

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. M. OULHADJ - Bouira
Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées
Département de Génie des Procédés



Mémoire

Présenté par

Bouras Samia

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie de l'Environnement

**Conception et dimensionnement de l'extension
de la station de traitement d'eau potable
(100 000 m³/j)
Tiledit /W de Bouira**

Soutenu le 03/10/2021

Devant le jury:

| | | | | |
|-----------|---------|-----|-------|--------------|
| El Hanafi | Nawel | MCB | UAMOB | Présidente |
| Iggui | Kahina | MCA | UAMOB | Examinatrice |
| Sahnoune | Mohamed | MAB | UAMOB | Encadrant |

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

En premier lieu, Louange à **DIEU** le tout puissant de m'avoir aidé à achever ce modeste travail.

En arrivant à ce jour, je remercie chaleureusement mes parents et surtout mes frères, eux dont je ne pourrais jamais leur rendre ce qu'ils ont fait pour moi, eux qui ont su me conduire vers la bonne éducation.

Je tiens à exprimer m'a profonde gratitude à mon promoteur le Dr. Sahnoune Mohamed pour m'avoir encadré à l'université de Bouira, de m'avoir témoigné son soutien et sa confiance, de m'avoir guidé et orienté et encouragé durant ce travail, un grand merci pour sa disponibilité.

Je remercie M. Karim Messaoudi qui m'a encadré au sein de l'entreprise Amenhyd à Alger, ainsi que Mme. Ibtissam Aouali et M. Lyes Bouras, responsables techniques du projet Tichyhaf pour leur encadrement de qualité, leurs conseils et critiques constructives, leurs corrections et leur patience ainsi que pour le temps qu'ils ont consacré à la réalisation de ce travail. Je remercie M. Youcef Baghdadi directeur ADE Tilesdit Bouira.

Je présente mes chaleureux remerciements aux enseignants de mon département qui m'ont aidé tout le long de mon cursus universitaire, et particulièrement les membres du jury qui ont accepté de donner de leur temps afin de juger et évaluer ce travail. Une pensée aussi pour les ingénieures de laboratoire Bouras Farida et Karima pour leur gentillesse et le partage des informations.

Mes derniers remerciements, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Dédicaces

J'ai toujours pensé faire ou offrir quelque chose à mes parents et mes frères en signe de reconnaissance pour tout ce qu'ils ont consenti comme efforts, rien que pour me voir réussir, et voila, l'occasion est venue.

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, et de fierté, de sagesse et de force et patience.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui j'ai de l'amour et de la reconnaissance.

Je dédie ce travail à :

- ☉ *Mes parents.*
- ☉ *Mes frères mohamed et achour que j'aime beaucoup.*
- ☉ *Mes sœurs naima et sabrina et dalila.*
- ☉ *Mes nièces et neveux : ines, sarah, yuba, houssem, hanan, marwan.*
- ☉ *Mes meilleures amies :ryma et iman.*
- ☉ *Mes cousins amar, faouzi, lyes.*
- ☉ *Mes voisins(es) et toute la famille Bouras et ceux qui j'aime.*
- ☉ *Tous mes amis(es) de l'université de Bouira.*

SAMIA BOURAS



Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

CAG : Charbon actif granulaire.

CCTP : Cahier des clauses techniques particulières.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène en cinq jours.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DN : Débit nominal.

ETM : Eléments traces métallique.

°F : Degré français.

Ha : Hectare (ha).

ISO : Organisation internationale de normalisation.

MES : Matière en suspension.

MO : Matière organique.

Nm³/h : Nominal mètres cube par heure

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité néphélogétrie de turbidité.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

PN : Pression nominal.

Q : Débit.

SP : Station pompe.

SPA : Société par action

STE : Station de traitement des eaux.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

T.D.S : Total des solides dissous

TH : Titre Hydrométrique.

UV : Ultra-violet.

Liste des figures

Chapitre I :

Figure I.1 : Cascade d'aération gravitaire..... 10

Figure I.2 : Chambre de coagulation..... 11

Figure I.3 : Bassin de floculation..... 11

Chapitre II :

Figure II.1 : Image de barrage Tilesdit Bouira..... 18

Figure II.2 : Vue de la station de traitement..... 18

Chapitre III :

Figure III.1 : Schéma de principe du projet /STE Tilesdit..... 24

Figure III.2 : Chaine de traitement complète..... 25

Figure III.3 : Schéma de la filière eau étudiée..... 26

Figure III.4 : Principe de fonctionnement d'un décanteur horizontal (loi de Hazen)..... 31

Liste des tableaux

Chapitre I :

Tableau I.1 : Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (source ADE). 8

Chapitre III :

Tableau III.1 : Données de la qualité de l'eau brute de la retenue du Barrage de Tilesdit..... 20

Tableau III.2 : Les paramètres envisagés à mesurer..... 23

Tableau III.3 : Dimensionnement de la cascade d'aération..... 27

Tableau III.4 : Les valeurs finales obtenues de la loi empirique..... 28

Tableau III.5 : Dimensionnement de la pré oxydation..... 28

Tableau III.6 : Dimensionnement du mélange rapide..... 29

Tableau III.7 : Dimensionnement de la floculation..... 31

Tableau III.8 : Dimensionnement de la décantation..... 32

Tableau III.9 : Dimensionnement de filtration sur sable..... 35

Tableau III.10 : Dimensionnement de filtration sur charbon..... 36

Tableau III.11 : Dimensionnement des systèmes..... 38

Tableau III.12 : Estimation du dosage et des consommations de sulfate d'aluminium..... 41

Tableau III.13 : Estimation du dosage et des consommations du flocculant..... 44

Tableau III.14 : Estimation du dosage et des consommations du KMnO_4 47

Tableau III.15 : Estimation du dosage et des consommations d'acide sulfurique..... 50

Tableau III.16 : Estimation du dosage et des consommations en chaux..... 51

Tableau III.17 : Dimensionnement des saturateurs à chaux..... 52

Tableau.III.18: Estimation du dosage et des consommations de l'hypochlorite de sodium..... 53

Table des matières

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| Chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux | |
| I.1. Définition de l'eau | 2 |
| I.2. Les ressources en eau | 2 |
| I.2.1. Eaux souterraines | 2 |
| I.2.2. Eaux de surfaces | 2 |
| I.2.3. Eaux de mers et eaux saumâtres | 3 |
| I.3. Composition de l'eau | 3 |
| I.3.1. Espèces inorganiques | 3 |
| I.3.2. Matières organiques | 4 |
| I.4. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux | 4 |
| I.4.1. Propriétés organoleptiques | 5 |
| I.4.2. Caractères physico-chimiques | 5 |
| I.5. Paramètres indésirables ou toxiques | 7 |
| I.5.1. Fer et Manganèse | 7 |
| I.5.2. Métaux lourds | 7 |
| I.5. Normes d'eau potable | 7 |
| I.6. Les différents procédés du traitement des eaux potables en général | 9 |
| I.6.1. Procédés physiques et physico-chimiques | 9 |
| I.6.2. Procédés chimiques | 13 |
| I.6.3. Procédés radiatifs | 13 |
| I.6.4. Procédés biologiques | 13 |
| Chapitre II : Présentation de l'entreprise Amenhyd et du barrage Tilesdit | |
| II.1. Présentation de l'entreprise Amenhyd | 15 |
| II.1.1. Historique du groupe Amenhyd | 15 |
| II.1.2. Présentation de la filiale Amenhyd-Spa | 16 |
| II.1.3. Domaine d'intervention de l'entreprise Amenhyd-Spa | 16 |
| II.2. Présentation du barrage de Tilesdit | 18 |
| II.2.1. Situation géographique | 18 |
| II.2.2. Fiche technique du barrage | 18 |
| II.3. La station de traitement | 19 |

Chapitre III : Etude de la chaine de traitement et dimensionnement

| | |
|--|----|
| III.1. Qualité de l'eau | 20 |
| III.1.1. Qualité de l'eau traitée | 20 |
| III.1.2. Qualité de l'eau brute | 20 |
| III.2. Choix de la filière de traitement..... | 23 |
| III.3. Dimensionnement | 26 |
| III.3.1. Filière Eau | 26 |
| III.6.2. Les réactifs | 38 |
| Conclusion générale | 55 |
| Références bibliographiques | 56 |

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est un élément essentiel de la vie et de la physiologie de l'être humain, elle apporte les nutriments essentiels au bon fonctionnement du corps humain, régule notre température, favorise l'élimination des déchets et des toxines. L'eau est indispensable à notre santé.

Depuis leurs origines, les êtres humains ont été très sensibles à la qualité de l'eau, car elle n'existe pas pure à l'état naturel. Dans son parcours jusqu'à nos robinets, elle se charge d'éléments à la fois indispensables à notre santé mais peut également rencontrer des substances potentiellement toxiques pour l'organisme. C'est pourquoi l'eau doit subir plusieurs traitements avant d'être considérée comme potable. Elle doit ainsi répondre à de nombreux critères pour permettre à chacun de boire une eau sans aucun risque pour la santé. Notons qu'une eau potable n'est pas une eau stérile ou distillée, c'est une eau qui contient des éléments minéraux en solution qui sont indispensables et participent à l'équilibre du régime alimentaire. Elle peut même contenir des micro-organismes dans la mesure où ils ne représentent aucun risque pour la santé de consommateur.

Toutefois, l'eau puisée à l'état naturel doit subir plusieurs traitements avant d'être acheminée dans les circuits de distribution pour arriver enfin jusqu'à nos robinets, et les traitements dépendent de la qualité de l'eau puisée. C'est pourquoi, elle est systématiquement contrôlée au moment de son captage de manière à lui appliquer le traitement de potabilisation adapté. C'est dans ce cadre et dans le but principal de présenter les critères de conception et de dimensionnement de la chaîne de traitement d'extension de la station d'eau du barrage de Tilesdit (Bouira), que nous allons mener ce travail de projet de fin d'étude.

Cette étude se présente en trois chapitres. Dans le premier, nous aborderons des généralités sur les eaux et les différents procédés de traitements des eaux de la surface. La deuxième partie de notre travail concernera la présentation du barrage de Tilesdit et de la station de traitement ainsi que l'entreprise Amenhyd. Dans le troisième chapitre, la partie expérimentale s'intéressera à la recherche d'un processus efficace pour le traitement de l'eau brute, à partir des analyses obtenues à Tilesdit, et de déterminer le dimensionnement de la chaîne de traitement pour obtenir une eau répondant aux normes OMS et algériennes.

Chapitre I :
**Généralités sur le traitement
des eaux**

Chapitre I : Généralités sur le traitement des eaux

Ce chapitre a pour objectif de présenter la composition de l'eau et les différents procédés de son traitement.

I.1. Définition de l'eau

C'est une substance naturelle, souvent liquide et inodore, incolore, et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H_2O , et qui peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux). L'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle fréquemment le solvant universel [1].

I.2. Les ressources en eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées par des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenues de barrage) ou en écoulement (rivières, fleuves) et des eaux de mer [2]

I.2.1. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol et se caractérise par une turbidité faible ou leurs eaux bénéficient de filtration naturelle importante. Elles se caractérisent par une contamination bactérienne faible, car elles sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Par conséquent la dureté est souvent élevée, et les eaux souterraines peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents comme le calcium ou le magnésium. En plus, dans les eaux souterraines, le fer et le magnésium présentent une concentration élevée [3].

I.2.2. Eaux de surfaces

Par opposition aux eaux souterraines, l'eau de surface est l'eau qui se trouve à la surface ou proche de la surface du sol. Dans une zone donnée, il s'agit pour l'essentiel des cours d'eau, des océans, des lacs et des eaux de ruissellement qui s'y trouvent. Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ses matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone [3].

➤ On peut répartir les eaux de surfaces en deux catégories :

- a) **Eau partie amont** : l'amont en générale est situé dans une région montagneuse ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Ces principales caractéristiques ont une turbidité élevée, une contamination bactérienne faible et un indice de couleur faible car cette eau n'a pas le temps de dissoudre des matières végétales.
- b) **Eau partie aval** : l'aval d'un oued est en général situé dans une région où la population est dense. Les principales caractéristiques de ces eaux ont une contamination bactérienne et organique élevée ainsi qu'un indice de couleur pouvant être élevée. Car les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, qui les colore.

I.2.3. Eaux de mers et eaux saumâtres

La salinité observée dans les différents océans ou mers du globe résulte d'un équilibre entre évaporation, pluies et apport des fleuves (salinité faible) d'une part et d'échange d'eau avec les autres mers ou océans auxquels ils sont reliés d'autre part. [3].

Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous y est généralement comprise entre 1 et 10 g/L alors qu'elle est (en moyenne) de 35 g/L pour l'eau de mer. Dans les estuaires maritimes, la conjonction des courants d'eau douce avec l'eau de mer donne naissance à des poches d'eau saumâtre.

I.3. Composition de l'eau

La composition chimique de l'eau naturelle varie énormément d'une région à l'autre et pour une même région d'une saison à l'autre. Ces variations chimiques dépendent de plusieurs paramètres comme la solubilité des sels constituant l'écorce terrestre (CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 , Na Cl), ainsi que la composition physique des roches.

I.3.1. Espèces inorganiques

Ce sont essentiellement des composés ioniques, anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact. On trouve aussi les ETM qui sont définis comme les éléments métalliques présents avec une concentration d'environ une partie par billion (10^{-3} mg/kg) en masse, ou moins. Les principaux éléments traces métalliques présentent dans l'eau sont : Titane (Ti), Zinc (Zn), Nickel (Ni), Aluminium, (Al), Chrome (Cr), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Plombe (Pb), Mercure (Hg) [4].

I.3.2. Matières organiques

I.3.2.1. Matières organiques dissoutes

La plupart du carbone organique dans l'eau est sous la forme de matière organique dissoute et principalement de molécules à faible poids moléculaire et d'origines diverses. La concentration des matières organiques dissoutes et particulaires dépend de type d'eau et sa profondeur : l'eau de mer surfacique a une concentration plus élevée que l'eau en profondeur. On peut trouver dix milliers de molécules différentes dans l'eau comme les produits de dégradation de déchets végétaux, produits de synthèse organique soluble et matières azotées. Le carbone organique dissous est un facteur important dans le cycle du carbone et la chaîne alimentaire. Il influence la pénétration de la lumière et l'échange de gaz à la surface [5].

I.3.2.2. Matières organiques particulaires

C'est la matière en suspension et en émulsion, ces particules peuvent être classifiées selon leur taille. Dans l'eau surfacique, la plupart d'entre elles sont d'origine biologique. Les plus petites particules (moins de 1 µm jusqu'à quelques dizaines de µm) se composent de bactéries et d'autres débris organiques fins, et des particules inorganiques particulièrement des minéraux d'argile et des composés hydratés insolubles tels que $\text{Fe}(\text{OH})_3$. La gamme de taille allant de quelques dizaines à quelques centaines de µm comporte des grands débris et des agglomérats fécaux, produits de l'agrégation biologique (sable, boues, pétrole, huiles, etc.). L'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique (corrosion) [6].

I.4. Paramètres caractéristiques de la qualité des eaux

Les qualités admises d'une eau d'alimentation impliquent la garantie de son innocuité vis-à-vis de l'homme qui est appelé à la consommer. Une eau potable doit présenter un certain nombre de caractères physiques, chimiques et biologiques et répondre à certains critères essentiels (incolore, insipide, inodore...) appréciés par le consommateur. Toutefois, ses qualités ne peuvent pas se définir dans l'absolu, ni d'une manière inconditionnelle.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a édicté des normes internationales pour l'eau de boisson [7].

