



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
قسم البيولوجيا
Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude

en vue de l'obtention d'un diplôme de Master II en biologie.
Option « toxicologie industrielle et environnementale »

Thème

Contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des
eaux potables par la méthode physico-chimique au
niveau de la station du barrage Mexa wilaya d' El Tarf

Présenté par :

Melle AMRAOUI Khouloud

Melle OGAB Hasnette

Devant le Jury

M^f ROUAG .R : Président

MCA Université Chadli Bendjedid El Tarf

M^{me} RIZI. H : Examinatrice

MCA Université Chadli Bendjedid El Tarf

M^{me} SAIDI. H : Promoteur

MCB Université Chadli Bendjedid El Tarf

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

Je remercie tout d'abord Dieu le clément, de nous avoir guidées et éclairées sur la bonne voie du savoir.

Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à Mme SAJDI Hacina, nous la remercions de nous avoir encadré, ainsi que pour sa disponibilité, son assistante, son orientation et ses conseils.

- ❖ Mr ROUAG pour nous avoir fait le grand honneur de présider le jury de soutenance,*
- ❖ Mm RIZI Hadia d'avoir accepté d'examiner ce travail*

Je remercie le chef de station de traitement des eaux potables de Mexa, le chef de service d'exploitation, et tout le personnel de nous avoir bien accueilli au sein de l'établissement.

Je remercie l'ingénieur du laboratoire de la station de traitement de l'eau potable de Mexa :

Mme BEN AMMAR Dalila

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants du Master « Écotoxicologie Industrielle et Environnement ».

Sans oublier tous ceux qui de loin ou de près nous ont aidé à élaborer ce travail.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents, mon père « AbdelMadjid » et ma mère « Mériem » pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes très chers frères

et particulièrement « Hacem » et « Ilyes »

A mes sœurs « Moulfida » « Djihen » « Chourouk » « Soumaya » « Maram » et « Chakra »

Je leur souhaite une longue vie et une bonne santé.

A mon fiancé « Lakhder » pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé

A mes nièces « Djana » « Ghofrane » « Ranim » « Ilef »

A mes neveux « Med jed » « Seifeddine » « Youcef » « Omar »

Que Dieu les protège

A mon oncle « Med Salah » et sa femme « fatma »

A ma grande famille qui m'a toujours soutenue

A mon cher binôme « Hasanette » et à toute sa famille

A tous mes proches amis

A tous mes amis de la promo de master 2 79E

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur

Khouloud...



Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents,

Mon père HAKIM et ma mère Samia

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères, Sami et Ahmed

Pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A mon cher binôme, Khouloud,

Pour son amitié et sa gentillesse.

A ma chère amie Réheb,

A tous mes amis du master 2 « Toxicologie Industrielle et Environnementale »

qui m'ont toujours encouragé et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime.



Hasnette...

المخلص

نظرًا لأن المياه المتوفرة في الطبيعة غير صالحة للاستخدام المباشر للاستهلاك البشري لأنها ملوثة بعوامل مختلفة ، فإن العلاج ضروري لجعلها صالحة للشرب.

لإتقان عملية معالجة المياه هذه ، أجرينا تدريبًا داخليًا في شركة المياه والصرف الصحي الطارف عنابة ، في وحدة ماكسة الواقعة في ولاية الطارف.

تم إجراء هذه الدراسة من خلال نوعين من التحليلات المطبقة في محطة معالجة مياه الشرب في ماكسة والتي تهدف إلى مراقبة جودة معالجة المياه لجعلها صافية وصالحة للشرب للاستهلاك البشري.

النوع الأول من التحليل هو التحليل الفيزيائي والكيميائي. ركزنا في هذه الدراسة على بعض الخصائص الكهروكيميائية للماء والتي تمت قبل وبعد المعالجة.

النوع الثاني من التحليل هو التحليل الكيميائي، البحث الذي يتعلق بالعناصر الكيميائية مثل النتريت والنترات والأمونيوم.

في نهاية هذه الدراسة (وبناءً على النتائج التي تم الحصول عليها ومقارنتها بالمعايير الجزائرية لجودة مياه الشرب للاستهلاك) ، اتضح أن المعالجة المطبقة على مستوى محطة معالجة مياه الشرب ماكسة ، وهي عملية فيزيائية كيميائية، فعالة وقد أعطت نتائج جيدة تلبية معايير مياه الشرب المطبقة في بلدنا.

الكلمات المفتاحية :

مياه الشرب ، محطة المعالجة ، التخثر - التلبد ، التحليل الفيزيائي والكيميائي ، محطة المعالجة ماكسة.

Résumé

L'eau disponible dans la nature n'étant pas directement utilisable pour la consommation humaine car polluée par divers agents, un traitement s'impose afin de la rendre potable.

Pour la maîtrise de ce procédé de traitement de l'eau, nous avons effectué un stage dans la société d'eau et d'assainissement El Tarf-Annaba, à l'unité MEXA située dans la wilaya d'El Tarf.

Cette présente étude a été réalisée par deux types d'analyse appliqués au niveau de la station de traitement d'eau potable Mexa et qui ont pour but de suivre la qualité du traitement de l'eau pour la rendre claire et potable à la consommation humaine.

Le premier type d'analyse, est une analyse physico-chimique. Dans cette étude, on s'est concentré sur quelques caractères électrochimiques de l'eau, qui ont été effectués avant et après le traitement.

Le second type d'analyse, est une analyse purement chimique qui concerne des éléments chimiques tels que les nitrites, les nitrates et l'ammonium.

A la fin de cette étude (et en se basant sur les résultats obtenus et comparés, aux normes Algériennes pour la qualité d'eau potable de consommation), il s'est avéré que le traitement appliqué au niveau de la station de traitement d'eau potable Mexa, qui est un procédé physico chimique est efficace et a donné de bons résultats qui répondent aux normes de potabilité de l'eau appliquée dans notre pays Mexa.

Mots clés :

L'eau potable, station de traitement, Mexa, coagulation-floculation, analyse physico-chimique.

Abstract

Since the water available in nature is not directly usable for human consumption because it is polluted by various agents, treatment is necessary to make it drinkable.

For the mastery of this water treatment process, we did an internship in the water and sanitation company El Tarf-Annaba, at the MEXA unit located in the wilaya of El Tarf.

This present study was carried out by two types of analysis applied at the Mexa drinking water treatment plant and which aim to monitor the quality of water treatment to make it clear and drinkable for human consumption. .

The first type of analysis is a physico-chemical analysis. In this study, we focused on some electrochemical characteristics of the water, which were carried out before and after the treatment.

The second type of analysis is a purely chemical analysis which concerns chemical elements such as nitrites, nitrates and ammonium.

At the end of this study (and based on the results obtained and compared to the Algerian standards for the quality of drinking water for consumption), it turned out that the treatment applied at the level of the treatment plant of Mexa drinking water, which is a physico-chemical process, is effective and has given good results that meet the drinking water standards applied in our country.

Key words:

Drinking water, treatment station, Mexa,coagulation-flocculation, physico-chemical analysis.

Abréviations

°C : Degré Celsius

g/L : Gramme par litre

kg/m³ : Kilogramme par mètre cube

mg/L : Milligramme par litre

m/s : Mètre par seconde

l/s : Litre par seconde

Na : Sodium

Ca: Calcium

HM³: Hectomètre cube

NTU: Nephelometric turbidity unit

OMS : Organisation mondiale de la santé

MTH : Maladies à transmission hydrique

MES : Matières en suspension

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

TAC : Titre alcalimétrique complet

Liste des tableaux

N°	Titre	Pages
Tab.1	Volume d'eau terrestre sous forme liquide, solide, gazeuse	05
Tab.2	Normes de potabilité (Paramètres organoleptiques)	08
Tab.3	Normes de potabilité (Paramètre physico-chimiques)	10
Tab.4	Normes de potabilité : Paramètres de substance indésirable ou toxique	11
Tab.5	Conservateurs à mettre dans les flacons	37
Tab.6	Mode opératoire des échantillons d'eau brute et traitée	39
Tab.7	Mode opératoire pour la détermination du calcium	40
Tab.8	Mode opératoire pour la détermination du permanganate	41
Tab.09	Mode opératoire pour la détermination du TAC	42
Tab .10	Résultats de mesure de la turbidité à 8h du matin (en NTU) (en période pluviale)	46
Tab.11	Résultats de mesure de la turbidité à 10h du matin (en NTU) (en période pluviale)	47
Tab.12	Résultats de mesure de la turbidité à 13h de l'après-midi (en NTU) (en période pluviale)	48
Tab.13	Résultats de mesure du pH à 8h du matin(en période pluviale)	49
Tab.14	Résultats de mesure du pH à 10h du matin(en période pluviale)	50
Tab.15	Résultats de mesure du pH à 13h de l'après-midi(en période pluviale)	51
Tab.16	Résultats de mesure de la température à 8h du matin(en période pluviale)	52
Tab.17	Résultats de mesure de la température à 10h du matin(en période pluviale)	53
Tab.18	Résultats de mesure de la température à 13h de l'après-midi(en période pluviale)	54
Tab.19	Résultats de mesure de la conductivité électrique à 8h du matin (en période pluviale)	56
Tab.20	Résultats de mesure de la conductivité électrique à 10h du matin(en période pluviale)	57
Tab.21	Résultats de mesure de la conductivité électrique à 13h de l'après-midi(en période pluviale)	58
Tab.22	Résultats de mesure de la turbidité à 8h du matin(en NTU) (en période sèche)	60
Tab.23	Résultats de mesure de la turbidité à 10h du matin (en NTU) (en période sèche)	61
Tab.24	Résultats de mesure de la turbidité à 13h de l'après-midi (en NTU) (en période sèche)	62
Tab.25	Résultats de mesure du pH à 8h du matin (en période sèche)	63
Tab.26	Résultats de mesure du pH à 10h du matin (en période sèche)	64
Tab.27	Résultats de mesure du pH à 13h de l'après-midi(en période sèche)	65
Tab.28	Résultats de mesure de la température à 8h du matin (en période sèche)	66
Tab.29	Résultats de mesure de la température à 10h du matin(en période sèche)	67

Tab.30	Résultats de mesure de la température à 13h de l'après-midi(en période sèche)	68
Tab.31	Résultats de mesure de la conductivité électrique à 8h du matin (en période sèche)	69
Tab.32	Résultats de mesure de la conductivité électrique à 10h du matin(en période sèche)	70
Tab.33	Résultats de mesure de la conductivité électrique à 13h de l'après-midi(en période sèche)	71
Tab.34	Résultats de mesure de TDS	72
Tab.35	Résultats de mesure de chlore	73
Tab.36	Résultats de mesure de l'ammonium	74
Tab.37	Résultats de mesure des nitrates	75
Tab.38	Résultats de mesure des nitrites	76
Tab.39	Résultats de mesure du fer	77
Tab.40	Résultats de mesure de l'indice permanganate	78
Tab.41	Résultats de mesure des sulfates	79
Tab.42	Résultats de mesure des carbonates	80
Tab.43	Résultats de mesure du TAC	81
Tab.44	Résultats de mesure de magnésium	82
Tab.45	Résultats de mesure du calcium	83
Tab.46	Résultats de mesure de la dureté totale	84
Tab.47	Résultats de mesure de l'aluminium	85

Liste des Figures

N°	Figures	Page
01	Détermination de la dose du coagulant « sulfate d'alumine »	19
02	Détermination de la dose de l'adjuvant	20
03	Localisation du barrage Mexa	26
04	Variation de la turbidité à 8h du matin (en période pluviale)	46
05	Variation de la turbidité à 10h du matin (en période pluviale)	47
06	Variation de la turbidité à 13h de l'après-midi (en période pluviale)	48
07	Variation de pH à 8h du matin (en période pluviale)	49
08	Variation de pH à 10h (en période pluviale)	50
09	Variation de pH à 13h de l'après-midi(en période pluviale)	51
10	Variation de la température à 8h du matin (en période pluviale)	53
11	Variation de la température à 10h du matin(en période pluviale)	54
12	Variation de la température à 13h de l'après-midi(en période pluviale)	55
13	Variation de la conductivité électrique 8h du matin(période pluviale)	57
14	Variation de la conductivité électrique à 10h du matin(période pluviale)	58
15	Variation de la conductivité électrique à 13h de l'après-midi (période pluviale)	59
16	Variation de la turbidité à 8h du matin (période sèche)	60
17	Variation de la turbidité à 10h du matin(période sèche)	61
18	Variation de la turbidité à 13h de l'après-midi(période sèche)	62
19	Variation de pH à 8h du matin (période sèche)	64
20	Variation de pH à 10h du matin (période sèche)	65
21	Variation de pH à 13h de l'après-midi(période sèche)	66
22	Variation de la température à 8h du matin (période sèche)	67
23	Variation de la température à 10h du matin (période sèche)	68
24	Variation de la température à 13h de l'après-midi (période sèche)	69
25	Variation de la conductivité électrique 8h du matin (période sèche)	70
26	Variation de la conductivité électrique 10h du matin(période sèche)	71
27	Variation de la conductivité électrique 13h de l'après-midi (période sèche)	72
28	Variation de TDS	73
29	Variation du taux de chlore	74
30	Variation de l'ammonium	75
31	Variation des nitrates	76
32	Variation des nitrites	77
33	Variation du fer	78

34	Variation de l'indice permanganate	79
35	Variation des sulfates	80
36	Variation des bicarbonates	81
37	Variation du TAC	82
38	Variation du magnésium	83
39	Variation du calcium	84
40	Variation de la dureté totale	85
41	Variation de l'aluminium	86

Liste des photos

N°	Photos	Pages
01	Floculateur de laboratoire	19
02	Station de traitement des eaux potables Mexa	28
03	Chambre de contrôle du débit	29
04	Cascade d'aération	30
05	Débourbeur	31
06	Décanteur	31
07	Chicane	32
08	Injection des réactifs	32
09	Chambre coagulation/ recyclage des boues de mélange	33
10	Décanteurs lamellaires	34
11	Filtres	34
12	Pupitre de commande	35
13	Flacons des échantillons au laboratoire de la station	37
14	Multi paramètre	38
15	Turbidimètre	38
16	Spectrophotomètre	40
17	DPDN°1	43
18	Comparateur de chlore	43

Remerciements

Résumés

Abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Introduction

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1.1 Définition de l'eau	5
1.2. Répartition de l'eau sur la planète.....	5
1.3. Sources de l'eau	6
1.4. L'eau potable	6
1.5. Propriétés et caractéristiques des diverses sources d'approvisionnement de l'eau potable	10
1.5.1. Les eaux de surface.....	10

Chapitre II : Traitement des eaux de surface

2.1. Pourquoi traiter	14
2.2. Importance du traitement.....	14
2.3. Objectifs de traitement de l'eau.....	15
2.4. But du traitement des eaux.....	16
2.5. Traitement des eaux potables.....	16
2.6. Différentes étapes de traitement des eaux de surface.....	17
2.6.1. Prétraitement.....	17
2.6.2. Clarification : Coagulation-floculation.....	18
2.6.3. Coagulation	18
2.6.4. Floculation	21
2.6.5. Décantation.....	21

2.6.6. Filtration	22
2.6.7. Désinfection.....	22
2.7. Protocole de traitement de l'eau potable dans la station de Mexa.....	22
2.7.1. Pré chloration ou peroxydation.....	22
2.7.2. Coagulation	23
2.7.3. Floculation.....	23
2.7.4. Décantation.....	23
2.7.5. Filtration	24
2.7.6. Désinfection	24

Chapitre III : Matériel et méthodes

3.1. Présentation du barrage.....	26
3.1.1. Etat du barrage.....	27
3.1.2. Dangers éventuels	27
3.1.3. Rôle du barrage	27
3.2. Présentation de la zone d'étude	27
3.2.1. Qualité de l'eau traitée	28
3.3. Echantillonnage de l'eau à analyser.....	36
3.3.1. Méthode d'échantillonnage.....	36
3.3.2. Analyse complète.....	37

Chapitre IV : Résultats et discussion

4.1. Première quinzaine de l'échantillonnage.....	45
4.1.1. Mesure de la turbidité.....	45
4.1.2. Mesure du potentiel hydrogène (pH)	49
4.1.3. Mesure de la température	52
4.1.4. Mesure de la conductivité électrique	56
4.2. Deuxième quinzaine de l'échantillonnage	59
4.2.1. Mesure de la turbidité	60

4.2.2. Mesure du potentiel hydrogène (pH)	63
4.2.3. Mesure de la température	66
4.2.4. Mesure de la conductivité électrique.....	69
4.3. Mesure du taux des sels dissous.....	72
4.4. Mesure du chlore	73
4.5. Mesure de l'ammonium	74
4.6. Mesure des nitrates	75
4.7. Mesure des nitrites.....	76
4.8. Mesure du fer	77
4.9. Mesure de l'indice permanganate.....	78
4.10. Mesure des sulfates.....	78
4.11. Mesure des bicarbonates.....	80
4.12. Mesure du titre alcalimétrique complet (TAC).....	81
4.13. Mesure du Magnésium.....	82
4.14. Mesure du Calcium	83
4.15. Mesure de la dureté totale.....	84
4.16. Mesure de l'aluminium	85
Conclusion	88

Références Bibliographiques

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'eau est de toutes les matières la plus importante pour l'existence de l'homme. Elle est indispensable pour la survie et pour le développement de la société moderne. Sans elle, la vie comme nous le savons, cesserait d'exister. Cela est confirmé par le créateur de l'univers (Allah), tel qu'il est mentionné dans le Coran en ces termes « A partir de l'eau, nous avons constitué toute chose vivante ».

Sur la surface du globe, l'eau recouvre 70% de la superficie, mais malheureusement 97% de cette eau est salée et donc non potable. L'eau douce, facilement utilisable, ne représente que 3% de l'eau totale de notre planète. Dans ce faible pourcentage, les rivières et les lacs représentant 0,3%, alors que tout le reste est stocké dans les calottes polaires glacières (**Génin, 2003 in Ukundimana, 2011**).

L'Algérie renferme des sources variées d'eau potable réparties entre le Sud et le Nord et allant des nappes souterraines aux eaux de surface qui se présentent essentiellement dans les lacs, les oueds et les barrages. L'exploitation de ces ressources est très intense avec les besoins grandissants liés à l'essor démographique et le développement accéléré des activités économiques, notamment l'agriculture en irrigué et l'industrie. Une politique adéquate est alors appliquée, se basant sur un système de traitement et de suivi partagé entre les stations de laboratoires agréés par l'état assurant la deuxième tâche. Cette union permet un apport de qualité en matière de l'eau potable.

L'augmentation de la population (activité humaine), le développement industriel et de la technologie ont conduit à la pollution, et donc à la dégradation de la qualité de cette petite quantité d'eau disponible. Par conséquent, nous ne disposons pas de l'eau qui répond aux exigences qualitatives exigées pour l'eau potable.

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

L'eau brute captée en milieu naturel n'est pas toujours potable. Elle doit alors être acheminée par des canalisations jusqu'à une usine spécialisée dans le traitement de l'eau (station d'épuration), qui la rend « potable », c'est-à-dire consommable sans risque.

Avant d'arriver à nos robinets, l'eau captée doit subir une série d'opération afin de répondre à toutes les exigences de qualité.

La station de traitement de Mexa, notre site d'étude, est située dans la wilaya d'El-Tarf, rentrant dans le cadre de la politique de gestion et d'assainissement des eaux sous couvert d'une société économique appelée l'algérienne des eaux (ADE), assure une série de traitement physico-chimique de l'eau potable provenant du barrage Mexa, qui alimente la ville d'Annaba et les communes de la wilaya d'El Tarf (El Kala, Souarekh, El Ayoun , Ramel El Souk, Dréan, Besbes, Ben M'hidi, Echatt, Ben Amar, Bougous et Ain Assel). Ce traitement est appuyé par un suivi effectué dans des laboratoires agréés.

INTRODUCTION

L'objectif de notre étude porte sur la contribution à l'étude de l'efficacité du traitement des eaux potables par la méthode physico chimique et l'évaluation de ce traitement en s'appuyant d'une part : sur des analyses physico-chimique et d'autre part, sur la comparaison des résultats obtenus, notamment pour l'eau traitée, aux normes Algériennes concernant l'eau potable de consommation.

Ce mémoire est divisé en une synthèse bibliographique qui regroupe le premier et le deuxième chapitre. Le troisième chapitre est consacré à matériel et méthodes, le quatrième est réservé aux résultats obtenus et la discussion et ou termine avec une conclusion.

CHAPITRE I

Généralités sur l'eau

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1.1 Définition de l'eau :

L'eau est une source naturelle et un élément vital majeur, essentielle à la survie de l'humanité, à son essor économique, social et à l'équilibre écologique de son cadre de vie sur la planète terre. Elle est devenue un bien rare et précieux, de ce fait, sa préservation comme sa gestion exigent une mobilisation internationale.

La majeure partie de l'eau se trouve dans les océans, les mers, les lacs et les cours d'eau (**Bouhadjera et Necib, 2010**).

L'eau est un composé hydrogène –oxygène de formule chimique H_2O , plus particulièrement à l'état liquide. Les propriétés importantes de l'eau sont résumées dans sa carte d'identité suivante :

Nom : eau

État physique à la température ambiante : liquide

Masse d'un litre d'eau : 1kg

Signes particuliers : incolore, inodore, limpide et transparent (**Anonyme, 2005**).

trouvent, en particulier avec les microorganismes pathogènes pour l'homme (**Bouziati, 2006**).

1.2. Répartition de l'eau sur la planète :

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète, on la trouve partout, et sous de multiples formes : pluie, cours d'eau, mers, océans, lacs, nappes souterraines, vapeur, nuages, glaces...sans oublier toute l'eau contenue dans le sol et la végétation.

Tableau n° 01 : Volume d'eau terrestre sous forme liquide, solide et gazeuse (Kettaba, 1993)

Formes d'eau	Volume (km ³)	Pourcentage
Océans	1.348.000.000	97.39
Icebergs et glaciers	27.820.000	2.01
Nappes, humidité du sol	8.062.000	0.58
Lacs et rivières	225.000	0.02
Atmosphère	13.000	0.001
Total	1.384.120.000	100.00
Eau douce	36.020.000	2.60

Malgré les impressionnantes quantités d'eau présentes sur notre planète, nous ne pouvons en disposer de la faite de notre consommation que d'une part infime de toute cette eau. Il s'avère alors nécessaire pour obtenir l'eau potable, d'utiliser les eaux de surface, qui ne peuvent pas être directement consommées (**Kettaba, 1993**).

1.3. Sources de l'eau :

Elles sont les suivantes :

- Les nappes souterraines : Elles proviennent de la gravitation des eaux de pluie à travers le sol, jusqu'aux couches imperméables ou elles s'accumulent en nappes plus ou moins importantes et profondes, elles sont contenues dans les espaces interstitiels des particules de roches sédimentaires et dans les fissures des roches plus compacts. Elles affleurent parfois à la surface du sol sous la forme de sources ou bien elles peuvent être captées au moyen de puits ;
- Les mers et les océans ;
- Les eaux de surface (**Anonyme, 2005**).

a/ Eaux de surface :

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. On peut répartir les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de Lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée (**Desjardins, 1988 in Boukhari, 2013**).

