REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES

Faculté de Technologie

Département de génie des procédés

Spécialité : Génie De L'environnement

Mémoire de Master II fin d' étude.

Thème N° :

Thème :Suivi de l'eau brute et traitée (SEAAL Boudouaou)Et mélange (Taksebt ,Keddara)

Réalisé par :

BEGGAR NOUR EL HOUDA.

promoteur :

BALOUL .H

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Nous remercions avant tout Dieu Tout-Puissant qui nous a accordé Sa grâce et nous a permis de mener à bien ce travail.

Nous adressons notre profonde gratitude à notre promoteur, Monsieur Hakim Baloul, pour son encadrement, sa persévérance et son suivi jusqu'à la fin de ce projet.

Nous exprimons notre sincère reconnaissance à tous les enseignants et chercheurs de la Faculté des Sciences et Technologies de Mohamed Bougara pour leur soutien et leur encouragement tout au long de notre parcours académique. Leur enseignement et leur passion pour la recherche ont été une source d'inspiration pour nous.

Nous remercions également chaleureusement le chef du laboratoire SEAAL, Monsieur Ben Rachedi, pour tout ce qu'il a fait pour nous, ainsi que Monsieur Bouaïcha Zakaria pour son aide et ses conseils précieux.

Nos remerciements vont également à tous les ingénieurs chimistes, en particulier Monsieur Hadj Arab et Madame Naïma Ben Habet, pour leur assistance et leur orientation.

Nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres du jury qui ont pris de leur temps pour examiner ce travail. Nous leur sommes infiniment reconnaissants. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

Un grand merci aux enseignants du Département de Génie des Procédés.

Nous tenons également à remercier tout le personnel du laboratoire et les administratifs de l’établissement public "SEAAL" à la station de Boudouaou.

Enfin, nous présentons nos remerciements les plus sincères à toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à l’élaboration de ce modeste travail.

DIDICAS :

Je tiens d'abord à exprimer ma profonde gratitude à moi-même, puis à ma famille qui a toujours été à mes côtés et m'a soutenu tout au long de mon parcours académique.

Merci à mon père Ali et à ma mère Malika khiari pour tout l'amour et le soutien que vous m'avez donnés. Vous êtes mon trésor précieux et ma source de force.

Merci à mes sœurs, Salma et Marwa, pour leurs contributions et leur grande aide dans mes études.

Et merci à mes frères, Adam, Souhaib, et Mohamed, pour leur encouragement et leur soutien constants.

Je tiens également à remercier tous les membres de ma famille et tous ceux qui m'ont encouragé de près ou de loin. Votre soutien a été un moteur pour atteindre le succès et l'excellence.

NOUR EL HOUDA

Résumé :

La question de l'eau se trouve au cœur des préoccupations environnementales et de santé publique. Ressource essentielle, l'eau fait face à des défis majeurs liés à sa qualité et à sa disponibilité. Par conséquent, le traitement des eaux usées et de l'eau potable est devenu une nécessité impérative pour répondre aux besoins croissants de la population et protéger les écosystèmes aquatiques.

Notre étude a consisté en le suivi de la qualité des eaux traitées de la station SEAAL de Boudouaou, destinés à la consommation humaine.

Nous avons aussi étudié la qualité du mélange (eau traitée du barrage de Keddara et eau traitée du barrage de Taksebt) à travers l'étude des paramètres physico-chimiques (pH, turbidité, TAC, dureté totale, dureté calcique, nitrite, nitrate, fer, manganèse, ammonium, phosphates).

Tous les paramètres physico-chimiques étudiés de l'eau traité de Keddara et du mélange étaient conformes aux normes algériennes.

Mots clés : Kedarra , Taksebt, paramètres physico-chimiques, seaal Boudouaou, eau potable. Traitement.

Abstract :

The water issue is at the heart of environmental and public health concerns. An essential resource, water faces major challenges linked to itsquality and availability. Therefore, the treatment of waste water and drinking water has become an imperative necessity to meet the growingneeds of the population and protect aquatic ecosystems.

Our study consisted of monitoring the quality of treated water from the Boudouaou SEAAL station, intended for human consumption.

Wealsostudied the quality of the mixture (treated water from the Keddara dam and treatedwaterfrom the Taksebt dam) through the study of physicochemicalparameters (pH, turbidity, TAC, total hardness, calcium hardness, nitrite, nitrate, iron, manganese, ammonium, phosphates).

All the physicochemical parameters studied of the treated Keddara water and the mixture complied with Algerian standards.

Key words: Kedarra, Taksebt, physicochemical parameters, seaal Boudouaou, drinking water. Treatment.

ملخص

تقع قضية المياه في قلب الاهتمامات البيئية والصحة العامة. تواجه المياه، باعتبارها موردًا أساسيًا، تحديات كبيرة مرتبطة **:** بجودتها وتوافرها. ولذلك أصبحت معالجة مياه الصرف الصحي ومياه الشرب ضرورة حتمية لتلبية الاحتياجات المتزايدة .للسكان وحماية النظم البيئية المائية

.تتكون دراستنا من مراقبة جودة المياه المعالجة من محطة بودواو سيال المخصصة للاستهلاك البشري

كما قمنا بدراسة جودة الخليط (المياه المعالجة من سد كدارة والمياه المعالجة من سد تاكسبت) من خلال دراسة المعايير ، الصلابة الكلية، صلابة الكالسيوم، النتريت، النترات، الحديد، TACالرقم الهيدروجيني، العكارة،) الفيزيائية والكيميائية المنغنيز، الأمونيوم والفوسفات

لكلمات المفتاحية: كدارة، تكسبت، المعايير الفيزيائية والكيميائية، سيال بودواو، مياه الشرب. علاج.

Liste de figure :

Figure1 :cycle de l'eau**.**

Figure2 :présentés les procédés de traitement **.**

:Figure 3: Coagulation-Floculation **.**

Figure 4 :décantation simple

Figure 5: Décanteur lamellaire **.**

Figure 6 : Photo réservoir du stockage**.**

Figure 7 : Vu de Google Earth de la station de traitement – Boudouaou**.**

Figure 8: : Photo obturateur à disque.

Figure 9: Photo chambre du mélange des réactifs.

Figure 10 :photo de dosage d'oxygène dissout

Figure11 : titrage de matière organique

Figure 12 :photo de coloration de nitrate

Figure 13: variation de turbidité pour EB,ET,EM.

Figure 14: variation de pH pour EB,ET,EM

Figure 15 :variation de la conductivité EB,ET,EM

Figure 16 : variation de oxygene dissout

Figure 17: variation de dureté totale pour EB,ET,EM

Figure18 : variation de titre alcalimetrique complet pour EB,ET,EM

Figure 19: variation de calcium pour ET,EB ;EM

Figure 20: variation chlorure pour EB ,ET,EM.

Figure 21:variation sulfates pour EB,ET,Em

Figure 22:variation de nitrate pour EB,ET,EM

Figure 23: variation de Mo pour EB,ET,EM

Figure24 : de variation CO_2 libre pour EB,ET,EM

Liste de tableaux

Tableau 1 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines.

Tableau 2 :valeur des titre TA et TAC

Tableau 3 :types de dégrillage

Tableau4 :comparaison de différents procédés de désinfection.

Tableau 5: turbidité

Tableau 6: le pH

Tableau 7: conductivité

Tableau 8 :oxygène dissout

Tableau 9 : dureté total TH

Tableau 10: titre alcalimétrique complet

Tableau11 : de calcium

Tableau12 : magnésium

Tableau 13 : le fer

Tableau14 : des sulfates

Tableau 15:des phosphates

.Tableau 16: des nitrates

Tableau 17:de nitrites

Tableau 18:des matières organiques

Tableau19 :d'ammonium

Tableau 20: de dioxyde de carbone libre

Tableau 21: Les facteurs (A-B-C-D) en fonction des paramètres de l'eau

Tableau 22:de chlore résiduel par pour le temps

Tableau 23: des manganèse

Liste des abréviations :

KCl : chlorure de potassium

$\boldsymbol{NO_3^-}$: Nitrate

$\boldsymbol{NO_2^-}$: Nitrite

As: Arsenic

CMA : concentration maximale admissible

Cd : Cadmium

CN- : Cyanure

Cr: Chrome

Hg: Mercure

Pb : Plomb

Se : Sélénium

EDTA : Ethyle diamine tétra acétique.

HCl : acide chlorhydrique.

$\boldsymbol{Mg^{2+}}$: Magnésium.

$\boldsymbol{NH_4^+}$**:** Ammonium.

NTU : Unité Néphélométrique Turbidité.

pH : potentiel d'hydrogène.

SF : Streptocoque fécaux

EB : eau brute

ET : eau traitée

EM : eau traitée de mélange

SPIK :(Système de Production Isser Keddara)

ISO : Organisation Internationale de Standardisation.

OMS: L'organisation mondiale de la santé

T ° C : Température

TH : Titre hydrotimétrique.

TA: Titre alcalimétrique.

TAC: Titre alcalimétrique complet.

EDTA : Ethylène diamine tétra acétique

DPD : Diethyl paraphenylene diamine.

µS/cm : Micro siemens par centimètre.

NTU: Nephelometric turbidity unit

°F : Degré Français.

Abs: Absent

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

DGS : Direction générale de la santé.

ONM : Office National de Météorologique O.

MS : Organisation Mondiale de la Santé.

Sommaire :

CHAPITRE I: généralité de l'eau potable……P02

I.1.L'eau potable ……P02

I.2.Cycle de l'eaux ……P02

I.3.Diverses sources de fourniture en eau ……P03

I.3.1. Eaux de pluie ……..P03

.I.3.2.L'eau de source : ……..…..P03

.I.3.2.Eau minérale : ……. …..P03

I.3.3.Les eaux de surface :……P03

I.3.4.Eaux De Souterraine ……..P04

I.4.Caractéristiques de l'eau potable ……P06

I.4.1.Caractéristiques organoleptiques ……P06

.I.4.2.Caractéristique physicochimique de l'eau potable ……P06

I.4.3.Normes qualité ……P09

I.4.4.Caractéristique toxicité ……P10

I.4.5.Caractéristiques bactériologiques……P11

Chapitre II: les procédés de traitement des eaux……P13

II.1.Définition de traitement ……P13

. II.2.L'OBJECTIF DU TRAITEMENT DES EAUX ……P13

II.3.Les procédés de traitement de l'eau potable ……P13

II.4.LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX ……...P14

II.4.1.Prétraitement ……P14

II.4.2.Procédés clarification ……...P17

II.4.2.1.Coagulation-floculation ……..P18

II.4.2.2.Décantation ……..P18

II.4.2.3.Filtration ……P20

II.4.2.4.La désinfection ……...P22

Chapitre III: présentation de la station du traitement boudouaou – SEAAL-……P23

III.1.Présentation de la société ……P23

III.1.1.Mission et défis de la SEAAL ……..P24

III.2.2.Présentation du l'organisme d'accueil ……P24

III.2.1.Les principales caractéristiques du centre ……..P24

III.3.La station de traitement ……...P25

III.3.1.Procédé de traitement adapté à l'usine ……P25

III.3.2.Principaux ouvrages de la station d'eau potable de Boudouaou :……..P26

Chapitre 4 : Matériels et Méthode

IV.1.Dosage de l'Oxygéné dissous par idométrie ……P30

IV.2Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire ……P31

IV.3Dosage du manganèse – Méthode au persulfate d'ammonium ……..……..P32

IV. 4.Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire ……...…P33

IV. 5.Dosage du Fer total :……..P33

IV.6. Dosage Spectrophotomètrique des ortho-phosphates méthode au molybdate d'ammonium ……P34

IV.7.Turbidité……P3.

IV.8.Potentiel d'hydrogène (pH) ……...P35

IV.9.Température ……..……..P36

IV. 10.La conductivité électrique ……P36

IV. 11.Détermination de la dureté totale (titre hydrotimétrique TH) ……..P36

IV. 12.Détermination du calcium (Ca2+) et magnésium (Mg2+)……..P37

IV. 13.Dosage des nitrites méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire ……...P39

IV.14 Déterminer d'indice de permanganate (matière organique)…… P40

IV. 15.Détermination des nitrates (NO_3^-) par la méthode de salicylate de sodium….. P41

IV. 16.Détermination des chlorures (Cl^-) ……..…...P 42

IV. 17.Dosage de l'anhydride carbonique libre co_2 ……....P43

IV. 18.Déterminer l'équilibre calco-carbonique ……..P44

IV. 19. Déterminer le cinétique de chlore ……..……..……..P45

V.1Turbidité :……..……P47

V.2.Le pH :……P48

V.3.Conductivité :……P49

.**V.4.Oxygene dissout :……..……P49**

V.5.Les Minéralisation d' eau :……..……P50

V.5.1.DURETE TH :……P53

V.6.Le fer (Fe) :……P54

V.7.Les sulfates SO_4^{2-} :……...…….....P55

V.8. Les phosphates PO_4^{3-} :……P56

V.9. Les Nitrates NO_3^- :…….……..P56

V.10.Les Nitrites NO_2^- :……..….P57

V.11.Matière organique :……P57

V.12.Ammonium NH_4^+:……..……..P57

V.13.CO_2 LIBRE:……..……P58

V.14.Manganèse Mn^{2+} :……P58

V.15.Etude de l'équilibre Calco-carbonique :…….…..P59

V.16.Cinétique de chlore :…….…..P60

CONCLUSION ……P61

Introduction

La question de l'eau se trouve au cœur des préoccupations environnementales et de santé publique. Ressource essentielle, l'eau fait face à des défis majeurs liés à sa qualité et à sa disponibilité. Par conséquent, le traitement des eaux usées et de l'eau potable est devenu une nécessité impérative pour répondre aux besoins croissants de la population et protéger les écosystèmes aquatiques.

Plusieurs techniques sont appliquées pour assurer un bon traitement qui permettra de respecter la réglementation nationale concernant les paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau.

Dans ce contexte, ce mémoire vise à surveiller le fonctionnement de la station de traitement des eaux de Boudouaou, gérée par SEAAL, et à étudier l'efficacité des processus de mélange des eaux traitées (Keddara, Taksebt) mis en œuvre. Cette analyse permettra de comprendre les performances de la station en termes de qualité de l'eau traitée et d'identifier les améliorations nécessaires.

Ce mémoire est organisé en cinq chapitres

Le premier chapitre concerne les généralités sur l'eau, le deuxième chapitre explique les principaux procédés de traitement des eaux potables.

Le chapitre 3 donne une présentation de la station de traitement des eaux de Boudouaou, le quatrième chapitre donne le matériel et les méthodes d'analyse des paramètres de l'eau suivis au cours de notre étude.

Le dernier chapitre est consacré aux résultats et interprétations.

Enfin le mémoire se termine par une conclusion général

CHAPITRE 1: généralité de l'eau potable

L'eau potable, qui est une ressource vitale essentielle à la vie sur Terre, provient de différentes sources naturelles, telles que les eaux souterraines (infiltrations, nappes), les eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et les eaux de mer

I.1. L'eau potable :

La notion de potabilité est liée directement à l'alimentation humaine. L'eau potable comme étant une eau dont la consommation ne présente aucun danger pour la santé. Pour être qualifiée de potable, l'eau doit répondre à des normes strictes concernant les paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques, ainsi que la présence de substances indésirables et toxiques. Des valeurs limites sont établies pour chaque paramètre afin de garantir cette potabilité. Le fait qu'une eau soit qualifiée de potable ne signifie pas qu'elle soit totalement exempte d'agents pathogènes, mais que leur teneur est suffisamment faible pour ne pas provoquer de maladies.

I.2. Cycle de l'eau :

L'hydrosphère de la Terre, comprenant les mers, les océans, les eaux continentales (à la surface et souterraines), ainsi que l'atmosphère et la biosphère, est en constante interaction, formant ce qu'on appelle le cycle externe de l'eau. Ce cycle est alimenté par l'énergie thermique du soleil, qui maintient les masses d'eau en mouvement perpétuel.

Il se divise en deux composantes interdépendantes :

- La partie atmosphérique, qui implique la circulation de l'eau sous forme de vapeur principalement dans l'atmosphère.
- La partie terrestre, qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, à la fois en surface et souterrainement.
- Ces deux aspects du cycle de l'eau sont étroitement liés, formant un système complexe qui régule la distribution et la disponibilité de l'eau à travers la planète.

En synthèse, voici les principales étapes du cycle de l'eau :

- **Évaporation** : Sous l'effet du soleil, l'eau des océans, des rivières et des lacs s'évapore dans l'atmosphère. Les végétaux et les organismes vivants contribuent également à cette évaporation en transpirant.
- **Condensation** : Dans les couches d'air plus froides de l'atmosphère, la vapeur d'eau se condense en minuscules gouttelettes qui, portées par les vents, se regroupent pour former des nuages.
- **Précipitations** : Les nuages libèrent leur contenu sous forme de pluie, de neige ou de grêle selon les conditions atmosphériques.
- **Ruissellement** : Les eaux de pluie et de fonte des neiges s'écoulent vers les régions basses, alimentant les nappes souterraines. Ce trajet les conduit finalement vers leur point de départ, les océans, un voyage qui prend généralement environ deux semaines.

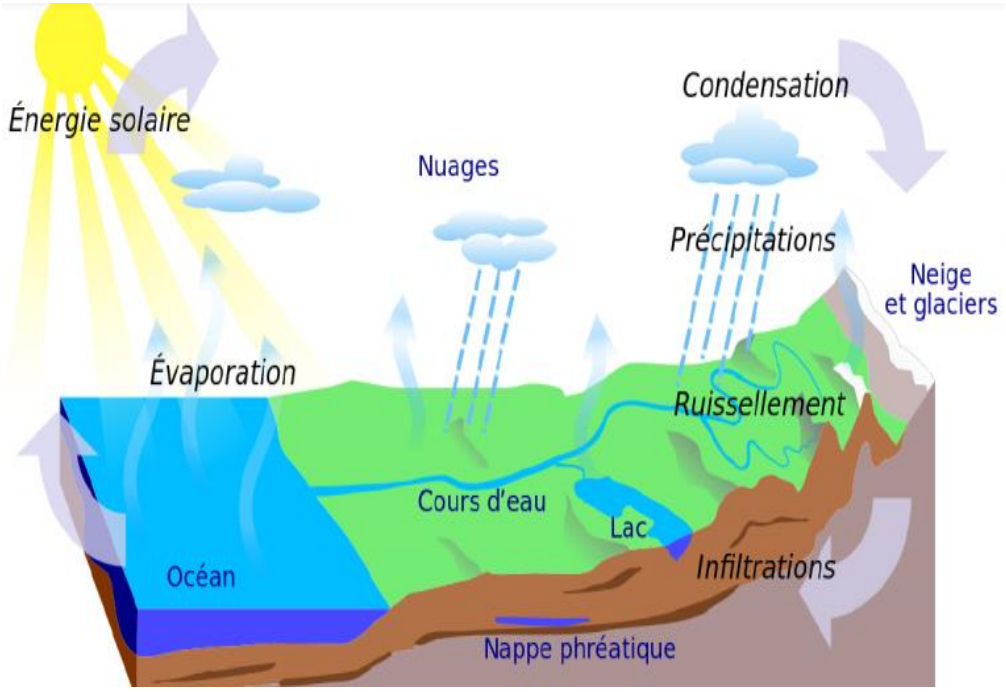

Figure1 :cycle de l'eau.

