

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : Sciences de de l'ingénieur

Département : Hydraulique

Domaine : Sciences et technologie

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

ANALYSE DE LA QUALITE DES EAUX DE LA STATION DE TRAITEMENT CHAIBA WILAYA DE ANNABA

Présenté par : Baadj Mostapha / Mokrani Iskander

Encadrant : Bouslah Soraya

Grade MCB

Université

BMA

Jury de Soutenance :

HACHEMI RACHEDI LAMIA	MCB	Université Badji Mokhtar Annaba	Président
BOUSLAH SORAYA	MCB		Encadrant
DJEDAOUNE AMEL	MCB		Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

Avant tout nous remercions Allah, de nous avoir donné la force et le courage d'effectuer ce projet de fin d'étude.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à notre promoteur Mme Bouslah Soraya , pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.

Nous adressons un remerciement particulier à nos enseignants du département d'hydraulique.

Nous remercions les enseignants de la faculté des Sciences et de la Technologie et tous les enseignants qui nous ont aidés de près ou de loin pendant toutes nos années d'études.

Nous tenons enfin à remercier le président et les membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs et mon frère pour leur appui et leur encouragement.

A tous mes amis particulièrement à ceux qui m'ont aidé à élaborer ce travail.

A tous les étudiants de la promotion 2020/2021 .

Baadj Mustapha

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes précieux parents ; à mon père, mon exemple éternel et à ma mère, le secret de ma force, pour leurs sacrifices, leur confiance, leur encouragement, et leur soutien pendant toute ma vie, Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

À mes très chères sœurs ; Loubna et Olfa la lumière qui éclaire mon chemin et qui me donne le sourire.

À toutes les personnes qui m'ont encouragé pour la réalisation de ce mémoire, je vous présente mes sincères gratitude.

À l'âme qui n'a pas eu le sommeil pendant des longues nuits afin accomplir ce travail à moi

Mokrani Skander Foued

SOMMAIRE

RESUME

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre 1 : Etude bibliographique sur l'eau

I. Introduction

II. Ressources en eau

III. Propriétés chimiques de l'eau

IV. Propriétés biologiques de l'eau

V. Ressources hydriques naturelles

1. Eaux souterraines
2. Eaux de surface
3. Eaux de mers et oceans

VI. Origine de la pollution

1. L'industrie
2. L'agriculture
3. Pollution domestique
4. Pollution par les eaux pluviales
5. Pollution d'origine naturelle
6. Pollution par les substances associées au traitement de l'eau

VII. Les principaux polluants des eaux naturelles

1. Polluants physiques
 - 1.1* Les éléments grossiers
 - 1.2* Les sables
 - 1.3* La matière en suspension (MES)
2. Polluants chimiques
 - 2.1* Les éléments chimiques minéraux
 - La temperature
 - Le pH
 - Les sels
 - Les nitrates (NO_3^-)

-Les chlorures

-Les sulfates (SO_4^{2-})

-Les métaux lourds

2.2 La matière organique

2.3 Polluants microbiologiques

VIII. Normes de qualité des eaux de consommation

*Les paramètres organoleptiques

* Les paramètres physico-chimiques

*Les substances indésirables

* Les paramètres de pollution

* Les substances toxiques

* Les paramètres bactériologiques

IX. Chaîne de traitement

*Les étapes du traitement de l'eau

1. Dégrillage et tamisage
2. Oxydation
3. Clarification
4. Coagulation-Floculation
5. Décantation
6. Flottation
7. Filtration
8. Désinfection
9. Stérilisation
10. Autres traitements

X. Evaluation des filières de traitement

XI. Conclusion

Chapitre 2 : Présentation de la station de traitement de Chaiba

- I. Introduction**
- II. Origine des eaux**
- III. Situation géographique de la station**
- IV. Cycle de traitement de l'eau brute dans la station de traitement de Chaiba**
 1. 1^{ère} phase : la Pré chloration
 2. 2^{ème} phase : la Coagulation et floculation
 3. 3^{ème} phase: la Décantation
 - ❖ Ramificateurs inférieures
 - ❖ Ramificateurs supérieures
 - ❖ Une cloche d'eau
 - ❖ Tranquillisateurs
 - ❖ Concentrateur
 - ❖ Le mode de fonctionnement de PULSATOR
 4. 4^{ème} phase : la Filtration
 - ❖ Lavage des filtres
 - a. Décolmatage
 - b. Soufflage
 - c. Rinçage
 5. 5^{ème} phase : la stérilisation
 6. 6^{ème} phase : le réservoir
- V. Conclusion**

Chapitre 3 : Contrôle de la qualité des eaux produites

I. Introduction

II. Suivi de la qualité de l'eau de la station

1. Résultats et interprétation des paramètres organoleptiques

1.1. Couleur de l'eau

1.2. Turbidité

2. Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques

2.1. pH

2.2. Temperature

2.3. Conductivité

2.4. TDS

2.5. Chlorure

2.6. Aluminium

2.7. Fer

2.8. Ammonium

2.9. Nitrite

2.10. Nitrates

2.11. Ortho-phosphates

3. Résultats et interprétation de la minéralisation globale

3.1. Dureté totale (TH)

3.2. Calcium

3.3. Magnésium

3.4. Le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

3.5. HCO_3^-

III. Rendement de la station

1. Introduction

2. Détermination du rendement de la station

2.1. Rendement d'élimination de la turbidité

2.1.1. Principales causes de la turbidité

2.1.2. Conséquences de la turbidité

a. L'effet de la turbidité sur la qualité et le traitement de l'eau

b. Le risque de La turbidité sur la santé humaine

2.2 Rendement de réduction de la dureté

2.2.1 Principales causes de la dureté

2.2.2 Conséquences de la dureté

2.2.3 Les solutions techniques pour réduire la Dureté

a. Techniques d'adoucissement

b. Avantage d'adoucissement

IV. Conclusion

Conclusion générale et recommandation

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma classique d'une station de potabilisation des eaux de surface (Desjardins, 1997)

Figure 2 : La station de traitement Chaiba

Figure 3 : Station de traitement « Chaiba »

Figure 4 : réparation des ramificateurs intérieurs

Figure 5 : les ramificateurs supérieurs

Figure 6 : entretien d'un pulsator.

Figure 7 : les tranquilisateurs.

Figure 8 : concentrateur de boue.

Figure 9 : Décanteur PULSATOR.

Figure 10 : plancher de buslure d'un filtre.

Figure 11 : mise en place de la couche du sable.

Figure 12 : boîte de partialisations d'un filtre

Figure 13 : lavage des filtres

Figure 14 : réservoir d'eau traitée.

Figure 15 : Réseau d'alimentation des eaux de barrage « Cheffia » vers Annaba

Figure 16: Variation de la Couleur de l'eau brute et traitée en fonction du temps

Figure 17 : Variation de la turbidité des eaux brutes et traitées

Figure 18 : Variation du pH pour l'eau brute et traitée en fonction du temps

Figure 19: Variation de la Température de l'eau brute et traitée en fonction du temps

Figure 20: Variation de la Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 21: Variation de TDS (mg/l) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps

Figure 22 : Variation du Chlore libre en fonction du temps

Figure 23: Variation de la concentration de l'aluminium dans l'eau traitée en fonction du temps.

Figure 24: Variation de la concentration du fer dans l'eau traitée et brute en fonction du temps.

Figure 25: Variation de la concentration de l'ammonium pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 26: Variation de la concentration des nitrites pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 27: Variation de la concentration des nitrates pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 28: Variation de la concentration des ortho-phosphates pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 29: Variation de la concentration de la dureté totale pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 30: Variation de la concentration du calcium pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 31: Variation de la concentration du magnésium pour l'eau brute et traitée en

fonction du temps.

Figure 32: Variation de la concentration du TAC pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 33: Variation de la concentration du HCO^3 pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Figure 34: Le rendement d'élimination de la turbidité de la station

Figure 35: Rendement de la Dureté.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : La différence entre les eaux de surface et souterraines

Tableau 2: Tableau des normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable

Tableau 3 : Tableau des normes physico-chimiques d'une eau potable.

Tableau 4 : Tableau des normes des substances indésirables une eau potable

Tableau 5 : Tableau des normes des paramètres de pollution d'une eau potable

Tableau 6: Tableau des normes des substances toxiques d'une eau potable

Tableau 7: Tableau des normes des paramètres bactériologiques d'une eau potable

Tableau 8 : Statistiques descriptives

LISTE D'ABREVIATIONS

pH : potentiel hydrogène

Men : matière en suspension

TDS : total des solides dissous

TH : Dureté totale

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

THM : trihalométhanés

Résumé

Résumé

L'accès à l'eau potable est un droit en Algérie. Pour assurer ce droit, les autorités concernées doivent fournir à leurs abonnés une eau traitée et conforme notamment du point de vue physicochimique, pour éviter tout problème sanitaire vis-à-vis des consommateurs. Pour mieux valoriser les eaux du barrage Chaffia nous avons opté pour l'étude de la qualité physico-chimique de ses eaux avant et après traitement pendant une période de six (06) années, s'étendant de 2015 à 2020 à raison de douze (12) prélèvements par année. Les résultats ont été comparés aux normes internationales de potabilité. D'un point de vue temporel, la contamination de l'eau brute du barrage varie en fonction des conditions climatiques, étant généralement faible pendant la période hivernale et élevée pendant les périodes de faible débit. L'interprétation des résultats des analyses chimiques montre que la qualité des différentes eaux de la station est dans les normes sauf pour quelques mois les eaux brutes du barrage sont polluées et la pollution serait d'origine agricole.

Mots clés :

Analyses physicochimiques, eau, eau brute, eau traitée, station de traitement.

Summary :

Access to drinking water is a basic human right in Algeria. To ensure this right, and avoid any health problem for consumers, the authorities concerned must provide their customers with treated and compliant water, in particular from a physicochemical point of view. To better enhance the value of the water from the Chaffia dam, we have opted to study the physicochemical quality of its water before and after treatment for a period of six (06) years, extending from 2015 to 2020 at a rate of twelve (12) withdrawals per year. The results were compared to international drinkability standards. From a temporal perspective, the contamination of raw dam water varies with climatic conditions, being generally low during the winter period and high during periods of low flow. The interpretation of the chemical analyzes' results shows that the quality of the station's various waters is within the standards except for a few months the raw waters of the dam are polluted and the pollution is believed to be of agricultural origin.

Keywords:

Physicochemical analyzes, water, raw water, treated water, treatment station.

المخلص:

التمكن من الحصول على المياه الصالحة للشرب حق مضمون في الجزائر. لضمان هذا الحق، يجب على السلطات المعنية توفير مياه معالجة ومتوافقة مع المعايير الدولية خاصة من وجهة نظر فيزيائية وكيميائية لتجنب أي مشكلة صحية للمستهلك.

لتحسين وتقييم مياه سد الشافية اخترنا دراسة الخصائص والجودة الفيزيائية والكيميائية لمياهه قبل وبعد المعالجة لمدة 6 سنوات لفترة تمتد من 2015 إلى 2020 بمعدل (12) عينة في السنة. تمت مقارنة النتائج مع المعايير الدولية لقابلية الشرب من منظور زمني تلوث مياه السدود الخام يختلف باختلاف الظروف المناخية، حيث يكون منخفض عامة خلال فترة الشتاء و مرتفع خلال فترات التدفق المنخفض.

يوضح تفسير نتائج التحاليل الكيميائية أن جودة المياه المختلفة للمحطة تتماشى مع المعايير باستثناء بضعة أشهر أين تكون المياه الخام ملوثة، وهذا التلوث على الأرجح من أصل زراعي.

الكلمات المفتاحية:

التحاليل الفيزيائية والكيميائية، مياه، مياه خام، مياه معالجة، محطة معالجة المياه.

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Les eaux à visée de potabilisation pour la consommation humaine sont de différentes natures. Elles peuvent être souterraines ou superficielles. Les eaux de surface se répartissent en eaux courantes ou stockées (stagnantes). Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organiques, ainsi qu'en plancton. Elles sont également très sensibles à la pollution minérale et organique. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés de dans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de cela que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Kettab, 1992).

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable.

Le laboratoire d'analyse a un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant traitement à l'aide des analyses pour l'obtention des résultats demandés.

Notre mémoire s'intitule : Analyse de la qualité des eaux de la station de traitement de Chaiba, et comporte trois chapitres :

- Chapitre 1 : Etude bibliographique sur l'eau, on a fait une recherche bibliographique pour avoir une idée sur l'eau et le traitement des eaux.
- Chapitre 2 : Présentation de la station de traitement de Chaiba, qui rassemble d'une part des généralités sur la zone d'étude et d'autre part une description détaillée de la station de traitement Chaiba.
- Chapitre 3 : Contrôle de la qualité des eaux produites (eau brute → eau traitée).

On clôture par une conclusion.

KETTAB, A. 1992. Traitement des eaux (les eaux potables). *OPU, Alger*.

Chapitre 1 :

Etude bibliographique

sur l'eau

I. Introduction:

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel. Dans son parcours jusqu'à nos robinets, elle se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable et des normes de potabilité concernant les paramètres organoleptiques, physico-chimiques, les substances indésirables et toxiques et les paramètres bactériologiques. Elle doit ainsi répondre à de nombreux critères pour permettre à chacun de boire une eau sans aucun risque pour la santé.

II. Ressources en eau:

L'eau de la planète est présente naturellement sous diverses formes dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la terre, et dans les océans. L'eau douce ne constitue que 2,5% de l'eau de la planète et se présente essentiellement sous forme gelée dans les glaciers et les calottes glaciaires. Le reste de l'eau douce est principalement stockée dans les nappes phréatiques et seule une petite partie se trouve en surface et dans l'atmosphère. Examiner la façon dont l'eau voyage au cours de son cycle nous permet de mieux comprendre ses interactions avec l'environnement et de mieux évaluer la quantité disponible pour la consommation de l'homme. Sur la terre, l'eau existe dans les trois états phases : liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau- glace, eau- vapeur, glace-vapeur selon les conditions de température et de pression.

III. Propriétés chimiques de l'eau :

L'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques.

La solvatation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi des nouvelles structures : il se produit une véritable réaction chimique (une solvatation complète est une dissolution)(Djemai, 2013).

IV. Propriétés biologiques de l'eau :

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants.

Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants.

V. Ressources hydriques naturelles :

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappe), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer.

1. Eaux souterraines

Du point de vue hydrogéologique les couches aquifères se divisent en :

- Nappe phréatique ou alluviales : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.
- Nappes captives : plus profondes que les premières et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures. La nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils répondent en général aux normes de potabilité, pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants.

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales.

2. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulant ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...), la composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés de terre et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Brémond and Vuichard, 1973).

Elles sont généralement polluées bactériologiquement et présentent éventuellement plusieurs pollutions :

- D'origine urbaine (rejet de station d'épuration)
- D'origine industrielle (solvants, hydrocarbures, produits de synthèse, métaux lourds, produits toxiques,...)
- D'origine agricole (pesticides, herbicides, nitrates, rejets organiques,...)

3. Eaux de mers et océans

Ces eaux sont caractérisées par une salinité importante. Selon origines (pleine mer, estuaire, estuaire) les caractéristiques physiques sont très variables : turbidité, matières en suspension, présence de plancton, teneur en sable, pollution par des rejets urbains ou industriels, influence des fleuves, influence de la marée, température de l'eau, etc. À cause de sa forte concentration en sels, l'eau de mer n'est pas potable et nécessite une importante désalinisation, par contre l'a démontré Alain Bombard le jus extrait des poissons est tout à fait potable.

