligne à l'entrée et à la sortie [43].

II-4-1-Ouvrage d'entrée de l'eau brute

Dans une première étape, une analyse journalière et totale de l'eau brute est réalisée au travers du robinet à l'entrée de la station. La structure d'entrée se compose d'une vanne de vitesse reliée à un débitmètre électromagnétique et d'une vanne de régulation qui permet de régler le débit d'entrée. L'ouvrage s'ajuste à un débit moyen d'environ 4018m^3 [44].



Figure II-4: L'ouvrage d'entrée : point de prélèvement de l'eau brute (photo personnelle, 2023).

II-4-2-Cascade d'aération

Une cascade d'aération a été installée en aval de l'arrivée d'eau brute. Il se compose de trois marches de 20 cm. Cette étape joue un rôle important dans ce processus de traitement de l'eau. Il assure l'oxydation de l'eau brute et permet la saturation en O₂ dissous, nécessaire pour oxyder certains minéraux et éléments organiques. Il élimine l'excès de dioxyde de carbone (CO₂) dissous dans l'eau (élimine les substances dissoutes indésirables). Au niveau de la cascade, l'eau brute est pré-désinfectée par injection d'hypochlorite de sodium pour éviter la multiplication des microorganismes pathogènes (bactéries aérobies), l'oxydation des matières organiques, notamment celles responsables du goût et du goût. Odeur (micro-algues), oxydation du fer et du manganèse. La collecte d'échantillons pour l'analyse physico-chimique est effectuée dans la dernière étape de la cascade [44].



Figure II-5: Cascades d'aération, point de prélèvement d'eau (photo personnelle, 2023).

II-4-3-Chambre d'injection des produits chimiques

Les produits chimiques tels que sulfate d'alumine et le permanganate de potassium sont ajoutés au niveau de la chambre d'injection avant le bassin de coagulation, ce qui permet une bonne oxydation de la matière organique, manganèse et fer.

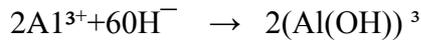
II-4-4-Bassin de coagulation-floculation

➤ Coagulation:

Les matières en suspension et les particules (colloïdes) se repoussent naturellement en raison de leur charge de surface.

Dans l'objectif de les rapprocher les uns aux autres, on ajoute un coagulant minéral le sulfate d'alumine (AL₂(SO₄)₃, 18H₂O). Il est mélangé avec un agitateur à axe vertical. La vitesse de rotation est élevée dans le but de bien mélanger le réactif et obtenir une répartition homogène de la solution avant la formation d'hydroxydes d'aluminium.

Le coagulant chargé positive qui neutralise les charges de surface des colloïdes qui sont chargées négativement pour former des floccs. La réaction mise en jeu dans cette étape est :



►Floculation:

L'agglomération des particules colloïdales est appelée la floculation. C'est dans ce bassin qu'on injecte le flocculant qui est un polymère anionique qui favorise la collision des floccs. Les concentrations en sulfate d'alumine et polymère sont déterminées en laboratoire par un jar-test à fin d'obtenir le meilleur rendement (amélioration de la turbidité [44 -45])

II-4-5-Les décanteurs

Après la floculation, l'eau est répartie dans deux décanteurs (A et B) lamellaires de types pulsa-tube à lis de boues d'une capacité de 2700 m³ chacun. Les floccs obtenus en phase de coagulation et floculation vont naturellement décanter du fait de leur poids important. La vitesse de décantation varie en fonction de la taille des floccs en formant un lit de boue au fond des décanteurs.



(A)

(B)

Figure II-6: Les décanteurs A et B: points de prélèvement (photo personnelle, 2023).

II-4-6-La filtration

Le but de cette opération est de supprimer les particules très fines qui ont échappé à la décantation. Elle consiste à faire passer l'eau à travers un milieu poreux. Cette méthode de filtration est utilisée lorsque la quantité de matières à retenir devient importante et lorsque la dimension des particules est faible. La filtration est le processus de séparation des solides et des liquides. La méthode consiste à faire passer l'eau chargée de matière solide sur une colonne remplie d'un matériau inerte. Il y a (07) tube de filtres de (A à G) et chaque filtre

comprend trois couches de substances inertes placées séquentiellement de haut en bas qui sont : l'antracite, le sable, le gravier. Ce dernier est posé sur une couche de béton. Et ces tubes fonctionnent en alternance dans le cas du nettoyage du tube usagé [44-45].



Figure II-7: Les filtres de A à G (photo personnelle, 2023).

II-4-7-La bâche à eau

Le rôle principal de cette étape est d'éliminer les bactéries et les organismes pathogènes. Une deuxième injection d'hypochlorite de sodium (Na^{2+}) et assurer la désinfection de l'eau. La quantité de chlore à injecter est obtenue en laboratoire à partir d'un « test de demande en chlore » qui consiste à injecter progressivement du chlore dans l'eau et de mesurer le chlore résiduel (chlore non consommé).



Figure II-8: La bâche à eau point de prélèvement de l'eau filtrée (photo personnelle, 2023).

II-4-8-Les réservoirs

La station est équipée de deux réservoirs (A et B) dont la capacité est de 10000 m³ chacun. L'injection de chlore au niveau des réservoirs d'eau traitée est nécessaire pour s'assurer de

l'absence totale d'éléments pathogènes. Cette eau est acheminée vers les distributeurs. Ainsi, le chlore résiduel assure une protection contre des contaminations extérieures. La teneur en chlore résiduel à la sortie du réservoir être comprise entre 0,2 et 1,0 mg/l.



Figure II-9 : Les réservoirs A et B (photo personnelle, 2023).

II-4-9-Bâtiment des réactifs

C'est dans ce bâtiment que s'effectuent la préparation, le dosage et le stockage des réactifs nécessaires au processus de traitement tel que :

- Hypochlorite de sodium (NaClO)
- Sulfates d'Alumine ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$)
- Polymères



Figure II-10: Le bâtiment des réactifs (Photo personnelle 2023).

II-4-10-Bâtiment de contrôle (supervision)

Le bâtiment participe à la maîtrise du processus de traitement depuis l'arrivée de l'eau brute dans la salle de mesure jusqu'à l'évacuation de l'eau traité. Il contrôle l'ouvrage d'entrée (le débit de l'eau brute), la cascade d'aération (le dosage de l'Hypochlorite de sodium), le bassin de coagulation-floculation (le dosage de coagulant et de floculant), les décanteurs (l'extraction

des boues ou pas par rapport au temps et au niveau), les filtres (A à G), les réservoirs (le débit de sortie) [43-44].



Figure II-11: Le bâtiment de contrôle des procédures de traitements (photo personnelle, 2023).

II-5- Echantillonnage

Avant de procéder au prélèvement des échantillons, il est essentiel de prendre en compte la méthode d'échantillonnage à utiliser afin de garantir la pertinence et la fiabilité des résultats d'analyse, tout en évitant toute altération des résultats. Une planification minutieuse du temps et de l'espace contribue à assurer la représentativité des prélèvements. Pour les analyses physico-chimiques, des flacons en plastique sont utilisés pour le prélèvement des échantillons, tandis que des flacons en verre stérilisés sont utilisés pour les analyses bactériologiques. Notre échantillonnage a été réalisé quotidiennement sur une période s'étendant du 19 mars au 21 avril.

II-6- Prélèvement

Le prélèvement est une opération délicate réalisée dans des conditions précises ; En effet, si ces dernières ne sont pas respectées, les résultats pourraient être erronés. L'échantillon doit être homogène, représentatif, et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimique de l'eau (gaz dissous, matière en suspension, etc.).

Pour les analyses physico-chimiques, les prélèvements sont réalisés de la manière suivante :

Nous avons 6 points de prélèvements d'eau :

. (i) eau brute à l'entrée de la station de traitement, (ii) eau de la cascade, (iii) eau filtré, (iv) l'eau traité à la sortie de la station: le prélèvement est effectué a partir d'un robinet de la manière suivante :

-Ouvrir le robinet de prise de l'échantillon.

-Faire couler l'eau pendant 3 à 5 minutes afin de purger les canalisations ;

-Rincer deux ou trois fois le flacon de prélèvement avec de l'eau à analyser ;

-Eviter de remplir complètement le flacon, puis reboucher;

-Prendre le plus vite possible le prélèvement au laboratoire ;

.Pour le décanteur A et B: Nous prélevons les échantillons à partir des décanteurs A (v) et B (vi), en remplissant un flacon en plastique préalablement rincé 2 à 3 fois.

Les analyses bactériologiques sont réalisées uniquement pour les eaux brutes (EB) et les eaux traitées (ET), les échantillons sont prélevés à l'aide de flacons en verre stérilisés de 250 ml selon les étapes suivantes :

-Laver et désinfecter les mains

-Ouvrir le robinet de prise d'échantillon.

-Faire couler l'eau pendant 3 à 5 minutes afin de débarrasser l'eau stagnante dans la conduite.

-Prendre le flacon stérile et dévisser le bouchon d'une main en prenant soin de ne Pas toucher l'intérieur avec les doigts.

-Remplir avec l'autre main le flacon jusqu'à environ 1cm du goulot.

-Remettre le bouchon et prendre le flacon au laboratoire.

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Tichy-Haf dans le but de contrôler la qualité de l'eau aux divers stades de procès qui permet:

-De vérifier les caractéristiques de l'eau à chaque étape de traitement.

-D'obtenir le meilleur rendement de chaque procédé de traitement.

II-7-Méthodes d'analyse effectuées au laboratoire de la station de traitement de Tichy-Haf.

Lors de la construction de la station de Tichy-Haf, un laboratoire à été prévu et fait partie intégrante de l'installation. Il a été doté d'équipements nécessaires pour vérifier la qualité de l'eau.

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons à l'analyse de deux aspects de l'eau : l'eau brute et l'eau traitée. On a réalisé deux types d'analyse :

II-7-1- Les analyses quotidiennes

L'objectif de cette analyse est de suivre deux fois par jour, à 8 h et l'autre à 14 h, la variabilité des paramètres physiques tel que : pH, température, turbidité, conductivités, chlore résiduel; ainsi que des paramètres microbiologiques pour l'eau traité tel que (les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux, les Clostridium -sulfito-réductrice).

II-7-2- Les analyses hebdomadaires

Chaque semaine, une analyse complète est réalisée sur les eaux brute et traitée. Les paramètres examinés comprennent la salinité (%), la dureté totale, le magnésium, l'alcalinité (TA-TAC), les bicarbonates, les chlorures, l'ammonium, les nitrites et nitrates, les sulfates, le fer total, la matière oxydable, le résidu sec, l'aluminium, le manganèse, ainsi que tous les paramètres physiques tels que la température, le pH, etc.

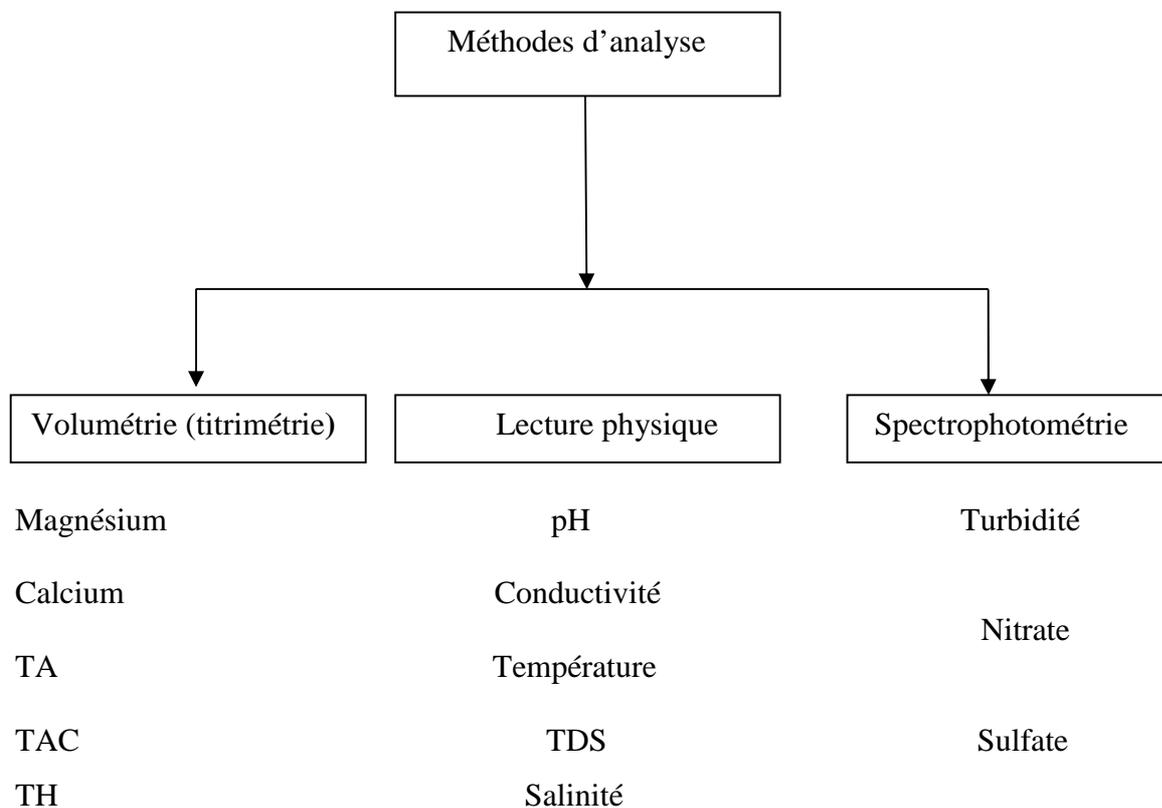


Figure II-12 : Schéma des méthodes d'analyses physico-chimiques effectuées au laboratoire de la station de traitement de Tichy- Haf.

II-8-Les paramètres organoleptiques

II-8-1-1-La couleur

❖ Le but

L'objectif est l'élimination des matières en suspension dissoutes dans l'eau, pour avoir une eau propre avec une couleur vraie due aux seules substances en solution dans l'eau.

❖ principe

On prend un échantillon d'eau brute et d'eau traité et on passe à la mesure directe avec un spectrophotomètre (fig.17).

II-8-2- L'odeur et la saveur

❖ Principe

❖ L'odeur et la saveur ont été mises en évidence par un simple examen sensoriel lors du prélèvement, et une comparaison à un disque de référence.

II-9-Les paramètres physico-chimiques

II-9-1-La turbidité

❖ Principe

La turbidité résulte de matières en suspension tel que (limon, argile, silice..) qui peut être présentes dans l'échantillon d'eau et qui absorbe la lumière. La comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et à une gamme étalon constitué de formazine. Les caractéristiques de ces particules (la taille, la forme et les propriétés de réfraction) ont une influence sur le degré de turbidité (fig. 13).