I.3. Diverses sources de fourniture en eau :

I.3.1. Eaux de pluie :

Les eaux de pluie présentent une qualité propice à la consommation humaine. Elles sont riches en oxygène et en azote, dépourvues de sels dissous tels que le magnésium et le calcium, ce qui les rend particulièrement douces.

I.3.2.L'eau de source :

L'eau de source, provenant de sources souterraines préservées de la pollution, est naturellement conforme aux normes de potabilité car elle n'a fait l'objet d'aucun traitement chimique ou ajout.

I.3.4.Eau minérale :

Les eaux minérales ont des propriétés particulières : elles contiennent des teneurs en oligo- éléments et en sels minéraux susceptibles de leur conférer des propriétés thérapeutiques et leur composition est stable dans le temps.

I.3.5.Les eaux de surface :

Ce concept désigne l'ensemble des eaux en circulation ou stockées à la surface des continents.

- **Origine** :

Elles ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, de rivière, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable.

- **Caractéristiques générales :**

La composition chimique des eaux de surface est influencée par les caractéristiques des sols qu'elles traversent pendant leur parcours à travers les bassins versants. En chemin, l'eau dissout divers éléments présents dans ces sols. De plus, lors des échanges avec l'atmosphère en surface, ces eaux peuvent se transformer en gaz dissous, tels que l'oxygèneO_2, l'azoteN_2 et le dioxyde de carboneCO_2.

- **Potabilité des eaux de surface :**

Les eaux de surface sont rarement potables sans traitement, car outre les éléments mentionnés précédemment, elles sont généralement contaminées sur le plan bactériologique. De plus, elles peuvent être sujettes à plusieurs formes de pollution :

- **Pollution d'origine urbaine** : provenant des déchets résultant des activités humaines (métabolisme, usage domestique), après leur traitement dans les stations d'épuration.
- **Pollution d'origine industrielle** : présence de polluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits chimiques) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniac, substances toxiques).
- **Pollution d'origine agricole** : présence d'engrais et de pesticides, entre autres.

I.3.6.Eaux souterraines :

- **.origine** :

Les nappes souterraines se trouvent dans des formations géologiques appelées aquifères. La porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et son mode de circulation sous-terrain.

La nappe libre est alimentée par l'infiltration des eaux de ruissellement, son niveau dépendant de la quantité d'eau absorbée. En revanche, la nappe captive est isolée de la surface du sol par une couche imperméable et est généralement plus profonde. La nappe alluviale se trouve dans les terrains alluvionnaires traversés par un cours d'eau, ce qui impacte directement la qualité de ses eaux selon celle de la rivière.

La géologie du terrain influence la composition chimique de l'eau souterraine. Les sols sablonneux ou granitiques produisent généralement des eaux acides et peu minéralisées, tandis que les sols calcaires génèrent souvent des eaux bicarbonatées calciques. Malgré les variations, les eaux souterraines présentent généralement une faible turbidité et une grande pureté bactériologique.

- **.Potabilité** : Les eaux souterraines, souvent perçues comme pures, sont moins sensibles aux pollutions accidentelles. Cependant, leur vulnérabilité varie entre les nappes libres et captives. La récupération de leur pureté après pollution est difficile, nécessitant parfois des traitements pour respecter les normes de potabilité.

Tableau 1 : Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines.

caractéristiques	**Eaux de surface**	**Eaux de souterraines**
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides-humiques par exemple)
Minéralisation globale	variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets…	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
CO_2 agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O_2 dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation. Absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H_2S	Généralement absent	Souvent présent
NH_4^+	Présent seulement dans les eaux Polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
Éléments vivants	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets…	Ferro-bactéries fréquentes
Solvants chlorés	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en	souvent présents

	état d'eutrophisation	
Caractère eutrophe	Fréquent accentué par les températures élevées	Non

I.4.Caractéristiques de l'eau potable :

I.4.1.Caractéristiques organoleptiques :

- **Couleur** :

L'eau potable ne doit normalement pas avoir de couleur. Cependant, sa coloration peut être due à des substances dissoutes ou en colloïdal . On utilise un comparateur optique avec une gamme étalon d'acide chloroplatinique , modifiée par ajout de chlorure de cobalt, pour mesurer cette couleur, exprimée en Degrés Platine Cobalt.

- **la saveur et odeur :**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, le déceler .

- **Turbidité :**

La turbidité de l'eau provient de la présence de diverses substances en suspension, telles que l'argile, les limons, les particules organiques ou fibreuses, ainsi que des micro-organismes. Ce phénomène caractérise le trouble de l'eau, souvent associé à des conditions météorologiques telles que les précipitations dans les eaux de surface et dans certaines eaux souterraines comme les nappes peu profondes et les karsts. Ces particules en suspension peuvent également entraîner des altérations au niveau du goût et de l'odeur de l'eau.

I.4.2.Caractéristique physicochimique de l'eau potable :

- **Température (°C) :**

La température de l'eau est cruciale dans l'environnement aquatique car elle régit les réactions physiques, chimiques et biologiques, tout en permettant la détection de pollutions potentielles. Une précision dans sa mesure est indispensable car elle impacte la solubilité des sels et des gaz, ainsi que la conductivité électrique et la détermination du pH.

- **Le pH :**

Le pH de l'eau est crucial, variant de 0 à 14 pour indiquer son niveau d'acidité, de neutralité ou de basicité, déterminé par la concentration en ions hydrogène. Une eau pure a un pH de 7, équilibrant les ions acides et basiques. Ce paramètre est essentiel pour la santé publique ; un pH dépassant 8 peut affecter l'efficacité du traitement chloré contre les agents pathogènes. L'OMS recommande un pH d'eau potable entre 6,5 et 8,5 pour assurer sa sûreté.

- **La conductivité électrique :**

La conductivité d'une eau se réfère à sa capacité à conduire un courant électrique, influencée par la présence et la concentration des ions dissous. La température et la viscosité jouent également un rôle, puisque la mobilité des ions augmente avec la température et diminue avec la viscosité. Mesurée en Siemens par mètre, la conductivité est l'inverse de la résistivité, exprimée en Ohm par mètre.

- **La dureté total TH:**

La dureté de l'eau, également désignée comme titre hydrotimétrique, est déterminée par la présence de cations métalliques, à l'exclusion des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Elle peut également inclure des éléments tels que le fer, l'aluminium, le manganèse et le strontium. Principalement due aux ions calcium et magnésium, elle est exprimée en milliéquivalents de concentration en $caco_3$ ou en degrés français, fournissant un indice significatif de la qualité de l'eau.

- **Titre alcalimétrique simple TA:**

le TA est la résultante de l'addition des concentrations des ions carbonates CO_3^{-2} et des ions hydroxydes OH^-.

- **Titre alcalimétrique complet TAC :**

Le TAC mesure les espèces basiques dans l'eau, comme les ions hydroxydes, carbonates et bicarbonates, reflétant son alcalinité totale et son pouvoir tampon contre les acides. Il est lié au pH, avec une concentration en ions bicarbonates prédominante pour un pH inférieur à 8,3. Pour une eau idéale à la consommation humaine un TAC entre 10 et 20°F, soit entre 2 et 5 meq/l, est optimal.

- **Calcium Ca^{2+}:**

Le calcium, un métal alcalin terreux, est fréquemment abondant dans les eaux potables, sa concentration variant selon les types de sols traversés. Il se trouve principalement dans les eaux qui ont percolé à travers des roches calcaires et, en combinaison avec le magnésium, il influe sur la dureté de l'eau.

- **MagnésiumMg^{2+} :**

La plupart des eaux naturelles contiennent généralement une quantité modeste de magnésium, un élément clé influant sur la dureté de l'eau et pouvant impacter son arôme. Sa concentration dépend de la composition des roches sédimentaires qu'elles traversent.

- **Chlorures Cl^- :**

Les chlorures, des anions inorganiques significatifs, se retrouvent en concentrations diverses dans les eaux naturelles, où ils sont largement présents, principalement sous forme de NaCl , KCl ou CaCl2.

.

- **Nitrites NO_2^-:**

Les nitrites sont présents de façon assez répandue, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates, résultant d'une oxydation incomplète des matières organiques. On les retrouve dans de nombreux produits alimentaires, ainsi que dans l'atmosphère et diverses sources d'eau. Dans certaines circonstances, les nitritespeuvent causer des cas de méthémoglobinémie, potentiellement menaçants pour les nourrissons, pouvant entraîner des situations d'asphyxie.

- **Nitrates NO_3^- :**

Les nitrates, produits de la décomposition des matières organiques, sont des contaminants omniprésents dans les eaux mondiales, souvent liés à la pollution humaine. Leur solubilité élevée les rend mobiles dans le sol, et avec le temps, ils peuvent s'accumuler dans les eaux souterraines, menaçant ainsi la qualité de l'eau potable.

- **Ammonium NH_4^+ :**

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH_4^+. Sa présence dans les eaux est due à une dégradation incomplète de la matière organique, et il se transforme rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. Cependant, son inconvénient réside dans le fait qu'il entraîne une augmentation de la consommation de chlore lors de la désinfection.

- **Phosphates PO_4^{3-} :**

Les concentrations et les formes de ces sels peuvent varier dans les eaux :

- ✓ Présence d'acide phosphorique dans les effluents provenant des usines d'engrais phosphatés, accompagnée de fluorure d'hydrogène (HF) et de dioxyde de silicium (SiO_2),
- ✓ Présence de phosphates dans les eaux usées domestiques,
- ✓ Présence de phosphates dans les purges de chaudières,
- ✓ Utilisation de polyphosphates et d'hexaméta-phosphate dans les circuits de refroidissement.

I.4.3.Normes qualité :

- **Titre hydrotimétriques :**

On peut calculer les différents types de Titre Hydrotimétrique (TH) :

- **Le TH Total :**

Mesurant la concentration totale des sels de calcium et de magnésium, est essentiel pour évaluer la dureté de l'eau.

- **Le TH calcique Ca^{2+}:**

Il représente l'intégralité des sels de calcium.

- **Le TH Magnésien Mg^{+2} :**

Il englobe l'ensemble des sels de magnésium.

- **Le TH Temporaire :**

Également connu sous le nom de dureté carbonatée, il désigne la quantité de carbonates et de bicarbonates de calcium présente dans l'eau.

- **Le TH permanent :**

Également désignée sous le nom de dureté non carbonatée, elle représente la concentration de sulfates, de nitrates et de chlorures de calcium dans l'eau.

- **Alcalinité :**

L'alcalinité d'une eau indique sa capacité à neutraliser les ions hydrogène H^+et est attribuable à la présence d'ions hydrogénocarbonateHCO_3^-, carbonateCO_3^{-2}, et hydroxyde OH^-(tableau N°2). La norme ISO 9963 définit plusieurs types d'alcalinité :

- **Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :**

Représente l'alcalinité totale à un pH de 4,5, incluant les ions HCO_3^-,CO_3^{-2} , OH^-.

- **Le Titre Alcalimétrique Simple (TA) (alcalinité composite) :**

Correspond à l'alcalinité induite par les ions OH^- et la moitié des ions CO_3^{-2}. Cette alcalinité est nulle lorsque le pH de l'eau est inférieur ou égal à 8,3.

Tableau N°2 :valeur des titre TA et TAC

Sels dissous	mg/l par degré	Valeurs respectives des titres TA et TAC				
		Si TA = 0	Si TA < TAC/2	Si TA = TAC/2	Si TA > TAC/2	Si TA = TAC
(OH) CaO $Ca(OH)_2$ MgO $Mg(OH)_2$ NaOH	3,4 5,6 7,4 4,0 5,8 8	0	0	0	2 TA — TAC	TAC
CO_3 $CaCO_3$ $MgCO_3$ Na_2CO_3	6,0 10,0 8,4 10,6	0	2 TA	TAC	2(TAC — TA)	0
HCO_3 $Ca(HCO_3)_2$ $Mg(HCO_3)_2$ $NaHCO_3$	12,2 16,2 14,6 16,8	TAC	TAC — 2TA	0	0	0

I.4.4.Caractéristique toxicité :

- **Arsenic (As) :**

On le retrouve naturellement dans la plupart des eaux à de faibles concentrations. La CMA de l'arsenic est fixée à 50 μg/l.

Il est prouvé que l'arsenic est cancérogène chez l'homme. Cette substance est d'ailleurs classée 1 (cancérogène pour l'homme) par le CIRC. Les études épidémiologiques mettent en évidence une relation entre l'exposition à l'arsenic d'origine hydrique et la survenue de pathologies, en particulier les carcinomes cutanés, le cancer de la vessie et le cancer du poumon.

D'autres effets sur la santé ont pu être identifiés mais demandent à être confirmés : développement de maladies cardiovasculaires et du diabète non insulinodépendant. En tenant compte des contraintes d'ordre analytique, l'OMS a établi une valeur guide de 10 μg/l.

- **Cadmium (Cd) :**

Le cadmium est un élément relativement rare de la croûte terrestre qui se retrouve dans certains minerais (minerais de zinc et de plomb). Des sources artificielles (rejets industriels, pollution agricole…) peuvent conduire à une contamination des eaux dans la mesure où le cadmium est utilisé en agriculture (utilisation d'engrais produits à partir de minerais de phosphates), dans les industries de fabrication de pigments, de batterie, de composants électroniques, de traitement anti corrosion, dans les raffineries et en galvanoplastie.

Par ailleurs, la présence de cadmium dans les eaux distribuées peut être due à des relargages à la suite du contact entre l'eau et d'une part l'acier galvanisé et d'autre part la robinetterie. La CMA est fixée à 5 μg/l.

Le cadmium est un élément non essentiel pour l'organisme qui se révèle toxique pour l'homme. Cette substance s'accumule dans l'organisme et il convient donc d'en réduire au maximum l'exposition.

La toxicité du cadmium s'exerce principalement au niveau des reins. L'OMS a fixé une valeur guide de 3 μg/l pour ce paramètre.

- **Cyanures(CN^-) :**

Les cyanures sont présents dans les eaux sous différentes formes d'acide cyanhydrique ou prussique, on peut les trouver sous forme d'ions cyanure et de cyanure complexé (complexes de cyanure).

L'intoxication aiguë avec des quantités importantes de cyanures (100 mg en CN^-) a un caractère foudroyant (vertiges, pertes de connaissance, convulsions, cyanose, arrêt respiratoire). L'intoxication chronique se caractérise par l'asthénie, une perte de poids, des troubles digestifs, nerveux et cardiaques.

Les cyanures retrouvés dans les eaux proviennent généralement des eaux résiduaires industrielles.

- **Chrome (Cr) :**

Le chrome, sous forme trivalente et à l'état de trace, est connu comme étant un oligo-élément nécessaire à l'organisme, et intervient dans divers réactions biochimiques du métabolisme des glucides et des lipides principalement. L'absorption excessive du chrome (III) peut aussi provoquer des problèmes de santé tout comme des perturbations du métabolisme en l'occurrence le diabète.

Les manifestations toxiques du chrome sont attribuées à la forme hexavalente qui provoque divers conséquences sur la santé, même à de faibles concentrations.

Les principales nuisances provoquées par le chrome hexavalente sont les phénomènes allergiques, les éruptions cutanées, les ulcères d'estomac et les effets cancérigènes.

- **Mercure (Hg) :**

Pratiquement, le mercure peut se trouver dans l'eau, fixé sur les matières en suspension et/ou à l'état dissous, sous forme de composés organiques et/ou à l'état minéral.

Le fait que le nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités humaines. Les quantités retrouvées dans les eaux de surface varient de quelques microgrammes à 100 μg/l.

- **Plomb (Pb) :**

Le contact entre l'eau et le plomb présent dans les réseaux de distribution d'eau est le plus souvent à l'origine de la présence de plomb dans l'eau délivrée au consommateur compte tenu de l'absence quasi systématique de plomb au niveau des ressources et à la sortie des installations de production d'eau. Les canalisations en plomb (branchements publics et réseaux intérieurs) constituent la source principale de plomb dans les réseaux de distribution d'eau.

Le plomb dans l'eau peut également provenir de la dissolution du plomb contenu dans l'acier galvanisé, le laiton et les alliages cuivreux (robinetterie, vannes...), les soudures dites à l'étain (utilisées auparavant pour l'assemblage des réseaux en cuivre) et certains PVC d'origine étrangère contenant du stéarate de plomb. La CMA pour le plomb est fixée à 50 μg/l.

- **Sélénium (Se) :** L'état de valence du sélénium retrouvé dans les eaux est mal connu ; il est fonction de son origine, celle-ci pouvant être liée au lessivage naturel des sols ou à des rejets industriels (séléniates, sélénites, séléniures…) ; par ailleurs, il existe aussi des composés organiques tels que les acides séléno-aminés, le diméthylsélénium , le triméthyl-sélénium .

I.4.5.Caractéristiques bactériologiques :

Les paramètres bactériologiques de l'eau impliquent la recherche de germes tests spécifiques, car identifier tous les germes dangereux est difficile. L'eau doit être bactériologiquement potable pour être consommée par les humains.

- **Coliformes totaux :**

Les coliformes totaux étant largement répartis dans la nature, ils n'indiquent pas nécessairement qu'il y a contamination. Ces organismes survivent plus longtemps dans l'eau et résistent mieux à la chloration que les coliformes féaux ou les bactéries pathogènes communes. On utilise donc de préférence les coliformes totaux comme indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau potable, la présence d'un organisme coliforme quelconque dans l'eau traitée révèle en effet que le traitement a été inefficace ou qu'il y a eu contamination après traitement.

- **Les coliformes fécaux :**

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques) des coliformes après incubation à 44°C. Ils se définissent également comme étant des bactéries aérobies et anaérobies facultatives Gram négatif, en forme de bâtonnets, ils sont des indicateurs d'une contamination d'origine fécale récente.

