

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED SEDDIK BENYAHIA JIJEL

Faculté des sciences et de la technologie

Département de génie civil et hydraulique

N° /2022

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE: Sciences et Technologies

FILIERE: Hydraulique

SPECIALITE : Hydraulique urbaine

Thème

**Contrôle et suivi de la qualité de l'eau traitée« station de
traitement -Kissir- de la wilaya de Jijel»**

Présenté Par : Jedou El ghoth el hassene

Encadré Par : Boutebba Khereddine

Date de soutenance : 14/07/2022

Jury de Soutenance

Président : Abdi. Ishak

Grade MCB

Univ MSB jijel

Encadreur : Boutebba Khereddine

Grade MCB

Univ MSB jijel

Examineur : AINAS. Belkacem

Grade MAA

Univ MSB jijel

Promotion: 2021 /2022

Remerciements

Au terme de ce modeste travail nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de réaliser ce travail. Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs D'abord à notre encadreur Mr Butebba K. qui nous a fait l'honneur de diriger notre mémoire sur un sujet passionnant et nous a guidés tout au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissants pour ses conseils, sa disponibilité et son sérieux dans le travail. Nous remercions vivement le président Mr Abdi I. et l'examineur Mr AINAS B. Pour avoir accepté de faire partie du jury de ce modeste travail. Nous tenons également à remercier tous les personnes du laboratoire de l'établissement public « Algérienne des Eaux » région de Jijel.

A tous les travailleurs de la station de traitement kissir, particulièrement Et les enseignants de département Génie Civil et Hydraulique. A la promotion Hydraulique urbaine année 2022. Enfin, nous remerciant toutes personnes ayant participés de près ou loin à l'élaboration de ce mémoire.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime et surtout mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon Chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez (ma mère et mon père que Dieu me les garde).
Je le dédie également à mes frères, mes sœurs et ma famille et à tous mes amis.
En un mot à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.*

Résumé

Ce Travail a pour but de suivre les étapes de traitement des eaux du barrage de Kissir dans la wilaya de Jijel et de contrôler la qualité des eaux brutes de ce barrage ainsi que les eaux traitées. Le traitement est effectué par la station de traitement de kissir. Cette station est aménagée et exploitée par l'Algérienne des eaux (ADE). C'est une station constituée des principales étapes suivantes : dégrillage, aération, coagulation, floculation, Décantation et filtration et enfin une désinfection au chlore. Le suivi du fonctionnement des ouvrages de la station a été fait à l'aide d'un ensemble d'analyses réalisées sur des échantillons d'eaux brutes et traitées. Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques montrent que l'eau potable de la ville de Jijel est de bonnes qualités et les teneurs des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité nationale et internationale.

Mots clés : eau traite, eau brute, station de traitement, norme potabilité.

Abstract

This work aims to follow the stages of water treatment of the Kissir dam in the wilaya of Jijel and to control the quality of the in treated water from this dam as well as the treated water. The treatment is carried out by the Kissir treatment station. This station is managed and operated by Algerian waters. It is a station made up of the following main stages: screening, aeration, coagulation, flocculation, decantation and filtration and finally chlorine disinfection. The monitoring of the operation of the station structures was done using a set of analyzes carried out on samples of raw and treated water. The results of the physico-chemical and bacteriological analyzes show that the drinking water of the city of Jijel is of good quality and the contents of the parameters analyzed meet the norms of local and international potability with the exception of the water of dam because of the presence of total coliforms and turbidity that exceeds the local and international potability standard.

Key words: treated water, raw water, treatment plant, drinking standard.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى متابعة مراحل معالجة مياه سد كيسير بولاية جيجل والتحكم في جودة المياه الخام من هذا السد وكذلك المياه المعالجة. تم العلاج في محطة عالج كيسير. المحطة يتم إدارتها وتشغيلها من قبل الجزائرية للمياه، وهي عبارة عن محطة تتكون من الخطوات الرئيسية التالية: الغربلة، التهوية، التخثر، التلبد، الترسيب، الترشيح، وأخيرا التطهير بالكلور، تمت مراقبة تشغيل هياكل المحطة باستخدام مجموعة من التحليلات التي أجريت على عينات من المياه الخام والمعالجة. تظهر نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية أن مياه الشرب في مدينة جيجل ذات نوعية جيدة وأن محتويات المعلمات التي تم تحليلها تتوافق مع معايير الشرب الوطنية والدولية .

الكلمات المفتاحية: المياه المعالجة، المياه الخام، محطة المعالجة، معايير الشرب.

Liste des figures

Figure 1.1 : Schéma du cycle de l'eau de l'eau.....	2
Figure 2.1 : Localisation du Barrage Kissir.....	20
Figure 2.2 : Localisation de la station de traitement Kissir	21
Figure 2.3 : Ouvrages de la station de traitement de Kissir	22
Figure 2.4 : Instruments installés dans la chambre de mesure.....	24
Figure 2.5 : Dégrilleurs : (a) Mécanique ; (b) Manuelle	25
Figure 2.6 : Cascade d'aération	26
Figure 2.7 : Coagulation, (a) Bassin de coagulation, (b) Agitateur	27
Figure 2.8 : Clarifloculateurs : Zones de floculation et de clarification	28
Figure 2. 9 : Bâche tampon	30
Figure 2. 10 : Filtre gravitaire	32
Figure 2.11 : Lavage des filtres, (a) : Pompe ; (b) : Souffleurs	33
Figure 2.12 : Réservoirs de stockage	34
Figure 3.1 : Points de prélèvement	35
Figure 3.2 : pH mètre	36
Figure 3.4 : Turbidimètre	37
Figure 3.4: Conductimètre	37
Figure 3.5 : Spectrophotomètre disponible au niveau du laboratoire de la station.....	40
Figure 3.6 : Dénombrement des microorganismes, (a) : Boites de Pétri ; (b) : Etuve	41
Figure 3.7 : Système de filtration utilisé pour les analyses bactériologiques.....	42
Figure 3.8 : Réactif de coagulation floculation	43
Figure 3.9 et 3.10 : Balance et plaque chauffant de laboratoire	46

Figure 3.11 : Jar-test	46
Figure 3.12 : Les Réactives de jar-test.....	47
Figure 3.13 : Bac de préparation d'adjuvant	49
Figure 3.14 : les sacs de sulfate d'alumine	51
Figure 4.1 : Variation de Turbidité mois de janvier 2022	57
Figure 4.2 : Variation de Turbidité mois de février2022.....	57
Figure 4.3 : Variation de Turbidité mois de mars 2022.....	57
Figure 4.4 : Variation de Température mois de janvier2022	58
Figure 4.5 : Variation de Température mois de février 2022	58
Figure 4.6 : Variation de Température mois de Mars 2022.....	59
Figure 4.7 : Variation du pH de mois janvier 2022	59
Figure 4.8 : Variation du pH de mois de février 2022.....	60
Figure 4.9 : Variation du pH de mois de Mars 2022	60

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Classification des eaux selon la dureté totale (Berne et Cordonnier, 1991).....	11
Tableau 1.2 : indicateur microbiens courants.....	16
Tableau 1.3 : Normes algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau Potable	17
(JORA ,2014)	
Tableau 2.1 : Caractéristiques de la cascade d'aération	25
Tableau 2.2: Caractéristiques du bassin de coagulation	26
Tableau 2.3 : Caractéristiques du bassin de floculation	28
Tableau 2.4 : Caractéristiques du bassin de décantation	29
Tableau 2.5 : Caractéristiques de la bêche tampon.....	29
Tableau 2.7 : Caractéristiques du filtre gravitaire.....	30
Tableau 2.6 : Constitution du lit granulaire	30
Tableau 2.7 : Caractéristiques du filtre gravitaire.....	31
Tableau 4.1 : Les analyses de la turbidité l'année 2022	54
Tableau 4.2 : les analyses de la température de l'année 2022	55
Tableau 4.3 : les analyses de PH de l'année 2022	56

Liste des abréviations

ADE : algérienne des eaux

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : titre hydrométrique (Dureté totale)

Cl: chlorure

SO₄³⁺: sulfate

NO₂⁻ : nitrites

NO₃⁻ : nitrates

PH: potential hydrogene

AL³⁺: aluminum

NTU: Unité Turbidité Néphélométrique

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre 1 : caractéristique et normes des eaux de consommation

1.1. Introduction.....	3
1.2. La définition de l'eau... ..	3
1.3. Le cycle de l'eau... ..	3
1.4. Propriété de l'eau... ..	4
a. propriété physique... ..	4
b. les propriétés chimiques de l'eau... ..	5
c. propriété biologique de l'eau.....	5
1.5. Ressource hydrique de l'eau... ..	5
a. Eaux souterraines	6
b. Eaux de surface.....	6
c. les eaux de mer et eaux saumâtres... ..	6

1.6. Origine des eaux naturelles...	7
1. Eaux de source, eaux minérales...	7
2. Eaux brutes.....	7
2.1. Catégorie des eaux brutes.....	7
1.7. Contrôle sanitaire de l'eau.....	8
1.8. Les normes de portabilité d'une eau.....	8
1.8.1. Paramètres organoleptiques... ..	8
1.8.1.1. Couleur	9
1.8.1.2. Goût et odeur.....	9
1.8.2 Paramètres physico-chimiques... ..	9
1.8.2.1 Paramètre physique	9
a. Température	9
b. Potentiel Hydrogène (pH)	10
c. Conductivité électrique	10
d. turbidité (Transparence).....	10
8.2.2 Paramètres chimiques	11
a. Dureté totale(TH).....	11
b. Alcalinité	11
c. Différents éléments dissous dans l'eau.....	12
d. Oxygène dissous.....	14
1.8.3 Caractéristiques bactériologiques... ..	15
1.9. Normes de portabilité.....	17
1.10. Conclusion	19

Chapitre 2 : méthode de traitement des eaux a la station kissir sa description

2.1. Présentation du milieu de stage	20
2.1.1 .Description générale du barrage Kissir.....	20
2.1.1.1. Localisation.....	20
2.1.1.2. Destination	20
2.1.2 Description générale de la station de traitement Kissir	21
2.1.2.1. Localisation.....	21
2.1.2.2. Destination	21
2.1.2.3. Caractéristiques techniques de la station	21
2.2. Procédés de traitement	22
2.2.1. Chambre de mesure d'eau brute	23
2.2.2 .Chambre de tranquillisation et dégrilleurs	24
2.2.3. Cascade d'aération.....	25
2.2.4. Bassin de coagulation	26
2.5. Clarifloculateurs.....	27
2.5.1. Flocculation	27
2.5.2. Clarification	28
2.6. Bâche tampon	29
2.7. Filtre gravitaire	30
2.8. Lavage des filtres	31
2.9. Chloration	33

Chapitre 3 : paramètres et analyse des eaux

3.1. Introduction.....	35
3.2. Prélèvement des échantillons	35

3.2.1. Points de prélèvement.....	35
3.2.2. Mode de prélèvement	36
3.3. Contrôle physico-chimique.....	36
3.3.1. Paramètres physiques.....	36
3.3.1.1. PH.....	36
3.3.1.2. Température.....	37
3.3.1.3. Turbidité	37
3.3.1.4. Conductivité électrique.....	37
3.3.2. Paramètres chimiques	38
3.3.2.1. Dureté totale (TH).....	38
3.3.2.2. Chlorures (Cl).....	38
3.3.2.3. Titre alcalimétrique (TA).....	39
3.3.2.4. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	39
3.3.3. Paramètres de pollution	40
3.3.3.1. Ammonium (NH ₄ ⁺).....	40
3.3.3.2. Phosphates (PO ₄ ⁻³)	40
3.3.3.3. Nitrites (NO ₂ ⁻).....	40
3.3.3.4 Nitrates (NO ₃ ⁻)	40
3.4. Contrôle bactériologique.....	41
3.4.1. Microorganismes revivifiables à 22 °C et à 37 °C	41
3.4.2. Escherichia coli et bactéries coliforme	42
3.4.2.1. Méthode par filtration	42
3.5- Les méthodes d'analyse.....	43
A. Coagulation/ floculation (jar test).....	43
B. Calcul du nombre de sac de sulfate d'alumine par rapport à une dose trouvée au laboratoire	

.....	50
C. Calcul de la concentration du bac de sulfate d'alumine.....	51
D. Calcule de débit des pompes doseuses de sulfate d'alumine.....	51
E. Calcule de la concentration de la javel.....	52
3.6. Conclusion	52

Chapitre 4 : Résultats et interprétations

4.1. Suivi de la qualité de l'eau de la station en 2022	53
4.1.1. Interprétation.....	53
4.1.2. Conclusion	61
Conclusion générale.....	61

Introduction générale

Introduction générale :

L'eau est un élément naturel indispensable à la vie. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine, et constitue le patrimoine d'une nation. Il s'agit d'un facteur de production déterminant dans le développement durable. Pour ces raisons, l'homme a appris à maîtriser l'eau, toutefois il la rend impropre et polluée ce qui constitue une véritable menace pour la vie. En effet, sa santé est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaises qualités ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes. De ce fait, on s'inquiète de sa qualité et de ses caractéristiques physico-chimique. En Algérie, en raison de la croissance incessante des besoins en eau douce qui dépassent les ressources naturelles conventionnelles, la mobilisation des eaux superficielles reste l'une des préoccupations capitales des pouvoirs publics (Hadeef et al, 2018).

En Algérie plus qu'ailleurs et aujourd'hui plus qu'hier se pose le problème de cette ressource rare et vitale tant dans sa mobilisation, que de sa protection et sa préservation. Aussi une prise de conscience a débuté dans le monde pour tenter de protéger l'eau contre toutes sources de pollution, mauvaise gestion d'eaux et tous qui présentent un danger à l'eau. Les ressources hydriques de l'Algérie sont limitées, et dépendent essentiellement de l'apport du ciel. Cette situation s'explique d'une part, par une pluviométrie précaire, irrégulière et mal répartie, et d'autre part, par la croissance démographique et ses aléas sur l'accroissement des besoins et la pollution de la ressource. Dans ce cadre interviennent les études hydrologiques des bassins versants pour appréhender le fonctionnement du processus de création de ruissellements en fonction de la pluviométrie et d'identifier quantitativement et qualitativement la ressource pour l'exploiter à bon escient (Boukerroum et Debiche, 2016).

Donc, pour obtenir de l'eau potable, l'eau superficielle puisée nécessite de subir certains traitements définis par des normes de portabilité. Ainsi, nous devons la débarrasser d'impuretés, de bactéries voire même de traces de minéraux trop fortes afin qu'elle devienne potable et qu'elle puisse donc être bue sans risque par l'homme. Pour réaliser ces traitements, la plupart des pays proposent différents types de traitements, d'une part, physico-chimiques avec l'utilisation de la décantation ou d'actions plus complexes telles que l'injection d'ozone ou la floculation. D'autre part, il existe également des procédés biologiques comme la filtration sur sable (Djammaai et Kalloum, 2013).

Dans le but d'avoir mieux de connaissances sur les stations de traitement on a réalisé ce travail qui a pour objectif de vérifier l'efficacité du fonctionnement des ouvrages en suivant la qualité des eaux de surface à l'entrée et à la sortie d'une station de traitement. Cette station est située à kissir wilaya de Jijel.