❖ Appareillage

- ✓ La turbidité est mesurée par un turbidimètre (HACH TL 2300N).
- ✓ La cuvette en verre incolore de 50 mm de diamètre.
- ✓ Matériels courants au laboratoire (Bêcher..).

❖ Mode opératoire

- Remplir la cuvette avec l'échantillon jusqu'au trait (environ 25ml) ;
- Allumer l'appareil en appuyant sur « ENTRER », et attendre que l'affichage soit stable ;
- Placer la cuvette préparée dans son emplacement et fermer le couvercle ;
- Noter la valeur maximale affichée.



Figure II-13: Turbidimètre HACH TL 2300N (photo personnelle, 2023).

II-9-2- La conductivité électrique (CE)

❖ Principe

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparée l'une de l'autre d'un cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique ; l'unité de mesure est le micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). [26]

❖ Appareillage

- ✓ La conductivité est mesurée par un conductimètre HACH, HQ140.
- ✓ Flacon en plastique remplis d'eau à échantillonner.



Figure II-14: Un conductimètre HQ 14d (photo personnelle, 2023).

❖ Mode opératoire

- Brancher puis allumer l'appareil, rincer la cellule avec de l'eau distillée et avec l'échantillon puis l'essuyer avec le papier absorbant ;

- Plonger d'abord la cellule dans la solution de K Cl pour l'étalonnage de la cellule et de l'appareil.
- Puis rincer à nouveau la cellule avec l'eau distillée et essuyer avec le papier absorbant avant de l'introduire dans l'échantillon. Mesurer la conductivité ;
- Lire la valeur stabilisée sur l'écran d'affichage, puis noter la valeur.

II-9-3-La température

❖ Principe

Pour mesurer la température (T) dans un laboratoire, on utilise directement un thermomètre incorporé dans un flacon d'eau à analyser jusqu'à la stabilisation de la valeur, pour faire la lecture, exprimé par degré Celsius(C°), à condition d'étalonnage de l'appareil avant chaque manipulation.

❖ Appareillage

- ✓ La température est mesurée par un thermomètre AD1000.
- ✓ Un flacon en plastique remplis d'eau à échantillonner.

II-9-4-Le potentiel hydrique (pH)

❖ Principe

Le pH est définis par la concentration des ions hydrogènes [H'] dans l'eau exprimée par la différence de potentiel entre deux électrodes, l'un en verre et l'autre de référence, par l'affichage d'une valeur sur un pH-mètre (fig. 14) en prolongeant préalablement sa sonde dans l'échantillon, à condition qu'il soit étalonner par une solution tampon a Ph=4, puis pH=7

❖ Appareillage

- ✓ Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre.
- ✓ Un flacon en plastique remplis d'eau à échantillonner.



Figure II-15 : pH mètre AD1000 (photo personnelle, 2023).

II-9-5-Détermination des matières en suspension (MES)

Les MES représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdales, donc Filtrable. Elles sont organiques et/ou minérales et permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau.

❖ Principe :

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé après séchage à 105°C par

Pesés différentielles jusqu'à masse constante.

❖ Matériels :

- Papier filtre
- Dessiccateur
- Fiole de 100ml.
- Etuve
- Balance de précision 0,1mg

❖ Mode opératoire :

- Mettre le papier filtre dans l'étuve pendant quelques minutes à 105°C.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance à $\pm 0,1$ mg jusqu'à obtention d'un poids stable(PV).
- Prendre une fiole de 100ml, laver avec l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau jusqu'à filtration complète.

- Récupérer le filtre plus les MES et le mettre à l'étuve à 105°C pendant 2h.
- Mettre le filtre plus les MES dans le dessiccateur pendant quelques minutes jusqu'à Refroidissement.
- Peser le filtre plus les MES sec (Pp).

II-9-6-Détermination de la dureté totale (TH)

❖ Mode opératoire

- Prélever 25 ml d'eau a analysé ;
- Ajouter 0.4 du tampon ammoniacal ;
- Ajouter un indicateur de coloration NET ;
- Titrer avec l'E.D.T.A jusqu'à l'apparition d'une couleur bleu ;
- Lire la chute de la burette.

❖ Mesure et calcul du résultat

- Le résultat est exprimé en mg/L CaCO₃, donné par l'équation suivant :

$$TH = \frac{V1 \times NEDTA \times F \times MCAC03 \times 1000}{PE} = \frac{V1 \times 0,02 \times F \times 100 \times 1000}{50}$$

II-9-7-Détermination de l'alcalinité (TA) et (TAC).

❖ Mode opératoire

II-9-7-1-Détermination du (TA)

- Prélever 25 ml d'eau a analysé ;
- Ajouter 1 goutte de solution de phénolphtaléine (indicateur) ;
- Si aucune coloration n'apparait et le pH est inférieur a 8 donc TA=0 dans ce cas on Détermine seulement du (TAC).

II-9-7-2-Détermination du (TAC)

- Prélever 25 ml d'eau a analysé ;
- Ajouter 1 goutte de méthyle orange (indicateur) ;
- Titrage avec HCL jusqu'à coloration jaune orangé ;
- Note le volume titré et faire le calcul.

❖ Mesure et calcul du résultat

$$HCO_3^- = \frac{Va \times Na \times MHC03 - \times 1000}{PE} = \frac{Va \times 0,01 \times 61 \times 1000}{25}$$

II-9-8-La salinité

❖ Principe

C'est la teneur en sels dissous (cation et anions) dans l'eau. Nous distinguons parmi ces composés ioniques (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl , SO_4^{2-} , HCO_3^- , etc.) qui sont responsables de la salinité de l'eau. Elle peut être définie aussi : c'est la masse des composés ioniques dissous dans 1 litre d'eau.

II-9-9- Le totales de solides dissous (TDS)

❖ Principe

Le TDS est en relation avec la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau telle que les cations, les anions et toutes les autres espèces non dissociées présentes dans un litre de solution, ils sont mesurés à l'aide d'un conductimètre électrique (fig. 14) qui permet de mesurer également la conductivité électrique et la salinité. Ils sont exprimés en mg/l d'eau.

❖ Appareillage

- ✓ La salinité et le TDS sont mesurés par un conductimètre HQ140.
- ✓ Un flacon en plastique remplis d'eau à échantillonne.

II-9-10-Résidu Sec

❖ Principe

La détermination des résidus permet d'estimer les matières dissoute et en suspension, c'est le cas d'eau non filtré dans un échantillon d'eau évaporée, Si l'eau est, au préalable filtrée, le résidu correspond alors aux matières dissoutes. Cette évaporation se fera à partir d'une capsule tarée, le résidu desséché (dans l'étuve à température de 108 C°) et ensuite pesé (fig. 15).

❖ Appareillage

- ✓ La capsule en porcelaine.
- ✓ Balance analytique.
- ✓ Etuve réglable.



Figure II-16 : Le matériel utilisé selon l'ordre balance (a), Etuve (b) (photos personnelle, 2023).

❖ Mode opératoire

- Tarer une capsule en porcelaine préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et séchée à 105°C pendant 24h (PV).
- Prélever 100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule en porcelaine.
- Porter celle-ci à ébullition jusqu'à évaporation à sels humides sur une plaque chauffante
- Ensuite, poursuivre l'évaporation totale de l'eau et à sec, dans l'étuve à 105°C jusqu'à Poids constant.
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

II-10- les paramètres chimiques**II-10-1-Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)**

C'est l'un des paramètres de pollution, en présence de nitroprussiate de sodium l'ammonium forme un composé bleu, par réaction de avec ions salicylate et hypochlorite. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium (fig.22).

❖ Matériels

- ✓ Spectrophotomètre UV-Visible.
- ✓ Matériel courant de laboratoire: verrerie (fioles, pipettes).



Figure II-17: Spectrophotomètre UV-Visible HACH DR 6000 (photo personnelle, 2023).

❖ Mode opératoire

- Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :
- 4 ml du réactif coloré homogénéisé ;
- 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.
- Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur.

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+

Effectuer la lecture à 655 nm.

II-10-2-Détermination du calcium Ca^{2+} et du magnésium Mg^{2+} **❖ Principe**

Titration des ions calcium et magnésium avec une solution de sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH10. En présence des ions calcium et magnésium indicateur qui est le noir eriochrome, donne une couleur rouge foncé ou violette. Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

❖ Matériels

- ✓ Une fiole conique
- ✓ Une pincée de murexide
- ✓ La volumétrie (titrage)

❖ Mode opératoire

(V1) Ca^{2+}

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de Na OH à 2 N ;
- Ajouter du Murexide ;
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).

(V2) $\text{Ca}^{2+}\text{Mg}^{2+}$

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de NH_4^+OH (10,1) ;
- Ajouter noir eriochrome ;
- Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

II-10-3-Dosage de l'aluminium (Al^{3+})**❖ Principe**

La réaction de l'aluminium avec l'eriochrome cyanine à un pH de (2.3 au 3), en présence d'acétate d'ammonium qui donne une coloration rouge-orange (fig. 16).

❖ Matériels

- ✓ Les fioles, béchers, pipette
- ✓ Spectrophotomètre

II-10-4-Détermination de sodium et potassium (Na^+) et (K^+)

❖ Principe

Le dosage de sodium et potassium s'effectue à l'aide d'un photomètre à flamme, ce dernier caractérisé par sa rapidité et facilité d'utilisation et nécessite un étalonnage avant chaque utilisation. Lorsque le cation, préalablement nébulisé, arrive dans la flamme, il est alors excité. Il se désexcite alors en émettant des photons, c'est-à-dire une émission lumineuse. Cette intensité émise est proportionnelle à la concentration du composé. La mise au point d'un dosage par émission de flamme exige un étalonnage de l'appareil (fig.17).

❖ Matériels

- ✓ Béchers, Pipette.
- ✓ Le photomètre à flamme.



Figure II-18: Photomètre a flamme (PPP me) (photo personnelle, 2023).

II-10-5- Dosages des sulfates (SO_4^{2-})

❖ Principe

Il est considéré comme un indicateur de pollution, ses ions sont précipiter en présence de chlorure de baryum dans un milieu acide, que conduit quantitativement à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble. La quantité de turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate, cette réaction donné par (fig. 16).



❖ Matériels

- ✓ Matériels courant au laboratoire (Fioles, béchers, pipette);
- ✓ Spectrophotomètre

❖ Mode opératoire

- Prélever 20ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum
- Agiter énergiquement pendant 1mn
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420\text{nm}$.

II-10-5-Dosage des chlorures (Cl^-)

❖ Principe

La détermination des chlorures se fait par la méthode de « Mohr » par titrage, elles ont été dosés dans un milieu neutre ou le pH doit être entre 5 et 9.5 par une solution de nitrate d'argent, en présence de chromate de potassium, qui associé d'apparition d'une couleur rouge brique.

❖ Matériels

- ✓ La volumétrie (titrage)
- ✓ Matériel courant de laboratoire verrerie (fioles, pipettes)

❖ Mode opératoire

- Prendre 5 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 gouttes de K_2CrO_4 (coloration jaunâtre) ;
- Titrer avec AgNO_3 à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre

II-10-6- Dosage des nitrates (NO_3^-)

❖ Principe

C'est un paramètre de pollution, minéraux nutritif soluble dans l'eau. Dans un milieu acide, le dosage spectrophotomètre des nitrates, donne le paranitro -salicylate de, réaction avec salicylate de sodium, associé d'une couleur jaune exprimé en mg/l d'eau (fig.16).

❖ Matériels

- ✓ Un spectrophotomètre
- ✓ Matériels courant au laboratoire (fioles ; pipette : étuve; béchers).

❖ Mode opératoire

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes de Na OH à 30 % ;
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium ;
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir ;
- Reprendre le résidu avec 2 ml H₂SO₄ laisser reposer 10 mn ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415nm.

II-10-7- Dosage de nitrite (NO₂⁻)

C'est un paramètre de pollution, due à l'oxydation bactérienne nitrites, par ce qu'elle représente un stade intermédiaire entre l'ammonium et nitrate.

❖ Principe

La réaction de nitrite avec l'acide sulfanilamique forme un sel de diazoiium, réagisse avec un autre acide chromo tropique et donne une coloration rose qui varié selon la concentration de nitrite dans l'échantillon (fig.16).

❖ Matériels

- ✓ Spectrophotomètre.
- ✓ Matériels courant au laboratoire (fioles, pipette, ..).

❖ Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 1 ml du réactif mixte ;
- Attendre 10mn.

II-10-8-Bicarbonate (HCO₃⁻)

❖ Principe

Calculer à partir de dosage de titre alcalimétrique (TAC) par la loi :

$$\text{HCO}_3 = [\text{TAC}] \times 1,22$$

II-11-Les éléments indésirables

II-11-1-Le dosage de fer

❖ Principe

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm. Le complexe fer

(II-phénantroline -1.10 est stable dans l'intervalle de pH de 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer (fig.16).

❖ Matériels

- ✓ Matériel courant au laboratoire.
- ✓ Spectrophotomètre.
- ✓ Agitateur (ébullition).



Figure II-19 : Un agitateur numérique (photo personnelle, 2023).

❖ Mode opératoire

- Prélever 25ml de l'eau à analyser dans une fiole de 100 ml ;
- Ajouter 0.5 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Ajouter 1ml de tampon d'acétate ;
- Ajouter 1 ml de phénantroline ;
- Incubation pendant 15 min à l'abri de la lumière puis faire la lecture avec le Spectrophotomètre, les résultats sont affichés directement en mg/L.

II-11-2-Dosage de manganèse (Mn^{2+})

❖ Principe

C'est une réaction des ions manganèse avec une solution étalon manganèse, pour former un complexe rose clair, mesurable à l'aide d'un spectrophotomètre (fig.16)

❖ Matériels

- ✓ Spectrophotomètre
- ✓ Matériels courant au laboratoire (béchers, pipette ...)
- ✓ Agitateur

II-12-Méthodes d'analyses bactériologiques

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale [46].

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche des germes indicateurs de pollution qui Sont:

- ✓ Les coliformes fécaux.
- ✓ Les coliformes totaux.
- ✓ Les streptocoques fécaux.
- ✓ Clostridium sulfito-réducteurs (S.R.).

❖ Appareillage

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à flamme.
- Membranes de filtration stérile.
- Pincés.
- Etuves à 37°C, à 22°C et à 44°C.
- Boîtes de Pétri.
- Bec Bunsen.
- Trompe à vide.
- Pipettes stériles à usage unique.



Figure II-20 : Rampe de filtration pour les analyses bactériologiques (Laboratoire de l'ADE).