Tableau 1 : La différence entre les eaux de surface et souterraines

Caractéristiques	Eau de surface	Eaux souterraines
<i>Température</i>	Varie en fonction des saisons	Relativement constante
<i>Turbidité</i>	Niveau variable parfois élevé	Faible ou nulle
<i>Couleur</i>	Principalement due aux sols en suspension (argile, algues,...) excepté pour les eaux acides et très douces	Principalement due aux solides dissous
<i>Contenu minéral</i>	Varie avec le sol, les effluents, les pluies,....	Généralement plus important que l'eau de surface pour un même endroit
<i>Fe et Mn en solution</i>	Généralement pas sauf pour au fond dans lacs et des dans le processus d'eutrophisation	Présent

<i>CO₂-agressif</i>	Pas présent	Souvent présent en grande quantité
<i>O₂- dissout</i>	Souvent proche du niveau de saturation .absent dans les eaux très polluées	Généralement en grande quantité
<i>H₂S</i>	Pas présent	Souvent présent
<i>NH₄</i>	Seulement dans des eaux polluées	Souvent présente sans forcément une pollution bactériologique
<i>nitrates</i>	Niveau généralement faible	Niveau souvent important
<i>silice</i>	Généralement en proportion modérée	Niveau souvent important
<i>Micropolluants d'origine organique et minérale</i>	Présent dans l'eau des pays développés mais est susceptible de disparaître rapidement une fois la source éliminée	Normalement pas mais une pollution accidentelle a des effets a très long terme
<i>Organismes vivants</i>	Bactéries, virus, plancton (animal et végétal)	Des bactéries du fer sont fréquemment trouvées
<i>Solvants chlorés</i>	Rarement présent	Souvent present

VI. Origine de la pollution

1. L'industrie

Les activités industrielles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes, parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme. Les rejets industriels renferment des produits divers sous forme insoluble ou soluble d'origine minérale et/ou organique, à caractère plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à très faible concentration (BOEGLIN, 2001).

2. L'agriculture

Elle utilise des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires destinés à protéger les cultures. Ces produits parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès vont contaminer en période de pluie, les eaux de surface et les eaux souterraines par infiltration (Djabri, 1996).

3. Pollution domestique

Nos eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et de produits chimiques (Durfor and Becker, 1972).

4. Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas oublier par ailleurs la pollution générée par les eaux pluviales. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles) (Lounnas, 2008).

5. Pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes (Djabri, 1996).

6. Pollution par les substances associées au traitement de l'eau

La chloration de l'eau dans le but de la rendre potable est un procédé très répandu et reconnu efficace. La chloration est même considérée par les experts comme étant l'une des plus importantes initiatives de santé publique du XXe siècle. Cependant, bien qu'il soit efficace pour contrôler principalement les virus et les bactéries, le chlore, en présence de matières organiques, entraîne la formation de plusieurs sous-produits de chloration (SPC) potentiellement cancérigènes comme par exemple les trihalométhanes (THM). Le sulfate d'aluminium est un produit utilisé pour coaguler les substances contenues dans l'eau. L'eau ainsi traitée présente des concentrations d'aluminium plus élevées que dans l'eau non traitée. La toxicité de l'aluminium a été étudiée en relation avec la maladie d'Alzheimer qui influe sur la mémoire et le comportement des personnes atteintes (Lounnas, 2008).

VII. Les principaux polluants des eaux naturelles :

1. Polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension.

1.1. Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont en général : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc (Lounnas, 2008).

1.2. Les sables

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2,6 g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation (Mizi, 2006).

1.3. La matière en suspension (MES)

La matière en suspension rencontrée dans les eaux (essentiellement superficielles) est très diverse tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de microorganismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux (Marcel, 1995). Selon leur dimension : L'état dispersé (en suspension et colloïdal), se distingue de l'état dissout, notamment par les dimensions particulières. Les polluants minéraux constituent une gêne physique pour l'environnement mais n'évoluent pas dans le temps. Les rejets minéraux colmatent les sols sur lesquels ils sont évacués aboutissant ainsi à l'asphyxie de ce sol ou contribuent à une pollution par leur volume (dépôts). Les polluants organiques qui ont besoin d'oxygène, évoluent et dégageront des odeurs par putréfaction. Dans ce cas, le métabolisme continu, et leur rejet qui gêne l'environnement ; ces éléments doivent être traités avant leur évacuation (Mizi, 2006).

2. Polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est plus complexe et peut avoir plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- ✓ Les éléments chimiques minéraux.

✓ Les éléments chimiques organiques.

2.1. Les éléments chimiques minéraux

L'eau étant un très bon solvant, permet la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont (Lounnas, 2008):

- La température

L'évolution de la température dépend du mode d'utilisation de l'eau avant son rejet et surtout le parcours de l'eau avant l'exutoire ou la station d'épuration. En général l'eau doit être évacuée vers l'environnement à des températures inférieures à 30°C. Une eau plus chaude constitue une pollution (Seghiri, 1996).

- Le pH

Le pH d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H^+ ou OH^- . Une eau équilibrée aura un $pH=7$. Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présent de grands écarts par rapport à la neutralité, sont polluées (Seghiri, 1996).

- Les sels

Dans beaucoup de procédé de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, comme les chlorures, les nitrates, les sulfates et les phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement (Bliefert and Perraud, 1990).

→ Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans la ressource. Les nitrates se transforment en nitrite dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène. Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte (ou le nourrisson) peut constituer un risque pour le nouveau-né (Malenfant et al., 1995).

→ Les chlorures

En plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes pour l'agriculture (Mizi, 2006).

→ Les sulfates (SO_4^{2-})

En plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent au métabolisme des bactéries contenues dans l'eau. Les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux créant des désagréments pour l'environnement (Mizi, 2006).

- Les métaux lourds

Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau. Les métaux lourds existent sous formes dissoute et en suspension ainsi que sous une forme difficilement soluble dans les sédiments (Bliefert and Perraud, 1990).

2.2. La matière organique

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise ou une composition moyenne. Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, sous-produits de désinfection, odeurs, saveurs...etc (Lounnas, 2008).

2.3. Polluants microbiologiques

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (Lounnas, 2008).

VIII. Normes de qualité des eaux de consommation :

Les normes de potabilité d'une eau destinée à la consommation humaine, concernant les paramètres organoleptiques, physico-chimiques, les substances indésirables et toxiques et les paramètres bactériologiques sont rapportées sur les tableaux ci-dessous :

*** Les paramètres organoleptiques :**

La turbidité, la couleur, l'odeur et la saveur représentent les paramètres organoleptiques d'une eau. Les normes des différentes caractéristiques, rapportées sur le tableau 1 ci-dessous, sont des valeurs maximales admissibles pour une eau potable.

Tableau 2: Tableau des normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable

Paramètre organoleptique	Unité	Norme OMS	Norme CEE
Turbidité	NTU	5	2
Couleur	mg/l échelle P _t /C ₀	25	15
Odeur	Seuil de perception à 25°C	4	2
Saveur	Seuil de perception à 25°C	4	2

*** Les paramètres physico-chimiques :**

Les paramètres physico-chimiques, caractérisant une eau potable, sont reproduits sur le tableau suivant :

Tableau 3 : Tableau des normes physico-chimiques d'une eau potable.

Paramètres physico-chimiques	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Température	°C	≤25	≤25
pH	-	6,5-8,5	6,5-9
Conductivité	μS/cm	2800	1000
TAC	°F	≥2,5	≥2,5
TH	°F	≤15	≤15
Résidus secs	mg/l après séchage	max 2000	max 1500
Sodium	mg/l	200	150
Potassium	mg/l	20	12
Sulfates	mg/l	200	200
Chlorures	mg/l	200	200
Oxydabilité au KMnO₄	mg/l	500	5
Oxygène dissous	mg/l	5	5
COT	mg/l	5	2

*** Les substances indésirables :**

Les substances indésirables contenues dans l'eau destinée à la consommation ne présentent aucun danger pour la santé humaine, mais dépassant un certain seuil, elles peuvent provoquer des désagréments d'ordre esthétique ou organoleptique. Les teneurs maximales admissibles de ces substances sont données par le tableau suivant:

Tableau 4 : Tableau des normes des substances indésirables une eau potable

Paramètres indésirables	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Fer total	µg/l	300	200
Manganèse	µg/l	500	50
Aluminium	mg/l	0,2	0,2
Cuivre	mg/l	5	1
Zinc	mg/l	5	5
Argent	mg/l	15	10
Fluor	mg/l	5	1,5

*** Les paramètres de pollution :**

La pollution des eaux est due à plusieurs facteurs dont l'activité industrielle, l'activité agricole, le déversement des effluents domestiques et industriels etc. Les normes imposent les teneurs maximales admissibles des paramètres de pollution suivantes :

Tableau 5 : Tableau des normes des paramètres de pollution d'une eau potable

Paramètres de pollution	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Nitrates NO₃⁻	mg/l	max 50	max 50
Nitrites NO₂⁻	mg/l	max 0,1	max 0,1
Ammonium NH₄⁺	mg/l	max 0,5	max 0,1
Phosphate PO₄³⁻	mg/l	max 0,5	max 0,5

*** Les substances toxiques :**

Les substances toxiques présentes dans l'eau peuvent s'avérer très dangereuses pour la santé humaine si elles dépassent certaines teneurs détaillées sur le tableau suivant :

Tableau 6:Tableau des normes des substances toxiques d'une eau potable

Substance toxique	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Arsenic	µg/l	50	10
Plomb	µg/l	50	50
Cadmium	µg/l	5	5
Mercure	µg/l	1	1
Chrome total	µg/l	50	50
Nickel	µg/l	50	50

*** Les paramètres bactériologiques :**

Une eau potable doit être exempte de tout germe pathogène et de tout virus pouvant présenter un danger pour la santé du consommateur.

Tableau 7:Tableau des normes des paramètres bactériologiques d'une eau potable

Paramètres bactériologiques	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Germs pathogènes	Nbr/ml	0	0
Coliformes totaux	Nbr/ml	0	0
Colibacilles	Nbr/ml	0	0
Streptocoques fécaux	Nbr/ml	0	0
Clostridium sulfite-réducteurs	Nbr/ml	0	0

IX. Chaîne de traitement :

Le traitement doit être ajusté à la composition chimique de l'eau captée. Il varie donc d'un site à l'autre. Si, pour certaines eaux, un traitement partiel ou simple tel que la filtration rapide et la désinfection des eaux suffit, d'autres nécessitent un traitement complet plus ou moins complexe, voire des traitements spécifiques afin d'éliminer les polluants particuliers (Kettab, 1992).

Les objectifs du traitement peuvent être répartis en deux groupes :

1-la santé publique, qui implique que l'eau distribuée ne doit apporter aux consommateurs ni substances toxiques (organiques ou minérales), ni organismes pathogènes. Elle doit donc répondre aux normes physico-chimiques et bactériologiques(Kettab, 1992).

2-la protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usagers (robinetterie, chauffe-eau...) contre l'entartrage et/ou corrosion. Dans tous les pays, ces objectifs se traduisent par une réglementation officielle. Cette dernière est fonction de critères de santé publique, du degré de développement du pays considéré et des progrès de la technologie(Kettab, 1992).

❖ Les étapes du traitement de l'eau:

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

Le schéma classique d'une station de potabilisation d'une eau de surface est généralement constitué des phases suivantes (figure 1) :

- Prétraitement ;
- Préoxydation ;
- Traitement de clarification ;
- Traitement de désinfection ;
- Affinage

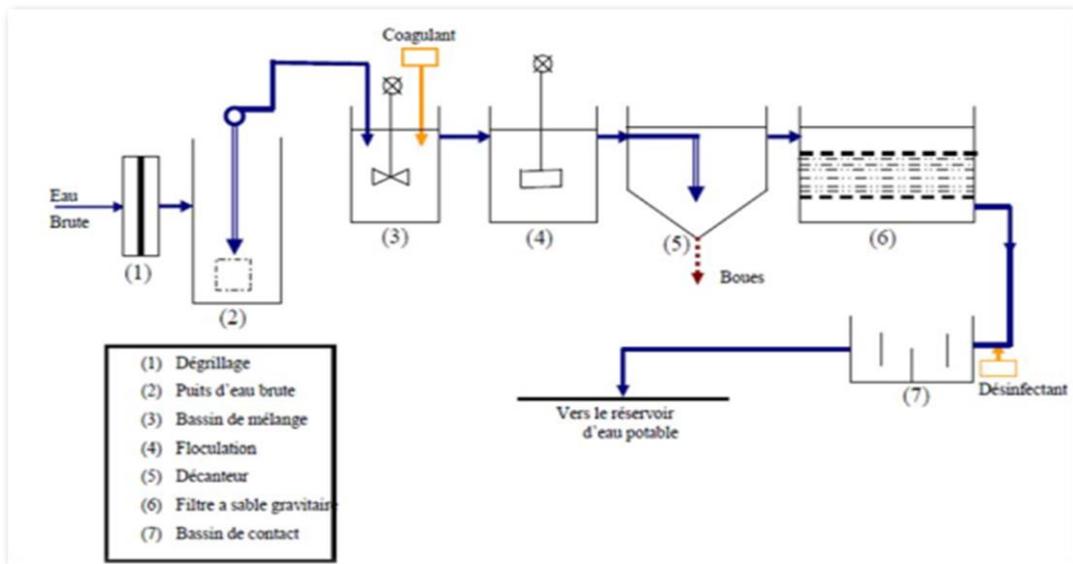


Figure 1 : Schéma classique d'une station de potabilisation des eaux de surface (Desjardins, 1997)

1. Dégrillage et tamisage

Le passage de l'eau captée à travers des grilles et tamis élimine les plus gros débris(Degrémont, 2005).

2. Oxydation

Si la charge organique est très importante ou s'il y a de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse en solution, l'oxydation facilite leur élimination lors de la phase de clarification.

Cette étape d'oxydation peut se faire avec du chlore ou de l'ozone(Degrémont, 2005).

3. Clarification

La clarification regroupe les procédés de coagulation-floculation, décantation ou flottation et de la filtration. Le but est d'éliminer les MES (matières en suspension) minérales et organiques d'une eau brute ainsi qu'une partie des matières organiques dissoutes, fraction floculable. Suivant les concentrations des différents éléments indésirables, plusieurs techniques peuvent être mises en œuvre dont (Hrudey et al., 2006).

3.1 Coagulation-Floculation

Pour une eau brute présentant une légère turbidité, et/ou légèrement colorée, on ajoute un coagulant et éventuellement un floculant. Les doses utilisées doivent être faible, car ces réactifs diminuent la durée des cycles de filtration entre deux lavages. Le processus de coagulation implique d'ajouter du fer ou de l'aluminium à l'eau comme du sulfate d'aluminium, sulfate ferrique, chlorure ferrique ou des polymères. Ces produits chimiques s'appellent des coagulants et ont une charge positive. La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau.

Quand cette réaction se produit, les particules se lient ensemble ou se coagulent (ce processus peut également s'appeler floculation). Les particules plus grosses ou plus lourdes se retrouvent rapidement au fond de l'approvisionnement en eau. Ce processus s'appelle la sédimentation. La coagulation peut enlever un grand nombre de particules organiques. La coagulation peut également enlever les particules suspendues, y compris les précipités inorganiques, tel que le fer. Par contre, elle n'enlève pas tous les virus et bactéries dans l'eau et elle ne peut pas produire de l'eau potable sûre. C'est, cependant, une étape primaire importante dans le processus de traitement de l'eau parce qu'elle enlève des particules, telle que le carbone organique dissout. Ainsi, moins de chlore est nécessaire pour désinfecter l'eau (Organisation mondiale de la Santé, 1985). Après avoir subi le traitement de coagulation, l'eau va être transférée dans un autre bassin. C'est dans ce bassin où va commencer véritablement l'accrétion. En effet, rien ne s'oppose plus alors au rassemblement des colloïdes neutralisés. Il

faut donc maintenir une agitation lente pour favoriser les accrétions. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère c'est-à-dire d'une grande molécule constituée par la répétition d'un motif de base qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et formant ainsi des flocons volumineux qui se déposent par gravité. C'est le floc. Elle est aussi accélérée par une régulation d'un pH optimum pour obtenir la meilleure précipitation possible de l'ensemble des hydroxydes métalliques qui viennent d'apparaître grâce à la réaction de coagulation (Hrudey et al., 2006).