Les eaux de surface sont issues essentiellement des précipitations. Elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux des lacs, des fleuves et des retenues d'eau de pluie. En plus, les grands ouvrages hydrauliques comme les barrages, les retenues collinaires et les réservoirs d'équilibre permettent d'emmagasiner de grandes quantités d'eau de surface.

Récemment et grâce aux procédés de dessalement, les eaux des mers et des sources saumâtres sont actuellement mobilisées pour les besoins domestiques (**Bouziati, 2006**).

1.4. L'eau potable :

a/ Eaux d'alimentation :

L'eau destinée à l'alimentation humaine est prélevée d'eaux brutes naturelles, possédant des qualités intrinsèques définies : limpidité et absence de coloration, absence de goût et d'odeur perceptible, elle doit être potable (**Bousseboua, 2006**).

b/ L'eau brute :

Désigne celle qui n'a pas été traitée, c'est-à-dire, l'eau dans l'état où elle est prélevée dans le milieu naturel, et qui n'a pas été introduite dans le réseau de distribution. Une simple oxydation n'est pas considérée comme un traitement.

Cette désignation d'eau brute n'implique pas de notions de qualité et en particulier ne signifie pas que l'eau concernée soit impropre à la consommation. Certaines eaux brutes présentent les caractéristiques des eaux destinées à la consommation humaine et sont distribuées sans traitement ; dès qu'elles sont introduites dans le réseau de distribution, elles perdent la qualification d'eau brute pour devenir eau potable (**Anonyme, 2004**).

c/ Définition de l'eau potable :

L'eau a toujours été considérée comme étant un élément indispensable et omniprésent au maintien de la vie. Elle est définie comme l'un des corps chimiques essentiels de notre planète.

Près de 70% de la surface de la planète (terre) est recouverte d'eau sous forme de gaz et de liquide, c'est pour cela qu'elle a une grande importance dans l'histoire de l'homme, car par ses propriétés exceptionnelles voire inattendues, elle continue d'intriguer et de passionner de nombreux chercheurs (**Guesmi, 2011 in Mender et al., 2015**).

Les eaux destinées à l'alimentation humaine doivent présenter un certain nombre de caractères physiques : limpidité, absence de coloration, d'odeur et de saveur. Elles doivent aussi et surtout être potables, c'est-à-dire exemptes d'organismes pathogènes et de tout polluant dangereux pour la santé de ceux qui la consomment. L'eau est potable lorsqu'elle n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment.

Elle ne doit contenir, ni substances chimiques, ni germes nocifs à la santé (**Bendjama, 2007 in Mender et al., 2015**).

Ces critères ou caractéristiques sont répartis en sept groupes :

- Paramètres organoleptiques : transparence, couleur, turbidité, odeur, saveur, (**Tab. n°02**) ;
- Paramètres physico-chimiques : pH, température, concentration en minéraux, conductivité (**Tab n°03**) ;
- Substances toxiques ou indésirables (arsenic, cadmium, plomb, nitrates, fluor...) Paramètres microbiologiques : bactéries nuisibles (coliformes, streptocoques fécaux...) ;
- Pesticides et produits apparentés ;
- Paramètres concernant les eaux adoucies livrées à la consommation humaine ;
- Paramètres relatifs aux substances indésirables : substances tolérées en très faibles quantités pouvant avoir une incidence sur la santé sans provoquer de désagréments à court terme (**Boukhari et Necer, 2011**).

d/ Normes de l'eau potable :

L'eau de consommation est déclarée potable si elle est conforme aux normes. C'est-à-dire qu'en plus de ses qualités physico-chimiques et organoleptiques, elle doit être exempte de tout organisme pathogène et de tout composé chimique polluant susceptible d'être nuisible à la santé des consommateurs.

Donc afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites, à ne pas dépasser pour ces substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Ces normes sont rigoureusement contrôlées et tiennent compte de l'élimination du plus grand nombre de risques connus pour la santé publique (**Bousseboua, 2006**).

Les tableaux ci-dessous représentent les normes de potabilité établies en Algérie.

Tableau n°02 : Normes de potabilité : Paramètres organoleptiques, norme algérienne

(Agence nationale de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement, 1995)

Paramètre	Unités	Niveau guide	Concentration maximale admissible	Observations
Odeur	Seuil de perception à 25°C	0	4	Au bout de quatre dilutions successives, aucune odeur de perçue
Saveur	Seuil de perception à 25°C	0	4	Au bout de quatre dilutions successives, aucune saveur de perçue.
couleur	-	-	25	
turbidité	NTU	1	5	

1/ Normes et recommandations pour les paramètres physiques et chimiques :

Ces normes visent à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé.

Tableau n°03 : Normes de potabilité : Paramètres physico-chimiques, normes Algérienne (Agence nationale de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement, 1995)

Paramètre	Unité	Niveau guide	Concentration Maximale admissible	Observation
pH	-	6.5 à 8.5	-	
Conductivité	µs/cm à 20°C	-	2800	En correspondance avec la minéralisation des eaux
Résidu sec	mg/l après séchage à 105°C	-	2000	
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	100	500	
Calcium	mg/l	75	200	
Magnésium	mg/l	-	150	
Sodium	mg/l	-	200	
Potassium	mg/l	-	20	
Sulfates	mg/l	200	400	
Chlorures	mg/l	200	500	
Nitrates	mg/l	50	50	
Nitrites	mg/l	0.1	3	
Ammonium	mg/l	0.05	0.5	
Phosphate	mg/l	-	0.5	
Oxydabilité au KMNO ₄	mg/l	-	3	
Oxygène dissous	mg/l	-	-	
Aluminium	mg/l	-	0.2	

Tableau n°04 : Normes de potabilité : Paramètres de substances indésirables ou toxique, norme Algérienne (Agence national de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement,1995).

Paramètres	unité	Niveau guide (mg/l)	Concentration Maximale Admissible
Argent(Ag)	mg/l		0.05
Arsenic(Ar)	mg/l	0.01	0.05
Barym(Ba)	mg/l	0.7	1
Cadmium(Ca)	mg/l	0.003	0.01
Cyanures(CN)	mg/l	-	0.05
Chrome(Cr)	mg/l	-	0.05
Cuivre(Cu)	mg/l	0.05	1.5
Fer (fe)	mg/l	-	0.3
Fluor(F)	mg/l	0.3	2
Manganèse(Mn)	mg/l	-	0.5
Mercure(Hg)	mg/l	-	0.001
Plomb(Pb)	mg/l	-	0.05
Hydrogène sulfuré(H ₂ S)	mg/l	-	0.02
Sélénium(Se)	mg/l	-	0.01
Zinc(Zn)	mg/l	3	15
Hydrocarbures polycycliques aromatiques(HPA)	mg/l	-	0.2
Nickel	mg/l	50	
Phosphore	mg/l	05	

1.5. Propriétés et caractéristiques des diverses sources d'approvisionnement :

1.5.1. Les eaux de surface :

C'est l'eau qui est recueillie directement dans un ruisseau, une rivière, un lac, un étang, une source, ou ayant une origine similaire. L'eau de surface n'est généralement pas propre à la consommation sans traitement.

La qualité des eaux de surface varie fortement suivant leur origine. Selon le cas, elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matière organiques naturelles, acides, peu minéralisées, Elles sont également vulnérables aux pollutions.

De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes et comprennent généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration, minéralisation et neutralisation de l'acidité.

L'eau de surface peut aussi être filtrée sur du charbon actif.

L'ozonisation est aussi une technique utilisée pour éliminer les micros polluants, les germes, les virus, les mauvais goûts, les couleurs et les odeurs (**Bouhadjera et Necib, 2011**).

CHAPITRE II

Traitement des eaux de surface

Chapitre II : Traitement des eaux de surface

L'eau dont nous disposons dans la nature n'est pas directement utilisable pour la consommation humaine ni pour l'industrie, car elle n'est pas, sauf de rares cas, suffisamment pure.

2.1. Pourquoi traiter ?

Dans tous les cas, l'eau mise à disposition du consommateur dans le réseau de distribution doit être traitée, même si l'homme n'en consomme directement qu'une très faible proportion. Il est en effet dangereux pour la santé et économiquement prohibitif d'envisager un double réseau de distribution, l'un des réseaux distribuant l'eau destinée à la consommation et l'autre réseau distribuant l'eau destinée aux autres usages.

Quel que soit l'usage qu'en fera le consommateur, l'eau arrivant au robinet de ce consommateur doit donc être « potable », c'est-à-dire doit répondre à la réglementation en vigueur.

Il est nécessaire de traiter l'eau à chaque fois que l'un des paramètres analytiques est supérieure aux normes, l'OMS établit pour chaque paramètre, des recommandations qui doivent être adaptées dans chaque pays, en fonction de l'état sanitaire et des considérations économiques de ce pays, pour aboutir aux normes réglementaires nationales (**Anonyme, 1989**).

2.2. Importance du traitement :

L'eau est le milieu interne essentiel pour tous les organismes (**Mackenzie, 2000**). C'est l'indice de la santé car le corps humain est composé de 65% d'eau pour un adulte, de 75% chez les nourrissons voire de 94% chez les embryons de 3 jours.

L'eau remplit plusieurs fonctions :

- Elle participe aux nombreuses réactions chimiques dont le corps humain est le siège ;
- Elle assure le transit d'un certain nombre de substances dissoutes indispensables aux cellules ;
- Elle permet l'élimination des déchets métaboliques ;
- Elle aide au maintien d'une température constante à l'intérieur du corps (**Necer et al 2010**).

L'eau est également un vecteur de nombreux parasites, bactéries ou virus. Une eau en apparence limpide et pure peut cacher des microorganismes ou des polluants.

Aujourd'hui la croissance démographique, la pauvreté et l'industrialisation ont augmenté la quantité et la diversité des déchets rejetés dans les rivières et les lacs, ce qui a donné naissance à de nouveaux problèmes (virus, métaux lourds, micropolluants...) engendrant des pollutions et des maladies à transmission hydrique (MTH).

L'organisation mondiale de la santé (OMS), estime que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont directement associées à l'eau. On retrouve ainsi en permanence 400 millions de personnes atteintes de gastro-entérite, 200 millions de schistosomiase (bilharziose), 160 millions de paludisme et 300 millions d'onchocercose. On estime par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile (**Raymond, 1990**).

Les maladies liées à l'eau se répartissent en 4 catégories :

- ✓ Les maladies hydriques : le choléra, la typhoïde, la polio, la diarrhée.
Les diarrhées sont une des premières causes de mortalité infantile en Afrique : un bébé né en Afrique a 520 fois plus de chance de mourir de diarrhée qu'un bébé né en Europe.
- ✓ Les maladies transmises par l'eau : par des vecteurs, comme les moustiques et les mouches tsé-tsé, qui se reproduisent ou vivent dans ou près des eaux polluées et non polluées.
Les principales maladies transmises par l'eau sont : le paludisme, la fièvre jaune, la fièvre dengue, la maladie du sommeil et la filariose.
- ✓ Les maladies dues au manque d'eau et à l'absence de structures d'assainissement : le trachome et la tuberculose. Le trachome, l'une des causes les plus fréquentes de cécité dans les pays en voie de développement, est lié à l'extrême pauvreté et au manque d'hygiène, déclenché par des bactéries qui causent des conjonctivites répétées, il se propage facilement en particulier là où il y a peu d'eau pour se laver les mains et le visage régulièrement. Il y a 6 millions de nouveaux cas chaque année de cette maladie facilement évitable en Afrique.
- ✓ Les maladies d'origine aquatique comme la schistosomiase (bilharziose).

Améliorer l'accès à l'eau salubre et à l'assainissement pourrait réduire de façon spectaculaire les maladies et les décès dans les pays pauvres, spécialement chez les femmes et les jeunes filles.

Ces maladies conduisent non seulement à la mort mais à des grosses pertes économiques et cela, pour les pays développés et ceux en voie de l'être. Une étude récente a révélé, que chaque année aux Etats unis, 35000 personnes étaient victimes de salmonelles et 75000 d'hépatite à virus A. Ces infections entraînent respectivement des dépenses totales d'hospitalisations, mortalité et pertes de rendement, d'où la nécessité de traitement de l'eau avant d'être consommée (**Raymond, 1990**).

En général, la qualité des eaux brutes nécessite le plus souvent, un traitement plus au moins complexe (**Algérienne des eaux, 1999**)

2.3. Objectifs de traitement de l'eau :

Selon Kettaba, 1993, les objectifs du traitement de l'eau peuvent être répartis en trois groupes :

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

Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle, qui est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie.

2.4. But du traitement des eaux :

Il aura pour but :

- De clarifier l'eau (débarrasser l'eau brute de ses particules colloïdales et en suspension) ;
- De rendre l'eau bactériologiquement pure et exempte de micropolluants (**Dupont, 1978 in Boukhari, 2013**)

2.5. Traitement des eaux potables

Les eaux destinées à la consommation humaine, avant leur traitement sont dites eaux brutes qu'elles soient d'origines souterraines ou superficielles.

Les eaux captées dans la nature, et surtout les eaux de surface, ne présentent souvent pas les qualités physiques, chimiques et biologiques désirables pour la consommation. Pour leur conférer les propriétés souhaitées, afin de les rendre potables, il faut les traiter.

Trois aspects seront examinés :

- L'élimination des matières solides en suspension, par décantation ou par filtration ;
- La stérilisation, principalement, par l'action soit du chlore ou de dérivés chlorés, soit de l'ozone ;
- L'amélioration, qui corrige les propriétés chimiques de l'eau, soit par addition de corps chimiques appropriés, soit par adsorption de corps nuisibles à supprimer (**Bonnin, 1982**).

Si pour l'eau brute souterraine, une aération et une désinfection suffisent généralement à la rendre potable, une eau superficielle nécessite selon sa composition et charge en matières en suspension des procédés de traitement appropriés.

2.6. Différentes étapes de traitement des eaux de surface :

Le traitement de l'eau potable passe par 03 étapes : prétraitement, traitement de clarification et traitement bactéricide.

2.6.1. Prétraitement :

Il arrive souvent, surtout en période de crue, que l'eau brute véhicule la plupart des substances et matériaux se trouvant à la surface du sol, allant des gros débris jusqu'aux matières dissoutes, en passant par des dispersions colloïdales.

Pour préserver la station et ses annexes contre les chocs de ces gros débris charriés et mener à bien la chaîne de traitement, on installe à la prise d'eau des grilles et des tamis (**Degrenont, 1978**). Pour cela, on peut distinguer selon la qualité d'eau brute trois post-traitements :

a) Dégrillage :

Il consiste à éliminer les particules de grosse taille comme les branches, le sable..... Une fois éliminée, l'eau passe dans un bassin de sédimentation ou bassin de débouage afin que les particules supérieures à 1micron de diamètre se décantent naturellement.

Le dégrillage indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet :

- De protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation ;
- De séparer et l'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute et qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants (**Balaska, 2005**).

b) Tamisage :

Outre les grilles mécaniques à fentes fines et à espacements de 3 mm ou 6 mm, nécessaires dans certaines chaînes de traitement, il peut être utile de disposer de tamis à orifices plus étroits.

*Macro tamisage :

Les éléments filtrants sont constitués de toiles perforées ou le plus souvent, de toiles à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique, présentant des ouvertures de 0,15 à 2 mm. Les tamis sont réalisables sous forme de tambours de 1,5 à 6 m de diamètre ou de bandes de 1 à 3 m de longueur et dont la hauteur de 3 à 15 m est adaptée aux rivières à niveau variable (**Ricardo, 2006**).

*Micro tamisage :

Le micro tamisage est une opération destinée à faire passer un liquide contenant des impuretés à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse.

c) Débourage :

Le débourage est une étape de séparation solide-liquide qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées. Le but de cette pré-décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute, d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et fournir à l'étape de décantation principale, une eau de qualité acceptable (Balaska, 2005).

2.6.2. Clarification : Coagulation-floculation :

Le processus de coagulation-floculation est appliqué directement à l'eau brute, de ce fait, il est, avec l'oxydation, l'un des procédés le plus important dans les filières de traitement des eaux.

2.6.3. Coagulation :

C'est une opération qui consiste à provoquer dans un premier temps la déstabilisation des matières en suspension et des substances colloïdales, puis leur agglomération en flocons décantables par l'ajout de coagulant comme le sulfate d'alumine (Anonyme, 1989).

➤ Paramètres influençant la coagulation :**a) L'influence du pH :**

Le pH a une influence primordiale sur la coagulation. Il est d'ailleurs important de remarquer que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation est à prendre en compte afin de ne pas sortir de la plage optimale de précipitation du coagulant. La plage du pH optimale est la plage à l'intérieure de laquelle la coagulation a lieu suffisamment.

En effet, une coagulation réalisée à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation, qui est compris entre 15 secondes et 3 minutes. Le pH a également une influence sur l'élimination des matières organiques.

b) l'influence de la dose du coagulant :

La dose de réactif est un paramètre à prendre en considération. Le coagulant qui est habituellement fortement acide a tendance à abaisser le pH de l'eau. Pour se placer au pH optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base.

Une dose de coagulant excessive entraine une augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante. La quantité de réactifs ne peut pas se déterminer facilement, elle est effectuée par analyse hors ligne au laboratoire tous les jours, à l'aide d'un essai expérimental appelé « jar-test » (Cardot, 1999).

➤ Jar-test :

Ce test est effectué au laboratoire pour déterminer les taux de traitement, à appliquer à l'eau brute, pour obtenir le meilleur fonctionnement de la station.

***Matériel nécessaire à ce test :**

- Une flocculateur de laboratoire permettant d'agiter simultanément à la même vitesse, 6 béchers de 1000ml d'eau



Photo n°01 : Floculateur de laboratoire (©Amraoui et Ogab, 2022)

***Mode opératoire du jar-test :**

- Détermination de la dose de coagulant (sulfate d'alumine)
- Prélever l'eau brute dans un seau ou dans une cuve ayant une capacité de 15 à 20 litres ;
- Bien agiter cette eau et introduire dans chaque bécher 1000ml d'eau ;
- Dans chaque bécher, on ajoute une solution de sulfate d'aluminium. Les doses sont établies comme suit (Fig. n°01).

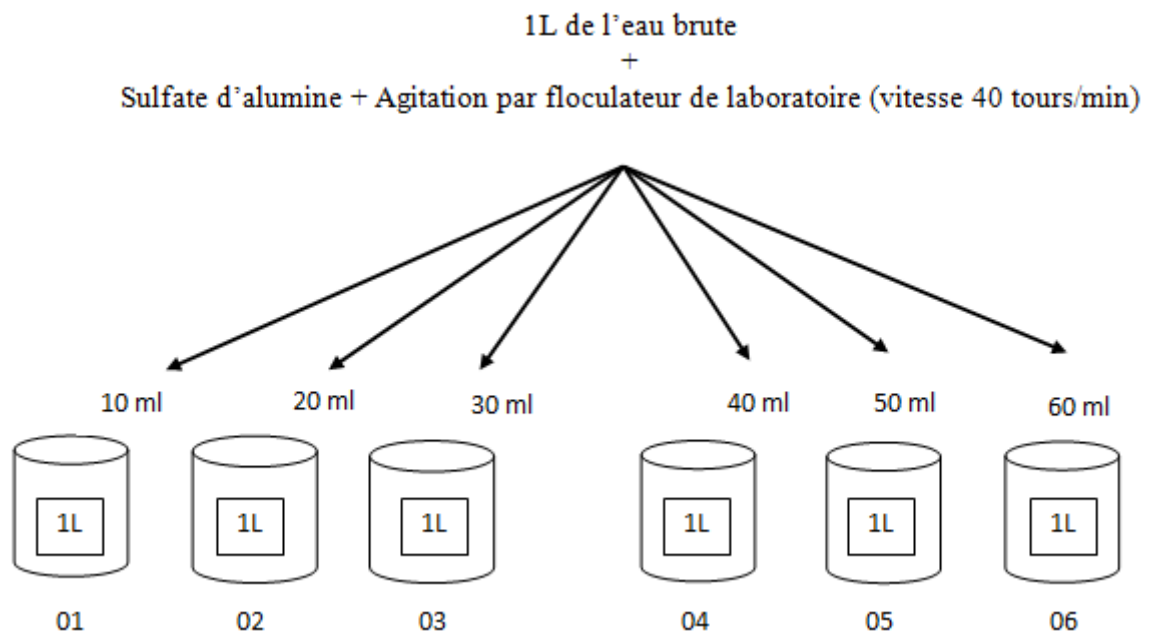


Figure n°01 : Détermination de la dose du coagulant « sulfate d'alumine » (Necer et *al.*, 2010)

- ✓ Mettre une note de floculation, en prenant les bases suivantes :
 - 0 → pas de flocons ; 2 → opalescent ; 4 → petits points ; 6 → moyen ; 8 → bon ; 10 → très bon
- ✓ Choisir le ou les meilleurs échantillons qui permet ou qui permettant d'obtenir l'eau la plus limpide, les flocs les plus gros et les meilleurs décantés.
- ✓ Après avoir choisis le ou les échantillons, on procède à la mesure du pH et de la turbidité.
- ✓ Porter les résultats sur la feuille « Essai de Floculation ».

N.B : On prend en considération le pH le plus neutre et le moins turbide sans oublier l'aspect économique pour déterminer la dose de sulfate.

- Détermination de la dose de floculant (adjuvant, polyélectrolyte ou polymère) :

Le but de floculant est d'augmenter la grosseur du floc ainsi que sa vitesse de décantation.