Pour atteindre mes objectifs, on devra d'une part de bien comprendre le fonctionnement de ladite station, respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'une part disposer d'un certain nombre de moyen technique et humain.

Mon mémoire sera structuré comme suit :

- ✚ **Chapitre 1** : Caractéristique et normes des eaux de consommation
- ✚ **Chapitre 2** : Méthode de traitement des eaux à la station kissir sa description.
- ✚ **Chapitre 3** : Paramètres et analyses des eaux
- ✚ **Chapitre 4** : Résultats et interprétations
- ✚ **Conclusion générale.**

*Chapitre. 1 : Caractéristique
et normes des eaux de
consommation*

1.1. Introduction

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution. Le phénomène de la pollution contribue de façon considérable à la limitation des ressources en eau potable. La dégradation de l'état de l'eau de consommation a différents impacts directs ou indirects sur la santé des populations humaines en contact avec cette eau.

1.2. La définition de l'eau

L'eau est une substance chimique constituée de molécules H_2O . Ce composé est très stable et néanmoins très réactif, et l'eau liquide est aussi un excellent solvant. Dans de nombreux contextes, le terme eau est employé au sens restreint d'eau à l'état liquide, et il est également employé pour désigner une solution aqueuse diluée (eau douce, eau potable, eau de mer, eau de chaux, etc.) (Chaima et Noura, 2020).

L'eau est ubiquitaire sur Terre et dans l'atmosphère, sous ses trois états, solide (glace), liquide et gazeux (vapeur d'eau). L'eau extraterrestre est également abondante, sous forme de vapeur d'eau dans l'espace et sous forme condensée (solide ou liquide) à la surface, près de la surface ou à l'intérieur d'un grand nombre d'objets célestes (Wissam et Dounias, 2021).

L'eau est un constituant biologique important, et l'eau liquide est essentielle pour tous les organismes vivants connus. Compte tenu de son caractère vital, de son importance dans l'économie et de son inégale répartition sur Terre, l'eau est une ressource naturelle dont la gestion est l'objet de forts enjeux géopolitiques (Crini et al, 2007).

1.3. Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (ou cycle hydrologique) est un phénomène naturel qui représente le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eau souterraine et les glaciers. Le « moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui, en favorisant l'évaporation de l'eau, entraîne tous les autres échanges. La science qui étudie le cycle de l'eau est l'hydrologie. Elle peut se décomposer en hydrogéologie, hydrologie de surface, hydraulique urbaine, etc (Lambert, 1996).

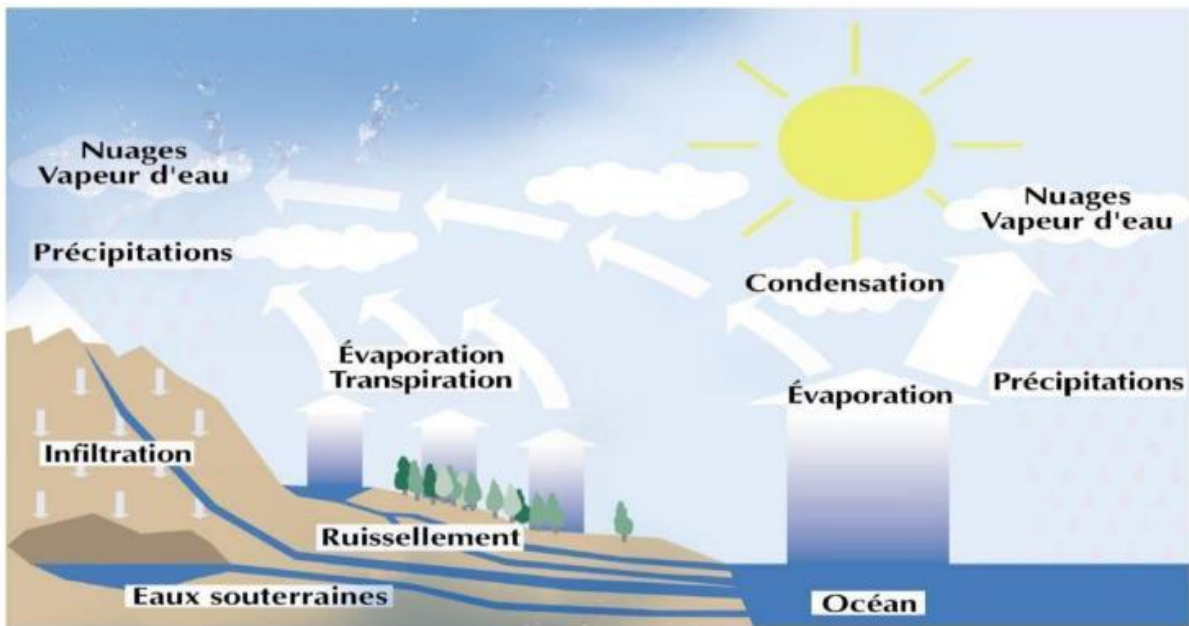


Figure 1.1 : Schéma du cycle de l'eau

1.4. Propriétés de l'eau

L'eau est une substance qui a une forte propension à dissoudre d'autres éléments. De ce fait, elle peut attaquer les parois d'un récipient qui la contient, sculpter des paysages. Elle peut aussi dissoudre des gaz présents dans l'air comme le gaz carbonique ou l'oxygène (oxygène dissous) (Payot, D 2008).

a. Propriétés physiques

Les caractères polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'association possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à bien des anomalies physique que nous signalons brièvement, telles que : (Lounnas, 1955).

- **La Température d'ébullition :**

Anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C (Perrin, 1909).

- **La masse volumique :**

Elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm^3 (Lounnas, 1955).

- **La viscosité :**

Elle diminue lorsque la température croît ; par contre, elle augmente avec la teneur en

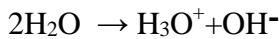
sels dissous .contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures (Chaouch, 2014).

- **La tension superficielle :**

Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface .elle est extrêmement élevée ;égale à 73 erg/cm à 18 °C (Lounnas, 1955).

- **La conductivité électrique**

L'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique :



Elle est exprimée en us/cm (Djammaai et Kalloum 2013).

b. Les propriétés chimiques de l'eau :

L'énergie de formation de la molécule d'eau, 242 KJ/mol et élevée. IL s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette, associé aux propriétés électrique et à la Constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquide polaire, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques. La salvation (ou action hydratant de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatique entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau ; et forage ainsi des nouvelles structure : il se produit une véritable reaction chimique (une salvation complète est une dissolution) (Lounnas, 1955).

c. Propriété biologique de l'eau

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants. Il existe un cycle **biologique**, au cours duquel s'effectue une série d'échanges grâce à l'eau (Payot, 2008).

1.5. Ressource hydriques naturelle

La ressource hydrique, ou ressource en eau, comprend, au sens large, toutes les eaux accessibles comme ressources, c'est-à-dire utiles et disponibles pour l'être humain, les végétaux qu'il cultive, le bétail qu'il élève et les écosystèmes, à différents points du cycle de l'eau. Cette ressource est limitée en quantité et en qualité (surtout en zone sèche). Elle est indispensable à la vie et à la plupart des activités humaines, telles que l'agriculture, l'industrie et aux usages

domestiques (alimentation en eau potable). Elle est vitale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres.

Elle est localement menacée ou très dégradée par la pollution et l'eutrophisation. Il existe dans un nombre croissant de régions une surexploitation de la ressource les détournements ou prélèvements d'eau par pompage et pour l'irrigation sont tels qu'ils dépassent les seuils autorisant le renouvellement et l'autoépuration des masses d'eau superficielles ou des nappes phréatiques (Adel, 2021).

a. Eaux souterraine :

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

Nappe phréatique ou alluviales : peu profondes et alimentées directement par les précipitations pluvieuses ou les écoulements d'eau en dessus.

Nappes captives : plus profondes que les premiers et séparées de la surface par une couche imperméable, l'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures. la nature du terrain sous lequel se trouvent ces eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres, car ils répondent en général aux normes de portabilité, pourtant, ces eaux sont moins sensibles aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants .

Quand une eau souterraine contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente des propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois un traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales (Meziani, 2013).

b. Eaux de surface

Ce type des eaux englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (rivières, lacs, étangs, barrages,...). La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (Chibane, 2013).

c. Les eaux de mer et les eaux de saumâtres

Ces eaux sont caractérisées par une salinité importante. Selon origines (pleine mer, estran, estuaire) les caractéristiques physiques sont très variables : turbidité, matières en suspension, présence de plancton, teneur en sable, pollution par des rejets

urbains ou industriels, influence des fleuves, influence de la marée, température de l'eau, etc. À cause de sa forte concentration en sels, l'eau de mer n'est pas potable et nécessite une importante désalinisation, par contre l'a démontré Alain Bombard le jus extrait des poissons est tout à fait potable (Modéran, 2010).

1.6. Origine des eaux naturelles

a. Eaux de source, eaux de minérales

Les eaux dites « de source » sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine ; on parle alors d'eau potable .En Europe, les seuls traitements qu'il est permis de leur appliquer sont l'aération, la décantation et la filtration .Aux Etats-Unis, les traitements sont acceptés. Les eaux naturellement gazeuses, qui contiennent du dioxyde de carbone dissous, peuvent également être gazéifiées avant d'être embouteillées.

-les eaux minérales naturelles, possèdent des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées une eau peut être qualifiée en France de que si elle a été reconnue comme bénéfique pour la santé par l'académie de médecine et le ministère de la santé. En ce sens, c'est un aliment. Elle est d'origine profonde et de composition physico-chimique constante dans le temps, et satisfait à des exigences microbiologiques plus strictes que les autres eaux destinées à la consommation humaine (À l'émergence).

Certaines eaux très fortement minéralisées dépassent les critères législatifs de minéralisation tolérées pour les eaux brutes. Par extension, et certains composants tels que le fluor et les sulfates n'étant bénéfiques pour la santé qu'à faibles doses, il arrive qu'elles soient qualifiées de « non potable » (Mouchet et Taleb ,2017).

b. Eaux brutes

L'eau brute est celle qui se trouve dans l'environnement, qui n'a pas été traitée et possède tous ses minéraux, ions, particules, bactéries ou parasites. L'eau de pluie, l'eau souterraine, celle des puits d'infiltration et des réservoirs comme les lacs et les rivières sont des eaux brutes (Lounnas ,1955).

2.1. Catégorie des eaux brutes :

Les eaux brutes sont classées en trois catégories, selon l'intensité du procédé :

- Bonne qualité : traitement physique simple et désinfection (dans une « chambre de contact»).

- Qualité moyenne : traitement normal physique, chimique et désinfection
- Qualité médiocre : traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection (Sawadogo, 2018).

1.7. Contrôle sanitaire de l'eau :

La qualité de l'eau potable est soumise à deux types de contrôle : un contrôle officiel, ponctuel, qui relève de compétence des pouvoirs publics ; il porte sur l'ensemble du système de distribution : points de prélèvement, stations de traitement, réservoirs et réseaux de distribution. Une auto surveillance permanente par les exploitants de leur services de distribution la qualité du réseau influe aussi celle de l'eau selon son intégrité : Quand un réseau fuit, en cas de dépression, c'est l'eau de la nappe superficielle, éventuellement polluée ou chargée de microbes indésirables qui peuvent pénétrer dans le réseau (Ali, 2016).

1.8. Les normes de potabilités d'une eau

L'eau pure n'existe pas à l'état naturel, C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable. Actuellement dans le monde plus de 4 millions de personnes meurent encore chaque année à cause d'une eau non potable et 885 millions n'y ont pas accès. Il est donc important de connaître les différentes normes et indicateurs de potabilité et de qualité afin de sensibiliser les personnes en charge de la gestion de l'eau sur l'importance du contrôle de la qualité de l'eau afin d'éviter autant de maladies et de mortalité. Elle doit ainsi répondre à de nombreux critères pour permettre à chacun de boire une eau sans aucun risque pour la santé. Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très stricte dictée par le Ministère de la Santé et le Conseil Supérieur du secteur d'Hygiène Publique.

Ces normes varient en fonction de la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau destinée à la consommation humaine ou d'une eau industrielle. A ce jour, il existe 63 critères de potabilité de l'eau, que l'on peut regrouper en 5 grands paramètres.

1.8.1 Paramètres organoleptiques

Ils concernent la couleur, le goût, la transparence (la turbidité) et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation.

1.8.1.1 Couleur

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité (Chelli et Djouhri ,2013).

1.8.1.2 Goût et Odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréables. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, émanent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés purement organoleptiques (Chelli et Djouhri ,2013).

1.8.2 Paramètres physico-chimiques

1.8.2.1 Paramètre physique

a) Température

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles. Elle est accélérée la croissance de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables, ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité dans le cas de température supérieur à 15°C.

En rapport avec les normes de potabilités de l'eau fixées journal officiel de la république algérienne (JORA) l'eau est : excellente lorsque la température varie entre 20 et 22°C ; passable lorsque la température oscille dans l'intervalle de 22 à 25°C (JORA, 2014).

b) Potentiel Hydrogène (pH)

C'est une mesure de l'activité des ions H^+ et OH^- contenus dans une eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérés comme acide et inversement. Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent un pH situé entre 6,5 et 9,5 (OMS, 2006). Il diminue en présence de la matière organique et augmentent en saison sèche, quand l'évaporation est élevée.

c) Conductivité électrique

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissous. Son unité est exprimée en ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Elle permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (Tardat et Beaudry, 1984).

La classification des eaux en fonction de la conductivité se présente de la manière suivante :

- Conductivité égale à $0.05\mu\text{S}/\text{cm}$: eau déminéralisée ;
- Conductivité de 10 à $80\mu\text{S}/\text{cm}$: eau de pluie ;
- Conductivité de 80 à $100\mu\text{S}/\text{cm}$: eau peu minéralisée ;
- Conductivité de 300 à $500\mu\text{S}/\text{cm}$: eau moyennement minéralisée ;
- Conductivité de 1000 à $3000\mu\text{S}/\text{cm}$: eau saline ;
- Conductivité supérieure à $3000\mu\text{S}/\text{cm}$: eau de mer (Rodier, 2009).

d) Turbidité (Transparence)

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes,...) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi pollutions qui troublent l'eau. Avec un appareil (turbidimètre) on mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur.

On mesure la turbidité par la méthode normalisée NTU (Néphélobimétrie Turbidité Unit) par spectrométrie, c'est à dire mesure de l'absorption de la lumière par l'eau.

- $\text{NTU} < 5 \Rightarrow$ eau claire.
- $\text{NTU} < 30 \Rightarrow$ eau légèrement trouble.
- $\text{NTU} > 50 \Rightarrow$ Eau trouble.

Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse) (Pierre, 2006).

8.2.2 Paramètres chimiques

a) Dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations des ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux). Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium. Elle s'exprime en milliéquivalents de concentration en $CaCO_3$. Elle est aussi très souvent donnée en degrés Français (Rodier, 2009). Les eaux peuvent être classées suivant la dureté totale indiquée dans le tableau 2.

Tableau 1.1 : Classification des eaux selon la dureté totale (Berne et Cordonnier, 1991)

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

b) Alcalinité

A l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier, 2009). Elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC).