Chapitre III :

Résultats et discussion

III. Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques

Ce chapitre comporte les résultats et les interprétations des analyses des paramètres physico-chimiques et bactériologiques réalisées au l'aboratoire d'analyse (ADE) de la station de traitement des eaux du barrage de Tichy-Haf pendant le mois du mars et avril 2023. Ces résultats sont à comparer aux normes algériennes.

III-1-Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau brute et traitée du mois de mars et avril.

Les résultats des différentes analyses de contrôle de l'eau du barrage effectuées pour différentes périodes de l'année, ont été regroupés dans les tableaux de III-1 à III-6.

Tableau III-1: récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complète de l'eau brute du mois de mars 2023.

N°	PARAMETRES	UNITE	CONTRAT		1	2	3	4	MOY	MIN	MAX
			MIN	Max	07/03/23	14/03/23	20/03/23	28/03/23			
<u>1</u>	PH	/	7	9	8,01	7,97	8	7,91	7,97	7,91	8,01
<u>2</u>	Turbidité	NTU	/	/	4,41	7,37	7,22	9,04	4,08	4,41	9,04
<u>3</u>	Conductivité	µS/cm	700	2000	1817	1902	1846	1870	1859	1817	1561
<u>4</u>	Résidu sec à 105° C	mg/L	/	/	1398	1362	1318	1366	1361	1318	1398
<u>5</u>	TDS	mg/L	/	1200	908	951	923	914	924	908	951
<u>6</u>	Température	°C	8	27	10,4	11,6	11,7	12,2	11,5	10,4	12,2
<u>7</u>	Ammonium	mg/L	0	1,5	0,27	0,29	0,29	0,2	0,26	0,2	0,29
<u>8</u>	Nitrite	mg/L	0	1,5	0,07	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07
<u>9</u>	Nitrate	mg/L	0	25	3,75	3,75	3,74	3,27	3,63	3,27	3,75
<u>10</u>	HCO3	mg/L	104	250	281	281	293	281	284	281	293
<u>11</u>	CO3	mg/L	2	25	0	0	0	0	0	0	0
<u>12</u>	TA	°F	/	/	0	0	0	0	0	0	0
<u>13</u>	TAC	mg/lCaCO ₃	/	/	230	230	240	230	233	230	240
<u>14</u>	Dureté totale (TH)	mg/lCaCO ₃	/	/	580	580	580	580	580	580	580
<u>15</u>	Calcium	mg/L	50	150	160	158	168	164	163	158	168
<u>16</u>	Magnésium	mg/L	5	126	44	44	39	41	42	39	44
<u>17</u>	Sodium	mg/L	/	/	217				161		
<u>18</u>	Potassium	mg/L	/	/	8,4				6,7		
<u>19</u>	Chlorure	mg/L	5	310	280	273	266	273	273	266	280
<u>20</u>	Sulfate	mg/L	80	300	498	469	498	516	495	469	516
<u>21</u>	Ortho phosphate	mg/L P	0	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0	0
<u>22</u>	Fer (total)	mg/L	0	5	0,14	0,08	0,18	0,18	0,15	0,08	0,18
<u>23</u>	Manganèse (total)	mg/L	0	1		0,11	/		<0,05	0,11	0,22
<u>24</u>	Oxydabilité KMnO ₄	mg/L	0	10	3,68	2,85	2,76	2,88	3,04	2,76	3,68
<u>25</u>	Oxygène dissout	mg/L			5,99	3,76	5	4,78	4,88	3,76	5,99

Tableau III-2: récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complet de l'eau traitée du mois de mars 2023.

N °	PARAMETRES	UNITE	CONTRAT		1	2	3	4	MOY	MIN	MAX
			MIN	Max.	07/03/23	15/03/23	20/03/23	28/03/23			
<u>1</u>	PH	/	6,50	8,50	8	7,94	8,02	7,93	7,97	7,79	8,02
<u>2</u>	Turbidité	NTU	0,0	5,0	0,9	0,82	1,15	0,48	0,84	0,48	0,97
<u>3</u>	Conductivité	µS/cm		2800	1901	1909	1852	1840	1458	1840	1909
<u>4</u>	Résidu sec à 105°C	mg/L	/	/	1395	1384	1326	1390	1374	1326	1395
<u>5</u>	TDS	mg/L		1200	950	955	226	938	767	226	955
<u>6</u>	Température	°C	/	/	11	12,2	12,2	12,8	12,1	11	12,8
<u>7</u>	Ammonium	mg/L		0,50	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0	0
<u>8</u>	Nitrite	mg/L		0,10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0	0
<u>9</u>	Nitrate	mg/L		50	3,79	3,73	3,48	3,53	3,63	3,48	3,79
<u>10</u>	HCO3	mg/L	/	/	281	281	305	281	287	281	305
<u>11</u>	CO3	mg/L	/	/	0	0	0	0	0	0	0
<u>12</u>	TA	°F	/	/	0	0	0	0	0	0	0
<u>13</u>	TAC	mg/lCaCO ₃	/	/	230	230	250	230	235	230	250
<u>14</u>	Dureté totale (TH)	mg/lCaCO ₃	/	500,0	580	576	580	580	579	576	580
<u>15</u>	Calcium	mg/L	/	200	160	158	168	164	163	158	168
<u>16</u>	Magnésium	mg/L	/	150,0	44	43	39	41	42	39	44
<u>17</u>	Sodium	mg/L			226				163		
<u>18</u>	Potassium	mg/L			7,8				6,6		
<u>19</u>	Chlorure	mg/L	/	500	283	276	273	278	278	273	283
<u>20</u>	Sulfate	mg/L	/	400	491	491	465	511	490	465	511
<u>21</u>	Ortho phosphate	mg/L P	/	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0	0
<u>22</u>	Fer (totale)	mg/L	/	0,3	0,03	0,03	0,07	0,03	<0,1	0,03	0,07
<u>23</u>	Manganèse (total)	mg/L	/	0,50		0					
<u>24</u>	Oxydabilité KMnO ₄	mg/L	/	5	1,2	1,98	1,94	1,76	1,72	1,2	1,98
<u>25</u>	Aluminium		/	0,2	0,09	0,08	0,07	0,11	0,09	0,07	0,11
<u>26</u>	Chlore résiduel libre	mg/L	0,2	0,6	1,11	0,75	0,94	0,81	1,02	0,75	1,17
<u>27</u>	Oxygène dissout	mg/L	/	/	10,92	10,78	10,5	10,35	11	10,35	10,92

Tableau III-3: récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complet de l'eau brute du mois d'avril 2023.

N°	PARAMETRES	UNITE	CONTRAT		1	2	3	4	MOY	MIN	MAX
			MIN	Max.	04/04/23	11/04/23	19/04/23	26/04/23			
<u>1</u>	PH	/	7	9	7,91	7,88	7,99	7,97	7,94	7,88	7,99
<u>2</u>	Turbidité	NTU			9,59	6,57	9,37	9,41	8,74	6,57	9,59
<u>3</u>	Conductivité	µS/cm	700	2800	1878	1863	1548	1572	1715	1548	1878
<u>4</u>	Résidu sec à 105° C	mg/L			1366	1366	1326	1222	1320	1222	1366
<u>5</u>	TDS	mg/L		1200	902	997	894	914	926,7	894	997
<u>6</u>	Température	°C	8	27	13	13,2	11,2	11,7	12,3	11,2	13,2
<u>7</u>	Ammonium	mg/L	0	1,5	0,21	0,45	0,34	0,46	0,37	0,21	0,46
<u>8</u>	Nitrite	mg/L	0	1,5	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,04	0,08
<u>9</u>	Nitrate	mg/L	0	25	3,35	3,17	4,46	3,43	3,60	3,17	4,46
<u>10</u>	HCO3	mg/L	104	250	281	293	268	293	284	268	293
<u>11</u>	CO3	mg/L	2	25	0	0	0	0	2	0	0
<u>12</u>	TA	°F			0	0	0	0	0	0	0
<u>13</u>	TAC	mg/lCaCO ₃			230	240	220	240	233	220	240
<u>14</u>	Dureté totale (TH)	mg/lCaCO ₃		500	580	586	510	540	554	510	586
<u>15</u>	Calcium	mg/L	50	150	170	164	154	154	161	154	170
<u>16</u>	Magnésium	mg/L	5	126	41	43	32	39	39	32	43
<u>17</u>	Sodium	mg/L	/	/	237	/		/	161		
<u>18</u>	Potassium	mg/L	/	/	6,5	/		/	5		
<u>19</u>	Chlorure	mg/L	5	310	277	285	215	273	263	215	285
<u>20</u>	Sulfate	mg/L	80	300	497	466	445	450	465	445	497
<u>21</u>	Ortho phosphate	mg/L P	0	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0	0
<u>22</u>	Fer (total)	mg/L	0	5	0,19	0,17	0,17	0,12	0,16	0,12	0,19
<u>23</u>	Manganèse (total)	mg/L	0	1	0,25	0,6	0,13			0,13	0,6
<u>24</u>	Oxydabilité KMnO ₄	mg/L	0	10	2,46	1,88	3,28	3,04	2,67	1,88	3,28
<u>25</u>	Oxygène dissout	mg/L			3,35	4,54	11,32	11,05	6,97	7	3,35

Tableau III-4 : récapitulatifs des résultats d'analyses physico-chimique complet de L'eau traitée du mois d'avril 2023.

N°	PARAMETRES	UNITE	CONTRAT		1	2	3	4	Moyenne	Min	Max
			MIN	Max.	04/04/23	11/04/23	19/04/23	26/04/23			
<u>1</u>	PH	/	6,50	8,50	7,88	7,99	8,03	8,08	8,00	7,88	8,08
<u>2</u>	Turbidité	NTU	0,0	5,0	0,56	1,52	0,35	0,35	0,70	0,35	1,52
<u>3</u>	Conductivité	µS/cm		2800	1917	1876	1590	1624	1752	1590	1917
<u>4</u>	Résidu sec à 105°C	mg/L	/	2 000	1348	1366	1290	1272	1319	1272	1366
<u>5</u>	TDS	mg/L		1200	913	927	925	938	925	913	938
<u>6</u>	Température	°C	/	/	13,5	13,8	11,7	12,3	12,8	11,7	13,8
<u>7</u>	Ammonium	mg/L		0,50	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		0	0
<u>8</u>	Nitrite	mg/L		0,10	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		0	0
<u>9</u>	Nitrate	mg/L		50	3,58	3,24	4,35	4	3,79	3,24	4,35
<u>10</u>	HCO3	mg/L	/	/	275	293	268	293	282	268	293
<u>11</u>	CO3	mg/L	/	/	0	0	0	0	0	0	0
<u>12</u>	TA	°F	/	/	0	0	0	0	0	0	0
<u>13</u>	TAC	mg/CaCO ₃	/	/	226	240	220	244	233	220	244
<u>14</u>	Dureté totale (TH)	mg/CaCO ₃	/	500,0	580	590	510	540	533	510	590
<u>15</u>	Calcium	mg/L	/	200	170	164	154	155	161	154	170
<u>16</u>	Magnésium	mg/L	/	150,0	41	44	32	38	39	32	44
<u>17</u>	Sodium	mg/L	/	200,0	244	/	/	/	152	/	/
<u>18</u>	Potassium	mg/L	/	12,0	6,1	/	/	/	4,8	/	/
<u>19</u>	Chlorure	mg/L	/	500	278	290	218	277	266	218	290
<u>20</u>	Sulfate	mg/L	/	400	500	468	435	455	465	435	500
<u>21</u>	Ortho phosphate	mg/L P	/	0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0	0
<u>22</u>	Fer	mg/L	/	0,3	0,01	0,04	0	0,01	0,02	0	0,04
<u>23</u>	Manganèse (total)	mg/L	/	0,50	0	0,11	0	0	0	0	0,11
<u>24</u>	Oxydabilité KMnO ₄	mg/L	/	5	1,17	0,32	1,04	0,93	0,87	0,32	1,17
<u>25</u>	Aluminium		/	0,2	0,04	0,08	0,07	0,06	0,06	0,04	0,08
<u>26</u>	Chlore résiduel libre	mg/L	0,3	0,6	0,94	1,28	1,3	1,06	1,15	0,94	1,3
<u>27</u>	Oxygène dissout	mg/L			10,3	10,18	11,32	11,05	6,97	11,3	6,97

Tableau III-5 : analyses journalier du mois de Mars 2023.