- **Streptocoque fécaux :**

Ces bactéries appartiennent à la famille de Streptococcaceae, au genre Streptococcus. Ils sont définis comme étant des Cocci sphériques légèrement ovales, à Gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C, ils possèdent le caractère homo-fermentaire avec production de l'acide lactique sans gaz. « Non sporulés » aéro- anaérobies facultatif.

Ils sont des témoins de contamination fécale ;assez résistant y compris dans les milieux salés . Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé

- **Les Clostridium-sulfito-réducteurs :**

Les clostridium sulfito-réducteurs sont souvent utilisés comme des témoins de contamination fécale. La forme spore est beaucoup plus résistante que les formes végétatives. Le genre bactérien regroupant des bacilles à Gram positif, anaérobies strict. Pour la plupart mobile, en général, par l'intermédiaire de flagelles péri triches. Leur présence indique une contamination ancienne.

- **Les Germes totaux :**

Les germes totaux sont des germes aérobies mésophiles se développant sur un milieu aérobie à 22 C° pendant 72 heures ou 37 C° pendant 24 heures. Certains d'entre eux sont anaérobies facultatifs. D'une manière générale, leur dénombrement est utilisé comme indicateur de pollution et également comme indicateur d'efficacité de traitement.

CHAPITRE 2 : Procédés de traitement des eaux

II.1. Définition de traitement :

Le traitement des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour réutiliser ou recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

II.2. L'OBJECTIF DU TRAITEMENT DES EAUX :

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 ;

L'agrément du consommateur, qui est différent du premier point car une eau peut être agréable à boire toute en étant dangereuse (source polluée…) il s'agit des qualités organoleptiques, c'est-à-dire ce qui est perçu par les sens olfactifs de l'homme à savoir la couleur, l'odeur et le goût ;

La protection du réseau de distribution, et aussi des installations des usages (robinetterie, chauffe-eau ….) contre l'entartrage (et/ ou) la corrosion

II.3.Les procédés de traitement de l'eau potable :

La transformation d'une eau de surface en une eau propre à la consommation nécessite de faire appel à un ensemble de procédés de traitement extrêmement divers qu'il faut assembler dans un ordre déterminé afin de fournir un produit fini conforme aux normes de potabilité. Les procédés de traitement sont présentés dans la figure

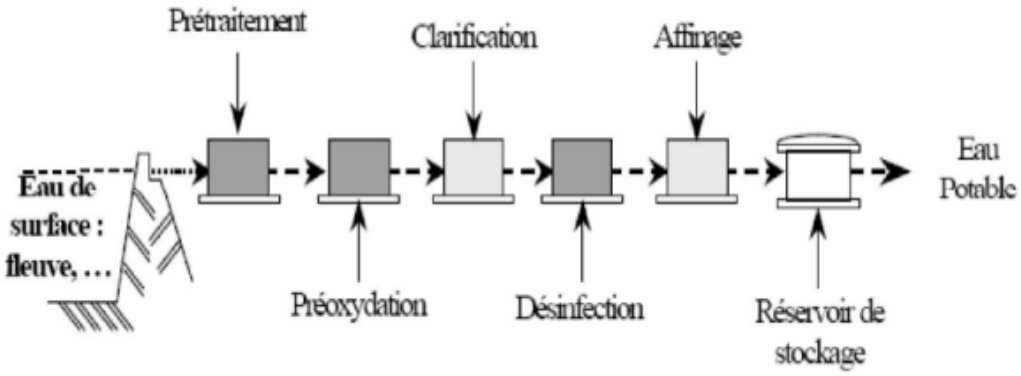

Figure 2:présentés les procédés de traitement .

II.4.LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX :

II.4.1.Prétraitement :

Les eaux brutes doivent subir un prétraitement avant le traitement principal. Ce prétraitement vise à retirer un maximum d'éléments dont la nature ou la taille pourrait gêner les étapes suivantes du traitement.

Les opérations de prétraitement, également appelées dégrossissage, sont celles qui :

a. **Fosse à bâtard :**

Cette étape est réalisée pour réduire la pression imposée par la charge d'eau sur les dégrilleurs. Elle consiste à imperméabiliser une fosse devant le courant d'eau brute de manière qu'on peut éliminer les dépôts pour séparer les matières lourdes, de grandes tailles, charriées dans l'eau (pierres, branches d'arbres, cadavres inertes…etc.) et qui peuvent gêner le processus des étapes ultérieurs.

b. **Le dégrillage** :

Au cours du dégrillage, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les éléments grossiers (corps flottants et gros déchets tels que des branchages et des cailloux). L'installation de dégrillage se compose d'un canal, d'une grille, d'un dégrilleur et d'une benne pour les déchets. L'espacement entre les barreaux des grilles est soit supérieur à 3 cm (dégrillage grossier) soit inférieur à 3 cm (dégrillage fin).

Il protège les installations en aval contre l'arrivée de gros objets pouvant provoquer des obstructions dans les différentes unités de la station. Les opérations de prétraitement, appelées dégrossissage, sont :

Tableau 3:types de dégrillage

Types de dégrillage	Espacement des barreaux
Dégrillage fin	$< 10mm$
Dégrillage moyen	10_40mm
Pré-dégrillage	$> 40mm$

Suivant le mode d'élimination des refus, on trouve différents types de grilles :

- **Les grilles manuelles :**

Composées de barreaux le plus souvent inclinés à 60-80° sur l'horizontale, Elles sont réservées pour les petites stations ; le nettoyage quotidien est effectué manuellement à l'aide d'un râteau

- **Les grilles mécaniques :**

Pour les grandes stations, on utilise souvent des grilles mécaniques afin d'éviter un colmatage rapide des canalisations. Il y a les grilles courbées et les grilles droites.

- **Les grilles courbées :**

Elles sont conseillées pour les installations de moyenne importance avec des eaux pas trop chargées. Le nettoyage se fait à l'aide de deux peignes montés sur un bras tournant autour d'un axe horizontal.

- **Les grilles droites :**

Elles sont fortement relevées avec des inclinaisons d'environ 80°. Elles sont fabriquées avec des dispositifs de nettoyage mécanique.

c. **Le dessablage :**

Le dessablage consiste en l'élimination des sables présents dans l'effluent brute pour éviter leur dépôt dans les canalisations induisant leur colmatage.

Le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0,2 mm et de masse spécifique de l'ordre de 2,65g/cm^3.

- L'élimination des sables est une opération indispensable pour : ·
- Eviter les dépôts dans les canalisations conduisant à leur bouchage ;
- Protéger les pompes et autres organes mécaniques contre l'abrasion ;
- Eviter de perturber les autres stades du traitement (surtout au niveau du réacteur biologique) ;
- Réduire la production des boues.

La technique consiste à faire circuler l'eau brute à traiter dans des bassins dans lesquelles la vitesse de circulation est environ de 0,3 m/s pour éliminer les sables et les graviers. La vitesse de sédimentation des particules est fonction de leur nature, de leur diamètre et de la viscosité du liquide dans lequel elles se trouvent.

On distingue deux types de déssableurs suivant la géométrie des bassins ou la circulation du fluide :

- ✓ Les déssableurs à canaux gravitaires ;
- ✓ Les hydro-cyclones.

d. Le dégraissage (déshuilage) :

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide . C'est généralement le principe de la flottation ou bien la flottaison qui est utilisé pour l'élimination des huiles. Son principe est basé sur l'injection de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, permettant de faire remonter rapidement les graisses en surface. Leur élimination se fait ensuite par raclage à la surface d'eau.

e. Tamisage :

Cette opération constitue un dégrillage fin ; elle est mise en œuvre dans le cas d'eaux résiduaires chargées de matières en suspension de petite taille.

Le tamisage est une filtration sur toile utilisable dans de nombreux domaines du traitement de l'eau. Suivant la dimension des mailles de la toile, on distingue :

- ✓ Le macro-tamisage qui est destiné à tenir certaines matières en suspension, flottantes ou semi flottantes (débris végétaux ou animaux, insectes, brindilles, algues, herbes, etc...) de dimension comprise entre 0,2 et quelques millimètres.
- ✓ Le micro-tamisage qui est destiné à tenir les matières en suspension de très petites dimensions contenues dans les eaux de consommation (plancton), les dimensions des mailles comprises entre 30 µm et 150 µm.

f. Aération :

Permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs, elle peut être installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau comme étape de pré-oxydation, cette aération est nécessaire lorsque l'eau présente une carence en oxygène et permet alors, soit :

- ➢ D'oxyder des éléments réduits, tels les ions ferreux ;
- ➢ D'augmenter la teneur en oxygène dans l'eau (améliorer le goût, éviter la corrosion des conduites métalliques en formant une couche protectrice).
- ➢ D'éliminer des gaz indésirables (H_2S, CO_2 libre, sursaturation en oxygène, composés organiques volatils, etc……

g. Pré- chloration :

La pré-chloration ou pré-oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de fin de filière au niveau de la désinfection. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. On va donc les détruire dans la mesure du possible par une pré-oxydation. Celle-ci peut être faite de trois façons différentes :

- ➢ Ajout de chlore ou pré-chloration,
- ➢ Ajout de dioxyde de chlore,
- ➢ Ajout d'ozone ou pré-ozonation.

La pré- chloration est effectuée avant le procédé de clarification. Le chlore est le plus réactif et le plus économique, il est fréquemment utilisé afin d'assurer la désinfection de l'eau potable (pour détruire la vie animale et les algues, et oxyder l'azote ammoniacal, le fer et le manganèse de façon à faciliter leur élimination).

II.4.2. Procédés clarification :

III.4.2.1. Coagulation-floculation :

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux, il réside dans la formation par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées « Flocs».

a) Coagulation :

La coagulation est un procédé visant à neutraliser les charges des substances colloïdales ou dissoutes indésirables en utilisant un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant, accompagné d'une agitation rapide. Ce processus facilite l'agglomération de ces substances en flocons qui peuvent être décantés ou filtrés. Un exemple de coagulant couramment utilisé dans un bassin de coagulation est le sulfate d'alumine, $Al_2(SO_4)_3$.

b) Floculation :

Cette opération, complémentaire à la coagulation, vise à favoriser la croissance des flocs par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle se réalise dans un bassin équipé d'une unité mécanique d'agitation et implique généralement l'ajout d'un floculant. Cette étape complète la phase de coagulation et assure une meilleure cohésion des flocs ainsi qu'une vitesse de sédimentation accrue. Un floculant couramment utilisé dans le bassin de floculation est le poly-électrolyte. La durée nécessaire pour l'ensemble du processus de coagulation-floculation est de 20 à 30 minutes.

III.4.2.2. Décantation :

La décantation est une technique de séparation des matières en suspension et des colloïdes rassemblés en floc, après l'étape de coagulation-floculation.

Lors de la décantation, les particules, dont la densité est supérieure à l'eau, vont avoir tendance à s'accumuler au fond du décanteur sous l'effet de la pesanteur. Les particules seront éliminées du fond du bassin périodiquement. L'eau clarifiée se situant à la surface du décanteur est ensuite redirigé vers un filtre.

Selon la concentration en solide et la nature des particules (densité et forme), on distingue quatre types de décantation :

- La décantation de particules discrètes ;
- La décantation de particules floculantes ;
- La décantation freinée ;
- La décantation en compression de boues.

Type de décanteurs :

Décanteur simple : Les décanteurs traditionnels ont une superficie de décantation égale à celle de leur base et le modèle le plus simple est un bassin parallélépipédique avec une zone d'entrée et deux zones de sortie pour le trop-plein et les boues.

- **Décanteur lamellaire :**

Les décanteurs dits lamellaires comportent souvent une série de lamelles qui permet de multiplier la surface de décantation utile tout en réduisant la surface au sol par rapport à un bassin de décantation classique à flux horizontal.

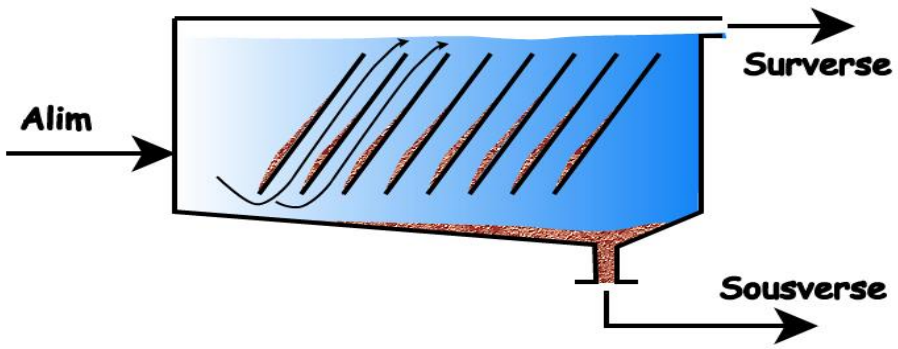

Figure 4 : décantation lamellaire

- **Décanteur à circulation de boues :**

Ils assurent un bon contact entre l'eau et les boues en les récupérant dans la tour centrale de réaction, tandis que la collecte des flocons permet une sédimentation plus rapide.

II.4.2.3. Filtration :

La filtration est un procédé de séparation solide/ liquide qui retient les particules en suspension dans l'eau brute ou l'eau prétraitée à travers un milieu poreux(le plus souvent du sable).Lorsque les particules solides atteignent la couche filtrante, elles se déposent et absorbent toute matières minérales ou organique qui arrive par la suite. Cela peut conduire à la formation de biofilm. Au fil du temps, la taille des pores du filtre va diminuer et on dit qu'il est bouché ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente**.**

La loi de Darcy est souvent utilisée pour décrire le flux de liquide à travers un milieu poreux. La formule de la filtration selon la loi de Darcy est :

$$\varphi = \frac{k.A.\Delta p}{\mu.L}$$

Où :φ : débit volumique du fluide filtré (en m^3/s).

k : perméabilité du milieu filtrant (en m^2).
A : surface du milieu filtrant (en m^2).
$\Delta\rho$: différence de pression à travers le milieu filtrant (en Pa).
μ : viscosité dynamique du fluide (en Pa·s).
L : épaisseur du milieu filtrant (en m).

La filtration, habituellement précédée des traitements de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs. Les différents procédés de filtration se distinguent comme suit :

A. Filtration par gravité : Le mélange est soumis à la pression atmosphérique, le liquide passe à travers le support filtrant, et le solide est récupéré au-dessus.

B. Filtration par surpression : L'effluent arrive sous pression dans le filtre.

C. Filtration sous pression réduite : Le mélange est soumis à la pression atmosphérique d'un côté et à une dépression créée par une pompe à vide de l'autre côté.

Le passage de l'eau à travers le milieu filtrant entraîne une perte de pression qui augmente avec l'accumulation d'impuretés, réduisant le flux d'eau filtrée pour une pression donnée.

Type des filtres :

- **Des filtres sable rapide** :

Ces filtres sont généralement les plus utilisées en traitement des eaux, ils sont appliqués après coagulation floculation et décantation.

Ils sont caractérisés par leur débit spécifique important, par contre le colmatage des filtres se fait très rapidement.

Lors d'une filtration rapide, l'eau traverse la couche filtrante à des vitesses de 5 à 25m/heure. Vu de cette grande vitesse,il faut fréquemment laver les filtres sous peine de voir exagérément augmenter la perte de charge. C'est pourquoi ces filtres comportent toujours un système de lavage rapide et énergétique.

Les eaux filtrées sont recueillies en utilisant l'une des deux méthodes suivantes :

- La couche filtrante peut reposer directement sur des dalles de béton, qui sont soit poreuses soit munies de bougies poreuses ;
- La deuxième méthode consiste à recueillir l'eau filtrée au moyen de tuyaux perforés qui sont noyés dans une couche de sable fin.

La filtration rapide a pour inconvénient qu'elle est une opération relativement complexe, nécessitant du personnel qualifié. D'autre part, la surface nécessaire à l'installation d'un filtre rapide est très réduite et les débits d'eau filtrée très élevés.

- **Des filtres sable lents :**

Du fait du développement d'une grande quantité de biomasse, la filtration lente (0.08 à 0.4 m/h) constitue en elle -même un traitement quasi complet de l'eau brute. La filtration lente sur sable est un processus biologique car elle utilise des bactéries pour traiter l'eau. Les bactéries forment une couche au – dessus du sable et nettoient l'eau qui traverse, digérant les polluants dans l'eau. La couche bactérienne est appelée biofilm. Le système de filtre à sable lent est utilisé depuis de nombreuses années.

Ce procédé a un avantage de produire une bonne qualité d'eau, par contre elle a plusieurs inconvénients

- ✓ Elle occupe une grande superficie ;
- ✓ Elle produit un débit de traitement faible ;
- ✓ Elle est sensible au colmatage et
- ✓ Elle n'arrête pas la turbidité très élevée.

II.4.3. La désinfection :

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, bactéries, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution.

A. Différents types de désinfectant :

A.1.Désinfection par le chlore :

Le chlore ou ses dérivés sont fréquemment utilisés afin d'assurer la désinfection de l'eau potable. Malgré la production de sous-produits de désinfection (SPDs) tels que les THMs, la chloration représente un progrès majeur dans le traitement de l'eau et la protection de la santé publique. En effet, le chlore assure la destruction ou l'inactivation de nombreux microorganismes pathogènes. De plus, sa rémanence dans le réseau de distribution prévient l'apparition de maladies d'origine hydrique.

En raison de la forte réactivité du chlore, son utilisation comme désinfectant induit également à la transformation d'un certain nombre de micropolluants tels que les pesticides ou les cyanotoxines . Les SPDs générés et leur toxicité potentielle doivent donc être examinés avec attention.

A.2.Chlore gazeux :

Le chlore (Cl_2) est un gaz jaune verdâtre, qui se liquéfie par refroidissement et par compression. Un Kg de chlore dans les mêmes conditions de température et de pression, donne naissance à 314 litres de chlore gazeux et à un litre de chlore liquide correspond à 456 litres de gaz. ; Sa solubilité dans l'eau dépend de la température : elle est de 4.6 gr/chlore par litre d'eau à 0°C, et de 7.3gr/chlore par litre d'eau à 20°C.

Le chlore (Cl_2) à un fort pouvoir oxydant, il favorise la destruction des matières organiques, il a une action germicide par destruction des diastases indispensables à la vie des microbes.

A.3.Dioxyde de chlore (ClO_2) :

Le dioxyde de chlore est un oxydant et un désinfectant puissant, efficace pour l'inactivation des bactéries, virus et protozoaires pathogènes. Cependant les mécanismes qui gouvernent son

action désinfectante ne sont pas encore bien connus et ils semblent différer selon le type de microorganisme.

Le dioxyde de chlore ClO_2 présente plusieurs avantages comparativement au chlore et aux autres désinfectants. Contrairement au chlore, il demeure sous sa forme moléculaire dans les limites de pH typiques des eaux naturelles, il est plus efficace pour inactiver certaines bactéries, telles que B. subtilis, B. mesentericus, et B. megatherium, et les kystes de protozoaires.