3.2 Décantation

Après avoir rassemblé les différentes petites particules en beaucoup plus grosses, il va maintenant falloir faire décanter tout ceci. Dans un corps d'eau immobile les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont soumises à leur poids apparent (Hrudey et al., 2006).

3.3 Flottation

Elle permet de séparer les matières rassemblées en floc comme pour la décantation, mais s'applique aux matières qui ne décantent pas ou très lentement telles que les graisses, hydrocarbures... etc(Degrémont, 2005).

3.4 Filtration

Le système de filtration est composé de filtres avec des tailles différentes et se composent la plupart du temps de gravier, sable et de charbon de bois. Il y a deux types de filtration de base par le sable : la filtration lente par le sable et la filtration rapide par le sable. La filtration lente par le sable est un processus biologique parce qu'elle emploie des bactéries pour traiter l'eau. Les bactéries forment une couche sur la partie supérieure du sable et nettoie l'eau pendant qu'elle traverse, en digérant les contaminants dans l'eau. La couche de bactéries s'appelle le biofilm. La filtration rapide par le sable est un processus physique qui enlève les solides en suspension dans l'eau. Cette filtration rapide est beaucoup plus répandue parce que les filtres de sable rapide ont des débits assez élevés et exigent peu d'espace pour fonctionner. Durant la filtration, le taux d'écoulement de l'eau peut aller jusqu'à 20 mètres par heure. Les filtres sont généralement nettoyés 2 fois par jour.

La coagulation et la filtration peuvent enlever les matières en suspensions et dissoutes, de sorte que la désinfection soit plus réussie avec une quantité réduite de chlore. L'eau chargée d'impuretés organiques (essentiellement des déchets solides, des substances ammoniaquées et des nitrites) est entraînée par un courant lent descendant à travers l'épaisseur de gravier. L'eau abandonne au passage ses impuretés solides dans le gravier. Le charbon est une substance qui depuis longtemps est utilisé pour adsorber les impuretés. Le charbon actif est un carbone qui a une légère charge électrique positive le rendant attirant aux produits chimiques et aux

impuretés. Pendant que l'eau traverse le charbon actif, les ions négatifs des contaminants sont attirés sur la surface des granules de carbone. Les filtres de charbon actif enlèvent/réduisent beaucoup de produits chimiques organiques volatils, pesticides et herbicides, comme le chlore, le benzène, le radon, les dissolvants et d'autres produits chimiques synthétiques trouvés dans l'eau de robinet

3.4 Désinfection

Les bactéries et virus pathogènes qui demeurent dans l'eau sont éliminés lors de l'étape de désinfection. On utilise pour cela du chlore, de l'ozone ou des ultraviolets. Une petite quantité de chlore reste dans l'eau produite pour éviter un développement bactérien plus en aval, dans le réseau d'eau(Degrémont, 2005, Rodier et al., 2009).

3.5 Stérilisation

Stérilisation est la destruction de tous les organismes vivants. L'eau est stockée dans de grands réservoirs de stockage pour être ensuite distribuée(Desjardins, 1997).

3.6 Autres traitements

Éventuellement, la dureté de l'eau est corrigée pour éviter la corrosion ou l'entartrage des canalisations.

En cas de pollutions spécifiques, aux nitrates ou aux pesticides par exemple, des traitements de dépollution supplémentaires sont appliqués.

À la sortie de l'usine de potabilisation, l'eau est acheminée vers des réservoirs (châteaux d'eau) puis jusqu'aux robinets(Degrémont, 2005).

X. Evaluation des filières de traitement

Le choix de la technique de potabilisation la mieux appropriée dépend simultanément des ressources en eau brute et des impératifs de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. A l'état actuel des choses, les traiteurs d'eau se trouvent en mesure de créer de nouvelles armes visent surtout à l'abattement des matières organiques (Edeline, 1992, Thebault, 1978, Vigouret, 1980).

Il faut noter que la tendance générale, au cours des années 1980, a été d'abandonner la préchloration qui donnait naissance à des composés indésirable (Mouchet P ,1991) et de faire travailler les divers appareils, en particulier les filtres à sable ou à charbon actif granulé (CAG), en mode biologique. Cette filtration sera de préférence précédée d'une ozonation du fait que l'ozone rend biodégradables certains composés organiques (Legube, 1983, Mouchet, 1991).

XI. Conclusion :

Dans ce premier chapitre nous présentons une réflexion sur cette ressource vitale qu'est l'eau. Sa provenance, son traitement pour la rendre potable et son acheminement vers les consommateurs potentiels.

Dans une eau de surface, une caractéristique essentielle est la présence de matières organiques en teneurs importantes et souvent à l'état dissous. Dans tout traitement appliqué aux eaux superficielles, le but escompté est élimination des polluants dans une très large gamme, sinon en totalité ; nous voyons donc l'importance que revêt la recherche de la nature des corps contenus dans l'eau puisqu'il en découlera une différence essentielle dans les installations.

Chapitre 2 : Présentation de la station de traitement de Chaiba

I. Introduction :

Une eau potable est une eau qu'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes (AFNOR, OMS...) ont été établies.

C'est pour ça on fait le traitement des eaux brutes pour que à la fin on obtient une eau traitée c'est ce qu'on va le voir dans ce chapitre par rapport à la station de traitement Chaiba.

II. Origine des eaux

La ville d'Annaba est alimentée en eau brute par les deux barrages « Chaffia » et «Mexa » situés à une distance d'environ 60 Km et 40 Km. Ces deux barrages sont alimentés par les eaux des bassins versant montagneux au Sud -Est de la wilaya « d'El Taref». La conduite d'adduction de 930 mm assure le transfert de l'eau brute vers la station de traitement « CHAIBA » Elle est construite en 1969 par « Dégrément» et la société «Bounner /Socea conduite». C'est une station de traitement et de production d'eau potable, se trouvant à une hauteur isométrique de 77 m.

III. Situation géographique de la station:

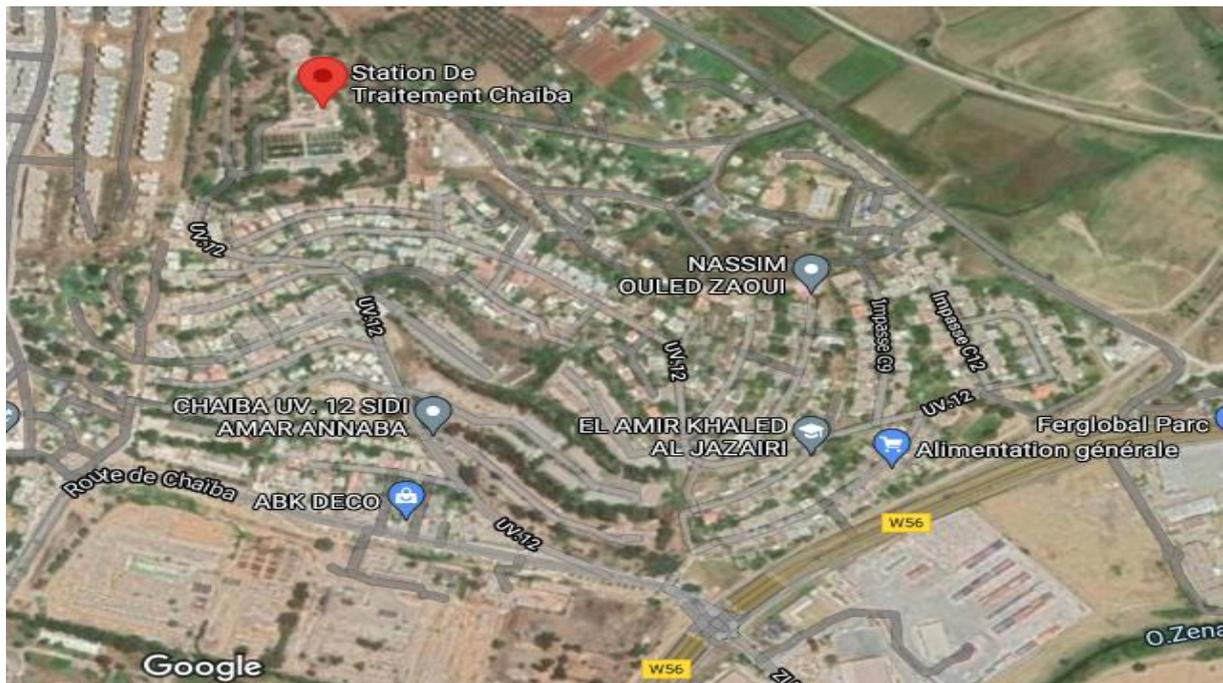


Figure 2 :La station de traitement Chaiba



Figure 3 : Station de traitement « Chaiba »

IV. Cycle de traitement de l'eau brute dans la station de traitement de Chaiba :

L'eau brute arrivant du barrage CHEFIA se rassemble au niveau du réservoir 3600m³ subit par la suite un traitement de Cinque phase :

Pré chloration, Coagulation -floculation, Décantation, Filtration et Stérilisation.

1. 1^{ère} phase : la Pré chloration :

On ajoute du $CA(OCL)_2$ au niveau du pré chloration, l'eau brute sortant du réservoir 3600m³ (1000l/s) sera mélangé avec une dose de chlore ensuite s'écoule dans une conduite DN1000 sous terrain jusqu'au vannes de répartitions DN800, ces derniers partage l'eau en deux partie homogène 500l/s vers deux bacs s'appelant bacs d'homogénéisation (Surface : 11,22m², hauteur : 2.60 m, volume : 29,17m³). Ces bacs d'homogénéisation muni chacun jusqu'au les quatre PULSATORS à l'aide des tuyauteries de liaisons.

- Tuyauterie de liaison entre les mélangeurs rapides et les quatre pulsator :

Deux premières tuyauteries en acier Ø 500 mm depuis les premières vasques de répartition jusqu'aux premiers PULSATOR, (même chose par rapport aux deuxièmes tuyauteries depuis les premiers vasques de répartition jusqu'au deuxièmes PULSATOR).

Pour chaque bac, l'équipement comprend :

Un agitateur rapide dont les pièces en contact avec le liquide est en acier et fonte,

-Deux batardeaux d'isolement en tôle

2. 2^{ème} phase : la Coagulation et floculation :

Cette phase commence presque l'on appelle le traitement chimique c.-à-d. ajout au niveau des bacs d'homogénéisation les produits chimiques :

- Le coagulant "sulfate d'alumine $AL_2(SO_4)_3$ a pour but de rassembler en un précipité volumineux et lourd les matières colloïdales très fines contenues dans l'eau, Le choix du produit coagulant et la dose à employer dépendent étroitement de la nature de l'eau à traiter.
- Et le flocculant "adjuvant", ce produit chimique a pour but de mettre l'eau en contact avec les flocons déjà formés par un traitement antérieur, et effectuer un brassage lent de l'ensemble afin d'augmenter les chances de rencontre des particules colloïdales susceptibles de se rassembler en un ensemble de flocons qui constituent ce que l'on appelle le "floc"

3. 3^{ème} phase: la Décantation :

La décantation a pour but, de permettre le dépôt des particules en suspension dans l'eau, soit que ces particules existent dans l'eau brute, soit qu'elles résultent de l'action d'un réactif chimique ajouté artificiellement.

La floculation et la décantation se font ici dans un décanteur "PULSATOR". Il existe 4 décanteurs type PULSATOR à la station de traitement CHAIBA, surface décanteur : 333m²
 $Q_{d\acute{e}c} = 250l/s$; hauteur : 4,20 m

Pour chaque décanteur de type "PULSATOR", comprend :

❖ *Ramificateurs inférieure :*

Un bassin fond plat muni à sa base d'une série de tuyaux perforés (ramificateurs inférieure en amiante- ciment de Ø 300 mm) permettant d'introduire l'eau brute uniformément sur toute la surface du décanteur (figure 4).



Figure 4 : réparation des ramificateurs intérieurs

❖ *Ramificateurs supérieures :*

A la partie supérieure, est disposée également une série de tuyaux perforés (ramificateurs supérieures en amiante- ciment de \varnothing 125 mm) de manière à recueillir régulièrement l'eau décantée, et éviter toute irrégularité de vitesse dans les différentes parties de l'appareil (figure 5).



Figure 5 : les ramificateurs supérieurs

❖ **Une cloche d'eau :**

Pour bute d'introduire l'eau brute dans le PULSATOR (cloche blanche)(figure 4). La cloche est mise naturellement en communication avec le collecteur inférieur du décanteur, l'eau brute

ne pénètre pas dans ce dernier mais le niveau monte progressivement dans la cloche. Lorsque ce niveau a atteint une certaine valeur voisine de 0,70m au-dessus du niveau de l'eau dans le décanteur et à l'aide d'un relais électrique, on commande l'ouverture brusque d'une soupape de mise en communication de la cloche avec l'atmosphère. La pression atmosphérique s'applique donc immédiatement sur l'eau préalablement stockée dans la cloche et qui pénètre dans le décanteur avec une très grande vitesse.



Figure 6 : entretien d'un pulsator.

Ces appareils sont généralement réglés de telle sorte que la vidange de la cloche du décanteur s'effectue en 5 à 10 secondes, alors que le temps de remplissage de cette cloche dure 15 à 30 secondes.

❖ **Tranquillisateurs :**

Dans la moitié inférieure du décanteur au niveau des ramificateurs inférieurs on trouve ce que l'on appelle les Tranquillisateurs ou dépôt une couche de boue homogène animée de mouvements alternatifs de bas en haut pendant chaque vidange de la cloche, et de haut en bas pendant chaque période qui lui succède (figure 7).



Figure 7 : les tranquilisateurs.

❖ **Concentrateur :**

La couche de boue tend évidemment à augmenter de volume du fait des impuretés apportées par l'eau brute et les réactifs floculant introduits ; son niveau tend donc à augmenter régulièrement. Lorsque celui-ci atteint une certaine valeur, il est nécessaire d'évacuer l'excédent à l'égout. Pour cela, une certaine zone du décanteur est réservée pour former des fosses à fond incliné dans lesquelles la boue s'écoule et se concentre. C'est à partir de ces fosses que l'on effectuera les purges de déconcentration d'une manière intermittente, à l'aide de vannes automatiques commandées par une minuterie (figure 8).

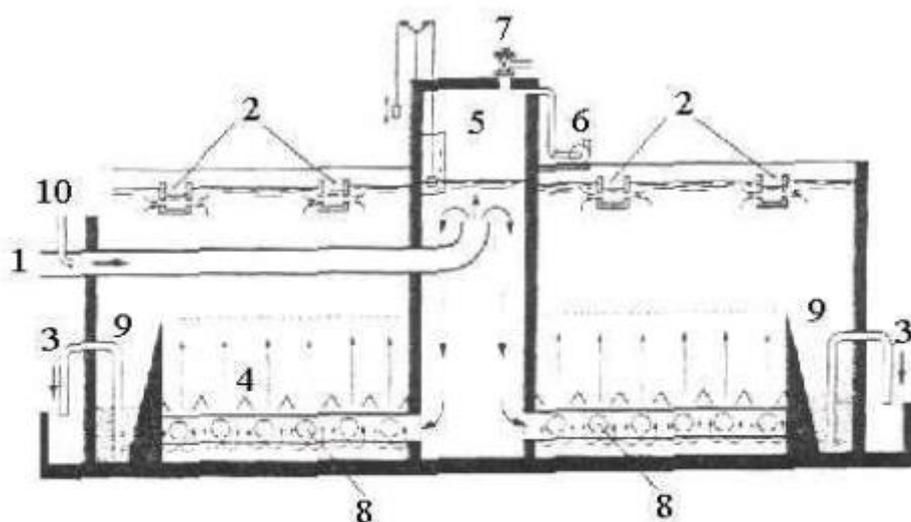


Figure 8 : concentrateur de boue.

❖ Le mode de fonctionnement de PULSATOR :

C'est le décanteur le plus répandu dans le monde : plus d'un million de mètres cubes d'eau est traité chaque heure, dans des décanteurs PULSATOR. C'est un décanteur à lit de boues simple, d'une grande fiabilité, souple d'emploi, facilement adaptable à des bassins existants pour en augmenter la capacité de traitement.