I.4.1. Propriétés organoleptiques

I.4.1.1. La 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. Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée d'unités de couleur vraie [8].

I.4.1.2. Gout 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, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmes subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer [8].

I.4.1.3. Turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en particules suspendues qui la troublent. C'est la propriété optique la plus importante des eaux naturelles. On mesure la turbidité en unités de turbidité céphalométriques (UTN) à l'aide d'un turbidimètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchiée par les particules dans l'eau [8].

I.4.2. Caractères physico-chimiques

I.4.2.1. Température

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Quand les eaux naturelles sont au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité. Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles [9].

I.4.2.2. Potentiel d'hydrogène

C'est une mesure de l'activité des ions H^+ 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 considérée comme acide et inversement [8].

I.4.2.3. Salinité

La salinité totale d'une eau correspond à la somme des cations et des anions présents exprimée en mg/L [8].

I.4.2.4. Les résidus secs à 180°C

Les Résidus secs obtenus par évaporation, représentent les matières dissoutes et en suspensions d'une eau [8].

I.4.2.5. Dureté ou titre hydrométrique (th)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+), dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux). Un degré hydrotimétrique ($^{\circ}\text{TH}$) correspond à une concentration en ions Ca^{2+} ou Mg^{2+} . Un degré hydrotimétrique correspond aussi à un degré français (1°F) [8].

I.4.2.6. Conductivité électrique

La conductivité des eaux potables est souvent liée à la concentration en sels minéraux dissous. Son unité est le micro siemens/centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) [9].

I.4.2.7. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et des hydroxydes, elle est mesurée soit par le titre alcalimétrique (TA) ou par le titre alcalimétrique complet (TAC) [10].

I.4.2.8. Titre alcalimétrique (TA) ou titre alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs relatives du TA et du TAC permettent de connaître les teneurs en hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates contenu dans l'eau. TA permet de déterminer, en bloc, la teneur en hydroxydes et seulement la moitié de celle en carbonate. Alors que le TAC assure la détermination de la teneur en hydrogencarbonates [11].

I.4.2.9. Chlorure

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. Il est aussi produit lors de la dissociation du chlorure d'hydrogène dans l'eau. Des chlorures peuvent être localement impliqués dans les pluies acides et phénomènes d'acidification d'eaux superficielles ou souterraines.

I.5. Paramètres indésirables ou toxiques

I.5.1. Fer et Manganèse

Ces deux éléments existent dans la plupart des eaux et sont généralement liés, ils entraînent des conséquences similaires : formation de dépôts, goûts désagréables et prolifération bactérienne. Bien que nécessaire à la nutrition humaine, le fer et manganèse ne doivent pas dépasser certaines teneurs.

I.5.2. Métaux lourds

Certains éléments sont rarement présents dans les eaux à l'état naturel mais sont apportés par les divers rejets. La dose dangereuse est difficile à fixer car la toxicité de ces éléments est surtout d'origine cumulative. Les principaux d'entre eux sont : argent, cadmium, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc ...etc. [6].

I.5. Normes d'eau potable

Des normes sont imposées pour une eau de bonne qualité. Selon l'OMS, les normes pour une eau potable sont d'assez large gamme, afin de s'adapter aux nombreux pays sous-développés, qui ont une eau de très mauvaise qualité et qui n'ont pas de moyens technologiques afin de suivre les traitements conformes et nécessaires pour rendre une eau potable. Le tableau **I.1** présente les normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS.

Tableau. I.1 : Normes d'eau potable selon l'Algérie et selon l'OMS (source ADE).

| Paramètre | Unité | Norme algérienne | Norme de l'OMS |
|----------------------------|-------|------------------|----------------|
| pH | / | 6,5-8,5 | 6,5-9,2 |
| Température | C° | 25 | / |
| Conductivité | µS/cm | 2800 | / |
| Résidus sec à 180°C | mg/L | 2000 | 1500 |
| Turbidité | NTU | 2 | 5 |
| Dureté total (TH) | mg/L | 500 | 500 |
| Calcium | mg/L | 200 | / |
| Magnésium | mg/L | 150 | 150 |
| Sodium | mg/L | 200 | / |
| Potassium | mg/L | 20 | / |
| Sulfate | mg/L | 400 | 250 |
| Chlorure | mg/L | 500 | 250 |
| Nitrate | mg/L | 50 | 50 |
| Nitrite | mg/L | 0,1 | 0,1 |
| Aluminium | mg/L | 0,2 | 0,2 |
| Phosphate | mg/L | 0,5 | 0,5 |
| Ammonium | mg/L | 0,5 | / |
| Matières organique | mg/L | 3 | / |
| Métaux lourds | mg/L | 0,3 | / |
| Fer | mg/L | 0,3 | 0,3 |
| Manganèse | mg/L | 0,5 | 0,1 |

I.6. Les différents procédés du traitement des eaux potables en général

Généralement l'eau brute captée en milieu naturel n'est pas potable, donc pour la rendre potable on lui applique des traitements variés par une combinaison de procédés adaptés aux caractéristiques de l'eau brute.

I.6.1. Procédés physiques et physico-chimiques

Ce sont des opérations de séparation de phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide [12]. Utilisés en général comme moyens de traitement complémentaires, ces procédés combinent les principes de la chimie et de la physique [12].

Certaines substances comme les colloïdes sont particulièrement stables en suspension et leur durée de décantation peut être trop longue. Afin de favoriser leur décantation, le décanteur est probablement conditionné avec les réactifs chimiques qui facilitent l'agglomération des particules [13].

I.6.1.1. Ouvrage d'aération

Ou l'aération de l'eau potable se fait par :

- **Cascade d'aération (naturelle)** : l'aération se fait naturellement par chute et a pour objectif :
 - D'introduire et d'augmenter la teneur en oxygène jusqu'au seuil de saturation de l'ordre de 70% :
 - D'éliminer l'odeur ainsi que la saveur indésirable (libération de H_2S) ;
 - De réduire ou même éliminer les teneurs en dioxyde de carbone et en sulfure d'hydrogène.

Pour la libération du H_2S le pH de l'eau doit être inférieure ou égale à 6 (raison pour laquelle il est prévu l'introduction de l'acide sulfurique à l'amont) et le réservoir sous-cascade assure la distribution vers les lignes de décantation, il est la zone de mélange et d'injection de différents réactifs (sulfate d'alumine, acide sulfurique, lait de chaux et de l'eau chlorée ou l'hypochlorite de sodium) avec un temps de contact.



Figure I.1 : Cascade d'aération gravitaire.

- **Surpresseur d'air (forcé) :** est tout simplement une pompe, avec ou sans réservoir à vessie, qui permet d'augmenter la pression d'eau du réseau ou de la garder constante dans les canalisations en cas de trop forte demande [14].

I.6.1.2. Prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leurs traitements proprement dit, un prétraitement comportant un certains nombres d'opérations physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour le traitement ultérieur. Les opérations de prétraitement peuvent comporter un dégrillage, un dessablage ou un tamisage et un déshuilage [15].

- **Le dégrillage :** permet d'éliminer les corps flottants et les gros déchets par l'intermédiaire de grilles placées en travers du canal d'amenée afin de protéger les installations contre les obstructions [16].
- **La centrifugation :** opération de séparation par action de la force centrifuge, du mélange entraîné dans un mouvement de rotation [12].

I.6.1.3. Pré-oxydation

A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension. L'oxydation va les détruire dans la mesure du possible.

Cette destruction se fait par l'ajout du chlore (pré-chloration), du dioxyde de chlore ou d'ozone [15].

I.6.1.4. Traitement de clarification

C'est une étape indispensable pour le traitement, elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination plus poussée des particules en suspension (sable, limon...), des matières colloïdales plus petites (bactéries, argiles fines...) et d'une partie des matières dissoutes (matière organique...). Elle s'effectue par coagulation-floculation, décantation-flottation et filtration.

Deux techniques sont utilisées [12] :

- **La coagulation** : annule les charges électriques des particules en suspension par l'ajout de réactifs minéraux.



Figure I.2 : Chambre de coagulation.

- **La floculation** : provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La fraction des floes peut être améliorée par addition de floculant.



Figure.I.3 : Bassin de floculation.

Cette technique suivie d'une décantation –flottation qui consiste à remonter les floccs en utilisant de l'air sous pression. Les floccs s'accrochent aux bulles d'air qui les entraînent à la surface. Ils sont ensuite récupérés par un système de raclage [17].

- ✚ **La décantation** : utilisant les forces de gravité pour séparer les particules de densité supérieure à celle du liquide en provoquant leur dépôt [18].
- ✚ **La flottation** : visant à séparer les phases solides des phases liquides par la poussée d'Archimède. En flottation naturelle, les floccs de faible densité remontent librement à la surface. La flottation assistée s'obtient par l'injection d'air [17].

La filtration : la filtration a pour objectif de retenir les dernières particules en suspension non éliminées dans le décanteur (précipité de fer, aluminium, matière organique...), en faisant circuler l'eau à travers un milieu poreux qui est le plus souvent le sable. L'efficacité de la filtration dépend de la taille des grains de sable, de la hauteur de la couche de sable et de la vitesse de filtration. Au fur et à mesure du passage de l'eau au travers du lit filtrant, les matières retenues s'accumulent dans les interstices entre les grains de sable et le filtre se colmate. Il faut donc le laver régulièrement en envoyant de bas en haut un courant d'eau et d'air qui permet de détacher et d'entraîner les particules fixées sur les grains. A la remise en service du filtre, les premières eaux sont soit rejetées au milieu naturel, soit recyclées en tête de traitement [19].

Dans une filière moderne on utilise la filtration rapide qui est la plus répandue. Elle sera d'autant plus efficace que les grains de sables seront fins. Aussi, la filtration biologique lente, nécessite l'usage d'une couche de sable très fine. L'écoulement est suffisamment lent pour le développement d'un bio-film à la surface du sable qui à une activité épuratrice et donc il dégrade partiellement la matière organique [19].

I.6.1.5. Traitement de désinfection

Cette étape a pour objectif d'éliminer les organismes pathogènes et de maintenir un résiduel bactériostatique dans les réseaux de distribution, de manière à éviter la dégradation de l'eau. Son efficacité dépend du pouvoir létal du désinfectant utilisé, du temps de contact avec l'eau, et des conditions physico-chimiques (pH, température, turbidité) [20].

La désinfection au chlore est simple à mettre en œuvre, le chlore est le plus employé et le plus économique mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés et de générer des mauvais goûts. Aussi, il a l'avantage d'être

rémanent : une fois que les réactions d'oxydation ont eu lieu, il ne disparaît que lentement. L'ozone est un désinfectant puissant, capable d'éliminer les virus et les bactéries [20].

I.6.1.6. Traitement d'affinage

L'objectif est d'éliminer les matières organiques et les matières minérales et améliorer la qualité organoleptique de l'eau. L'adsorption est un phénomène de surface consistant en la fixation de certains ions ou molécules du corps adsorbé sur les molécules du corps adsorbant. L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif [21].

I.6.2. Procédés chimiques

On trouve les échanges d'ions qui sont des procédés de substitution d'ions sur des résines spécifiques [12]. On a aussi la neutralisation ou l'acidification qui agissent sur le pH de l'eau [13].

I.6.3. Procédés radiatifs

Ces techniques peuvent être utilisées dans les opérations de décontamination de l'eau :

- Les ultra-violetts irradient les cellules vivantes indésirables. Suivant la qualité d'énergie UV reçue, elles sont soit stérilisées (effet bactériostatique) soit détruites (effet bactéricide) [12].
- Le bombardement électronique est un dispositif basé sur l'exposition brève des eaux polluées à un fort flux d'électrons. La structure des éléments complexes est décomposée sous l'action des ions qui cassent leurs liaisons chimiques. La décontamination bactériologique est réalisée par destruction des bactéries et des virus [12].

I.6.4. Procédés biologiques

Les micro-organismes sont les principaux acteurs des traitements biologiques, ils sont utilisés pour transformer la matière organique des effluents. C'est principalement les produits qui contiennent du carbone et de l'azote qui sont visés. Suivant la nature chimique de la pollution elle sera consommée totalement ou partiellement [21]

➤ Exemples :

- **Boue activée :**

Est une technique biologique d'épuration des eaux. Il consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses. On ajoute à ce mélange

un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. [22]

- **Bioréacteur a membranes :**

Un bioréacteur à membrane (BRM) est une station d'épuration biologique qui fait usage de membranes de microfiltration ou d'ultrafiltration pour séparer l'eau traitée des floes bactériens. Ces membranes ont une porosité inférieure à 0,1 μm et séparent toutes les bactéries et matières en suspension de l'eau épurée. Le module membranaire peut être immergé dans le bassin biologique ou placé à l'extérieur du bassin biologique. [23]

- **BBMR (Moving Bed Biofilm Reactor) :**

Ce procédé est un traitement biologique de type culture fixée. La biomasse est fixée sur un support synthétique qui est maintenu en mouvement par fluidisation. La biomasse fixée est spécifique à chaque réacteur puisque le support, ou biomédias, ne transite pas d'un réacteur à un autre [24].

Chapitre II :
Présentation de l'entreprise
Amenhyd et du barrage
Tilesdit

Chapitre II : Présentation de l'entreprise Amenhyd et du barrage Tilesdit

Dans ce chapitre on va présenter l'entreprise Amenhyd et le barrage de Tilesdit-Bouira ainsi que sa station de traitement.

II.1. Présentation de l'entreprise Amenhyd

Le groupe Amenhyd est un groupement de cinq entreprises actives dans les secteurs de l'eau, l'environnement, les travaux publics, la construction et l'agriculture.

Actuellement, le groupe constitue un outil de production national majeur pour le pays dont il figure parmi les partenaires privilégiés de l'état dans les divers secteurs économiques déjà cités. Depuis sa création, le groupe Amenhyd n'a pas cessé de s'accroître, de s'améliorer et de s'amplifier, d'une seule entreprise avec une demi-douzaine de salariés à ses débuts à un groupement de cinq filiales avec plus de 3300 salariés actuellement [25].

II.1.1. Historique du groupe Amenhyd [26]

- **1990** : Naissance de la filiale Amenhyd (spécialisée en hydraulique et en environnement).
- **2003** : Naissance de la filiale Alcahyd (fabrication de canalisations hydrauliques et autres blocs à béton).
- **2004** : Naissance de la filiale Azrou Concassage (spécialisée dans la production d'agrégats).
- **2006** : Extension d'Alcahyd (construction d'une nouvelle usine de production de tuyaux, bordures et autres produits en béton).
- **2007** : Intégration de Bureau d'Etude Consulting et Assistance Technique Algérienne BECATA qui existait depuis 2001 au groupe Amenhyd.
- **2008** : Naissance de la filiale CH-Transport (domaine de transport de marchandises).
- **2011** : Amenhyd-spa met sur place un système de management et de qualité selon la norme ISO-9001-2008.
- **2013** : Création du groupe fiscal Amenhyd.
- **2014** : Naissance de la filiale Azar Agro (elle s'occupe de l'import- export des matériels et machines destiné à l'industrie ogre-alimentaire, ainsi que l'étude et la réalisation dans le domaine agricole).

II.1.2. Présentation de la filiale Amenhyd-Spa

Amenhyd-Spa est une filiale spécialisée dans la réalisation de grands travaux d'aménagement, de l'hydraulique et de l'environnement dont le siège se situe à la cité Rabia (Bab Ezzouar, W. Alger) [26].

II.1.3. Domaine d'intervention de l'entreprise Amenhyd-Spa

Amenhyd-Spa s'est investi dans l'engineering, la construction et l'équipement des grands ouvrages de la mobilisation des ressources en eau (barrages, transfert, stations de traitement, réservoir de stockage, etc.) et de la protection contre les effets nocifs de l'eau (protection contre les crues, évacuation des eaux d'assainissement, épuration des eaux usées, etc.) [26].