- Avec la quantité de sulfate d'alumine ayant permis dans les essais précédents d'obtenir la meilleure turbidité, il faut recommencer une série d'essai en ajoutant des doses croissantes de floculant.
- Dans chaque bécher, on ajoute une solution de polymère. Les doses sont établies comme suit (Fig n°02) :

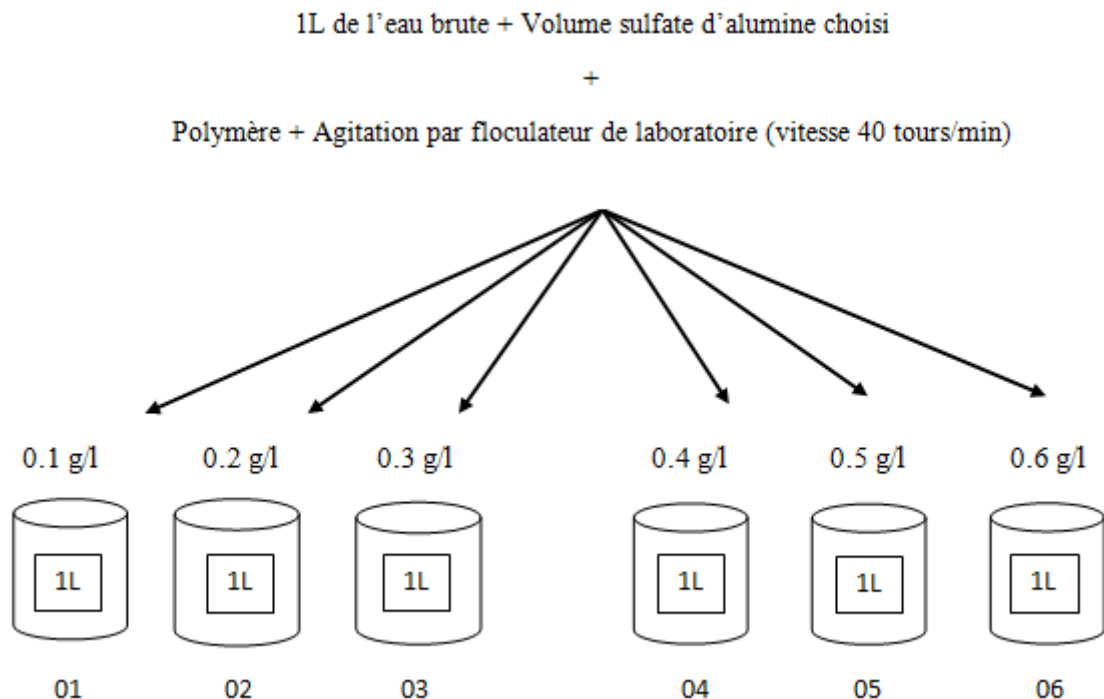


Figure n° 02 : Détermination de la dose de l'adjuvant (Necer et al, 2010).

- Faire les mêmes observations que précédemment ;
 - Pour déterminer la dose de polymère, on s'appuie sur les critères précédents pour choisir le meilleur échantillon.
- Selon les doses choisies, on fait la préparation des réactifs dans les bacs de réactifs.

c) L'influence de la température :

La température joue un rôle important. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons. (Cardot ,1999).

d) L'influence de la turbidité :

La turbidité est, elle aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant.

Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des matières en suspension (MES) favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajoute un adjuvant de floculation. (Cardot ,1999).

2.6.4. Flocculation :

Est un processus qui a lieu en fin de coagulation, et consiste à favoriser la croissance des floccs macroscopiques avec l'utilisation d'additifs tels les adjuvants de floculation. Elle est indispensable à la préparation de l'eau en vue de la sédimentation et de la filtration de telle manière que sa vitesse de passage à travers les filtres à sable rapide ou mécanique soit assez élevée et que l'exploitation soit économique.

Après avoir été déstabilisé par le coagulant, les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact. Le floc ainsi formé, peut décanter, flotter ou filtrer suivant le procédé de rétention choisi.

2.6.5. Décantation :

C'est l'étape suivant la clarification, a pour objet de laisser se déposer le floc décantable et, par conséquent, de diminuer la concentration des solides en suspension qu'il faudra retenir par filtration.

Au cours de la décantation, les particules solides (MES) s'accumulent au fond du bassin de décantation et on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration (**Racox, 1967**).

2.6.6. Filtration :

La filtration de l'eau est un procédé permettant la séparation solide-liquide à travers un support poreux (sable). L'objectif recherché par la filtration est tout d'abord celui d'améliorer la qualité de l'eau décantée, essentiellement du point de vue de la turbidité.

2.6.7. Désinfection :

La désinfection vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes, qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptibles de causer des maladies infectieuses chez l'homme. Cette inactivation est obtenue par un traitement chimique.

Hormis la désinfection par les Ultraviolets laquelle est très peu utilisée, le principe de la désinfection repose sur l'oxydation.

L'oxydation est un procédé utilisable à différents stades de traitement :

- En tête de filière elle permet :
 - ✓ L'oxydation de la micropollution organique ;
 - ✓ L'élimination des goûts et des odeurs ;
 - ✓ L'inhibition de la croissance algale en clarification.

- En fin de traitement : elle assure la désinfection de l'eau avant sa distribution, l'oxydant le plus utilisé est le chlore et ses dérivés (**Anonyme, 1991**).

2.7. Protocole de traitement de l'eau potable dans la station de Mexa :

L'eau arrive du barrage Mexa par une conduite en béton de 2.5 Km passe par une chambre de contrôle du débit afin de réguler et mesurer le débit entré à la station, l'eau ensuite arrive à la cascade d'aération pour assurer les 70% de saturation requis en fin de traitement, après avoir été aérée, l'eau arrive au déboureur ensuite, elle suit les différentes étapes de traitement de l'eau brute qui sont au nombre de 06 dans la station de traitement de Mexa.

2.7.1. Préchloration ou préoxydation :

A l'entrée de l'eau brute dans le processus de traitement, la première opération qu'elle subit est la préchloration, elle correspond à l'application d'une dose de chlore ou un de ses dérivés (hypochlorite de calcium ou hypochlorite de sodium) ainsi que l'ozone à l'eau brute avant n'importe quel traitement.

Elle porte sur :

- Oxydation de la matière organique ;
- Oxydation des microorganismes susceptibles de se développer dans les ouvrages ;

- Prévention de la formation des algues ;
- Oxydation et élimination des composés minéraux tel que le fer, le manganèse, l'ammoniaque, l'azote ammoniacal ;
- Oxydation des micropolluants organiques ;
- Elimination de la couleur.

2.7.2. Coagulation :

S'effectue dans le décanteur et plus précisément dans la chambre coagulation/recyclage des boues/ de mélange qui, elle-même, comporte plusieurs étapes :

- La première chambre (coagulation) : l'injection de polymère est introduite, la chambre est équipée d'un électro-agitateur. Pour optimiser l'homogénéité et augmenter le temps de séjour, l'eau passe alternativement par le haut et par le bas de ces bassins.
- La deuxième chambre : sert à l'introduction au mélange des boues recyclées pour : augmenter la concentration des MES dans les chambres de mélange pour que les particules isolées se rencontrent et s'accrochent à un floc jusqu'à avoir une turbidité inférieure à 300 NTU
- La troisième chambre : chambre de mélange des boues recyclées avec l'eau coagulée par le polymère et introduite énergiquement, début de formation des petits flocons pour la floculation.

Profiter de l'apport d'un résiduel de réactifs accumulés dans la boue décantée améliore le rendement de la coagulation/floculation/décantation et diminue les besoins en réactifs.

2.7.3. Floculation :

C'est une opération complémentaire à la coagulation et consiste à un grossissement des flocons formés par l'aluminium sous l'influence d'une agitation lente et l'ajout d'un polymère.

Elle vise à assurer une grande cohésion des flocons et une meilleure vitesse de sédimentation.

2.7.4. Décantation :

Elle se fait dans le bassin décanteur, c'est la phase de séparation gravitaire des matières insolubles dans l'eau, elle vise à éliminer les flocons de la coagulation-floculation. La vitesse de cette opération est accélérée par deux agitateurs à vitesse lente.

La décantation ne se fait pas de la même vitesse pour toutes les particules, vue la différence de densité.

Dans les décanteurs lamellaires (phase de clarification) la boue sera véhiculée vers la fosse centrale par rotation du pont racleur.

L'épaississement des boues se fait par la herse en facilitant la séparation eau/boue. L'eau sortant du bassin décanteur est dite « eau décantée ».

2.7.5. Filtration :

L'eau décantée passe ensuite dans les filtres (une batterie de 06 filtres, chaque filtre présente 02 cellules) et subit une filtration à travers un lit filtrant constitué de sable traité à épaisseur et granulométrie bien précises (0.80 – 1.25m) supporté par des tapis de 10 cm de graviers, des dalles de plancher de filtre (support lit filtrant) et des crépines de filtration et 1m de haut.

2.7.6. Désinfection :

L'eau traitée passe ensuite dans la bache à eau où elle sera sujette à une désinfection, consistant à ajouter du chlore ou l'un de ses dérivés, dans notre cas on ajoute des hypochlorites avant sa distribution.

Cette dernière opération a pour but d'éliminer les microorganismes susceptibles d'être présent et de préserver l'eau contre toute contamination probable lors de son cheminement vers les sites de distribution. L'eau sortant est dite « eau traitée ».

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

Chapitre III : Matériel et méthodes

3.1. Présentation du barrage :

Les eaux traitées au niveau de la station de traitement viennent du barrage Mexa qui est localisé dans la wilaya d'El-Tarf à 7 km de la frontière Algéro-Tunisienne, d'une petite superficie sans aucune importance pour le territoire Tunisien et à 10 Km au Sud est de la ville d'El-Tarf.

Le barrage est construit sur l'oued El Kebir (confluence entre deux oueds Bougous et Baloutta qui prend naissance sur le territoire tunisien) (Djellab et Seraoui, 2009) et se trouve à 5km à l'Est du chef-lieu de la ville d'El-Tarf. Il a été réalisé entre 1983 et 1999 par l'entreprise nationale de la réalisation des barrages (ENRB) et sa mise en service a été en 2003(Fig. n°03).

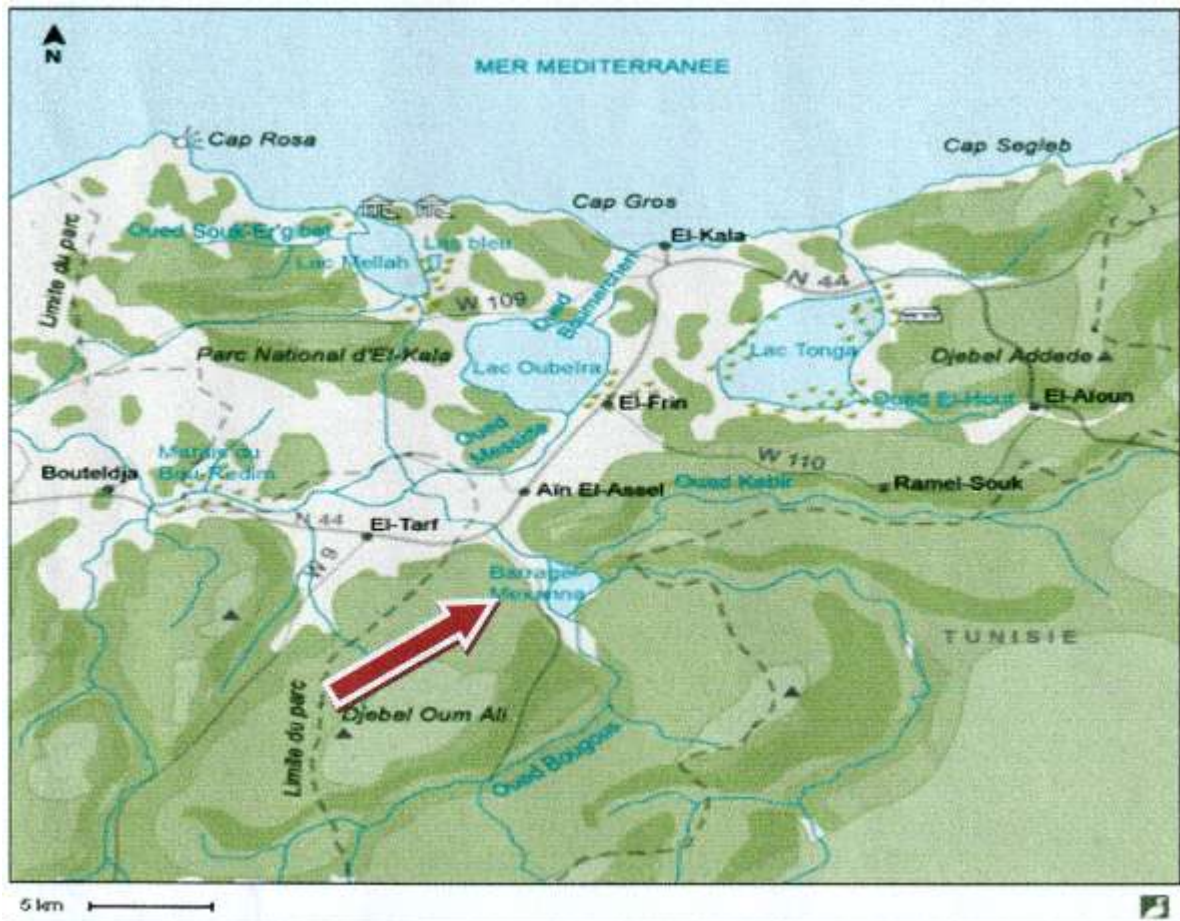


Figure n°03 : Localisation du barrage Mexa (www.googlemap.com)

Le barrage, a une capacité de 30.27 Hm avec un volume régularisé de 57 Hm³. Sa longueur est de 650 m, sa superficie est de 402 m et la pluviométrie moyenne annuelle qui est de 800mm lui permet de recevoir un apport annuel de 103Hm³/ an.

3.1.1. Etat du barrage :

- ❖ Les transports solides sont de l'ordre de 0.2 Hm^3 /an pour éviter l'envasement à moyen et long terme, le secteur a accéléré les travaux de réalisation du barrage Bougous.
- ❖ Les équipements sont en bon état (Digue, évacuateur de crue).
- ❖ Les groupements d'habitation qui entourent le barrage sont : Mechta Ramel Doukhane, el Hammam dans la commune de Bougous.
- ❖ L'agence nationale des ressources en eau (ANRH) est chargée du suivi de la qualité de l'eau.

3.1.2. Dangers éventuels :

- ❖ Les groupements d'habitation qui peuvent être touchés en cas de fort lâcher sont la ville d'El-Tarf et la commune de Ain Assel, mais du fait que le barrage est équipé d'un déversoir avec 60 m de longueur et d'une capacité d'évacuation qui est de 1800 m³/s, il n'y a pas de forts lâchers.
- ❖ L'inondation de la plaine d'El-Tarf.

3.1.3. Rôle du barrage :

- ❖ L'alimentation en eau potable de la ville d'Annaba et les agglomérations secondaires relevant de la wilaya d'El-Tarf : El Tarf chef lieu de wilaya , El kala, Souarekh, El Ayoun, Ramel Souk, Dréan, Besbes, Ben M'hidi, Echatt, Ben Amar, Bougous et Ain Assel.
- ❖ Régularisation des crues de l'oued Kébir et également réduire les inondations vers la plaine d'El Tarf (**Anonyme, 2013**).

3.2. Présentation de la zone d'étude :

Comme zone d'étude nous nous sommes intéressées à la station de traitement de l'eau potable de Mexa qui est située près de l'oued kébir. La mise en service des installations date de 2003 et a été faite par les Allemands. La station a une capacité de traitement de 2000 L/s.

La station a pour but de potabiliser et de traiter un débit d'eau brute du barrage Mexa de qualité contractuelle et dans la limite d'une teneur en MES inférieure à 40g/l et ceci pour produire de l'eau potable à un débit moyen de 1000 l/s pour alimenter les communes de la Wilaya d'El Tarf et le réservoir principal d'El Kala jusqu'aux communes frontalières El Aioun et Ramél Souk et aussi la wilaya d'Annaba jusqu'au réservoir principal Chaiba (photo n°2).



Photo n°02 : Station de traitement des eaux potables Mexa (©Amraoui et Ogab ,2022)

La station régularise aussi les crues de l'oued Kebir et réduit les inondations vers la plaine d'El-Tarf.

3.2.1. Qualité de l'eau traitée :

L'eau traitée devra être potable. La station sera mise à l'arrêt temporairement ou fonctionnera à débit réduit si des facteurs notamment au niveau des MES et la qualité microbiologique de l'eau brute ne permettent pas d'assurer la potabilisation.

Généralement la qualité de l'eau sera conforme aux recommandations de l'OMS.

1/ Conduite d'alimentation en béton :

C'est le premier ouvrage du site de la station de traitement. L'eau brute arrive dans cet ouvrage, par conduite gravitaire en provenance du barrage de Mexa situé à une distance de 2.5 Km. L'ouvrage a pour fonction l'isolement et la répartition des débits en provenance du barrage Mexa, Bougous vers la station.

L'eau captée est amenée à la station de traitement, traitée, puis stockée en hauteur pour obtenir une pression suffisante et régulière afin d'alimenter la population.

2/ Chambre de contrôle du débit et dissipation de l'énergie hydraulique par une vanne papillon :

Cet ouvrage est attenant à l'ouvrage d'arrivée d'eau brute, il a pour fonction principale la régulation et la mesure du débit d'eau à l'entrée de la station de traitement (**Anonyme, 2004**).

Il assure également une fonction de sécurité contre les débordements sur la station, par la fermeture accidentelle des vannes d'entrée, l'arrêt de la production par niveau haut dans un des réservoir d'eau traitée et aussi la mesure de certaines caractéristiques de l'eau brute, pH, température et turbidité (**photo n°03**).

La chambre de contrôle est composée de :

Un débitmètre électronique, une pompe d'échantillonnage pour la prise d'eau brute et 4 vannes papillon :

- ✓ Vanne papillon d'isolement et de perte de charge.
- ✓ Vanne papillon de régulation.
- ✓ Vanne manuelle avec tuyauterie de contournement de l'ensemble des vannes et débitmètre.
- ✓ Vanne de vidange.



Photo n°03 : Chambre de contrôle du débit (©Amraoui et Ogab ,2022)

3/ Cascade d'aération :

Une cascade en béton est constituée d'un canal central avec des marches créant 4 chutes d'environ 0.3m sur 4m linéaires, chacune pour être efficace. Elle sert à l'aération de l'eau brute. Cette aération peut être nécessaire pour assurer les 70% de saturation requis en fin du traitement. Elle contient aussi des injections des réactifs chimiques (conduite polymère, sulfate et chlore) et un réservoir sous cascade.

Le réservoir sous cascade assure la distribution vers les débourbeurs ou la conduite de contournement, une zone non aérée pour l'injection du chlore de pré chloration (**anonyme, 2004**).



Photo n°04 : Cascade d'aération (©Amraoui et Ogab ,2022)

4/ Débourbeurs :

Les débourbeurs sont indépendants et au nombre de deux et chacun pour 1000 l/s. Ils assurent la réduction des matières en suspension de l'eau brute jusqu'à un niveau permettant le traitement par les décanteurs lamellaires.

Ils sont utilisés normalement pour une teneur en matières en suspension de 3 à 4 g/l et jusqu'à 40 g/l. au-delà de cette quantité la station sera mise à l'arrêt.

Les éléments montés sur la partie tournante seront alimentés par l'intermédiaire d'un collecteur situé au centre du pont. Les débourbeurs sont en arrêt pendant l'été (eau claire).

Chaque débourbeur est équipé d'un pont racleur, d'une vanne télescopique motorisée, d'une vanne de vidange, de déversoirs métalliques et d'un batardeau sur le chenal de sortie.

Il existe un ouvrage intermédiaire entre la cascade d'aération et les deux débourbeurs responsables du passage de l'eau entre les deux éléments. (Ukundimana,2011).



Photo n°05 : Débourbeur (©Amraoui et Ogab ,2022)

5/ Décanteurs :

La fonction principale de l'ouvrage de décantation est de réduire la teneur en matière en suspension à un niveau suffisamment bas pour permettre la filtration.

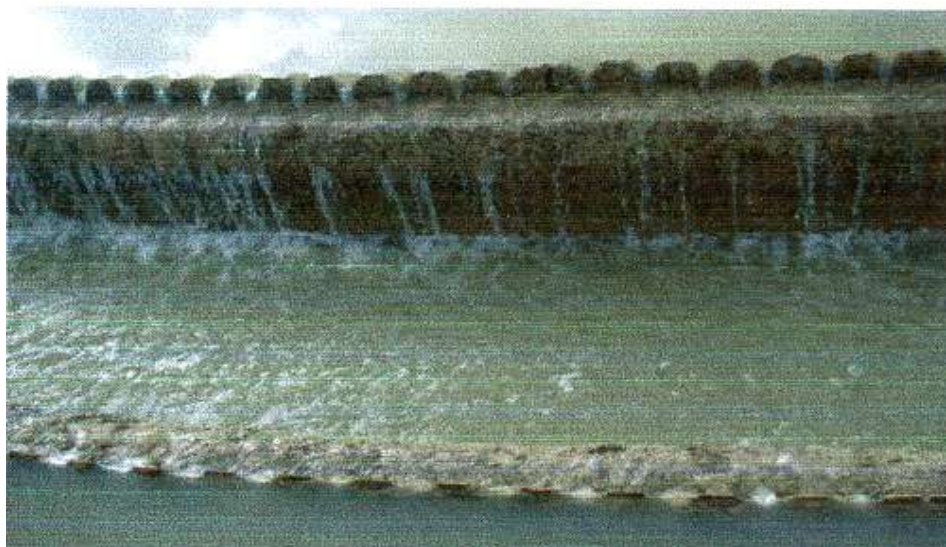


Photo n°06 : Décanteur (©Amraoui et Ogab ,2022)

L'ouvrage se décompose de :

❖ Chambre de répartition de débit (RDC) :

- ✓ Présente sous forme de chicanes pour mélanger les réactifs.
- ✓ Deux vannes murales d'isolement.
- ✓ Une conduite de recirculation des eaux sales de lavage des filtres.
- ✓ Un système de mesure de pH.



Photo n°07 : Chicane (©Amraoui et Ogab ,2022)

❖ Conduite d'injection des réactifs composée de :

- ✓ Deux lignes de dosage du permanganate.
- ✓ Une ligne pour l'injection d'hypochlorite de calcium.
- ✓ Deux lignes de dosage du sulfate d'alumine.
- ✓ Deux lignes de dosage de lait de chaux.
- ✓ L'injection du charbon actif.



Photo n°08 : Injection des réactifs (Amraoui et Ogab ,2022)

Le décanteur comporte plusieurs chambres de traitement :

- ✓ Chambre coagulation /recyclage des boues de mélange.



Photo n°09 : Chambre coagulation/ recyclage des boues de mélange (©Amraoui et Ogab ,2022)

- ✓ Chambre de floculation :

L'objectif de la floculation est l'agglomération des particules colloïdales déstabilisées (ou coagulées) ainsi que les autres particules issues de la recirculation des boues et des eaux sales de lavage.

Cette étape de traitement consiste donc à augmenter la taille des floes et réduire la turbidité interstitielle. Ceci se réalise par une agitation lente et contrôlée favorisant une bonne croissance des floes sans toute fois les casser après leur formation (Ukundimana,2011).

6/Décanteurs lamellaires (clarification) :

Le système de lamelles est constitué de 1793 plaques parallèles et placé à une distance de 50mm avec une inclinaison de 55°.

Le fonctionnement des lamelles/supports est fixe et réglé à la mise en route. Ils assurent l'équi-répartition du débit traversant chaque paquet de lamelles.

Le point décanteur : Lors de la rotation du pont, le réacteur circulaire permet l'entrée de la boue vers la fosse centrale. La herse contribue à l'épaississement des boues en facilitant la séparation eau/boue.

Remarque :

Si une eau a une odeur ou un goût, on ajoute le charbon actif puisqu'il aide à l'absorption des huiles.