Généralement utilisé en clarification des eaux, il permet d'atteindre des vitesses ascensionnelles comprises entre 2 et 4 m, voire plus dans des cas exceptionnels, suivant la valeur du coefficient de cohésion de la boue. Le décanteur (figure 9) est constitué par un bassin à fond plat, muni à sa base d'une série de tuyaux perforés (9) permettant d'introduire l'eau brute uniformément sur tout le fond du décanteur.



- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1- Arrivée d'eau brute. | 7- Pompe à vide. |
| 2- Sortie d'eau décantée. | 8- Vanne automatique casse-vides. |
| 3- Extraction des boues | 9- Tuyaux perforés de répartition d'eau brute. |
| 4- Tranquillisateurs. | 10- Concentrateur des boues. |
| 5- Niveau supérieure du lit de boues. | 11- Introduction des réactifs. |
| 6- Cloche à vide. | |

Figure 9 : Décanteur PULSATOR.

À la partie supérieure, une série de tuyaux perforés ou de goulottes (2) permet une reprise uniforme de l'eau décantée en évitant toute irrégularité de vitesse dans les différentes parties de l'appareil.

Pour alimenter le collecteur inférieur d'une manière discontinue, différents moyens peuvent

être employés. Ils se ramènent tous à stocker un certain temps un certain volume d'eau brute qu'on fait ensuite pénétrer rapidement dans l'appareil.

Le procédé le plus économique pour effectuer cette opération consiste à introduire l'eau brute dans une cloche (6) à l'intérieure de laquelle on aspire l'air à l'aide d'une machine aspiratrice (7) déplaçant un débit d'air sensiblement égal à la moitié du débit maximal d'eau à traiter. Cette cloche est mise en communication avec le collecteur inférieure du décanteur.

Dans ces conditions, le niveau de l'eau brute monte progressivement dans la cloche. Lorsqu'il a atteint une valeur comprise entre 0.60 m et 1.00 m au-dessus du niveau de l'eau dans le décanteur, un relais électrique commande l'ouverture brusque d'une vanne (8) de mise en communication de la cloche avec l'atmosphérique s'applique donc immédiatement sur l'eau stockée dans la cloche dans le décanteur s'effectue en 5 à 20 secondes, alors que le remplissage de cette cloche dure de 20 à 40 secondes.

L'aspiration dans la cloche s'effectue à l'aide d'un surpresseur fonctionnant en pompe à vide. Les ouvertures et les fermetures de la vanne de mise en communication avec l'atmosphère sont commandées en fonction des niveaux de l'eau contenue dans la cloche.

Le collecteur général, situé à la partie inférieure, du décanteur, possède une très grande section, afin de réduire sa perte de charge. Les orifices disposés sur sa ramification sont calculés de telle sorte qu'il se constitue, dans la moitié inférieure de décanteur, un lit de boues homogènes. Ce lit est animé de mouvements alternatifs verticaux et tend à augmenter de volume du fait des impuretés apportées par l'eau brute et des réactifs introduits : son niveau monte régulièrement.

Une certaine zone du décanteur est réservée pour former les fosses à fond incliné (10) dans lesquelles la boue en excès se déverse et concentre. On effectue les purges d'une manière intermittente, par les conduites (3). Un avantage important du dispositif est que, si l'on effectue une purge trop importante de boue, on observe une perte d'eau sans que le lit de boues en soit affecté : la qualité de fonctionnement en reste inaltérée.

L'appareil ne comporte aucun système de brassage mécanique des boues susceptible de briser les flocons déjà formés.

Du fait de la haute concentration du lit de boues et de son rôle tampon, un mauvais ajustage du taux de traitement, une variation du pH de l'eau brute, n'ont pas de conséquence néfaste immédiate : on constate une variation lente de la turbidité de l'eau décantée, mais sans qu'il se produise de départ massif des boues contenues dans le décanteur.

4. 4^{ème} phase : la Filtration:

La batterie filtrante comprend 12 filtres AQUAZURE à planche béton et BUSLURE longue queue, de surface filtrante 83m²(3456 BUSLURE longue queue) (figure 10).



Figure 10 : plancher de buslure d'un filtre.

La filtration a pour but de retenir les particules en suspension dans l'eau, soit que ces particules existent dans l'eau brute, soit qu'elles aient été formées par une coagulation préalable.

L'eau décantée à continuer à s'élever jusqu'à recouvrir les tuyauteries ou les orifices percés dans les goulottes de collecte supérieures qui la conduisant vers les filtres.

Sur les filtres, l'eau travers la couche de sable filtrant en lui abandonnant les flocons qu'elle aurait pu entraîner (figure 11).

Le débit de sortie du filtre devant être égal au débit à l'entrée, on règle le débit du siphon de régulation en laissant pénétrer son point haut, une quantité plus ou moins grande d'air. Cette répartition d'air se fait à l'aide d'une boîte de partialisations dont le flotteur a pour objet de maintenir constant le niveau de l'eau sur le filtre (figure 12).



Figure 11 : mise en place de la couche du sable.



Figure 12 : boîte de partialisations d'un filtre

Lavage des filtres :

La rétention des matières solides contenues dans l'eau provoque une obstruction progressive des interstices existant entre les éléments constitutifs de matière filtrante. Ce phénomène est désigné sous le nom de colmatage du filtre et qui consiste un lavage du filtre Pour laver un filtre, fermer la vanne de sortie d'eau filtrée.

a. Décolmatage :

- Mettre en route le groupe électropompe de décolmatage ;
- Ouvrir la vanne d'entrée d'eau de lavage sur le filtre laissé environ 10 à 50 secondes.

b. Soufflage :

- Mettre en route le groupe électro-surpresseur d'air de lavage ;
- Ouvrir la vanne d'entrée d'eau de lavage sur le filtre laisser environ 10 minute;
- Fermer la vanne d'entrée d'air de lavage ;
- Arrêter le groupe électro-surpresseur d'air de lavage ;
- Ouvrir la vanne d'évacuation de matelas d'air



Figure 13 : lavage des filtres

c. Rinçage:

- Mettre un route les groupes électropompe de rinçage lorsque l'eau évacuée à l'égout est propre ;
- Arrêter les groupes électropompe de décolmatage et de rinçage ;
- Fermer la vanne d'entrée d'eau de lavage sur le filtre
- Fermer la vanne d'évacuation du matelas d'air

Pour remettre le filtre en service, il suffit d'ouvrir la vanne de sortie d'eau filtré.

5. 5^{ème} phase : la stérilisation :

On introduit dans l'eau une dose de chlore légèrement supérieure au "test" si la température

est inférieure à 10°, et légèrement inférieure au "test" si la température est supérieure à 15°, une injection de chlore ou pré chloration améliore généralement la coagulation de l'eau, ainsi que sa décoloration.

6. 6^{ème} phase : le réservoir :

Après la stérilisation, l'eau traitée s'accumule dans un réservoir semi-enterré à une capacité de 1000 m³ (figure 14).



Figure 14 : réservoir d'eau traitée.

Le schéma ci-dessus résume le réseau d'alimentation du barrage Chaffia jusqu'à la station de traitement. Après traitement l'eau est stockée dans un réservoir appelé réservoir de l'eau traitée de capacité « 1000 m³ » qui alimente les communes : Sidi Ammar, El Hadjar, El Bouni et Annaba (ex : Oued Ziad, Khraza etc.).

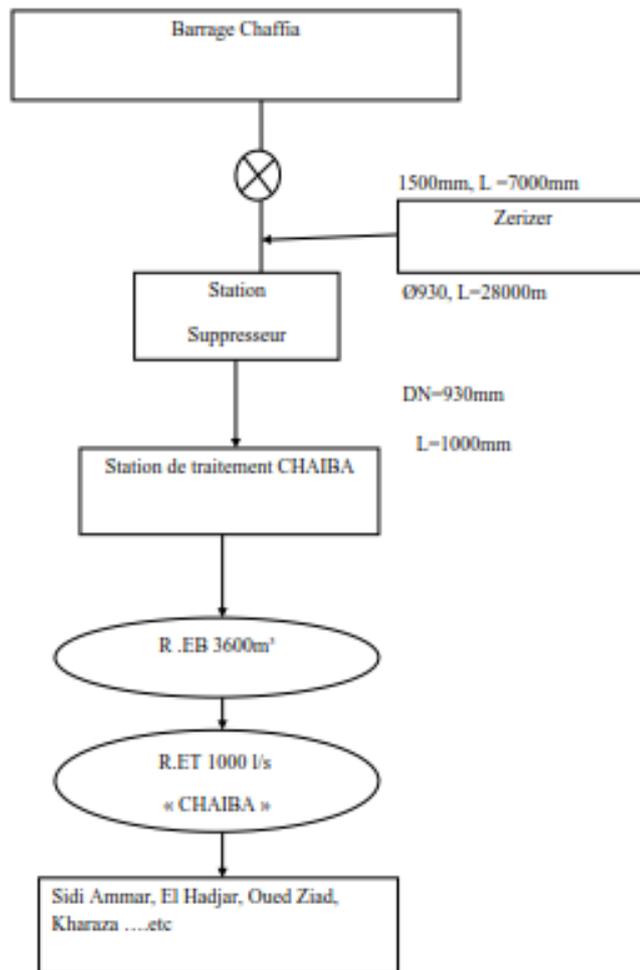


Figure 15 : Réseau d'alimentation des eaux de barrage « Cheffia » vers Annaba

V. Conclusion :

La station de traitement Chaiba est alimentée par l'eau brute venant du barrage Chaffia, la station traite l'eau et subit les différentes phases de traitement.

La préchloration, éliminer les bactéries, les virus et les algues. la coagulation et la floculation ont pour but de déstabiliser et d'agglomérer les particules en suspension en floes 80% des matières en suspension se décantent dans un décanteur et 20% sera éliminé par un filtre à sable, à la fin la stérilisation ou la désinfection se fait par le biais du chlore pour laisser toujours une trace de celui-ci dans les canalisations.

Chapitre 3 : Contrôle de la qualité des eaux produites

I. Introduction :

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, par conséquent, son attribution pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.) (Schuiling, 1988; Dray & al., 1996 ; Debieche, 2002).

L'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité des eaux de la station de traitement, nous allons traiter les paramètres (physico-chimiques) des analyses (fournies par le laboratoire central) et voir l'évolution temporelle des six années d'observation (2015_2020). Plusieurs paramètres qui entrent en jeu dans la détermination de la qualité des eaux à l'entrée et la sortie de la station tel que : la température ; pH ; conductivité ; turbidité, calcium ; magnésium ; nitrate ; nitrite ; bicarbonate ; phosphate ; fer total

La qualité physico-chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres. Basée sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres :

- Qualité physique : matière en suspension, turbidité, transparence, température, conductivité et salinité.
- Qualité chimique : pH, sels minéraux, matière organique (Demande Biologique en Oxygène en 5 jours, Carbone Organique Dissous), oxygène dissous, nutriments (nitrites, nitrates, ammonium, phosphate, silice), pesticides, etc.

Dans ce chapitre on va voir le contrôle de la qualité des eaux produites les graphes le rendement les risques des paramètres d'eau et on va donner des solutions techniques pour réduire les problèmes.

Le tableau 8 représente les statistiques descriptives des paramètres physico chimiques des eaux brutes (Le minimum, maximum, moyenne, écart-type, et les normes).

Tableau 8 : Statistiques descriptives

Variable	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne	L'écart type	Normes
Turb	NTU	3,033	41,7	12,2915	7,1194	5
pH	-	6.48	8.09	7.46	0,3045	6.5-9
Tem	°C	11.8	28	19,87	4,2542	25
Cond	µs/cm	237	698	489,2857	72,0012	3125
TDS	mg/l	118,5	349	204,54	36,5396	600
O₂	%	72.57	144,33	99,87	13,1639	-
TAC	mg/l CaCO ₃	35,45	139,5	97,30	20,1659	-
Ca²⁺	mg/l	20,04	65,73	48,03	7,83	100
Mg²⁺	mg/l	2	29	11,55	4,7792	100
NH⁴⁺	mg/l	0,08	0,55	0,23	0,1457	0.2
NO⁻²	mg/l	0,026	0.33	0,119	0,1215	-
NO⁻³	mg/l	0	9	2,59	2,0133	50
PO⁻³₄	mg/l	0,06	0,13	0,08	0,0404	-
HCO₃	mg/l	55,29	170,19	120,10	23,31	-
Cl⁻	mg/l	2,03	98,27	35,66	11,3063	100-300
Fe⁺²	mg/l	0,029	2,47	0,36	0,3999	1

II. Suivi de la qualité de l'eau de la station :

L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau ne peut s'effectuer pas la mesure d'un seul, mais d'un ensemble des paramètres de nature diverses.

1. Résultats et interprétation des paramètres organoleptiques

1.1. Couleur de l'eau

La coloration d'une eau potable pose surtout un problème esthétique entraînant de nombreuses plaintes des consommateurs. De plus une eau colorée est souvent riche en acides humiques et fulviques, qui forment des composés organo-halogénés potentiellement dangereux.

Les variations de la couleur enregistrées pour l'eau brute et l'eau traitée durant la période d'analyse sont illustrées dans la figure 16.

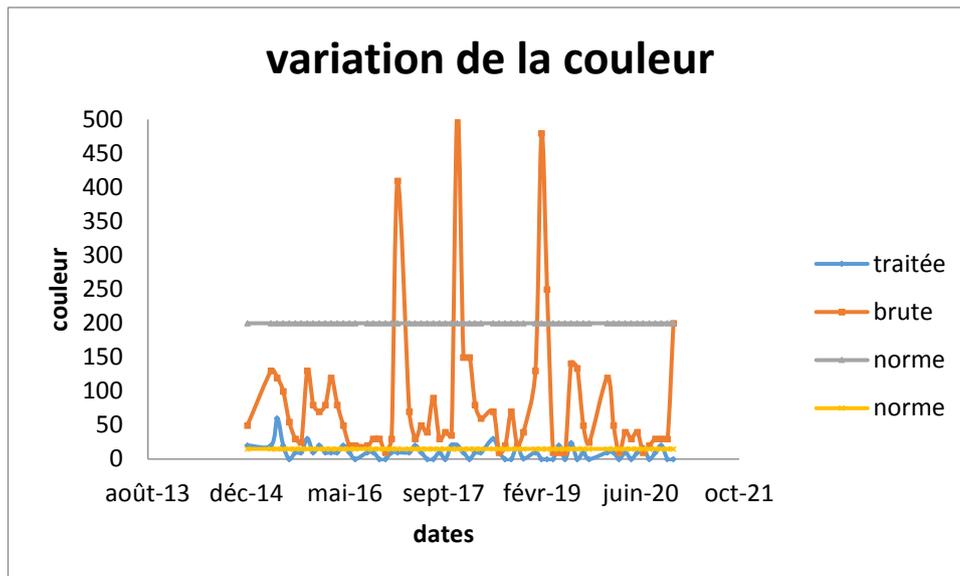


Figure 16: Variation de la Couleur de l'eau brute et traitée en fonction du temps

L'eau brute présente une couleur entre 10 et 520, ces valeurs traduisent une eau qui contient des substances dissoutes et MES, responsables de sa coloration.

L'eau traitée de Chaffia présente une couleur qui varie entre 0 et 60, ce qui s'explique par une bonne clarification lors du traitement qui élimine la couleur.

1.2. Turbidité : C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi de composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autres micro-organismes pollutions qui troublent l'eau. On mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur c'est l'inverse de la limpidité (APHAAWWA- WEF,1998; US EPA, 1999; Santé Canada, 1995).. En France on mesure la turbidité par la méthode normalisée NFU par spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

- NTU < 5 ⇒ eau claire
- NTU < 30 ⇒ eau légèrement trouble
- NTU > 50 ⇒ Eau trouble.

Les sources de matières particulaires peuvent être d'origine naturelle (acides humiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains) (US EPA, 1999). Dans le réseau de distribution, après le traitement de l'eau, la turbidité peut s'accroître par la post-floculation de coagulants résiduels dissous, la recroissance de micro-organismes, la remise en suspension de la matière déposée dans les canalisations ainsi que par la corrosion de la

tuyauterie. Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse) (Santé Canada, 1995).