➤ Dans ce cadre, on cite quelques réalisations [27] :

II.1.3.1. Transfert d'eau

L'entreprise Amenhyd-Spa a réalisé plus de 367 Km de tuyaux de transfert d'eau potable des barrages vers les villes et les centres urbains.

II.1.3.2. Transfert d'eau Station de déminéralisation

L'entreprise a conçu et réalisé des stations de déminéralisation d'eau qui visent la couverture des besoins en eau potable, telles que les :

- ✓ Station Touggourt (W. Ouargla) d'une capacité de 34 000 m³ /j ;
- ✓ Station Djemaa d'une capacité de 12 000 m³ /j ;
- ✓ Station Meghayar (W. d'El Oued) d'une capacité de 12 000 m³ /j.

II.1.3.3. Transfert d'eau Assainissement

Le savoir-faire de l'entreprise a permis de réaliser plusieurs projets d'assainissement, tels que :

- ✓ Les travaux d'aménagement d'oued Ouchayah (W. Alger) en 2016 ;
- ✓ Collecteur Monolithe Beni Messous (W. Alger) en 2015 ;
- ✓ Assainissement du pôle économique Bethioua (W. Oran) en 2015 ;
- ✓ Assainissement de la vallée de Mzab (W. Ghardaïa) en 2012.

II.1.3.4. Transfert d'eau Stations d'épuration (Step)

L'entreprise a participé à la réalisation des stations d'épuration des eaux usées sur le territoire national en contribuant à la mobilisation de la ressource en eau non conventionnelle et sa gestion rationnelle alliée à la protection de l'environnement. Dans ce cadre, on cite quelques exemples :

- ✓ Step Tamanrasset (W. Tamanrasset) en 2011 ;
- ✓ Step Beni messous (W.Alger) en 2015;
- ✓ Step Ghardaïa (W.Ghardaïa) en 2012.

II.1.3.5. Transfert d'eau Centres d'enfouissement technique (CET)

L'expérience et le savoir-faire de l'entreprise Amenhyd ont fait d'elle le leader en matière de conception et de réalisation des centres d'enfouissement technique en Algérie. L'entreprise a réalisé divers projets, tels que :

- ✓ CET Hamisi (W.Alger) en 2012 ;
- ✓ CET Zemmour (W. Boumerdes) en 2012 ;
- ✓ CET Soumaa (W. Blida) en 2013.

II.1.3.6. Transfert d'eau Travaux de démolition

L'entreprise Amenhyd-Spa a réalisé plusieurs opérations de démolition de structures, telles que :

- ✓ Travaux de démolition suite au séisme de Boumerdes (2003) ;
- ✓ Travaux de démolition à la cité « El djorf » (Bab Ezzouar, W. Alger) en 2011 ;
- ✓ Travaux de démolition à la cité « Les palmiers » (W. Alger) en 2015.

L'ensemble de mes activités du stage se sont déroulé au sein de la direction des équipements et process qui est chargée des études de process, équipements hydromécanique, et équipements électriques.

La direction des équipements et process offre à ses partenaires et ses clients un large éventail de services, parmi lesquels on peut citer :

- ✓ Etudes d'exécution ;
- ✓ Conseils techniques ;
- ✓ Partenariat et sous-traitances avec des compétences nationales et étrangères ;
- ✓ Elaboration de cahiers de charges et de cahiers de prescriptions spéciales (CPS).

II.2. Présentation du barrage de Tilesdit

II.2.1. Situation géographique

Le barrage de Tilesdit est implanté sur l'Oued Edhous, à 18 km à l'est de la ville de Bouira et à 4 km de la route nationale N°5 reliant Alger et Constantine, il est destiné à :

- ✓ L'alimentation en eau potable de la ville de Bouira, des communes limitrophes (Bechloul, El Asnam, El Adjiba, Oued El Berdi, Ahl El Ksar) et des communes sud-Est (Tagdit, Bourge Khris, Mesdours, Ouled Rached, Hadjr Zerga).
- ✓ L'alimentation de la zone industrielle de Sidi Khaled.

II.2.2. Fiche technique du barrage

Les principales caractéristiques du barrage Tilesdit se résument comme suit [28] :

- Type : Barrage en terre
- Déversoir : A ciel ouvert
- Année de mise en eau : 2004
- Capacité initiale : 164,550 Hm³
- Précipitation (moyen annuel) : 655 mm/an
- Cote retenue normale : 454,30 m
- Surface du plan d'eau : 733,444 Ha
- Surface du bassin versant : 843 Km²
- Bureau d'étude : bureau d'étude russe (ZARUBEZH Vodstroy)
- Entreprise de réalisation : Entreprise Russe (ZARUBEZH Vodstroy)



Figure.II.1. Image de barrage Tilesdit Bouira [29].

II.3. La station de traitement

Cette station, dont la capacité est de 100 000 M³ par jour, est une extension pour l'ancienne station d'une capacité de 70 000 M³. Cette station revêt une grande importance car elle permet, une fois achevée, de sécuriser suffisamment l'alimentation en eau potable des wilayas de Bouira et de Bordj Bou Arréridj (BBA) d'ici à l'horizon 2050. [29]



Figure.II.2. Vue de la station de traitement.

Chapitre III :
Etude de la chaine de
traitement et
dimensionnement

Chapitre III : Etude de la chaîne de traitement et dimensionnement

Ce chapitre est constitué en deux parties. Une première partie qui s'intéresse aux critères de conception du process de traitement à partir des données de l'analyse de l'eau brute retenue à Tilesdit. La deuxième partie concerne le dimensionnement de chaque ouvrage de l'extension de la station de traitement d'eau potable à Tilesdit.

III.1. Qualité de l'eau

III.1.1. Qualité de l'eau traitée

La station de traitement Tilesdit est conçue pour pouvoir assurer une alimentation fiable et continue en eau potable, exempte d'organismes pathogènes. La qualité finale de l'eau après traitement doit être conforme aux exigences du cahier des clauses techniques particulières (CCTP /ARTICLE 4.3.2) qui sont les mêmes que les normes algériennes du décret exécutif n° 11-219 qui établit les valeurs limites de qualité de l'eau de consommation humaine et décret exécutif n°14-96 qui établit les valeurs limites de qualité de l'eau brute superficielle (voir annexe 1) [30].

III.1.2. Qualité de l'eau brute

III.1.2.1. Données de l'ANRH

L'agence national des ressources hydrauliques (ANRH) à fourni les données de qualité de l'eau brute de la retenue du barrage de Tilesdit pour la période 2010-2015, et ces données sont résumées dans le tableau **III.1**.

Tableau III.1. Données de la qualité de l'eau brute de la retenue du Barrage de Tilesdit.

| Paramètre | Valeur (Année 2010 à 2015) | | | | | Décret Exécutif 11-219 | Décret Exécutif 14-96 |
|--------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|------------------------|-----------------------|
| | Nombre d'analyses | Min | Moy | Mode | Max | | |
| pH | 26,00 | 7,70 | 8,10 | 8,30 | 9,50 | 6,50 – 9,00 | 6,50 – 9,00 |
| Résidu Sec (mg/L) | 59,00 | 217,00 | 389,80 | 400,00 | 633,00 | - | - |

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Oxygène Dissous (%) | 42,00 | 41,60 | 79,00 | 70,70 | 99,80 | 30,00 | - |
| Nitrates NO₃⁻ (mg/L) | 59,00 | 0,00 | 1,20 | 0,00 | 6,00 | 50,00 | 50,00 |
| Nitrites NO₂⁻ (mg/L) | 59,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 0,47 | - | 0,20 |
| Ammonium NH₄⁺ (mg/L) | 59,00 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 1,20 | 4,00 | 0,50 |
| PO₄³⁻ (mg/L) | 59,00 | 0,00 | 0,10 | 0,00 | 1,19 | - | - |
| DBO₅ (mg/L) | 30,00 | 1,00 | 4,30 | 3,00 | 23,00 | 7,00 | |
| MO (mg/L) | 57,00 | 0,90 | 10,70 | 4,00 | 64,00 | - | - |
| DCO (mg/L) | 59,00 | 3,00 | 12,40 | 9,00 | 45,00 | 30,00 | - |

D'après les données du tableau, il y a des valeurs maximales sont élevés 50% par rapport aux décrets exécutifs. Sachant que :

- La valeur de potentiel hydrogène (pH = 9,5) pour 26 analyses est supérieure par rapport aux valeurs du décret exécutif n° 11-219 et décret exécutif n°14-96 qui est de 6,5 à 9.
- Les valeurs qui dépassent les valeurs du décret exécutif n°11-219 sont :
 - Demande Biochimique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅ = 23 mg/L).
 - Demande chimique en oxygène (DCO = 45 mg/L).
 - Matière organique (MO = 64 mg/L).
- Les valeurs qui dépassent les valeurs du Décret Exécutif n° 14-96 sont:
 - Ammonium (NH₄⁺ = 1,20 mg/L).
 - Nitrites (NO₂⁻ = 0,47 mg/L).

Donc l'eau brute doit être traitée pour éliminer toute les aditifs de pollution qui son signalé d'après ces analyses, ils ne doivent pas être supérieur par rapport aux normes de décrets exécutifs.

III .1.2.2. Données des deux campagnes d'échantillonnage

Les échantillons ont été recueillis à l'entrée de l'actuelle station de traitement. Les résultats des analyses de l'eau brute sont présentés dans le tableau en (annexe 1) des deux campagnes d'échantillonnages.

Les paramètres organoleptiques, physico-chimiques et indésirables sont bons, à l'exception du paramètre manganèse est de 0,11 µg/L de la 2ème campagne qui présente une valeur supérieure à la valeur indicative du Décret exécutif n°14-96 qui est 0,05 µg/L. L'organisation mondiale de la santé (OMS) recommande pour le paramètre turbidité qu'il ne doit pas être supérieur à 1 NTU et de préférence doit être plus faible.

Les paramètres de pollution qui dépassent les valeurs limites indicative dans les analyses en annexe des données de la qualité de l'eau brute à l'entrée de la station de traitement actuelle :

- **Température** : Les valeurs maximum de température dépassent la valeur indicative du Décret exécutif n° 14-96. Le traitement de l'eau ne modifie pas la température, donc il est important de recouvrir les ouvrages du traitement pour éviter l'augmentation de la température de l'eau et la prolifération des algues.
- **Couleur** : La valeur limite du Décret Exécutif n° 11-219 pour le paramètre couleur est de 200 mg/L. Entre 2012 et 2015 la valeur la plus élevée de couleur a été de 96 mg/L à l'entrée de la station de traitement, valeur acceptable pour l'eau brute. Cependant, la valeur est trop élevée pour l'eau traitée et il y a besoin d'un traitement adéquat.
- **Turbidité** : La valeur de turbidité de l'eau brute est supérieure à la valeur limite de l'eau traitée, mais les valeurs sont basses. En effet, il y a 4 320 valeurs de turbidité et la valeur la plus élevée est de 10,9 NTU. Cependant, la valeur est trop élevée pour l'eau traitée et il y a besoin d'un traitement adéquat. L'OMS recommande pour le paramètre turbidité qu'il ne doit pas être supérieur à 1 NTU et de préférence doit être plus faible. En stations de traitement la valeur de turbidité devrait être inférieure à 0,5 NTU avant la désinfection.
- **Ammonium** : Les valeurs d'ammonium sont cohérentes avec les valeurs d'ANRH.
- **Nitrites** : Tel que la valeur mesurée dans la première campagne d'échantillonnage, les valeurs maximales du paramètre nitrites sont supérieures à la valeur limite du Décret Exécutif n° 14-96. En présence d'un oxydant le paramètre nitrites (NO_2^-) est rapidement oxydé en nitrates (NO_3^-). Les valeurs de nitrates sont toujours basses.
- **Manganèse** : toutes les valeurs mesurées ont été supérieures à la valeur limite du Décret Exécutif n° 14-96. Cependant, les valeurs sont inférieures à la valeur limite du Décret Exécutif n° 11-219.

L'équipe d'exploitation de l'actuelle station de traitement a identifié aussi la présence d'algues et odeurs (H_2S).

III.2. Choix de la filière de traitement

➤ Compte tenu la qualité de l'eau brute du barrage de Tilesdit, la station de traitement (ST) doit inclure une filière de traitement complète qui inclut :

- La correction du pH de l'eau brute,
- l'aération,
- La pré-oxydation, la coagulation/floculation/décantation à lit de boues (4 mélangeurs), la filtration à sable (12 filtres à sable), l'oxydation intermédiaire,
- L'adsorption avec filtres charbon actif granulaire (CAG) et (qui n'est pas indispensable à cause des odeurs et des mauvais goûts presque toute l'année et d'utilisation du chlore comme oxydant),
- la désinfection finale et la correction du pH (équilibre).

En fonction de la période de l'année ou des valeurs des paramètres pertinents à traiter (l'oxygène, l'ammoniac et les cyanobactéries), la ligne de traitement doit être ajustée en conséquence.

➤ Les paramètres envisagés à mesurer sont dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Les paramètres envisagé à mesurer.

| groupe de paramètres | Paramètres | unités |
|-------------------------------|--|-----------|
| Physico chimique | pH | - |
| | Turbidité | NTU |
| | Oxygène dissous | mg/L |
| | Conductivité électrique | μS/cm |
| | Température | °C |
| | DBO ₅ | mg/L |
| | Manganèse (Mn ²⁺) | mg/L |
| | DCO | mg/L |
| Chimique | Nitrites (NO ₂ ⁻) | mg/L |
| | Aluminium | mg/L |
| | Sulfate (SO ₄ ⁻) | mg/L |
| | Potassium | mg/l |
| | Ammonium (NH ₄ ⁺) | mg/L |
| Organoleptique | Couleur | mg/L |
| paramètres biologiques | Coliforme totaux | NPP/100mL |
| | Streptocoques fécaux | NPP/100mL |
| | Coliforme thermotol | NPP/100mL |

Donc on a adapté la chaîne de traitement présentée en figures **III.1** et **III.2** :