Le TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate. $TA = [OH^-] + \frac{1}{2} [CO_3^{2-}]$

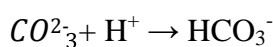
La TAC assure la détermination de la teneur en hydrogencarbonates.

$$TAC = [OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$$

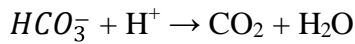
La plupart des eaux naturelles ont un $pH < 8,5$ et les bicarbonates sont la seule substance alcaline présente. En effet, une solution "pure" de bicarbonates a un $pH \sim 8,3$.

Certaines eaux souterraines contiennent aussi des carbonates (CO_3^{2-}) et les eaux industrielles peuvent contenir d'autres bases faibles comme de l'ammoniaque et même des bases fortes comme les alcalis (OH^-) Leur pH est alors supérieur à 8,3.

Le cas des carbonates est particulier car leur neutralisation s'effectue en deux étapes :



(Étape terminée à $pH \sim 8,3$ puisqu'on est alors en présence d'une solution de bicarbonates).



(Étape terminée à pH~ 4,5 puisqu'on est alors en présence d'une solution de gaz carbonique).

- PH < 8,3 : Alcalinité seulement attribuable aux bicarbonates TAC = $[HCO_3^-]$
- PH > 8,3 : TAC mesure la somme des alcalis libres, des carbonates et des bicarbonates. TAC = $[OH^-] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$
-

c) Différent éléments dissous dans l'eau

❖ Éléments majeurs

Les éléments majeurs dissoutes dans une eau naturelle provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds, ...): le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en certains éléments.

• Calcium

Le calcium est l'élément chimique de numéro atomique 20, de symbole Ca. C'est un métal alcalino-terreux gris-blanc et assez dur. Il n'existe pas à l'état de corps pur dans la nature. C'est le cinquième élément le plus abondant de la croûte terrestre (GUERRAICHE 2017).

• Magnésium

Le magnésium est l'élément chimique de numéro atomique 12, de symbole Mg. Le magnésium est un métal alcalino-terreux. Il s'agit du neuvième élément le plus abondant de l'univers. Il est le produit, dans de grandes étoiles vieillissantes, de l'addition séquentielle de trois noyaux d'hélium à un noyau carboné.

• Potassium

Le potassium est l'élément chimique de numéro atomique 19, de symbole K (du latin kalium). C'est un métal alcalin mou, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté, que l'on trouve naturellement lié à d'autres éléments dans l'eau de mer et dans de nombreux minéraux. Il s'oxyde rapidement au contact de l'air et réagit violemment avec l'eau. Il ressemble chimiquement au sodium.

• Sulfate

Le **sulfate** est un sel de l'acide sulfurique. Il désigne à la fois l'anion SO_4^{2-} et à tout composé qui contient cet ion. Plus : Dans l'air, les **sulfates** se présentent sous la forme de particules microscopiques (aérosols) et proviennent de l'utilisation de combustibles fossiles et de biomasse contenant du soufre.

- **Chlorure**

Dans le domaine de la chimie ou de la qualité de l'eau ou de l'air, le terme chlorure désigne : l'ion chlorure Cl^- : c'est un atome de chlore chargé d'un électron supplémentaire ; c'est un ion négatif (anion), dit halogénure ; un atome de chlore ayant gagné un électron (Mendham, 2005).

- **Sodium**

Le sodium est l'élément chimique de numéro atomique 11, de symbole Na (du latin natrium). Le corps simple sodium est un métal mou, de couleur argentée et très réactif, qui fait partie des métaux alcalins. On ne rencontre pas le sodium sous cette forme dans la nature, mais il est très abondant sous la forme de composés chimiques, notamment dans le sel de cuisine où il est couplé à un atome de chlore (Milanovic, 2020).

- **Nitrites**

Les nitrites sont des anions naturellement présents dans l'environnement. Ils peuvent aussi venir de la transformation des nitrates en nitrites au sein de l'organisme. Il en existe plusieurs sortes comme les nitrites de potassium ou les nitrites de sodium (Philippon, 2021).

- **Nitrates**

Substances chimiques naturelles qui entrent dans le cycle de l'azote. Le nitrate est beaucoup utilisé dans les engrais inorganiques et les explosifs, comme agent de conservation des aliments et comme substance chimique brute dans divers procédés industriels.

Le nitrate représente la plus stable des deux formes de l'azote, mais sous l'action microbienne, il peut être réduit en nitrite (NO_2^-), qui est la forme la plus toxique. Il est présent à l'état naturel partout dans l'environnement. Il est le produit de l'oxydation de l'azote de l'atmosphère (représente 78%) par les microorganismes des plantes, du sol ou de l'eau et, dans une moindre mesure, par les décharges électriques comme la foudre (IDRISSI, 2006).

- ❖ **Éléments indésirables ou toxiques**

❖ Fer

Le fer est l'élément chimique de numéro atomique 26, de symbole Fe.

Le corps simple est le métal et le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie quotidienne, le plus souvent sous forme d'alliages divers. Le fer pur est un métal de transition ductile, mais l'adjonction de très faibles quantités d'éléments additionnels modifie considérablement ses propriétés mécaniques. Allié au carbone et avec d'autres éléments d'additions il forme les aciers, dont la sensibilité aux traitements thermomécaniques permet de diversifier encore plus les propriétés du matériau (Bihouix et Guillebon, 2020).

❖ Manganèse

Le manganèse est l'élément chimique de numéro atomique 25, de symbole Mn. Le corps simple est un métal de transition (Bounar et Moussaoui, 2016).

❖ Métaux lourds

Les métaux lourds sont généralement définis comme des éléments métalliques naturels dont la masse volumique est supérieure à 5000kg/m^3 . Ils sont présents naturellement dans notre environnement et utilisés massivement dans l'industrie. Généralement émis sous forme de très fines particules, ils sont transportés par le vent et se disséminent dans les sols et les milieux aquatiques, contaminant ainsi la flore et la faune, et se retrouvant dans la chaîne alimentaire.

Certains métaux sont essentiels à l'organisme, d'autres n'ont aucune fonction biologique. Mais même indispensables, ils peuvent s'avérer toxiques à forte concentration ; mais leur toxicité ne dépend pas seulement de cette concentration, elle est aussi fonction de leur spéciation, c'est-à-dire de la forme chimique sous laquelle ils sont présents dans notre environnement. Focus sur les métaux lourds les plus toxiques et les moyens de les éviter. (Amir et Ferial, 2021).

❖ Matière organique

La matière organique est la matière fabriquée par les êtres vivants. La matière organique compose leurs tissus. Elle compose la biomasse vivante et morte au sein d'un cycle décomposition/biosynthèse où une part de cette matière est fossilisée, minéralisée ou recyclée dans les écosystèmes et agroécosystèmes.

d) Oxygène dissout

Le terme oxygène dissous est communément employé pour "dioxygène dissous". Lorsque l'on parle de cette mesure on fait exclusivement référence à l'oxygène moléculaire (O₂). Le dioxygène dissous est indispensable car il intervient dans la plupart des processus biologiques qui permettent la vie, sur terre comme en mer. La concentration en oxygène dissous dans l'eau résulte de paramètres physiques (température, salinité, mélange de la masse d'eau), chimiques et biologiques : échanges à l'interface terre-mer (gain ou perte), diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau, photo-oxydation (perte), respiration des organismes aquatiques (perte), nitrification (perte), photosynthèse (gain). En son absence ou en dessous de certaines concentrations, des conséquences pouvant aller jusqu'à la mort des espèces vivantes sont observées. (Géosciences, 2020).

1.8.3 Caractéristiques bactériologiques

De nombreux micro-organismes (bactéries, virus et parasites) sont présents dans les eaux naturelles superficielles et, à un degré moindre, dans les eaux souterraines. Certains peuvent être pathogènes pour l'homme (A R S d'Auvergne, 2014).

Leur présence dans les eaux de consommation est le plus souvent liée à :

- Un état de dégradation chronique ou accidentel de la qualité de la ressource en eau (pollution, épisode pluvieux et infiltration d'eau de ruissellement...);
- Une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captage d'eau ;
- Une défaillance du traitement de désinfection ;
- Une contamination du réseau au cours du transport et/ou du stockage de l'eau (temps de séjour important ou stagnation dans les réseaux de distribution, défaut d'entretien des canalisations et des réservoirs, entrée d'eau parasite, retour d'eau...).

La présence de micro-organismes dans l'eau de consommation peut engendrer un risque à court terme pour la santé de la population qui l'utilise. Les conséquences dépendent de la sensibilité des personnes exposées (enfants en bas âge, personnes âgées, personnes immunodéprimées...), de la nature des germes pathogènes en présence mais aussi de leur concentration.

Parmi ces microorganismes on peut présenter dans le tableau 1.2 quelques indicateurs microbiens courants et causes possibles de leur présence dans l'eau potable.

Tableau 1.2 : indicateurs microbiens courants (Verhille, 2013).

Indicateur Microbien	Cause possibles de la détection de l'indicateur.	Concentration maximale admissible (CAM) ou valeur de référence ²⁵ .
E. coli	<ul style="list-style-type: none"> Contamination fécale récente, présence possible d'organismes pathogènes. 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune unité formatrice de colonie (UFC) détectable dans 100 ml.
Coliformes fécaux	<ul style="list-style-type: none"> Traitement et désinfection inadéquats, recolonisation bactérienne ou infiltration dans le réseau de distribution. 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune UFC détectable dans 100 ml d'eau traitée.
Coliformes totaux	<ul style="list-style-type: none"> Leur présence dans l'eau sortant de la station de traitement indique une grave défaillance du système de traitement 25. Leur présence dans l'eau du réseau de distribution (prélevée ailleurs qu'à la sortie de la station de traitement) indique une vulnérabilité à la contamination ou une recolonisation bactérienne du réseau 25. Elle n'est pas nécessairement liée à une contamination fécale. 	<ul style="list-style-type: none"> Aucune UFC détectable dans 100 ml à la sortie de station de traitement. Ailleurs dans le réseau de distribution, elle dépend de la fréquence des prélèvements et de la taille du réseau 25.
Numération des bactéries Hétérotrophes (NBH)	<ul style="list-style-type: none"> Un pic de NBH dans la eau sortant de la station de traitement peut indiquer un problème dans le traitement ou un changement de qualité à la source avant de même le traitement. Un pic de NBH dans le réseau de distribution indique qu'il pourrait y avoir une recolonisation bactérienne. 	<ul style="list-style-type: none"> La valeur et la plage de référence sont à chaque réseau et dépendent des caractéristiques du site.

1.9. Normes de potabilité

Les normes définissant la potabilité de l'eau fixent les seuils limites de présence de certaines substances nocives ou indésirables qui peuvent se trouver dans l'eau :

- Certains éléments doivent être totalement absents de l'eau pour qu'elle soit jugée potable, comme les agents pathogènes (virus, bactéries...) qui présentent un risque important pour la santé.
- D'autres éléments font l'objet de seuils maximaux d'admissibilité, comme par exemple les nitrates, les pesticides ou les métaux lourds.

Ces critères sont déterminés selon les connaissances scientifiques et le risque acceptable déterminé et évoluent dans le temps. L'eau est à ce jour la denrée alimentaire la plus réglementée, et elle fait donc l'objet de nombreux traitements pour être conforme avant d'arriver aux consommateurs (Guerzou, 2008).

Tableau 1.3 : Normes algériennes des paramètres physico-chimique pour l'eau Potable
(JORA ,2014)

	Norme	Paramètre unité	Algérienne
Physico-chimie			
1	PH	*	6,5-5,8
2	Salinité	g/l	1
3	Conductivite	µs/cm	3125
4	Température	C	*
5	Turbidité	NTU	8
6	Oxygène dessous	mg/l	5
7	TDS	mg/l	*
Examens préliminaires			
8	Résidu sec a 1050C	mg/l	2000
9	Titre alcalimétrique simple	mg/l CaCO ₃	*
10	Titre alcalimétrique complet	mg/l CaCO ₃	*
11	Matière en suspension	mg/l	ABS
12	Dureté total	mg/l CaCO ₃	500
13	Oxydant résiduel	mg/l	*

14	Couleur	mg/l	25
Contrôle de la pollution			
15	Ammonium	mg/l	0,5
16	Nitrite	mg/l	0,1
17	Nitrates	mg/l	50
18	Ortho-phosphates	mg/l	0,5
19	Indice permanganate	mg/l	3
Minéralisation			
20	Calcium	mg/l	200
21	Magnésium	mg/l	150
22	Fer total	mg/l	0,3
23	Manganèse	mg/l	0,3
24	Aluminium	mg/l	0,2
25	Co2-total	mg/l	*
26	Co2-libre dissous	mg/l	*
27	Bicarbonates	mg/l	*
28	Carbonates	mg/l	*
29	Silice	mg/l	20
30	Chlorure	mg/l	500
31	Sulfate	mg/l	400
Bactériologie			
32	Germes totaux à 37°c	g/l	10
33	Coliforme totaux	g/100ml	0
34	Coliformes fécaux (E. Coli)	g/100ml	0
35	Streptocoques fécaux	g/100ml	0
36	Clostridium sulfite réducteur	g/100ml	0

1.10. Conclusion

Ce présent chapitre a bien marqué d'une part, les différents types des eaux destinées à la consommation des habitants. D'autre part, les principales caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques ayant pour but l'évaluation de la qualité des eaux potables. Finalement, les normes exigées par les autorités ont été mentionnées.

*Chapitre. 2 : Méthode de
traitement des eaux à la
station kissir sa description*

2.1. Présentation du milieu de stage

2.1.1 .Description générale du barrage Kissir

2.1.1.1. Localisation

Le barrage de KISSIR est un barrage en terre qui se situe à 09 km à l'Ouest de la ville de JIJEL et à 06 km à l'Est de la localité d'EL-Aouana en suivant la route nationale RN-43 (JIJEL-BEJAIA). L'axe du barrage se situe à moins de 1 km de la mer et à environ 300 m en amont du nouveau pont routier sur l'Oued KISSIR.



Figure 2.1 : Localisation du Barrage Kissir

2.1.1.2. Destination

L'aménagement du barrage Kissir a pour but de mobiliser les ressources hydriques du bassin hydrographique de l'Oued Kissir qui représente une superficie de 107 km² en vue de satisfaire les besoins en eaux potables et en eaux d'irrigation des plaines côtières de la ville de Jijel et ses localités environnantes. Le volume régularisé de la retenue soit de 48 Hm³ (million de mètre cube) donne la possibilité d'assurer :

- 36 Hm³ /an pour l'AEP ;
- 12 Hm³ /an pour l'irrigation des plaines côtières.

2.1.2 Description générale de la station de traitement Kissir

2.1.2.1. Localisation

La station de traitement Kissir est située à la wilaya de Jijel, Daïra et commune d'EL Aouana. Elle est située approximativement à 200 m au nord du barrage Kissir. L'axe de la station se situe à moins de 600 km de la mère.



Figure 2.2 : Localisation de la station de traitement Kissir.

2.1.2.2. Destination

La réalisation des ouvrages d'alimentation en eau potable d'une capacité de 100 000 m³ /jour est destinée pour l'alimentation en eau potable des villes de Jijel et d'EL-Aouana pour un volume de 36 Hm³ et une population près de 415 000 habitants. Soit une dotation de 200 l/j/hab estimée à l'horizon 2030.