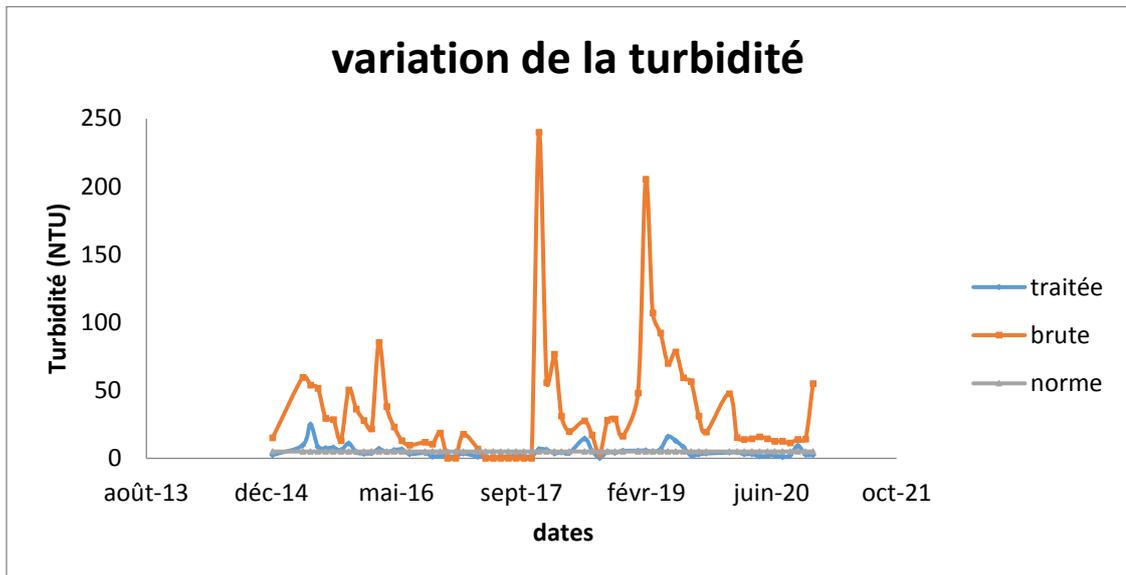


Figure 17 : Variation de la turbidité des eaux brutes et traitées

La teneur de la turbidité des eaux brutes durant la période d'étude varie de 3 NTU à 42 NTU. Alors que pour l'eau traitée, la turbidité répond aux normes de potabilités pour l'ensemble de l'année sauf pour les mois de novembre qui est de 8 NTU et décembre 24 NTU dépassant largement les valeurs de la norme.

Et la turbidité diminuée après le passage par la chaîne de traitement dans la station « chaïba » à l'aide du procédé de décantation, filtration.

La figure 17 montre que les valeurs de turbidité pour l'eau brute sont comprises entre 3 et 42 NTU dues à la présence de MES, les valeurs pour l'eau traitée sont de 0.2 et 24.8 NTU dépassant les valeurs de la norme, ce qui montre une nette évolution due au traitement appliqué. La courbe pour l'eau brute montre des pics de turbidité ceci correspond aux journées où la station effectue le lavage des filtres.

2 Résultats et interprétation des paramètres physico-chimiques

2.1.pH :

Le potentiel hydrogène pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans les réactions avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité. Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations

avec entraînement de plomb par exemple. Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution.

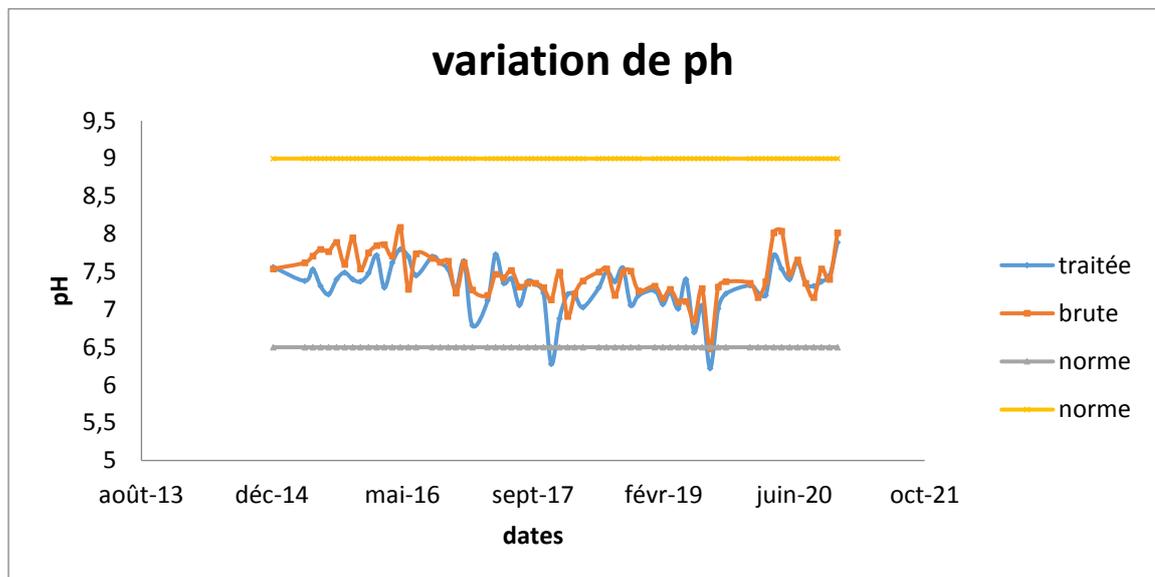
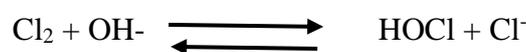


Figure 18 : Variation du pH pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

La figure 18 montre une légère baisse du pH de l'eau traitée par rapport à l'eau brute. Cette variation peut être expliquée par l'utilisation de différentes doses de coagulant lors du traitement qui consomme le TAC et réduisent ainsi le pH selon la réaction suivante :



Par ailleurs la chloration peut également entraîner une diminution du pH, comme le montre la réaction suivante :



La figure 18 montre que le pH de l'eau traitée varie entre 6,22 et 7,89, on constate ainsi que le pH des eaux du barrage Chaffia ont un pH voisin de la neutralité et répondent aux normes fixées par l'OMS qui sont de 6.5 et 8.5 en 2011 et les normes du journal Algérien n° 18 23 de 2011 pour l'eau potable, qui sont comprises entre 6,5 et 9. L'eau du barrage ne nécessitant donc pas une neutralisation et un recours à la chaux ou à l'acide pour corriger le pH.

2.2. Température :

Le terme « température » est employé dans la vie courante. Il est alors relié à la sensation immédiate de chaud et de froid. Les résultats obtenus pour la température de l'eau sont représentés dans la figure 19.

Les températures enregistrées sont comprises entre 11,80 et 28°C pour l'eau brute et entre 11.90 et 28.4°C pour l'eau traitée, ces valeurs sont inférieures à la norme fixée par le journal Algérien qui est de 25°C sauf pour quelques pics en été (Juillet et Aout). En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées par l'OMS (2011), l'eau est : excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C ; médiocre lorsqu'elle est comprise entre 25 et 30°C (Kahoul and Touhami, 2014). La température mesurée dans les échantillons d'eau de Chaffia varie entre 11 et 28°C (Figure 19), la moyenne de ces valeurs est inférieure à 20°C, ceci pourrait signifier comparativement à ces normes, que les eaux analysées ne sont pas excellentes mais plutôt bonnes.

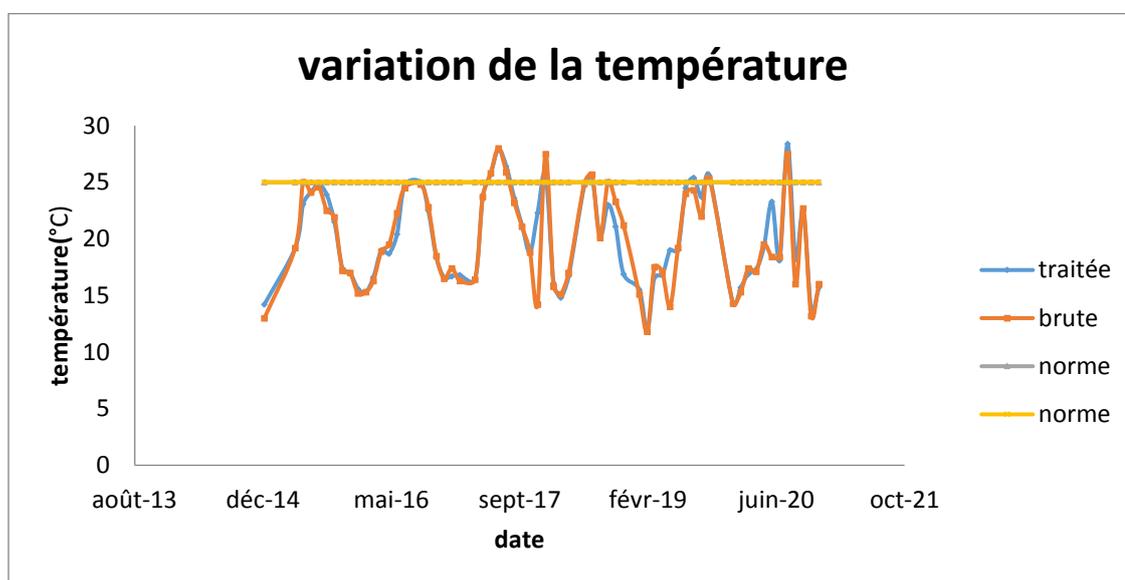


Figure 19: Variation de la Température de l'eau brute et traitée en fonction du temps

2.3. Conductivité :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm.

Etroitement liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature, elle varie de quelques $\mu\text{S}/\text{cm}$ à environ $3000\mu\text{S}/\text{cm}$. Une eau de bonne qualité a, à une température de 20°C , une conductivité inférieure ou égale à $400 \mu\text{S}/\text{cm}$. Les résultats obtenus pour la conductivité de l'eau sont représentés dans la figure 20.

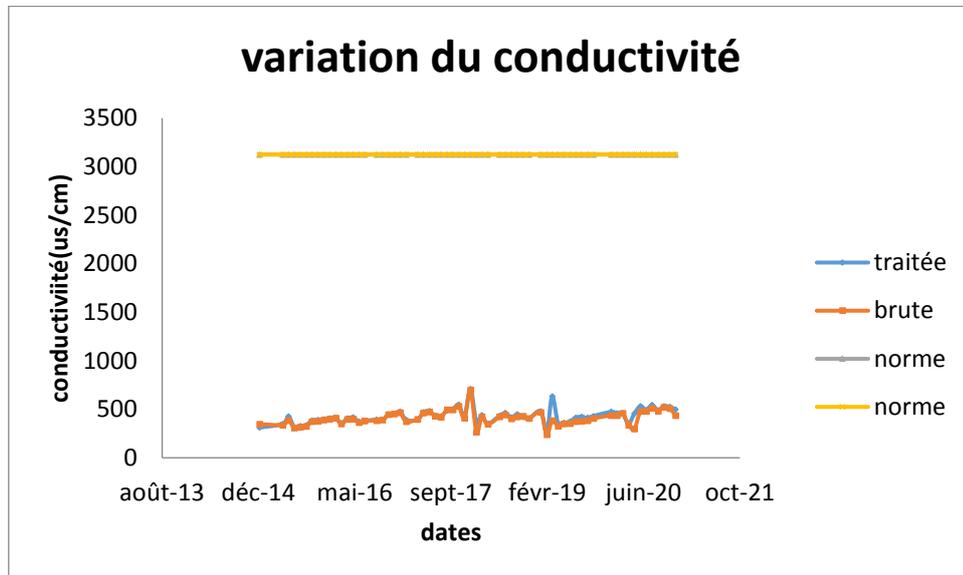


Figure 20: Variation de la Conductivité ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

On remarque d'après la figure 20, l'absence de différence significative entre la conductivité de l'eau brute et celle de l'eau traitée, on déduit alors que l'eau brute ne contient pas de charge polluante très élevée et une faible utilisation de produits chimiques lors du processus de traitement.

Selon Rodier (2009), La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante : Conductivité égale à $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$: eau déminéralisée ; Conductivité de 10 à $80 \mu\text{S}/\text{cm}$: eau de pluie; Conductivité de 80 à $100 \mu\text{S}/\text{cm}$: eau peu minéralisée ; Conductivité de 300 à $500 \mu\text{S}/\text{cm}$: eau moyennement minéralisée ; Conductivité de 1000 à $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$: eau saline ; Conductivité supérieure à $3000 \mu\text{S}/\text{cm}$: eau de mer. Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau traitée du barrage, sont comprises entre 253 et $708 \mu\text{S}/\text{cm}$ et s'avèrent donc selon ce classement, eau saline, ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne qui est de $2800\mu\text{s}/\text{cm}$.

2.4.TDS :

TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques. On observe d'après la figure 21 que le TDS varie presque de la même manière pour l'eau brute et traitée avec un pic dans l'eau traité (19,5-354 mg/l), l'eau brute varie entre (118,5-349mg/l).

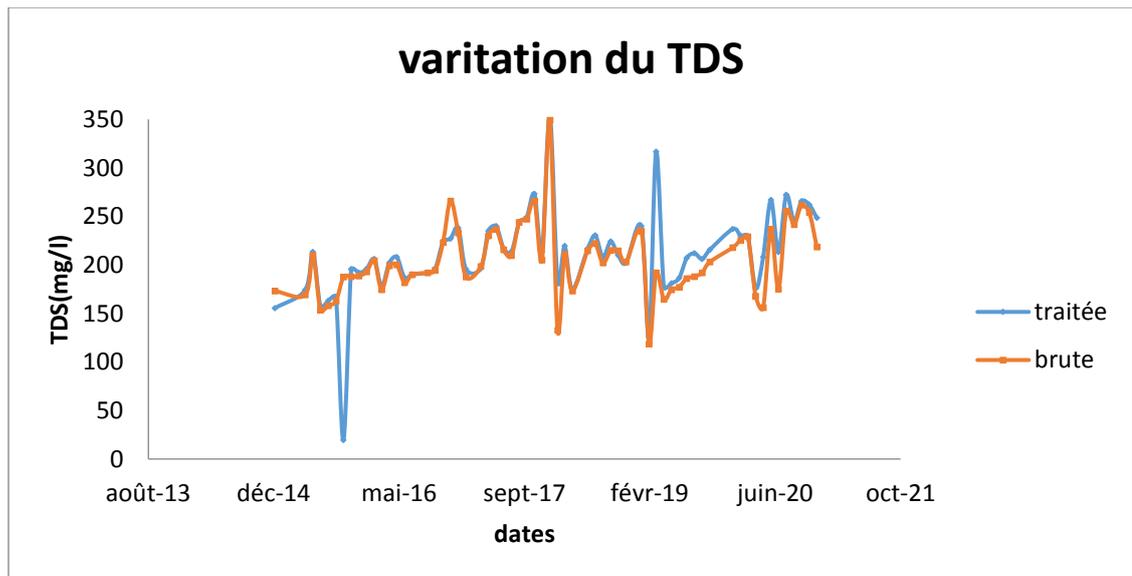


Figure 21: Variation de TDS (mg/l) pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

2.5. Chlorure :

Nous nous sommes intéressés à l'impact de la phase de chloration en amont et en aval de l'étape de clarification des eaux, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 22.