Cependant, bien que l'utilisation du dioxyde de chlore permet de réduire la formation de THM, il entraîne la formation d'autres sous-produits de désinfection, tels que les chlorites et chlorates. De plus, la désinfection au dioxyde de chlore est généralement plus chère et plus compliquée à effectuer que celle du chlore, celui-ci devant être synthétisé sur place.

A.4.Désinfection par l'ozone :

L'ozone est un gaz bleu qui dégage une odeur irritante, il est à la fois un oxydant et un puissant agent désinfectant souvent supérieur aux autres désinfectants usuels mais instables en solution dans l'eau. Son efficacité vient de :

- ✓ **Sa rapidité d'action** : l'inactivation des bactéries par l'ozone serait de 300 fois plus rapide que celle du chlore.
- ✓ **Son large spectre d'action** : l'ozone détruit aussi bien les bactéries que les virus, les champignons que les protozoaires.il attaque également les microorganismes qui se trouvent sous forme sporulée ou enkystée.

A.5.Désinfection par l'UV :

L'utilisation du rayonnement ultraviolet pour la désinfection des eaux est une technique qui consiste à faire passer les eaux dans un canal ouvert muni de lampes à rayons ultraviolets.

Ce système ne nécessite aucun ajout de produits chimiques et ne forme aucun sous-produit, ce qui en fait un moyen de désinfection très intéressant. Comparé à la chloration et déchloration, à coûts comparables le rayonnement ultraviolet est plus efficace pour inactiver les virus, plus sécuritaire pour le personnel de la station de traitement de même que pour le public, et moins dangereux pour l'environnement.

Comparaison de différents procédés de désinfection Il existe différentes classifications des désinfectants et parmi les principaux utilisés en eau potable sont : le chlore, l'ozone et l'UV. Le tableau ci-dessous présente une comparaison entre ces trois principaux désinfectants.

tableau 4 : comparaison de différents procédés de désinfection.

CONSIDERATIONS	CHLORATION	OZONATION	RAYONNEMENT ULTRAVIOLET
Inactivation bactérienne	bonne	bonne	bonne
Inactivation virale	faible	bonne	bonne
Réactivation possible	oui	non	oui
Toxicité pour la vie aquatique	élevée	faible	non
Formation de produits secondaires nuisibles	oui	faible	non
Corrosif	oui	oui	non
Risque pour la sécurité publique	oui	non	non
Risque pour le personnel exploitant	élevé	modéré	faible
Transport requis	modéré	non	non
Complexité de la technologie	modéré	élevée	faible
Facilité de contrôle du procédé	bien connue	en développement	en développement
Fiabilité des équipements	bonne	passable	bonne
Appliquable à quelles stations d'épuration	toutes les tailles	grosses stations	petites et moyennes (de plus en plus pour les grosses)
Niveau de prétraitement requis	aucun(2)	secondaire	secondaires (projets en cours pour primaires)
Entretien requis	minime	élevé	variable
Coûts totaux	faibles	élevés	modérés

Chapitre 3 : présentation de la station de traitement SEAAL

III.1.Présentation de la société :

La station de traitement suivie dans cette étude est la station de traitement de l'eau potable de Boudouaou, gérée par SEAAL (Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger). Ce chapitre propose une présentation de l'organisme d'accueil, une description détaillée du fonctionnement de la station de traitement de l'eau potable de Boudouaou, ainsi qu'un exposé des différentes étapes de son processus de traitement.

La station de traitement d'eau de Boudouaou a été mise en service en 1986, elle est, historiquement, la plus importante infrastructure de production des eaux conventionnelles alimentant la Capitale. SEAAL, est un opérateur public de droit Algérien en charge de la gestion des services de l'eau et de l'assainissement sur l'ensemble des Wilayas d'Alger et de Tipasa (soit 57 communes à Alger et 28 communes à Tipasa).Filiale de l'Algérienne Des Eaux (ADE) et de l'Office National de l'Assainissement (ONA).

- Quatre directions opérationnelles en charge de la production de l'eau de sa distribution, de la collecte, du transport, de l'épuration des eaux usées et de la gestion de la clientèle.
- Des directions supports intervenant en appui, pour améliorer l'efficience de la gestion et harmoniser la modernisation de la société

III.1.1.Mission et défis de la SEAAL :

SEAAL est la première société par actions créée en Algérie dans le secteur de la gestion de l'eau. Entreprise publique algérienne de référence et leader national dans les services de l'eau et de l'assainissement, SEAAL a pour missions principales d'assurer, selon les standards internationaux, sur les Wilayas d'Alger et de Tipasa :

- Sécuriser la distribution d'eau de qualité 24h/24 à Alger et faire progresser les 24h/24 à Tipasa ;
- Renforcer la prise en charge et le fonctionnement des systèmes d'assainissement et contribuer à l'amélioration de la qualité des eaux de baignade du littoral (périmètres Alger et Tipasa) ;
- Gérer durablement le patrimoine technique eau et assainissement ;
- Mettre en place une gestion clientèle moderne et efficace pour améliorer la satisfaction des clients ;

Transférer le savoir-faire managérial et opérationnel de SUEZ environnement à SEAAL, par la modernisation du management et l'accès aux bases des connaissances métiers de SUEZ environnement.

III.2.Présentation du l'organisme d'accueil :

Elle fait partie du système SPIK (Système de Production Isser Keddara) et est alimentée par le barrage de Keddara, qui a une capacité de 142 millions de m³. Ce barrage est alimenté par pompage depuis le barrage de Beni Amrane, avec une capacité de 12 millions de m³, lui-même approvisionné par l'oued Isser. En cas de besoin, cet oued peut transporter les eaux libérées par le barrage de Koudia tAccerdoune, qui possède une capacité de 640 millions de m³. Le système SPIK est essentiel pour alimenter la capitale Alger, qui compte environ 4 millions d'habitants.

Le système de production IsserKeddara comprend les infrastructures suivantes :

- Une station de traitement des eaux potables.
- Une station de pompage SPIK pour alimenter certaines localités de la wilaya de Boumerdes.
- Une station de pompage à Beni Amrane qui refoule les eaux brutes vers le barrage de Keddara.
- Un laboratoire chargé de surveiller et de contrôler la qualité des eaux traitées à Boudouaou.
- Un réseau d'adduction allant de PK0 (sortie de la station) à PK25.

III.2.1.Les principales caractéristiques du centre :

A. Mise en place :

Le centre de traitement se situe à 7 Km du barrage Keddara, entre la ville de Boudouaou et Ouled Moussa elle occupe une superficie de 17 hectares.

B. Capacité de production :

La station de traitement est conçue pour traiter un débit maximal de 540 000 m³ d'eau par jour en provenance du barrage de Keddara.

C. Les réservoirs du stockage :

- ✓ La station dispose de quatre réservoirs semi-enterrés :
- ✓ Deux réservoirs avec une capacité de 50.000m^3 , chaque un est destiné à stocker l'eau traitée de Boudouaou ;
- ✓ Deux autres réservoirs de 25.000 m^3chaque un, accueillent les eaux de Taksebt traitées au niveau de la station d'eau potable de Tizi-Ouzou ;

Figure 6: Photo réservoir du stockage.

D. Objectif du centre :

- ✓ Assure et surveiller le traitement de l'eau potable ;
- ✓ Produire et garantir la fourniture d'eau de qualité et en quantité, à un coût acceptable en toutes circonstances, pour alimenter le grand Alger et Boumerdes en eau potable répondant aux normes de potabilité Algérienne ;
- ✓ Améliorer la méthode de gestion et rétablir et entretenir les installations de la station en bon fonctionnement.
- ✓

E. Les différents services du centre :

- ✓ Service exploitation ;
- ✓ Service maintenance ;
- ✓ Service laboratoire et qualité ;
- ✓ Service réseau d'adduction eaux brutes et eaux traitées ;
- ✓ Service hygiène et sécurité (HSE) ;
- ✓ Service logistique et parcs.

III.3.La station de traitement :

La station de traitement de Boudouaou possède une capacité nominale de production de 540 000 m³ par jour. Elle est implantée sur un terrain de 17 hectares qui abrite, en plus de l'usine et de ses dépendances, les réservoirs d'eau traitée de Boudouaou (2 x 50 000 m³) ainsi que les réservoirs d'eau traitée en provenance de Taksebt (2 x 25 000 m³).

Figure 7: Vu de Google Earth de la station de traitement – Boudouaou.

III.3.1.Procédé de traitement adapté à l'usine :

La station de traitement, dont le schéma est présenté ci-après, se compose de deux filières de traitement identiques. Chaque filière comprend trois décanteurs lamellaires de type Pulsator et huit filtres à sable Aquazur V. Mise en service en 1987, la filière de traitement utilise une clarification conventionnelle pour un débit nominal de 540 000 m³ par jour, réparti en deux lignes identiques de 270 000 m³ par jour.

Le procédé de traitement est un classique de la potabilisation des eaux de surface. Les étapes successives de traitement sont les suivantes :

1. Pré-aération.
2. Pré-oxydation au chlore (pré-chloration avec chlore gazeux, hypochlorite de calcium ou de sodium) et au permanganate de potassium ($KMnO_4$).
3. Correction du pH avec de l'acide sulfurique (H_2SO_4).
4. Adsorption sur charbon actif en poudre.
5. Coagulation au sulfate d'alumine.
6. Floculation à l'aide d'un polymère anionique.
7. Décantation lamellaire avec lit de boue (décanteur Pulsator).
8. Filtration sur sable (filtres Aquazur V).
9. Désinfection finale au chlore gazeux, hypochlorite de calcium ou de sodium.
10. Remise à l'équilibre calco-carbonique (lait de chaux) avant le stockage de l'eau traitée.

L'eau traitée est stockée dans deux réservoirs d'une capacité de 50 000 m³ chacun. La régulation du débit d'entrée dépend du soutirage vers Alger et du niveau de ces réservoirs. L'eau produite est ensuite mélangée avec celle provenant de l'usine de Taksebt avant d'être distribuée par gravité à travers le réseau d'adduction.

III.3.2.Principaux ouvrages de la station d'eau potable de Boudouaou :

Les principaux ouvrages de la station d'eau potable de Boudouaou, sont divisés en quatre grandes parties.

III.3.2.1.Ouvrages de la station de traitement Boudouaou :

1. Ouvrages d'arrivée (Chambre d'arrivée) :

1.2. Chambre des obturateurs :

- ✓ 4 Obturateurs (vannes à disque).
- ✓ 2 vannes de sectionnement et une de bay-pass.
- ✓ 6 vannes normales avec contact de fin de course.
- ✓ 9 vannes de vidange.
- ✓ Alarme de niveau haut ou régulateur du niveau.
- ✓ Pompes motorisées (4).
- ✓ Détecteur d'hydrocarbure.
- ✓ Débitmètre.

Figure 7: : Photo obturateur à disque.

1.3. Chambre de mélange :

Au niveau de cette chambre il se fait l'injection des produits chimiques :

- ✓ Hypochlorite du Sodium, Hypochlorite du Calcium et chlore gazeux.
- ✓ Sulfate d'Alumine (coagulant)
- ✓ Charbon actif en poudre, en cas de pollution de l'eau (Présence d'hydrocarbure, mauvais goût et odeur)
- ✓ Permanganate de potassium ($KMnO_4$) suite à la présence du Manganèse dans l'eau brute.

Lait de chaux en cas d'injection de l'acide sulfurique, pour régler le PH de l'eau brute afin d'avoir une bonne coagulation Rampes d'injection des produits :

- ✓ Hypochlorite de sodium (2 rampes)
- ✓ Hypochlorite de calcium (2 rampes)
- ✓ Chlore gazeux (2 rampes)
- ✓ Sulfate d'Alumine (1 rampe)
- ✓ Poly-electrolite (1 rampe)
- ✓ Acide Sulfurique (2 rampes)
- ✓ Permanganate de potassium (2 rampes)

Figure 8: Photo chambre du mélange des réactifs.

1.4. Chambre de répartition :

Au niveau de cette chambre le débit d'eau se répartit en 2 filières par des vannes murales(6) où se fait l'injection du poly-electrolite .Chaque filière est composée de (3) décanteurs et (8) filtres, et traite $3m^3/s$ d'eau (6 $\frac{m^3}{s}$ capacité de traitement de la station).

2.Décanteurs Pulsateur Lamellaire :

Un décanteur se compose de :

- ✓ Chambre à vide (cloche) où il y a un interrupteur à flotteur ; ventilateur ; et vanne automatique.
- ✓ Tuyaux perforés de répartition d'eau brute.
- ✓ Tranquilisateurs .
- ✓ Concentrateurs de boues.
- ✓ Modules Lamellaires.
- ✓ Goulottes d'eau décantée.
- ✓ Vannes de vidange du radier .
- ✓ Vannes de vidange de la Cloche à vide .
- ✓ Vannes de mise à l'atmosphère (2) .
- ✓ Pulsateur : pompe à vide .
- ✓ Vannes électropneumatiques d'extraction de boue.

Le but du décanteur est la séparation solide-liquide suite à une formation d'un lit de boue. L'eau arrive gravitairement de la chambre de répartition passe par une cloche à vide composée d'un pulsator dont le rôle est la chasse-aspiration. Ensuite, l'eau passe par une conduite de ramification (perforée) surmontées de tranquilisateurs qui stabilisent l'eau pour ne pas perturber le lit de boue ; de là l'eau traverse le lit de boue qui sépare entre le solide et le liquide ; et passe par les modules lamellaires qui sont des piégeurs et empêchent la pénétration des rayons solaires et finit par arriver aux goulottes d'eau clarifiée.

3.Filtres à sable 'AQUAZUR V' :

L'eau est généralement distribuée au dessus du sable par le déversoir d'entrée. Elle traverse le sable où les matières en suspension sont retenues. Les buselures équipant le plancher collectent l'eau

uniformément dans une chambre située sous le plancher et reliée au régulateur de niveau. Lorsquel'accumulation des impuretés conduit à une valeur préétablie de charge dans le lit filtrant ; le filtre doit être lavé.

Il existe 3 méthodes de lavage du filtre (AQUAZUR 'V') :

- ✓ Manuelle assistée.
- ✓ Semi-automatique
- ✓ Automatique.

4. Réservoirs :

C'est des réservoirs semi-enterrés ; de 7m de profondeur de 10.000m^2 de superficie ; avec capacité de 50.000 m^3 pour chaque réservoir (capacité de stockage de 100 000 m^3).

III.3.2.2.Ouvrages d'arrivée Taksebt :

L'arrivée d'eau brute à la station de Taksebt se fait dans la chambre de dissipation. Les déversoirs en sortie de la chambre assurent un niveau minimum, donc un volume tampon capable de tranquilliser l'arrivée d'eau brute. Si nécessaire, il est possible de procéder à une préchloration dans l'ouvrage, principalement dans le but limiter la présence d'organismes (algues, bactéries, plancton) susceptibles de proliférer dans les filières de traitement. L'eau brute passe ensuite à travers la chambre de mélange. Cet ouvrage assure un temps de contact suffisant pour assurer le mélange homogène des réactifs. Les réactifs remplissent les fonctions suivantes :

Permanganate de potassium : limiter la présence de manganèse et/ou contrôler la charge biologique.

Charbon actif en poudre (CAP) : contrôle du goût et des odeurs.

Sulfate d'alumine : coagulant pour faciliter la clarification dans les décanteurs

Acide sulfurique : ajustement du pH pour optimiser la coagulation.

L'ouvrage de répartition permet deux choix d'exploitations : une répartition équilibrée du débit vers les décanteurs Pulsatube (2 filières de 4 décanteurs chacune). De répartir le débit vers les ouvrages de by-pass des décanteurs (1 canal pour chaque filière).

Chapitre IV :Méthode et matériels

laboratoire SEAAL, situé à Boudouaou, est équipé de cinq salles spécialisées : une dédiée aux analyses physico-chimiques, une autre aux analyses bactériologiques, une troisième réservée aux pesées, ainsi que deux salles supplémentaires pour le chef de laboratoire et les ingénieurs chimistes. Spécialisé dans l'analyse et le contrôle de la qualité des eaux et des liquides, le laboratoire effectue des tests minutieux pour évaluer la présence de substances chimiques, de bactéries et d'autres contaminants. Ces analyses visent à assurer le respect des normes de qualité exigées et à se conformer aux régulations environnementales et sanitaires .

IV.1.Méthodes d'appareillage des paramètres physico-chimiques:

IV.1.1.Dosage de l'Oxygéné dissous par iodométrie :

Principe :

La réaction entre l'oxygène dissous de l'échantillon et l'hydroxyde de manganèse (II) fraîchement précipité se produit suivie par l'acidification et l'oxydation de l'iodure par le composé de manganèse formé avec une valence supérieure, entraînant la libération d'une quantité équivalente d'iode. Ensuite, la quantité d'iode libérée est dosée par titrage avec du thiosulfate de sodium.

Matériels :

- Pipette jaugée (2ml)
- Becher
- Fiole en verre

Réactif :

- **Acide sulfurique :**
- **Réactif alcalin :**
- **Sulfate de manganèse II monohydrate à 380 g /l :**
- **Thiosulfate de sodium : solution titré c($Na_2S_2O_3$)= 10mmol/l :**

Mode opératoire :

- Incline légèrement la fiole, puis la remplir jusqu'à ce qu'elle déborde afin d'éviter toute modification de la concentration en oxygène.
- Ajouter 1,5ml de la solution d'acide sulfurique (1 /2).
- Ajouter 2ml de réactif alcalin.
- Ajouter 1ml de la solution sulfate de manganèse II.
- Laisser le précipité qui se forme se déposer durant au moins 5 min et mélanger en retournant à nouveau la fiole pour obtenir une bonne homogénéisation.
- Vérifier que le précipité formé est suffisamment décanté pour se trouver dans le tiers inférieur de la fiole.

- Boucher la fiole, puis agiter pour dissoudre tout le précipité et jusqu'à ce que l'iode soit bien réparti.
- Transvaser le contenu de la fiole dans une bécher
- Titrer avec la solution de thiosulfate de sodium (10mmol/l) en présence d'empois d'amidon ajouté vers la fin du titrage.

Figure 10: dosage de oxygène dissout

IV.1.2.Dosage de l'ammonium par spectrophotométrie moléculaire :

Principe :

Consiste à la mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Matériels :

- Erlenmeyer 50 ml.
- Pipettes.
- Spectrophotomètre.

Réactif :

Les réactifs à préparer sont les suivants :

- Réactif coloré .
- Réactif dichloro-isocyanurate de sodium .