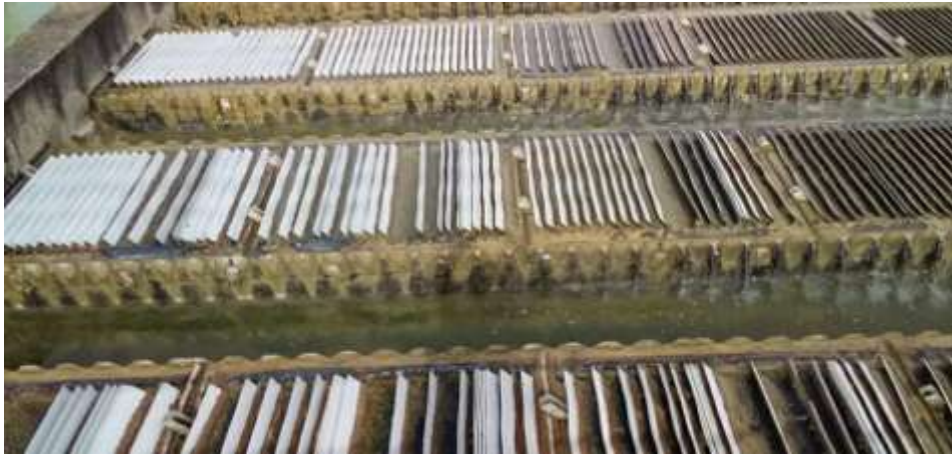


Photo n°10 : Décanteurs lamellaires (©Amraoui et Ogab ,2022)

7/ Filtres :

L'ouvrage de filtration est constitué d'un canal en béton pour la distribution de l'eau décantée. Il est formé d'une centrale et d'une batterie de 6 filtres. Chaque filtre présente 2 cellules et une vanne de régulation de niveau, un lit filtrant constitué de sable.



Photo n°11 : Filtres (©Amraoui et Ogab ,2022)

Chaque filtre est composé de :

- ✓ Une vanne murale d'entrée.
- ✓ Une goulotte de répartition de débit vers les deux cellules avec déversoir béton.
- ✓ Un lit filtrant constitué d'une couche de sable supporté par un tapis de graviers.
- ✓ De dalles de plancheur de filtres, support du filtrant.
- ✓ De crépines de filtration ($60/m^3$ de surface).

L'eau ayant subi préalablement les étapes de pré chloration, éventuellement débouillage et décantation, sa filtration sur un lit de sable d'une granulométrie adapté permet d'obtenir une eau filtrée répondant aux critères de potabilité avant désinfection. (6 filtres sont en service).

❖ Lavage des filtres :

Lorsqu'un filtre est colmaté, il y a lieu de le laver en respectant la séquence suivante :

- ✓ Détassage à l'air seul durant plus ou moins 3 à 4 minutes avec débit de $60m^3/h/m^2$;
- ✓ Lavage à l'air et à l'eau durant 2 minutes avec un débit d'eau d'environ $1.050m^3/h$;
- ✓ Après le lavage à l'eau, la poche d'air sous la goulotte est purgée par ouverture d'une vanne automatique ;
- ✓ Rinçage, à l'eau durant 8 minutes avec un débit de $25m^3/h/m^2$;
- ✓ Après le rinçage, le cycle reprend en filtration ; la vanne de régulation s'ouvre à un angle déterminé ajustable par l'opération. Au bout d'un certain temps, la régulation du niveau devient opérationnelle.

Le pupitre de commande est utilisé principalement pour le lavage des filtres pour régler le fonctionnement de vannes du compresseur et indique la pression existante au niveau des filtres (photo n°12)



Photo n°12 : Pupitre de commande (©Amraoui et Ogab ,2022)

❖ La pompe de lavage :

Les pompes de lavage sont installées dans la salle de machine à l'intérieur du bâtiment de filtration. Trois pompes sont installées.

Les eaux sales de lavage seront évacuées par débordement sur déversoir vers l'oued.

Cependant, l'installation est faite pour deux pompes immergées de recirculation avec une capacité unitaire de 250m³/h.

❖ Réservoir d'eau traitée :

L'eau s'écoule dans les réservoirs d'eau traitée en passant par une chambre de répartition équipée de deux vannes murales.

Le réservoir est constitué de deux parties. Une partie est munie de chicanes et sert de cuve de contact pour la post-chloration, l'autre partie de 2200 m³ sert de stockage et de volume tampon pour le fonctionnement des pompes d'eau traitée de la station de refoulement vers le réservoir de tête (**Anonyme, 2004**).

8/ Deux bâches à eaux :

Ce sont des réservoirs d'eau filtrée placés sous terre.

9/ Station de pompage :

Elle est constituée de 06 pompes pour refouler l'eau traitée vers le réservoir de tête (**Anonyme, 2004**).

3.3. Echantillonnage de l'eau à analyser :

La période d'échantillonnage s'étale du mois de Décembre 2021 jusqu'au mois de Mai 2022.

Les échantillons doivent remplir deux conditions : la première c'est que l'eau recueillie dans le récipient de prélèvement constitue un échantillon représentatif et la deuxième et que les concentrations des substances à analyser ne varient pas entre le moment du prélèvement et le moment de l'analyse (**Dupon, 1978**).

3.3.1. Méthode d'échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (**Reffas, 2007**).

On prend un seau nettoyé préalablement à l'eau de javel, on le trompe dans l'eau (brute ou traitée) afin de l'homogénéiser et s'assurer que cet échantillon soit bien représentatif de la masse d'eau à analyser.

Les flacons utilisés qui seront remplis d'eau sont soit en polyéthylène ou en polypropylène.



Photo n°13 : Flacons des échantillons au laboratoire de la station (©Amraoui et Ogab, 2022)

Après le nettoyage et la stérilisation des ces flacons et avant de les remplir d'eau (traitée ou brute), on ajoute des gouttes de stabilisateurs ou conservateurs spécifiques (tableau n°05) afin d'éviter l'altération de l'eau lors du transport et de préserver les concentrations des paramètres physico-chimiques et éviter leur dégradation ou transformation.

Tableau n°05 : Conservateurs à mettre dans les flacons (Laboratoire Central d'Annaba, 2013).

Paramètres	Conservateur	Concentration	Nombre de gouttes
Matière organique	Acide sulfurique H ₂ SO ₄	7.8 mol/L	15gouttes
Fer	Acide sulfurique H ₂ SO ₄	18 mol/L	15gouttes
Aluminium	Acide chlorhydrique HCl	25%	07gouttes
Manganèse	Acide nitrique HNO ₃	65%	15gouttes
Flacons bactériologie	Thiosulfate de sodium Na ₂ O ₃ S ₂ 5H ₂ O	10%	03 gouttes

Une fois les flacons prêts, on les remplit d'eau puis on les conserve dans une glacière à température d'environ 7°C pour qu'ils soient prêts à être envoyés au laboratoire central d'analyse à Annaba.

Remarque : le conservateur à ajouter est généralement un acide afin d'abaisser le pH.

3.3.2. Analyse complète

Au niveau du laboratoire central, le travail est réparti en cellules, chacune est spécifique d'un nombre précis de paramètres.

1* Cellule d'électrochimie : où on mesure : la température, le pH, la salinité et les TDS en utilisant un multi paramètre spécifique (photo n°14) et la turbidité avec un turbidimètre (photo n°15)



Photo n°14 : Multi paramètre (©Amraoui et Ogab,2022)

a/Turbidité :

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau .La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, algues, argiles, organismes microscopique.....).

Une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure par un turbidimètre (Photo n°15).



Photo n°15 : Turbidimètre (©Amraoui et Ogab,2022)

b/ Conductivité électrique :

La mesure de la conductivité électrique en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (siemens par cm) d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre qui mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes (Bentouilli ,2007).

2*Cellules de la spectrophotométrie : où on effectue à l'aide du spectrophotomètre tous les éléments cités ci –dessous :

Dans une fiole de 50 ml, on introduit pour chaque paramètre les réactifs suivants :

Tableau n°06 : Mode opératoire des échantillons d'eau brute et traitée (Anonyme, 2012a)

L'élément	Dosage	Temps de repos (min)	Longueur d'onde (nm)
Ammonium	.40ml d'échantillon .04ml de réactif coloré .04ml de réactif coloré .04 ml de Dichloroisocyanure de sodium .02ml d'eau distillée	60	655
Nitrite	.40ml d'échantillon .01ml de réactif coloré .09ml d'eau distillée	20	540
Nitrate	.02ml d'échantillon .14ml de mélange d'acide .02ml Diméthyle-2.6phénol	10/60	324
Phosphore	.50ml d'échantillon .01ml d'acide ascorbique .02ml molybdate acide d'ammounium .07ml d'eau distillée	20	880
Fer	.50ml d'échantillon .01ml de chlorhydrate hydroxylmine .02ml tampon acétate .02ml de 1.10 phénantholine	15 à l'obscurité	510
Aluminium	.25ml d'échantillon .2,5 ml de chlorure de calcium .01 ml d'acide thioglycolique .05ml tampon acétate .01ml de rouge d'alizarine	90/120	490

Après avoir respecté le temps de repos nécessaire pour chaque paramètre, on les met dans d'autres flacons spécifiques au spectrophotomètre où on va les identifier selon leurs longueurs d'ondes respectives (photo n°16).



Photo n°16 : Spectrophotomètre (©Amraoui et Ogab)

3*Cellule volumétrique :

Dans cette cellule, on calcule volume par volume des éléments suivants : Calcium,Chlorure,Permanganate,Sulfate et le titre alcalimétrique (TAC) .

Le mode opératoire de ces éléments s'effectue comme suit :

1/ **Calcium** : Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit :

Tableau n°07 : Mode opératoire pour la détermination du calcium (Anonyme, 2012b)

L'erlenmeyer	Réactifs à introduire	Observations
Blanc	.50ml d'eau distillée .02ml de NaOH à 2mol/L .0.2g de HSN	Directement une couleur bleu
Le titre	.20ml de solution de CaCO ₃ à 10mm/L .30ml d'eau distillée .02ml de NaOH à 2mol/L .0.2g de HSN .Titrage à l'EDTA à 10 mmol/L	Virage vers le bleu T=20ml
L'échantillon	.50ml d'échantillon (eau brute et eau traitée) .02ml de NaOH à 2mol/L .0.2g de HSN .Titrations	Virage vers le bleu

2/Permanganate : Dans un erlenmeyer de 250ml, on introduit :

Tableau n°08 : mode opératoire pour la détermination du permanganate (Anonyme, 20012b)

L'erlenmeyer	Réactifs à introduire	Observations
Blanc	.25ml d'eau distillée .05ml de H ₂ SO ₄ à 2mol/L . Bain marie pendant 10 min .05ml de KMnO ₄ à 02mmol/L . Bain marie pendant 10 min .05ml de NO ₂ C ₂ O ₄ à 5mmol/L .Titration avec KMnO ₄ à 2mol/L	.Virage jusqu'au rose pâle
Le titre	. Sur le blanc on rajoute .05ml de NO ₂ C ₂ O ₄ à 5 mmol/L . Réchauffer la solution à environ 80°C .Titration avec KMnO ₄ à 2mol/L	.Virage jusqu'au rose pâle.Le titre ne doit pas dépasser 05ml
L'échantillon	.25ml d'échantillon (eau brute et eau traitée) .05ml de H ₂ SO ₄ à 2mol/L . Bain marie pendant 10min .05ml de NO ₂ C ₂ O ₄ à 02mmol/L . Bain marie pendant 10 min .05ml de NO ₂ C ₂ O ₄ à 5mmol/L Titrations avec KMnO ₄ à 2 mol/L	.Virage jusqu'au rose pâle

3/TAC : Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit :

Tableau n°09 : Mode opératoire pour la détermination du TAC (Anonyme, 2012b)

L'erlenmeyer	Réactifs à introduire	Observations
Blanc	.100 ml d'eau distillée .02 gouttes du vert bromocrésol .Titre avec H ₂ SO ₄ jusqu' au virage vers le jaune	. Une coloration bleue doit être développée .La lecture du blanc ne doit dépasser 05 ml
Le titre	.90 ml d'eau distillée .10ml de NaOH .02 gouttes du vert de bromocrésol .Titre avec H ₂ SO ₄ jusqu'au virage vers le jaune	. Une coloration bleue doit être développée .La lecture du blanc ne doit dépasser 0.5 ml
L'échantillon	.10ml d'échantillon (eau brute et eau traitée) .02gouttes de phénolphataléine .Titre avec H ₂ SO ₄	. Coloration bleue .Virage ver le jaune

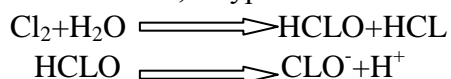
4/Test de chlore :

a/ Généralités sur la chloration :

Le principe de la chloration consiste à appliquer une dose de chlore suffisante pour oxyder toutes les matières organiques, éliminer certaines matières minérales (fer, manganèse...) et détruire les germes pathogènes (c'est la désinfection).

Les produits de désinfection utilisés au niveau de la station de traitement de Mexa sont : l'hypochlorite de sodium NaClO ou eau de javel et l'hypochlorite de calcium Ca (ClO).

Dissous dans l'eau, l'hypochlorite de sodium, donne lieu aux réactions suivantes :



Le sens de déplacement de ces réactions dépend du pH :

- ❖ pH < 2, tout le chlore est sous forme moléculaire (Cl₂) ;
- ❖ pH = 5, tout le chlore est sous forme d'acide hypochloreux (HClO) à effet bactéricide le plus fort ;
- ❖ pH = 10, tout le chlore est sous forme d'hypochlorite (ClO⁻) ;
- ❖ Entre pH = 5-10, il y a un mélange de HClO + ClO⁻.

L'effet bactéricide du chlore est maximal lorsque le chlore est sous forme HClO et moins puissant avec ClO^- . Toutes les formes de chlore rencontrées dans une eau de consommation sont actives, on les appelle chlore actif et on a :

-Chlore actif libre : $\text{HClO} + \text{ClO}^-$;

-Chlore actif combiné : c'est l'ensemble des dérivés du chlore, ce sont les chloramines.

-Chlore actif total : c'est l'ensemble des deux précédents. (**Bordj et al, 2011**)

b/ Principe du test de chlore :

Pour l'évaluation du chlore on utilise un comparimètre ou comparateur à la DPD : il met en œuvre la DPD (ou N-Diéthyl-Paraphénylène Diamine) et l'iodure de potassium. (Photo n°20 et 21).

Souple d'emploi (sous forme de comprimés ou de capsules), il a l'avantage de permettre la détermination des trois formes de chlore :

- ❖ $\text{DPD}_1 \longrightarrow$ Chlore libre
- ❖ $\text{DPD}_2 + \text{DPD}_3 \longrightarrow$ Chlore combiné
- ❖ $\text{DPD}_4 \longrightarrow$ Chlore total



Photo n°17 : DPD N°1
(Amraoui et Ogab, 2022)



Photo n°18 : comparateur de chlore
(Amraoui et Ogab, 2022)

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

Les résultats ont été obtenus durant deux saisons, une période pluviale (du 14/01 au 31/01/2022) et une période sèche (du 04/05 au 20/05/2022).

Les échantillons d'eau brute sont pris à l'entrée de la station (avant l'ajout des réactifs) trois fois par jour (à 8h -10h et 13h) pendant une période de 15 jours. L'échantillon est tout de suite ramené vers le laboratoire où il sera analysé immédiatement.

Les 04 paramètres qui ont été mesurés sont : le pH, la température, la turbidité, et la conductivité.

4.1. Première quinzaine de l'échantillonnage :

Le suivi de cette quinzaine est enregistré dans les (**Tableaux n°10.....n°47**) et les résultats sont représentés respectivement dans les (**Figures n°04.....n°41**) suivantes :

4.1.1. Mesure de la turbidité :

La turbidité est la mesure du degré auquel l'eau perd sa transparence en raison de la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, algues, argiles, organismes microscopiques...). Plus leur concentration augmente plus la turbidité augmente.

La turbidité est mesurée de façon journalière au niveau de la station de traitement Mexa.

Cette mesure a été faite avec un turbidimètre de type « HANNA HI93414-Turbidity and chlorine ».

D'après les résultats obtenus, on observe, que l'eau brute est plus turbide par rapport à l'eau traitée avec une valeur de 528 NTU durant la période pluviale (pendant le mois de janvier) (**Tableau n°11, Figure n°05**).

Tableau n°10 : Résultats de mesure de la turbidité (NTU) de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Turbidité (NTU)	01	73,4	5
	02	480	7,08
	03	242	4
	04	140	1,5
	05	108	1,13
	06	106	6
	07	90,4	5
	08	90,2	5
	09	94,4	1,3
	10	98,9	4,79
	11	105	5
	12	82,7	5
	13	85,5	5
	14	76,2	1,63
	15	73,3	5
	Moyenne	129,73	4,16

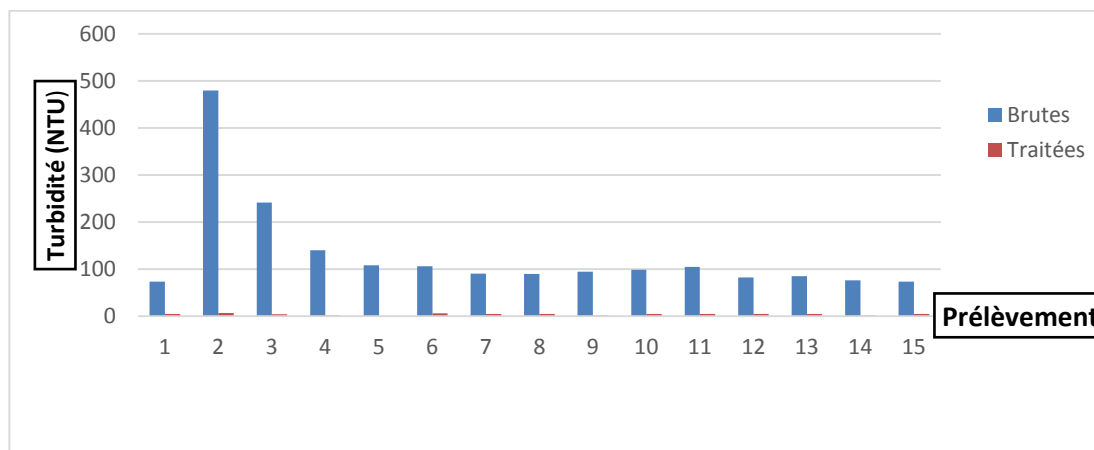


Figure n°04 : Variation de la turbidité de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°11 : Résultats de mesure de la turbidité (NTU) de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Turbidité (NTU)	01	75,8	5
	02	528	6,8
	03	217	2,15
	04	143	1,72
	05	98,4	1,5
	06	88,4	3,2
	07	108	3,8
	08	92,4	5
	09	98,5	2,5
	10	96,5	4,5
	11	105	5
	12	82	5
	13	90,2	3,58
	14	73,4	2,2
	15	75,4	5
	Moyenne	131,46	3,79

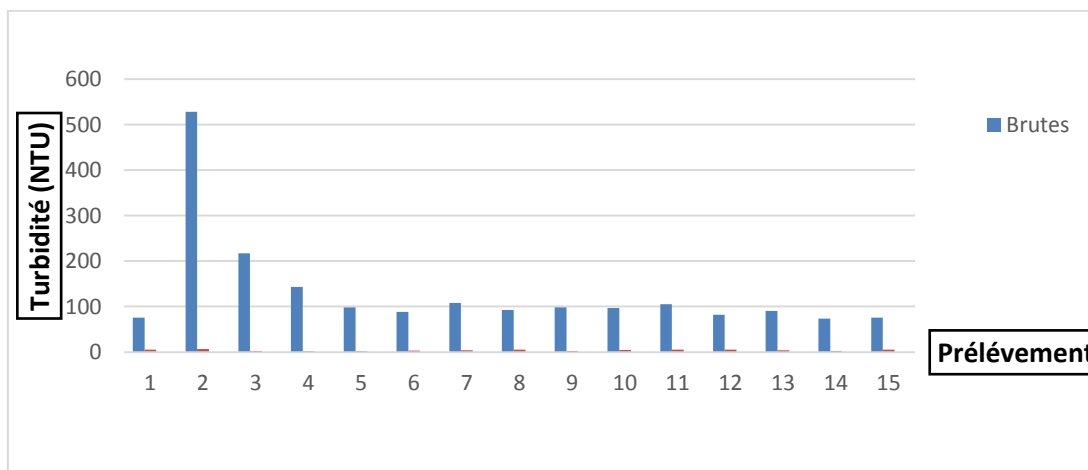


Figure n°05 : Variation de la turbidité de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°12 : Résultats de mesure de la turbidité (NTU) de l’eau brute et traitée à 13h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Turbidité (NTU)	01	73,2	4,8
	02	451	5
	03	210	2
	04	144	1,8
	05	112	2,2
	06	95	3,4
	07	112	2,2
	08	95	4,2
	09	96,8	2,2
	10	101	3,2
	11	98,9	3,4
	12	81,1	4,2
	13	88,4	2,5
	14	78	3,4
	15	72,8	4,2
	Moyenne	126,70	3,18

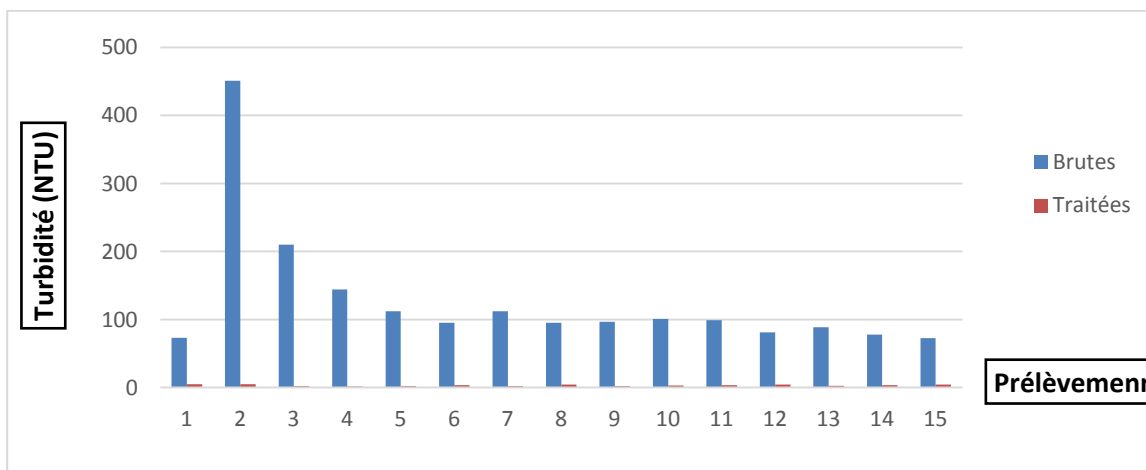


Figure n°06 : Variation de la turbidité de l’eau brute et traitée à 13h de l’après-midi.