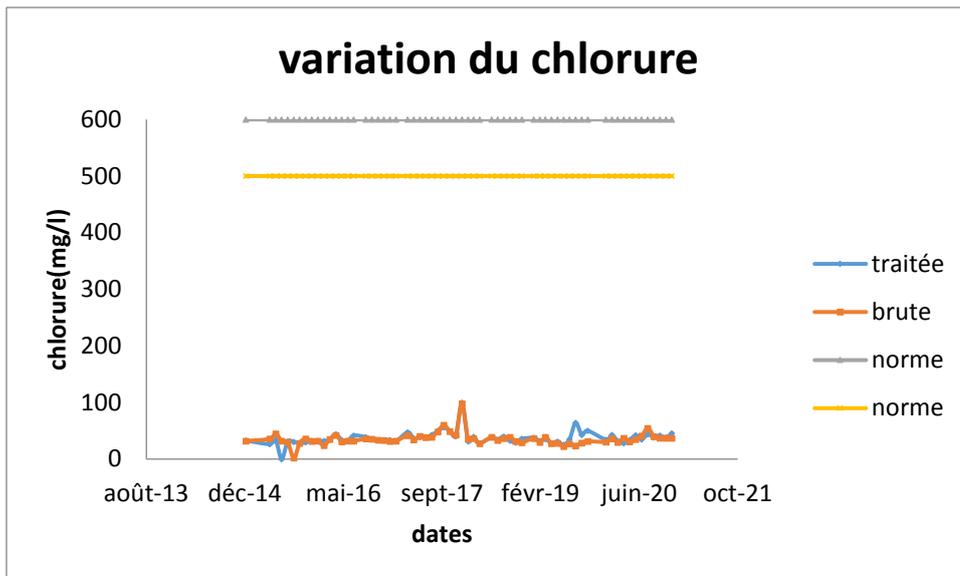


Figure 22 : Variation du Chlore libre en fonction du temps

La figure 22 montre des valeurs du chlore libre compris entre 2,03 et 98,27 mg/l pour les eaux brutes et entre 25,52 et 99,55 mg/l pour l'eau traitée. Remarque : le taux du chlore injecté peut varier en fonction de la charge polluante de l'eau brute.

2.6. Aluminium

La présence d'aluminium dans l'eau traitée est dû à l'injection de quantités massives de sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de traitement de l'eau, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 23.

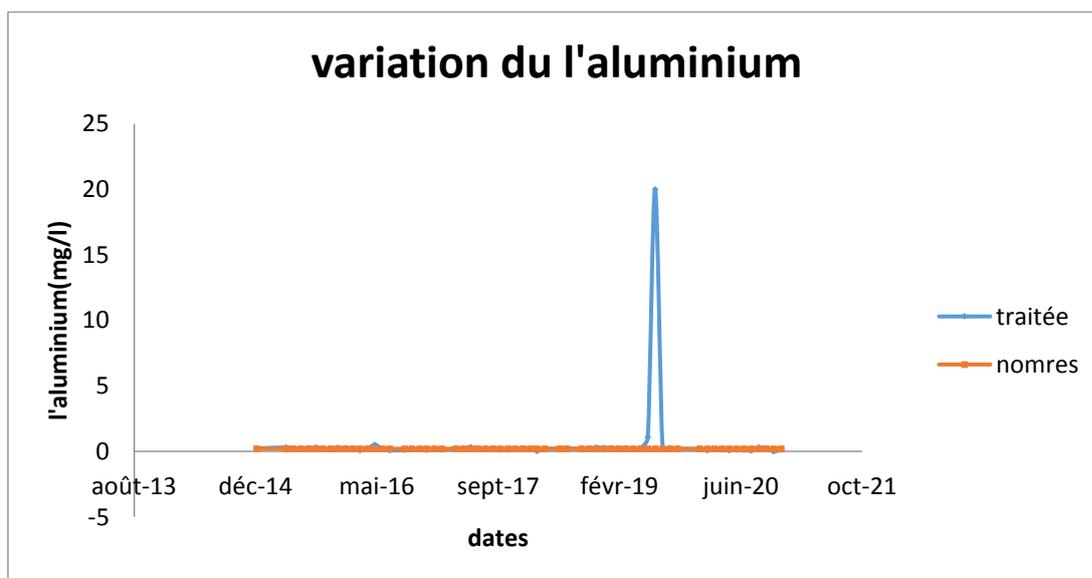


Figure 23: Variation de la concentration de l'aluminium dans l'eau traitée en fonction du temps.

La concentration maximale admise d'aluminium dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 0,2 mg/l par le journal algérien. Dans l'eau traitée les valeurs d'aluminium varient entre 0,02 et 20 mg/l d' Al^{3+} qui sont supérieures à la norme. La concentration d'aluminium dans l'eau brute n'est pas mesurée.

2.7. Fer

Les résultats obtenus pour le fer dans l'eau sont représentés dans la figure 24.

Le fer est un élément assez abondant dans les roches. La valeur du potentiel d'oxydoréduction du milieu conditionne sa solubilité et la teneur de l'eau en fer, le fer dissous précipite en milieu oxydant, sa présence dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer (Belghiti et al., 2013).

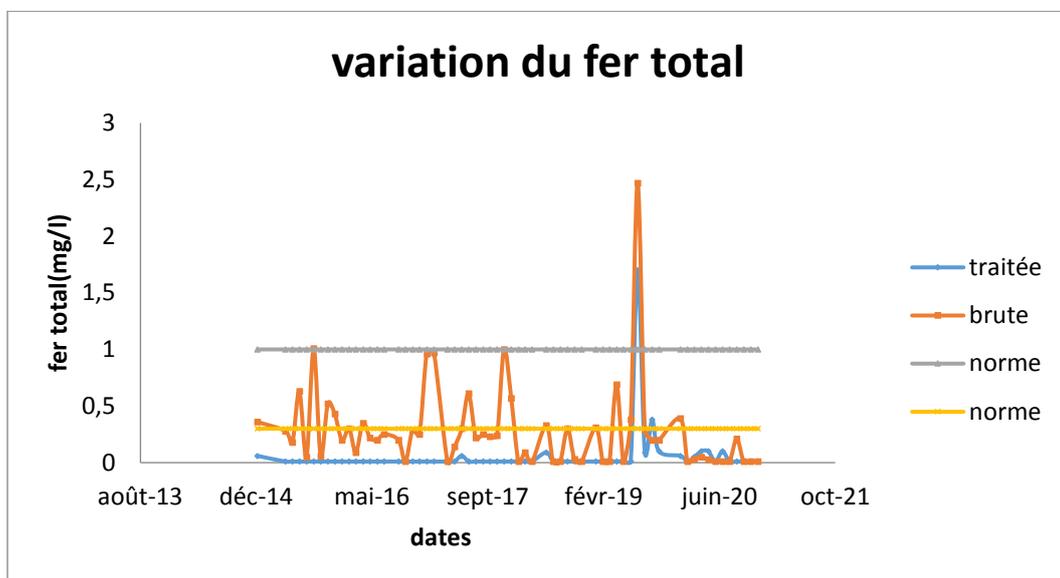


Figure 24: Variation de la concentration du fer dans l'eau traitée et brute en fonction du temps.

Les teneurs en fer total de l'eau du barrage varient de 0,01 à 2,47 mg/l pour l'eau brute et de 0,01 à 1,7 mg/l pour l'eau traitée. La figure 24, montre alors une diminution du taux du fer dans l'eau traitée qui s'explique par son oxydation lors de la chloration. La concentration en fer de l'eau de Chaffia est supérieure à la norme recommandée qui est de 0,3 mg/l selon le journal algérien de 2011. L'eau corrigée par l'oxydation pour atteindre la valeur admissible.

2.8. Ammonium

L'azote ammoniacal constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Il existe en faible proportion, inférieurs à 0,1 mg/l d' NH_4^+ dans les eaux

naturelles.

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau.

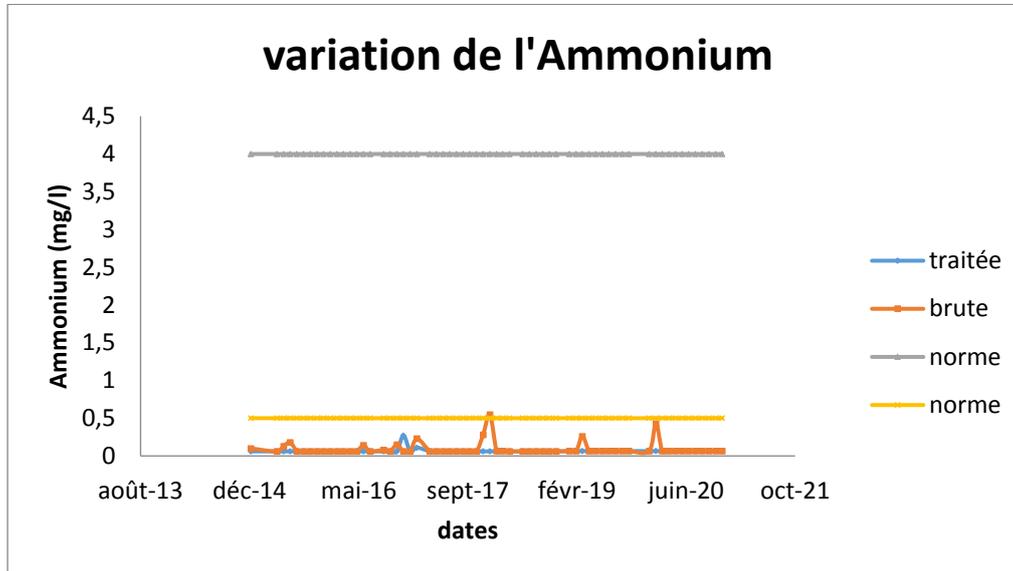


Figure 25: Variation de la concentration de l'ammonium pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

L'analyse du profil de l'ammonium (figure 25), montre que les teneurs varient entre 0.06 à 0.55 mg/l pour l'eau brute, les valeurs d'ammonium trouvées pour l'eau traitée sont nettement très inférieures à celles de l'eau brute, traduisant ainsi l'effet du traitement et témoigne une bonne chloration des eaux entraînant ainsi l'oxydation de l'azote. Les concentrations en ion ammonium au niveau de la station sont inférieures à 0.5 mg/l suivant le journal Algérien.

2.9. Nitrite

Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, leurs présence dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine (Ghazali and Zaid, 2013).

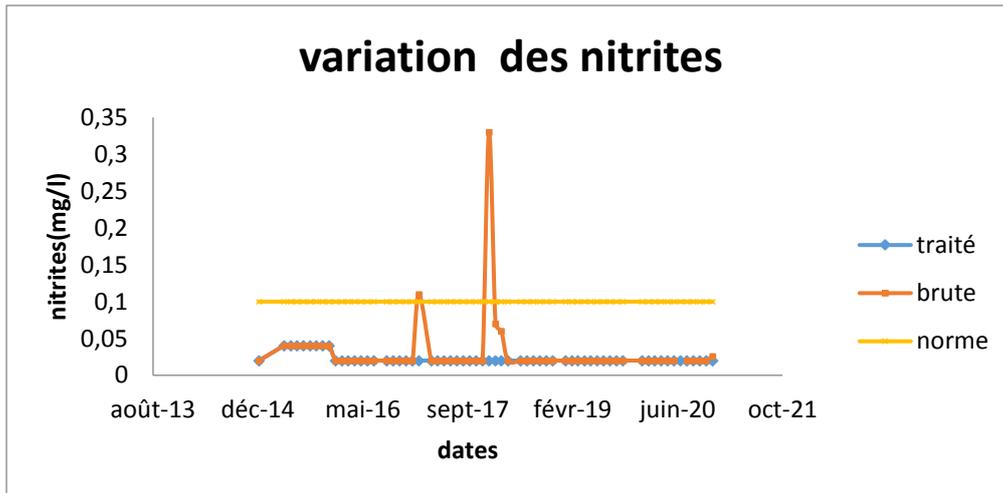


Figure 26: Variation de la concentration des nitrites pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

La figure 26 montre les valeurs de nitrites comprises entre 0.02 et 0.3 mg/l pour l'eau brute et presque nulles pour l'eau traitée ce qui reflète l'efficacité du traitement. Les résultats de notre analyse révèlent des teneurs très faibles en nitrites et ne dépasse pas la norme 0.2 mg/l fixée par le journal Algérien.

2.10.Nitrates :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l. D'après le journal algérien et les normes de l'OMS, il est recommandé pour les nitrates, une valeur de 50mg/l dans une eau destinée à la consommation.

L'analyse des nitrates est effectuée une fois par mois, le résultat révèle une teneur maximale de 9 mg/l pour l'eau brute et presque nulle pour l'eau traitée, ce qui classe l'eau dans les normes.

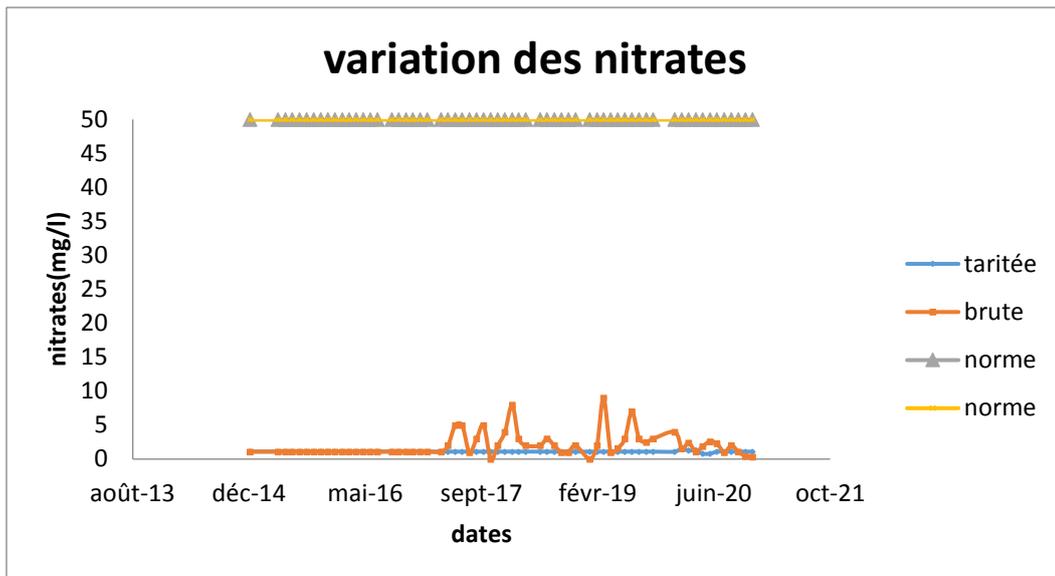


Figure 27: Variation de la concentration des nitrates pour l’eau brute et traitée en fonction du temps.

2.11. Ortho-phosphates

Les ortho-phosphates (PO_4^{3-}) résultent de la dégradation par des bactéries du phosphate organique, les résultats obtenus sont représentés dans la figure 28.

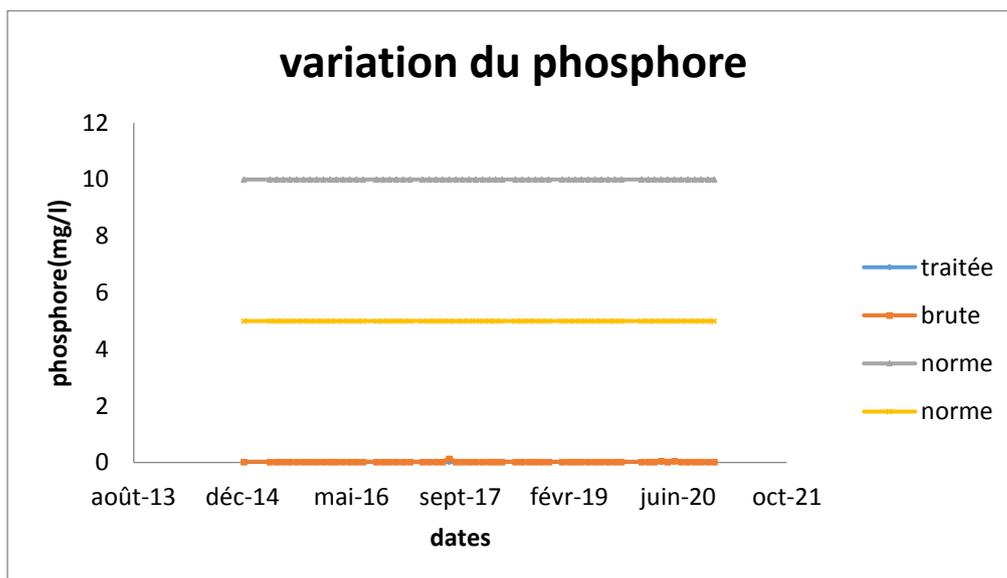


Figure 28: Variation de la concentration des ortho-phosphates pour l’eau brute et traitée en fonction du temps.