DATE	PH				T°				Conductivité				Turbidité				CL2	
	EB		ET		EB		ET		EB		ET		EB		ET		ET	
	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00
01/03/2023	8,10	7,90	8,09	8,02	10,30	10,40	10,60	11,00	1827	1813	1833	1867	4,91	4,28	0,97	0,96	1,31	1,13
02/03/2023	8,00	7,77	8,01	7,90	10,50	10,50	11,10	11,10	1807	1836	1862	1883	3,34	3,41	0,90	0,76	0,90	0,70
03/03/2023	7,97	8,04	8,01	8,04	10,40	10,40	11,00	11,00	1818	1840	1851	1869	4,15	6,37	0,90	0,76	0,80	0,92
04/03/2023	8,02	8,09	8,07	8,12	10,40	10,40	11,00	11,00	1836	1847	1840	1854	3,05	3,51	0,85	0,99	0,97	1,08
05/03/2023	8,00	8,03	8,08	7,99	10,30	10,30	10,90	10,90	1825	1817	1829	1857	1,32	4,35	1,00	0,92	0,90	0,70
06/03/2023	8,00	7,97	8,03	8,01	10,30	10,20	10,90	10,80	1811	1830	1858	1899	4,45	3,65	0,88	1,16	1,10	0,88
07/03/2023	8,01	7,98	8	7,99	10,4	10,4	11,00	11,00	1817	1815	1901	1852	4,41	4,81	0,9	1,1	1,11	0,94
08/03/2023	7,93	8,01	8	7,98	11	11	11,60	11,60	1833	1819	1862	1883	4,39	3,4	0,99	0,96	1,26	1,08
09/03/2023	8,00	7,97	8,03	7,99	11	11,1	11,60	11,70	1848	1855	1907	1907	7,66	6,79	0,76	0,98	0,75	0,96
10/03/2023	8,00	7,95	7,97	7,97	11	11,1	11,60	11,70	1820	1824	1894	1917	6,3	6,46	0,8	0,83	1	0,94
11/03/2023	7,95	8,01	7,98	8,03	11,10	11,20	11,70	11,8	1852	1904	1860	1898	3,60	3,89	0,83	1,00	0,99	0,89
12/03/2023	7,94	7,92	8	8,06	11,2	11,3	11,80	11,90	1809	1864	1864	1905	6,45	9,41	0,83	0,81	0,95	0,46
13/03/2023	7,95	7,90	8,02	7,91	11,2	11,3	11,80	11,90	1812	1870	1874	1939	7,11	7,83	0,85	0,79	1,09	0,92
14/03/2023	7,97	7,87	7,91	7,84	11,6	11,7	12,20	12,30	1902	1850	1886	1935	7,31	8,86	0,84	0,74	0,75	0,71
15/03/2023	7,94	7,87	7,95	7,88	11	11,4	11,60	12,00	1826	1857	1870	1910	8,03	9,59	0,81	0,64	1,11	0,92
16/03/2023	7,98	7,98	7,92	7,91	11,4	11,4	12	12	1865	1822	1854	1948	8,23	9,23	0,65	1,2	0,82	0,47
17/03/2023	7,90	7,83	7,92	7,88	11,40	11,40	12,00	12,00	1863	1852	1929	1904	5,07	9,68	0,68	0,64	0,90	0,90
18/03/2023	7,86	7,99	7,96	8,08	11,50	11,90	12,00	12,40	1836	1868	1885	1883	8,06	6,93	0,93	1,27	1,01	1,10
19/03/2023	7,82	7,96	7,94	7,99	11,60	11,70	12,20	12,30	1862	1836	1886	1938	3,67	10,90	1,05	0,84	1,08	0,84
20/03/2023	7,94	7,96	8,00	8,00	11,70	11,70	12,30	12,30	1835	1843	1851	1877	7,16	7,22	1,00	1,07	0,94	1,05
21/03/2023	7,89	7,89	8,02	8,02	11,8	11,8	12,4	12,4	1879	1879	1900	1900	6,61	6,61	0,8	1,17	0,9	1,19
22/03/2023	8,03	7,90	8	7,95	11,8	11,8	12,4	12,4	1845	1849	1895	1900	5,65	5,39	0,9	0,68	0,97	1,08
23/03/2023	7,94	7,93	7,92	8,01	11,8	11,9	12,4	12,5	1845	1868	1904	1903	6,06	5,32	0,79	0,4	0,91	0,84
24/03/2023	7,95	8,00	8	8,03	11,9	12	12,5	12,6	1846	1858	1918	1897	3,96	4,35	0,38	0,42	1,5	1,2
25/03/2023	7,91	7,99	7,96	8,08	11,9	12	12,5	12,6	1856	1891	1864	1895	1,51	2,12	0,58	0,56	0,88	0,71
26/03/2023	7,93	7,91	7,99	7,96	12	12,3	12,6	12,9	1826	1876	1873	1957	4,65	6,91	0,5	0,49	0,99	0,77
27/03/2023	7,91	7,90	7,96	7,93	12,2	12,4	12,8	13	1851	1870	1922	1948	5,45	5,19	0,48	0,48	1,8	2,2
28/03/2023	7,91	8,02	7,94	7,99	12,20	12,40	12,80	13,00	1860	1850	1830	1867	7,60	5,18	0,40	0,92	0,81	0,71
29/03/2023	7,92	7,86	8,03	8,05	12,20	12,50	12,80	13,10	1862	1885	1869	1930	2,45	9,78	0,99	0,70	1,05	1,01
30/03/2023	7,82	8,02	7,89	7,99	12,50	12,60	13,10	13,20	1874	1883	1916	1960	6,26	7,06	0,58	0,85	0,85	0,90
31/03/2023	7,85	7,83	7,95	7,95	12,7	12,7	13,3	13,3	1905	1861	1911	1914	5,92	5,16	0,7	0,56	1,2	0,96

Tableau III-6: Analyses journalier du mois d'Avril 2023.

DATE	PH				T°				Conductivité				Turbidité				CL2	
	EB		ET		EB		ET		EB		ET		EB		ET		ET	
	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00	8H00	14H00
01/04/2023	7,9	7,94	8	7,95	12,7	12,8	13,2	13,3	1873	1860	1894	1934	3,37	7,63	0,79	0,79	1,14	1
02/04/2023	7,94	7,93	8,02	7,89	12,90	12,90	13,50	13,50	1870	1857	1878	1954	5,49	6,71	0,61	0,85	1,18	0,56
03/04/2023	7,90	7,91	7,99	7,94	12,90	13,00	12,50	12,60	1842	1874	1864	1924	8,46	7,70	0,56	0,52	1,03	0,99
04/04/2023	7,91	8,01	7,87	7,98	13,00	13,10	13,50	13,60	1860	1856	1916	1928	9,59	9,20	0,58	0,38	0,95	1,10
05/04/2023	7,89	7,91	7,99	8,01	13,00	13,20	13,60	13,80	1843	1865	1871	1951	2,74	8,66	0,63	0,66	1,66	1,13
06/04/2023	7,92	7,92	7,98	7,97	13,20	13,30	13,80	13,90	1864	1873	1912	1889	9,21	7,75	0,49	0,64	1,70	1,45
07/04/2023	7,91	7,93	8	8,03	13,2	13,4	13,8	14	1852	1848	1889	1909	10,4	11,2	0,62	0,49	1,06	1
08/04/2023	7,96	7,90	8	8	13,4	13,7	14,2	14,3	1842	1909	1862	1922	6,78	4,48	0,98	1,01	1,2	1,6
09/04/2023	7,98	7,87	8	8,04	13,4	13,6	14	14,2	1869	1918	1870	1937	2,48	6,92	1,11	1,29	0,68	0,5
10/04/2023	7,81	7,86	7,9	7,96	13,6	13,4	14,2	14	1891	1896	1919	1939	7,14	6,81	0,89	1,17	1	1,4
11/04/2023	8,00	7,98	7,98	8,00	10,80	10,70	11,20	11,30	1539	1559	1589	1581	16,30	12,20	0,43	0,40	1,15	1,30
12/04/2023	7,96	7,95	8	7,96	10,8	10,9	11,2	11,3	1559	1524	1601	1600	11,6	11,4	0,42	0,44	1,1	1
13/04/2023	8,08	8,03	8,04	8,04	10,80	11,00	11,30	11,50	1540	1500	1609	1629	15,90	11,60	0,41	0,36	1,10	0,78
14/04/2023	7,93	7,97	8,04	7,97	10,80	11,00	11,30	11,50	1554	1574	1590	1597	9,83	10,60	0,44	0,77	0,80	0,84
15/04/2023	7,99	7,98	8,03	7,99	11,00	11,00	11,50	11,50	1547	1542	1590	1607	16,10	12,40	0,60	0,46	1,25	1,10
16/04/2023	8,05	7,94	8	8,01	11	11,3	11,5	11,8	1551	1557	1634	1604	7,73	9,21	0,4	0,4	1,26	1,2
17/04/2023	8,01	7,98	8,1	7,94	11	11,3	11,5	11,8	1543	1521	1627	1619	10,3	10,3	0,4	0,46	1,06	1,4
18/04/2023	7,97	7,93	7,99	7,90	11,10	11,10	11,60	11,60	1550	1540	1600	1605	11,20	9,22	0,42	0,47	1,05	1,04
19/04/2023	7,93	7,94	8	7,9	11,2	11,2	11,7	11,7	1562	1551	1582	1608	10,2	10,5	0,36	0,48	1,3	1,2
20/04/2023	8,02	7,99	7,98	7,92	11,20	11,20	11,70	11,70	1549	1530	1593	1622	12,20	10,30	0,36	0,32	0,95	0,80
21/04/2023	7,98	7,89	8,04	8,06	11,30	11,20	11,80	11,70	1557	1558	1616	1574	14,40	11,60	0,38	0,42	1,00	1,00
22/04/2023	8,02	7,88	8,04	7,91	11,40	11,50	11,90	12,00	1560	1550	1602	1642	12,70	12,00	0,35	0,32	1,20	1,10
23/04/2023	7,94	7,95	7,9	7,86	11,4	11,5	11,9	12	1543	1535	1635	1631	10,2	9,47	0,42	0,39	1,1	1,1
24/04/2023	8,00	7,95	7,9	7,9	11,2	11,5	11,7	12	1549	1514	1628	1653	9,88	10,1	0,34	0,36	0,78	1
25/04/2023	7,91	7,90	7,9	7,89	10,6	11,2	11,1	12,1	1547	1555	1623	1589	11,1	9,2	0,34	0,37	1,03	1,2
26/04/2023	7,94	7,91	8	7,97	11,7	11,7	12,3	12,3	1562	1560	1621	1624	9,4	8,53	0,32	0,32	1,06	1
27/04/2023	7,95	7,87	8	7,89	11,6	11,7	12,1	12,2	1554	1548	1612	1622	10,3	7,19	0,32	0,34	0,92	1,2
28/04/2023	7,96	7,96	7,99	7,97	11,70	11,70	12,20	12,20	1573	1535	1621	1602	8,16	9,00	0,42	0,44	1,00	0,90
29/04/2023	7,87	7,76	8	7,85	11,7	11,7	12,2	12,2	1545	1565	1620	1618	8,18	73,4	0,35	0,4	1,03	0,9
30/04/2023	7,83	7,88	7,9	7,87	11,8	11,8	12,3	12,3	1558	1559	1645	1703	25,1	29	0,52	0,47	1,03	1,4

III-2-Discussion des résultats des analyses physiques

Les interprétations des variations des valeurs des différents paramètres contrôlés sont représentées par les figures III-1 à III-17.

III-2-1- La température

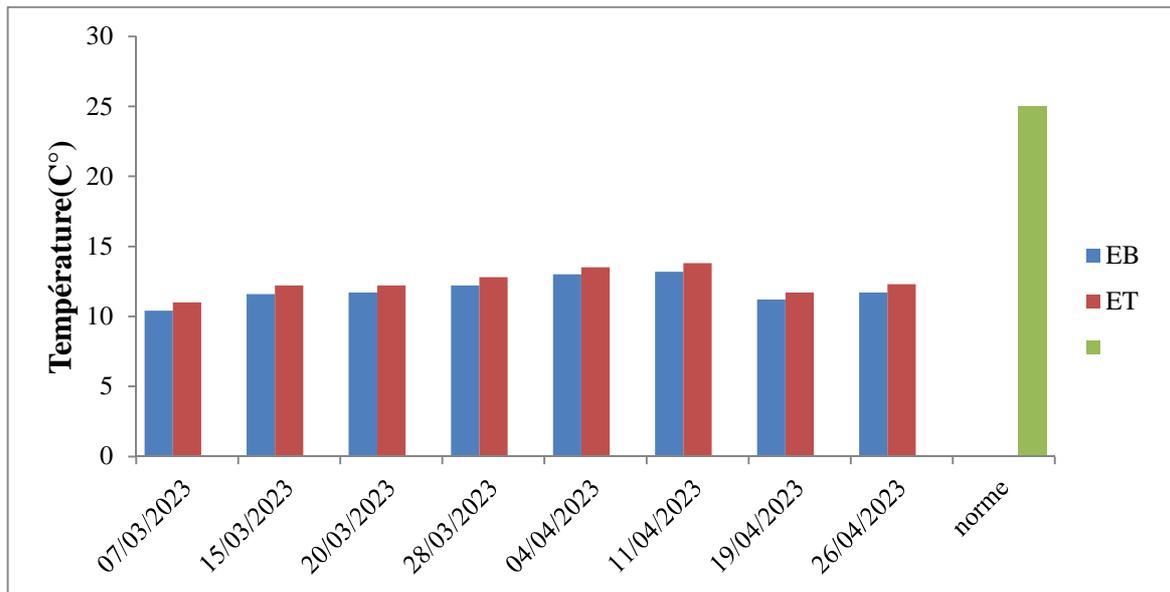


Figure III.1: Evolution de la température en fonction du temps pour l'eau brute et traitée.

La température est un facteur important dans la qualité de l'eau, elle a un effet sur la solubilité des sels et des gaz, et dans la dissociation de ses sels donc sur la conductivité électrique et la détermination du pH. Les résultats obtenus (Figure III.1) pendant la période d'étude montrent que les températures de l'eau brute et l'eau traitée varie de 10,4C° à 11,7 C° pour (EB) et de 11C° a13 C° pour (ET) , on remarque qu'ils sont proches et inférieures à la norme algérienne qui est 25°C

III-2-2-Le PH

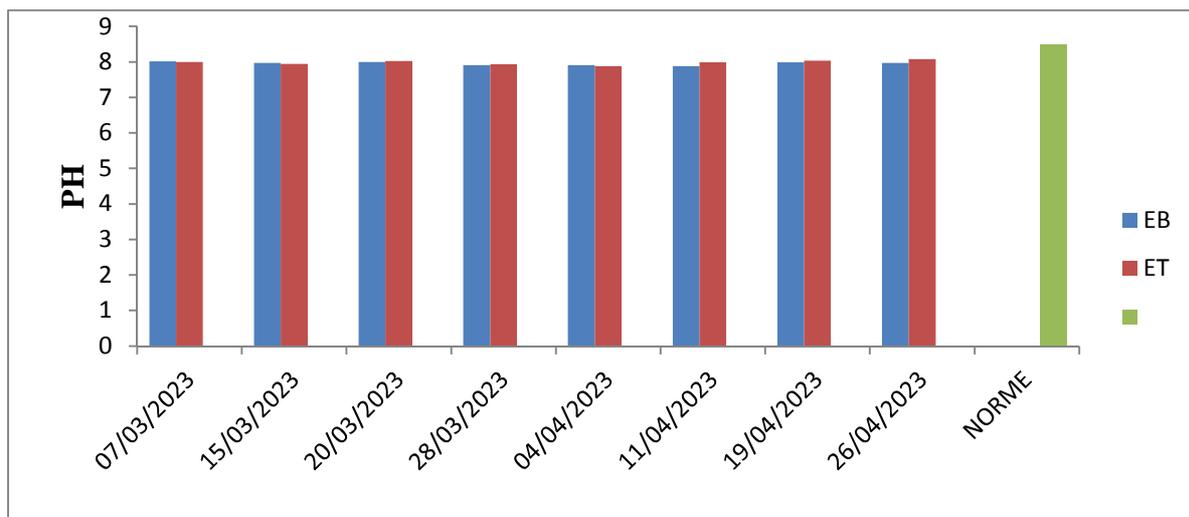


Figure III.2 : Evolution du pH en fonction du temps pour l'eau brute et traitée.

Le pH de l'eau analysé varie de 7.88 à 8.01 pour l'eau brute et de 7.88 à 8.08 pour l'eau traitée pendant deux mois. Les données obtenues révèlent que le pH est légèrement neutre à

alcalin. D'après Rodier (2009), le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. L'OMS précise qu'un faible pH peut causer des problèmes de corrosion et un pH élevé entraîne des problèmes organoleptiques.