2.1.2.3. Caractéristiques techniques de la station

- Cote du niveau dans le bassin : 17,8 m (cascade) ;
- Débit journalier nominal : 100 000 m³ / jour ;
- Cote du plan d'eau traité : 7,48 m ;
- Chaîne de traitement : Aération - dégrillage - coagulation/floculation – clarification.

2.2. Procédés de traitement

L'eau du barrage Kissir ne peut être consommée à son état brut car elle contient des constituants nocifs sur la santé. En effet elle doit passer par la station de traitement pour subir le traitement de potabilisation approprié. L'eau brute du barrage de Kissir est traitée dans la station de traitement Kissir par une chaîne d'ouvrages différents et successifs, où chacun de ces derniers a un rôle spécifique de la dépollution de l'eau brute.



- | | |
|---|--|
| 1 : Dégrilleurs et chambre de tranquillisation. | 8 : Réservoirs $4 \times 5000\text{m}^3$. |
| 2 : Cascade d'aération. | 9 : Station de pompage. |
| 3 : Bassin de coagulation et la bêche tampon. | 10 : Local électrique. |
| 4 : Clarification. | 11 : Salon d'honneur. |
| 5 : Bâtiment des filtres | 12 : Stockage chimique. |
| 6 : Epaisseurs. | 13 : Dosage chimique. |
| 7 : Local déshydratation. | 14 : Bâtiments existants. |

Figure 2.3 : Ouvrages de la station de traitement de Kissir.

2.2.1 Chambre de mesure d'eau brute

C'est le premier ouvrage à l'entrée de la station de traitement. Elle est équipée d'une vanne de régulation automatique et d'un débitmètre électromagnétique, ce qui assure le passage de débits mesurés selon exigence.

L'eau brute s'écoule gravitairement vers la station de traitement au moyen de deux Conduites DN 900mm lorsque le niveau de barrage est élevé par rapport au niveau de la station.

Des injections de produits chimiques sont envisagées sur les lignes qui passent par la chambre de mesure :

1- Le premier produit chimique est l'hypochlorite de calcium dissous (au moyen de pompes doseuses).

2- La deuxième injection de produits chimiques vise la régulation du pH de l'eau brute à une valeur comprise entre 6,5 et 8,5 ; il s'agit de l'acide sulfurique et de la chaux. Après l'injection des produits chimiques, des instruments sont installés sur les conduites d'entrée d'eau brute pour mesurer les caractéristiques suivantes :

- Turbidité (néphélogéométrie (NTU)) est mesurée par le turbidimètre.
- Conductivité est mesurée par le conductimètre.
- PH est mesuré par le pH-mètre.
- Température est mesurée à l'aide des sondes.
- Débit d'entrée est mesurée par un débitmètre électromagnétique. La figure 4 représente les instruments qui sont installés dans la chambre de mesure.

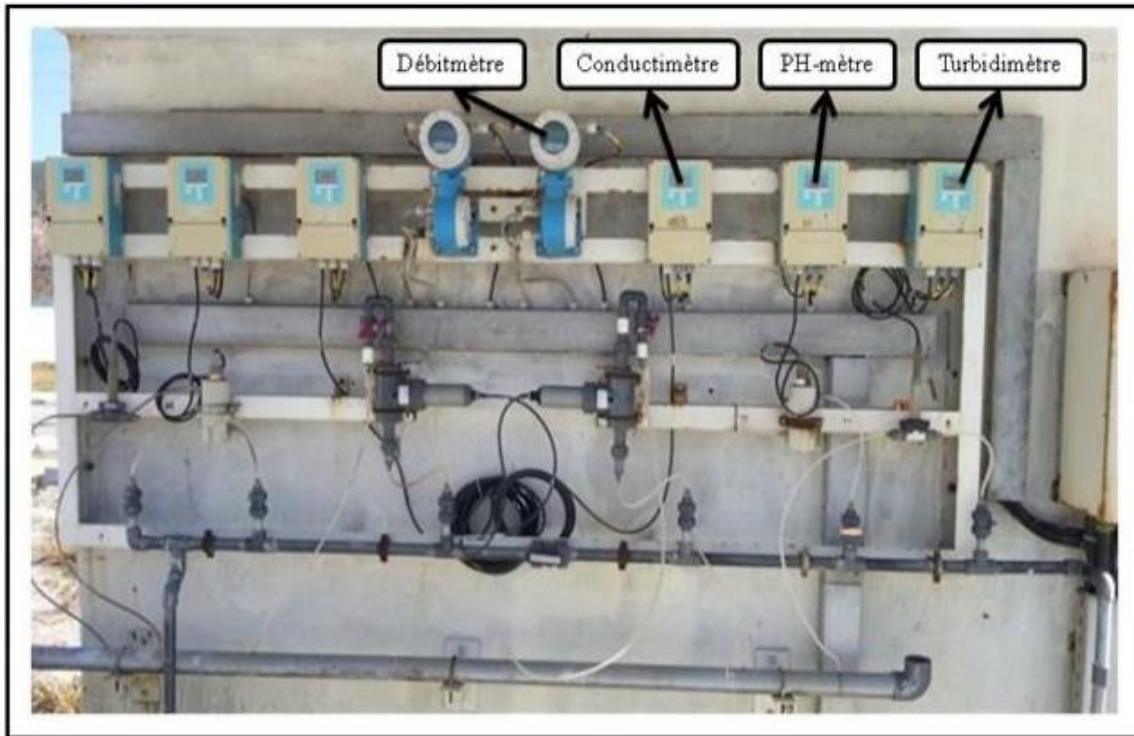


Figure 2.4 : Instruments installés dans la chambre de mesure

2.2.2 .Chambre de tranquillisation et dégrilleurs

La chambre de tranquillisation réduit la vitesse d'écoulement d'eau, avant d'arriver aux dégrilleurs. Le système de dégrillage consiste au passage de l'eau brute par des canaux en béton armé équipés de grilles (deux grilles mécaniques (service), et une manuelle DM102 (mise en standby)). Chaque canal est équipé de deux vannes murales, une en amont de la grille, et l'autre en aval, ce qui permet d'isoler n'importe quel canal en cas de besoin.

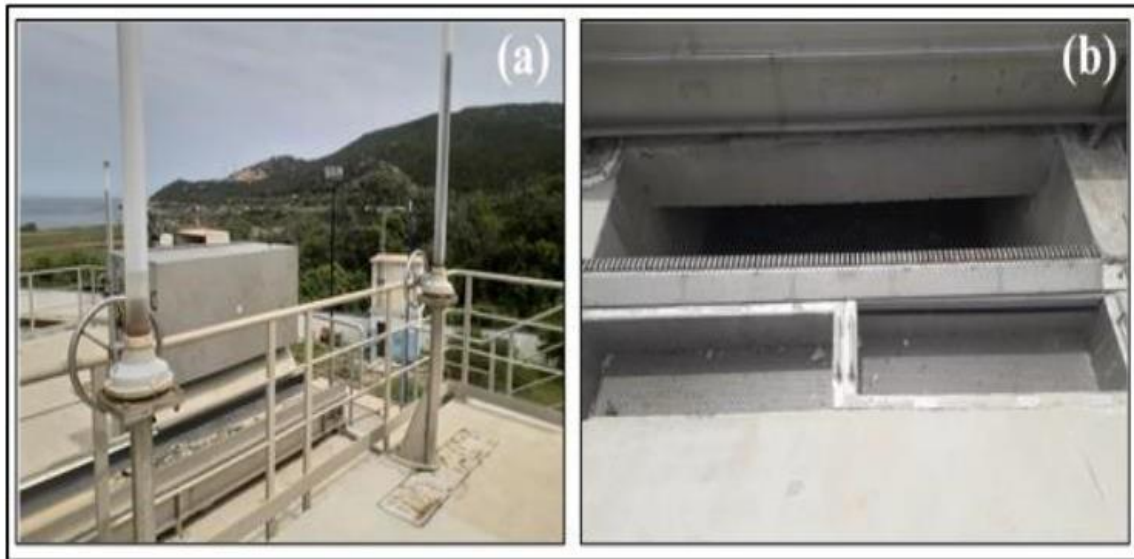


Figure 2.5 : Dégrilleurs : (a) Mécanique ; (b) Manuelle.

2.2.3. Cascade d'aération

L'eau brute coule gravitairement des dégrilleurs à la cascade d'aération, où elle subit une oxydation du fer et du manganèse et s'enrichit à la fois en oxygène dissous. Ce qui sert à :

- Transformer la matière en suspension en composé minérale.
- Précipiter les éléments indésirables à l'état soluble.
- Evacuer le CO₂ en excès et autres gazes issus des réactions d'anaérobiose.
- Augmenté la teneur en oxygène de l'ordre de 70% de la saturation.
- Eliminer l'odeur ainsi que la saveur indésirable.

Les caractéristiques de la cascade d'aération sont regroupées dans le tableau 1.

Tableau 2.1 : Caractéristiques de la cascade d'aération.

Diamètre extérieur D	14,60m
Nombre de marche considérée	4
Hauteur total de la cascade H	2,1m
Hauteur de chaque marche h	1,3m
Surface requise	167,44m ²
Largeur de chaque marche	1,3m

La figure suivante présente une image de la cascade d'aération de la station de Kissir



Figure 2.6 : Cascade d'aération.

2.2.4. Bassin de coagulation

L'eau aérée, est menée à travers une conduite DN 1200 vers le bassin de coagulation, dont la fonction principale est de mélanger le coagulant chimique ajouté à l'eau qui est d'un volume de 76 cm³ avec un temps de rétention de (30 - 60 sec), et dont le débit d'entrée est de 4200 m³/h.

La coagulation consiste à ajouter à l'eau un électrolyte permettant de neutraliser les charges négatives qui sont à l'origine du maintien en suspension stable. Le coagulant ajouté à l'eau brute est le Sulfate d'Aluminium (Al₂(SO₄)₃·8.18H₂O).

Tableau 2.2 : Caractéristiques du bassin de coagulation.

Type	Cylindre en béton armé.
Diamètre	4,6 m
Hauteur	5,1 m
Volume de l'ouvrage	76,4 m ³
Temps de séjour	60 secs
Produit chimique injecté	Sulfate d'alumine (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·8.18H ₂ O) Charbon actif.
Agitateur rapide	Marque SERECO

L'image suivante montre clairement le bassin de coagulation ainsi l'agitateur utilisé.

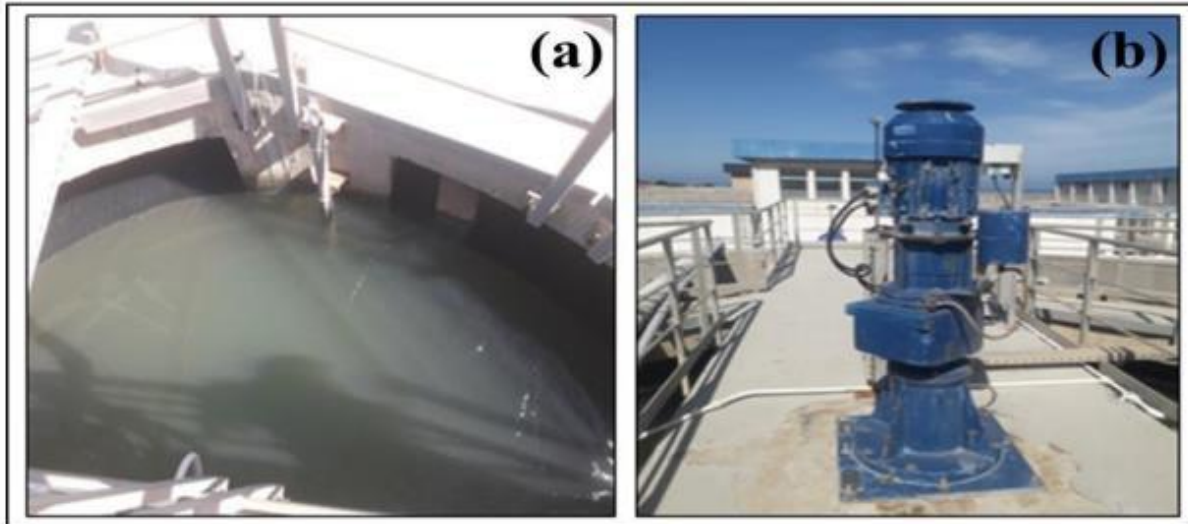


Figure 2.7 : Coagulation, (a) Bassin de coagulation, (b) Agitateur.

2.5. Clarifloculateurs

D'une manière générale, la clarification-floculation est un procédé physico-chimique permettant l'élimination de particules en suspension de très petit diamètre (colloïdes) qui représentent les particules ayant un diamètre variant entre 10^{-8} m et 10^{-5} m. Le clarificateur se caractérise par des charges hydrauliques lentes (vitesse ascensionnelle limitée, recommandée inférieure à 0,6 m/h) et par un retour rapide des boues décantées (faible temps de séjour). La station Kissir possède trois clarificateurs, chacun reçoit un débit de $1501 \text{ m}^3/\text{H}$.

2.5.1. Floculation

Chaque clarifloculateur comprend une zone de floculation, située juste autour de la colonne centrale. Elle est équipée d'agitateurs qui tournent relativement lentement pour ne pas briser les flocons qui ont été formés dans le bassin de coagulation, et augmenter leurs tailles aussi bien que leur poids. Tout cela pour que les flocons soient aptes à se déposer en un temps moindre (30 min). Mais ces agitateurs sont suffisamment rapides pour assurer le grossissement progressif des flocons et éviter la sédimentation en précoce (décantation). L'ajout de flocculant provoque une

accélération de l'agglomération des particules colloïdales. Le floculant ajouté est un polymère, qui joue le rôle de colle entre les colloïdes flocons.

Tableau 2. 3 : Caractéristiques du bassin de floculation.

Hauteur libre	0,5 m
Diamètre.	4 m
Temps de séjour	30 minutes
Volume de l'ouvrage	823 m ³
Surface	153 m ²
Profondeur de l'eau	5,35 m
Produit chimique injecte	Polymère

2.5.2. Clarification

L'eau floculée passe dans la zone de clarification à travers les ouvertures inférieures du mur qui sépare les deux zones. Cette zone permet de prolonger le chemin d'écoulement d'eau et force la boue qui a été formée dans la zone de floculation à se décanter. Le clarifloculateur est équipé d'un dispositif de raclage de boue, afin d'assurer la circulation régulière de boue sans turbulence excessive, Celle-ci est transférée à travers la vanne télescopique qui permet une aspiration de boues par une différence de niveau, graviterement vers le puisard. Celle-ci boue, puis au réservoir répartiteur des épaisseurs au moyen des pompes. La figure suivant présente les zones de floculation et clarification.