Les ortho-phosphates (PO_4^{3-}) résultent de la dégradation par des bactéries du phosphate organique. Les concentrations en ortho-phosphates enregistrées au niveau du barrage, sont au alentour de 5 mg/l pour l’eau brute et entre 0.07 et 0.09 mg/l pour l’eau traitée (figure 28). Elles restent nettement inférieures à la limite admissible pour le phosphore, ce paramètre ne constitue pas un risque de pollution majeur pour les eaux du barrage.

3. Résultats et interprétation de la minéralisation globale

3.1. Dureté totale (TH)

La dureté de l'eau est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}). Elle dépend de la structure géologique des sols traversés (MS and AS, 2014).

La dureté totale de l'eau est la mesure du calcium et du magnésium contenu dans l'eau ces deux éléments combinés forment du carbonate de calcium.

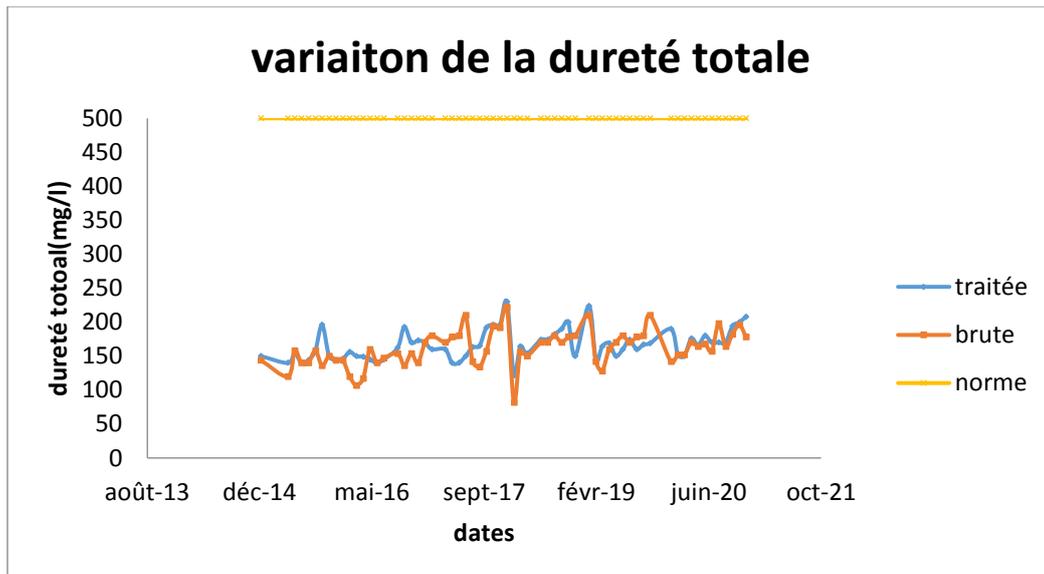


Figure 29: Variation de la concentration de la dureté totale pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Les normes locales (journal algérien 2011) exigent une concentration maximale admissible de 200mg/l. La figure 29 montre que l'eau du barrage est conforme aux normes dans la mesure où ce paramètre présente une concentration moyenne de 150 mg/l de CaCO_3 pour l'eau brute et de 170 mg/l de CaCO_3 pour l'eau traitée, ces valeurs indiquent une eau mi-dure ou moyennement douce.

3.2. Calcium :

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009).

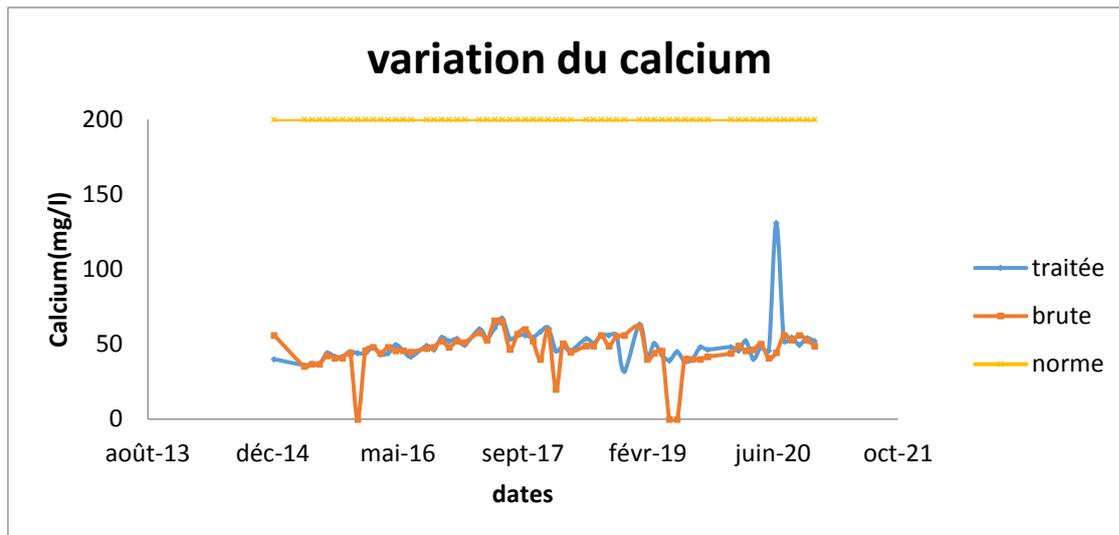


Figure 30: Variation de la concentration du calcium pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

Les teneurs en calcium de l'eau contrôlée (figure 30) oscille de 20 à 65 mg/l que ce soit pour l'eau brute et l'eau traitée de 32 à 131 mg/l, valeur inférieure à la concentration maximale admissible de 200mg/l (Normes algériennes, 2011) pour l'eau potable.

3.3. Magnésium :

Contribue à la dureté totale sans être l'élément majeur (Melghit and Afri-Mehennaoui, 2012), comme le montre la figure 31. Elles sont comprises entre 29 mg/l pour l'eau brute et 18.95 mg/l de magnésium pour l'eau traitée bien inférieures aux valeurs de calcium et restent nettement inférieures à la limite admissible du magnésium soit 150 mg/l (journal algérien 2011).

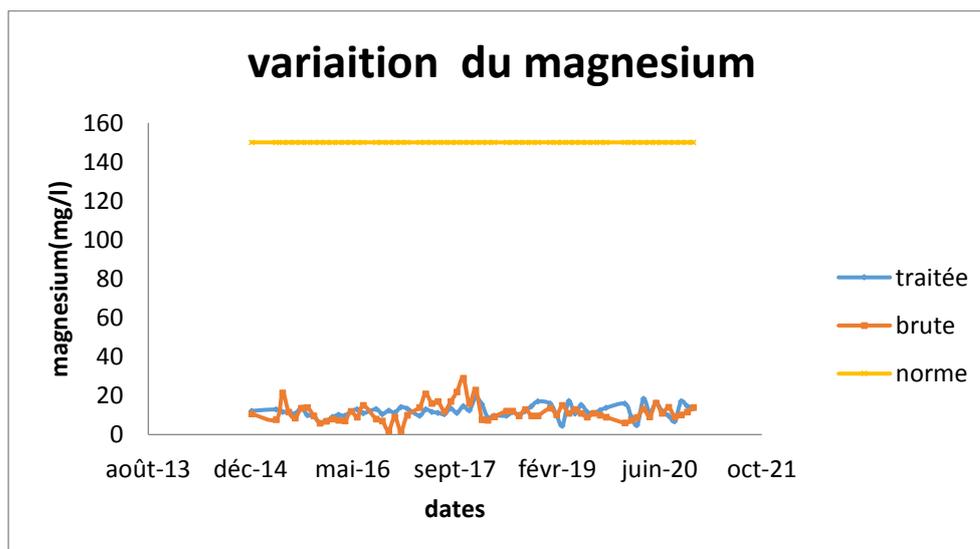


Figure 31: Variation de la concentration du magnésium pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

3.4. Le Titre Alcalimétrique (TA) et le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le TAC et le TA traduisent l'alcalinité d'une eau. Ce sont des paramètres importants pour l'eau distribuée dans les canalisations. La connaissance de ces valeurs est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique.

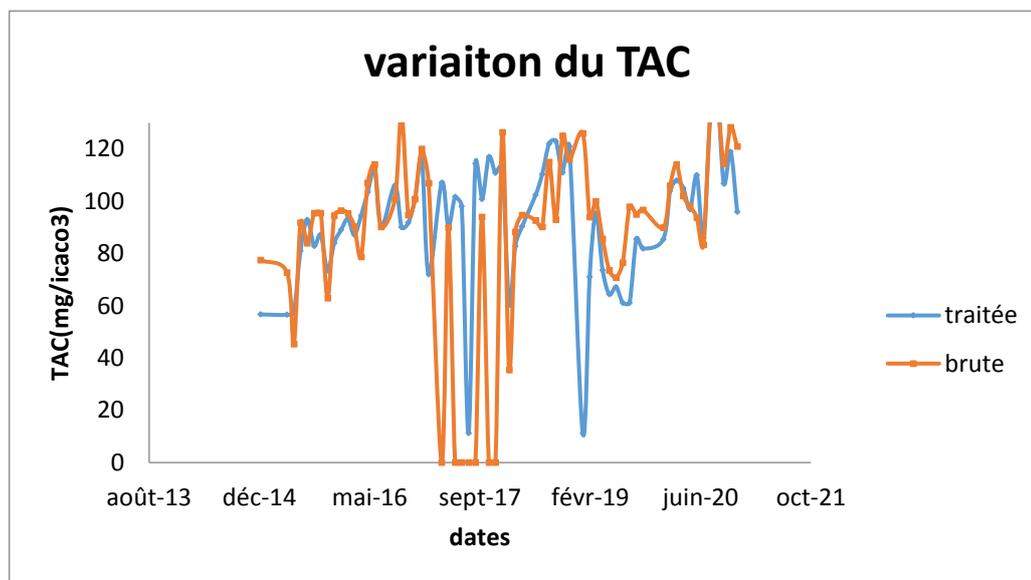


Figure 32: Variation de la concentration du TAC pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

D'après la figure 32 (11.18-141,4mg/ICaCO₃) pour l'eau traitée. Il n'existe pas de norme algérienne, ni internationale (OMS) concernant ce paramètre. Le TAC ne doit pas être considéré seul, mais pris en compte dans un ensemble de paramètres (pH, TH, température...).

3.5. HCO³⁻

Aux pH des eaux naturelles (entre 7 et 8) les carbonates sont sous formes de HCO³⁻ (ion bicarbonate ou hydrogénocarbonate) principalement avec des traces d'acide carbonique (ou de dioxyde carbone) et d'ion carbonate (notamment quand le pH est supérieur à 8,3 – 8,4).

Le dosage des carbonates totaux peut être réalisé très simplement par la détermination de l'alcalinité et plus précisément des titres TA et TAC.

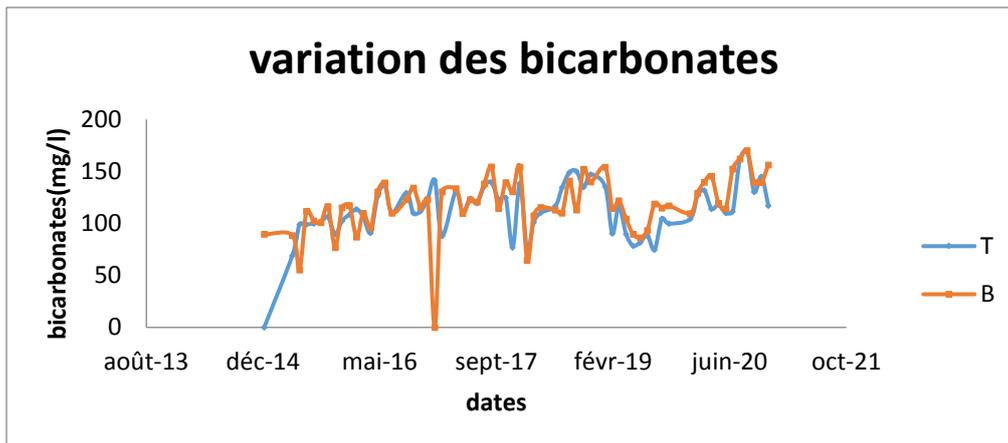


Figure 33: Variation de la concentration du HCO_3^- pour l'eau brute et traitée en fonction du temps.

La figure 33 montre que l'eau du barrage présente une teneur en HCO_3^- de 170,19 mg/l pour l'eau brute et de 170 mg/l pour l'eau traitée, on remarque alors une légère diminution de l'alcalinité (bicarbonate, TAC), attribuée à l'addition de coagulant (le sulfate d'alumine) dans l'eau qui présente la particularité de consommer l'alcalinité. Cette perte de TAC ou de bicarbonate se traduit par une chute de pH.

III. Rendement de la station :

1 Introduction :

La réhabilitation d'une station de traitement est effectuée généralement lorsque la station est dans un état de détérioration. Les procédures de réhabilitation commencent lorsque le rendement de la station diminue d'un pourcentage important, ce qui souligne un dysfonctionnement de la station et impliquant une recherche des causes principales avec remédiation.

2. Détermination du rendement de la station

2.1 Rendement d'élimination de la turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre.

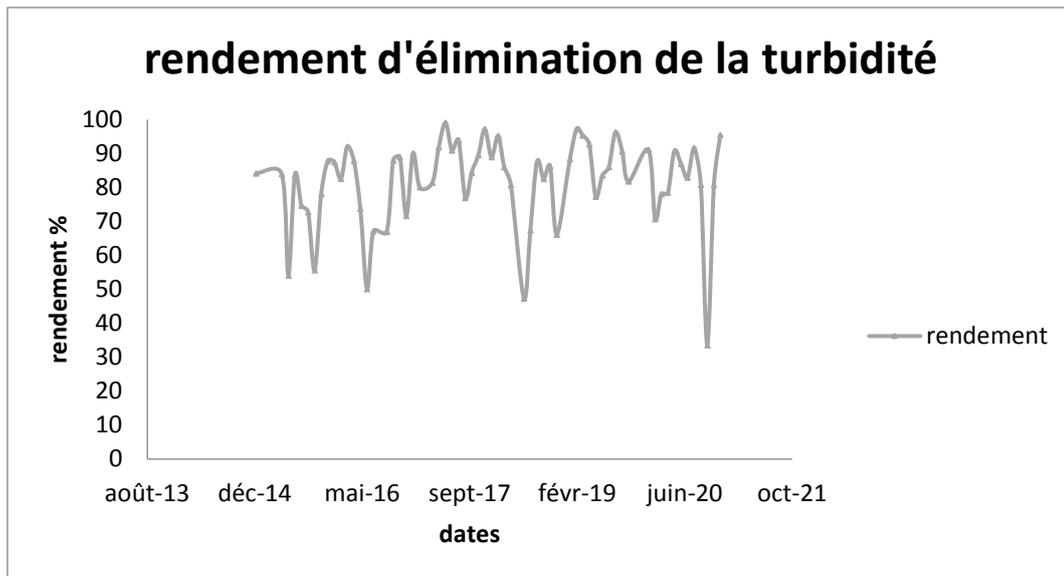


Figure 34: Le rendement d'élimination de la turbidité de la station

On remarque que malgré le bon rendement d'élimination de la turbidité durant les six années, qu'il y a un pic du 11/2020, où le rendement était faible, et qui est dû au taux élevé de la turbidité, et d'où la station n'a pu l'éliminer, et cela peut être à cause du phénomène de ruissellement et le lessivage du sol pendant la saison des pluies.