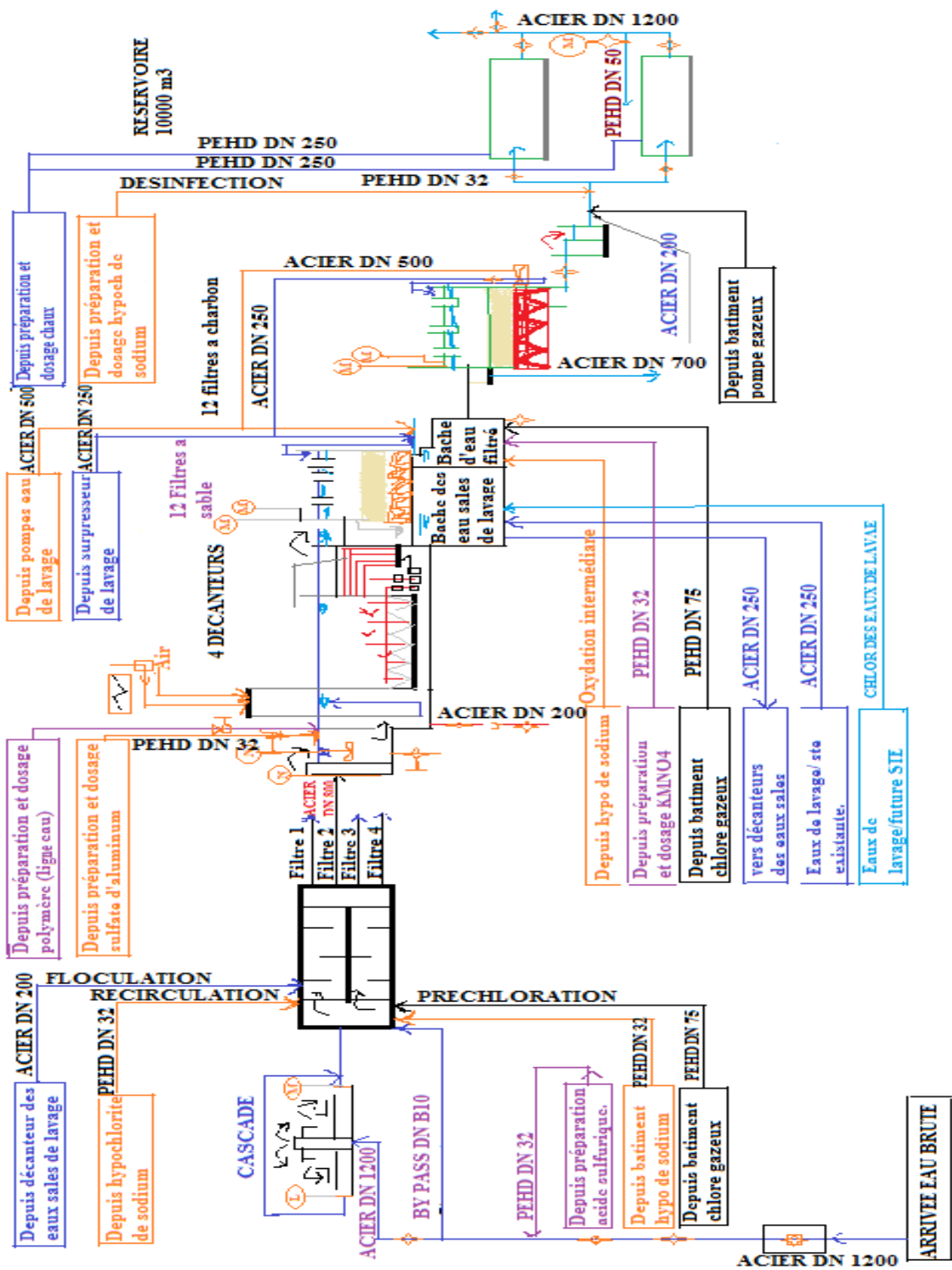


Figure.III.1. Schéma de principe du projet /ste Tilesdit.

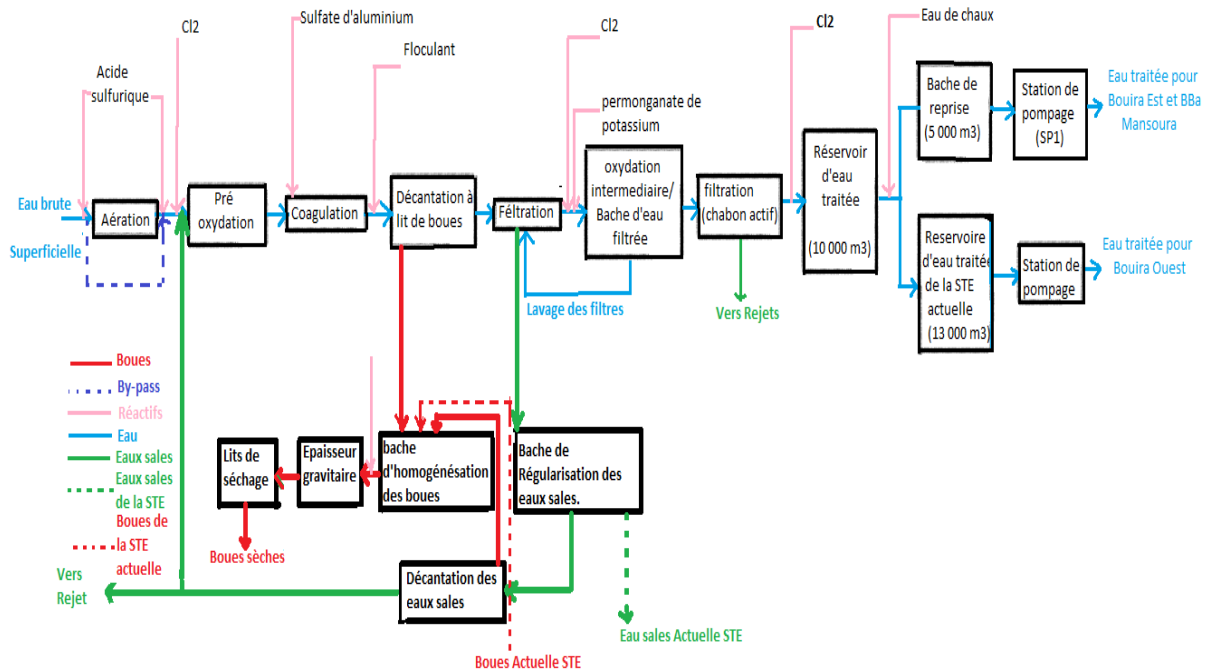


Figure .III.2. Chaîne de traitement complète.

➤ L'objectif du traitement est décrit ci-dessous :

- ✚ **Réduction du pH de l'eau brute** : pour améliorer l'efficacité des étapes suivantes (aération ou coagulation) avec l'addition d'acide sulfurique en amont.
- ✚ **Aération à l'air libre** : vise l'élimination des odeurs, H₂S et l'augmentation de l'oxygène dans l'eau brute.
- ✚ **Correction du pH de l'eau (en cas d'aération)** : addition de l'acide sulfurique pour augmenter l'efficacité de l'étape de pré-oxydation et coagulation.
- ✚ **Pré-oxydation** : le pré-oxydant est le chlore une fois que les valeurs d'oxydabilité et de turbidité de l'eau sont basses et il est nécessaire de faire l'oxydation de l'ammonium et de quelques matières organiques (ces substances seront éliminées dans l'étape de décantation).
- ✚ **Coagulation (mélange rapide)** : déstabilisation des charges des particules présentes dans l'eau (la charge du sulfate d'aluminium neutralise la charge des particules, ce qui favorise l'attraction entre les colloïdes). Cette réaction est plus efficace à pH=6,9.
- ✚ **Floculation et décantation à lit de boues (ou clarification)** : visent l'augmentation de la taille du floc et la séparation de l'eau des matières en suspension (tels que les algues et cyanobactéries qui flottent et qui sont retenues dans le lit des boues).

- ✚ **Filtration en filtres à sable** : vise la séparation de l'eau des matières en suspension par rétention sur le milieu filtrant des particules solides qui sont plus grosses que les trous du filtre.

III.3. Dimensionnement

Dans cette partie on a étudié la filière eau de la station de traitement.

III.3.1. Filière Eau

L'eau brute provenant du barrage de Tilesdit est acheminée vers la station de traitement (ST) par gravité, à travers une conduite DN1200 (débit nominal 1200) qui transportera un débit maximum de 100310,4 m³/j d'eau traitée.

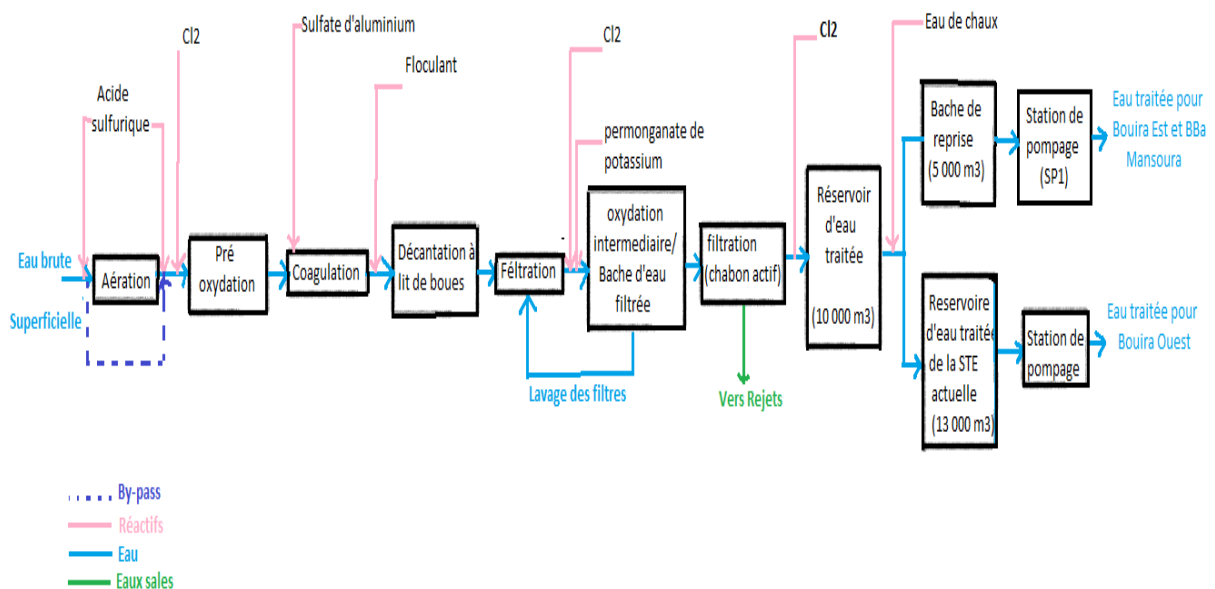


Figure .III.3. Schéma de la filière eau étudiée.

Sachant qu'en arrivant à la ST, l'eau passe par l'ouvrage d'entrée pour raison de sécurité, ouvrage qui est muni d'une vanne papillon motorisée. L'eau brute est donc répartie sur deux vannes motorisées, qui régulent et mesurent le débit à l'aide d'un débitmètre électromagnétique.

III.3.1.1. Chambre de réglage et comptage

A l'entrée de la station sera construite une chambre de réglage et comptage où l'équipement d'isolement de la ST et la vanne de réglage du débit que permettra la dissipation de l'énergie, fonctionnera selon les valeurs d'énergie à l'amont et à l'aval.

Le débitmètre électromagnétique DN 800 PN10 (débit nominal 800 à pression nominal de 10 bars) placé dans la chambre de réglage et comptage, aura pour fonctions de contrôler les dosages des réactifs et la mesure/totalisation du débit à traiter dans la ST.

Dans cette chambre il sera aussi possible de contrôler le by-pass à la cascade d'aération, en fermant la vanne papillon du circuit de liaison à la cascade d'aération et en ouvrant la vanne papillon du circuit de by-pass qui sert de passage à l'eau brute directement de la cascade vers les filtres à sables sans passer par le décanteur. Il est utilisé lorsque la qualité de l'eau brute est suffisamment bonne, et ne réclame pas un traitement par coagulation/floculation.

III.3.1.2. Aération

L'aération de l'eau brute a été prévue après la chambre de réglage et comptage, par le biais d'une cascade d'aération en béton composée de 3 marches de 0,5 m de hauteur et de 12 m de largeur. L'eau tombe vers une bêche en béton, au-dessous de la cascade.

Tableau III.3 : Dimensionnement de la cascade d'aération.

| Paramètre | Unité | Valeur |
|---------------------------|----------------|--------|
| Débit nominal | L/s | 1 161 |
| Nombre des marches | | 3 |
| Hauteur de chaque marche | m | 0,5 |
| Largeur de chaque marche | m | 12 |
| Longueur de chaque marche | m | 1,2 |
| Aire total | m ² | 86,4 |

Il est possible de prévoir empiriquement la capacité d'oxygénation r d'une cascade d'aération à partir de la température de l'eau T (en $^{\circ}\text{C}$), de la concentration initiale en O_2 C_0 (en mg/L) et de la hauteur des marches h (en m).

Soit :

r : la capacité d'oxygénation

T : La température de l'eau T (en $^{\circ}\text{C}$)

C_0 : La concentration initiale en O_2 (en mg/L)

h : Hauteur des marches h (en m)

C_S : La concentration d' O_2 à saturation

C : La concentration en O_2 à la sortie d'une marche.

On calcule successivement les valeurs C_s , r , C à partir de C_s , r et C_0 . Les équations obtenues d’après l’expérience finale sont les suivantes :

Le paramètre qui est dans l’équation (1) est un paramètre à calculer pour trouver la capacité d’oxygène, DCO et DBO₅ dans l’eau.

$$C_s = 14.6 - 0,3818.T + 0,00488T^2$$

$$r = 1 + 0,38 * 1,3 * (1 - 0,11 * h) * (1 + 0,046T) * h$$

$$C = C_s - (C_s - C_0) / r \dots\dots\dots (1)$$

Tableau. III.4. Les valeurs finales obtenues de la loi empirique.

| Température. eau brute (EB) | 10,0000 | 15,0000 | 20,0000 | 25,0000 | 30,0000 |
|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| C_s | 11,2700 | 09,9710 | 08,9160 | 08,1050 | 07,5380 |
| h en m | 00,2000 | 00,2000 | 00,2000 | 00,2000 | 00,2000 |
| R | 01,1752 | 01,2020 | 01,2300 | 01,2580 | 01,2850 |
| C_0 | 00,0000 | 00,0000 | 00,0000 | 00,0000 | 00,0000 |
| Teneur en aval de la chute 1 | 01,6800 | 01,6800 | 01,6700 | 01,6600 | 01,6700 |
| Teneur en aval de la chute 2 | 03,1100 | 03,0800 | 03,0300 | 02,9800 | 02,9800 |
| Teneur en aval de la chute 3 | 04,3300 | 04,2400 | 04,1300 | 04,0300 | 03,9900 |
| Teneur en aval de la chute 4 | 05,3600 | 05,2100 | 05,0300 | 04,8700 | 04,7800 |

Nous remarquons que la cascade retenue est efficace et elle ramène la concentration en oxygène à des teneurs supérieures à 3 mg/L même si la concentration initiale est nulle.

III.3.1.3. Pré-oxydation

L'eau brute sera acheminée vers la pré-oxydation par un canal à partir de la cascade d’aération. Lorsque l’aération est hors de service, l'eau brute sera acheminée vers la pré-oxydation par la conduite by-pass DN800, PN10. La pré-oxydation est composée de 2 files, en chaque file de production sera effectuée l’injection d’eau chlorée à partir de deux circuits indépendants. Entre la cascade d’aération et la pré oxydation est prévue l’injection d’acide sulfurique pour abaisser le pH, qui a augmenté après la cascade d’aération (la puissance d'oxydation du chlore augmente à pH <7).

Tableau III.5. Dimensionnement de pré oxydation.

| Paramètre | Unité | Valeur |
|-------------------------------|-------|--------|
| Débit nominal | L/s | 1 161 |
| Nombre de files de production | - | 2 |
| Largeur utile de chaque file | m | 5,75 |
| Longueur utile | m | 11,5 |

| | | |
|------------------------------|----------------|------------|
| Hauteur utile | m | 5,5 |
| Volume total | m ³ | 727,375 |
| Temps de séjour total | min | 10,4417887 |

III.3.1.4. Coagulation (Mélange Rapide)

Une étape de coagulation (mélange rapide) a été prévue et a pour but de disperser de façon rapide et uniforme le sulfate d'alumine. Chaque filière sera munie d'une chambre de mélange rapide équipée d'un agitateur vertical. L'injection de coagulant (sulfate d'alumine) se fera à l'entrée de la chambre de coagulation par 4 circuits indépendants.