Mode opératoire :

Prélever 40 ml de l'échantillon à analyser, puis ajouter :

- 4 ml de réactif coloré.
- 4 ml de réactif de dichloro-isocyanurate de sodium et compléter à 50 ml avec l'eau distillé.
- Laisser reposer pendant au moins 1 heure pour le développement de la couleur. Une coloration verdâtre apparaissant après ce délai indique la présence de NH4+.

- La lecture a été réalisée avec un spectrophotomètre à une longueur d'onde de λ=655 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est exprimé en mg/l .

IV.1.3.Dosage du manganèse – Méthode au persulfate d'ammonium :

Principe :

Le manganèse est oxydé en permanganate en utilisant du persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est ensuite dosé par colorimétrie à une longueur d'onde de 525 nm.

Matériels :

- Matériel courant de laboratoire : verrerie (fiole, bécher, Pipette …)
- Plaque chauffante
- Spectrophotomètre

Réactifs :

- Nitrate de mercure (2) solution à 0,1N :
- Nitrate d'argent de concentration 1OO g/l **:**
- Acide phosphorique concentré à 85% de pureté (commerciale) :
- Solution de persulfate d'ammonium à 10% :

.

Mode opératoire :

- Verser 100ml de l'échantillon à analyser dans un bécher.
- Ajouter 5 ml d'acide nitrique à chacun des solutions.
- Puis de solution de nitrate de mercure (2).
- Agiter soigneusement.
- Ajouter 0,5 ml de nitrate d'argent.
- Placer l'échantillon sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 5 min
- Retirer de la plaque.
- Ajouter 1 ml d'acide phosphorique concentré à 85 %.
- Puis 10 ml de persulfate d'ammonium .
- Replacer de nouveau sur la plaque chauffante à ébullition durant environ 10 min.
- Laisser refroidir.
- Effectuer les lectures spectrométriques à la longueur d'onde de 525 nm.

Expression des résultats :

Les résultats sont donnés directement par le spectrophotomètre en mg/l.

IV.1.4.Dosage des sulfates par spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

Principe :

Les ions sulfate, en présence de chlorure de baryum ($BaCl_2$), précipitent à l'état de sulfate de baryum

Réactifs :

- Solution stabilisante .
- Solution de chlorure de baryum .

Matériels :

- Matériel courant de laboratoire (bécher, pipettes……).
- Agitateur mécanique.
- Spectrophotomètre
- Mode opératoire :
- Prendre 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 5 ml de solution stabilisante et agiter quelque seconde
- Ajouter 2 ml de la solution $BaCl_2$ et agiter 1 minute
- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser, l'insérer sans perdre temps dans l'appareil et appuyer sur start.
- Effectuer dans un spectrophotomètre à λ=650 nm.
- Les résultats sont exprimés en mg/l de SO_4^{-2}.

Dosage du Fer total :

Matériels :

- Erlen meyer 100ml.
- Spectrophotomètre.
- Plaque chauffante.
- Pipettes.

Réactifs :

- Solution tampon acétate
- Acide chlorhydrique 10%
- Peroxodisulfate de potassium 40 g/L
- Solution phénanthroline 5g/L
- Solution chlorhydrate hydroxylamine.

Mode opératoire :

- Verser 50 ml de l'échantillon à analyse dans un Erlenmeyer de 100 ml.

- Ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique à 10%
- Ajouter 5 ml de peroxodisulfate de potassium.
- Placer l'échantillon on sur la plaque chauffante à douce ébullition durant 40min, en S'assurant que le volume ne descende pas en dessous de 20 ml.
- Laisser refroidir et ajouter 1mL de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.
- Ajouter 2 ml de la solution tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2 ml de la solution phénanthroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.
- Effectuer la lecture spectrométrique à la longueur d'onde de 510 nm.

IV.1.5.Dosage Spectrophotométrique des ortho-phosphates méthode au molybdate d'ammonium :

Principe :

Réaction des ions Orthophosphates avec une solution acide contenant des ions de molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimoni-phosphomolybdate Réduction du complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de bleu de molybdène de couleur vive. Mesure de l'absorbance de ce complexe pour déterminer la concentration en ortho phosphates présents.

Matériel :

- Erlen meyer 50ml.
- Pipettes
- Spectrophotomètre.

Réactif :

- Acide sulfurique :
- Acide ascorbique, solution à 100 g/l :
- Solution molybdate acide

Mode opératoire :

- Prélever 40ml d'échantillon àanalyser.
- 1ml acide ascorbique à 100 g/l.
- 2ml solution molybdate acide.
- Compléter à 50 ml avec l'eau distillée.
- Agiter quelques secondes. Après un temps compris 10min et 30 min (temps nécessaire au développement de la couleur).
- Effectuer les lectures spectrométrique ʎ=880nm.
  Les résultats sont exprimés en mg/l.

IV.1.6.Turbidité :

Cette mesure est effectuée avant et après chaque traitement (Jar test, filtration, désinfection) à l'aide d'un turbidimètre. Son principe repose sur la comparaison de la lumière diffusée et de la lumière transmise par un échantillon d'eau avec celles d'une gamme étalon.

Matériels :

- Turbidimètre.

Mode opératoire :

- Avant d'effectuer les mesures, il est crucial de s'assurer qu'il n'y a pas de bulles d'air et que la cuve est propre :
- Remplir la cuve sans créer de bulles, visser le bouchon, puis sécher l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon.
- Essuyer soigneusement la cuve de mesure.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure.
- Fermer le capot de l'appareil, appuyer sur (ENTER).
- Lire directement la valeur affichée.

IV.1.7.Potentiel d'hydrogène (pH) :

Principe :

La mesure du pH se fait en évaluant la différence de potentiel entre une électrode de mesure (électrode en verre) et une électrode de référence à potentiel connu (électrode au calomel saturée enKCl).

Matériels :

- pH mètre
- Bécher.

Réactifs :

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

Mesure du pH :

Après avoir étalonné le pH-mètre avec trois solutions tampon de pH égal à 4, 7 et 10. On introduit l'électrode de l'appareil dans un bêcher qui contient de l'eau à analyser. La lecture se fait après stabilité de la valeur affichée.

IV.1.7.Température :

Principe :

La mesure de la température d'un échantillon d'eau est effectuée à l'aide d'une sonde thermométrique à résistance de platine.

Matériel :

- pH-mètre de paillasse HACH (équipé d'une sonde thermométrique)
- Bécher

Mode opératoire

- Plonger la sonde thermométrique dans un bécher rempli de l'eau à analyser, puis lire la valeur affichée.

IV.1.8.La conductivité électrique :

Principe :

La conductivité électrique est mesurée entre deux électrodes de platine (Pt) positionnées parallèlement.

Matériel :

- Conductimètre de paillasse Cond 315i, WTW.
- Bécher ou flacon.

Mode opératoire :

- Rincer l'électrode du conductimètre avec de l'eau distillée.
- Immerger complètement l'électrode dans un récipient contenant l'eau à analyser.
- Attendre que l'affichage se stabilise, puis lire la valeur.
- Les résultats sont exprimés en microsiemens par centimètre (µS/cm).

IV.1.9.Détermination de la dureté totale (titre hydrotimétrique TH) :

Principe :

La dureté totale mesure la concentration de calcium et de magnésium dissous. Le titrage des ions calcium et magnésium se réalise avec une solution aqueuse d'EDTA (éthylène-diamine-tétra-acétique) à pH 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome, qui prend une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium. Lors du titrage avec l'EDTA, la solution vire au bleu, ce qui permet de déterminer le TH ou la dureté.

Mode opératoire :

Ajouter 4 ml de solution tampon pH 10 à 50 ml d'eau à analyser.

Ajouter une pincée d'indicateur coloré noir ériochrome au mélange.

Titrer immédiatement le mélange avec la solution d'EDTA jusqu'à ce que la couleur vire nettement au bleu.

Expression des résultats :

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalents par litre, est déterminée par l'équation suivante :

$$durete\ totale = v_{EDTA} \times 2$$

IV.1.10.Détermination du calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}):

- **Dosage des ions calcium (Ca^{2+}):**
  - ✓ **Principe :**

Pour mesurer la dureté calcique, on utilise l'EDTA comme complexant. Préalablement, le magnésium est précipité sous forme de $Mg(OH)_2$ à un pH de 12 en ajoutant de la soude. L'indicateur utilisé est spécifiquement sensible aux ions calcium, il s'agit du murexide.

  - ✓ **Matériels :**

- Becher.
- Burette.
- Agitateur.
- Pipette.
- Barreaux magnétiques.

  - ✓ **Réactifs :**

EDTA (Sel dis sodique d'acide éthylène diamine tetracétique (0.02N).

$NaoH$ (2N).

Murexide.

  - ✓ **Mode opératoire :**

- Prélever 50 ml d'eau à analyser dans un bécher de 250 ml.
- Ajouter 2 ml de NaOH 2N.
- Incorporer du Murexide.
- Titrer avec l'EDTA 0.02 jusqu'à ce que la solution vire au violet.

Dosage des ions magnésium (Mg^{2+}) :

TH : Dureté totale.

Ca^{2+}: Dureté calcique.

Mg^{2+}: Dureté magnésienne.

IV.1.11.Dosage du Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :

Principe :

Il existe deux façons de connaître la valeur TAC :

- **Première méthode** : Utilisation de l'acide chlorhydrique dilué (HCl) pour ajuster le pH à 4,5

- **Principe de la méthode** : Cette méthode vise à convertir les bicarbonates en dioxyde de carbone et en eau en ajoutant de l'acide chlorhydrique dilué jusqu'à ce que le pH atteigne 4,5. À ce pH, la plupart des bicarbonates se transforment en dioxyde de carbone et en eau.
  - **Deuxième méthode** : Utilisation de l'orange de méthyle et titrage avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0,04 mol/L
- **Principe de la méthode** : Cette méthode repose sur l'utilisation de l'indicateur orange de méthyle pour déterminer le point final lors du titrage avec de l'acide sulfurique. La couleur change au point d'équivalence, reflétant la conversion des bicarbonates en dioxyde de carbone et en eau.

Réactifs :

- Acide chlorhydrique HCl 0.01N
- Solution de méthyle orange.
- Solution deH_2SO_4 .

Mode opératoire :

1er Méthode :

- Prélever 100ml d'eau précis.
- Ajouter l'acide chlorhydrique dilué progressivement à l'échantillon tout en agitant continuellement.
- Surveiller le pH de l'échantillon à l'aide d'un pH-mètre jusqu'à ce que la valeur atteigne 4,5.
- Noter le volume d'acide chlorhydrique utilisé pour atteindre le pH = 4,5.

2eme Méthode :

- Prélever un volume d'eau précis.
- Ajouter quelques gouttes d'orange de méthyle à l'échantillon.

- Titrer l'échantillon en ajoutant progressivement de l'acide sulfurique à 0,04 mol/L.
- Continuer le titrage jusqu'à ce que la couleur de l'indicateur passe de l'orange au jaune orangé, indiquant le point final.
- Calcul de la quantité d'acide utilisée :

- Noter le volume d'acide sulfurique utilisé pour atteindre le point final.

Expression des résultats

1^{er} *methode*:

$TAC = N \times V) \times 1000/V_0$ en meq /g.

N : Normalité d'HCl ou d'H_2SO_4 .

V : Volume d'HCl ou d'H_2SO_4 .

Vo : Volume de l'échantillon.

IV.1.12.Dosage des nitrites méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire :

Principe :

En milieu acide (pH = 1,9), les ions nitrite réagissent avec l'amino-4-benzène sulfonamide et l'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque par diazotation. Ce sel produit un complexe rose, mesuré par spectrophotométrie à 540 nm, applicable pour des concentrations de nitrite jusqu'à 0,25 mg/L de NO_2^- .

Matériels :

- Fiole 50ml.
- Pipette
- Spectrophotométrie.

Réactifs :

- Réactif colorée.

Mode opératoire :

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

Expression des résultats :

Le résultat donne la teneur en nitrite NO_2^- exprimé en mg/l.

IV.1.13.Déterminer d'indice de permanganate (matière organique) :

- ✓ **Principe :**

Chauffage d'un échantillon en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10mn).

Réduction d'une partie du permanganate par les matières oxydables présentes dans l'échantillon.

Détermination de l'excès de permanganate par addition d'une solution d'oxalate, suivi par un titrage de l'oxalate en excès par le permanganate. Selon les réactions suivantes :

$$C_2O_4^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2\,e^-$$

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

L'équation globale du dosage étant :

$$2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$$

- ✓ **Matériels :**

- Matériel courant du laboratoire (bécher, fiole, pipette, burette……).
- Plaque chauffante.

- ✓ **Réactifs :**

- Acide sulfurique.
- Solution d'oxalate.
- Permanganate de potassium.

- ✓ **Mode opératoire :**

- Prélever 100ml d'échantillon dans un bécher à analyser.
- Ajouter 20ml d'acide sulfurique.
- Mettre l'échantillon dans une plaque chauffante et laissez reposer pendant 10 minutes.
- Prendre 20 ml de permanganate de potassium avec une pipette et mettez-les dans une fiole de 200 ml. Compléter avec l'eau distillée jusqu'à 200ml.
- Dans une fiole de 100 ml, mettez 10 ml de solution d'oxalate et complétez avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml.
- Lorsqu'il bout, prendre 20 ml de solution permanganate de potassium et mettre dans un bécher (couleur violet).
- Ensuite, ajoutez 10 ml de solution d'oxalate et retirer la plaque chauffante (couleur transparent).
- Titrer avec la solution permanganate de potassium jusqu'à la couleur rose.

✓ **Expression des résultats :**

IMn $= \frac{v_1 - v_0}{v_2} \times$**f**

v_1: *est volume en ml , de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.*

v_0 :est le volume en ml, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc

v_2: est le volume en ml ,permanganate consommé lors de la vérification de la solution titrante.

f :est le facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en mg, d'oxygène par litre .f est égal à 16 .

Figure 11 : titrage de matière organique.

IV.1.14.Détermination des nitrates (NO_3^-) par la méthode de salicylate de sodium :

✓ **Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosonylate de sodium coloré en jaune et susceptible à un dosage colorimétrique.

✓ **Matériels :**

- Matériel courant du laboratoire (pipette, erlenmeyer ,..).
- Etuve
- Spectrophotomètre

✓ **Réactifs :**

- NaOH 30%.
- Salicylate de sodium à 0,5%
- Acide sulfuriqueH_2SO_4

✓ **Mode opératoire :**

- Prélever 10ml de l'échantillon à analyser.
- Deux à trois gouttes de NaOH à 30% sont ajoutées à 10 ml de l'échantillon à Analyser.
- Une quantité de 1 ml de salicylate de sodium à 0.5 % a été rajoutée. Le mélange a été évaporé à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88 °C et laissé refroidir.
- Le résidu est repris avec l'ajout de 2 ml d'acide sulfuriqueH_2SO_4 tout en laissant reposer 10 min. Une quantité de 15 ml d'eau distillée est ajoutée puis une quantité de 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium a été rajouté.
- La lecture est effectuée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm.

Figure12 : déterminer le nitrate.

✓ **Expression des résultats :**

Le résultat est exprimé en mg/l.

IV.1.15.Détermination des chlorures (Cl^-) :

✓ **Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent**.**

$AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$

$2AgCl + K_2CrO_4 \rightarrow 2KCl + Ag_2CrO_4$

✓ **Réactif :**

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N.
- Solution de chlorures à 71 mg/l.
- Indicateur coloré K_2CrO_4 à 10 %.

✓ **Matériel :**

- Burette.
- Bécher
- Agitateur

✓ **Mode opératoire :**

- Prélever 100 ml d'échantillon dans un bécher à analyser.
- Ajouter 1ml chromate de potassium agiter (couleur jaune).

- Titrer par une solution de nitrate d'argent jusqu'à l'obtention de la couleur rouge brique.
    - ✓ Expression des résultats :

$[Cl^-]$ en mg/l = $VAgNO_3 \times NAgNO_3 \times MCl^- \times 1000$

$[Cl^-]$ en mg /l = $VAgNO_3 \times 71 \times F$

V AgNO3 : Volume d'$AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

N AgNO3 : Normalité d'Ag NO_3.

M Cl^- : Masse molaire des chlorures

F : Facteur de correction du titre d'$AgNO_3$.

PE : la prise d'essai. Volume de l'eau à analyser.

IV.1.16.Dosage de l'anhydride carbonique libre co_2 :

Principe :

L'eau est recueillie sur une quantité d'hydroxyde de sodium légèrement supérieure à celle qui est nécessaire pour neutraliser 'anhydride carbonique libre .L'hydroxyde de sodium en excès et ensuite dosé, en présence de phénophtaléine, par une solution titrée d'acide chlorhydrique.

Réactifs :

- La solution d'hydroxyde de sodium N/40.
- Phénophtaléine.
- La solution acide chlorhydrique.

Matériel :

- Matériel courant de laboratoire (fioles, bécher,….).
- Balance de précision.
- Agitateur.
- Burette graduée.

Mode opératoire :

- Introduire 10 ml de la solution d'hydroxyde de sodium N/40 (ou d'avantage si l'eau contient plus de 50 mg d'anhydride carbonique au litre) dans une fiole jaugée de 200 ml.
- Ajouter six à huit gouttes de phénophtaléine.
- Compléter au trait de jauge avec l'eau à analyser (v=190ml). Sans agitateur ni barbotage d'air.
- Fermer la fiole avec un bouchon en caoutchouc bien propre ; la retourner pour homogénéiser. La solution devient rose, sinon opérer avec une plus grande quantité d'hydroxyde de sodium N/40.
- Poser la fiole sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la décoloration).
- Titrer en utilisant une burette remplie avec la solution acide chlorhydrique jusqu'à disparition de la couleur rose.

Exploitation des résultats :

$$C_{CO_2} = 200 \times \frac{B - A}{V}$$

A : est le nombre en ml d'acide N/10 utiliser pour dosage.
B : est le nombre en ml d'acide N/10 utiliser pour l'essai à blanc.
V :est le volume en ml de prise d'essais.
C :est la concentration de l'anhydre carbonique en milliéquivalents.
1mg/l de C_{CO_2} →0,04545 meq au litre.

IV.1.17.Déterminer l'équilibre calco-carbonique :

Principe :

La détermination de l'indice d'agressivité se fait par la méthode dite <IAWA>.
Elle est basée sur l'utilisatio de la formule de Langelier
Elle repose sur la connaissance de la température, du PH in situ,dlU TDS, du TAC et du TH calcique.

Mode opératoire :

Pour application de la formule de Langelier il faut déterminer.