Les résultats obtenus montrent que la turbidité de l’eau brute pendant la première quinzaine est plus élevée par rapport à la deuxième quinzaine des prélèvements, ceci est due à l’apport d’une quantité plus importante d’eau suite aux variations pluviométriques entre les deux prélèvements. La turbidité de l’eau traitée a plusieurs fois dépassée la valeur limite qui est de 5 NTU.

4.1.2 Mesure du potentiel hydrogène (pH) :

Le pH correspond, pour une solution diluée à la concentration d'ions hydrogènes. Il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau (la bande de 0 à 7 correspond à un pH acide, de 7 à 14 correspond à un pH basique et la valeur 7 correspond à un pH neutre).

Le pH est mesuré de façon journalière au niveau de la station de traitement Mexa.

Tableau n°13 : Résultats de mesure du pH de l'eau brute et traitée à 8h du matin

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
pH	01	7,52	7,56
	02	7,57	7,45
	03	7,33	7,47
	04	7,63	7,53
	05	7,43	7,54
	06	7,39	7,34
	07	7,49	7,32
	08	7,45	7,38
	09	7,48	7,37
	10	7,42	7,28
	11	7,28	7,25
	12	7,40	7,39
	13	7,42	7,33
	14	7,42	7,20
	15	7,39	7,37
Moyenne		7,70	7,38

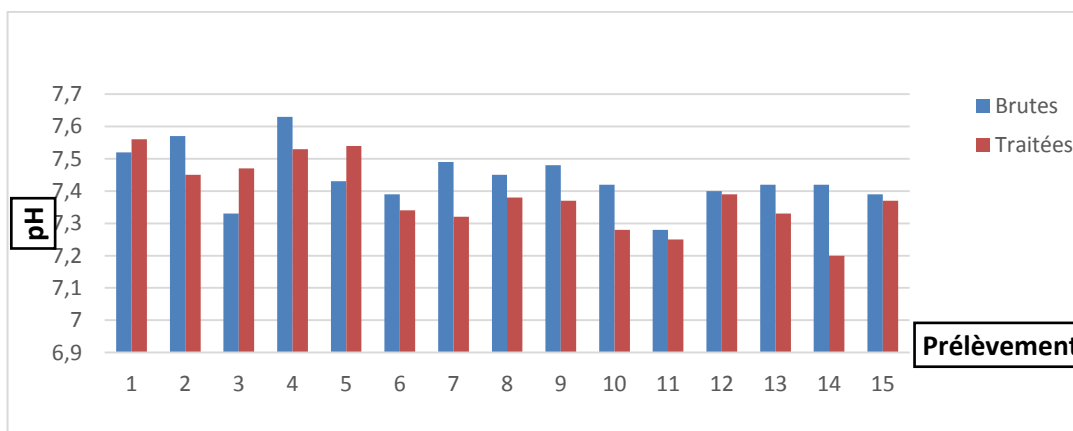


Figure n°07 : Variation du pH de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°14 : Résultats de mesure du pH de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
pH	01	7,54	7,43
	02	7,40	7,48
	03	7,39	7,49
	04	7,60	7,54
	05	7,48	7,50
	06	7,40	7,30
	07	7,45	7,33
	08	7,43	7,40
	09	7,45	7,38
	10	7,52	7,40
	11	7,37	7,28
	12	7,38	7,30
	13	7,48	7,32
	14	7,50	7,28
	15	7,35	7,26
	Moyenne	7,72	7,36

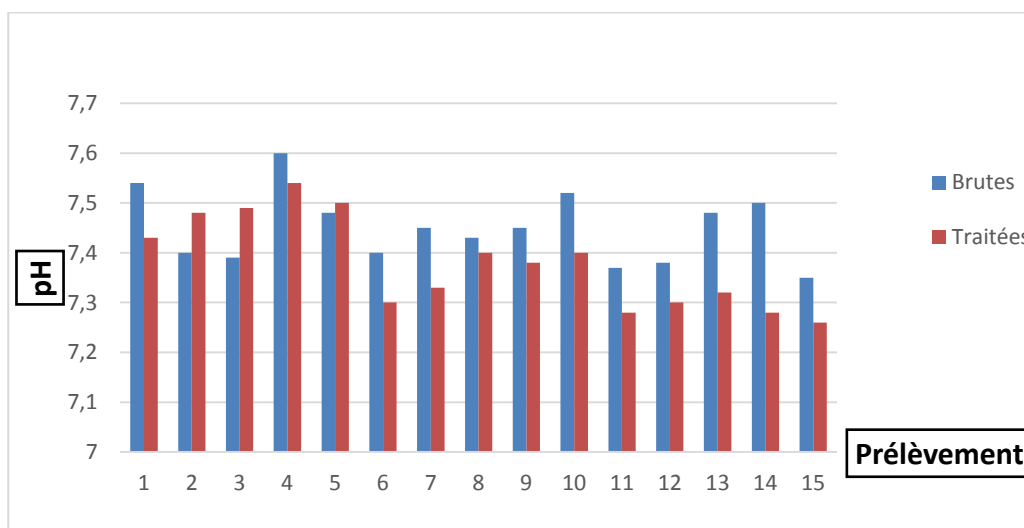


Figure n°08 : Variation du pH de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°15 : Résultats de mesure du pH de l'eau brute et traitée à 13h de l'après- midi

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
pH	01	7,48	7,46
	02	7,41	7,25
	03	11	7,48
	04	7,65	7,50
	05	7,50	7,42
	06	7,38	7,35
	07	7,52	7,38
	08	7,48	7,43
	09	7,43	7,34
	10	7,54	7,34
	11	7,40	7,31
	12	7,42	7,34
	13	7,40	7,30
	14	7,55	7,40
	15	7,42	7,28
	Moyenne	7,70	7,37

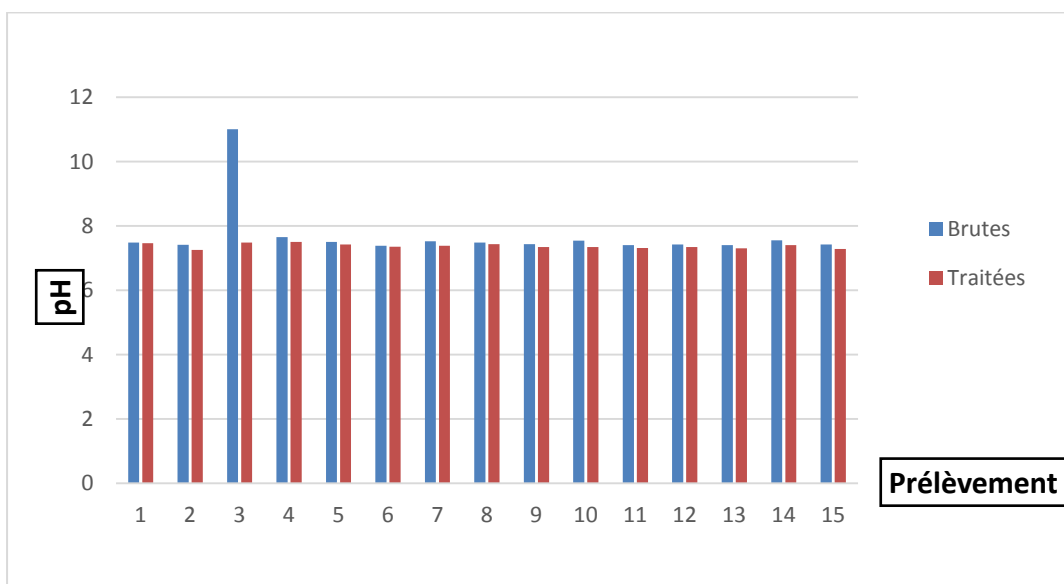


Figure n°09 : Variation du pH de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Le pH de l'eau brute (**Tableau n°13...n°15, Figure n°07...n°09**) est lié à la température de l'eau et la qualité du terrain qu'elle traverse avant son acheminement vers la station.

Aucun ajustement de pH n'a été effectué avant et après le traitement.

Le pH de l'eau traitée ((**Tableau n°13...n°15, Figure n°07...n°09**)) ne dépasse pas et ne descend pas sous les valeurs limites (6,5- 8,5), aucun ajustement n'a donc été aussi effectué.

4.1.3 Mesure de la température :

C'est une grandeur physique qui mesure le degré de chaleur. L'unité courante de la température est degré centigrade également nommé Celsius (°C)

L'OMS donne une valeur guide concernant la température, la limite acceptable est de 25°C.

La température de l'eau influe sur beaucoup d'autres paramètres ; en premier lieu le cas de l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique ; plus la température de l'eau s'élève, plus la quantité d'oxygène dissous diminue (**Anonyme,2003**).

La température est mesurée de façon journalière au niveau de la station de traitement Mexa.

Tableau n°16 : Résultats de mesure de la température de l'eau brute et traitée à 8h du matin

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Température (°C)	01	13,2	12,5
	02	10,7	10,5
	03	11,3	10,7
	04	10,5	10,6
	05	11,2	10,7
	06	10,6	11
	07	11,8	11
	08	11,5	10,9
	09	11,3	11,1
	10	9,8	10
	11	10,7	10,5
	12	11,3	10,9
	13	11	10
	14	11,6	10,8
	15	12,7	10,9
	Moyenne	11,28	10,81

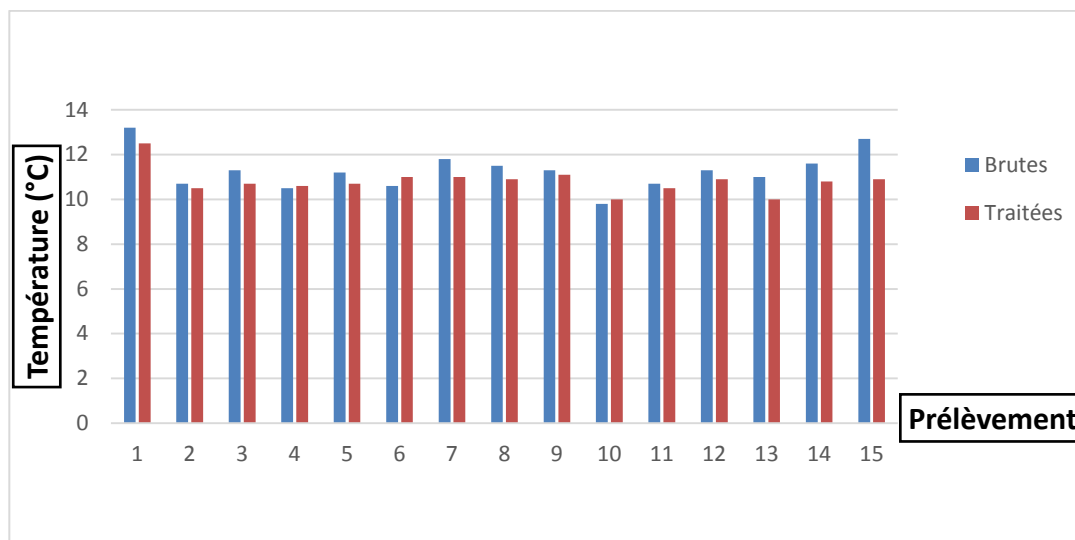


Figure n°10 : Variation de la température de l’eau brute et traitée à 8h du matin

Tableau n°17 : Résultats de mesure de la température de l’eau brute et traitée à 10h du matin

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Température (°C)	01	13,2	13,2
	02	10,7	10,8
	03	11,5	10,9
	04	10,6	10,6
	05	11,2	10,7
	06	10,6	11,0
	07	11,8	11,1
	08	11,6	10,9
	09	11,3	11,1
	10	10,6	10,5
	11	12,4	10,8
	12	11,3	10,9
	13	11,0	10,0
	14	12,1	10,9
	15	12,8	10,9
	Moyenne	11,51	10,95

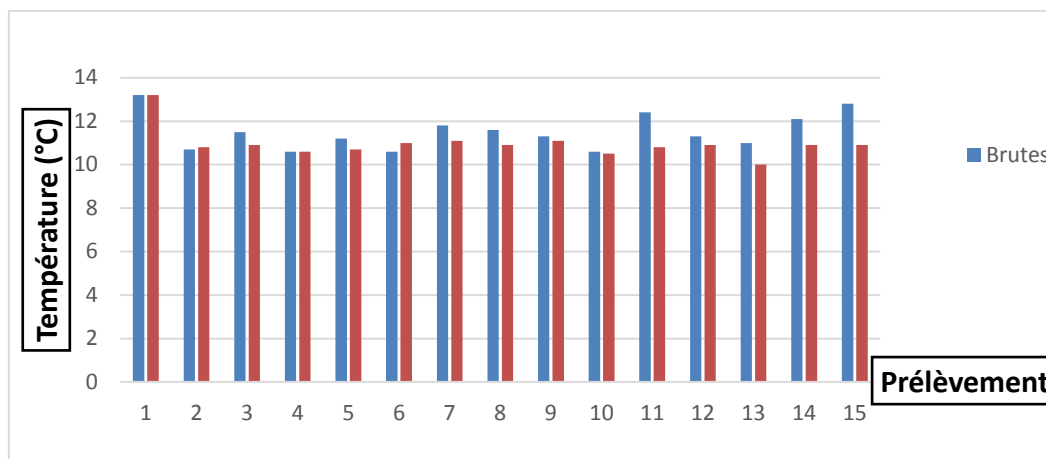


Figure n°11 : Variation de la température de l’eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°18 : Résultats de mesure de la température de l’eau brute et traitée à 13h de l’après-midi.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Température (°C)	01	13,2	13,2
	02	10,7	10,8
	03	11,5	10,9
	04	10,6	10,6
	05	11,2	10,7
	06	10,6	11,0
	07	11,8	11,1
	08	11,6	10,9
	09	11,3	11,1
	10	10,6	10,5
	11	12,4	10,8
	12	11,3	10,9
	13	11,0	10,0
	14	12,1	10,9
	15	12,8	10,9
	Moyenne	11,51	10,95

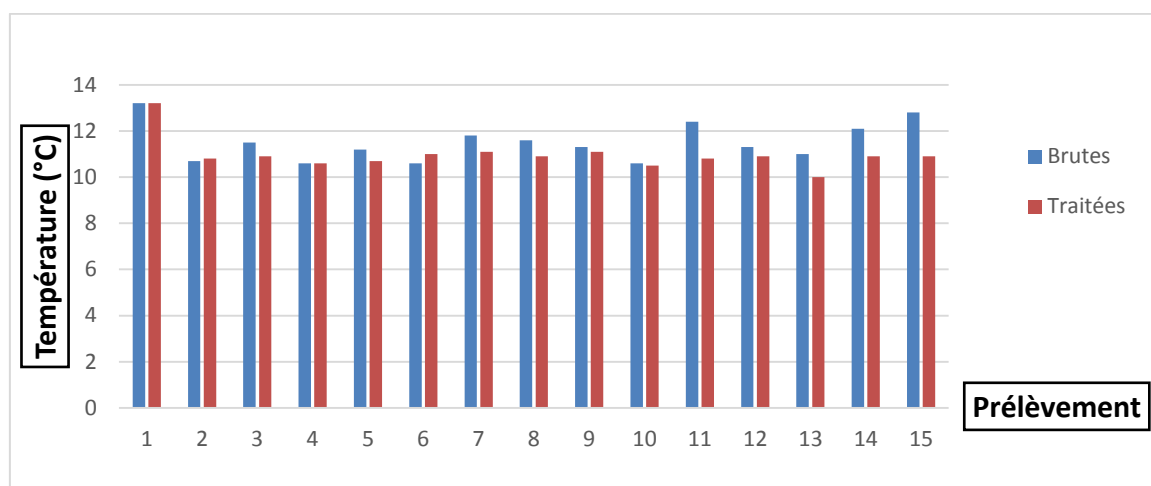


Figure n°12 : Variation de la température de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi

D'après nos résultats, la température mesurée varie entre 9,8 et 13,4°C pour l'eau brute (**Tableau n°16...n°18, Figure n°10...n°12**), la température de l'eau brute a chuté en raison des fortes pluies.

La température mesurée pour l'eau traitée varie entre 10 et 13,2°C (**Tableau n°16...n°18, Figure n°10...n°12**), La température de l'eau traitée ne varie pas trop par rapport à celle de l'eau brute.

Durant cette période, qui est une période pluviale et froide, la température n'a pas atteint la valeur limite qui est égale à 25°C.

4.1.4. Mesure de la conductivité électrique :

La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ion chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente.

La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution. (Bentouilli, 2007).

La conductivité est mesurée de façon journalière au niveau de la station de traitement Mexa.

Tableau n°19 : Résultats de mesure de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 8h du matin

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	01	480	483
	02	378	430
	03	412	453
	04	479	513
	05	511	523
	06	494	504
	07	481	503
	08	499	520
	09	469	491
	10	484	492
	11	522	559
	12	485	505
	13	482	518
	14	474	494
	15	479	487
	Moyenne	475,26	498,33

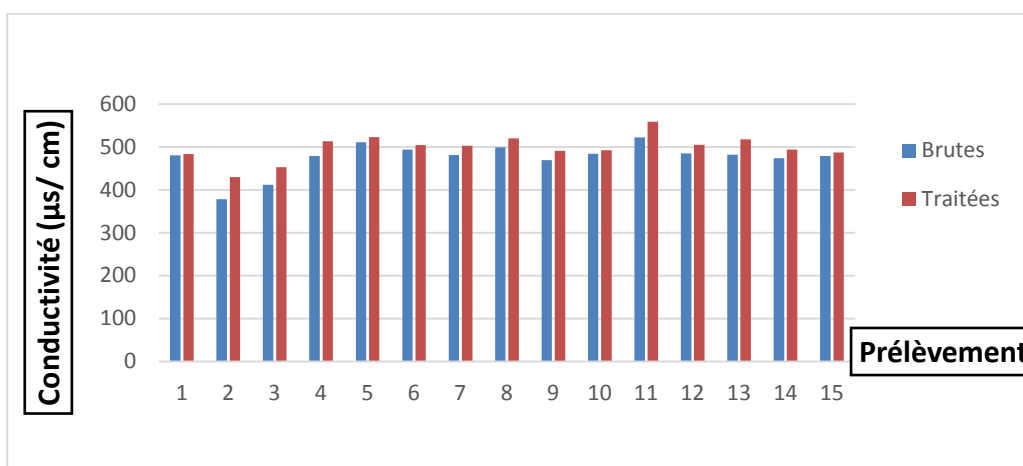


Figure n°13 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°20 : Résultats de mesure de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 10h du matin

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Conductivité électrique (µs/ cm)	01	480	488
	02	380	426
	03	407	465
	04	480	510
	05	509	520
	06	492	505
	07	480	502
	08	497	516
	09	470	493
	10	492	498
	11	515	541
	12	485	507
	13	484	510
	14	483	498
	15	480	487
	Moyenne	475,6	497,73

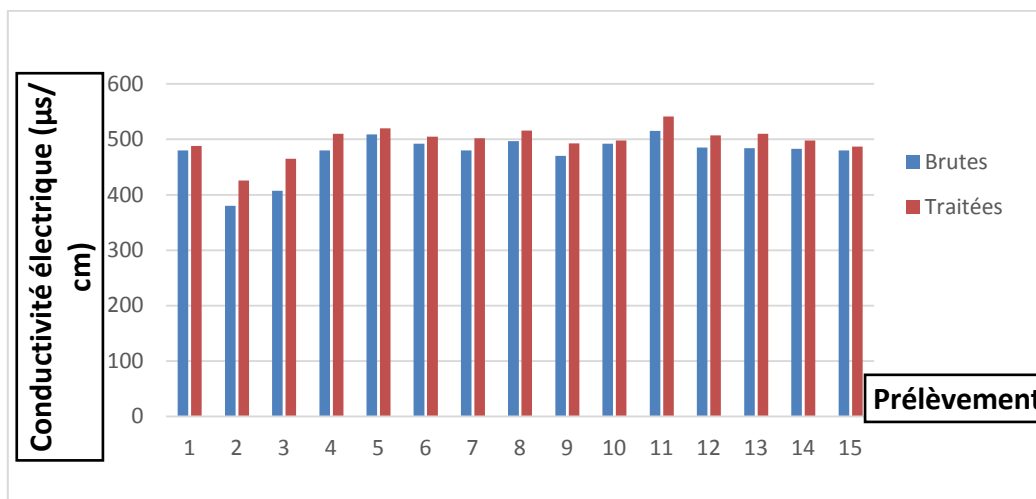


Figure n°14 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°21 : Résultats de mesure de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Conductivité électrique (µs/ cm)	01	480	485
	02	394	432
	03	409	462
	04	478	505
	05	514	525
	06	490	502
	07	482	503
	08	498	514
	09	473	492
	10	493	496
	11	516	543
	12	484	508
	13	472	514
	14	480	494
	15	482	492
	Moyenne	467,53	497,8

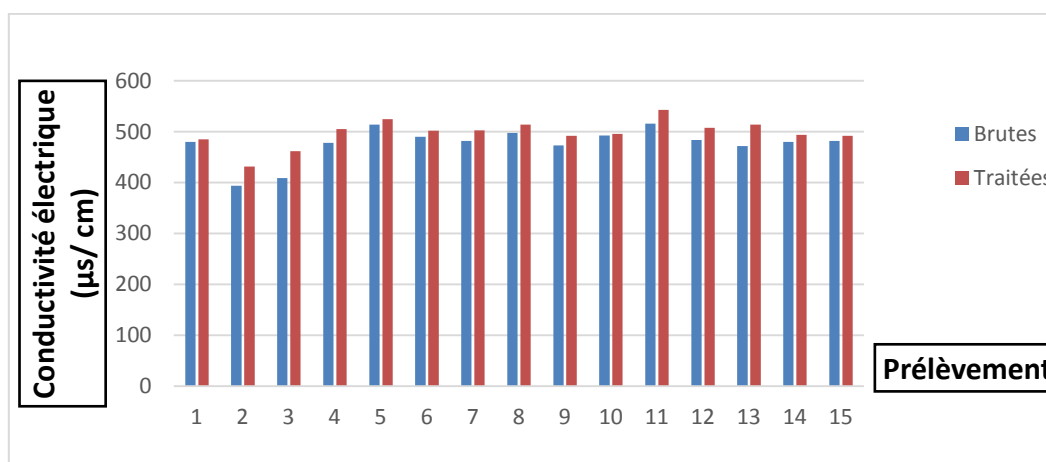


Figure n°15 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Les résultats obtenus indiquent une augmentation de la conductivité électrique en allant de l'eau brute vers l'eau traitée (**Tableau n°19...n°21, Figure n°13...n°15**). Cela est dû à la présence de sels provenant des réactifs chimiques additionnés lors du traitement.

4.2. Deuxième quinzaine de l'échantillonnage :

Pendant la deuxième quinzaine du mois de mai, le niveau du barrage de Mexa baisse considérablement pendant cette période. Avec cette baisse de niveau, la turbidité de l'eau diminue (**Tableau n°22...n°24, Figure n°16...n°18**) et la température (**Tableau n°28...n°30, Figure n°22...n°24**) augmente, pour inverser ce phénomène des lâchers du barrage voisin de Bougous sont effectués à chaque baisse de niveau.