2.1.1. Principales causes de la turbidité

La turbidité peut être causée par :

- ✓ Des particules organiques comme des matières animales ou végétales décomposées ou des organismes vivants (par exemple des algues),
- ✓ Des particules inorganiques (limon, argile et composés chimiques naturels tels que le carbonate de calcium).
- ✓ Des pluies abondantes, des inondations et l'écoulement printanier
- ✓ Des glissements de terrain et l'érosion des berges
- ✓ Les fleurs d'eau
- ✓ La pollution par les eaux d'orage provenant de régions urbaines.
- ✓ Mauvais dosage du coagulant; qui est le cas de notre station.

2.1.2. Conséquences de la turbidité

a. L'effet de la turbidité sur la qualité et le traitement de l'eau

Les particules organiques et inorganiques dans l'eau peuvent :

- ✓ donner à l'eau une apparence trouble, ainsi qu'une odeur et un goût déplaisants
- ✓ transporter des micro-organismes et nuire à la désinfection
- ✓ augmenter la quantité de chlore nécessaire pour désinfecter l'eau
- ✓ se combiner au chlore pour former des sous-produits nocifs tels que les trihalométhanes (THM).

b. Le risque de La turbidité sur la santé humaine

Etant donné que les particules responsables de la turbidité sont très variées, il est difficile de déterminer le risque pour la santé. Le risque pour la santé ne provient habituellement pas des particules elles-mêmes, mais des effets des particules en suspension sur la désinfection de l'eau. De plus, des modifications de la turbidité peuvent indiquer un problème éventuel et être le signe d'une nouvelle source de contamination de l'eau.

Les eaux de surface et de puits peu profonds ont tendance à avoir des niveaux de turbidité plus élevés. Elles contiennent souvent des matières organiques et des micro-organismes. Les micro-organismes se fixent aux particules en suspension dans l'eau turbide, ce qui empêche l'eau d'être correctement désinfectée et peut augmenter les risques de maladies gastro-intestinales.

Les matières organiques peuvent contribuer à la formation de sous-produits dangereux comme les THM. Les particules peuvent aussi transporter d'autres substances dans le corps, incluant des métaux comme le plomb.

Boire de l'eau turbide peut être particulièrement risqué pour les personnes dont le système immunitaire est compromis, notamment celles qui :

- ✓ ont reçu une transplantation d'organe
- ✓ souffrent de cancer et subissent des traitements de chimiothérapie ou de radiothérapie,
- ✓ sont porteuses du VIH ou atteintes du sida
- ✓ ont été informées par leur fournisseur de soins de santé qu'elles sont immunocompromises et qu'elles devraient prendre des précautions.

2.2 Rendement de réduction de la dureté :

La dureté s'exprime par le titre hydrotimétrique (TH) mesuré en degrés français (°F). Plus le TH est élevé, plus l'eau est "dure" ou "calcaire".

Les eaux sont classées en fonction de leur TH :

- ✓ 0 à 6 degrés = eau très douce
- ✓ 6 à 15 degrés = eau douce
- ✓ 15 à 30 degrés = eau moyennement dure
- ✓ >30 degrés = eau dure

2.2.1 Principales causes de la dureté

- ✓ Qualité de l'eau brute (calcaire)
- ✓ Mauvais dosage du coagulant
- ✓ Manque de réactif pour réduire la dureté

2.2.2 Conséquences de la dureté

Il n'est pas recommandé d'avoir de l'eau très dure en milieu domestique: le calcaire réagit en présence de substances alcalines telles que le savon et se précipite lorsque l'eau est portée à ébullition ou s'évapore.

Le résultat ? C'est l'entartrage des installations domestiques telles que chauffe-eau, machines à laver, pommeaux de douche, conduites d'eau chaude, etc. Plus l'eau est dure, plus il faut entretenir les appareils domestiques et plus il faut augmenter le dosage des lessives.

D'après les analyses d'eau brute et traitée, on peut constater que l'eau de cette station est une eau calcaire. Ce problème est présenté dans la figure ci-dessous.

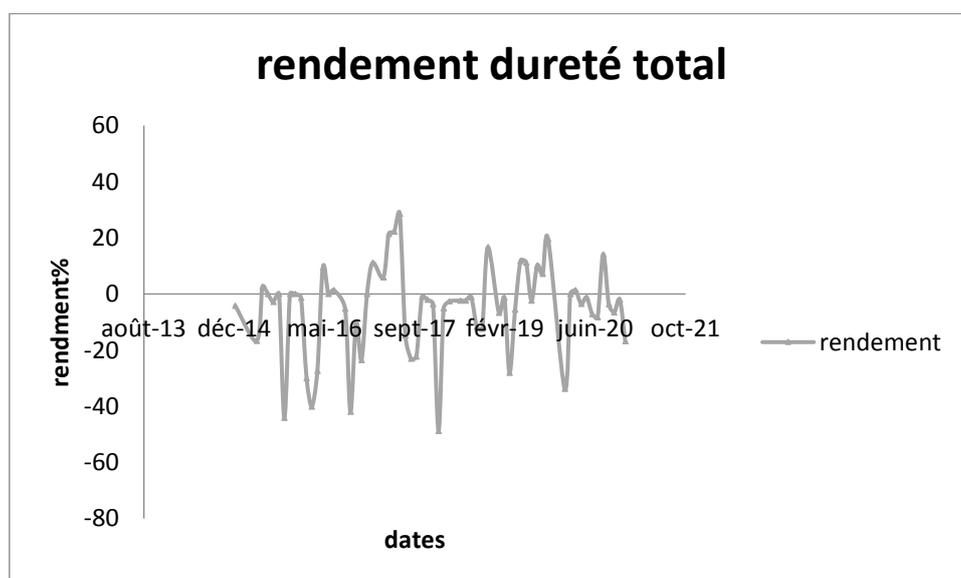


Figure 35: Rendement de la Dureté.

On remarque que la dureté de l'eau à l'entrée et la sortie de la station varie faiblement, du fait qu'elle n'a pas subi aucun traitement d'adoucissement.

2.2.3 Les solutions techniques pour réduire la Dureté

a. Techniques d'adoucissement

Les techniques d'adoucissement font appel à trois procédés, à savoir la décarbonatation qui n'élimine que les ions calcium et magnésium liés aux bicarbonates, il s'agit alors d'un adoucissement partiel, et l'adoucissement total qui élimine l'ensemble des ions calcium et magnésium, mais sans modifier l'alcalinité de l'eau. Le troisième procédé est représenté par la nano-filtration qui élimine partiellement les ions calcium, magnésium et bicarbonates.

Parmi les procédés de décarbonatation, on trouve :

- ✓ la décarbonatation à la chaux ;
- ✓ la décarbonatation à la soude ;
- ✓ la décarbonatation sur résines échangeuses d'ions du type carboxylique, régénérée par un acide ;
- ✓ l'électro-décarbonatation.

La technique d'adoucissement utilise une résine échangeuse d'ions du type cationique, régénérée par une solution de chlorure de sodium.

b. Avantage d'adoucissement

Le choix de la technique d'adoucissement la mieux adaptée à une eau donnée, se fait sur la base de nombreux critères, à savoir :

- ✓ présence ou non de matières en suspension, de fer ;
- ✓ nature et composition de la dureté ;
- ✓ coûts des réactifs ;
- ✓ possibilités d'évacuer les éluats;
- ✓ coût de la déshydratation ;
- ✓ possibilités de décharge en CET, d'épandage, de rejet en réseau d'assainissement ou de réutilisation des sous-produits;
- ✓ conditions d'exploitation.

IV. Conclusion

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons d'eau du Barrage Chaffia, ont permis de révéler le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité organoleptiques et physico-chimique des eaux.

Tous les résultats obtenus montrent une nette évolution des différents paramètres évalués entre l'eau brute et l'eau traitée qui présente des valeurs répondant aux normes Algériennes et mondiales de potabilité.

Ainsi que la détermination du rendement de la station a révélé la présence d'un dysfonctionnement au niveau du traitement de ces paramètres : turbidité, dureté. Ensuite, on a indiqué les causes et conséquences de ces paramètres sur la qualité d'eau, ainsi, sur la santé humaine. Et pour finir, on a proposé les différentes solutions techniques pour remédier à ces problèmes.

Conclusion générale et Recommandations

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Les problèmes de dégradation de la qualité des eaux brutes posent d'immenses problèmes au niveau de son traitement et particulièrement lors des périodes très pluvieuses (pluies persistantes de faibles intensités sur sols saturés).

Une station de traitement d'eau potable doit satisfaire aux besoins nécessaires à l'alimentation en eau potable, à la fois en quantité et en qualité.

Différentes étapes de traitement sont alors agencées en filières de potabilisation (Prétraitement, clarification, désinfection).

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur l'évaluation de la qualité de l'eau du barrage Chaffia, l'exploitation des données bibliographiques actualisées nous a permis d'appréhender les différents critères de qualité de potabilisation.

L'examen et l'interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques d'échantillons d'eaux du barrage obtenus durant la période janvier 2015 au décembre 2020 montrent que :

- ✓ La qualité des eaux de surface qui alimente le barrage dépend de la lithologie drainée par l'eau,
- ✓ Le diagnostic des différents paramètres analysés, montrent que la plus part des paramètres analysés sont conformes aux normes de l'eau potable avant même que l'eau ne soit traitée par conséquent on peut dire que ces eaux brutes sont très peu chargées en polluants et sont généralement propres.
- ✓ Une comparaison des teneurs des principaux éléments mesurés indique une différence dans la concentration entre l'eau brute et l'eau traitée, ce qui plaide en faveur de l'efficacité du traitement dispensé au niveau de la station Chaiba, ceci est d'autant plus vrai que la quasi-totalité des paramètres analysés pour l'eau traitée sont conformes aussi bien à la réglementation nationale qu'internationale en matière de potabilité de l'eau.

Les principaux paramètres qui révèlent un potentiel danger sont : La turbidité et la dureté et leurs principales causes sont les suivants :

- La qualité des eaux brutes
- La qualité et la quantité du dosage du coagulant

- Dysfonctionnement des filtres
- Programmer des stages de perfectionnement
- Ignorances des produits existants telle que : la chaux

A cet effet, on recommande de :

- La bonne maîtrise de l'analyse des eaux entrantes à fin de bien déterminer un traitement adéquat.
- Consolider l'étape de filtration avec de nouvelle masse filtrante
- Exploitation des produits existants
- Remplacer l'étape de préchloration par la pré-ozonation.

Néanmoins, il faut signaler que la station de traitement Chaiba n'accomplie pas totalité des tests pour évaluer la qualité de l'eau, ainsi il serait essentiel que la station :

- Complete l'analyse organoleptique en ajoutant le test de l'odorat à la liste d'analyse car il est prépondérant dans la détermination de la qualité perçue par la population ;
- Ajouter d'autres paramètres tels que les métaux lourds, les pesticides... ;

Par conséquent nous pouvons conclure que cette eau est de bonne qualité et ne présente pas de danger pour la santé du consommateur.

Par ailleurs, il serait intéressant de faire des études similaires avec une périodicité annuelle afin de suivre l'évolution spatiotemporelle des paramètres afin de vérifier l'état futur de la qualité de l'eau de Chaffia. Mais aussi, de compléter cette étude par la détermination des concentrations de certains éléments que nous n'avons pas pu faire (métaux lourds, pesticide, composés phénoliques, THM,...) et de faire les tests organoleptiques dans de meilleurs conditions afin d'apprécier réellement la qualité de cette eau.

Références bibliographiques

- [1]BLIEFRT, C. & PERRAUD, R. 1990. Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets. 2eme édition française. *De Boeck*. 291pp.
- [2]BOEGLIN, J. C. 2001. *Propriétés des eaux naturelles*, Ed. Techniques Ingénieur.
- [3]BRÉMOND, R. & VUICHARD, R. 1973. *Paramètres de la qualité des eaux*, Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, Secrétariat
- [4]DEGRÉMONT, S. 2005. Mémento technique de l'eau. Le tome 1, 2. *Degrémont Suez*.
- [5]DESJARDINS, R. 1997. Le traitement des eaux, 2e édition revue et améliorée. *Ecole Polytechnique de Montreal*.
- [6]DJABRI, L. 1996. Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. *Origines géologiques industrielles, agricoles et urbaines*.
- [7]DJEMAI, I. 2013. *Comportement des éléments chimiques dans les Eaux de surface du barrage de foug el gueiss (Est-Algerie)*. Université de Batna 2.
- [8]DURFOR, C. & BECKER, E. 1972. Constituents and properties of water. *Water quality in a stressed environment*. *Burgess Publishing Company*.
- [9]EDELIN, M. 1992. Epuration physico-chimique des eaux, 2ème édition, Ed. *CEBEDOC, France*.
- [10]HRUDEY, S. E., HRUDEY, E. J. & POLLARD, S. J. 2006. Risk management for assuring safe drinking water. *Environment International*, 32, 948-957.
- [11]KETTAB, A. 1992. Traitement des eaux (les eaux potables). *OPU, Alger*.
- [12]LEGUBE, B. 1983. *Contribution à l'étude de l'ozonation de composés aromatiques en solution aqueuse*. Éditeur inconnu.
- [13]LOUNNAS, A. 2008. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda. *Mémoire de Magister Option: pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences*.
- [14]MALENFANT, G., NADEAU, A., LAFERRIERE, M. & MINVILLE, J. 1995. La contamination par les nitrates: Prévention des risques à la santé. *Unité de santé publique, Centre hospitalier régional du Grand-Portage, CLSC Rivières et marées*.
- [15]MARCEL, D. 1995. Chimie des oxydants et traitement des eaux. *L'université de Poitiers (ESIP)*.
- [16]MIZI, A. 2006. *Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles*. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA.
- [17]MONDIALE DE LA SANTÉ, O. 1985. Directives de qualité pour l'eau de boisson: volume 1: recommandations.
- [18]MOUCHET, P. 1991. Les modalités de traitement des eaux brutes: quelle qualité d'eau? quels procédés. *STP Pharma pratiques*, 1, 136-148.
- [19]RODIER, J., LEGUBE, B. & MERLET, N. 2009. L'Analyse de l'eau 9e édition. *Entièrement Mise À Jour Dunod Paris*.
- [20]SEGHIRI, R. 1996. Elimination des substances humiques extraites de l'eau de la retenue de Hammam-Grouz par coagulation-floculation avec le chéorure ferrique et le sulfate d'aluminium.
- [21]THEBAULT, P. 1978. *Elimination des matières organiques et des micropolluants contenus dans les eaux de surface: Rôle et efficacité des coagulants*. Thèse de Docteur-ingénieur. INPL, Nancy, France.
- [22]VIGOURET, J. 1980. Le Potentiel Zêta et son Application dans le Traitement de l'Eau Potable.

- [23]Schuiling R. D., (1988): Introduction to geochemistry. Dept. Of Geochemistry. Utrecht University. The Netherlands.
- [24]Dray M. &al., (1996) : Le système hydrologique du Delta de la Dranse, évolution de la qualité chimique des eaux. *Revue Hydrogéologie* N°4, pp. 39-45.
- [25]Debieche T.H., (2002) : Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat en Hydrogéologie et environnement. Université de franche Compte, France. 235p.
- [26]BELGHITI, M., CHAHLAOUI, A., BENGOUMI, D. & EL MOUSTAINE, R. 2013. Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*.
- [27]GHAZALI, D. & ZAID, A. 2013. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*.
- [28]KAHOUL, M. & TOUHAMI, M. 2014. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux de consommation de la ville d'Annaba (Algérie). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*.
- [29]MELGHIT, M. & AFRI-MEHENNAOUI, F. Z. 2012. *Qualité physico-chimique, pollution organique et métalliques des compartiments Eau/Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun*. Université Mentouri Constantine.
- [30]MS, L. & AS, M. 2014. Analyses physico-chimiques et bacteriologiques des eaux de trois aquiferes de la region de TILLABERY: application des methodes d'analyses statistiques multi variees. *Larhyss Journal*, 11, 25-41.
- [31]RODIER, J., LEGUBE, B. & MERLET, N. 2009. L'Analyse de l'eau 9e édition. *Entièrement Mise À Jour Dunod Paris*.