Tableau III.6. Dimensionnement du mélange rapide.

| Paramètre | Valeur | Unité |
|---------------------------------------|--------|---------------------|
| Débit nominal | 1161 | L/s |
| Nombre des files de production | 4 | - |
| Débit par ligne | 1044,9 | m ³ /h |
| | 17,415 | m ³ /min |
| Temps de séjour 1 à 2 min | 2 | min |
| Volume total | 34,83 | m ³ |
| Largeur de chaque chambre | 3 | m |
| Longueur de chaque chambre | 3 | m |
| Hauteur utile | 3,9 | m |
| Volume total | 35,1 | m ³ |

III.3.1.5. Décantation lit des boues et floculation

Après la coagulation, l'eau suivra vers la décantation lit des boues. Dans ce type de décanteurs, la floculation et la décantation se produisent dans le même lieu. L'injection de polymère (floculant) se fera à la sortie de la coagulation par 4 circuits indépendants. L'injection dans chaque ligne sera contrôlée par l'actionnement d'électrovannes. Pour l'opération de décantation on a choisi l'alternative de la décantation lit de boues du à la présence des cyanobactéries dans l'eau brute et des valeurs de turbidité basses. Les décanteurs seront lamellaires pour permettre la réduction de l'aire occupée par ces ouvrages. Les décanteurs lit des boues seront rectangulaires, lamellaires, de fond plain et d'écoulement gravitaire. Dans ces décanteurs l'eau brute arrive par le fond et le lit de boues s'est formé dans le milieu du décanteur. L'eau clarifiée sorte par la partie supérieure.

L'eau brute arrive au décanteur d'une façon intermittente (système de pulsation) parce qu'il y a une chambre de vacuum avec un ventilateur centrifuge, à l'entrée de chaque décanteur, que

fera l'augmentation du niveau d'eau pendant une période de temps prédéterminée. À la fin de cette période une électrovanne sera ouverte et permettra l'entrée d'air du extérieure, qui conduira au abaissement du niveau d'eau dans cette chambre et conséquemment à l'entrée d'eau brute dans le décanteur. Dans le centre de chaque décanteur il y a un couloir central avec 2,10 m de largeur et l'hauteur du décanteur. Ce couloir a trois niveaux : le niveau plus bas pour l'eau brute ; le niveau intermédiaire pour la recueille des boues ; et le niveau plus haut pour la recueille d'eau clarifié.

Le dimensionnement des décanteurs a été effectué pour une vitesse ascensionnelle maximale effective de $4,25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ et une vitesse Hazen projetée de $0,53 \text{ m/h}$. Dans la situation d'un décanteur hors de service (n-1 décanteurs), la vitesse ascensionnelle sera de $5,7 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ (inférieur à $6,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$) et la vitesse Hazen projetée sera de $0,71 \text{ m/h}$ (à l'environ de $0,7 \text{ m/h}$).

Les lamelles à installer dans les décanteurs auront une ouverture utile de 6 cm et seront inclinées d'un angle de 60° .

La chambre de vacuum sera étanche et devra avoir des liaisons étanches pour le tuyau de refoulement du ventilateur centrifuge, pour le tuyau d'entrée d'air (à partir de l'électrovanne) et pour le système de contrôle du niveau d'eau. Le vacuum, assuré par le ventilateur centrifuge, permettra une augmentation du niveau d'eau d'environ de 1 m (débit de $1\ 045 \text{ m}^3/\text{h}$ en chaque décanteur). Le tuyau d'entré d'air dans la chambre de vacuum aura une électrovanne de solénoïde et une vanne d'isolement. Le tuyau de sortie d'air de la chambre de vacuum aura une électrovanne d'isolement.

Le système de collecte d'eau décantée envisagée est constitué par des tuyaux perforés, qui fonctionneront comme des petits déversoirs de sortie, fixés des deux côtés à des caniveaux en béton, disposés transversalement aux tuyaux, vers la sortie des décanteurs.

La décharge des boues de chaque décanteur sera effectuée par une conduite qui les transportera vers une galerie de drainage, entre les décanteurs et les filtres, où il y aura des robinets vannes à commande manuelle, suivies de vannes à manchette équipées d'actionneurs pneumatiques pour permettre de retirer les boues avec temporisation.

L'isolement de chaque décanteur se fera par le sectionnement des vannes murales à l'entrée de la coagulation.

Au niveau des radiers des décanteurs, l'énergie résultant des pulsations assure un mélange très efficace de l'eau coagulée, avec le polymère et les boues déjà flocculées entre le radier des décanteurs et les tuyauteries d'amenée d'eau brute. Les particules de flux ayant

échappées au lit de boues se déposent sur les parois inférieures des modules et s’y accumulent en une légère couche jusqu’à ce que leur cohésion leur permette de glisser et de redescendre dans le lit de boue. La mise en place de modules lamellaires permet de démultiplier la surface réelle. Les performances d’un module sont caractérisées par la vitesse HAZEN V_H

Sachant que, le terme Q / S est appelée vitesse de Hazen, il s'exprime souvent en mètre cube heure par mètre carré ($m^3/h/m^2$) ou mètre par heure (m/h). [31]

L’amélioration des décanteurs passent par une évacuation des boues, pour cela il suffit que la surface sur laquelle le floc se dépose soit inclinée pour que ce dernier puisse glisser vers le bas au fur et à mesure. D’où la réalisation de modules lamellaires inséré dans un décanteur, dont la surface S ($L \times l$) de chaque lamelle devient une surface de décantation, l'angle d'inclinaison étant un des éléments importants de ce système. [31]

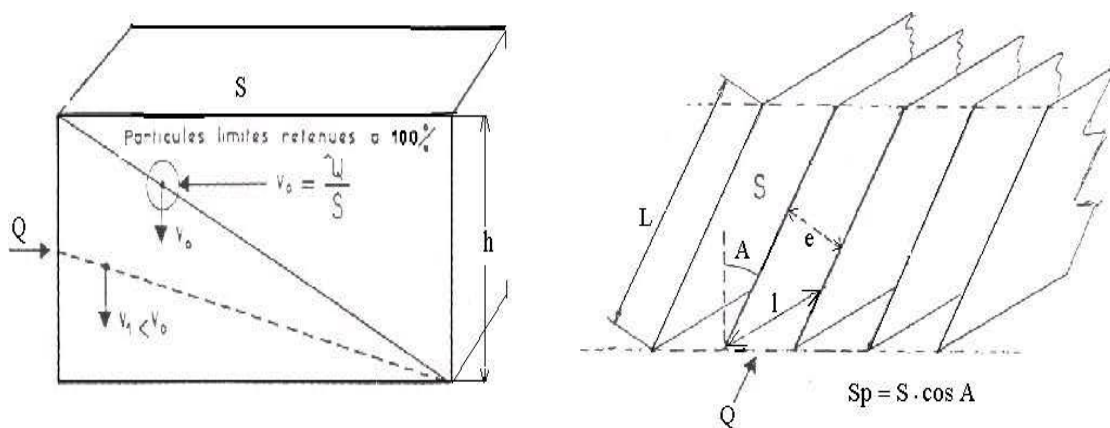


Figure.III.4 : Principe de fonctionnement d’un décanteur horizontal (loi de hazen). [31]

Tableau III.7. Dimensionnement de la floculation.

| Paramètre | Valeur | Unité |
|--------------------------------|--------|-----------|
| Débit nominal | 1161 | L/s |
| Nombre des files de production | 4 | - |
| Débit par ligne | 1044,9 | m^3/h |
| | 17,415 | m^3/min |
| Temps de séjour. | 20 | min |
| Volume total | 348,3 | m^3 |
| Largeur de chaque chambre | 6 | m |
| Longueur de chaque chambre | 6 | m |
| Hauteur utile | 10 | m |
| Volume total | 360 | m^3 |

Le dimensionnement des décanteurs à lit des boues lamellaires est présenté dans le tableau suivant :

Tableau III.8. Dimensionnement de la décantation.

| Paramètres | Valeur | Unité |
|---|---------|-----------------------------------|
| Débit eau brute | 1161,00 | L/s |
| Débit recyclé | 0,00 | - |
| Nombre de décanteur n | 4,00 | - |
| Débit total | 4179,60 | m ³ /h |
| Débit unitaire | 1044,90 | m ³ /h |
| Débit unitaire sur (n-1) décanteurs | 1393,20 | m ³ /h |
| Longueur unitaire | 16,50 | m |
| largeur unitaire | 14,90 | m |
| Hauteur de l'eau m | 5,00 | m |
| Surface total de décantation TD | 983,40 | m ² |
| Surface unitaire de décantation | 245,85 | m ² |
| Surface n-1 décanteur | 737,55 | m ² |
| Volume unitaire | 1229,25 | m ³ |
| Volume total de décantation | 4917,00 | m ³ |
| Temps de séjour H | 1,18 | S ⁻¹ |
| Vitesse ascensionnel (4 décanteurs) **Charge hydraulique | 4,25 | m ³ /m ² /h |
| Vitesse ascensionnel (3 décanteurs) **Charge hydraulique | 5,67 | m ³ /m ² /h |
| Vitesse Hazan (projetée) V _H | 0,70 | m/h |
| Surface projetée STP (03 décanteurs) | 5970,86 | m ² |
| Surface unitaire projetée STP | 1990,29 | m ² |
| Surface total projetée STP (4 décanteurs) | 7961,14 | m ² |
| Vitesse de Hazan avec 4 décanteurs | 0,53 | m/h |
| Inclinaison des lamelles angle Alpha | 60,00 | ° |
| Cos Alpha | 0,50 | |
| Surface lamellaire utile d'un décanteur SM | 3980,57 | m ² |
| Zone spécifique de décantation des lamelles ZS | 11,00 | m ² /m ³ |
| Volume lamellaire dans 1 décanteur, | 361,87 | m ³ |
| Hauteur des blocs lamellaire dans le décanteur | 1,47 | m |

➤ Le débit recyclé est nul car dans ce cas on n'a pas un débit de recyclations.

On a proposé les valeurs de L et l et H :

➤ Longueur unitaire : 16,5 m

➤ Largeur unitaire : 14,9 m

➤ Hauteur de l'eau m : 5 m

➤ **Surface total de décantation TD** : Est la Longueur unitaire * largeur unitaire *4

Application Numérique : STD = 16,5*14,9*4 = 983,4 m²

➤ **Surface unitaire de décantation** : est la largeur unitaire* Longueur unitaire

Application Numérique : $SU = 14,9*16,5 = 245,85 \text{ m}^2$

➤ **Surface n-1 décanteur** : est largeur unitaire* Longueur unitaire*(n-1)

Application Numérique : $16,5*14,9*(4-1) = 16,5*14,9*3 = 737,55 \text{ m}^2$

➤ **Volume unitaire** : est Surface unitaire de décantation * Hauteur de l'eau m

Application Numérique : $V_u = 245,85*5 = 1129,25 \text{ m}^3$

➤ **Volume total de décantation** : est la Surface total de décantation TD* Hauteur de l'eau m

Application Numérique : $V_T = 983,4*5 = 4917 \text{ m}^3$

➤ **Vitesse ascensionnel (4 décanteurs) **Charge hydraulique est :**

$$V_a = \frac{\text{Débit total n}}{\text{Surface total de décantation TD}}$$

Application Numérique : $V_a = \frac{4179,6}{983,4} = 4,250 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

➤ **Vitesse ascensionnel (3 décanteurs) **Charge hydraulique est :**

$$V_a = \frac{\text{Débit total n}}{\text{Surface(n-1)décanteur}}$$

Application Numérique : $V_a = \frac{4179,6}{737,55} = 5,55 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$

➤ **Note de calcul pour un décanteur lamellaire :**

Ce paramètre définit la vitesse des plus petites retenues dans le module

$$STP = \frac{Q}{V}$$

Aussi, $STP = S_L * \cos(\alpha) = n * L * l * \cos(\alpha)$

Avec:

STP : surface totale projeté.

n : est le nombre totale de lamelle.

α : Angle d'inclinaison ($\alpha = 60^\circ C$)

L : est longueur (L retenue : m)

l : est largeur lamelle (l retenue : m)

➤ **Vitesse Hazan (projetée) V_H** : 0,7 m/h (est donnée pour trois décanteurs).

➤ **Surface projetée STP (03 décanteurs) est :** $\frac{\text{Débit total n}}{\text{Vitesse Hazan (projetée) } V_H}$

$$STP = \frac{Q}{V_H}$$

Avec :

STP : est la surface totale projetée au sol.

Q : est le débit horaire.

V_H : est la vitesse de Hazen, $V_H = 0,7 \text{ m/h} : 0,194 \text{ mm/s}$

Application Numérique : $STP = \frac{4197,6}{0,7} = 5970,857 = 5970,86 \text{ m}^2$

➤ **Surface unitaire projetée STP est** : $\frac{\text{la Surface projetée STP (03 décanteurs)}}{3}$

AN: $STP_u = \frac{5970,855}{3} = 1990,285 \text{ m}^2$

➤ **Surface total projetée STP (4 décanteurs)** : est la surface unitaire projetée $STP_u * 4$

AN : $STP = 1990,285 * 4 = 7961,14 \text{ m}^2$

➤ **Vitesse de Hazan avec 4 décanteurs** : 0,53 m/h (est donnée).

• **Inclinaison des lamelles angle Alpha** : 60°C

• **Cos Alpha** : est 0,5

➤ **Surface lamellaire utile d'un décanteur SM** : est la Surface unitaire projetée $STP_u / \text{Cos Alpha}$

AN : $SM = \frac{1990,285}{0,5} = 3980,57 \text{ m}^2$

➤ **Zone spécifique de décantation des lamelles ZS** : 11 m^2/m^3 (est donnée).

➤ **Volume lamellaire dans 1 décanteur est** : $\frac{\text{Surface lamellaire utile d'un décanteur SM}}{\text{zone spécifique de décantation des lamelles ZS}}$

AN : $V = \frac{3980,57}{11} = 361,87 \text{ m}^3$

➤ **Hauteur des blocs lamellaire dans le décanteur** : $\frac{\text{Volume lamellaire dans 1 décanteur}}{\text{surface unitaire de décantation}}$

AN (Application numérique):

H = $\frac{361,87}{245,85} = 1,47 \text{ m}$

III. 3.1.6. Filtration

L'eau clarifiée est filtrée sur une batterie de 12 filtres à sable, à fonctionnement gravitaire. Chaque filtre aura 3 caniveaux comprenant une couche de sable de granulométrie homogène et dont le lavage se fait à l'air et à l'eau au même moment. Ce type de filtre autorise des vitesses de filtration importantes jusqu'à 7 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$, et ils sont lavables à l'air et à l'eau, les séquences de lavage s'effectuant de façon semi-automatique ou en manuel si nécessaire. Ces filtres peuvent être transformés en filtres bicouches sable + anthracite avec le minimum de modifications de génie civil. Par contre, les équipements liés au lavage (pompes, tuyauteries, vannes, etc.) devront être changés et adaptés aux nouvelles conditions de fonctionnement. Dans le caniveau commun de l'eau filtrée (avant les filtres de charbon actif granulaire) il y a le trop-plein pour permettre la décharge superficielle de l'eau vers le rejet.

La bêche d'eau filtrée et d'oxydation intermédiaire a une capacité utile égale au volume nécessaire pour le lavage de deux filtres et au volume nécessaire pour assurer un temps de contact avec le chlore et le permanganate de potassium de 8 min (volume de 1100 m³).