La baisse de la turbidité peut rendre le traitement et le dosage des réactifs difficiles à contrôler.

Les lâchers sont aussi effectués pour augmenter la turbidité, diminuer la température afin de diminuer la croissance des algues et des cyanobactéries dans le barrage de Mexa et dans les parois des ouvrages de la station.

4.2.1. Mesure de la turbidité :

Tableau n°22 : Résultats de mesure de la turbidité de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Turbidité (NTU)	01	40	4,5
	02	30,5	3,2
	03	30,5	3,2
	04	30,8	5
	05	110	5
	06	115	6
	07	75	5
	08	65,5	5
	09	60,2	5
	10	59,5	4
	11	62,3	5,2
	12	53,6	4,65
	13	63,8	5
	14	60,3	5
	15	60	5
	Moyenne	61,13	4,50

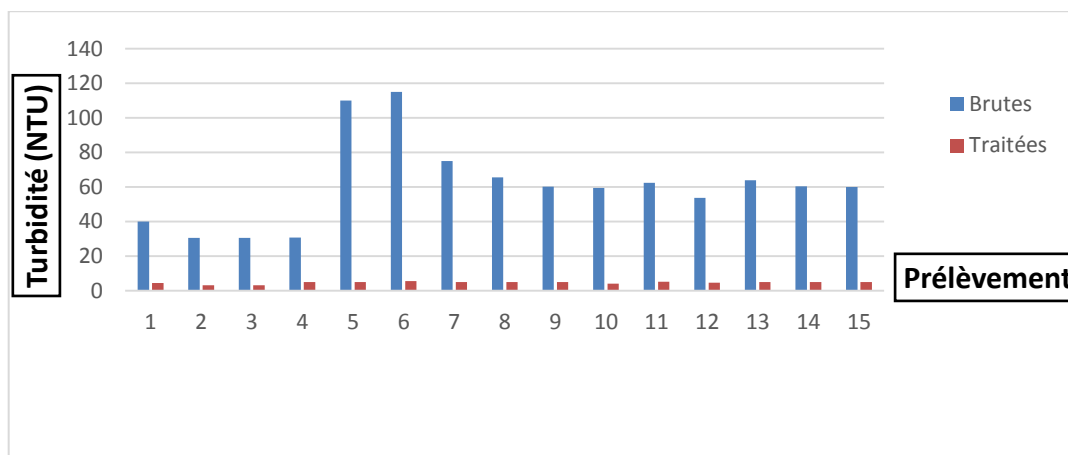


Figure n°16 : Variation de la turbidité de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°23 : Résultats de mesure de la turbidité de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Turbidité (NTU)	01	43,5	3,5
	02	35,4	4,2
	03	30,3	3,1
	04	30,5	5
	05	113	3,2
	06	108	6
	07	70	5
	08	70,4	4,5
	09	55,3	3,2
	10	52,2	3,4
	11	59,8	5
	12	82,6	4,5
	13	65	5,23
	14	59,4	4,8
	15	59	5
	Moyenne	62,29	4,37

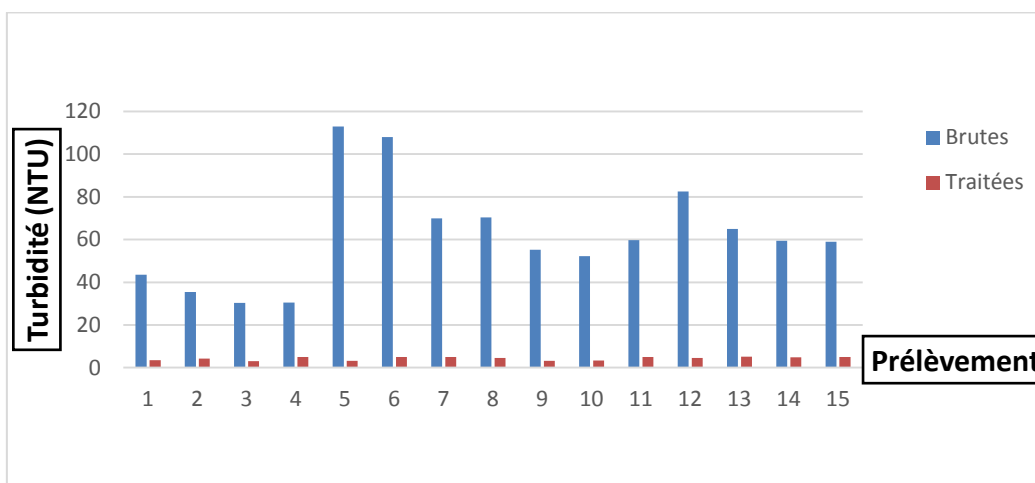


Figure n°17 : Variation de la turbidité de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°24 : Résultats de mesure de la turbidité de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Turbidité (NTU)	01	45,5	3,2
	02	33,8	3,5
	03	32,3	3,1
	04	31,8	6
	05	111	3,4
	06	103	4,8
	07	65	4,3
	08	63	3,04
	09	55	3,1
	10	52,3	3,3
	11	61,5	4,25
	12	78	4,2
	13	65,3	4,68
	14	58,5	4,2
	15	61,3	4,20
	Moyenne	61,15	3,95

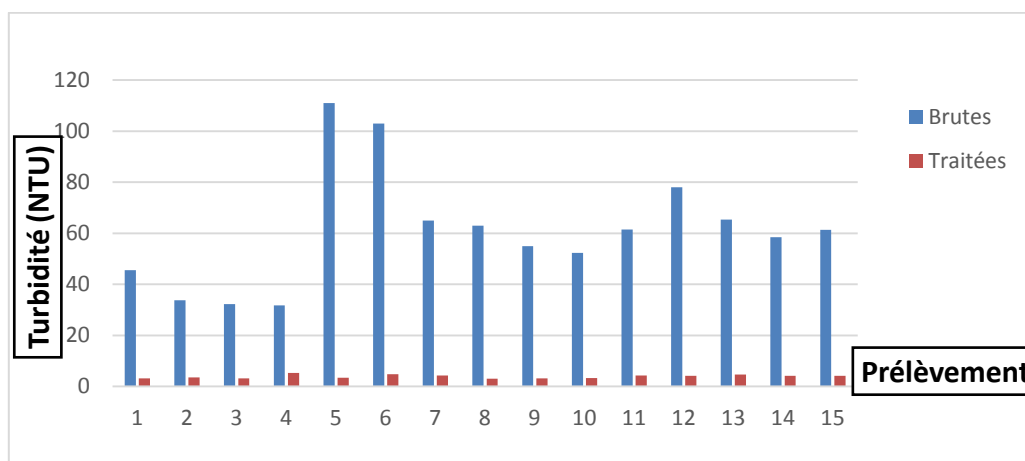


Figure n°18 : Variation de la turbidité de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

La turbidité de l'eau traitée (Tableau n°22...n°24, Figure n°22...n°24) a plusieurs fois dépassée la valeur limite (5NTU), cette turbidité est le résultat de la variation de l'eau brute.

Un ajout de charbon actif est effectué pendant cette quinzaine en forme de suspension pour éliminer les goûts et les odeurs.

4.2.2. Mesure du potentiel hydrogène (pH) :

Tableau n°25 : Résultats de mesure du pH de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
pH	01	7,60	7,42
	02	7,67	7,50
	03	7,50	7,45
	04	7,40	7,35
	05	7,61	7,45
	06	7,34	7,48
	07	7,43	7,32
	08	7,54	7,42
	09	7,40	7,32
	10	7,52	7,30
	11	7,53	7,43
	12	7,30	7,20
	13	7,43	7,34
	14	7,45	7,38
	15	7,50	7,43
	Moyenne	7,48	7,38

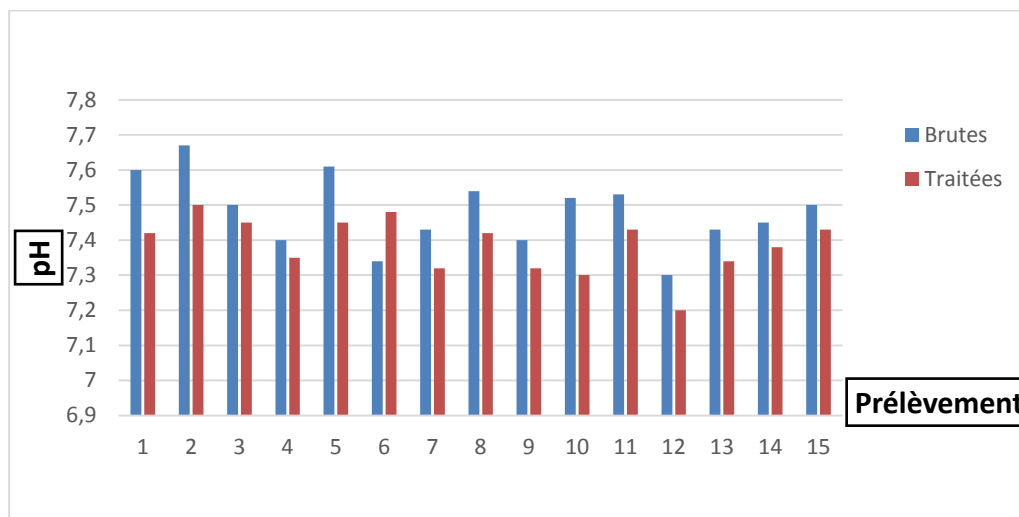


Figure n°19 : Variation du pH de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°26 : Résultats de mesure du pH de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
pH	01	7,63	7,40
	02	7,63	7,47
	03	7,60	7,50
	04	7,41	7,33
	05	7,64	7,40
	06	7,35	7,34
	07	7,44	7,30
	08	7,55	7,44
	09	7,41	7,33
	10	7,60	7,30
	11	7,50	7,40
	12	7,30	7,20
	13	7,45	7,38
	14	7,50	7,34
	15	7,50	7,40
	Moyenne	7,50	7,36

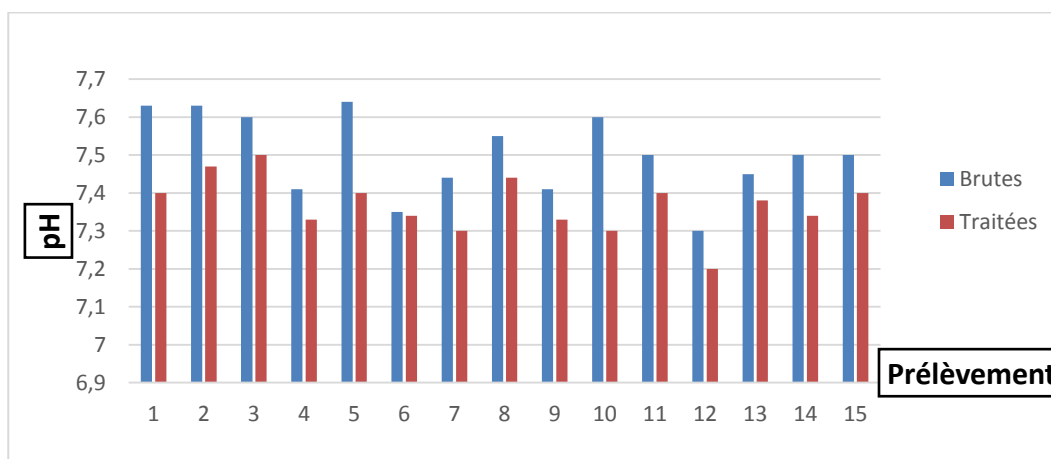


Figure n°20 : Variation du pH de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°27 : Résultats de mesure du pH de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
pH	01	7,58	7,45
	02	7,60	7,45
	03	7,61	7,30
	04	7,43	7,38
	05	7,60	7,43
	06	7,32	7,28
	07	7,40	7,29
	08	7,58	7,40
	09	7,43	7,30
	10	7,34	7,31
	11	7,49	7,38
	12	7,32	7,29
	13	7,48	7,35
	14	7,46	7,32
	15	7,49	7,20
	Moyenne	7,47	7,34

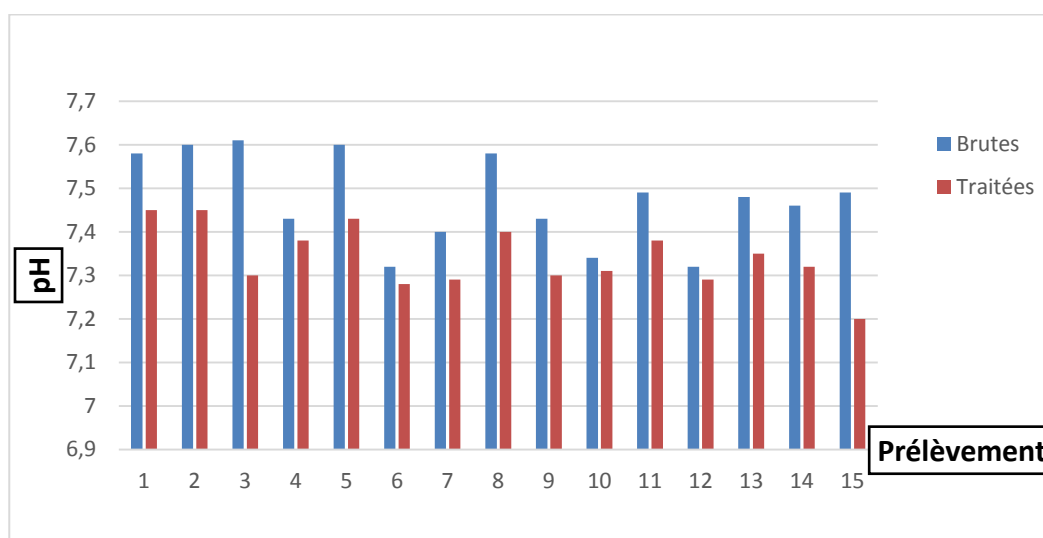


Figure n°21 : Variation du pH de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

La variation du pH de l'eau brute est liée à la température qui est en elle-même liée aux lâchers.

Le pH de l'eau traitée (tableau n°25... n°27, Figure n°19...n°21) ne dépasse pas l'intervalle de la valeur limite (6,5- _ 8,5), aucun ajustement n'a été aussi effectué.

4.2.3.Mesure de la température :

Tableau n°28 : Résultats de mesure de la température de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Température (°C)	01	20	19,9
	02	20	20
	03	21	19,9
	04	18	18
	05	19,9	19,9
	06	18,7	18,7
	07	20,8	19,7
	08	21	19,9
	09	22,3	19
	10	22,9	20,8
	11	24	22
	12	24	24
	13	22,9	22,7
	14	22,4	20,4
	15	23	21
	Moyenne	21,39	20,39

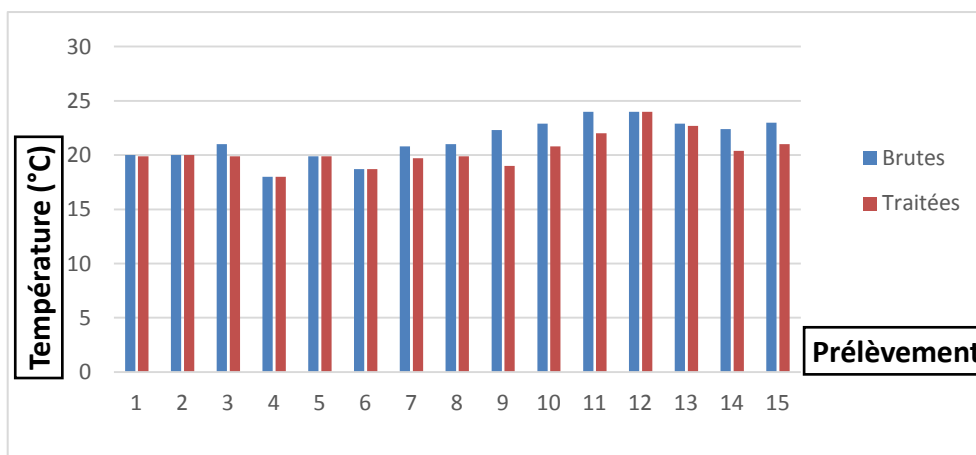


Figure n°22 : Variation de la température de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°29 : Résultats de mesure de la température de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Température (°C)	01	21	20
	02	20	19
	03	22	21
	04	18,8	18,2
	05	20	20
	06	18,8	18,9
	07	20,9	21
	08	22	22
	09	23	22
	10	23	21
	11	23	22
	12	24,6	24
	13	24	23
	14	23	23
	15	23,8	22,9
	Moyenne	21,86	19,86

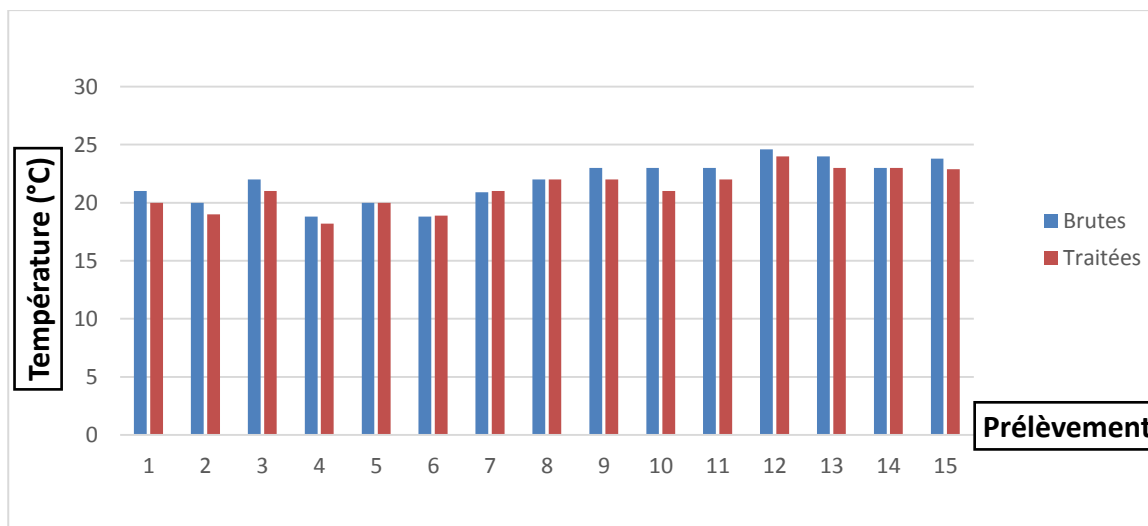


Figure n°23 : Variation de la température de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°30 : Résultats de mesure de la température de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Température (°C)	01	22	21
	02	20	20
	03	20	20
	04	18	18,4
	05	20,2	19,9
	06	18,8	18,7
	07	21	19
	08	22	20,8
	09	23	22
	10	23,4	22
	11	23	21,9
	12	24,8	24,6
	13	23,9	23
	14	22,9	21
	15	23,8	22
	Moyenne	21,78	20,95

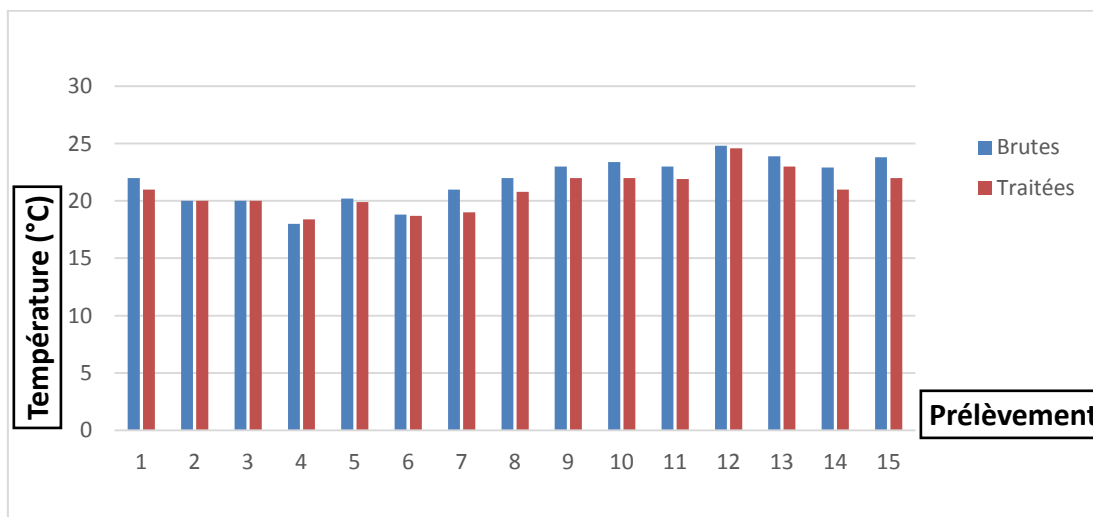


Figure n°24 : Variation de la température de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

L'augmentation et la diminution de la température (tableau n°28...n°30, Figure n°22...n°24) de l'eau brute durant cette période est en fonction de la fréquence des lâchers.

La température de l'eau traitée (Tableau n°28...n°30, Figure n°22...n°24) varie de la même manière que celle de l'eau brute, c'est-à-dire qu'elle change légèrement après le traitement.

4.2.4. Mesure de la conductivité électrique :

Tableau n°31 : Résultats de mesure de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Conductivité électrique (µs/cm)	01	565	580
	02	560	583
	03	520	540
	04	552	562
	05	552	560
	06	459	480
	07	146	461
	08	433	447
	09	459	480
	10	471	485
	11	480	495
	12	565	580
	13	473	467
	14	486	481
	15	508	500
	Moyenne	481,93	513,4

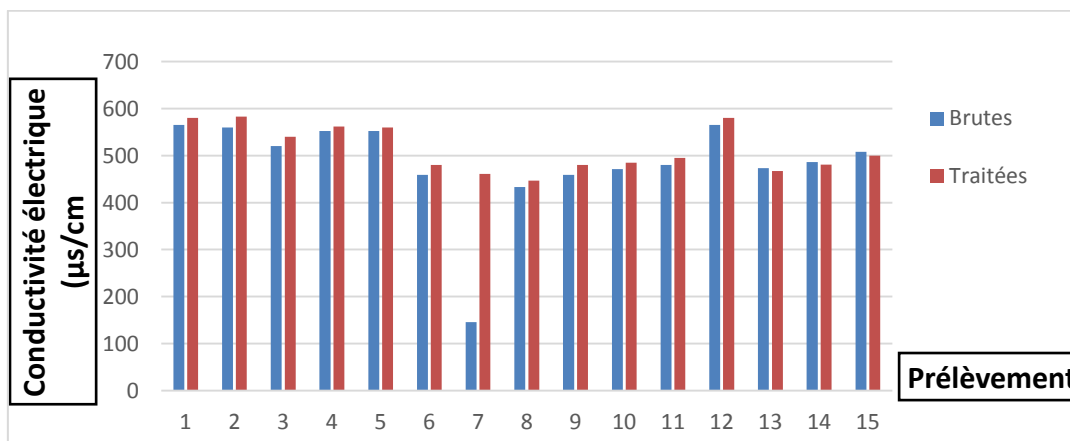


Figure n°25 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 8h du matin.