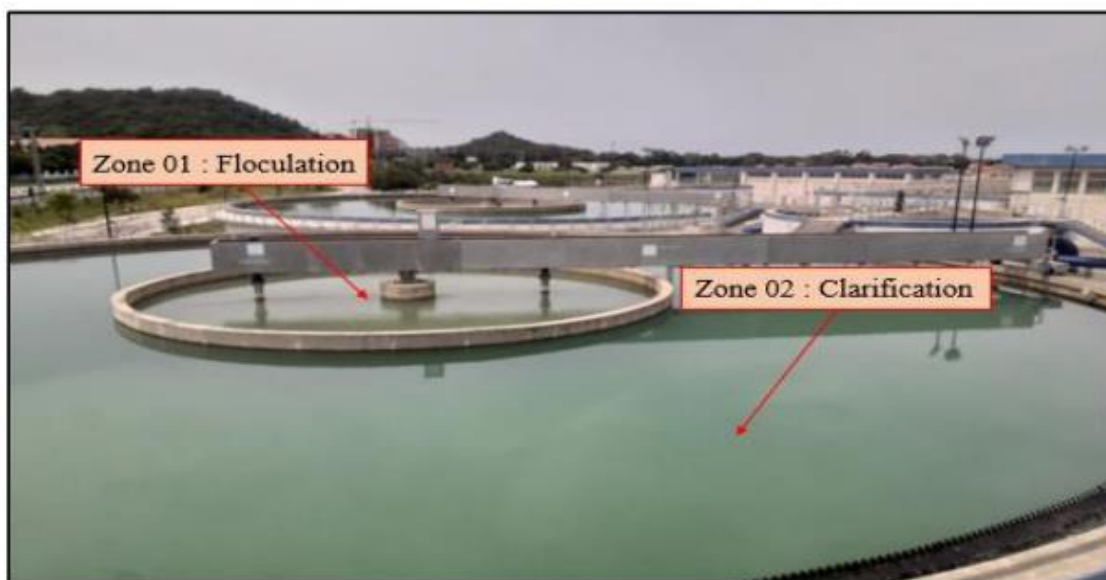


Figure 2.8 : Clarifloculateurs : Zones de floculation et de clarification.

Le tableau suivant regroupe les différentes caractéristiques du bassin de décantation.

Tableau 2.4 : Caractéristiques du bassin de décantation.

Surface	974m ²
Diamètre	38m
Hauteur libre	0,5m
Profondeur de l'eau	4m
Volume de l'ouvrage	4500m ³
Temps de séjour	150min
Pont de racler	à traction périphérique puissance : 0,37 KW

2.6. Bâche tampon

L'eau clarifiée coule gravitaire dans des conduites DN 700 mm vers la bâche tampon dont l'avantage principal est de réduire les conduites d'interconnexions, et envoyer l'eau clarifiée aux filtres gravitaires par une seule conduite DN 1400mm.

Tableau 2.5 : Caractéristiques de la bâche tampon.

Diamètre	4,60m
Profondeur de l'eau	4m
Hauteur de libre	1,0m
Surface	16,6m ²
Volume	83m ³
Temps de séjour	5min

La figure 2.9 montre une photo de Bâche tampon



Figure 2. 9 : Bâche tampon.

2.7. Filtre gravitaire

La filtration est une technique de séparation d'un mélange solide-liquide à travers un milieu poreux « filtre » qui retient les particules solides et laisse passer le liquide « filtrat ». Dans la station, on utilise la technique de filtration sur lit granulaire, son fonctionnement consiste à laisser passer l'eau à filtrer à travers un lit filtrant constitué de matériaux granulaires, en retenant les matières en suspension dans les espaces intergranulaires. La hauteur du lit granulaire est de 1000 mm. Répartie dans l'ordre ascendant comme suit : (Anthracite, Sable, Gravillon). Sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 2. 6 : Constitution du lit granulaire

Matière	Epaisseur (cm)	Granulométrie (mm)
Anthracite	20	0,5 – 2
Sable	50	0,8 – 1,2
Gravillon	10	3 - 6
	10	6 - 9
	10	9 – 12

La station de Kissir dispose de 8 filtres rassemblés dans une seule construction. Les caractéristiques de chaque filtre sont regroupées dans le tableau suivant.

Tableau 2.7 : Caractéristiques du filtre gravitaire.

Quantité	8 (7 service / 1 lavage)
Quantité de cellule	1 cellule/filtre
Vitesse de filtration	5,3 m ³ /m ² .h
Surface de cellule	119 m ²
Largeur	9 m ²
Longueur l	13 m

Le principe de fonctionnement du filtre consiste à l'écoulement à niveau variable. L'eau arrive aux filtres gravitaires à travers des conduites DN 500 mm branchées sur la conduite principale provenant de la bêche tampon. Elle coule ensuite dans des canaux qui déversent uniformément aux cellules de filtration, ce qui permet de chasser les impuretés contenues dans l'eau, et collecter par le fond. L'eau filtrée est stockée dans le réservoir de stockage d'eau de lavage, situé en dessous des filtres, qui à une capacité totale de 833 m³ celui-ci assure la disponibilité de l'eau de lavage des filtres.

Chaque filtre est équipé de :

- Vanne d'entrée ;
- Vanne de sortie et débitmètre électromagnétique ;
- Vanne d'entrée d'eau de lavage ;
- Deux vannes d'entrée d'air ;
- Vanne de sortie d'eau de lavage ;
- Vanne de sortie d'eau de rinçage ;
- Transmetteur de niveau à ultrason.

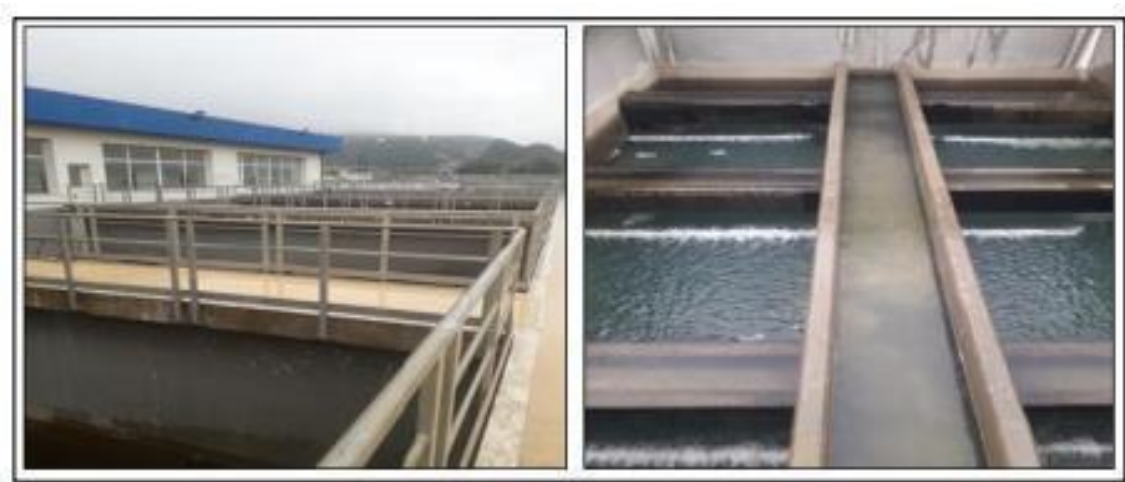


Figure 2. 10 : Filtre gravitaire.

2.8. Lavage des filtres

L'eau filtrée est stockée dans le réservoir de stockage de l'eau de lavage qui a une capacité totale de 833 m^3 . Celui-ci assure la disponibilité de l'eau de lavage des filtres. Le lavage d'un filtre se fait séparément à l'air (par injection d'air des soufflantes (2 service + 1 standby)) et par l'eau (par pompes de lavage (2 service + 1 standby)). L'eau salée résultante du lavage des filtres coule gravitairement vers le réservoir de stockage d'eau sortie de lavage de capacité totale 3500 m^3 . La matière en suspension sera séparée du surnageant à l'aide du déversoir de 1m de hauteur. On envoie la boue de lavage au réservoir répartiteur des épaisseurs au moyen des pompes, et le surnageant au bassin de coagulation pour recyclage.

Les étapes de lavage des filtres sont les suivantes :

- ♣ Abaissement jusqu'à 20 cm du plan d'eau dans le filtre ;
- ♣ Injection de l'air pendant 5 mn à raison de 50 m^3 par m^2 par heure ;
- ♣ Injection de l'eau et de l'air pendant 3 mn avec une seule pompe de lavage (1470 m^3 par heure) ;
- ♣ Injection de l'eau seule pendant 7 mn avec un débit de 2940 m^3 par heure ;
- ♣ Durée totale du lavage : 15 mn ;
- ♣ Rinçage : pendant 5 mn pour rétablir la couche filtrante ;
- ♣ Fréquence de lavage : une fois par jour ou bien tous les $15\,000 \text{ m}^3$ d'eaux filtrées.



Figure 2.11 : Lavage des filtres, (a) : Pompe ; (b) : Souffleurs

2.9. Chloration

L'usine de chloration est un système contrôlé par dépression constitué d'ensemble de pompes (pompe de pré chloration et pompes post-chloration) que refoulent l'eau à un éjecteur de chlore, où le gaz de chlore est mélangé avec l'eau, puis injecté par les diffuseurs. La chloration est effectuée dans des systèmes séparés. Un pour la pré-chloration à l'entrée de la station, et un autre système pour la post-chloration (il sert à l'élimination des microbes résiduels lors de la pré-chloration). La Chloration se fait sur la conduite d'eau traité ($\Phi=1200$ mm) menant aux réservoirs de stockage (4×5000 m³).



Figure 2.12 : Réservoirs de stockage.

La qualité d'eau traitée est contrôlée à la sortie par la mesure des quatre paramètres

- La turbidité : par un turbidimètre, elle doit être inférieure à 5 NTU ou 1 NTU ;
- La conductivité : par un conductimètre ;
- Le pH : par un pH-mètre, il doit être compris entre 6,5 et 8,3 ;
- La concentration du chlore : par une chlorométrie, elle doit être aux environs de 0,6 mg/L.

*Chapitre. 3 : Paramètres et
analyses des eaux*

3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons décrire les principales méthodes de dosage qui permettent de déterminer, les caractéristiques physico-chimiques des eaux de consommation de la ville de Jijel. Tous les échantillons d'eaux que nous allons tester sont prélevés à partir des différents ouvrages de la station.

3.2. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté, les conditions et aussi l'échantillon doit être homogène et représentatif.

3.2.1. Points de prélèvement

Les prélèvements journaliers pour le dosage de paramètre physico chimique (T° cond, turbidité, pH) ont été effectués sur 13 points dans les différents ouvrages de la station. Les prélèvements mensuels pour le dosage des paramètres physico-chimique et bactériologique (chaque semaine) sont effectués pour les eaux brutes et traitées. La figure 3.1 récapitule les points de prélèvements des eaux au niveau de la station.

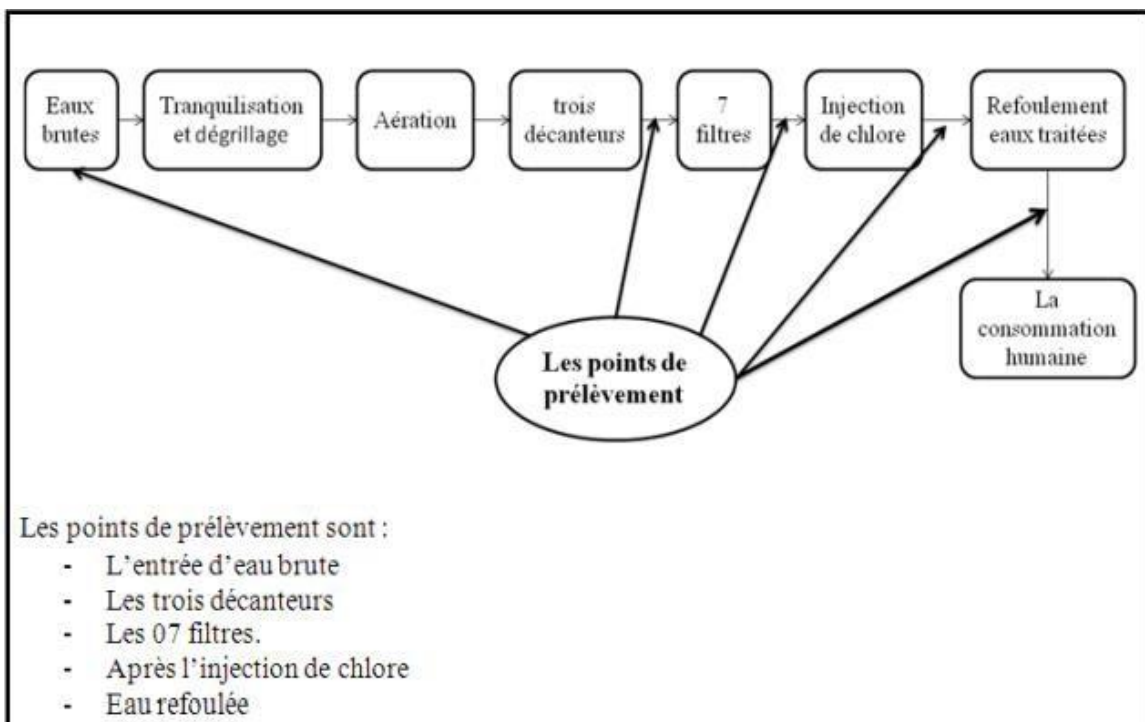


Figure 3.1 : Points de prélèvement.

3.2.2. Mode de prélèvement

Les échantillons d'eau sont recueillis dans des flacons bien lavés, le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière à 4 °C. Lorsque les échantillons sont conservés, ils sont mis au réfrigérateur. Avant de procéder aux opérations analytiques, il est essentiel que toutes les dispositions soient prises, telles que l'homogénéisation au moment du dosage.

3.3. Contrôle physico-chimique

La station dispose d'un laboratoire physico-chimique, son rôle est d'assurer des analyses et des essais chimiques des échantillons d'eau.

3.3.1. Paramètres physiques

3.3.1.1. PH

La mesure de pH est effectuée par jour en utilisant la méthode électrique avec électrode en verre.

- Etalonner le pH mètre avec une solution tampon ;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée ;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon ;
- Procéder à une agitation ;
- Faire la lecture après stabilisation du pH à une température de 20°C.

Les mesures sont exprimées en unités de pH.



Figure 3.2 : pH mètre.

3.3.1.2. Température

La température ($^{\circ}\text{C}$) est déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre incorporé au pH mètre, étalonné chaque semaine.

3.3.1.3. Turbidité

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre de type HACH LANGE 2100AN IS. Une cuve UV visible propre et bien essuyée est remplie de l'échantillon à analyser.

Après, elle est placée dans le turbidimètre pour effectuer la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air dans la cuve. La mesure est obtenue directement en NTU.



Figure 3.3 : Turbidimètre.

3.3.1.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique est déterminée par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre.



Figure 3.4: Conductimètre.

3.3.2. Paramètres chimiques

3.3.2.1. Dureté totale (TH)

La dureté ou titre hydrométrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations métalliques principalement calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). En utilise au niveau de la station KISSIR la méthode volumétrique pour la détermination du calcium et du magnésium. Le titrage molaire des ions calcium et magnésium est effectué avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir Eriochrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur (Rodier, 2009).

3.3.2.2. Chlorures (Cl^-)

Pour détermination des chlorures en utilise la méthode volumétrique (Rodier, 2009). La réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement après addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates, qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

3.3.2.3. Titre alcalimétrique (TA)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} .

- Placer 100 mL l'eau à analyser dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 3 gouttes de phénophtaléine à 0,5 % de couleur rose ;
- Titrer avec d'une solution l'HCl jusqu'à disparition de la couleur.