III-2-3- La turbidité

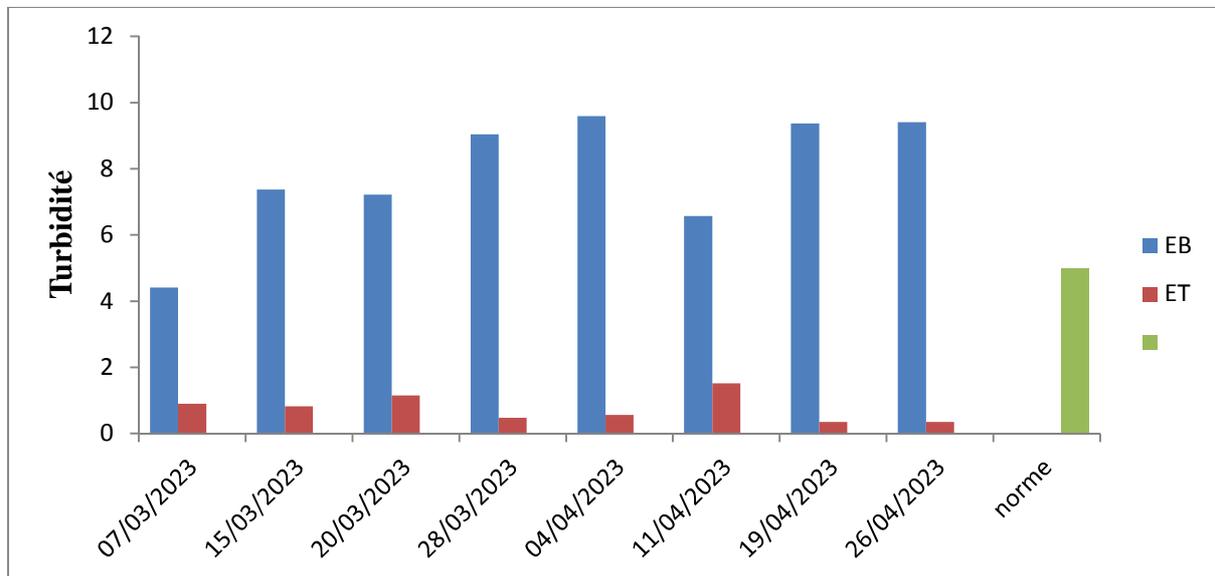


Figure III.3 : Evolution de la turbidité en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

Cette figure (Figure III.3) représente l'évolution de la turbidité de l'eau brute et traitée du barrage, les résultats d'analyse ont montrés des variations assez importantes de ce paramètre.

Les valeurs de turbidité relativement élevées pour l'eau brute sont varié de 4,41a 9,59 NTU ce qui veut dire que ces eaux sont chargées de matière en suspension, alors que pour l'eau traitée les valeurs (< 1NTU) sont très inferieurs a la norme fixé par l'OMS qui est 05 NTU. Nous notons que l'eau traitée contient de faibles quantités de MES et la confirmation de l'efficacité du traitement.

III-2-4- La conductivité électrique (CE)

L'histogramme ci-dessus montre des valeurs importante et élevée de la conductivité électrique enregistré au laboratoire d'analyse l'ors de la période d'étude (mars -avril), qui varient de 1548 a 1870($\mu\text{s}/\text{cm}$) pour l'eau brute et de 1590 a 1901 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) pour l'eau traitée .on remarque que les valeurs de ce paramètre sont presque stable pendant la période allant du 07/03/2023au 11/04/2023 .suivi d'une diminution du 19/04 /2023 au 26/04/2023.

Ces concentrations élevées de la conductivité due à une forte minéralisation de l'eau. Mais les valeurs enregistrées restent toujours au dessous de la norme algérienne fixée 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

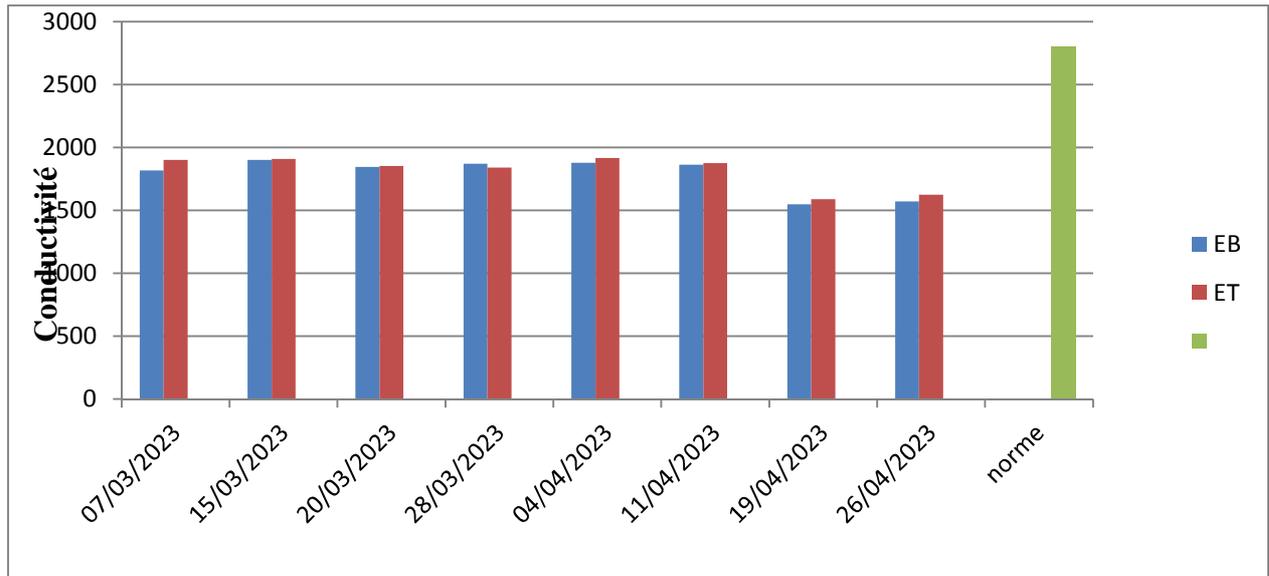


Figure III.4 : Evolution de la conductivité électrique en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

III-2-5- Les résidus sec a 105 C°

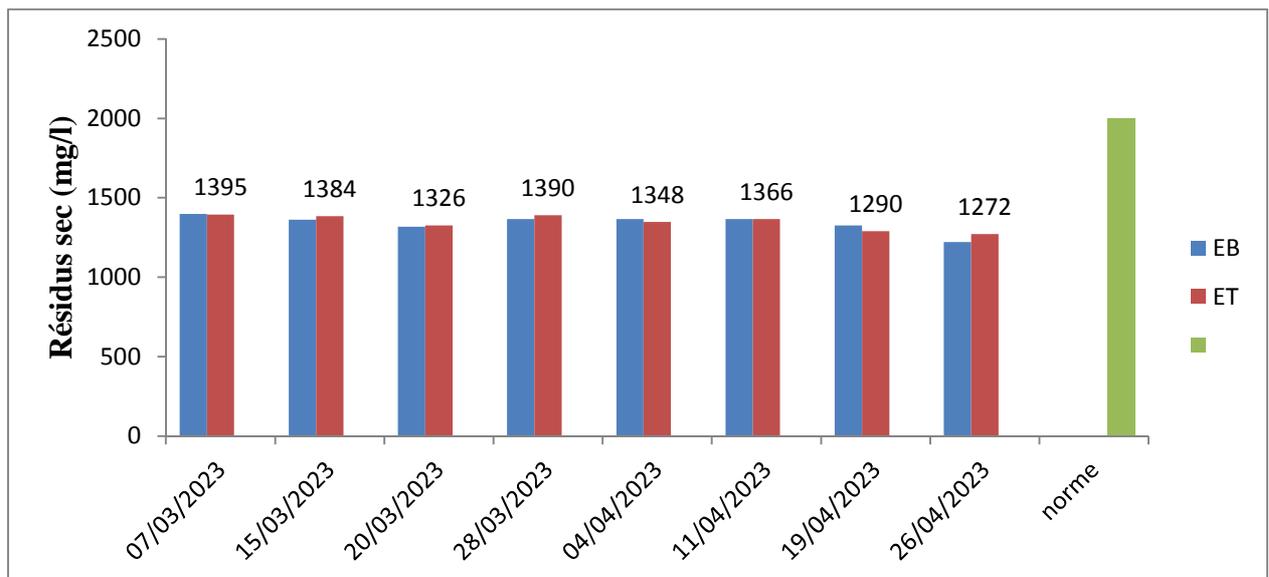


Figure III.5 : Evolution des résidus sec en fonction du temps pour l’eau Brute et traitée.

Les valeurs obtenues de ce paramètre varient de 1222à 1398 mg/L pour l’eau brute et de 1272 à 1395Mg/L pour l’eau traitée. L’histogramme ci-dessus montre des valeurs importante et élevée pour ce paramètre pendant les deux mois d’étude (mars et avril) et cela pourrait être lié à l’acheminement de l’eau brute. Mais les valeurs restent toujours au dessous de la norme exigée (2000mg/L).

III-2-6-Totale en sels dissous (TDS)

Le TDS pourrait provenir de la dissolution des roches carbonatées d’origine naturelle, ou des eaux usée et industrielle d’origine anthropique. Il évolue dans le même sens que la

conductivité électrique. L'évolution des teneurs de TDS (fig.III.8) varient de 908 à 914 mg/L pour l'eau brute et entre 950 à 938 mg/L pour l'eau traitée. Par rapport aux dates d'analyses. La variation est faible par contre les valeurs enregistrées sont importantes, mais toujours. Les valeurs du TDS sont conformes à la norme admise qui est de 1200 mg/L.

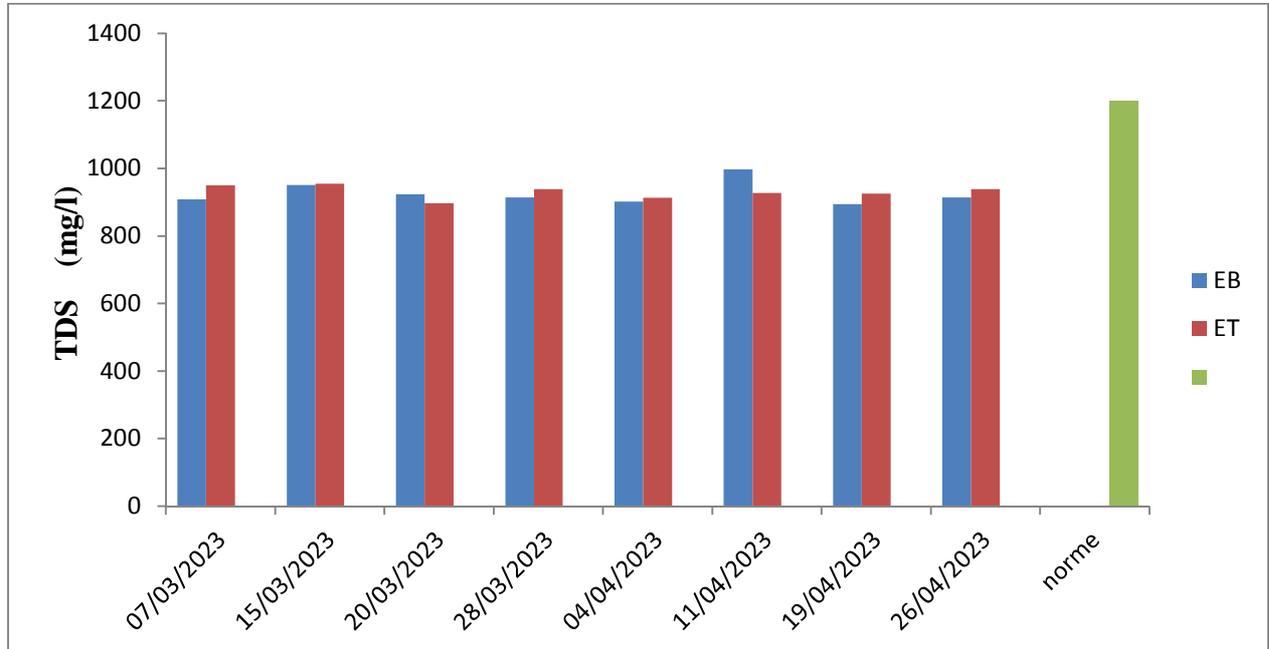


Figure III.6 : Evolution du TDS en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

III-3- discussion des paramètres chimiques

III-3-1- Titre alcalimétrique complet (TAC)

La figure III-5 représente l'évolution de titre alcalimétrique complet de l'eau brute et traitée. Ce paramètre est l'indicateur de la minéralisation de l'eau en particulier le composant calcium et magnésium. Les valeurs varient de 230 à 240 mg/L (CaCO_3) pour l'eau brute et de 220 à 250 mg/L (CaCO_3) pour l'eau traitée. Nous enregistrons des variations relativement faibles par rapport à la norme fixée 500 mg/L (CaCO_3).

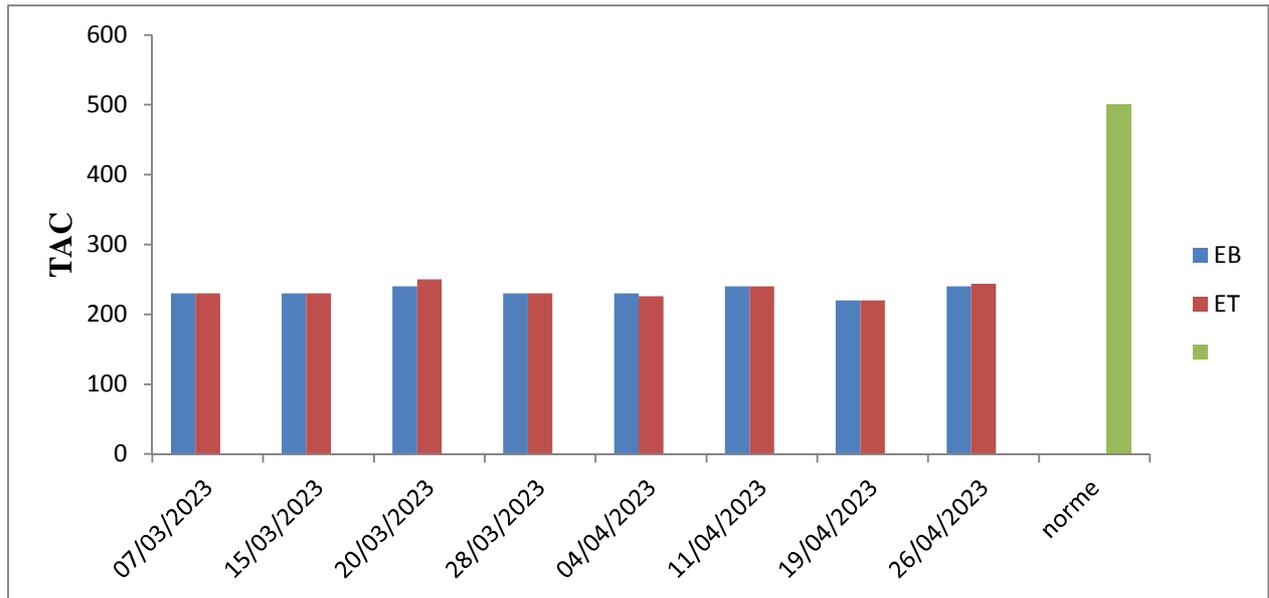


Figure III-7 : Evolution de (TAC) en fonction du temps pour l'eau brute et traitée.