Tableau III.9. Dimensionnement de filtration sur sable.

| Paramètre | valeur | Unité |
|---|---------|-----------------------------------|
| Débit nominal | 1 161,0 | L/s |
| | 4 179,6 | m ³ /h |
| | 69,7 | m ³ /min |
| Nombre de filtres | 12,0 | n° |
| Taux de filtration (tous les filtres en fonctionnement, 12 filtres) | 6,5 | m ³ /m ² /h |
| Taux de filtration (un filtre hors service est en lavage) donc c'est 11 filtres | 7,0 | m ³ /m ² /h |
| Hauteur de la couche filtrante de sable | 1,0 | m |
| Aire utile par filtre | 54 | m ² |
| Largeur de chaque filtre | 4,9 | m |
| Longueur de chaque filtre | 11,0 | m |
| Volume de sable par filtre | 54 | m ³ |
| Temps de lavage avec l'aire | 2,0 | min |
| Taux d'air comprimé | 55,0 | m ³ /m ² /h |
| Temps de dé tassage à l'air | 2,0 | min |
| Temps de lavage (dé colmatage) avec eau + aire | 2,0 | min |
| Vitesse ascensionnelle de l'eau de lavage | 12,5 | m/h |
| Temps de lavage avec eau | 11,0 | min |
| Vitesse ascensionnelle de l'eau de lavage (dé colmatage et rinçage) | 25,0 | m/h |
| Temps de lavage total (dé colmatage + rinçage) | 15,0 | min |
| Débit d'eau de lavage des filtres (pompes 2+1) | 675 | m ³ /h |
| | 11,5 | m ³ /min |
| Débit d'air de lavage des filtres (2+1) | 1 485 | Nm ³ /h |
| le débit horaire de l'eau de lavage | 1350 | m ³ /h |
| | 22,5 | m ³ /min |
| Volume d'eau nécessaire pour le lavage d'un filtre | 269,9 | m ³ |

➤ **Le débit horaire :** $Q = 1161 \text{ l/s} = \frac{1161 \times 3600}{1000} = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} = 69,7 \text{ m}^3/\text{min}$

➤ **Aire utile par filtre :**

On a : $Q = \text{aire} \times \text{vitesse}$

Donc : $\text{aire} = Q/V = \frac{4179,6}{6,5} = 643,01 \text{ m}^2$

Et pour un filtre on aura : $\text{Aire} = \frac{643,01}{12} = 53,6 \text{ m}^2 \approx 54 \text{ m}^2$

➤ **Volume de sable par filtre :**

$$V = L * l * H = 11 * 4,9 * 1 = 53,9 \text{ m}^2 \approx 54 \text{ m}^2$$

➤ **Débit d'eau de lavage des filtres (pompes 2+1), (2+1 : deux pompes en service et une pompe hors service):**

$$Q = \text{Vitesse ascensionnelle de l'eau de lavage} * \text{Aire} = 12,5 * 54 = 675 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Débit d'air de lavage des filtres (2+1)**

$Q = \text{vitesse d'air comprimé} * \text{l'aire} = 55 * 54 = 2970 \text{ m}^3/\text{h}$, au tant que y'a deux pompe en fonctionnement et 1 hors service donc on aura :

$$Q = \frac{2970}{2} = 1485 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Avec : vitesse d'air comprimé c'est ce qu'on appelle Taux d'air comprimé

N : est dans les conditions normales

➤ **Volume d'eau nécessaire pour le lavage d'un filtre :**

On à 54 m^2 donc on calcule le débit horaire de l'eau de lavage on aura :

$$\text{➤ } Q = 54 \text{ m}^2 * 25 \text{ m/h} = 1350 \text{ m}^3/\text{h} = \frac{1350}{60} = 22,5 \text{ m}^3/\text{min},$$

$$\text{Donc : } V = 22,5 \text{ m}^3/\text{min} * 11 \text{ min} = 247,5 \text{ m}^3$$

Pour le rinçage :

$$\text{➤ } Q = 675 \text{ m}^3/\text{h} = 11,25 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\text{Donc } V_T = 11,25 * 2 + 22,5 * 11 = 270 \text{ m}^3$$

Donc le volume nécessaire pour le lavage d'un filtre est $270,38 \text{ m}^3$

III.3.1.7. Filtration en charbon actif

Après la bêche d'eau filtrée et d'oxydation intermédiaire, l'eau sera conduite vers le caniveau d'alimentation des 12 filtres de charbon actif granulaire. L'entrée de l'eau filtrée vers chaque filtre est contrôlée par une vanne murale motorisée. Chaque filtre aura 3 caniveaux avec des déversoirs que permettrons l'égale répartition de l'eau entre tous les filtres en fonctionnement. Le principe de fonctionnement des filtres de charbon actif granulaire est similaire aux filtres à sable. La principale différence est le critère de dimensionnement.

Le dimensionnement des filtres CAG (charbon actif granulaire) est présenté ci-dessous :

Tableau. III.10. Dimensionnement de filtration sur charbon.

| Paramètre | valeur | Unité |
|---------------------------------------|----------|-------------------|
| Débit nominal | 1 161,00 | L/s |
| Nombre de filtres | 12,00 | n° |
| Débit unitaire (12 filtre en service) | 348,30 | m ³ /h |

| | | |
|---|--------|-----------------------------------|
| Débit unitaire (11 filtre en service) | 380,00 | m ³ /h |
| Hauteur de la couche filtrante de Charbon | 1,10 | m |
| Largeur par filtre | 4,90 | m |
| Longueur par filtre | 11,00 | m |
| Aire utile par filtre | 54,00 | m ² |
| Surface total filtration sur charbon | 648,00 | m ² |
| Taux de filtration (tous les filtres en fonctionnement) | 6,50 | m ³ /m ² /h |
| Taux de filtration (un filtre hors service) | 7,00 | m ³ /m ² /h |
| Volume de charbon par filtre | 59,30 | m ³ |
| Volume total de charbon par filtre | 711,50 | m ³ |
| Temps de contact (12 filtre en service) | 10,20 | min |
| Temps de contact (11 filtre en service) | 9,40 | min |

➤ **Débit horaire nominal:** $Q = 1161 \text{ L/s} = \frac{1161 \cdot 3600}{1000} = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ **Débit unitaire (12 filtre en service) :** $\frac{\text{débit nominal}}{12} = \frac{4179,6}{12} = 348,3 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ **Débit unitaire (11 filtre en service) :** $\frac{\text{débit nominal}}{11} = \frac{4179,6}{11} = 379,96 \approx 380 \text{ m}^3/\text{h}$

➤ **Aire utile par filtre :** longueur*largeur = 11*4,9 = 53,9 ≈ 54 m²

➤ **Surface total filtration sur charbon :** Est l'aire utile par filtre*12 = 54*12 = 648 m²

➤ **Taux de filtration (tous les filtres en fonctionnement) :**

$$\text{Vitesse (taux de filtration)} = \frac{\text{Débit nominal}}{\text{Surface total filtration sur charbon}}$$

$$V = \frac{4179,6}{648} = 6,45 \text{ m/h}$$

➤ **Taux de filtration (un filtre hors service)**

$$V = \frac{\text{Débit unitaire (11 filtre en service)}}{\text{Aire utile par filtre}}$$

$$V = \frac{380}{54} = 7,03 \text{ m/h}$$

➤ **Volume de charbon par filtre :**

$$V = \text{longueur} \cdot \text{largeur} \cdot \text{hauteur} = 11 \cdot 4,9 \cdot 1,1 = 59,29 = 59,3 \text{ m}^3$$

➤ **Volume total de charbon par filtre :**

$$V_T = \text{volume par filtre} \cdot 12 = 59,3 \cdot 12 = 711,48 = 711,48 \text{ m}^3$$

➤ **Temps de contact (12 filtre en service) :**

$$\text{Temps de contacte} = \frac{\text{Volume de charbon par filtre}}{\text{Débit unitaire (12 filtre en service)}}$$

$$\text{Temps de contacte} = \frac{59,3}{348,3} = 0,17 \text{ h} = 0,17 \cdot 60 = 10,2 \text{ min}$$

➤ **Temps de contact (11 filtre en service) :**

$$\text{Temps de contact} = \frac{\text{Volume de charbon par filtre}}{\text{Débit unitaire (11 filtre en service)}}$$

$$\text{Temps de contact} = \frac{59,3}{380} = 0,15 \text{ h} = 0,15 * 60 = 9,36 \approx 9,4 \text{ min}$$

III.6.2. Les réactifs**III.3.2.1. Chlore**

On a prévu trois points d'injection du chlore :

- Pré-oxydation (dans l'ouvrage de pré-oxydation) – (2+1) chloromètres et pompes d'eau motrice,
 - Sachant que (2 + 1) c'est : deux chloromètres en service, un chloromètre hors service et deux pompes d'eau motrice en service, une pompe d'eau motrice hors service.
- Chloration intermédiaire (dans la bêche d'eau filtrée) – dosage de chlore entre 2,0 et 4,0 mg/L, par (1 + 1) chloromètres et pompes d'eau motrice,
 - Sachant que (1+1) chloromètres et pompes d'eau motrice signifie qu'un chloromètre en service et un chloromètre hors service. Aussi une pompe d'eau motrice en service et une pompe d'eau motrice hors service.
- Désinfection finale (sur la conduite d'eau filtrée vers le réservoir d'eau traitée) – dosage de chlore entre 2 et 3 mg/L, par (1 + 1) chloromètres et pompes d'eau motrice.
 - Sachant que (1+1) chloromètres et pompes d'eau motrice signifie qu'un chloromètre en service et un chloromètre hors service. Aussi une pompe d'eau motrice en service et une pompe d'eau motrice hors service.

Le contrôle des dosages du chlore de la pré-oxydation et de l'oxydation intermédiaire, sera effectué de façon proportionnelle au débit d'eau brute entrant dans la ST. Le contrôle du dosage du chlore de la désinfection finale, sera effectué à travers du chlore résiduel, mesuré à la sortie du réservoir d'eau traité.

Tableau.III.11. Dimensionnement des systèmes suivants de (pré-oxydation, oxydation intermédiaire et désinfection.)

| Paramètre | Unité | Valeur |
|-----------------------------------|-------|--------|
| Débit nominal à l'entrée de la ST | L/s | 1 161 |
| Pré-oxydation | | |
| Dosage minimum | mg/L | 3 |

| | | |
|--|------|--|
| Dosage moyenne | mg/L | 5 |
| Dosage maximum | mg/L | 10 |
| Point d'injection | - | Chambre de pré- oxydation |
| Consommation minimum de chlore | kg/h | 12,5388 |
| Consommation moyenne de chlore | kg/h | 20,898 |
| Consommation maximum de chlore | kg/h | 41,796 |
| Nombre de chloromètres | - | 2+1 |
| Point de fonctionnement des chloromètres | % | 20 |
| Fonctionnement des chloromètres | - | asservi au débit d'eau brute |
| Débit maximum de chlore fourni par un tank de 1000 kg | kg/h | 7 à 10 |
| Nombre de tanks raccordés | n° | 2+2 |
| Nombre des pompes d'eau motrice (2+1) | - | 2 |
| Chloration intermédiaire | | |
| Dosage minimum | mg/L | 1 |
| Dosage maximum | mg/L | 3 |
| Consommation minimum de chlore | kg/h | 4,1796 |
| Consommation maximum de chlore | kg/h | 12,5388 |
| Point d'injection | - | caniveau d'alimentation de la batterie des filtres |
| Nombre de chloromètres (1+1) | - | 1 |
| Point de fonctionnement des chlorométries | % | 20 |
| Fonctionnement des chlorométries | - | asservi au débit d'eau brute |
| Débit maximum de chlore fourni par un tank de 1000 kg | kg/h | 7 |
| Nombre de tanks raccordés | n° | 1+1 |
| Nombre des pompes d'eau motrice | - | 1+1 |
| Désinfection | | |
| Dosage minimum | mg/L | 1 |
| Dosage moyen | mg/L | 2 |
| Dosage maximum | mg/L | 3 |
| Consommation minimum de chlore | kg/h | 4,1796 |
| Consommation moyen de chlore | kg/h | 8,3592 |
| Consommation maximum de chlore | kg/h | 12,5388 |
| Point d'injection | - | Dans la conduite vers le réservoir |
| Nombre de chloromètres | - | 1+1 |
| Débit maximum de chlore fourni par un tank de 1000 kg | kg/h | 7 |

| | | |
|---------------------------------------|----|-----|
| Nombre de tanks raccordés | n° | 1+1 |
| Nombre des pompes d'eau motrice (1+1) | - | 1 |

➤ Le débit horaire est : 4179,6 m³/h

• **Les consommations des systèmes suivant :**

• **Pré-oxydation**

➤ Consommation minimum de chlore :

1 L —————> 3 mg

4179,6 m³/h —> X (consommation minimum)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 3 \text{ mg} = 12538,8 \text{ (m}^3/\text{h)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 12538,8 \text{ g/h} = 12,5388 \text{ kg/h}$$

$$X = 12,54 \text{ kg/h}$$

➤ Consommation moyen de chlore :

1 L —————> 5 mg

4179,6 m³/h —> X (consommation moyen)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 5 \text{ mg} = 20898 \text{ (m}^3/\text{h)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 20898 \text{ g/h} = 20,898 \text{ kg/h}$$

$$X = 20,90 \text{ kg/h}$$

➤ Consommation maximum de chlore :

1 L —————> 10 mg

4179,6 m³/h —> X (consommation maximum)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 10 \text{ mg} = 41796 \text{ (m}^3/\text{h)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 41796 \text{ g/h} = 41,796 \text{ kg/h}$$

$$X = 41,80 \text{ kg/h}$$

• **Chloration intermédiaire**

➤ Consommation minimum de chlore :

1 L —————> 1 mg

4179,6 m³/h —> X (consommation minimum)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 1 \text{ mg} = 4179,6 \text{ (m}^3/\text{h)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 4179,6 \text{ g/h} = 4,1796 \text{ kg/h}$$

$$X = 4,1796 \text{ kg/h}$$

➤ Consommation maximum de chlore :

1 L —————> 3mg

4179,6 m³/h —> X (consommation maximum)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 3 \text{ mg} = 12538,8 \text{ (m}^3/\text{h)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 12538,8 \text{ g/h} = 12,5388 \text{ kg/h}$$

$$X = 12,54 \text{ kg/h}$$

➤ **Disinfection**

➤ Consommation minimum de chlore :

1 L —————→ 1 mg

4179,6 m³/h —→ X (consommation minimum)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 1 \text{ mg} = 4179,6 (\text{m}^3/\text{h}) * (10^{-3} \text{g}/10^{-3} \text{m}^3) = 4179,6 \text{ g/h} = 4,1796 \text{ kg/h}$$

X= 4,1796 kg/h

➤ **Consommation moyen chlore**

1 L —————→ 2 mg

4179,6 m³/h —→ X (consommation moyen)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 2 \text{ mg} = 8359,2 (\text{m}^3/\text{h}) * (10^{-3} \text{g}/10^{-3} \text{m}^3) = 8359,2 \text{ g/h} = 8,3592 \text{ kg/h}$$

X= 8,360 kg/h

➤ **Consommation maximum de chlore :**

1 L —————→ 3mg

4179,6 m³/h —→ X (consommation maximum)

$$X = 4179,6 \text{ m}^3/\text{h} * 3 \text{ mg} = 12538,8 (\text{m}^3/\text{h}) * (10^{-3} \text{g}/10^{-3} \text{m}^3) = 12538,8 \text{ g/h} = 12,5388 \text{ kg/h}$$

X= 12,54 kg/h

➤ **Débit maximum de chlore fourni par un tank de 1000kg : 7 kg/h** (la bouteille de chlore elle ne faut pas dépasser cette valeur).

III. 3.2.2. Sulfate d'aluminium pour coagulation

Concernant l'approvisionnement du réactif, il est nécessaire de prévoir le stockage du sulfate d'aluminium avec une autonomie de trois mois en dosage moyen. Le sulfate d'aluminium sera introduit en solution de 17% au sein de chaque cloison du mélangeur rapide. La préparation et le dosage de la suspension seront effectués à travers deux bacs de préparation en béton dans le bâtiment des réactifs et de 2 pompes doseuses à membrane, la troisième étant une réserve active des autres deux.