Le calcul du Titre Alcalimétrique est basé sur l'expression suivante :

$$\text{TA} = (\text{NHCl} * \text{VHCl} * 1000) / 100$$

- TA : Titre Alcalimétrique en meq/L ;
- VHCl: Volume en mL de la solution d'HCl;
- NHCl: Concentration en meq /L d'HCl.

3.3.2.4. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau

- Placer 100 mL d'eau à analyser dans un erlenmeyer ;
- Ajouter 3 gouttes de méthyle d'orange à 1% ;
- Titrer avec de solution de HCl jusqu'au virage de couleur au jaune orange.

La détermination du titre Alcalimétrique complet est faite par l'expression suivante :

$$\text{TAC} = (\text{NHCl} * \text{VHCl} * 1000) / 100$$

- TAC : Titre Alcalimétrique en meq ;
- VHCl: Volume en mL de la solution d'HCl utilisé pour le titrage ;
- NHCl: Concentration en meq/L d'HCl.

3.3.3. Paramètres de pollution

3.3.3.1. Ammonium (NH₄⁺)

La mesure de la teneur de cetélémenest déterminée par la mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (Rejsek, 2002).

Nous avons dosé l'azote ammoniacal en suivant la norme ISO N°7150 en utilisant le spectrophotomètre U.V visible DR 2800.



Figure 3.5: Spectrophotomètre disponible au niveau du laboratoire de la station

3.3.3.2. Phosphates (PO_4^{3-})

Sont déterminées par la formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. La réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (Rodier, 2009).

Nous avons dosé les phosphates en suivant la norme ISO N° 6878 par utilisation du spectrophotomètre U.V visible DR 2800.

3.3.3.3. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediaminedichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm (Rejsek, 2002).

Nous avons dosé les nitrites en suivant la norme ISO 5667 en utilisant le spectrophotomètre U.V visible DR 2800.

3.3.3.4 Nitrates (NO_3^-)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique (Rejsek, 2002).

Nous avons dosé les nitrates en suivant la norme T90-012 en utilisant le spectrophotomètre U.V visible DR 2800.

3.4. Contrôle bactériologique

Les analyses bactériologiques sont effectuées au niveau du laboratoire de la station à savoir la recherche des germes suivants. L'échantillon doit toujours être prélevé dans des récipients stériles.

3.4.1. Microorganismes revivifiables à 22 °C et à 37 °C

Cette méthode de recherche et de dénombrement des microorganismes est basée sur le comptage des colonies à 22°C et à 37°C.

- Porter aseptiquement 1 ml d'eau (échantillon) en double dans deux boites de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage. Compléter ensuite avec environ 19 ml de gélose T.G.E.A (Tryptone Glucose Extract Agar) fondue puis refroidie à $45 \pm 2^\circ\text{C}$. Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on a distribué l'inoculum dans la boite et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 minutes ;
- Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, sur une surface fraîche et horizontale ;
- Laisser solidifier les boites sur paillasse, puis ajouter une deuxième couche d'environ 5 mL de la même gélose ou de gélose blanche. Les boites seront partagées en deux séries distinctes :
- La première série sera incubée à $22 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 68 ± 4 heures ;
- La seconde série à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

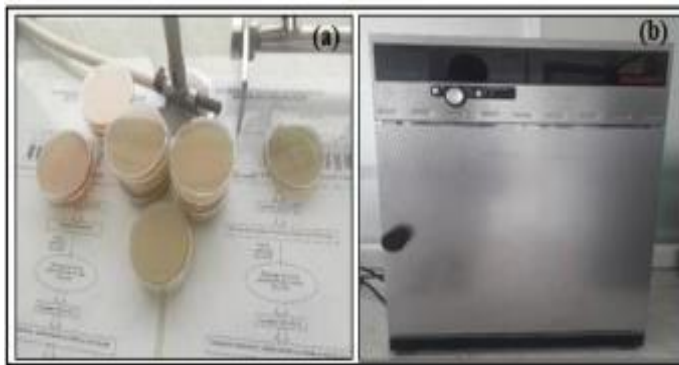


Figure 3.6 : Dénombrement des microorganismes, (a) : Boites de Pétri ; (b) : Etuve

3.4.2. Escherichia coli et bactéries coliforme

3.4.2.1. Méthode par filtration

Il s'agit d'une méthode de référence selon les normes NF (ISO 9308-1) qui consiste en la recherche et le dénombrement des Escherichia Coli et des bactéries coliformes éventuellement présentes dans les eaux destinées à la consommation humaine, par comptage des colonies obtenues en milieu solide après 24 à 48 heures d'incubation en aérobiose à $36\pm 2^\circ\text{C}$ puis à $42\pm 2^\circ\text{C}$.

Il consiste à filtrer 100 à 250ml d'eau à analyser selon les types d'eau à analyser, devant un bec bunsen à travers une membrane qui sera placée dans un premier temps sur une plaque de gélose TSA à la caséine à incuber couvercle en bas d'abord à $36\pm 2^\circ\text{C}$ pendant 4 à 5 heures puis transférer la membrane sur gélose TBA enrichie en sels biliaries à incuber à $44\pm 0,5^\circ$ pendant 19 à 20 heures. Cette méthode sert à la recherche sélective des Escherichia coli (Normes NF).



Figure 3.7 : Système de filtration utilisé pour les analyses bactériologiques

3.5- Les méthodes d'analyse :

A. Coagulation/ floculation (jar test):



Figure 3.8 : Réactif de coagulation floculation

1. Objet :

Déterminer en laboratoire les doses optimales des coagulants et floculants à injecter à l'eau pour obtenir le meilleur rendement des décanteurs pulsateurs.

2. Domaine d'application :

La présente méthode d'essai est limitée à de la «traitabilité» des eaux brutes

Pour production d'eau potable.

3. Principe :

A des volumes identiques d'eau à traiter, injecte des quantités croissantes de coagulant de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau de meilleure qualité possible.

Une fois la dose optimale de coagulant obtenue, à des volumes identiques d'eau (avec dose optimale de coagulant) à traiter, on injecte des quantités croissantes de floculant de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau clarifiée de meilleure qualité possible.

4. Réactifs et matériels :

Réactifs :

10g de sulfate d'alumine.....> Eau distillée

10ml de la solution mère.....> 100ml Eau distillée

La solution fille de coagulant est à préparer le jour même de l'essai, à une concentration de 10 g/l (sulfate d'alumine)

Floculant «poly électrique »

0.500g de floculant... > 100 ml eau distillée

1 ml de la solution mère.....> 100 ml eau distillée

La solution mère de floculant (à une concentration de 5 g/l) et la solution fille de floculant à une concentration de 50 g/l) sont à préparer le jour même de l'essai.

Matériels :

- _ Un chronomètre erse contenances (1 litre, 100 ml)
- _ Une floculation de laboratoire avec six béccher de floculation
- _ Un siphon (d 0.51 pour récupérer les échantillons siphons
- _ Des pipettes graduées
- _ Un pH mètre
- _ Un turbidimètre
- _ Un spectrophotomètre
- _ Un conductimètre
- _ Une balance analytique : précision 0.100 mg

A. Première étape :

- On remplir les 6 bicher avec de l'eau à analyser.
- On injecte de doses croissantes de coagulant de façon à déterminer la dose permettant d'obtenir une eau meilleur qualité possible.
- On démarre l'agitation à 180 tour/minutes pendant 2 (agitation rapide)
- On redémarre l'agitation à 40 tour/minutes pendant 18 minutes (agitation lent)
- Après les 20 minutes on relève les pales des agitateurs.

- Le temps de décantation est de 45 minutes.
- On prélève 0.5 litre dans chaque bécher avec un siphon et on fait les mesures :

*Turbidité

*pH

*Conductivité

*Température

B. Deuxième étape :

- On remplit les 6 becher avec de la même eau à analyser.
- On injecte de dose optimale de sulfate dans chaque bécher.
- On démarre l'agitation à la vitesse de 180 tour/minutes pendant 90 secondes
- On arrête l'agitation et on injecte le flocculant le plus rapidement possible.
- On redémarre l'agitation à 80 tour/minutes pendant 30 secondes.
- On réduire la vitesse 40 tour/ minutes pendant 19 minutes et 30 secondes.
- On relève les hélices.
- On fait les paramètres :

*Turbidité

*pH

*Conductivité

*Température

On trace les courbes de turbidité en fonction de la dose de coagulant



Figure 3.9 : Balance et plaque chauffant de laboratoire

C. Jar test :



Figure 3.10 : Jar-test

1. Objet :

Détermination en laboratoire des taux de traitement à appliquer à une eau brute pour obtenir le meilleur fonctionnement de la station de traitement.



Figure 3.11 : Les Réactives de jar-test

Produit pour jar-test :

_ Coagulant

Sulfate d'alumine : $Al_2(SO_4)_3$

Solution mère à 100g/l

25 g de sulfate d'alumine.....> 250 ml'eau distillée

25 ml de la solution mère.....> 250 ml eau distillée

1 ml de la solution fille correspond à 10 ml g/l de sulfate d'alumine.

Cette solution doit être préparée immédiatement avant l'essai de floculation.

_ Adjuvant

Solution mère à 5 g/l

1.25 g d'adjuvant >250ml eau distillée

5 ml de la solution mère.....>250ml eau distillée

1 ml da la solution fille correspond à 0.1 g/l d'adjuvant.

Cette solution est stable pendant **8 jours**

_ Détermination de la dose sulfate d'alumine (coagulant) :

Mode opératoire :

- Prélever de l'eau brute dans un seau ou dans une cuve ayant une capacité de 15 à 20 litres.

- Placer les béchers sur le flocculateur, et descendre les hélices d'agitation au fond des béchers.
- Mettre en route le moteur, et faire tourner à la vitesse la plus rapide.
- Prendre la solution de sulfate à 10 g/l, et au moyen d'une pipette de 10 ml introduire des quantités croissantes de cette solution dans les **06** béchers :
(Ex : 3 ml, 4 ml, 4.5ml, 5 ml, 6ml, 7ml)
- Après 3 min, ralentir la vitesse d'agitation, de façon à ce que les hélices tournent à une vitesse de 40 tr/ min.
- Après 20 min de temps total, ralentir la vitesse, puis arrêter le moteur et sortir toutes les bêche d'agitation.
- Laisser déposer 10 minutes et, avec un siphon recourbé, siphonner la moitié de la hauteur d'eau dans le bêche indiquer sur la feuille « Essais de floculation » le temps de décantation et la hauteur d'eau siphonnée.

Mesurer :

- pH
- La turbidité

Turbidité : 7,58 NTU

conductivité : 223 us/cm

PH : 7,38

Température : 12

N de bêche	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Dose de sulfate d'AL mg/l	14	16	18	20	22	24
Turbidité eau décante après 20 min	7.60	4.76	4.31	3.80	3.83	3.60

La Dose optimale du coagulant sulfate d'Aluminium : 16 mg/l

N de bécher	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Dose de sulfate d'AL mg/l	16	16	16	16	16	16
Dose du polymère	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
Turbidité eau décantée après 20 min	5.10	3.17	2.24	2.73	2.05	1.03

La Dose optimale du flocculant polymère : 0.07 mg/l

Interprétation :

Le choix de la dose optimale du sulfate d'alumine sera porté sur les valeurs acceptables de la turbidité et du pH des eaux siphonnées.

_ Détermination de la dose d'adjuvant (flocculant) :



Figure 3.12 : Bac de préparation d'adjuvant

Le but du flocculant est d'augmenter la grosseur du floc, ainsi que sa vitesse de décantation. Avec la dose optimale de sulfate d'alumine obtenu précédemment en ajoute des doses croissante d'adjuvant.

- Prendre 06 Bécher de 1 litre, les remplir avec de l'eau brute, on les place dans le flocculateur, en introduit la dose choisi de sulfate d'alumine dans chaque bécher.

Suivantes :

(EX : 0.5 ml, 1ml, 1.5ml, 2ml, 2.5ml, 3ml,)

- Placer les béccher sur le flocculateur et descende les hélices d'agitation au fond des béccher.
- Tourne à la vitesse la plus rapide (150 tours/min) pendant 3 min.
- Tourne à la vitesse de (50tours/min) pendant 17min.
- Laisser déposer 10 min et siphonner la moitié de 1 eau des béccher.

Mesurer :

- La turbidité

Interprétation :

Le choix de la dose optimal sulfate d'alumine et l'adjuvant sera porté sur les valeurs acceptables de la turbidité des eaux siphonnées.

B. Calcul du nombre de sac de sulfate d'alumine par rapport à une dose trouvée au laboratoire :

EX : la dose trouvée au laboratoire = 22g/m^3

Entrée station = $3100\text{m}^3/\text{h}$

Temps de chaque équipe = $8\text{h}/1000$ pour convertir de g au kg

Poids d'1 sac de sulfate d'alumine = 50kg

Nbre de sac de sulfate d'alumine/équipe = $22*3100*8/1000/50$



Figure 3.1 : les sacs de sulfate d'alumine

C. Calcul de la concentration du bac de sulfate d'alumine

Capacité du bac de sulfate d'alumine = 10m^3

Poids d'1 sac de sulfate d'alumine = 50kg

La concentration du bac de sulfate d'alumine = $(\text{Nbre de sac} \times 50) / 10$

$$C = \frac{m}{v} = \frac{m}{h \times L \times L}$$

$$C = \frac{3000}{3,5 \times 4 \times 3,25}$$

$$C = 65,93 \text{ kg/m}^3$$

D. Calcul de débit des pompes doseuses de sulfate d'alumine

Débit pompe $\times [C] = \text{dosage} \times \text{débit station}$

$$Q_P = \frac{\text{dosage} \times \text{debit station}}{\text{concentration}}$$

$$Q_P = \frac{12 \times 3100}{65,93}$$

$$Q_P = 564 \text{ l/h}$$

E. Calcul de la concentration de la javel

$$[C] = \frac{m}{v}$$

$$V = 3,14 \times R^2 \times N$$

1cm \rightarrow 29 litre

$$V = 3,14 \times 0,96^2 \times 1\text{m}$$

17cm \rightarrow X

$$M = 17\text{cm} \times 29 = 74936\text{g}$$

$$V = 2,8293\text{m}^3$$

$$[C] = \frac{74936}{2,8293}$$

$$[C] = 26,5 \text{ g/m}^3$$

Conclusion

Ce chapitre a eu pour objectif de donner une idée en premier lieu sur les prélèvements effectués au niveau des ouvrages de la station afin de suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution et l'évolution de la qualité bactériologique. En deuxième lieu, de décrire les méthodes de dosage effectués au niveau du laboratoire ainsi que des méthodes de détermination de la demande en chlore et de la dose optimale du coagulant.

*Chapitre. 4 : Résultats et
interprétations*

1.1 Introduction :

Durant mon stage pratique au sein de la station de traitement de Jijel j'ai suivi la qualité de l'eau à travers les ouvrages de la station, de son arrivée du barrage jusqu'à sa sortie vers le consommateur. Les tableaux où sont reportés les résultats des analyses de la turbidité et température et pH de l'année 2022 que les responsables de la station ont mis à ma disposition, ainsi que les mois de janvier, février et mars de l'année 2022 sont en annexe.