III-3-2- Titre alcalin (TA)

Le titre alcalin représente la concentration en carbonate et en hydroxyde d'une eau.

Les résultats obtenus pour le titre alcalimétrique, révèlent que les valeurs de TA sont nulles pour les eaux brute et traitée. Ce qui signifie qu'il n'y a pas de bases fortes dans l'eau du barrage Tichy Haf.

III-3-3- La dureté (TH)

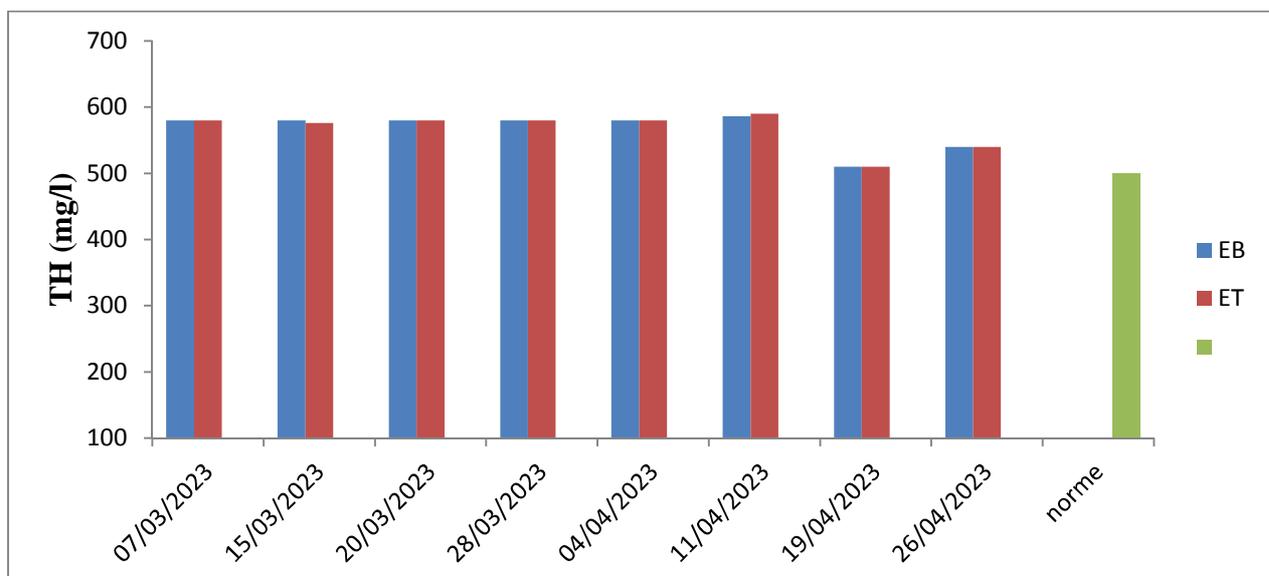


Figure III.8 : Evolution de la dureté (TH) en fonction du temps pour l'eau Brute et traitée.

La dureté totale est la quantité du Ca^{2+} et du Mg^{2+} dissoute dans l'eau, généralement les eaux superficielles sont caractérisées par des concentrations moyennes en calcium et en magnésium, qui présentent une dureté entre 10 à 50 °F.

Les valeurs du TH sont variées de 510 et 580 mg/L(CaCO_3) pour l'eau brute et de 510 et 580 mg/L(CaCO_3) pour l'eau traitée. Comme il est indiqué dans (fig.III.6). Ce paramètre nous renseigne sur la dureté de l'eau avec des valeurs supérieures à la norme fixée qui est 500mg/L(CaCO_3). Ces résultats élevés sont liés à la nature du sol agricole traversé et due à la nature de l'eau du barrage Tichy-haf.

III-3-4- Le sulfate (SO_4^{2-})

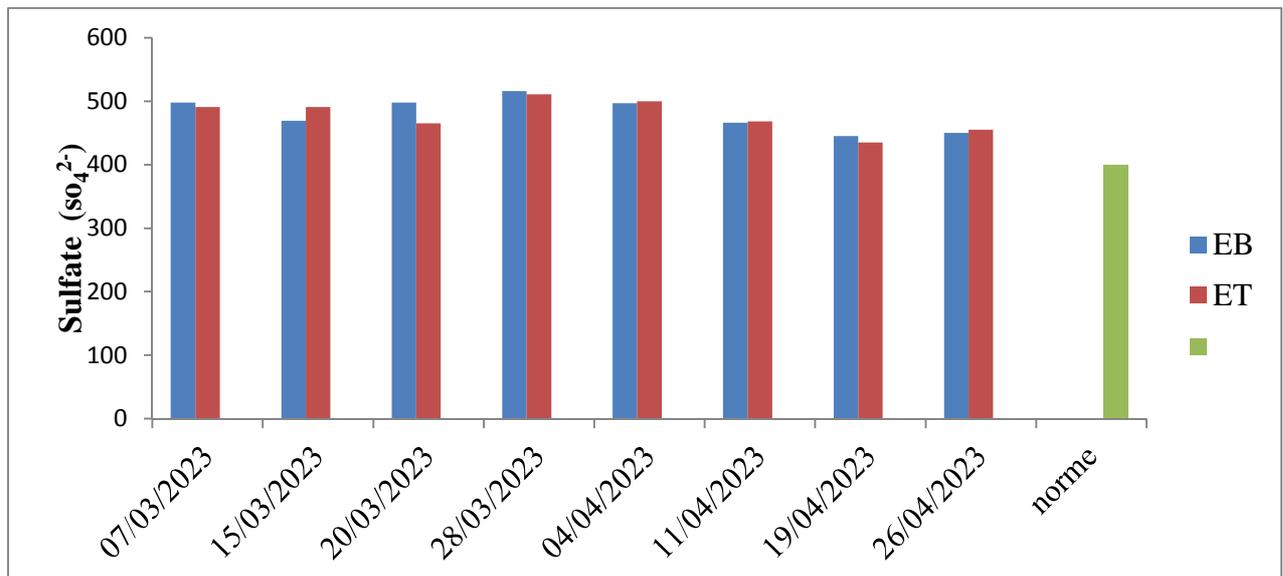


Figure 9 : Evolution des sulfates en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

D'après Rodier (2005), de fortes concentrations en sulfates dans l'eau de boisson entraînent des nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires. En effet, ils provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent donner un goût désagréable. Nos résultats montrent que la concentration de sulfate (SO_4^{2-}) (fig.9) dans l'eau brute et traitée sont supérieures à la concentration maximale admissible fixée par les normes algériennes 400 mg/L.

Ces concentrations élevées oscillent entre 445 et 516 mg/L et de 435 à 511 mg/L pour l'eau traitée. D'après ces résultats, nous notons que la nature de l'eau du barrage est sulfatée.

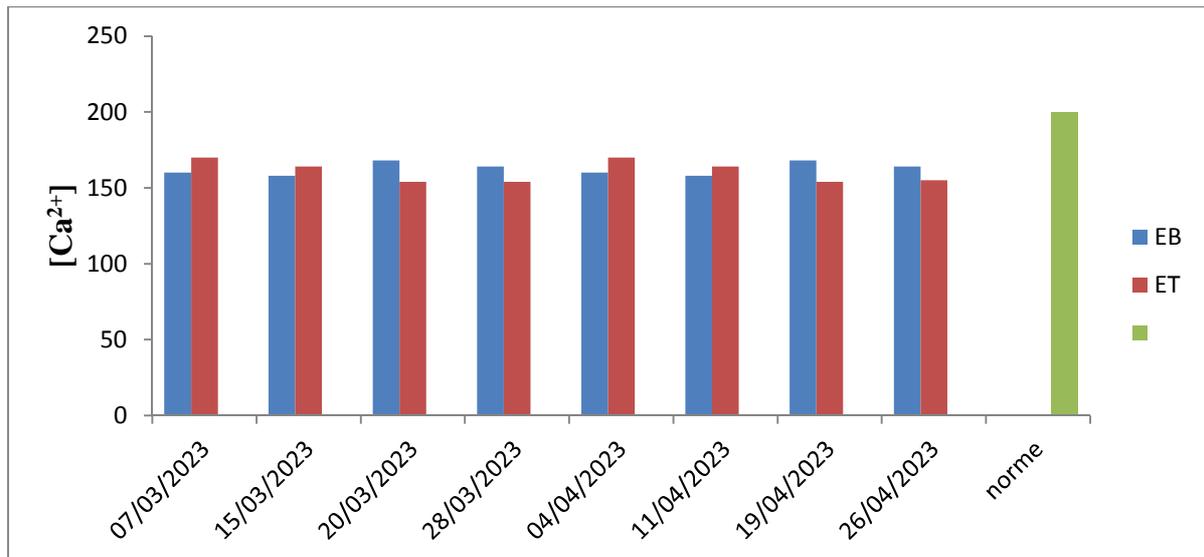
III-3-5- Le calcium Ca^{2+} 

Figure 10: Evolution de Calcium (Ca^{2+}) en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200mg/L comme valeur maximale. Une eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de Ca^{2+} (Rodier, 2009). Pour l'eau brute étudiée, les valeurs du calcium varient de 158 à 168mg/L et de 154 à 170 mg/L pour l'eau traitée et par rapport aux dates de prélèvement la variation est légère (fig.10). Nous concluons que ces résultats sont conformes aux normes algériennes.

III-3-6- Le magnésium Mg^{2+}

L'histogramme ci-dessous montre des valeurs faibles de la concentration du magnésium enregistré au laboratoire d'analyse eau brute et de 32 à 44 (mg/L) pour l'eau traitée. Nous concluons que ces résultats sont conformes à la norme algérienne fixée de 150 mg/L.

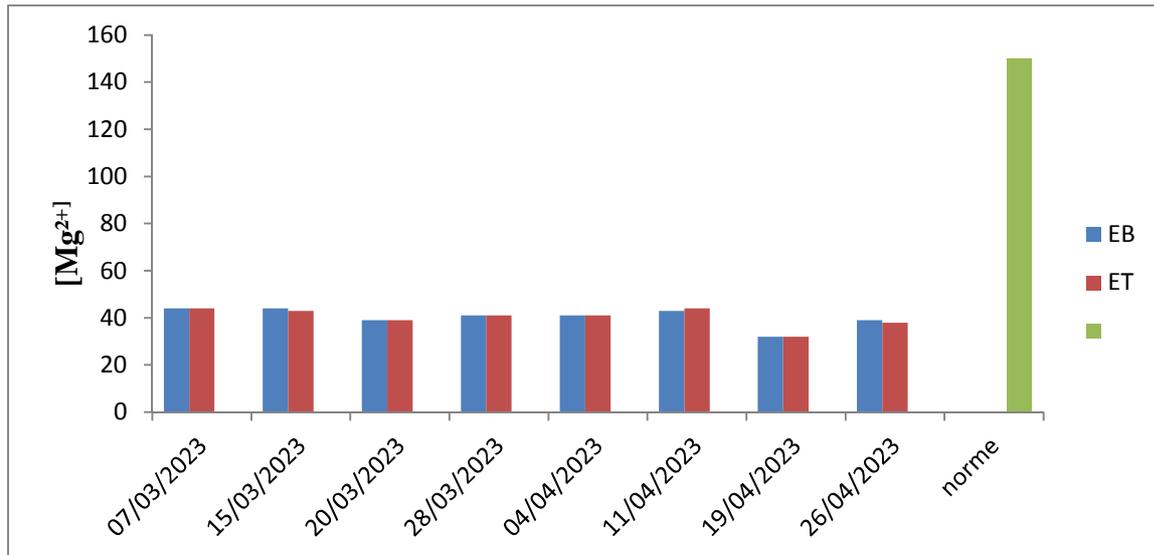


Figure 11: Evolution de magnésium en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

III-3-7- Le chlorure (Cl⁻)

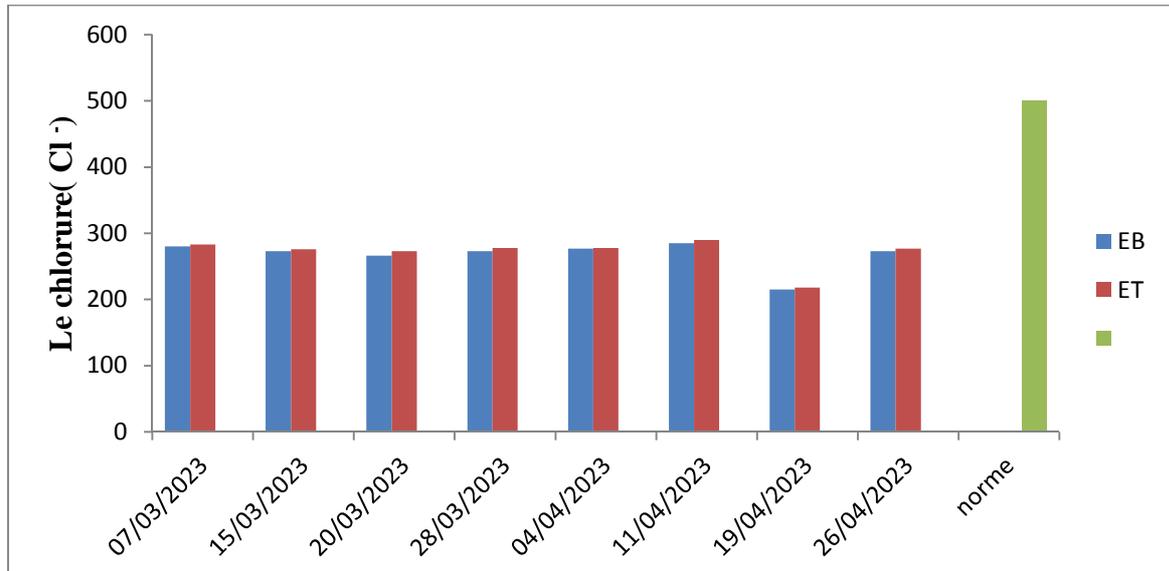


Figure 12: Evolution de chlorure en fonction du temps pour les eaux brutes et traitée.

Les résultats obtenus montrent que les concentrations en chlorures lors de notre expérimentation sont au dessous de la norme algérienne qui est 500 mg/L.