La détermination du volume des cuves pour la préparation s'est basée sur la satisfaction des besoins estimés pour un jour de fonctionnement et au dosage moyen. Ainsi, on prévoit deux bacs ayant un volume unitaire de 34 m³. Une estimation du dosage et des consommations de sulfate d'aluminium est présentée dans le tableau suivant :

Tableau. III.12. Estimation du dosage et des consommations de sulfate d'aluminium.

| paramètre | unité | Valeur |
|--|-------|--------|
| Nombre de files de production | - | 1 |
| Débit nominal total à l'entrée de la ST (10 g/L MES) | L/s | 1161 |
| Dosage minimum | mg/L | 10 |
| Dosage moyen | mg/L | 20 |

| | | |
|--|----------------|---|
| Dosage maximum | mg/L | 30 |
| Point d'injection | - | au sein de chaque cloison du mélangeur rapide |
| Sulfate d'aluminium en poudre | | |
| Consommation minimum de réactif commercial | kg/j | 1003,104 |
| Consommation moyenne de réactif commercial | kg/j | 2006,208 |
| Consommation maximum de réactif commercial | kg/j | 3009,312 |
| Nombre des sacs nécessaires pour 3 mois | - | 3611,1744 |
| Suspension à doser | | |
| Concentration de la suspension à doser | % | 17 |
| Nombre des pompes doseuses | - | 2+1 |
| Type des pompes doseuses | - | Volumétrique et à membrane |
| Débit minimum total de la suspension à doser | L/h | 835,92 |
| Débit moyen total de la suspension à doser | L/h | 1 671,84 |
| Débit maximum total de la suspension à doser | L/h | 2 507,76 |
| Nombre des bacs pour la préparation | n° | 1+1 |
| Autonomie d'une cuve a dose moyenne 20 mg/l | H | 20 |
| Volume des bacs pour la préparation | m ³ | 34 |

➤ Le débit journalier est :

$$Q = \frac{1161 \cdot 3600 \cdot 24}{1000} = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j}$$

• **Les consommations de sulfate d'aluminium en poudre**

➤ **Consommation minimum de réactif commercial :**

1 L → 10 mg

100310,4 m³/j → X (consommation minimum)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 10 \text{ mg} = 1003104 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 1003104 \text{ g/j} = 1003,104 \text{ kg/j}$$

X = 1003,104 kg/j

➤ **Consommation moyenne de réactif commercial :**

1 L → 20 mg

100310,4 m³/j → X (consommation minimum)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 20 \text{ mg} = 2006208 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 2006208 \text{ g/j} = 2006,208 \text{ kg/j}$$

X = 2006,208 kg/j

➤ **Consommation maximum de réactif commercial :**

1 L → 30 mg

100310,4 m³/j → X (consommation minimum)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 30 \text{ mg} = 3009312 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 3009312 \text{ g/j} = 3009,312 \text{ kg/j}$$

$$X = 3009,312 \text{ kg/j}$$

➤ Nombre des sacs nécessaires pour 3 mois :

On a :

$$3 \text{ mois} = 3 \times 30 \text{ jours}$$

$$1 \text{ jours} \longrightarrow 2006,2 \text{ kg}$$

$$90 \text{ jours} \longrightarrow X$$

$$X = 2006,2 \times 90 = 180558 \text{ kg}$$

Et :

$$1 \text{ sac} \longrightarrow 50 \text{ kg}$$

$$X \text{ (nombre des sacs)} \longrightarrow 180558 \text{ kg}$$

$$\text{Donc : } X = \frac{180558}{50}$$

$$X = 3611,16$$

• Les débits de la suspension à doser

On utilise La loi suivant : $Q_{PD} \cdot C_C = Q_{EB} \cdot C_P$

Q_{PD} : débit de la pompe doseuse

C_C : concentration de la cuve

Q_{EB} : débit d'eau brute

C_P : concentration des dosages (minimum, moyen, maximum).

➤ **La consommation minimum à doser : $4179,6 \text{ m}^3/\text{h} \times 10 \text{ mg/l} = 41796 \text{ g/l}$**

La solution préparée est donnée : **50 g/l**

La loi des trois :

Donc Débit minimum total de la suspension à doser est : $\frac{4179,6}{50} = 835,92 \text{ l/h}$

➤ **La consommation moyenne à doser : $4179,6 \text{ m}^3/\text{h} \times 20 \text{ mg/l} = 83592 \text{ g/l}$**

La solution préparée est donnée : **50 g/L**

La loi des trois :

Donc Débit moyen total de la suspension à doser est : $\frac{83592}{50} = 1671,84 \text{ L/h}$

➤ **La consommation maximum à doser : $4179,6 \text{ m}^3/\text{h} \times 30 \text{ mg/L} = 125388 \text{ g/L}$**

La solution préparée est donnée : **50 g/L**

La loi des trois :

Donc Débit minimum total de la suspension à doser est : $\frac{125388}{50} = 2507,76 \text{ L/h}$

➤ **Volume des bacs pour la préparation est 34 m^3**

➤ **Autonomie d'une cuve a dose moyenne 20 mg/L :**

$$\text{Est : } \frac{34 \cdot 103}{1671,841} = 20,33 \text{ h}$$

III. 3.2.3. Flocculant

III.3.2.3.1. Flocculant pour flocculateurs

On a prévu l'injection de flocculant dans les flocculateurs avec les dosages entre 0,01 et 0,05 mg/l par (1 + 1) pompes doseuses à vis. C'est-à-dire une pompe doseuse en service et une pompe doseuse hors service.

Une unité de préparation automatique de flocculant est prévue pour la flocculation, laquelle fera la dilution préliminaire du flocculant à 0,4 % et après une dilution en ligne avec l'eau, de façon à obtenir une solution de flocculant à 0,05 %. Et (2+1) pompes doseuses à vis, donc deux pompes doseuses à vis en service et une pompe doseuse à vis hors service avec un débit maximum de 418,1 L/h seront installées pour l'injection du flocculant au sein de chaque cloison de flocculation.

Tableau III.13. Estimation du dosage et des consommations du flocculant.

| Estimation du dosage et des consommations du flocculant | | |
|--|--------------|---|
| Paramètre | Unité | Valeur |
| Nombre de files de production | - | 1 |
| Estimation du dosage et des consommations du Flocculant – Flocculateurs | | |
| Débit nominal total à l'entrée de la ST (10 g/L MES) | L/s | 1161 |
| Dosage minimum | mg/L | 0,01 |
| Dosage moyen | mg/L | 0,02 |
| Dosage maximum | mg/L | 0,05 |
| Point d'injection | - | au sien de chaque cloison de flocculation |
| Flocculant en poudre | | |
| Consommation minimum de réactif commercial | kg/j | 1,003104 |
| Consommation moyen de réactif commercial | kg/j | 2,006208 |
| Consommation maximum de réactif commercial | kg/j | 5,01552 |
| Nombre des sacs nécessaires pour 3 mois à 0,02 mg/L | - | 7,2223488 |
| Solution à préparer | | |
| Concentration de la suspension à préparer | % | 0,4 |
| Type de préparation | - | unité de préparation automatique |

| | | |
|--|-----|--------------------|
| Volume de l'unité de préparation | L | 400 |
| Nombre des pompes doseuses (floculation) | - | 2+1 |
| Type des pompes doseuses | - | volumétrique à vis |
| Débit minimum total de la suspension à préparer | L/h | 10,5 |
| Débit moyen total de la suspension à préparer | L/h | 20,9 |
| Débit maximum total de la suspension à préparer | L/h | 52,3 |
| Solution à doser | | |
| Concentration de la suspension à doser | % | 0,05 |
| Débit maximum total de la suspension à doser | L/h | 418,1 |
| Débit maximum total de l'eau de dilution | L/h | 365,9 |

• Le débit journalier est : $Q_j = \frac{1161 \cdot 3600 \cdot 24}{1000} = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j}$

• Les consommations de floculant en poudre

➤ **Consommation minimum de réactif commercial :**

1 L → 0,01 mg

100310,4 m³/j → X (consommation minimum)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 0,01 \text{ mg} = 1003,104 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 1003,104 \text{ g/j} = 1,003104 \text{ kg/j}$$

X = 1,003104 kg/j

➤ **Consommation moyen de réactif commercial :**

1 L → 0,02 mg

100310,4 m³/j → X (consommation moyen)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 0,02 \text{ mg} = 2006,208 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 2006,208 \text{ g/j} = 2,006208 \text{ kg/j}$$

X = 2,006208 kg/j

➤ **Consommation maximum de réactif commercial :**

1 L → 0,05 mg

100310,4 m³/j → X (consommation maximum)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 0,05 \text{ mg} = 50155,2 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 50155,2 \text{ g/j} = 50,1552 \text{ kg/j}$$

X = 50,1552 kg/j

➤ **Nombre des sacs nécessaires pour 3 mois :**

On a :

3 mois = 3*30 jours

1 jour → 2,0062 kg

90 jours → X

$$X = 2,0062 \cdot 90 = 180,558 \text{ kg}$$

Et :

1sac \longrightarrow 25 kg

X (nombre des sacs) \longrightarrow 180,558 kg

$$\text{Donc : } X = \frac{180,558}{25}$$

$$X = 7,22232$$

• **Les débits solution à préparer :**

On à 0,4 % à préparer c'est-à-dire 4 kg/m³ à préparer.

$$4 \text{ kg/m}^3 = 4 \text{ g/L}$$

➤ **Débit minimum total de la suspension à préparer :**

On à 1,00304 kg/j de la quantité nécessaire

$$1,00304 \text{ kg/j} = \frac{1,00304}{24} = 0,04179 \text{ kg/h} = 0,04179 * 10^3 \text{ g/h}$$

$$\text{Donc le débit minimum est : } \frac{41,79}{4} = 10,449 \approx 10,5 \text{ L/h}$$

➤ **Débit moyen total de la suspension à préparer :**

On à 2,006208 kg/j de la quantité nécessaire

$$2,006208 \text{ kg/j} = \frac{2,006208}{24} = 0,0835 \text{ kg/h} = 0,0835 * 10^3 \text{ g/h}$$

$$\text{Donc le débit moyen est : } \frac{83,59}{4} = 20,898 \text{ L/h}$$

➤ **Débit maximum total de la suspension à préparer :**

On à 5,01552 kg/j de la quantité nécessaire

$$5,01552 \text{ kg/j} = \frac{5,01552}{24} = 0,20898 \text{ kg/h} = 0,20898 * 10^3 \text{ g/h}$$

$$\text{Donc le débit maximum est : } \frac{208,98}{4} = 52,245 \approx 52,3 \text{ L/h}$$

• **Les débits de solution à doser :**

On à 0,05 % à doser c'est-à-dire 0,5 kg/m³ à doser.

$$0,5 \text{ kg/m}^3 = 0,5 \text{ g/L}$$

➤ **Débit maximum total de la suspension à doser :**

On à 5,01552 kg/j de la quantité nécessaire

$$5,01552 \text{ kg/j} = \frac{5,01552}{24} = 0,20898 \text{ kg/h} = 0,20898 * 10^3 \text{ g/h}$$

$$\text{Donc le débit minimum est : } \frac{208,98}{0,5} = 417,96 \text{ L/h}$$

➤ **Débit maximum total de l'eau de dilution est :**

Débit maximum total de la suspension à doser -Débit maximum total de la suspension à préparer = $417,96 - 52,3 = 365,66$ L/h.

III.3.2.4. Permanganate de Potassium

Le KMnO_4 sera introduit en suspension à 2,00% dans le caniveau d'alimentation de la batterie des filtres. La préparation et le dosage de la suspension seront effectués à travers une unité de préparation automatique et (2+1) pompes doseuses volumétrique et à membrane avec des débits à doser.

Sachant que (2+1) signifié que deux pompes doseuses volumétrique et à membrane en service et une pompe hors service.

Tableau.III.14. Estimation du dosage et des consommations du KMnO_4 .

| Estimation du dosage et des consommations du permanganate de potassium | | |
|---|------------------------|--|
| Paramètre | Unité | Valeur |
| Nombre de files de production | - | 1 |
| Débit nominal total à l'entrée de la ST (20 g/L MES) | L/s | 1161 |
| Dosage minimum | mg/L | 0,5 |
| Dosage moyen | mg/L | 1 |
| Dosage maximum | mg/L | 1,5 |
| Point d'injection | - | caniveau d'alimentation de la batterie des filtres |
| KMnO_4 sec (en cristaux) | | |
| Concentration de la suspension à préparer | % | 2 |
| Type de préparation | - | unité de préparation automatique |
| Volume de l'unité de préparation | m^3 | 4,2 |
| Consommation minimum de réactif commercial | kg/j | 50,1552 |
| Consommation moyen de réactif commercial | kg/j | 100,3104 |
| Consommation maximum de réactif commercial | kg/j | 150,4656 |
| Masse spécifique du réactif commercial | kg/m^3 | 1500 |
| Consommation pour 3 mois du réactif commercial | kg/3mois | 9028 |
| Nombre des sacs nécessaires pour 3 mois | - | 361 |
| Suspension à doser | | |
| Consommation minimum de la solution | kg/j | 41,8 |
| Consommation moyen de la solution | kg/j | 83,6 |
| Consommation maximum de la solution | kg/j | 125,4 |

| | | |
|--|-----|----------------------------|
| Nombre des pompes doseuses | - | 2+1 |
| Type des pompes doseuses | - | Volumétrique et à membrane |
| Débit moyen total de la suspension à doser | L/h | 250,9 |
| Débit maximum total de la suspension à doser | L/h | 376,3 |

➤ Le débit journalier est : **100310,4 m³/j**

• **Suspension à préparer :**

➤ **Consommation minimum de réactif commercial :**

1 L → 0,5 mg

100310,4 m³/j → X (consommation minimum)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} * 0,5 \text{ mg} = 50155,2 \text{ (m}^3/\text{j)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 50155,2 \text{ g/j} = 50,1552 \text{ kg/j}$$

X = 50,1552 kg/j

➤ **Consommation moyen de réactif commercial :**

1 L → 1 mg

100310,4 m³/j → X (consommation moyen)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} * 1 \text{ mg} = 100310,4 \text{ (m}^3/\text{j)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 100310,4 \text{ g/j} = 100,3104 \text{ kg/j}$$

X = 100,3104 kg/j

➤ **Consommation maximum de réactif commercial :**

1 L → 1,5 mg

100310,4 m³/j → X (consommation moyen)

$$X = 100310,4 \text{ m}^3/\text{j} * 1,5 \text{ mg} = 150465,6 \text{ (m}^3/\text{j)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 150465,6 \text{ g/j} = 150,4656 \text{ kg/j}$$

X = 150,4656 kg/j

➤ **Masse spécifique du réactif commercial :** est une caractéristique de produit commercial est donnée 1500 kg/m³

➤ **Consommation pour 3 mois du réactif commercial :**

On a :

3 mois = 3*30 jours

1 jour → 100,3104 kg

90 jours → X

$$X = 100,3104 * 90 = 9027,9336 \approx 9028 \text{ kg}$$

➤ **Nombre des sacs nécessaires pour 3 mois :**

1 sac → 25 kg

X (nombre des sacs) → 9027,9336 kg

$$\text{Donc : } X = \frac{9027,9336}{25}$$

$$X = 361,117$$

• **Suspension à doser**

Le débit utilisé est pour 20 h donc $Q = 4179,6 \cdot 20 = 83592 \text{ m}^3/\text{j}$