Dans la suite de ce chapitre, on exposera en premier le suivi des paramètres suivants :

- Turbidité

- pH

Avec : EB : eau brute

ET : eau traité

4.2. Suivi de la qualité de l'eau de la station en 2022

Tableau 4.1 : Les analyses de la turbidité l'année 2022

Désignation Turbidité /Mois	Turbidité NTU					
	Mois de janvier		Mois de février		Mois de mars	
Date	EB	ET	EB	ET	EB	ET
1	5,59	0,8	5,87	0,3	2,49	0,49
2	5,38	0,49	6,22	0,35	2,45	0,32
3	5,41	0,84	6,25	0,4	2,33	0,46
4	6,38	0,8	6,3	0,7	2,33	0,33
5	6,77	0,82	8,3	0,35	2,62	0,42
6	6,33	0,31	7	0,44	2,72	0,64
7	6,14	0,49	7	0,8	2,99	0,65
8	7,44	0,98	6,3	0,34	2,91	0,6
9	7,63	0,67	4,39	0,31	2,77	0,63
10	7,06	0,81	4,21	0,45	2,81	0,32
11	7,36	0,81	3,96	0,4	2,52	0,21
12	6,78	0,59	4,24	0,3	2,51	0,23
13	6,78	0,45	3,87	0,2	2,13	0,32
14	6,6	0,35	3,82	0,4	1,93	0,45
15	6,11	0,68	4,11	0,9	2,14	0,27
16	6,17	0,41	3,65	0,3	2,16	0,31
17	5,34	0,84	3,92	0,4	2	0,24
18	5,02	0,54	3,76	0,9	3,12	0,5
19	5	0,95	3,61	0,3	3,11	0,42
20	5,38	0,97	3,49	0,4	3,22	0,55
21	5,01	1	3,02	0,5	3	0,58
22	5,08	1	2,67	0,3	1,59	0,49
23	4,35	0,53	3,34	0,4	3,81	0,32
24	4,48	0,48	3,38	0,5	2,35	0,89
25	4,5	0,45	3,27	0,3	3,61	0,4
26	4,28	0,52	3,1	0,26	3,85	0,61
27	4,54	0,54	2,71	0,36	3,59	0,75
28	5,02	0,41	2,4	0,3	3,74	0,44
29	4,63	0,75			2,75	0,82
30	4,21	0,51			3,03	0,73
31	4,3	0,65			3,72	0,66

Tableau 4.1 : Les analyses de la Température(c°) l'année 2022

Désignation Température/mois	Température(c°)					
	Mois de janvier		Mois de février		Mois de mars	
Date	EB	ET	EB	ET	EB	ET
1	11,1	12,2	10,5	11	11,2	11,9
2	12	12,5	11	11,3	12	12,4
3	11,5	12,3	10,5	11,2	12	12,4
4	12	12,3	10,5	11,5	11,8	12,3
5	11	12	11	11,2	11,5	12
6	11	11,9	11	11,5	11,5	12,1
7	11	11,8	10,5	11,3	11,5	12
8	11,5	12,4	11	11,3	11	11,5
9	10,5	11,4	11	11,6	11,8	12,2
10	10,5	11,2	10,8	11,6	11,4	12,1
11	10,5	11,2	11	11,6	11,2	12,3
12	11	11,2	11	11,5	11,5	12,1
13	11	11,2	11	11,5	11,6	12,2
14	11	11,4	11,2	11,9	11,1	12,2
15	10,5	11,2	11,1	12,2	11,1	12,2
16	10,6	11,1	11	12	11,8	12,3
17	10,5	11,2	11,2	11,8	10,5	11
18	10,5	11,2	11,2	11,8	11	11,5
19	10	11	12	12,2	11	11,6
20	12	12,5	12	12,5	11,2	11,8
21	12	12,5	11	11,6	11,2	11,9
22	11,5	12	11,2	11,7	11	12
23	11,5	12	11,3	11,8	11,5	12,1
24	12	12,5	11,2	11,9	11,6	12,2
25	12	12,4	11,5	12,1	11,7	12,4
26	11,3	11,6	11,4	12	11	12
27	12	12,5	11,2	11,8	10,8	11,9
28	11	11,8	11,2	11,6	10,7	11,8
29	12	12,5			10,6	11,6
30	10,5	11			10,5	11,5
31	10,6	11,2			10,4	11,4

Tableau 4.1 : Les analyses de PH l'année 2022

Désignation ph/mois	PH					
	Mois de janvier		Mois de février		Mois de mars	
Dates	EB	ET	EB	ET	EB	ET
1	7,57	7.6	7,6	7,4	7,91	7,87
2	7,53	7.63	7,51	7,63	7,97	7,73
3	7,6	7.74	7,6	7,54	7,71	7,9
4	7,58	7.5	7,6	7,65	7,91	8,08
5	7,54	7.62	7,89	7,88	7,64	7,81
	7,44	7.59	7,8	7,95	7,79	7,86
7	7,64	7.81	7,74	7,87	7,58	7,72
8	7,59	7.65	7,77	7,86	7,73	7,93
9	7,71	7.72	7,82	7,76	7,76	7,82
10	7,7	7.83	7,9	7,89	7,72	7,85
11	7,94	7.96	7,88	7,95	7,47	7,67
12	7,92	7.82	7,88	7,94	7,5	7,62
13	7,77	7.95	7,8	7,9	7,78	7,98
14	7,89	7.99	7,89	7,98	7,72	7,77
15	7,54	7.62	7,54	7,67	7,85	7,84
16	7,57	7.64	7,96	8,03	7,6	8,03
17	7,5	7.58	7,89	7,99	7,78	7,82
18	7,7	7.57	7,82	7,84	7,62	7,98
19	7,68	7.67	7,8	7,99	7,54	7,63
20	7,58	7.63	7,65	7,72	7,67	7,74
21	7,57	7.55	7,57	7,60	7,7	7,76
22	7,56	7.6	7,8	7,9	7,75	7,82
23	7,55	7.62	7,65	7,7	7,65	7,72
24	7,54	7.68	7,69	7,72	7,80	7,85
25	7,53	7.7	7,72	7,75	7,85	7,90
26	7,7	7.72	7,75	7,80	7,90	7,95
27	7,72	7.75	7,78	7,85	7,95	7,99
28	7,92	7.93	7,95	7,98	7,78	7,86
29	7,94	7.95			7,76	7,92
30	7,89	7.99			7,73	7,80
31	7,82	7.88			7,6	7,7

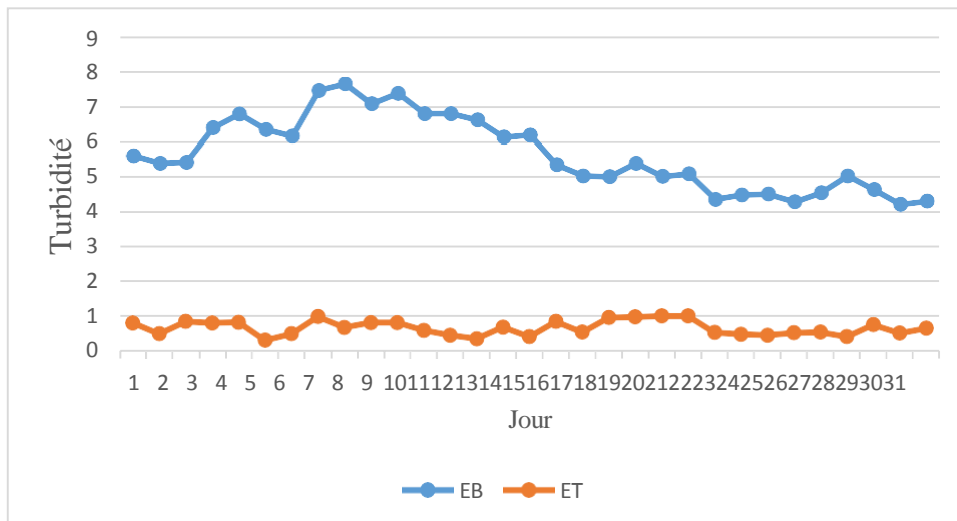


Figure 4.1 : Variation de Turbidité mois de janvier 2022

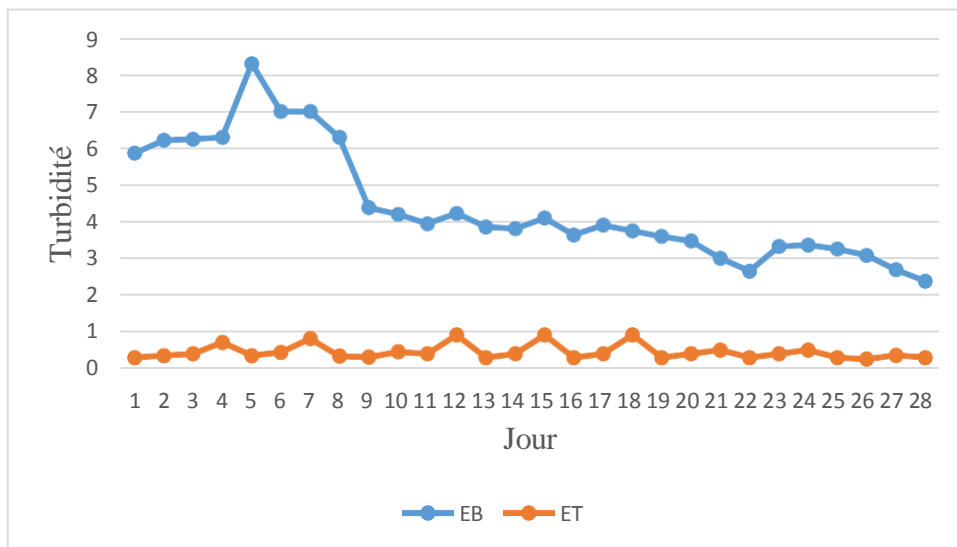


Figure 4.2 : Variation de Turbidité mois de février 2022

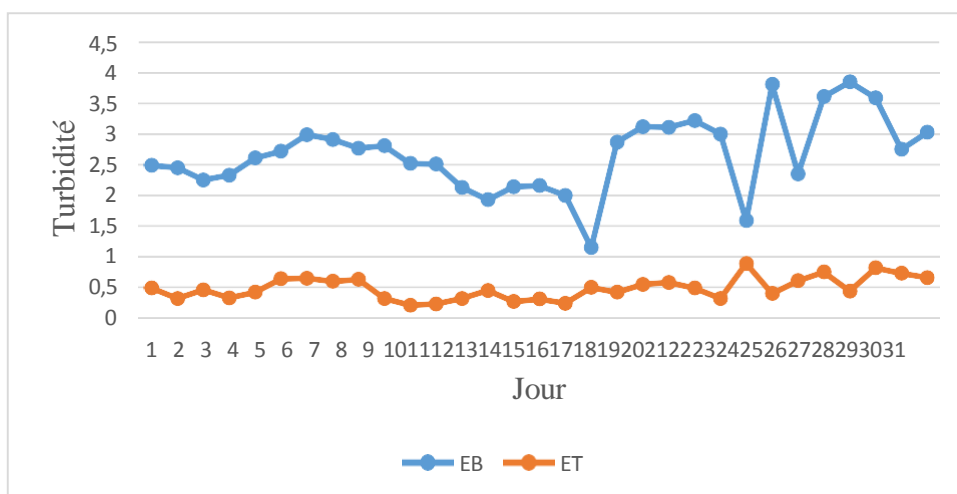


Figure 4.3 : Variation de Turbidité mois de mars 2022

Interprétation :

D'après les résultats aux différents graphes, la valeur de la turbidité varie entre 2,49 à 7,44 NTU avant le traitement. Après le traitement, les valeurs de la turbidité sont largement inférieures à la norme de potabilité, ce qui prouve l'efficacité du traitement de clarification. À noter que la turbidité des eaux de barrage Kissir varie entre les saisons. Elles sont caractérisées par une faible turbidité pendant la période allant du mois d'août au mois de novembre, et dépassent la norme durant la période hivernale et du printemps (période des précipitations).