III-4- Discussion sur les paramètres indésirables

III-4-1- Le fer

Les résultats obtenus mettent en évidence (fig.III.13) la présence de faibles quantités de fer dans l'eau brute varient entre 0,08 a 0,19 mg/L. Aussi nous notons des très faibles valeurs pour l'eau traitée. On concluants que ces valeurs sont très inférieures à la norme fixée de 0,3 mg/L.

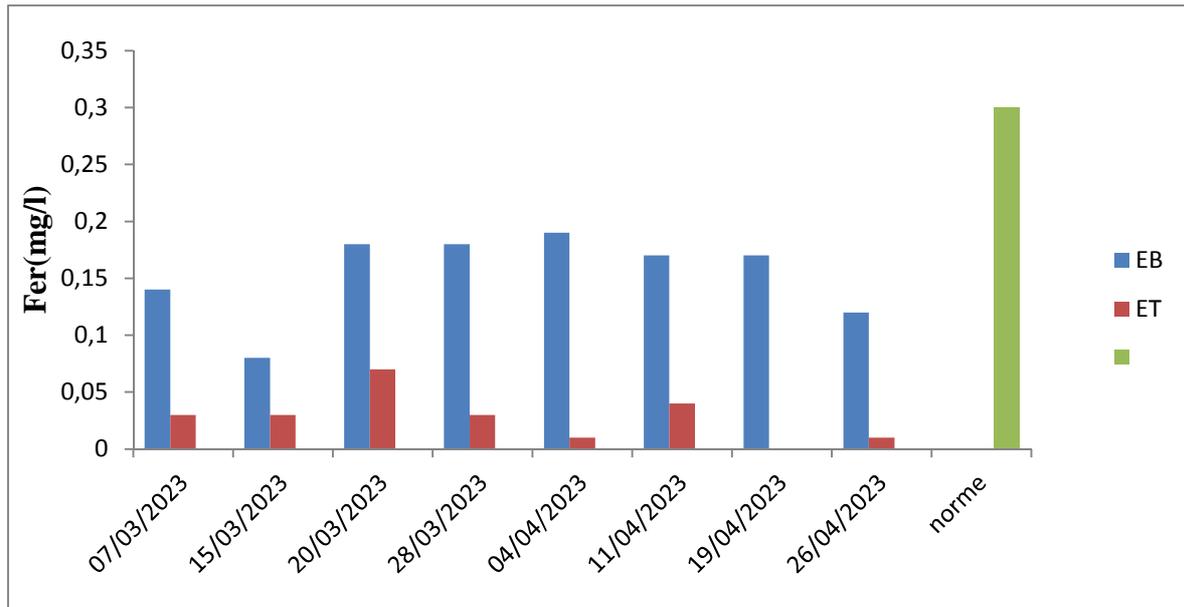


Figure III.13: Evolution du fer en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

III-4-2- L'aluminium

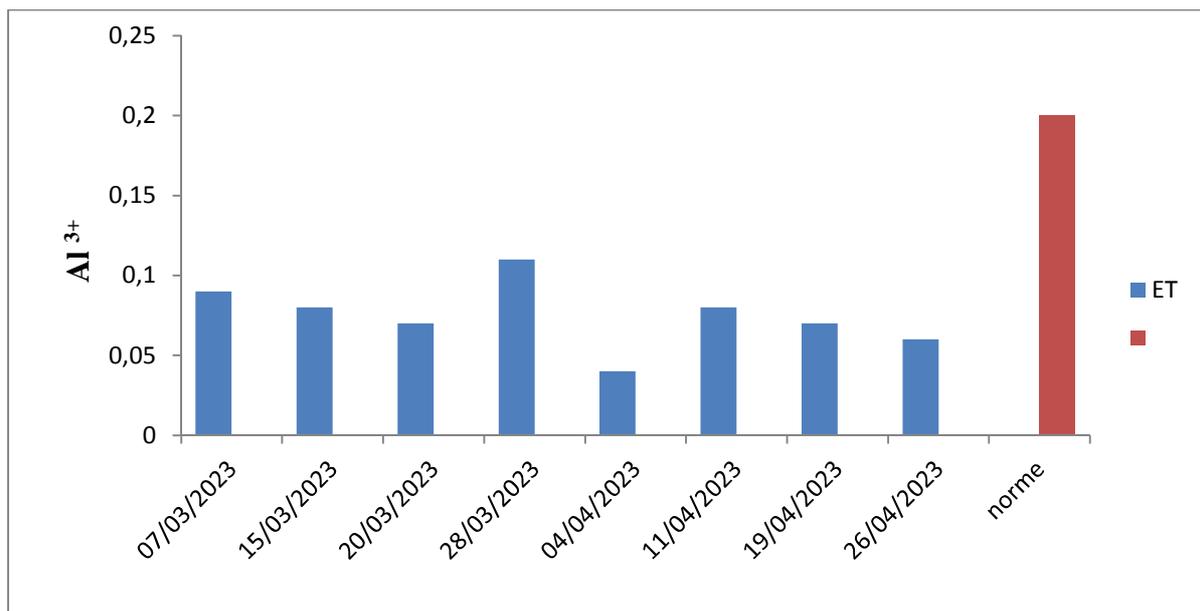


Figure III.14 : Evolution du Al^{3+} en fonction du temps pour l'eau brute et traitée.

Cette figure (III.14) représente l'évolution de l'aluminium dans l'eau brute et traitée, les résultats d'analyse obtenus ont montrés des variations nuls pour l'eau brute. Par contre des très faibles concentrations inférieurs à la norme fixée 0,2 mg/L, sont enregistrées pour l'eau traitée.

La présence des traces d'aluminium dans l'eau traitée, justifié par l'injection du sulfate d'alumine ($Al_2(SO_4)_3$) comme coagulant.

III-5- Discussion sur les paramètres de pollution

III-5-1-Ammonium NH_4^+

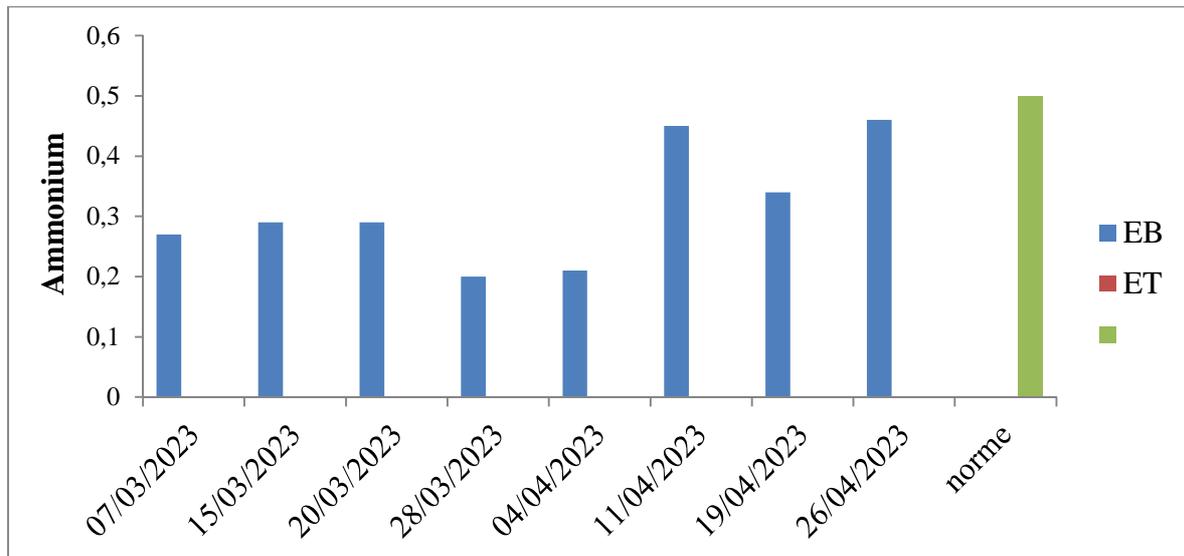


Figure III.15 : Evolution de l'ammonium en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

Pour ce paramètre de pollution la réglementation algérienne fixe une valeur maximale de (0.5mg/L). D'après les résultats que nous avons enregistrés durant les deux mois, les valeurs de l'eau brute sont inférieures à la norme et celles de l'eau traitée sont presque nulles (<0,05) ce qui est conforme à la norme.

III-5-2- Les nitrates

Lors de l'analyse de la teneur en nitrates des eaux brutes et traitées, les valeurs sont de 3,17 à 4,46 mg/L et de 3,24 à 4,35 mg/L, respectivement. Toutes les teneurs obtenues lors de notre expérimentation sont très faibles (fig.12) par rapport à la norme admise qui est de 50mg/L. Ce qui indique que cette eau n'est pas polluée. Les nitrates sont un bon indicateur de pollution des eaux.

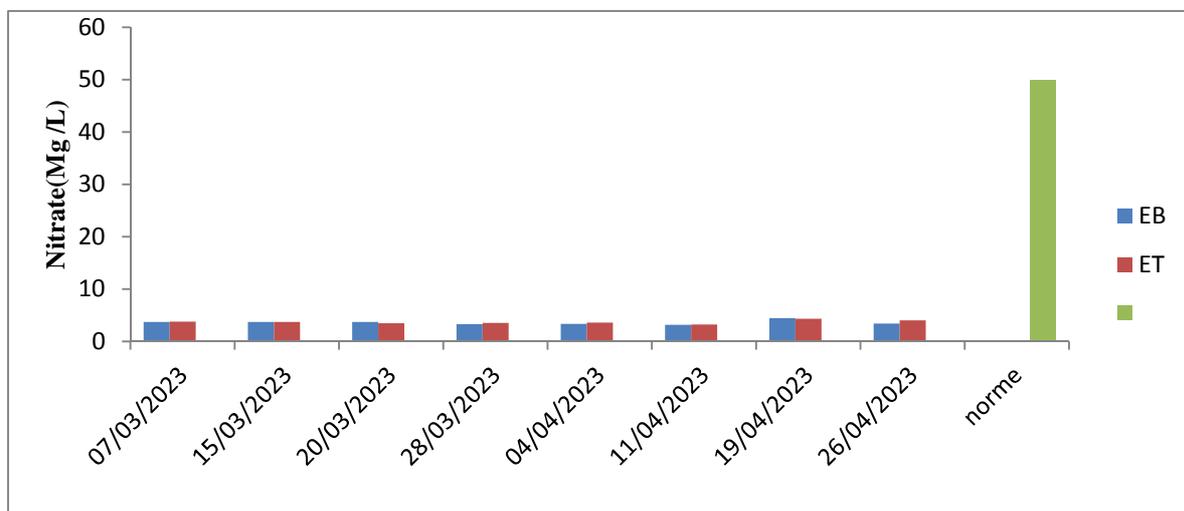


Figure III.16 : Evolution de Nitrate en fonction du temps pour les eaux brutes et traitées.

III-5-3- Les nitrites (NO_2^-)

Les variations de teneurs en nitrites pour l'eau brute et l'eau de traitée sont très faibles. Ces valeurs respectent la norme qui donne un niveau de concentration maximale de 0.1 mg/L.

III-5-4-Le chlore résiduel

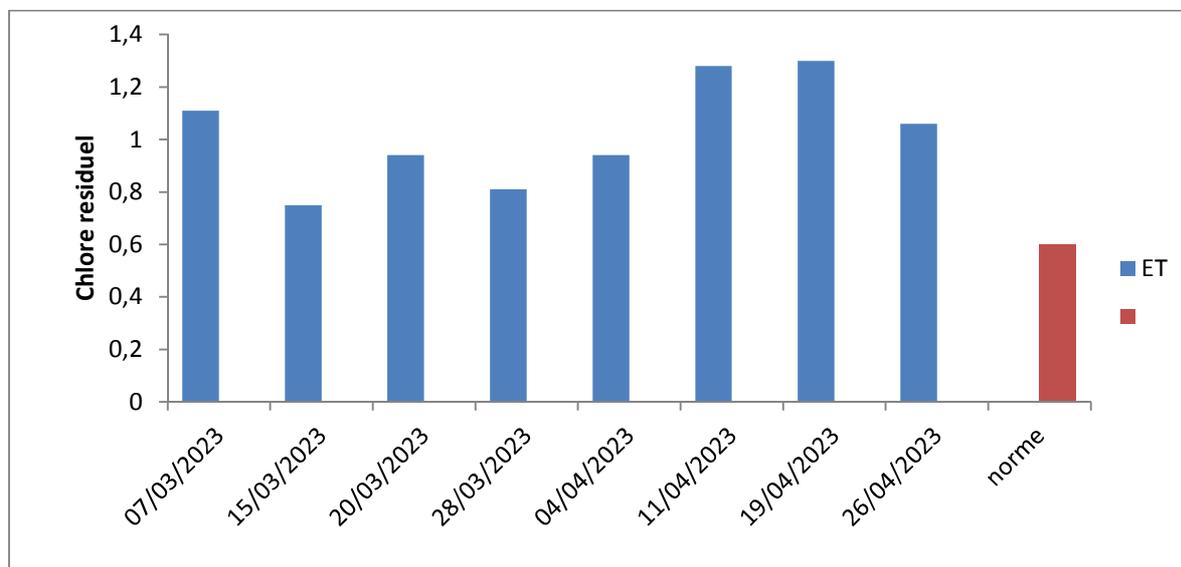


Figure III.17 : concentration du chlore résiduel dans l'eau traitée pour les mois (mars –avril).

L'histogramme de la figure (III.17) montre les valeurs du chlore résiduel qui varient de 0,75 à 1,3 mg /L durant notre période d'étude. Ces résultats obtenus sont conforme à la norme.

III-6-Discussion des résultats d'analyses microbiologiques**Tableau III-7** : récapitulatifs des résultats d'analyses microbiologiques de l'eau brute et traitée du mois de mars et avril 2023.

eau	Paramètres	07/03/23	15/03/23	20/03/23	28/03/23	04/04/23	11/04/23	19/04/23	26/04/23
EB	Coliformes fécaux (UFC/ml)	5	24	48	24	51	22	23	34
	Coliformes totaux (UFC/ml)	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100	>1100
	Streptocoques Fécaux (UFC/100 ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Les SR (UFC/100ml)	/	/	/	/	/	/	/	/
ET	Coliformes fécaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Coliformes totaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Streptocoques Fécaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0
	Les S-R (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0	0

Pour les analyses microbiologiques effectuées au laboratoire de (ADE) pendant notre période d'étude (mars et avril), nous avons le récapitulatif ci-dessous qui englobe les valeurs obtenues en ce qui concerne la recherche des Coliformes totaux, fécaux, Entérocoques intestinaux et Clostridium sulfito-réducteurs, pour l'eau brute et traitée.