Tableau n°32 : Résultats de mesure de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Conductivité électrique (µs/cm)	01	563	582
	02	562	580
	03	530	550
	04	550	565
	05	550	562
	06	457	475
	07	141	469
	08	440	458
	09	457	477
	10	472	486
	11	482	496
	12	563	583
	13	475	469
	14	480	485
	15	505	496
	Moyenne	481,8	515,53

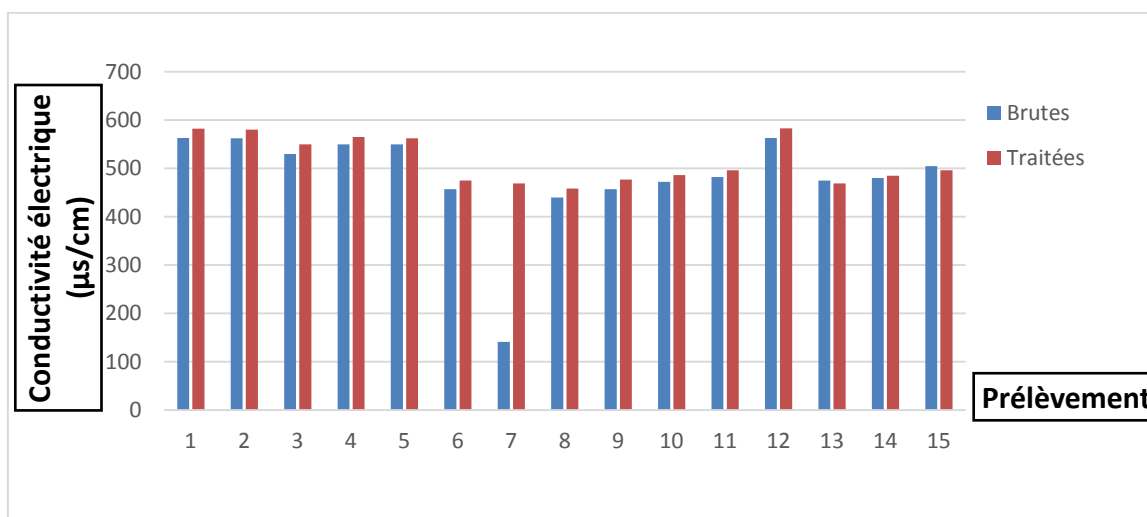


Figure n°26 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 10h du matin.

Tableau n°33 : Résultats de mesure de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Conductivité électrique (µs/cm)	01	560	580
	02	560	582
	03	533	555
	04	553	563
	05	549	563
	06	455	478
	07	142	469
	08	447	456
	09	455	480
	10	474	487
	11	480	496
	12	562	582
	13	474	468
	14	483	483
	15	508	497
	Moyenne	482,33	515,93

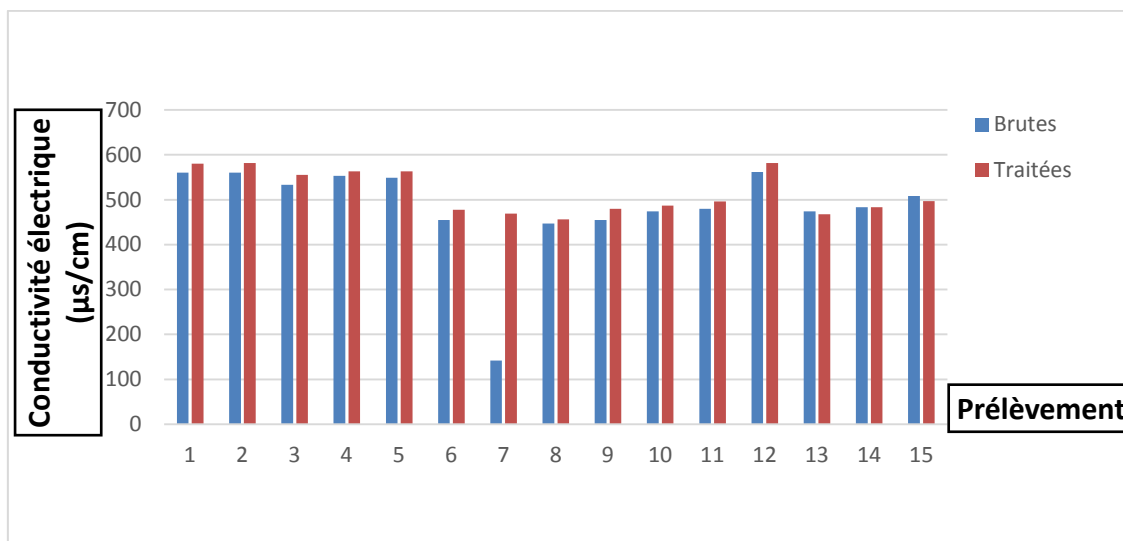


Figure n°27 : Variation de la conductivité électrique de l'eau brute et traitée à 13h de l'après-midi.

Les résultats obtenus indiquent une augmentation de la conductivité électrique de l'eau traitée par rapport à l'eau brute (Tableau n°31...n°33, Figure n°25...n°27). Cela est due à la présence de sels provenant des réactifs chimiques additionnés lors du traitement.

4.3. Mesure du taux des sels dissous :

Ils sont constitués essentiellement par les produits minéraux dissous. Ces derniers ont pour origine :

- ✓ Le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes ;
- ✓ L'apport des eaux usées des villes et unités industrielles ;

La sapidité (le goût et la saveur) de l'eau se présente comme suit :

- ✓ Excellente < 300mg/l ;
- ✓ Bonne 300-600mg/l ;
- ✓ Passable 600-900mg/l ;
- ✓ Mauvaise 900-1200mg/l (Moumouni, 2005 in Boukhari et Necer, 2011).

La TDS est mesurée mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°34 : Résultats de mesure de la TDS de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
TDS (mg /l)	01	303	321,5
	02	301,5	305,5
	03	301	303
	04	302	304
	05	300	302
	Moyenne	100,5	102,4

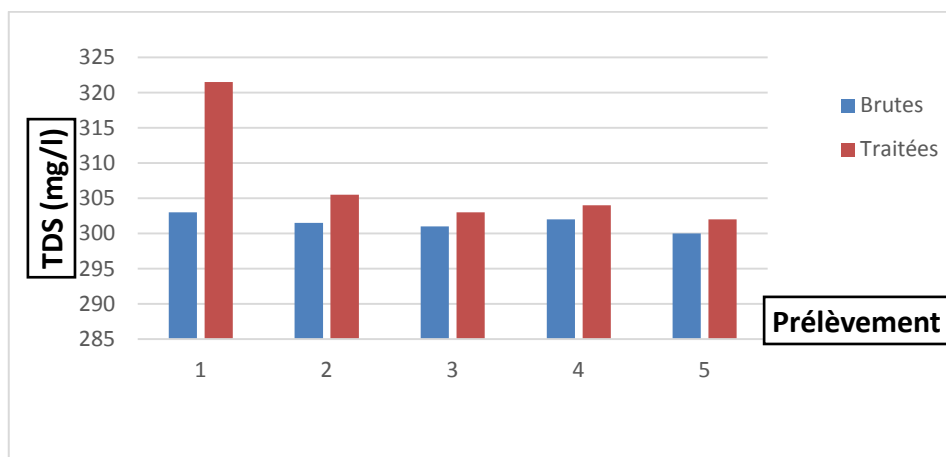


Figure n°28 : Variation de la TDS de l'eau brute et traitée

D'après les résultats, on observe que la TDS enregistre ses grandes valeurs dans les eaux traitées avec un maximum de 254 mg/l (Tableau n°34 et Figure n°28). Cela s'explique

par l'addition dans l'eau des sels provenant des produits chimiques de traitement (sulfate d'alumine, polymère et hypochlorite de sodium).

4.4. Mesure du chlore :

Le test de chlore est effectué pour déterminer le taux de chlore résiduel libre dans l'eau traitée. Il est indispensable qu'on y trouve un taux allant jusqu'à 0,2 mg/l à la fin de l'étape de préchloration et un taux allant jusqu'à 1mg/l à la sortie de l'eau de la station de traitement.

Le Test de chlore est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°35 : Résultats de mesure du test de chlore de l'eau traitée.

Paramètre	Prélèvement	Traitées
Chlore résiduel (mg/l)	01	0,4
	02	0,3
	03	0,2
	04	0,3
	05	0,3
	Moyenne	0,1

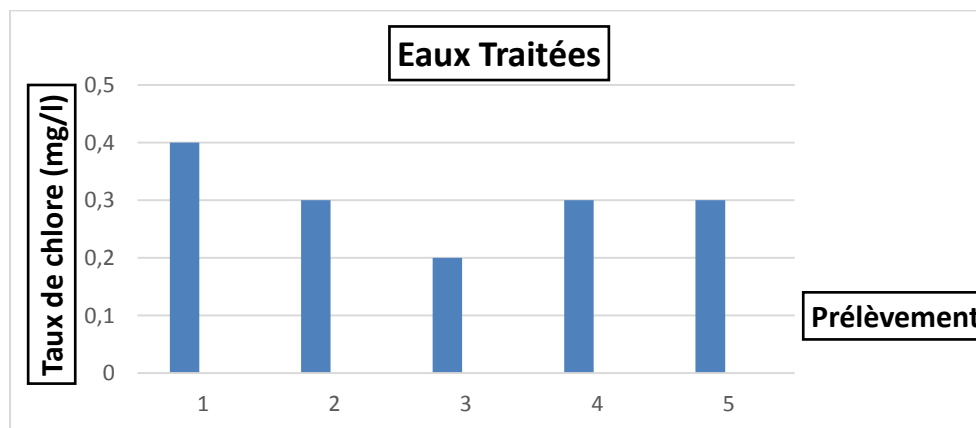


Figure n°29 : Variation du taux de chlore de l'eau traitée.

Les résultats enregistrés montrent des valeurs entre 0,2et 0,4mg/l (**Tableau n°35, Figure n°29**) pour l'eau sortant de la station pour la distribution aux différents abonnés.

4.5.Mesure de l'ammonium :

C'est élément qui traduit un processus de dégradation incomplet de la matière organique, utilisé pour la désinfection, afin de former des chloramines comme désinfectant secondaire.

L'ammonium est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°36 : Résultats de mesure de l'ammonium de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Ammonium (mg/l)	01	0,06	0,06
	02	0,06	0,06
	03	0,06	0,06
	04	0,06	0,06
	05	0,06	0,06
	Moyenne	0,02	0,02

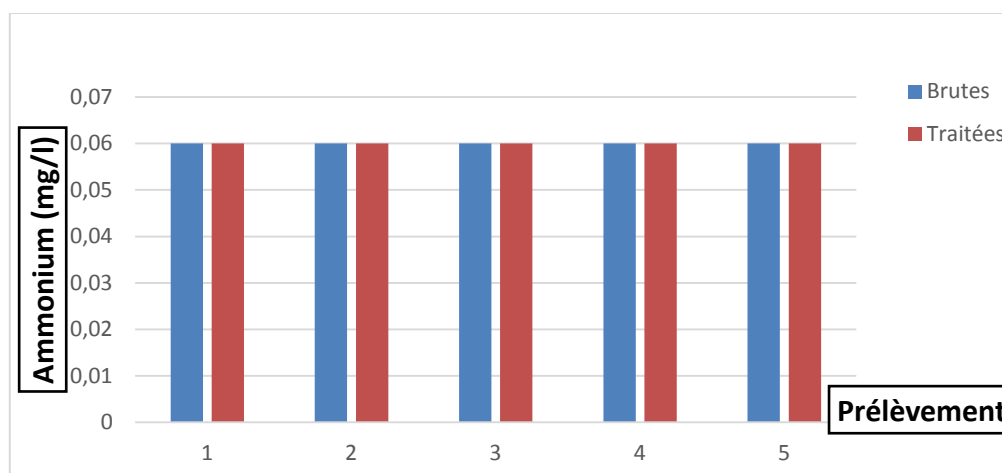


Figure n°30 : Variation de l'ammonium de l'eau brute et traitée

D'après le résultat obtenu, on observe, que la quantité d'ammonium est presque constante pour les deux eaux avec 0,06 mg/l (**Tableau n°36, Figure n°30**).

4.6. Mesure des nitrates :

Résidus de la vie végétale, animale et humaine, les nitrates (No^{-3}) sont présents dans le sol à l'état naturel. Mais ils sont surtout présents en forte concentration dans les lisiers et certains engrais minéraux.

Les nitrates sont mesurés mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°37 : Résultats de mesure des nitrates de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Nitrates (mg/l)	01	0	0
	02	1,7	0,8
	03	1,7	0,8
	04	1,7	1
	05	1,7	1
	Moyenne	0,45	0,24

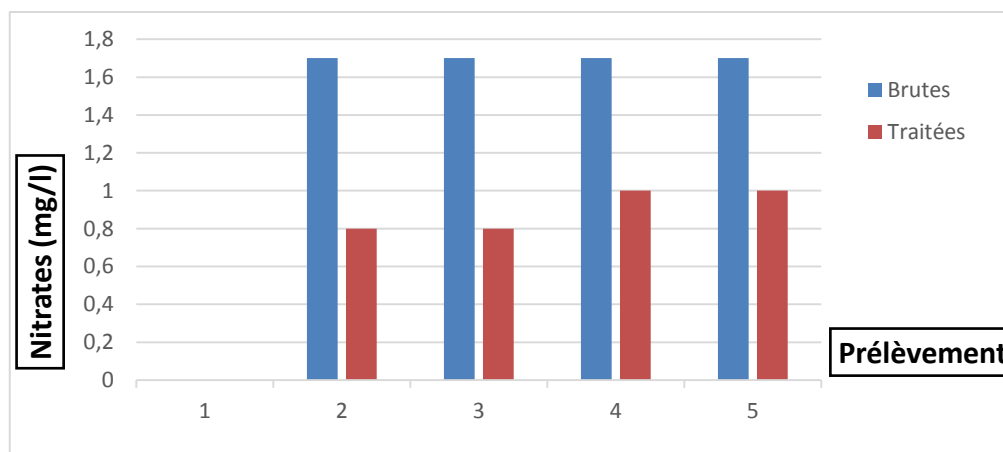


Figure n°31 : Variation des nitrates de l'eau brute et traitée

D'après les résultats, on observe que les valeurs des nitrates sont plus élevées dans les eaux traitées avec une valeur de 1mg/l (**Tableau n°37, Figure n°31**) durant la période pluviale où la turbidité est élevée et donc l'addition de l'hypochlorite de sodium dans l'eau est plus importante.

4.7. Mesure des nitrites :

Les nitrites (NO_2^-) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement. Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+), présent dans l'eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas*.

Les nitrites sont mesurés mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°38 : Résultats de mesure des nitrites de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Nitrites (mg/l)	01	0,02	0,02
	02	0,02	0,02
	03	0,02	0,02
	04	0,02	0,03
	05	0,02	0,04
	Moyenne	0,1	0,14

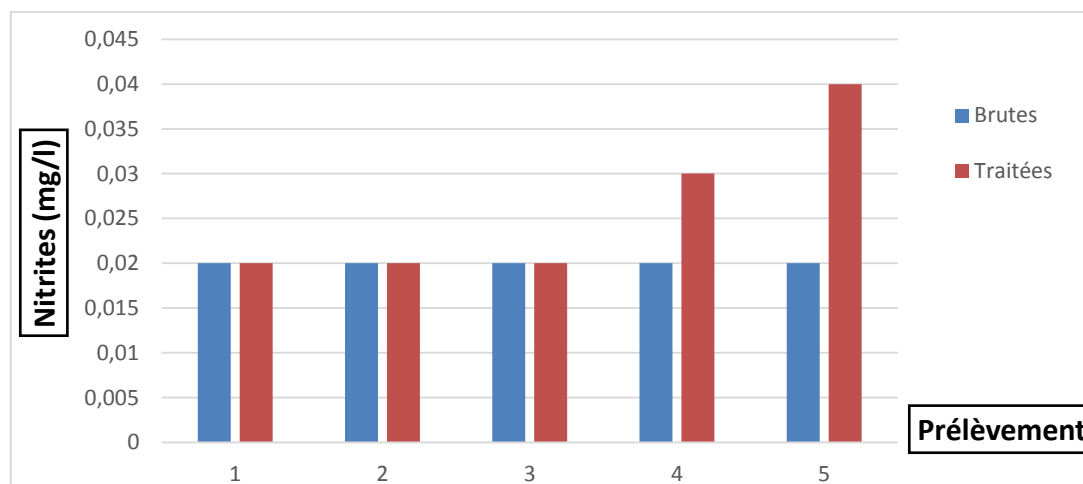


Figure n°32 : Variation des nitrites de l'eau brute et traitée

D'après les résultats, on observe que les valeurs des nitrites sont présentes dans les eaux traitées avec une moyenne de 0,14mg/l (**Tableau n°38, Figure n°32**) et cela s'explique par l'addition de l'hypochlorite de sodium dans l'eau. Mais cette valeur reste inférieure à la norme qui est de 0,1 mg/l.

4.8. Mesure du fer :

La présence du fer dans l'eau potable peut modifier le goût, l'odeur ou la couleur, le fer ne pose pas de risque pour la santé humaine aux concentrations normalement présentes dans l'eau potable qui est de 0,3mg/l.

Le fer est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°39 : Résultats de mesure du fer de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Fer (mg/l)	01	0,01	0,01
	02	0,01	0,01
	03	3,35	0,01
	04	0,3	0,01
	05	0,3	0,01
	Moyenne	0,26	3,33

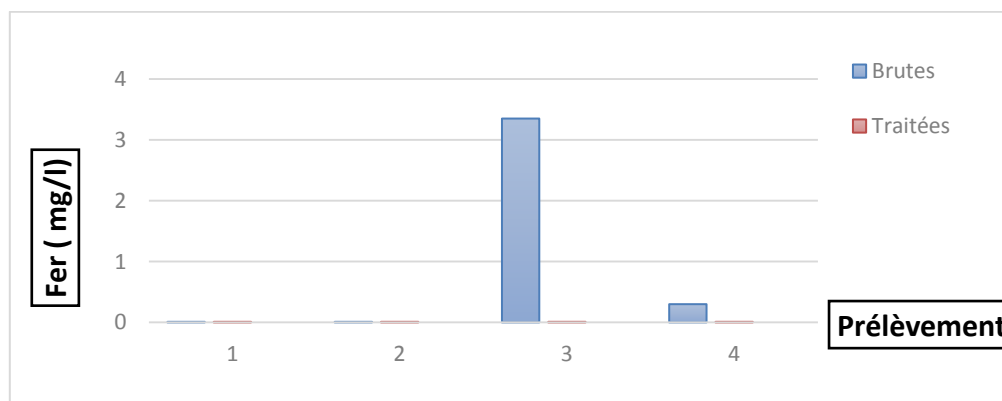


Figure n°33 : Variation du fer de l'eau brute et traitée

Les résultats obtenus montrent la présence des concentrations infimes du fer dans les eaux traitées mais restent inférieurs à la norme et sans risque pour la santé humaine.

(Tableau n°39, Figure n°33).

4.9. Mesure de l'indice permanganate :

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalent à la quantité d'ion permanganate consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate consommée dans des conditions définies.

Tableau n°40 : Résultats de mesure de l'indice permanganate de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Indice Permanganate (mg/l)	01	8,66	1,66
	02	0,97	0,5
	03	1,46	0,68
	04	1,63	0,65
	05	1,64	0,62
	Moyenne	0,95	0,27

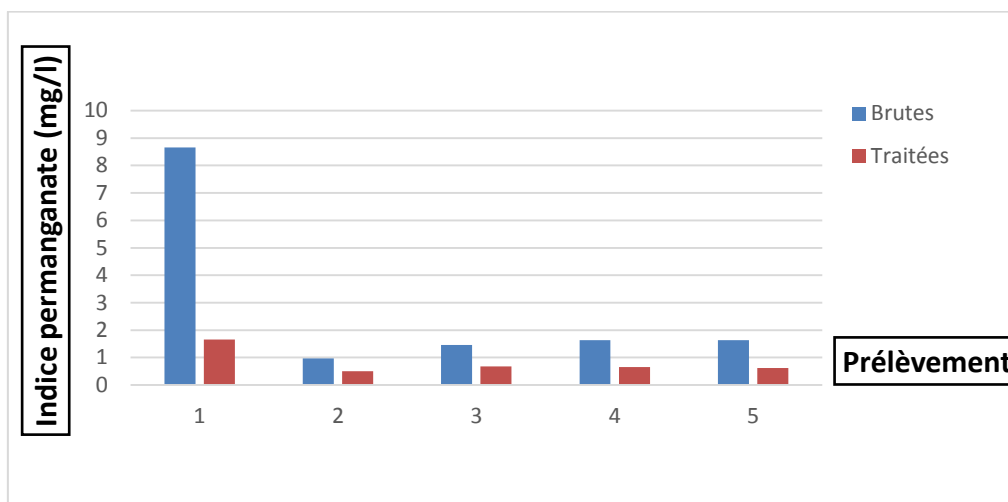


Figure n°34 : Variation de l'indice permanganate de l'eau brute et traitée

D'après les résultats obtenus, on observe que les valeurs les plus importantes sont observées dans les eaux brutes, alors que celles des eaux traitées sont inférieures à la norme et n'ont pas d'effet sur la santé humaine (Tableau n°40, Figure n°34).

4.10. Mesure des sulfates :

Les sulfates (SO₄) peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfates est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels. Ils représentent la source majeure de soufre, un composant

essentiel de nombreuses protéines de la peau des ongles, des cheveux, et des hormones comme l'insuline.

Les sulfates sont mesurés mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°41 : Résultats de mesure des sulfates de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Sulfates (mg/l)	01	73,3	103,15
	02	88,85	148,1
	03	11,65	14,09
	04	100,5	102,2
	05	101,2	103,1
	Moyenne		375,5

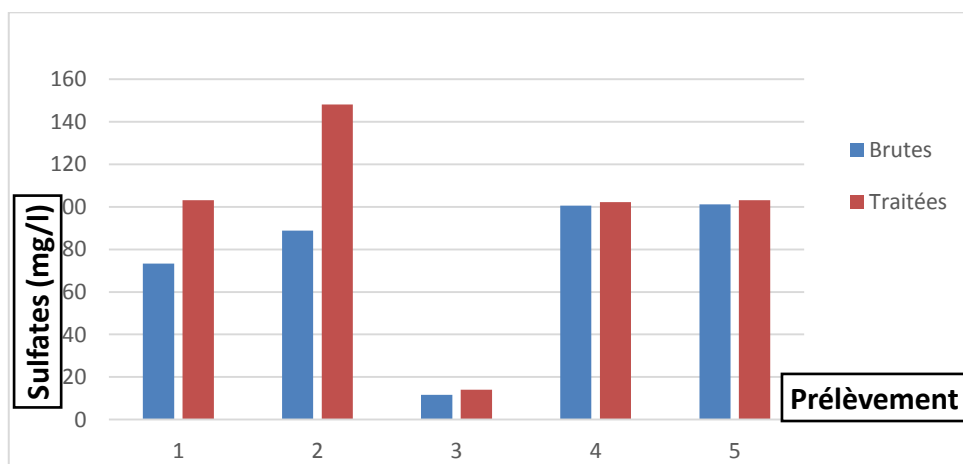


Figure n°35 : Variation des sulfates de l'eau brute et traitée

D'après les résultats obtenus, on observe que les sulfates sont présents avec des valeurs élevées dans l'eau traitée avec un moyenne 470,60 mg/l contre 375,5mg/l seulement pour l'eau brute et cela s'explique par l'ajout du sulfate d'alumine lors du traitement (**Tableau n°41, Figure n°35**).