- pH
- T°
- TDS
- TAC
- TH

Calcul et expression des résultats :

$$pH_S = 9,3 + A + B - (C + D)$$

A : Facteur de TDS
B : Facteur de T°
C : Facteur de dureté en f°
D : facteur de TAC en f°
PH_s **:** ph de saturation (eau ni agressive, ni entartrante)

$$I_l = pH - pH_S$$
$$I_l : indice\ de\ langelier.$$

Si$I_l < 0\ eau\ agressive.$
Si $I_l = 0\ eau\ inerte.$
Si $I_l > 0\ eau\ incrustante.$

Tableau6 : Les facteurs (A-B-C-D) en fonction des paramètres de l'eau

Valeur de A Facteur de totalité des sels dissous(TDS)		**Valeur de B** Facteur de température (t°)		**Valeur de C** Valeur de durté du calcium (TH)		**Valeur de D** Facteur de l'alcalinité totale (TAC)	
Ppm(mg/l)	**A**	**°C**	**B**	**°f**	**C**	**°f**	**D**
85 à425	0,1	0à1	2,6	1à1,1	0,8	1à1,1	1.0
425à10000	0,2	2à 5,5	2,5	1,2à1,3	0,7	1,2à1,3	1.1
		6,5 à 9	2 ,4	1.4à1,7	0,8	1.4à1,7	1.2
		10à 13,5	2, 3	1,8à2,2	0,9	1,8à2.2	1.3

		14,5 à 16,5	2,2	2,3à2,7	1	2,3à2.7	1,4
		17,5 à 21	2,1	2,8à3,4	1,1	2,8à35	1.5
		22 à 26,5	2	3,5à4,3	1,2	3.5à4,4	1,6
		27,5 à 31	1,9	4,4à5.5	1.3	4,5à5,5	1.7
		32 à 36 ,5	1,8	5,6à6.9	1,4	5,6à6,9	1,8
		37,4 à43,5	1 ,7	7,0à 8.7	1.5	7à 8.8	1 ,9
		44,5 à 50	1,6	8,8à11	1,6	8,9à11	2
		51à56	1,5	11,1à13,8	1.7	11,1à13,9	2,1
		56,5 à 63,5	1,4	13.9à17,4	8	14à17.6	2.2
		64,5à 71	1,3	17,5à22	1,8	17.7à22,2	2.3
		72à 81	1,2	23à27	1.9	23à27	2.4
		82à89	1,1	28 à 34	2	28à35	2,5
		90à96	1	35 à 43	2,1	36à 44	2,6
		96à100	0,9	44à 55	2.2	45à55	2,7
				56à69	2.3	56à69	2,8
				70à87	2.4	70à88	2 ,9
				88à 100	2.5	89à100	3

IV.1.18.Déterminer le cinétique de chlore :

Matériels :

- Turbidimètre.
- pH mètre.
- Conductimètre.

Mode opératoire :

- Turbidité.
- Température
- Conductivité
- pH

- **Le chlore résiduel :**

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

Réactifs :

- DSP

Matériels :

- Comparateur de chlore.
- Tubes à essais

Figure : Photo d'un comparateur de chlore.

Mode opératoire :

- Au moment de prélèvement, on injecte un comprimé du réactif DPD1 dans un tube de 10 ml d'eau à analyser et on mélange.
- Après un certain temps on effectue la lecture avec un comparateur de couleur Positionné contre une source de lumière.

Les résultats sont exprimés en mg/l.

Chapitre 5 : Résultats et interprétations

Les résultats des principaux paramètres analysés sont présentés ci-dessous

Turbidité :

Tableau7 : turbidité

Turbidité(NTU)			
Date	EB	ET	EM
01/04/2024	12,5	1,72	1,5
02/04/2024	8,7	1,28	0,9
03/04/2024	5,6	1,5	1,25
04/04/2024	7,8	1,76	1,02
05/04/2024	9,5	1,3	0,83
06/04/2024	10,2	0,95	1
07/04/2024	12,1	1,6	1,56
08/04/2024	6,71	0,71	0,7
09/04/2024	12,07	0,97	0,65
10/04/2024	21,3	1,8	1,22
11/04/2024	8,54	1,6	1,17

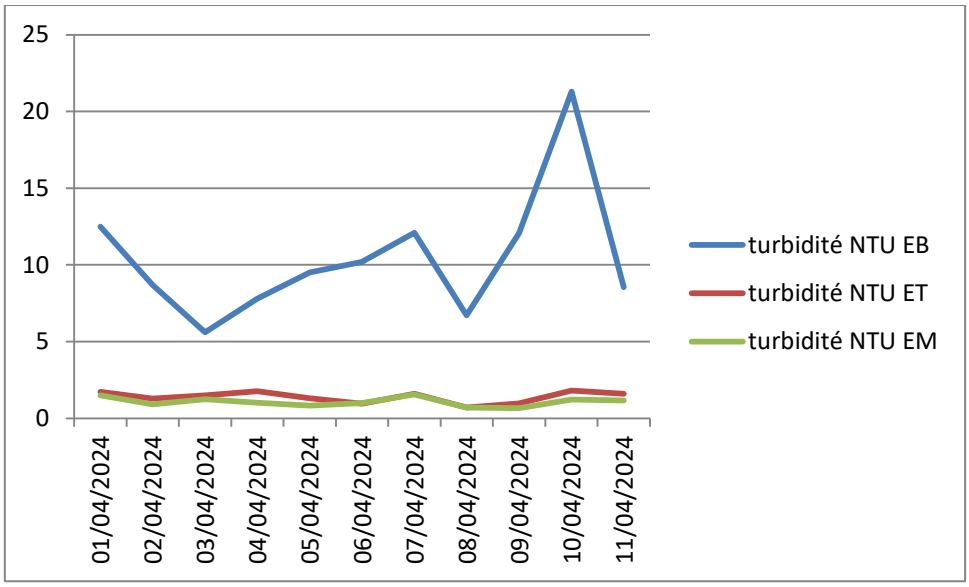

Figure13 : variation de turbidité pour EB,ET,EM.

La turbidité de l'eau est mesurée par sa transparence et indique la présence de matières en suspension non dissoutes (MO, M inorganique,L'argile….). La turbidité de l'eau est mesurée en unités NTU (NephelometricTurbidityUnits). Elle ralentit le processus de purification, et une augmentation de la turbidité affecte négativement la vie environnementale, car les matières en suspension peuvent transporter des polluants (MO, bactéries), rendant leur élimination plus difficile.

Nous remarquons d'après les résultats obtenus que les valeurs de turbidité de l'eau brute varient entre 5,6et 21,3 NTU, et celles de l'eau traitée entre 0,71 et 1,80 NTU. Quant à l'eau de mélange (Kadara et Taksebt), les valeurs varient entre 0,65 et 1,56 NTU, ce qui montre l'efficacité du traitement appliqué.

Nous observons une élimination importante de la turbidité avec un taux d'abattement très élevé de 91.55% observé le 10/04/2024.

Par conséquent, la turbidité de l'eau à la station est conforme à la norme. Selon le décret algérien n° 14-96, la norme de turbidité est fixée à 5 NTU.

Le pH :

Tableau 8: le pH

Date	EB	ET	EM
01/04/2024	7,51	7,55	7,39
02/04/2024	7,53	7,43	7,23
03/04/2024	7,52	7,41	7,19
04/04/2024	7,52	7,39	7,26
05/04/2024	7,42	7,64	7,41
06/04/2024	7,45	7,45	7,31

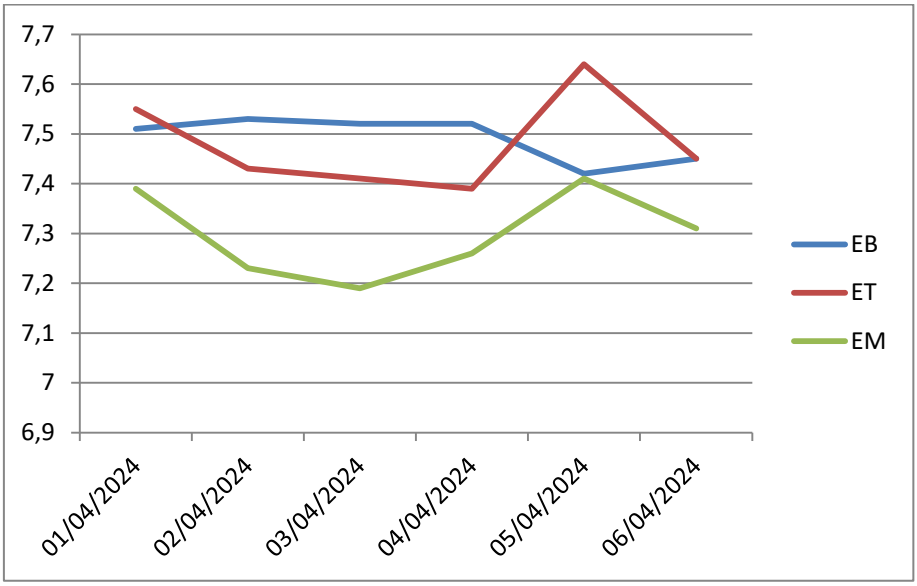

Figure 14: variation de pH pour EB,ET,EM

Les valeurs de pH mentionnées pour l'eau brute et l'eau traitée indiquent qu'elles se situent dans la plage appropriée pour la consommation humaine. En général, l'eau potable a une valeur de pH comprise entre 6,5 et 8,5.

Les valeurs de pH de l'eau brute varient entre 7,42 et 7,53, celles concernant les eaux traitées varient entre 7,39 et 7,64, quant aux eaux du mélange (keddara ,takesabt) varient entre 7,19 et 7 ,41 .

Toutes les valeurs du pH se situent dans la plage acceptable [6,5- 9].

Conductivité :

Tableau 9 : conductivité

Conductivité (µS/cm)		
date	EB	ET
19/04/2024	819	840
20/04/2024	822	842
21/04/2024	820	840
22/04/2024	821	838
23/04/2024	821	839
24/04/2024	821	843
25/04/2024	822	839
26/04/2024	821	844
27/04/2024	822	842
28/04/2024	820	842

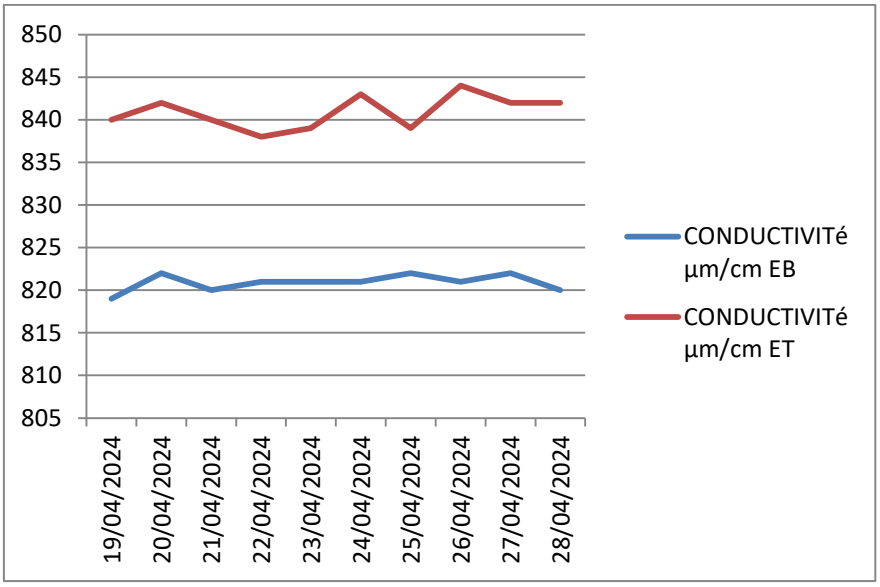

Figure15 : variation de la conductivité EB,ET,EM

La conductivité est la capacité de l'eau à conduire l'électricité et est liée à la concentration des ions. Elle est influencée par la température, ayant une relation directe avec celle-ci, ainsi que par le type de matière. La conductivité de l'eau pure est faible en raison de la faible quantité d'ions.

Nous remarquons d'après les résultats que la conductivité de l'eau brute varie entre 819 et 822 µS/cm, tandis que celle de l'eau traitée varie entre 8 39 et 843 µS/cm. Nous constatons que la conductivité de l'eau traitée est plus élevée que celle de l'eau brute, ce qui est dû aux ions conducteurs présents dans l'eau traitée.

La conductivité de l'eau augmente légèrement après l'ajout de coagulants et lors de la désinfection par ajout de l'eau de Javel, mais reste bien en dessous de la norme algérienne (2800 µS/cm), indiquant une minéralisation réduite due aux sols lessivés.

Oxygène dissout :

Tableau 10:oxygene dissout

Oxygène dissout (mg/L)			
DATE	EB	ET	EM
05/03/2024	8,5	10,1	8,9
13/03/2024	7,95	10,8	9,2
06/04/2024	8,2	13,6	12
14/04/2024	7,8	12,9	13,9
22/04/2024	7,4	12,6	13,2
29/04/2024	7,6	12,4	13,6

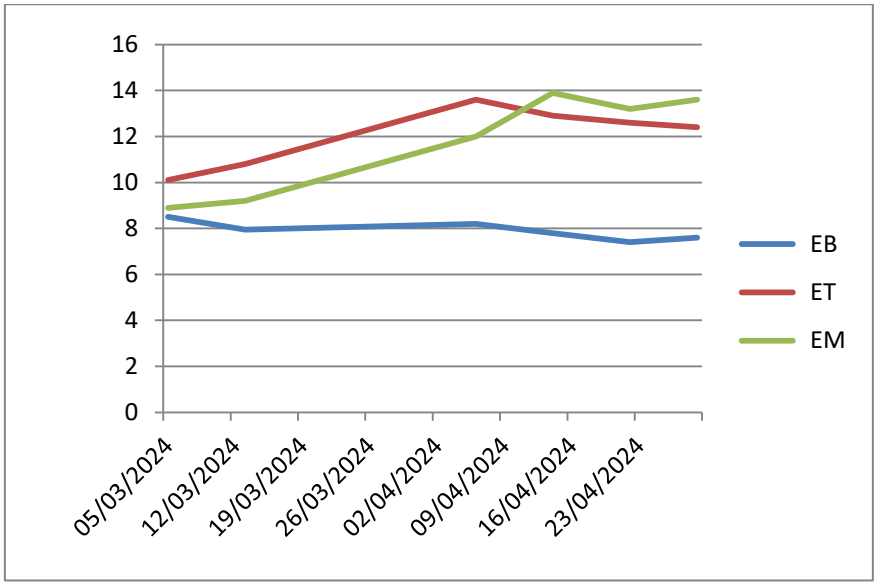

Figure 16: variation de oxygene dissout

L'oxygène dissous mesure la concentration de dioxygène présent dans l'eau**.**

D'après les résultats obtenus, je constate que les valeurs d'oxygène dissous dans l'eau brute varient entre 7,4 et 8,5 mg/L, tandis que les valeurs de l'eau traitée varient entre 10,1 et 13,6 mg/L. Les valeurs de l'eau mélangée varient entre 8,9 et 13,9 mg/L. Un taux élevé d'oxygène

dans l'eau est un signe de la bonne aération de l'eau (élimination des mauvais gouts et odeurs).

Les Minéralisation d' eau :

Tableau 11 : durte total TH

TH (f°)			
date	EB	ET	EM
27/03/2024	27	25,8	20,2
18/04/2024	25	24,8	18,8

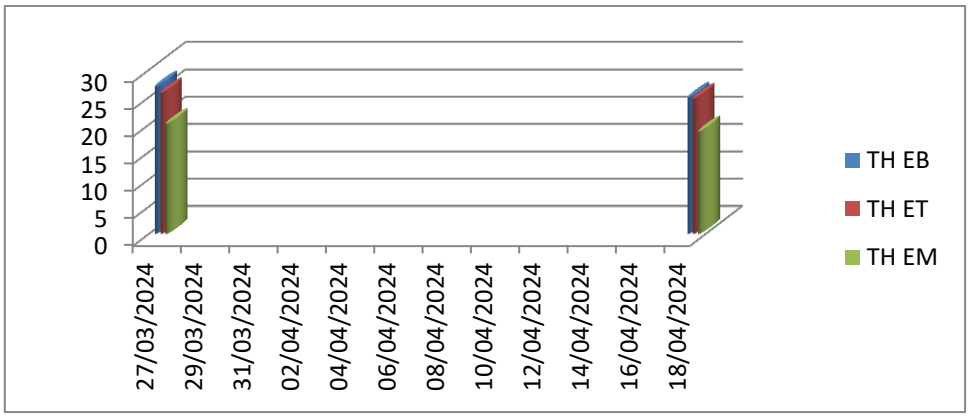

Figure17 : variation de la dureté total pour EB,ET,EM

TH (**dureté totale** est une mesure de la concentration des ions minéraux durs dans l'eau, principalement le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}). La dureté totale indique la capacité de l'eau à former des dépôts de savon et des incrustations dans les tuyaux et les équipements.
D'après les résultats obtenus pour la dureté totale (TH), les valeurs de l'eau brute sont de 25 et 27 f°, tandis que les valeurs de l'eau traitée sont de 24,8 et 25,8 f°. Les valeurs de l'eau mélangée sont de18.8 et 20,2 f°.

Titre alcalimétrique complet TAC :

Tableau 12: Titre alcalimétrique complet TAC

TAC (f°)			
DATE	EB	ET	EM
27/03/2024	16	14,8	8,8
18/04/2024	29,55	28,2	5,78

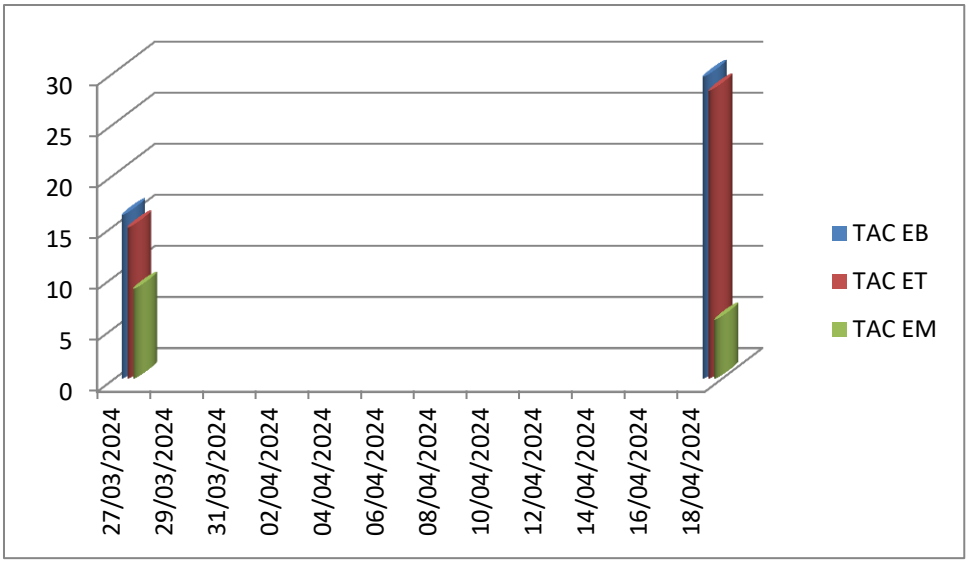

Figure 18: variation de titre alcalimétrique complet pour EB,ET,EM

D'après les résultats obtenus (figure N°), nous observons que le TAC a légèrement diminué après le traitement et ils sont de 16 et 29,55 f° pour l'eau brute et de 14,8 et 28,2 f° pour l'eau traitée ce qui est logique car l'ajout de coagulants fait abaisser le pH et donc une diminution de l'alcalinité.