D'après ces valeurs enregistrées nous constatons que l'eau traitée est chargée négativement par ces derniers. L'absence de germes dans l'eau traitée, confirme que l'eau de la production est conforme à la norme de potabilisation.

Conclusion

Cette contribution nous a permis d'évaluer le degré de pollution des eaux du barrage Tichy-Haf ainsi que l'efficacité du traitement chimique de ces dernières par le sulfate d'aluminium.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que le plan qualitatif, les eaux de ce cours d'eau sont caractérisée par :

Une minéralisation importante, comme en témoignent les valeurs élevées de la dureté totale et le sulfate.

L'évolution de l'élimination de la matière organique ainsi que de la turbidité par le sulfate d'aluminium a montré l'efficacité, de ce dernier, dans l'abattement des polluants notamment organiques.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Notre projet, de fin d'étude, a été pour nous une occasion de suivre de près les différents mécanismes régissant un important programme de protection de l'environnement et du développement durable. Cette opportunité d'utiliser nos connaissances théoriques et d'en acquérir d'autres, d'ordre technico-pratique dans le domaine du traitement des eaux potable, que ce soit en amont ou en aval d'une longue série de mesures quantitatives et qualitatives. Notre étude consiste donc à une contribution à l'évaluation de l'efficacité des procédés de traitement dans la station de Tichy-Haf.

Aujourd'hui, la qualité de l'eau et de l'environnement nous concerne tous. La qualité de l'eau est prioritairement une exigence de la santé et de la sécurité alimentaire. C'est la raison pour laquelle, il est nécessaire de la traiter et de l'économiser. C'est dans ce cadre que ce travail de recherche a été réalisé sur la ressource superficielle du barrage Tichy Haf destinée à l'alimentation de 23 communes de la wilaya de Bejaia.

Du point de vue physico-chimique, une différence notable existe à l'entrée et à la sortie de la station dans les teneurs mesurées de chaque paramètre : pH, Conductivité, Température, Turbidité, TDS, Salinité, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , MO, Fe, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , TH, TA, TAC.

Néanmoins, dans certains cas, le sulfate atteint la valeur de 337mg/L et la dureté totale dépasse la norme admissible avec une valeur de 504mg/L (CaCO_3).

Sur le plan bactériologique, les valeurs enregistrées ont reflété la potabilité de l'eau du barrage Tichy Haf. Aucune contamination n'a été décelée durant la période de stage où nous étions présents.

Durant ce travail, nous avons pu donner une appréciation sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques de l'eau du barrage Tichy Haf qui est considérée comme une eau équilibrée qui réponds aux normes algériennes de potabilité. Les analyses que nous avons effectuées au niveau de la station de traitement nous ont permis de maîtriser les techniques d'analyses utilisées et acquérir des connaissances sur le traitement des eaux.

Références Bibliographiques

Références bibliographique

- [1]. **Emeric Beneteaud**, Pascal Pujades Sous la direction de : Dominique Petrella, l'eau. 2009-2010, 13p
- [2] : **Dégréement** ,2009 Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS-Lexique de l'eau.
- [3] : **Raymond Desjardins**, le traitement des eaux, 2007, 293 p
- [4] : gouvernement neveu Brunswick, lac d'eau
- [5] : **AntonJ. Schleiss et Henri Pougatsch.**, les barrages, de l'école polytechnique fédérale de Lausanne, 2011
- [6] : **Bliedt Claus & Perraud Robert**. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.
- [7] : **PIERRO KOCH**, Alimentation en des agglomérations.
- [8] : **Boglin Jean-claude**. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- [9] : **Lallogo H. (1992)**. Concentration de certains métaux d'importance médicale dans les poisons: cas des poisons de la lagune de Lomé. Mémoire de Technicien Supérieur en Génie Sanitaire (EAM), UL, p: 36.
- [10] : **N'Guessan, 2008** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de doctorat. Université de constantine. P47.
- [11] : **Bontoux, J., (1983)**. Introduction à l'étude des eaux douces. Eaux naturelles-Eaux usées-Eaux de boisson. Edition CEBEDOC.
- [12] : **Aghzar et al. 2002** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de doctorat. Université de Constantine. P47.
- [13] : **Verones et al. 2010; Gaudard et al. 2017**
- [14] : **Kirchmann et Lambinon J(1973)**
- [15] : **Smith et al. 1999; Strain et Yeats, 1999**
- [16] : **Hébert et Légaré, 2000** Evaluation d'un procédé de coagulation-floculation au chitosane pour l'enlèvement du phosphore dans les effluents piscicoles, Québec, 2008.
- [17] : **Montginoul, 2006**
- [18] : **Keddal et Yao N'dri, 2008**

Références bibliographique

- [19] : **Luvagho, 2013** Impact Des Eaux D'irrigation Sur Les Eaux Souterraines De La Plaine Alluviale De Guelma. Mémoire D'Ingénieur En Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar .Annaba. 113 p
- [20] : Afnor Qualité physique et chimique de l'eau. 1999, Tome 4
- [21] : **Beudry.1984** Les crustacés contre les eaux usées. La Science au Québec.
- [22] : **Rodier ,2009**
- [23] : **GREGORIO. C, PIERRE-MARIE. B,** Traitement et épuration des eaux industrielles Polluées : Procédés, Presses Univ. Franche-Comté, 2007, 356 p.
- [24] : **Maiga, A-S., (2005).** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de BAMAKO : évaluation saisonnière .Thèse de Doctorat. Faculté de Médecine de pharmacie et D'odonto- stomatologie. P21.
- [25] : **Rodier J.** (1996). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème édition.
- [26] : **Beudry Jean-Paul.** (1948). Traitement des eaux, Ed. Le Griffon d'argile INC, Canada.
- [27] : **Graindorge,j.(2015)** Guide des analyses de la qualité de l'eau .Edition groupe territorial cs 136 ,164,165 p
- [28] : MEMOIRE DE MAGISTER /Spécialité: Eau et Environnement/ETUDE ET TRAITEMENT DE L'EAU DU BARRAGE DJORF-ELTORBA DE LA WILAYA DE BECHAR PAR FILTRATION SUR SABLES Par Meme KOUIDRI NEE BELALA ZOHRA
- [29] : **De Villers J, Squilbin M, yourassowsky C., 2005.** Qualité physicochimique et Chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.
- [30] : **RONALAD V.** (2003). Eau, Environnement et Santé Publique, 2ème édition, Ed TEC&DOC, PARIS.
- [31] : qualité physico-chimique et chimique des eaux se surface : cadre générale. (2005), institut bruxellois pour la gestion de l'environnement, pp : 3-5.
- [32] : **RODIER, J.** (2007). L'analyse de l'eau ,7ème édition, Dunod, 107, 118.
- [33] : **Haider, 2014**
- [34] : **Bontoux, 1983** Introduction à l'étude des eaux douces. Eaux naturelles-Eaux usées-Eaux de boisson. Edition CEBEDOC.
- [35] : **Bremond R, Vuichard R., 1973.** Paramètres de la qualité des eaux, OSPEPE, Paris.

Références bibliographique

- [36] : **Archibald F.** (2000).the presence of coliform bacteria in canadian pulpe and paper mill water system- a cause for concern *Water Quality Research Journal Of Canada*, 35(1), p:1-22.
- [37] : **CARDOT Claude.** Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, 1999, P : 9.
- [38] : **BERNE. F.** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP, 1972, 207 p.
- [39] : **Rejesk F. (2000).** Analyses des eaux, aspect réglementaire et technique; Collection Biologie Technique Environnementale, pp: 53-54, 71,142-148.
- [40] : **L. Andriamirado, D. Asensi, T. Bullard, A. Cousin,** DEGREMONT Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS – Lexique technique de l'eau, Paris, dixième édition, 2005.
- [41] : **Belkhiri, L., (2011).** Etude de la pollution des eaux souterraines : cas de la plaine d'Ain Azel Est Algérien. Thèse de Doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar.
- [42] : Volume 2: L'état du Saint-Laurent. Environnement Canada - région du Québec, Conservation de l'environnement - et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll
- [43] : **Laghribi, 2016** Caractérisation physicochimiques des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fes. Larhyss journal ISSN. P101-112.
- [44] : **Kabouya, 2009** Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface. LARHYSS, Université de Biskra, B.P. 145, R.P., 07000, Biskra, Algérie, *Juin 2005*].
- [45] : Degrémont, 2005; Mémento technique de l'eau : Tome 2. Lavoisier SAS-Lexique de l'eau.
- [46] : **Rodier et al. 2009** Analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. Eau de mer.9ème édition. Ed. Dunod bordas, Paris. 1526 p.]

Annexe

Annexe I :

- **Recherche des coliformes totaux et coliformes fécaux**

Mode opératoire

- Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flambage et fermé en fin de flambage.
- Flamber les entonnoirs aussi.
- Laisser refroidir jusqu'à ce que les entonnoirs soient manipulables à mains nues sans la moindre sensation de brûlure.
- Passer la partie ouverte de la pince à la flamme 2 à 3 secondes.
- Saisir une membrane stérile de porosité 0,45 µm, ouvrir son emballage et extraire la membrane avec la pince stérilisée préalablement par flambage.
- Déposer la membrane sur le support de filtration refroidi.
- Fixer l'entonnoir sur le support.
- Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber légèrement la partie supérieure de la bouteille.
- Ouvrir la bouteille contenant l'échantillon aux alentours de la flamme et flamber rapidement le goulot.
- Verser l'eau à analyser jusqu'au repère de l'entonnoir (minimum 100 ml).
- Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite le robinet.
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- Déposer la membrane sur le milieu sélectif (gélose lactosée au Tergitol et au T.T.C.) en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- Incubation à 36 ± 2 °C pendant 22 ± 2 h, le couvercle vers le bas.

Lecture

- Examiner les membranes et considérer comme positives toutes les colonies petites, lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

Confirmation

- Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part

Test à l'oxydase

- Pour les besoins de ce test, effectuer tout d'abord un repiquage sur gélose TSA à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 2 heures, puis effectuer le test de l'une des façons suivantes :
- Imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique.
- Verser 2 à 3 gouttes du réactif à l'oxydase préparé extemporanément (Tétraméthyl-p-phénylènediamine) sur un papier filtre puis étaler dessus une partie de la culture.
Dans les deux cas la réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violetfoncé.

Test à l'indole

- Pour cela, transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber ce dernier à $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 21 ± 3 heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

Identification

- Est considérée comme bactérie coliforme, toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.

Est considéré comme bactérie *Escherichia coli*, toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C .

Mesure et calcul du résultat

Calculer ensuite la valeur du nombre de bactéries coliformes lactose positives à part, celle des *Escherichia coli* à part ; le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A} c$$

b: Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

A: Nombre de colonies repiquées.

c: Nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

Annexe II

- **Recherche des Entérocoques intestinaux**

Mode opératoire

- Flamber la partie supérieure du support de la rampe de filtration et particulièrement le fritté métallique avec le robinet ouvert au début du flambage et fermé en fin de flambage.
- Flamber les entonnoirs ainsi que la verrerie sur laquelle ils sont déposés après usage.
- Laisser refroidir jusqu'à ce que les entonnoirs soient manipulables à mains nues sans la moindre sensation de brûlure.
- Passer la partie ouverte de la pince à la flamme 2 à 3 secondes.
- Saisir une membrane stérile de porosité 0,45 µm, ouvrir son emballage et extraire la membrane avec la pince stérilisée préalablement par flambage.
- Déposer la membrane sur le support de filtration refroidi.
- Fixer l'entonnoir sur le support.
- Agiter énergiquement l'échantillon à analyser et flamber légèrement la partie supérieure de la bouteille.
- Ouvrir la bouteille contenant l'échantillon aux alentours de la flamme et flamber rapidement le goulot.
- Verser l'eau à analyser jusqu'au repère de l'entonnoir (minimum 100 ml).
- Ouvrir le robinet du support, laisser aspirer entièrement et fermer ensuite le robinet.
- Libérer l'entonnoir et le déposer sur la verrerie prévue à cet effet.
- Retirer la membrane de son support à l'aide de la pince préalablement passée à la flamme et la placer à l'endroit sur le milieu Slanetz et Bartley (T.T.C.) préalablement séché sur une plaque histologique en s'assurant que des bulles d'air ne soient pas emprisonnées sous la membrane.

Incubation

Incuber les boîtes de Pétri à l'envers, à 36 °C ± 2 °C pendant 44 heures ± 4 heures.

Lecture

Examiner les membranes et considérer comme Entérocoques fécaux présumés toutes les colonies qui, quelle que soit leur taille, présentent une coloration rouge, marron ou rose, soit à leur centre, soit à leur périphérie.

Annexe III

Rcherche des clostridium sulfito-réducteurs

Mode opératoire

- par chauffage préalable de l'eau à 90 °C pendant 10 minutes ;
- suivie de l'inoculation de 20 mL dans 4 milieux VFSR (5 mL par milieu) régénérés en gros tubes profonds ;
- suivie d'une incubation à 37 °C (dénombrement des spores issues de *Clostridium* sulfitoréducteurs ;
- Effectuer la lecture des milieux : justifier l'aspect des colonies.

Mesure et calcul du résultat

Réaliser le dénombrement des formes végétatives et rendre le résultat en UFC. 100 mL.

Confirmation

Préchauffer le milieu Bile Esculine à 44°C et

Annexe IV :**Tableau .1:** Concentration des éléments chimiques.

Eléments chimiques	Concentration (mg/l)
Chlorure (Cl ⁻)	200
Sulfate (So ₄ ²⁻)	250
Sodium (Na ⁺)	150
Magnésium (Mg ²⁺)	50
Potassium (K ⁺)	50
Nitrite (No ₂ ⁻)	0.1

Tableau .2: concentration des métaux lourds.

Paramètres	Concentrations
Fer (Fe)	300
Manganèses (Mn)	50
Cuivre (Cu)	1
Zinc (Zn)	5
Argent (Ag)	50
L'aluminium (Al)	0.2

Tableau .3: normes de la qualité de l'eau potable.

Paramètres	unite	Réglementation concernant la qualité de l'eau destinée à la consommation	
		Normes OMS	Norms algériennes
pH à 20°C	/	6,5-9	6,5-9,5
Conductivité à 20°C	μS/cm	/	<2700
turbidité	NTU	/	5
oxydabilité	mg d'O ₂ /l	5	<2
Dureté totale	°F	50	50
calcium	mg/l	50	10-30
magnesium	mg/l	/	<100
alcalinité	°F	50	<50
chlorures	mg/l	250	500
sulfates	mg/l	400	<250
nitrites	mg/l	40	<50

Annexes

nitrites	mg/l	3	<0,1
fer	mg/l	0,3	<0,3
ammonium	mg/l	1,5	<0,5
slice	mg/l	/	<10