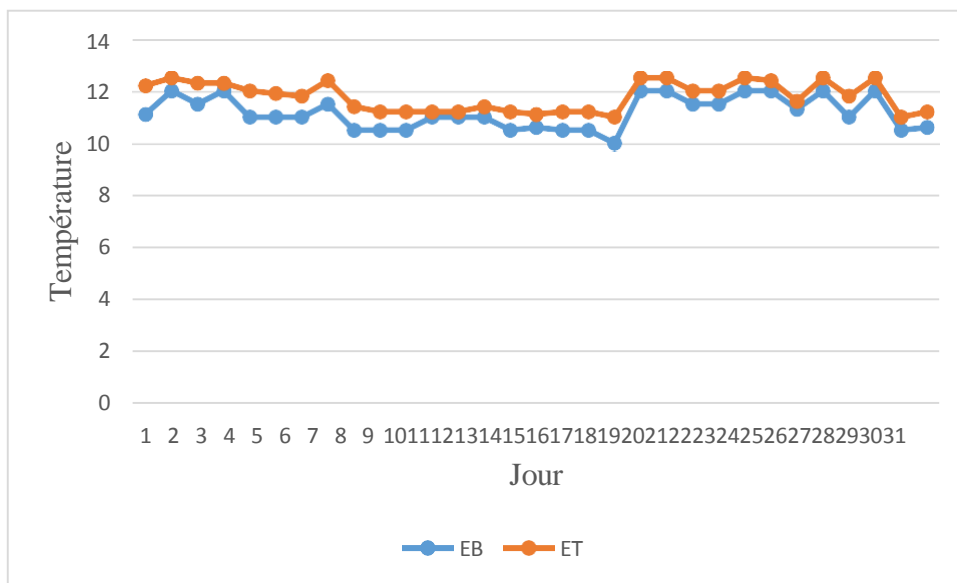


Figure 4.4 : Variation de Température mois de janvier 2022

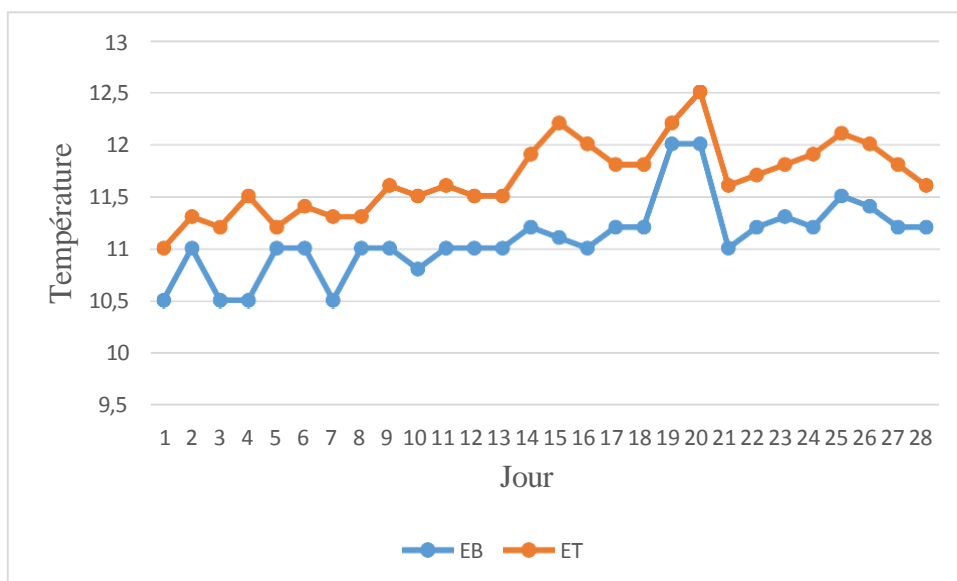


Figure 4.5 : Variation de Température mois de février 2022

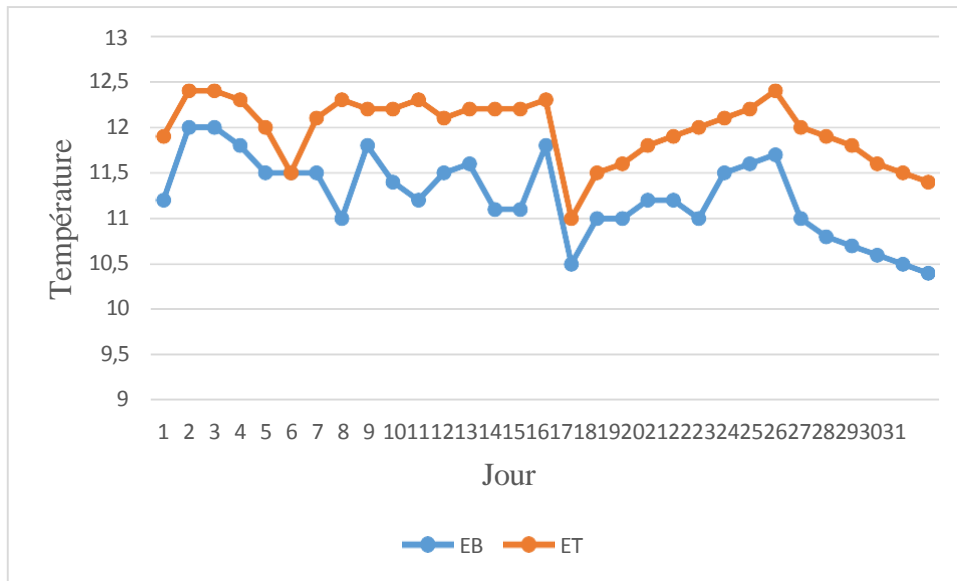


Figure 4.6 : Variation de Température mois de Mars 2022

Interprétation :

D'après les résultats aux différents graphes n° 4.4, 4.5 et 4.6, on remarque presque les mêmes degrés de température pour les eaux brutes que pour les eaux traitées. Les valeurs de la température sont comprises entre 10 et 12,5.

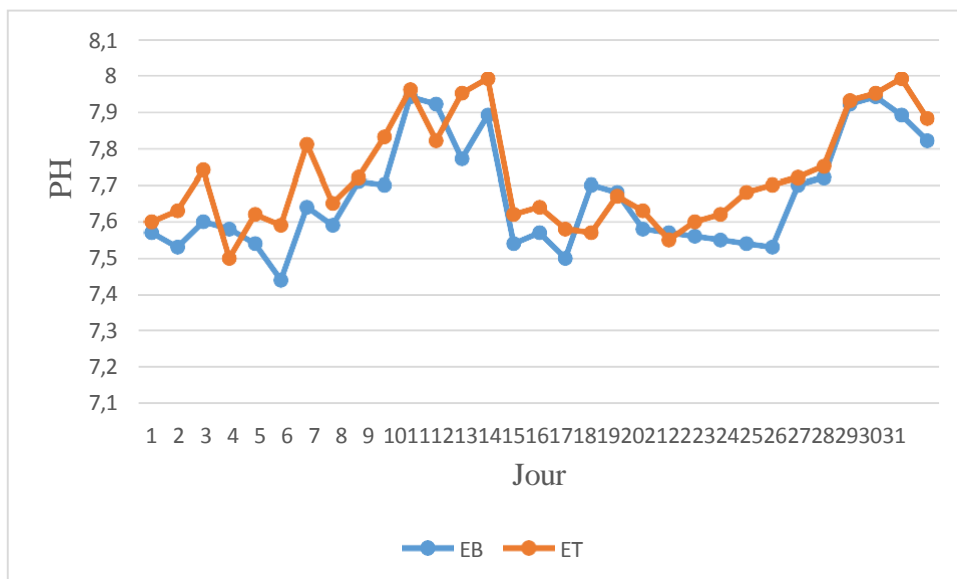


Figure 4.7 : Variation du pH de mois janvier 2022

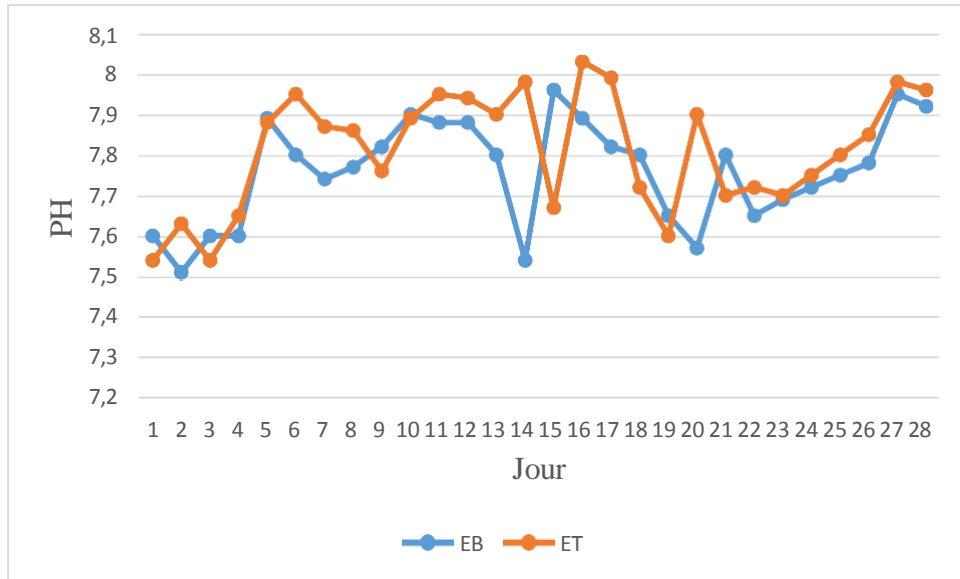


Figure 4.8 : Variation du pH de mois de février 2022

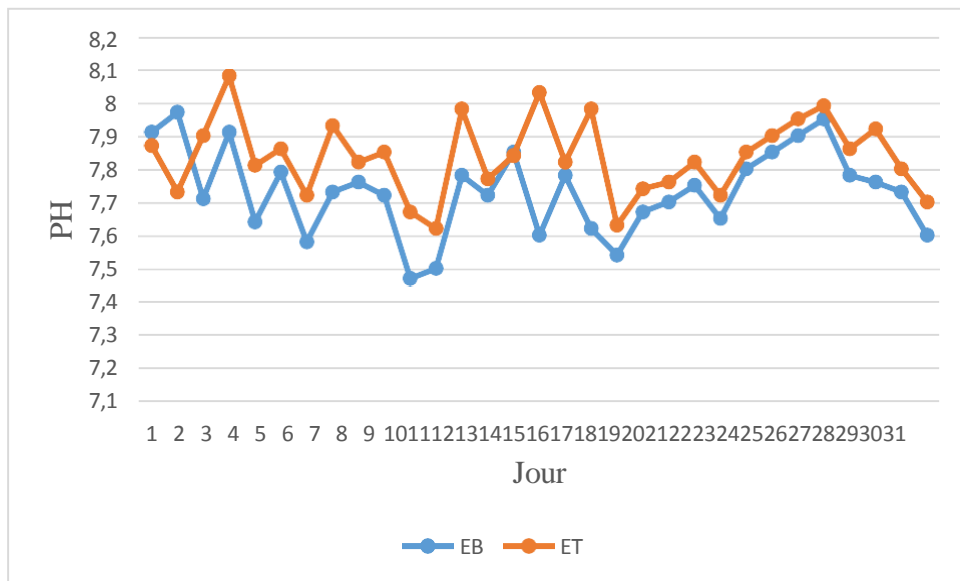


Figure 4.9 : Variation du pH de mois de Mars 2022

Interprétation :

D'après le tableau n°6 et les courbes 4.7, 4.8 et 4.9, les eaux brutes ont un pH variant de 7.5 à 8. Par contre l'eau traitée a des valeurs du pH neutres.

Conclusion

L'objectif principal de ce chapitre est d'évaluer les différents paramètres de qualité des eaux de la station de kissiret des eaux brutes du barrage kissir qui alimente la station.

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socioéconomique réel et durable d'un pays, particulièrement l'eau de surface est une ressource facilement utilisable pour l'alimentation en eau potable, en parallèle elle est très sensible à la pollution.

L'objectif de notre étude était de donner une idée générale sur le bon fonctionnement des ouvrages de la station de traitement des eaux de barrage KISSIR (Jijel) en suivant la qualité des eaux à l'entrée et à la sortie de la station.

De cette étude il en ressort que :

- ❖ Les analyses physico-chimiques montrent que ces eaux présentent généralement des eaux conformes à celle des normes algériennes et de l'OMS avec :
- ❖ Le pH de ces eaux est proche à la neutralité, leur degré de minéralisation est moyen, la température est acceptable.
- ❖ Les résultats obtenus sur l'eau brute ne répondent pas aux normes de qualité en raison de la présence des coliformes totaux et une valeur élevée de la turbidité.

En conclusion, nous pouvons dire que la station de traitement de Kissir permet un bon traitement des eaux de surface obtenues du barrage Kissir, car les eaux distribuées par cette station, de point de vue qualité physico-chimique et bactériologique, sont conformes aux normes algériennes et de l'OMS pour la consommation humaine.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Hadef, Selma, et al. *La qualité des eaux superficielles du sous bassin versant de Guenitra wilaya de Skikda, NE Algérien*. Diss. Université de Jijel, 2018.

Boukerroum, M., Ghemit, Y., & Debiche, T. H. E. (2016). *Potentialités et qualité des eaux de surface de la wilaya de Jijel (NE algérien)* (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Djammaai, M., & Kalloum, S. (2013). *Utilisation du procédé de filtration sur sable pour le traitement des eaux usées de la ville d'Adrar* (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).

Adel, M. (2021). Le 1er Séminaire National Des Sciences Agronomiques: Recherches à Vision Economique en Sciences Agronomiques RAVESA-AGROWEB1.

Ali, D. J. A. I. D. J. A. (2016). Intitulé : Etude de la classification supervisée des données environnementales à l'aide de réseaux de neurones de fonctions à base radiales (Doctoral dissertation, UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF M'SILA FACULTE DE TECHNOLOGIE).

Verhille, Sophie. "Les indicateurs microbiens dans l'évaluation de l'eau potable : interpréter Les résultats De laboratoire et comprendre leur signification pour la santé publique." *Révisé août* (2013).

Berne F, Cordonnier J. (1991). *Traitement des eaux*. Edition : Tec Et Doc, Lavoisier.

Chaima, D., & Noura, H. (2020). *Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées du barrage de Bouhamdane*.

Chaouch, N. (2014). *Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées* (Doctoral dissertation, UB1).

Chelli. L, Djouhr I .N, (2013), Analyses des eaux de réseau de la ville de Béjaia et évaluation de leur pouvoir entartrant Mémoire de magister, Université A. MIRA – bejaia – 7 p.

Chibane, M. L., & Moussaoui, A. (2015). Contribution à l'étude de la variation temporelle des paramètres de qualité des eaux de surface du barrage de Foum El Khanga (NE Algérie).

Crini, G., Montiel, A. J., & Badot, P. M. (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique. Presses Univ. Franche-Comté

Djammaai, M., & Kalloum, S. (2013). Utilisation du procédé de filtration sur sable pour le traitement des eaux usées de la ville d'Adrar (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).

Guerzou. F, (2008), Etude de la potabilité des eaux souterraines de la région de Djelfa (Aspect physico-chimique). Mémoire de Fin d'Etude en Vue de l'Obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Biologie. P56.

Houillier. P, Blanchard. A et Pailard .M, (2004), Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157.

Jérôme, r. (2010). Les facéties de l'eau. Bulletin de la société royale des sciences de liège, 79, 58-71.

JORA (Journal Officiel de la république Algérienne). (2011). Décret exécutif n°18 du 18 Rabie Ethnie 1432 correspondant au 23 mars 2011 relatif, Annexe : Paramètres qualité de l'eau de consommation humaine. Imprimerie Officielle. Alger.

JORA (Journal Officiel de la république Algérienne). (2011). Décret exécutif n°34 du 17 Rajab 1432 correspondant au 19 juin 2011 relatif, Annexe : Objectifs de qualité des eaux

Lambert, R. (1996). Géographie du cycle de l'eau. Presses Univ. Du Mirail.

Lounnas, A. (1955). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda. Mémoire de Magister Option: pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences.

Lounnas, A. (1955). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda. Mémoire de Magister Option: pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences.

Lounnas, A. (1955). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda. Mémoire de Magister Option: pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences.

Lounnas, A. (1955). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda. Mémoire de Magister Option: pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences.

Lounnas, A. (1955). Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi kroma de Skikda. Mémoire de Magister Option: pollution chimique et environnementale à la Faculté des sciences.

Meziani, R., Boukhemkhem, F., & Mayache, B. E. (2013). Etude de la qualité physico-chimique de l'eau potable de quelques sources naturelles de la wilaya de Jijel (Doctoral dissertation, Université de Jijel).

Modéran, J. (2010). Estuaire de la Charente: Structure de communauté et écologie trophique du zooplancton, approche écosystémique de la contamination métallique (Doctoral dissertation, Université de La Rochelle).

Mouchet, Ibri, M., & Taleb, Y. (2017). Caractérisation et valorisation d'une eau de source de la région de Boghni. suivi d'une étude comparative avec une eau minérale Lalla Khedidja (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Pierre. Treatment of waters before use. Processes and applications ; traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications. Techniques de l'ingénieur. Environnement, 2006,1.

OMS. (2006). Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable. www.lenntech.fr 17/02/11.

Paris.

Payot, D. (2008). Déroutements. Déroutements, 1-126.

Payot, D. (2008). Déroutements. Déroutements, 1-126.

Perrin, J. (1909). Mouvement brownien et réalité moléculaire.

Pierre, Mouchet. Treatment of waters before use. Processes and applications ; Traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications. Techniques de l'ingénieur. Environnement, 2006,1.

Rejsek F. (2002). Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques, Collection biologie technique, Série Sciences et techniques de l'environnement. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Bordeaux, France.

Rodier J (2009). L'Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7 ème édition. P.968.

Rodier, (2009), L'analyse de l'eau, 9ème Ed. Dunod., Paris, France.

Savary, (2010), Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France.

Sawadogo, B. (2018). Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien: cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso (Doctoral dissertation, Université Montpellier; Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement).

Superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau potable des populations. Imprimerie Officielle. Alger.

TARDAT H., BEAUDRY J. (1984). Chimie des eaux, Ed Le Griffon d'argile INC, Québec.

Wissam, M. E. D. D. A. H., & Dounias, S. A. K. H. A. R. A. (2021). Etude et analyses des métaux lourds dans les poissons et l'eau du barrage d'Ain Zada