Les valeurs de l'alcalinité pour le mélange sont plus faibles que les eaux brutes et les eaux traitées au niveau de la station de Boudouaou.

V.5.3.Calcium Ca^{2+} :

Tableau 13: de calcuim

$Ca2^{+}$(mg/L)			
date	EB	ET	EM
27/04/2024	60,8	57,6	49,6
18/04/2024	64	67,2	48,8

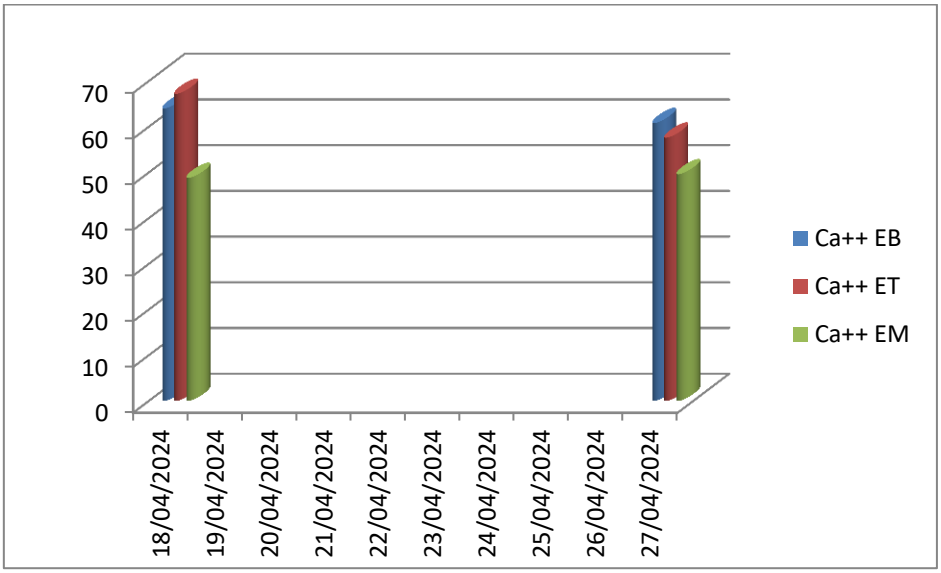

Figure 19: variation de calcium pour ET,EB ;EM

Le calcium est l'un des principaux minéraux qui contribuent à la dureté de l'eau (TH). L'eau dure contient des concentrations élevées de calcium et de magnésium.
D'après les résultats obtenus, je remarque que les valeurs de l'eau brute sont de 60,8 et 64 mg/l, celles de l'eau traitée entre 57,6 et 67,2 mg/l, et celles de l'eau mélangée entre 48,8 et 49,6 mg/l.
Ces résultats sont conformes aux normes algériennes pour garantir la qualité de l'eau, où la norme pour le calcium est de 200 mg/l. Cette station respecte donc les normes.

V.5.4.le Magnésium Mg^{2+} :

Tableau14 : magnésium

Mg^{2+}(mg/l)			
date	EB	ET	EM
27/03/2024	23,6	22,8	15 ,6
18/04/2024	21,6	19,2	13 ,2

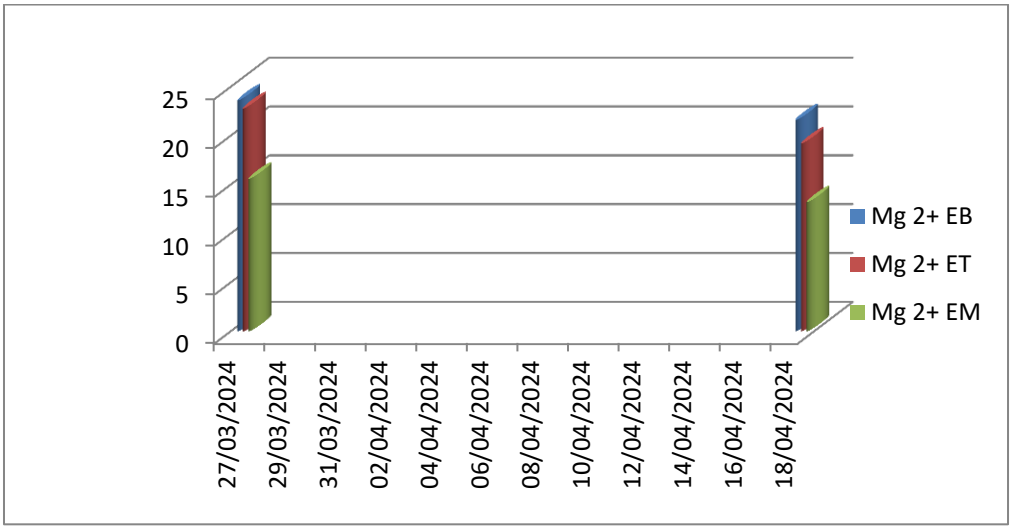

Figure 20: variation de magnésium pour EM,EB,ET

Et selon les résultats, la concentration de magnésium dans l'eau brute sont de 23,6 et 21,3 mg/l, tandis que les valeurs de l'eau traitée sont de19,2et22,8 mg/l, et celles de l'eau mélangée sont 13,2 et 15,6 mg/l pour les deux dates (27/03/2024 et 18/04/2024)

V.5.5.Chlorure Cl^- :

Tableau 15: chlorure Cl^-

Cl^-(mg/l)			
date	**EB**	**ET**	**EM**
27/03/2024	**56 ,72**	**63 ,81**	**67,36**
18/04/2024	**59,2**	**80**	**83,2**

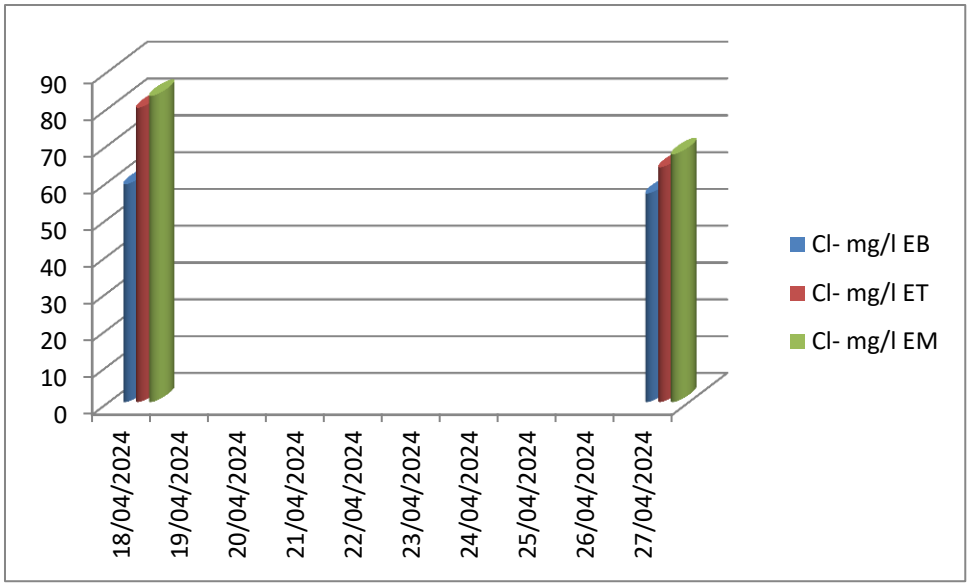

Figure21 : variation chlorure pour EB ,ET,EM.

Les valeurs du tableau indiquent la concentration de chlorure dans l'eau brute (EB), l'eau traitée (ET) et l'eau mélangée (EM). Voici l'analyse et l'interprétation de ces valeurs :

Les valeurs de chlorure dans l'eau brute (EB) montrent une légère variation, 56,72 et 59,2 mg/L. Ces valeurs sont considérées comme normales et dépendent de la source de l'eau brute.

Les valeurs dans l'eau traitée (ET) montrent une augmentation notable par rapport à l'eau brute, 63,81 et 80 mg/L. Cette augmentation peut être due aux processus de traitement qui peuvent ajouter ou maintenir la concentration de chlorure dans l'eau.

Les valeurs dans l'eau mélangée (EM) sont les plus élevées des trois, 67,36 et 83,2 mg/L. Cela indique que le processus de mélange des eaux a augmenté la concentration de chlorure. Cela peut être dû à la combinaison de l'eau traitée avec d'autres sources ayant une concentration plus élevée de chlorure.

Les eaux traitées respectent les normes de qualité de l'eau algérienne qui est de 500 mg/L,

Le fer (Fe) :

Tableau 22: le fer

Fe (mg/L)			
date	EB	ET	EM
03/04/2024	0,088	<0,02	<0,02
11/04/2024	0,126	<0,02	<0,02
19/04/2024	0,049	<0,02	<0,02
27/04/2024	<0,02	<0,02	<0,02

Exploitation :

Le fer est un élément assez commun dans les roches et sa solubilité dans l'eau est influencée par le potentiel d'oxydoréduction du milieu. En milieu oxydant, le fer dissous précipite sous forme d'hydroxyde de fer $Fe(OH)_3$, ce qui réduit sa concentration dans l'eau traitée. Les eaux superficielles contiennent généralement moins de 1 mg/L de fer. Selon les résultats obtenus, les valeurs de fer pour l'eau brute sont inférieures à 0.126 mg/l, et sont inférieures à la limite de la concentration décelable par la technique d'analyse utilisée qui est de 0.02 mg/L pour l'eau traitée et l'eau de mélange.

Après le traitement par la cascade d'aération, le fer est oxydé à l'état ferrique et précipite, ce qui diminue significativement sa concentration totale dans l'eau traitée, la rendant négligeable. Des concentrations élevées de fer peuvent accroître les risques de maladies cardiovasculaires et de cancers.

Les résultats indiquent des niveaux faibles de Fe qui respectent la norme algérienne (0.3 mg/L)

Les sulfates SO_4^{2-} :

Tableau 23: des sulfates

sulfate SO_4^{2-}(mg/L)			
DATE	EB	ET	EM
20/03/2024	284,3	310,5	222,5
24/03/2024	410	429	398
27/03/2024	214,52	238,72	207,2
05/04/2024	119,85	197,35	194,2
16/04/2024	293,5	320,3	316,28

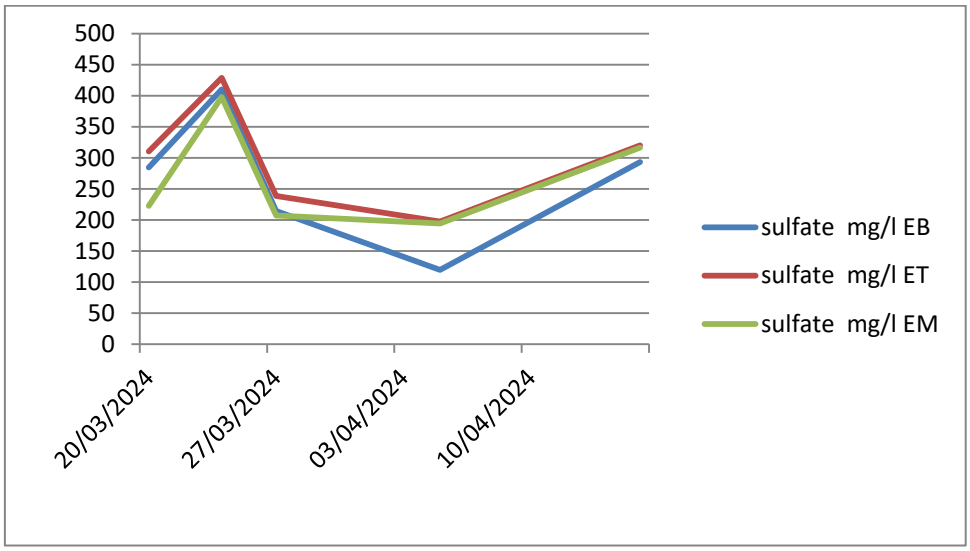

Figure22 : variation sulfates pour EB, ET, Em

Leurs présences résultent de la dissolution des formations gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les couches géologiques.

D'après les résultats obtenus (figure N°), On a constaté que la teneur en sulfate a augmenté après traitement, elle varie entre 410 et 293,5 mg/L pour l'eau brute, 320,3 et 197,35 mg/L pour l'eau traitée et entre 194,2 et 398 mg/L pour l'eau traitée du mélange.

Le décret algérien recommande 400 mg/l de sulfate comme une valeur maximale admissible, donc ces valeurs respectent les normes.

Les phosphates PO_4^{3-} :

Tableau 24 :des phosphates

PHOSPHATE PO_4^{3-}(mg/L)			
DATE	EB	ET	EM
03/04/2024	0,088	<0,015	<0,015
11/04/2024	0,048	<0,015	<0,015
19/04/2024	0,111	<0,015	<0,015

Les phosphates sont naturellement présents en faibles quantités dans les eaux superficielles. Les ortho-phosphates (PO_4^{3-}), issus de la dégradation du phosphate organique par des bactéries, sont souvent présents à des concentrations limitées. Selon les résultats obtenus, les concentrations en ortho-phosphates pour l'eau brute sont inférieures à 0.088 mg/L, tandis qu'elles sont inférieures à la concentration limite décelable (0.015 mg/L) pour l'eau traitée et l'eau de mélange.

Il a été ainsi observé une absence presque totale de phosphates dans l'eau traitée et l'eau de mélange, avec une présence négligeable dans l'eau brute.

Ces valeurs sont largement en dessous de la limite admissible pour le phosphore, fixée à 5 mg/l selon la réglementation algérienne. Ainsi, ce paramètre ne constitue pas un risque majeur de pollution pour les eaux de la station**.**

Les Nitrates NO_3^- :

Tableau 25: des nitrates

Nitrate (mg /L)			
date	EB	ET	EM
13/04/2024	7,42	7,01	6,27
25/04/2024	9,15	9,84	5,6
26/04/2024	8,65	10,84	7,3

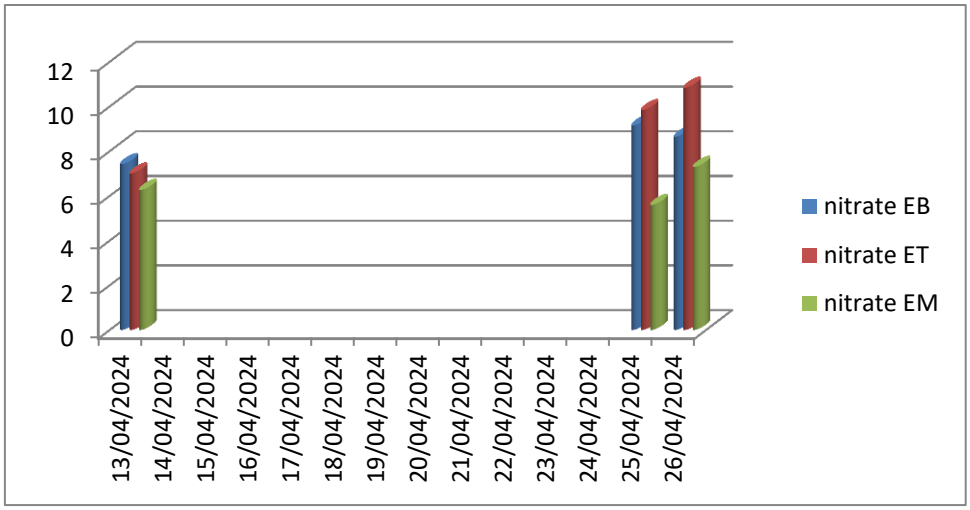

Figure 23:variation de nitrate pour EB,ET,EM

Les nitrates résultent de l'oxydation finale de l'azote et représentent sa forme avec le degré d'oxydation le plus élevé dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles se situent généralement entre 1 et 10 mg/l. Selon les normes algériennes et celles de l'OMS, la limite recommandée pour les nitrates dans l'eau destinée à la consommation est de 50 mg/l.

Les résultats obtenus (figure N°) montrent que les concentrations de nitrates varient entre 9,12 mg/L et 7,42 mg/L pour l'eau brute, entre 10,84 mg/L et 7,1 mg/L pour l'eau traitée, et entre 5,6 mg/L et 7,3 mg/L pour l'eau traitée de mélange. Ces valeurs se maintiennent largement en dessous de la limite recommandée pour garantir la sécurité de l'eau potable (50 mg/L).