4.11. Mesure des bicarbonates :

Les bicarbonates présents dans l'eau sont sous forme d'ion dissous, proviennent du lessivage des sols par les eaux de pluie. Aussi, leur teneur dépend directement de la nature des roches du bassin versant.

Les bicarbonates sont mesurés mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°42 : Résultats obtenus de mesure des Bicarbonates de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Bicarbonates (mg/l)	01	99,27	72,88
	02	98,51	93,87
	03	110,1	106,62
	04	106,85	100,86
	05	107,70	100,70
	Moyenne	34,82	24,93

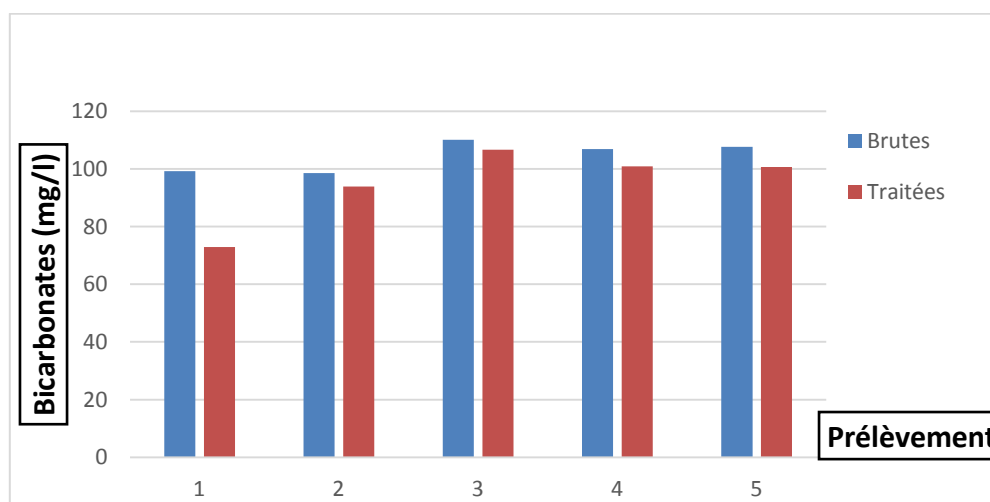


Figure n°36 : Variation des Bicarbonates de l'eau brute et traitée

Les résultats obtenus montrent des concentrations importantes des bicarbonates dans l'eau traitée et l'eau brutes (**Tableau n°42 et Figure n°36**). Ces valeurs s'expliquent par la présence des bicarbonates dans le charbon actif utilisé pour le traitement des eaux potables.

4.12. Mesure du titre alcalimétrique complet (TAC) :

Le titre alcalimétrique mesure la teneur de l'eau en alcalis libre, carbonates et hydrogénocarbonates.

Le titre alcalimétrique complet est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°43 : Résultats de mesure du TAC de l'eau traitée

Paramètre	Prélèvement	Traitée
TAC (mg/l)	01	59,74
	02	76,95
	03	87,4
	04	80,75
	05	83,39
	Moyenne	25,88

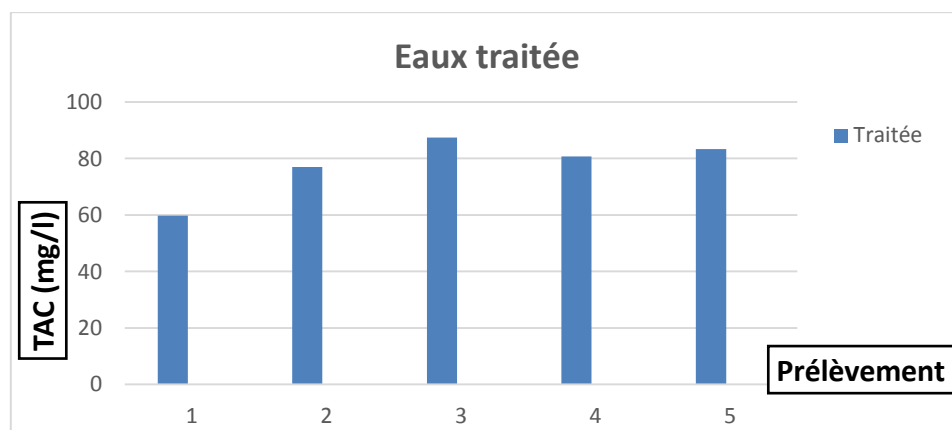


Figure n°37 : Variation du TAC de l'eau traitée

Les résultats obtenus montrent que l'eau traitée présente des concentrations importantes du TAC (**Tableau n°43, Figure n°37**) et ceci suite à l'ajout du CaCO_3 dans le charbon actif.

4.13. Mesure de Magnésium :

Le magnésium est un élément que l'on retrouve abondamment dans l'eau, le sol et la roche. Sa présence dans l'eau peut avoir un effet laxatif et perd son goût si sa concentration dépasse la norme.

Le magnésium est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire centrale d'Annaba.

Tableau n°44 : Résultats de mesure du Magnésium de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Magnésium (mg/l)	01	81,37	59,74
	02	80,75	76,95
	03	90,25	87,4
	04	85,5	80,75
	05	83,8	81,77
	Moyenne	28,11	25,77

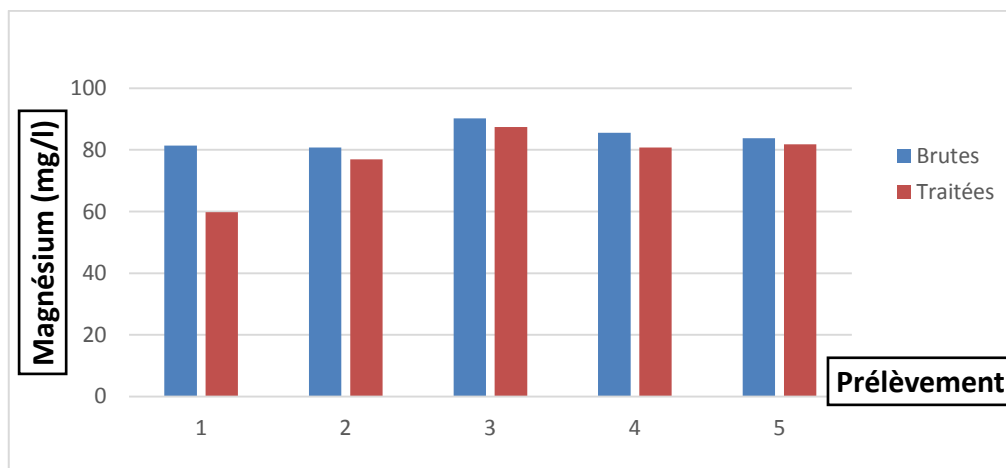


Figure n°38 : Variation du magnésium de l'eau brute et traitée

Les résultats obtenus montrent la présence du magnésium dans l'eau brute et traitée mais avec des concentrations faibles pour l'eau traitée par rapport à la norme qui est de 150 mg/l (**Tableau n°44, Figure n°38**).

4.14.Mesure du Calcium :

La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géographiques riche de calcium.

Le calcium est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°45 : Résultats de mesure du calcium de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Calcium (mg/l)	01	90,82	50,5
	02	67,33	64,12
	03	57,51	60,12
	04	54,5	52,1
	05	55,17	50,7
	Moyenne	21,68	18,50

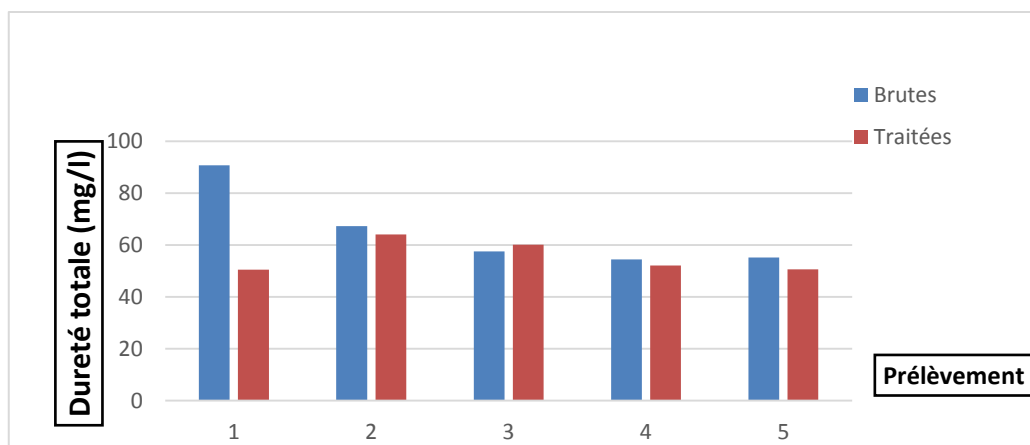


Figure n°39 : Variation du calcium de l'eau brute et traitée

Le traitement à la chaux des eaux brutes augmente la teneur en calcium de l'eau traitée (Tableau n°45, Figure n°39).

4.15. Mesure de la dureté totale :

La dureté totale d'une eau est principalement l'expression de la teneur en calcium et magnésium dans l'eau.

La dureté totale est mesurée mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°46 : Résultats de mesure de la dureté totale de l'eau brute et traitée

Paramètre	Prélèvement	Eaux	
		Brutes	Traitées
Dureté totale (mg/l)	01	172	186
	02	234	230
	03	192	200
	04	210	200
	05	206	200
	Moyenne	67,6	67,73

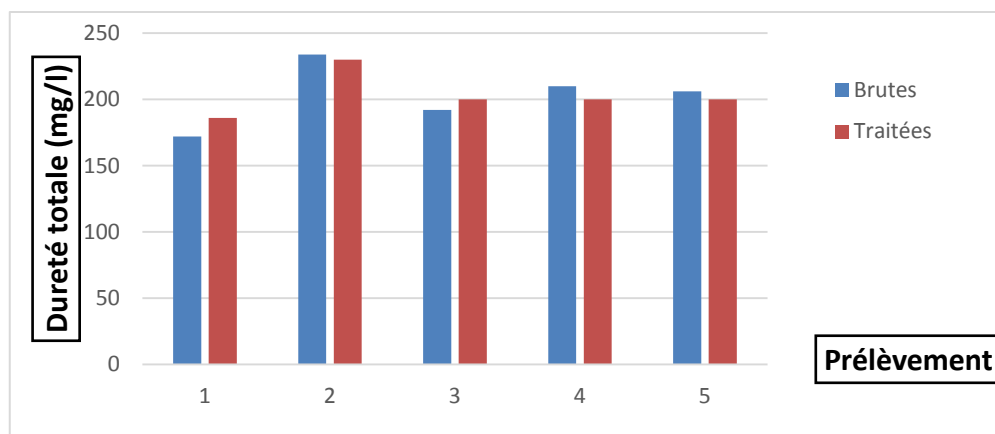


Figure n°40 : Variation de la dureté totale de l'eau brute et traitée

Les résultats obtenus et illustrés (**Tableau n°46**, **Figure n°40**) s'expliquent par la présence du calcium et du magnésium trouvé ultérieurement.

4.16. Mesure de l'aluminium :

L'aluminium est le troisième constitutif de l'écorce terrestre. Il représente près de 8% de la composition de la lithosphère. Métal très réactif, il ne se rencontre pas à l'état libre dans l'environnement. En présence de matières organique dissoutes, l'aluminium complexé aux nitrates, sulfates, chlorures est soluble dans l'eau. C'est un constituant naturel des eaux aussi bien souterraines que de surface.

L'aluminium est mesuré mensuellement au niveau du laboratoire central d'Annaba.

Tableau n°47 : Résultats de mesure de l'Aluminium de l'eau traitée

Paramètre	Prélèvement	Traitée
Aluminium (mg/l)	01	0,19
	02	0,21
	03	0,14
	04	0,13
	05	0,10
	Moyenne	0,05

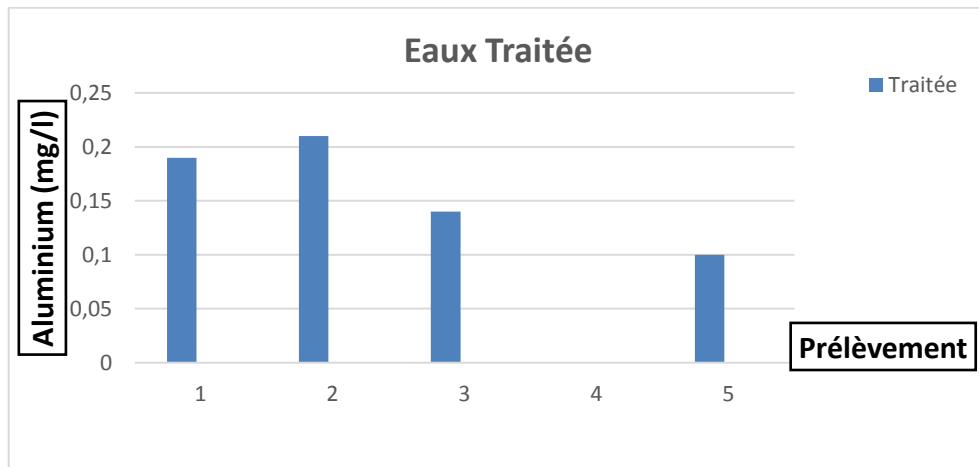


Figure n°41 : Variation de l'aluminium totale de l'eau traitée

Les résultats obtenus montrent des concentrations importantes en aluminium dans l'eau traitée (**Tableau n°47, Figure n°41**). Cette présence est due à l'échappement des colloïdes de sulfates d'alumine lors du lavage des filtres mais ces concentrations restent généralement inférieures à la norme.

Discussion

Nos résultats concernant l'évaluation de l'efficacité de la méthode physico-chimique pour traiter les eaux brutes du barrage Mexa et ce pour les rendre potables concordent avec les travaux de Wkundimana.Z (2011), Boukhari. A (2012) et ceux de Oussama.M (2019).

La méthode physico-chimique utilisé donne de bons résultats de tous les paramètres physiques et chimiques mesurés.

CONCLUSION

CONCLUSION

La station de traitement de l'eau potable Mexa effectue un traitement physico- chimique visant à rendre l'eau du barrage de Mexa propre à la consommation humaine.

Pour respecter les normes de potabilité, la station applique les six étapes du traitement qui sont : Pré chloration ou peroxydation, coagulation, floculation, décantation, filtration et désinfection.

Le procédé physico-chimique s'est avéré efficace d'après les résultats d'analyse que nous avons obtenus sur l'eau traitée, puisque tous les paramètres analysés répondent aux normes exigées par l'état Algérien.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons indiquer, en ce qui concerne l'eau traitée ; durant les deux périodes pluviales et sèches de notre étude, les points de conclusion suivants :

*** Durant la Période pluviale :**

- Turbidité moyenne à 8 h du matin : 4,16 NTU, à 10 h du matin : 3,79 NTU, et à 13 h de l'après-midi : 3.18 NTU.
- pH moyen à 8 h du matin : 7,38, à 10 h du matin : 7,36, et à 13 h de l'après-midi : 7.37.
- Température à 8 h du matin : 10.81°C ; à 10 h du matin : 10,95°C, et à 13 h de l'après-midi : 10.95°C.
- Conductivité à 8 h du matin : 498,33µs/cm ; à 10h du matin : 497,73 µs/cm, et à 13h de l'après-midi : 497,8 µs/cm.

*** Durant la Période sèche :**

- Turbidité moyenne à 8 h du matin : 4,50 NTU, à 10 h du matin : 4.37 NTU et à 13h de l'après-midi : 3,95NTU.
- ph moyen à 8 h du matin : 7.38, à 10 h du matin : 7,36 et à 13h de l'après-midi : 7,34.
- Température à 8h du matin : 20,39°C, à 10h du matin : 19,86°C, et à 13h de l'après-midi : 20,95°C
- Conductivité à 8h du matin : 513.4 µs/cm, à 10h du matin : 515,53 µs/cm et à 13h de l'après-midi : 515,93 µs/cm.
- Test de Chlore montre des valeurs allant de 0.2 à 0.4 mg /l de Chlore résiduel libre ;
- Dureté Totale qui est de 67.73mg/l est en relation avec le Calcium et le Magnésium ;
- Les autres éléments tels que le Fer, l'ammonium, les Nitrites, les Nitrates, le Permanganate, les Sulfates, les Bicarbonates et le TAC sont présents mais avec de faibles concentrations et sont, sans aucun effet néfaste sur la santé de consommateur.

CONCLUSION

Tous les résultats obtenus précédemment, répondent aux normes de potabilité appliquée dans notre pays et de ce fait, nous pouvons dire que l'eau distribuée par la station Mexa , aux citoyens de la wilaya d'El-tarf et d'Annaba est potable et est exempte de tous germes pathogènes mais il faudra penser à utiliser d'autres méthodes d'épuration des eaux comme les méthodes de filtration sur membranes parce que ces dernières sont sans danger pour la santé des consommateurs par rapport à l'eau de javel utilisée dans les stations algériennes qui élimine 99.99% de germes nocifs mais reste comme même un produit chimique qui pourrait nuire à la santé des citoyens.

En perspective, il serait judicieux de couvrir la station de traitement (comme les stations de l'Europe), pour la protéger contre les facteurs climatiques, surtout la température, qui influe énormément sur la qualité des traitements.

Aussi, il est préférable d'équiper la station par un système de filtration par osmose inverse ou avec une membrane échangeuse d'ion afin d'éviter la présence des sulfates, des nitrites et d'ammonium dans l'eau traitée.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

A

Anonyme, 1989 : Mémento technique de l'eau tome 1, édition de cinquantenaire, Neuvième édition,

Jeron Monod ; pp124, 175.

Anonyme, 1991 : Les stations de pompage d'eau, quatrième édition, Lavoisier TEC et DOC ; p125.

Anonyme, 1995 : Agence nationale de l'eau potable et industrielle et de l'assainissement, 1995.

Anonyme, 1999 : Algérienne des eaux, traitement des eaux de surface (technique de la désinfection).

Anonyme, 2004 : Description du fonctionnement et de l'exploitation de la station de traitement d'eau potable de Mexa N°MX-DOC-FONC-04 ; pp 2, 3,4, 7,8.

Anonyme, 2005 : Encarta.

Anonyme, 2012 a : Fiche technique, cellule spectrophotométrie, laboratoire centrale d'Annaba. SEATA.

Anonyme, 2012 b : Technique, cellule volumétrique, laboratoire centrale d'Annaba, SEATA.

B

Balaska. A., 2005 : Traitement de l'eau usée de la laiterie d'Edough Annaba par des procédés physico-chimique. Mémoire Magister. Université Badji Mokhtar Annaba, pp 35,75.

Boussboua. H., 2006 : Eléments de microbiologie. Université de Constantine, p554.

Bouziani. M., 2006 : L'eau dans tous ses états .Edition Dar el Gharb, p43.

Bentouili.Y., 2007 : Inventaire des ressources d'eau du parc national d'el Kala. Thèse de Magister. Université d'Annaba.

Bouhadjera. H et Necib. R., 2010 : Traitement de l'eau potable au niveau du barrage Mexa. Thèse en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en chimie. Université Badji Mokhtar Annaba, pp21, 30.

Bordj et al, 2011 : L'évaluation de la qualité potable du barrage Cheffia (Daïra de Bouhadjar d'El Tarf) rapport de stage, présenté en vue de l'obtention d'une licence en Biologie option : Ecologie Générale, p25.

Boukhari.H et Nacer.W., 2011 : Inventaire et caractérisation des ressources hydriques du secteur de gestion de Bougous (pnek), p23.

Bendjama, 2007 in Mender et al., 2015 : Contribution à l'étude bactériologique de l'eau potable de la région d'Annaba.

C

Cardot. B., 1999 : Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus. Ellipse Ed. Marketing, pp 65,77.

D

Degrenont. J., 1978 : Mémento technique de l'eau ,8^{ème} édition, pp 340, 370.

Desjardins, 1988 in Boukhari. A ., 2013 : Contribution à l'étude de traitement des eaux potables du barrage Mexa- wilaya d'El Tarf. Mémoire de Master. Université Chadli Bendjedid-El Tarf. Algérie 5.

Dupont. A., 1978 : Hydraulique urbaine. Tome 1, pp 26-27.

E

Eugène. A., 2000 : Ecologie des eaux courantes.

F

Frensel, 2009 in Boukhari. A., 2013 : Contribution à l'étude de traitement des eaux potables du barrage

Mexa- wilaya d'El Tarf. Mémoire de Master. Université Chadli Bendjedid- El Tarf. Algérie.

G

Génie et al, 2013 in Ukundimana, 2011 : Potabilisation d'une eau de surface par le procédé physico-chimique et essai de traitement par un procédé naturel utilisant un biosorbant (cônes de cyprès).

Guesmi, 2011 in Mender et al ., 2015 : Contribution à l'étude bactériologique de l'eau potable de la région d'El Tarf, p3.

K

Kettaba. A., 1993 : Traitement des eaux potables, office des publications. Université Ben Aknoun Alger, pp 3, 5, 6, 8, 12, 28.

M

Mackenzi. A., 2000 : L'essentiel en écologie, p57.

N

Necer. W et al., 2010 : Technique de traitement de l'eau potable au niveau de la station de Bouhadjar, rapport de stage Master 1, p 30.

O

Ozenda. P., 1982 : Les végétaux dans la biosphère, pp74, 100.

R

Racox. C., 1967 : Technique et contrôle du traitement d'eau, OMS. Genève, pp 24,106.

Raymond.D., 1990 : Traitement des eaux. Ecole polytechnique de Montréal, p29.

Ricardo.H., 2006 : Supervision et diagnostic des procédés de production de l'eau potable, Thèse de Doctorat, institut national des sciences appliquées de Toulouse . France, p190.

Reffas.R., 2007 : Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de l'oued El Kebir. Projet de fin d'étude pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'état en agronomie option : Gestion des aires protégées, pp 35.36.60.

U

Ukundimana. Z., 2011 : Potabilisation d'une eau de surface par les procédés physico-chimiques et essaie de traitement par un procédé naturel utilisant un biosorbant (cônes de cyprès).Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention d'un diplôme en Biologie, université d'Annaba, pp 25,70.