Les Nitrites NO_2^- :

Tableau 26:de nitrites

NITRITE			
DATE	EB	ET	EM
20/03/2024	< LD 0,02	< LD0,02	< LD 0,02
05/04/2024	0,025	< LD 0,02	< LD 0,02
13/04/2024	0,02	<LD 0,02	<LD 0,02
21/04/2024	0,025	<LD0,02	< LD 0,02
27/04/2024	0,022	< LD 0,02	< LD 0,02

Toutes les concentrations des nitrites sont inférieures à la concentration limite qui peut être détectée est qui est de 0,02 mg/L

Matière organique :

Tableau 27 : des matières organiques

Matiere organique (mg/L)			
date	EB	ET	EM
05/04/2024	1,22	0,85	0,4
13/04/2024	1,65	0,54	0,27
21/04/2024	1,52	0,6	
27/04/2024	2,75	1,15	1,04

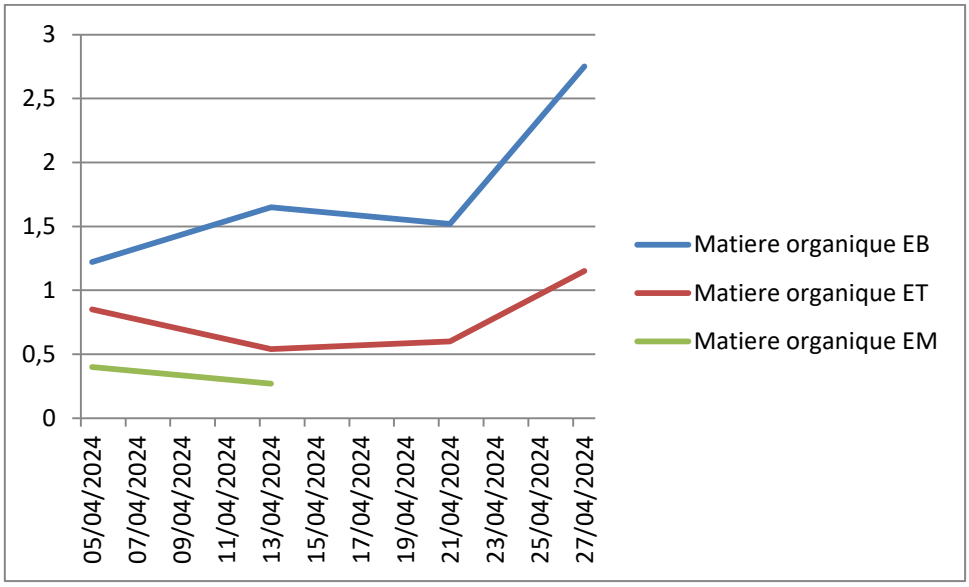

Figure24 : variation de Mo pour EB,ET,EM

Selon les résultats obtenus (figure N°), les concentrations en matière organique à la station varient entre 1,22 mg/l et 2,75 mg/l pour l'eau brute, entre 0,5 mg/l et 1,15 mg/l pour l'eau traitée, et entre 0,9 mg/l et 1,04 mg/l pour l'eau de mélange. Après traitement, une diminution significative est observée, principalement due à la rétention d'une grande partie de la matière organique particulaire par les filtres à sable.

Toutes les concentrations des eaux traitées et de mélange sont inférieures à la norme algérienne qui st 3 mg/L d'O_2.

Ammonium NH_4^+:

Tableau 28 :d'ammonium

NH_4^+ (mg/L)			
DATE	EB	ET	EM
05/03/2024	0.02	<0,015	<0,015

13/03/2024	0.022	<0,015	<0,015
22/03/2024	0.034	<0,015	<0,015
28/03/2024	0.058	<0,015	<0,015
06/04/2024	0,047	<0,015	<0,015
14/04/2024	<0,015	<0,015	<0,015
22/04/2024	<0,015	<0,015	<0,015

Selon les résultats obtenus (figure N°), les concentrations en ion ammonium varient entre < 0,015 mg/l et 0,058 mg/l pour l'eau brute, et elles sont toutes inférieures à la valeur limite décelable qui est de 0,015 mg/l pour l'eau traitée et l'eau de mélange.

Les concentrations en ions ammonium à la station restent toutes inférieures à 0,5 mg/l, conformément aux normes du journal algérien

CO_2 :

Tableau 29: de dioxyde de carbone libre

CO_2			
date	EB	ET	EM
16/04/2024	0,73	0,3	0,3
19/04/2024	0,3	0,3	0,3
21/04/2024	0,27	0,29	0,28

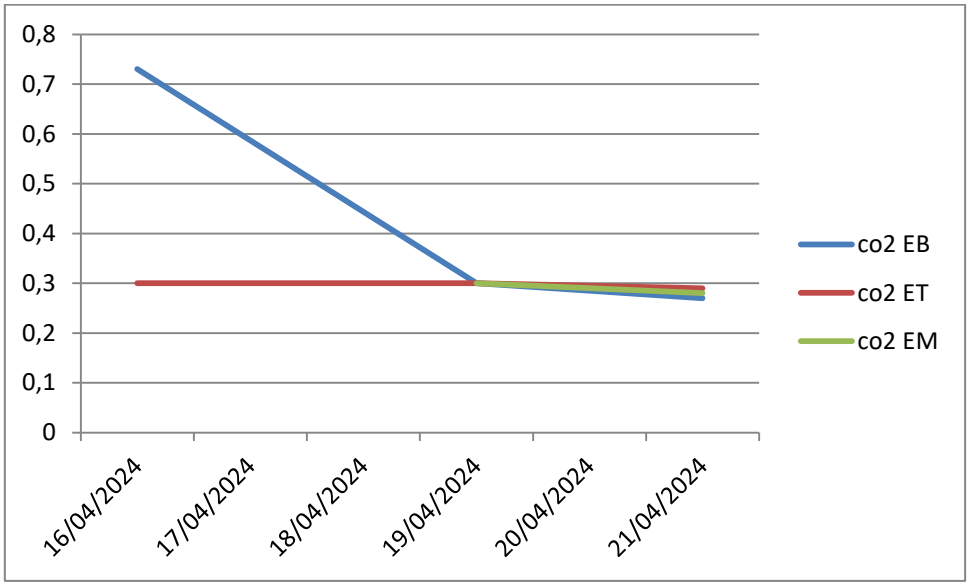

Figure 25 : de variation CO_2 libre pour EB,ET,EM

Calcul de la quantité de dioxyde de carbone libre dans l'eau.

Selon les résultats obtenus, les valeurs de l'eau brute varient entre 0,27 et 0,73mg/L, tandis que celles de l'eau traitée se situent entre 0,3 et 0,29 mg/l, ce qui sont presque les mêmes valeurs que celles de l'eau traitée de mélange.

Manganèse Mn^{2+} :

Tableau 29 : du manganèse

Mn^{2+}(mg/L)			
Date	EB	ET	EM
04/04/2024	0,12	<0,005	<0,005
12/04/2024	<0,005	<0,005	<0,005
20/04/2024	<0,005	<0,005	<0,005
28/04/2024	<0,005	<0,005	<0,005

D'après les résultats du tableau, nous remarquons que les concentrations du manganèse dans l'eau brute sont très faible généralement inferieures à 0.005 mg/L, sauf l'échantillon du 04/04/2024 qui est de 0,12 mg/L, tandis que les valeurs de l'eau traitée et de l'eau mélangée sont inférieures à 0,005 mg/L. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de qualité de l'eau, qui fixent la limite maximale de manganèse à 0,05 mg/l.

Etude de l'équilibre Calco-carbonique :

Nous avons effectué ces analyses sur de l'eau traitée et nous avons obtenu les résultats suivants :

pH = 7,66

pHs = 9.3 + A + B – (C+D)

Tableau 30 ; Détermination des facteurs à partir des paramètres (TDS, T, TH, TAC)

Les paramètres de Langelier		**Les facteurs**	
Température (C°)	17,2	B	2,3
TDS (mg/L)	406	A	0,2
TAC	8	D	1,9
TH	31	C	2,1

$$pH_S = 7{,}6$$

$$I_l = 0{,}06$$

Donc :$I_l > 0$ l'eau incrustante

Une valeur de 0,06 proche de zéro signifie que l'eau est presque équilibrée. Ainsi, $I_l > 0$ 0, ce qui indique une légère tendance à la précipitation du calcium. Cette valeur est bonne car elle signifie que l'eau n'est pas agressive (non corrosive) et a une tendance à former un fin film protecteur dans le temps.

Cinétique de chlore :

Le suivi du chlore actif résiduel dans l'eau est une procédure qu'on réalise pour connaître le temps de réaction du chlore actif dans les tuyaux et pour le suivre.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau

Température :17,9°C

Conductivité :825 µS/cm

Turbidité :1,66 NTU

pH :7,65

Tableau 31: Evolution du chlore actif résiduel en fonction du temps

Temps(min)	Chlore résiduel(mg/L)
0	1,4
5	1,4
10	1,3
15	1, 3
20	1 ,3
30	1 ,3
40	1 ,3
50	1,2
60	1,2
80	1,2

100	1,2
120	1,2
150	1,2
180	1,2
210	1,2
240	1,2
360	1,1
1440	0,8
1680	0,5
2880	0,2

D'après les résultats obtenus dans le tableau et sachant que la valeur du chlore actif lors de l'injection est de 1,7 mg/l, et que le suivi du chlore s'effectue sur une période de 48 heures,.Cette durée est suffisante pour préserver l'eau potable jusqu'à ce qu'elle atteigne le consommateur. En effet, l'eau de Javel (chlore) protège l'eau des contaminants auxquels elle peut être exposée pendant le transport.

Conclusion :

Notre étude et pour la période du stage nous a permis de tirer les conclusions suivantes

- Concernant la turbidité, nous avons constaté que la turbidité des eaux brutes du barrage de Kedarra n'étaient pas très élevées (une seule valeur qui dépasse les 20NTU). Les eaux traitées sont tous conforment à la règlementation algérienne avec une valeur maximale de 1,8 NTU largement inférieure à la valeur réglementaire qui est de 5NTU. Ce qui dénote de l'efficacité des procédés de clarification au niveau de la station de Boudouou. Même constat pour les eaux du mélange.
- Nous avons remarqué des taux élevés de l'oxygène de l'eau traité par rapport à l'eau brute. Un taux élevé d'oxygène dans l'eau est un signe de la bonne aération de l'eau (élimination des mauvais gouts et odeurs).
- Nous avons observé que les duretés des eaux brutes et des eaux traitées et mélanges respectent la norme algérienne qui est de 500 mg/l de $CaCO_3$ (50 °f).
- Nous avons constaté que les teneurs de Ca^{2+} ne dépassent pas pour toutes les eaux les 67,2 mg/L, largement inférieurs à la norme qui est de 200 mg/L, nous avons aussi remarqué que le taux du mélange représentait des taux plus faibles en ions calcium.

- Pour les ions chlorures, Les valeurs dans l'eau traitée (ET) ont montré une augmentation notable par rapport à l'eau brute, 63,81 et 80 mg/L. Cette augmentation peut être due aux ajouts chimiques lors du processus de traitement.
- Pour le fer total, nous avons observé des faibles teneurs en fer dans l'eau brute, et ces concentrations sont devenues encore plus faible dans les eaux traitées et mélanges (inférieure à la concentration décelable qui est de 0.02 mg/L). En effet lors du traitement par la cascade d'aération, le fer est oxydé à l'état ferrique et précipite, ce qui diminue significativement sa concentration totale dans l'eau traitée, la rendant négligeable.
- L'eau brute présente des teneurs en phosphates très faibles et qui sont devenues dans les eaux traitées et mélange inferieures à la concentration limite décelable (0,015 mg/L).
- Pour les nitrates les concentrations sont largement inférieures à la norme algérienne (50 mg/L).
- Concernant les nitrites les concentrations ont été très faibles, généralement inferieures à la valeur limite décelable (0.02 mg/L).
- Le suivi de l'ion ammonium, nous a permis de constater que les teneurs des eaux brutes étaient faibles et qu'après traitement les teneurs étaient inférieures aux limites de concentration décelable (0.015 mg/L) ce qui est dû à la réaction entre l'ion ammonium et du chlore actif lors de la désinfection.
- Même constat pour le manganèse, dont la plupart des valeurs pour les trois eaux sont inférieurs à 0,005 mg/L.
- L'eau traitée au niveau de la station a un caractère légèrement incrustant (I_L= 0.06)
- La cinétique de chlore pour les eaux traitées montre le maintien d'une bonne concentration résiduelle de chlore actif de 0,2 mg/L après un temps de contact de 48 heures.

Liste de bibliographie :

- [1] . **(n.d.). Retrieved from PORTAIL ODE/Devloppement durable (ISO 9001).**
- **[2] -(MCB), B. M. (2020). *« Traitement et épuration des eaux» .* Département Génie civil et hydraulique , Faculté des sciences et de la technologie , université 08 Mai 1945 Guelma.**
- **[3] -(2012, 03 04). Retrieved from http://www.lenntech.fr/decontation.htm.**
- **[4] -(2012, 04 07). Retrieved from http://www.emse.fr/~brodhag/TRAITEME/fich4_12.htm.**
- **[5] -(2012, 03 19). Retrieved from http://fr.ekopedia.org/Eau.**
- **[6] -(2012, 03 04). Retrieved from Filtration : <http://www.eduenet.education.fr/rn chimie/gen_chim/triboulet/rtf/filtration.pdf>.**
- **[7] - Ayad, W. .. (2016). Evaluation De La Qualité Physico-chimique Et Bactériologique Des Eaux De Puits Dans La Région d'El-Harrouch (N.E-Algérie). *journal mater*, Environ.Sci.7(4) .1288-1297.ISSN:2028-2508.**
- **[8]-Azzaoui A .et Melis M. (2008). *Etude d'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de la station de traitement de barrage BAKHADDA « TIARRET» ,Mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en Hydraulique ,Département d'Hydraulique.* Faculté des sciences de l'Ingénieur ,Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.**
- **[9]-Bachim et AbdelliR, .. (2005). *L'influence des paramètres physique et chimiques sur la coagulation-floculation et décantation ,mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en***

hydraulique,Département d'hydraulique,. **Faculté des sciences de l'ingénieur ,Université Abou Berkr Belkaid ,Tlemcen,juillet2005.**

- **[10]-Bengaibona, B. (2010).** ***Analyse comparée Des Qualité Microbiologique Et Physico-Chimique Des Eaux Des Pluie Stockées Dans Des Citernes En Ferro Ciment: Cas Des Impluviums De DORL. Mémoire fin D'étude En Master. Spécialisé Génie Sanitaire Et Environnement .*** **Burkina Faso Nouayti,N.**
- **[11]-Boumedienne M. (2011).** ***Cours de traitement des eaux; Master2 en Hydraulique .Option:Eau ,sol et Aménagement.***
- **[12]-Boursalil. (2011).** ***Etude expérimentale de la coagulation-floculation par le sulfate ferrique et chlorure ferrique des matière en suspension .Mémoire d'ingénieur d'états en géologie ; Département des sciences de la terre et de l'univers.*** **Faculté des siences de la nature et de la vie et des sciences de la tarre et de l'univers; Université AboubekrBelkaid,telmcen,juin 2011.**
- **[13]-C, C. (2005).** ***Génie de l'environnement , les traitements de l'eau.*** **Paris: éd, ellipses.Paris.**
- **[14]-Cardot G. (2005).** ***Génie de l'environnement ; Les traitement de l'eau Procédés physico-chimiques et biologiques cours et problémes résolus.*** **Edition ,février2005.**
- **[15]-CARDOT.C. (2005).** ***« Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques ».*** **Ellipses,Paris.**
- **[16]-Chaden, M. (2014).** ***Evaluation De La Qualité De L'eau Du Bassin Supérieur De La Rivière Du Litani ,Liban:Approche Hydrogéochimique .*** **Université De Lorraine.Pp99: Thèse de Doctorat En Géosciences .**
- **[17]-D, B. (2011).** ***Elaboration De Membrances D'affinité Pour La Récupération Du Chrome Hexavalente . .*** **Thèse Magister,UMMTO,8p.**
- **[18]-DEGREMENT*: Mémento technique de l'eau.* (1972). Lavoisier,Paris.**
- **[19]-*DEGREMONT Mémento trchnique de l'eau.* (n.d.).**
- **[20]-Deshayes M, .. (n.d.).** ***Guide pour l'établissement des plans d'Assurance de la qualité dans le cadre de la réalisation des stations d 'épuration de type boues activées en lots séparés ,Mémoire en Génie civil*****. Retrieved from http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/pages/f14.htm.**
- **[21]-DINEPA, O. (2013). Eau,UNICEF.Echantillonnage Et Analyse De L'eau Potable Pour Laboratoires Simplifiés. 1.3.1.FIT 1.ISBN13-978-99970-51-24-0. Pp27-28.**
- **[22]-EL HAISSOUFI H., B. S. (2011).**
- **[23]-Hailu, B. (2017).** ***Physicochemical And Microbial Quality Of Quality Of Drinking Water From Source To Household Taps: The Case Of LegedadiReservoir.A Thesis Submitted To The Centre For Environmental Science Pp14 . .*** **Addis Ababa University.Ethiopia.**
- **[24]-Hernάndez De León H.R. (2006).** ***Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, Mémoire pour l'obtention de diplôme de Docteur .*** **L'institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.**
- **[25]- M, B. (2014).** ***« support du ours:Traitement de l'eau».Option:Licence Technologies de traitement des eaux.*** **Université de Abou Bekr Belkaid.Tlemcen.: (http://fsi.univ-tlemcen.dz/dept_hyd.html).**
- **[26]-Nouayti1, N. K. (2015).** ***Evaluation De La Qualité Physio-Chimique Des Eaux Souterraines Des Nappes Du Jurassique Du Haut Bassin De Ziz (Haut Atlas Central , Maroc).*** **J.Mater. Environ.Sci.1068-1081.ISSN:2028-2508.CODEN : JMESCN .**
- **[27]-REGGAM 1, B. 2. (2015).** ***M:Qualité Physico-Chimique des eaux de l'oued Seybouse (Nord Est De L'Algérie):Caractérisation Et Analyse En Composantes.*** **Université 8 Mai 1945 de Guelma ,Algérie.**

- **[28]-RODIER J., L. B. (2009).** ***L'analyse D'eau.9ème Ed.*** **Dunod,Paris: ISBN 978-2-10-054179-9.**
- **[29]-SANTE, D. G. (2003).** ***Qualité Des Eaux Distribution Dans Les Unités De Distributon De Plus De 5000 Habitants.*** **8,Avenue De Ségur-Paris.**
- **[30]-Slimani A. et Touati H. (2004).** ***Filtration sur sable, Mémoire pour l'obtention du diplôme DEUA en Hydraulique, Département d'Hydraulique,.*** **Faculté des sciences de l'Ingénieur, Université AbouBekrBelkaïd, Tlemcen.**
- **[31] -Grosclaude, G Et Coord. (1999). L'eau Usage Et Polluants. Tome II. Paris. ISBN 2-7380-0854-2.Pp 59**
- **[32] -DIRECTION GENERALE DE LA SANTE. (2003). Qualité Des Eaux Distribuées Dans Les Unités De Distribution De Plus De 5 000 Habitants. 8, Avenue De Ségur – Paris.**
- **[33]- ELMUND G.K., ALLEN M.J., RICE E.W., (1999). Comparison Of Escherichia Coli, Total**
- **Coliform And Fecal Coliform Populations As Indicators Of Wastewater Treatment Efficiency, Water Environ.Res, N°71, PP : 332-339.**
- **[34] - MANUEL DE BERGEY., 1984. Systématique Bactériologie ; 9th Edition.P533.**
- **[35] -DESJARDINS.R, (1997), Le Traitement Des Eaux, Edition De L'école Polytechnique De Montréal, France. Polycopie De Cour**
- **[37] -GRANDORAGE ET Landot 2007 mémoire de master , AOUAOUCHE Nassima et Melle ZERFA Sarah ,univ blida**
- **[38]-VALENTIN ,2000 .**