➤ **Consommation minimum de la solution :**

$$1 \text{ L} \longrightarrow 0,5 \text{ mg}$$

$$83592 \text{ m}^3/\text{j} \longrightarrow X \text{ (consommation moyen)}$$

$$X = 83592 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 0,5 \text{ mg} = 41796 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 41796 \text{ g/j} = 41,796 \text{ kg/j}$$

$$X = 41,796 \approx 41,8 \text{ kg/j}$$

➤ **Consommation moyen de la solution :**

$$1 \text{ L} \longrightarrow 1 \text{ mg}$$

$$83592 \text{ m}^3/\text{j} \longrightarrow X \text{ (consommation moyen)}$$

$$X = 83592 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 1 \text{ mg} = 83592 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 83592 \text{ g/j} = 83,592 \text{ kg/j}$$

$$X = 83,592 \approx 83,6 \text{ kg/j}$$

➤ **Consommation maximum de la solution :**

$$1 \text{ L} \longrightarrow 1,5 \text{ mg}$$

$$83592 \text{ m}^3/\text{j} \longrightarrow X \text{ (consommation moyen)}$$

$$X = 83592 \text{ m}^3/\text{j} \cdot 1,5 \text{ mg} = 125388 \text{ (m}^3/\text{j)} \cdot (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 125388 \text{ g/j} = 125,388 \text{ kg/j}$$

$$X = 125,388 \approx 125,34 \text{ kg/j}$$

• **Les débits :**

➤ **Débit moyen total de la suspension à doser**

Consommation moyen de réactif commercial (kg/j) = 100,3104 kg/j = 1003104 g/j

$$1003104 \text{ g/j} = \frac{1003104 \text{ g/j}}{20} = 5015,52 \text{ g/h}$$

La concentration nécessaire pour calculer les débits de la suspension à doser est 20 g/L

$$\text{Donc } Q = \frac{5015,52 \text{ g/h}}{20 \text{ g/L}} = 250,776 \text{ L/h}$$

➤ **Débit maximum total de la suspension à doser :**

Consommation maximum de réactif commercial (kg/j) = 150,4656 kg/j = 150465,6 g/j

$$150465,6 \text{ g/j} = \frac{150465,6 \text{ g/j}}{20} = 7523,28 \text{ g/h}$$

La concentration nécessaire pour calculer les débits de la suspension à doser est 20 g/L

$$\text{Donc : } Q = 7523,28 \text{ g/h} = \frac{7523,28 \text{ g/h}}{20 \text{ g/L}} = 376,164 \text{ L/h}$$

III.3.2.5. Acide sulfurique

Les dosages minimums, moyens et maximums d'acide sulfurique seront respectivement 20, 30 et 40 mg/L, en accord avec l'étude de l'équilibre calco-carbonique de l'eau. 6 bacs d'approvisionnement d'acide sulfurique avec 25 m³ (total) sont prévus, à placer au dehors du avec une autonomie de 45 jours. Pour la correction du pH de l'eau brute, l'acide sulfurique sera directement extrait des cuves de stockage et transféré sans dilution préalable jusqu'aux postes de dosage. Un filtre sera monté dans les tuyauteries de sortie des cuves de stockage. Le dosage sera effectué à travers de deux (1+1) pompes doseuses à membrane, la deuxième étant une réserve active de l'autre.

Tableau.III.15. Estimation du dosage et des consommations d'acide sulfurique.

| Estimation du dosage et des consommations d'acide sulfurique | | |
|--|-------|-------------------------|
| Paramètre | unité | Valeur |
| Nombre de files de production | - | 2 |
| Débit nominal total à l'entrée de la ST (10 g/L MES) | L/s | 1161 |
| Solution commercial d'acide (98%) à doser | | |
| Nombre des pompes doseuses | n° | 3+1 ; 1+1 |
| Type des pompes doseuses | - | volumétrique à membrane |
| Dosage minimum | mg/L | 15 |
| Dosage moyen | mg/L | 25 |
| Dosage maximum | mg/L | 40 |
| Volume de l'unité de stockage | tonne | 25 |
| consommation minimum de réactif commercial | kg/h | 62,7 |
| | kg/j | 1504,66 |
| consommation moyen de réactif commercial | kg/h | 104,5 |
| | kg/j | 2507,8 |
| consommation maximum de réactif commercial | kg/h | 167,184 |
| | kg/j | 4012,416 |
| Débit minimum de pompe doseuse | L/h | 34 |
| Débit moyen de pompe doseuse | L/h | 57 |
| Débit maximum de pompe doseuse | L/h | 91 |
| Autonomie sur une cuve de 25 m ³ (à 25 g/m ³) | jours | 17 |

• **Les consommations commerciales**

➤ **Consommation minimum de réactif commercial :**

$$1 \text{ L} \longrightarrow 15 \text{ mg}$$

$$4179,6 \text{ m}^3/\text{h} \longrightarrow X \text{ (consommation moyen)}$$

$$X = 4179,6 * 15 = 62694 \text{ (m}^3/\text{h)} * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 62,694 \text{ kg/h} = 1504,656 \text{ kg/j}$$

$$X = 62,694 \approx 62,7 \text{ kg/h}$$

➤ **Consommation moyen de réactif commercial :**

1 L —————→ 25 mg

4179,6 m³/h —————→ X (consommation moyen)

$$X = 4179,6 * 25 = 104490 \text{ (m}^3\text{/h)} * (10^{-3}\text{g}/10^{-3}\text{m}^3) = 104,49 \text{ kg/h} = 2507,76 \text{ kg/j}$$

$$X = 104,49 \approx 104,5 \text{ kg/h}$$

➤ **Consommation maximum de réactif commercial :**

1 L —————→ 40 mg

4179,6 m³/h —————→ X (consommation moyen)

$$X = 4179,6 * 40 = 167184 \text{ (m}^3\text{/h)} * (10^{-3}\text{g}/10^{-3}\text{m}^3) = 167,184 \text{ kg/h} = 4012,416 \text{ kg/j}$$

$$X = 167,184 \text{ kg/j}$$

• **Les débits**

On à cette lois : $Q_{PD} * C_C = Q_{EB} * C_P$

Sachant que la concentration de la cuve est donnée : 1843,9

➤ **Débit minimum de pompe doseuse :**

$$Q_{PD} = \frac{Q_{EB} * C_P}{C_C} = \frac{4179,6 * 15}{1843,9} = 34,00002169 \text{ L/h}$$

➤ **Débit moyen de pompe doseuse :**

$$Q_{PD} = \frac{Q_{EB} * C_P}{C_C} = \frac{4179,6 * 25}{1843,9} = 56,66666667 \text{ L/h}$$

➤ **Débit maximum de pompe doseuse :**

$$Q_{PD} = \frac{Q_{EB} * C_P}{C_C} = \frac{4179,6 * 40}{1843,9} = 90,66666667 \text{ L/h}$$

III.3.2.6. Chaux

Selon l'étude de l'équilibre calco-carbonique, la chaux est utilisée pour la correction finale du pH au niveau du réservoir d'eau traitée. Elle sera introduite sous la forme d'eau de chaux, dans la conduite de liaison entre la bache d'eau filtrée et le réservoir d'eau traitée. La préparation et le dosage du lait de chaux vers le saturateur se fera à travers (1+1) bacs de dilution et (1+1) pompes doseuses à vis, c'est-à-dire une pompe en service et une pompe hors service. La détermination du volume des cuves pour la préparation s'est basée sur la satisfaction des besoins estimés pour un jour de fonctionnement et au dosage moyen. Ainsi, on prévoit deux bacs (1+1), c'est-à-dire un bac en service et un bac hors service.

Tableau III.16. Estimation du dosage et des consommations en chaux.

| Estimation du dosage et des consommations de chaux | | |
|---|-------------------|--------------------|
| Paramètre | Unité | Valeur |
| Nombre de files de production | - | 1 |
| Débit nominal total d'eau traitée | L/s | 1 161 |
| Dosage minimum de l'eau de chaux | mg/L | 25 |
| Dosage moyen de l'eau de chaux | mg/L | 30 |
| Dosage maximum de l'eau de chaux | mg/L | 35 |
| Chaux éteinte | | |
| Pureté du réactif commercial | % | 85 |
| Efficacité du saturateur | % | 75 |
| Masse spécifique du réactif commercial | kg/m ³ | 500 |
| Suspension à doser – Lait de chaux | | |
| Concentration du lait de chaux à doser | % | 5 |
| Masse spécifique du lait de chaux | kg/m ³ | 1000 |
| Nombre des pompes doseuses | - | 1+1 |
| Type des pompes doseuses | - | Volumétrique à vis |
| Nombre des bacs pour la préparation | n° | 1+1 |
| Solution à doser – Eau de chaux | | |
| Concentration de l'eau de chaux à doser | % | 0,16 |
| Masse spécifique de l'eau de chaux | kg/m ³ | 1000 |
| Nombre des pompes doseuses | - | 1+1 |
| Type des pompes doseuses | - | Volumétrique à vis |
| Eau de dilution | | |
| Nombre des pompes doseuses | - | 1+1 |
| Type des pompes doseuses | - | Axe vertical |
| Boues de chaux | | |
| Concentration de boues de chaux | kg/m ³ | 35 |
| Nombre des pompes doseuses | - | 1+1 |
| Type des pompes doseuses | - | volumétrique à vis |

Explication

Pour la production de l'eau de chaux on a envisagé 2 saturateurs de chaux de type dynamique avec un agitateur de type axial placé dans la zone centrale du saturateur. Le débit d'eau de dilution sera mesuré et enregistré et sera proportionnel au débit de lait de chaux. Les solides sédimentés, boues à chaux, seront déchargés du cône des saturateurs pour la bêche de stockage de boues de chaux.

Tableau. III.17. Dimensionnement des saturateurs à chaux.

| Dimensionnement des saturateurs à chaux | | |
|---|----------------|--------|
| Paramètre | Unité | Valeur |
| Nombres de saturateurs à chaux | - | 2 |
| Diamètre | m | 5 |
| Aire utile unitaire | m ² | 19,6 |
| Aire utile total | m ² | 39,3 |
| Hauteur du cône | m | 4 |
| Volume utile total | m ³ | 307,6 |

Explication

➤ Aire utile total : Est $19,6 \times \text{le nombre de saturateurs à chaux (2)} = 39,3 \text{ m}^2$

III.3.2.7. Hypochlorite de sodium

L'ADE a indiqué qu'il y a, quelques fois, des problèmes d'approvisionnement en chlore gazeux. Ainsi, il est nécessaire de prévoir un bâtiment pour le stockage et le dosage de l'hypochlorite de sodium en cas de défaillance de l'alimentation en chlore gazeux.

L'hypochlorite de sodium est un réactif très instable. Le chlore s'évapore à un taux de 0,75g de chlore actif par jour depuis la solution et il se désintègre s'il est chaud. Cela se déroule également lorsque l'hypochlorite de sodium est en contact avec les acides, la lumière du soleil, certains métaux ou gaz corrosifs, incluant le chlore gazeux. Le dimensionnement du bâtiment de l'hypochlorite de sodium permettra le stockage des cuves de 1 m³ du réactif « hypochlorite de sodium en solution aqueuse 13 % » pour 30 jours de dosage moyen.

Le dosage sera effectué à travers de deux (2+1) pompes doseuses à membrane dans la pré-oxydation, plus deux (2+1) pompes doseuses à membrane dans l'oxydation intermédiaire et plus deux (2+1) pompes doseuses à membrane dans la désinfection finale.

2+1 signifie que deux pompes en service et une pompe hors service.

Tableau.III.18. Estimation du dosage et des consommations de l'hypochlorite de sodium.

| Estimation du dosage et des consommations d'hypochlorite de sodium (seulement en cas de défaillance du chlore gazeux) | | |
|---|-------|--------------------------|
| Paramètre | Unité | Valeur |
| Débit nominal total à l'entrée de la ST | L/s | 1 161 |
| Pré-oxydation | | |
| Dosage moyen | mg/L | 3 |
| Point d'injection | - | chambre de pré-oxydation |
| Consommation moyenne de chlore | kg/j | 250,776 |

| Chloration intermédiaire | | |
|--------------------------------|------|------------------------------------|
| Dosage moyen | mg/L | 2,5 |
| Point d'injection | - | Bâche d'eau filtrée |
| Consommation moyenne de chlore | kg/j | 208,98 |
| Désinfection | | |
| Dosage moyen | mg/L | 2 |
| Point d'injection | - | Dans la conduite vers le réservoir |
| Consommation moyenne de chlore | kg/j | 167,184 |

➤ On prend le débit horaire = 4179,6 m³/h pendant 20 h

Donc le débit journalier = 4179,6*20 = 83592 m³/j

➤ Les Consommations moyennes de chlore pour :

1) Pré-oxydation :

1 L → 3 mg

83592 m³/j → X (consommation moyen)

$$X = 83592 \text{ m}^3/\text{j} * 3 \text{ mg} = 250776 (\text{m}^3/\text{j}) * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 250776 \text{ g/j} = 250,776 \text{ kg/j}$$

X = 250,776 kg/j

2) Chloration intermédiaire :

1 L → 2,5 mg

83592 m³/j → X (consommation moyen)

$$X = 83592 \text{ m}^3/\text{j} * 2,5 \text{ mg} = 208980 (\text{m}^3/\text{j}) * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 208980 \text{ g/j} = 208,98 \text{ kg/j}$$

X = 208,98 kg/j

3) Désinfection :

1 L → 2 mg

83592 m³/j → X (consommation moyen)

$$X = 83592 \text{ m}^3/\text{j} * 2 \text{ mg} = 167184 (\text{m}^3/\text{j}) * (10^{-3} \text{ g}/10^{-3} \text{ m}^3) = 167184 \text{ g/j} = 167,184 \text{ kg/j}$$

X = 167,184 kg/j

Conclusion générale

Conclusion générale

Les eaux de surfaces peuvent contenir des quantités non négligeables de matières organiques issues de divers rejets domestiques ou industriels. Leur présence dans ces eaux implique de nombreux problèmes. Il est donc nécessaire de suivre leur évolution et leur élimination au cours des opérations de traitement des eaux destinées à la consommation.

Pour obtenir le titre « d'eau potable » et ainsi pouvoir être consommée sans risque pour la santé, l'eau brute puisée dans les rivières, fleuves, lacs et nappes phréatiques ou récoltée grâce à l'eau de pluie doit subir de nombreux traitements. Ces opérations peuvent se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines privées ou publiques, mais aussi dans une simple maison, pour sa consommation personnelle.

L'objectif de ce travail était de dimensionner des ouvrages utilisés lors du process de traitement de la station de traitement de Bouira afin d'obtenir une eau qui respecte les normes de potabilité en vigueur. A la fin, on a conclu que les résultats du dimensionnement de la nouvelle extension de la station de traitement sont efficaces et corrects, ce qui permettra à la station de supporter le débit supplémentaire d'eau à traiter.

Références bibliographiques

Liste des références

Chapitre 1 :

[1] : Encyclopédie. (2006). L'eau. Edition. Encarta.

[2] : suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-eaux-naturelles. Le Memento degremont. (2000)

[3] : Degremont, «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, (2005). 39-50.

[4]: Brown E., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D. et Wright J. (1997). Seawater: Its composition, properties and behaviour, The Open University, Second edition.

[5]: Benner R., Biddanda B., Black B. et McCarthy M. (1997). Abundance, size distribution, and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential-flow ultrafiltration, *Marine Chemistry* 57 243-263.

[6] : Ransom B., Shea K. F., Burkett P. J., Bennett R. H. et Baerwald R. (1998). Comparison of pelagic and nepheloid layer marine snow: implications for carbon cycling, *Marine Geology* 150 [7] DESJARDINS, (1990).

[7] : A.KHADRAOUI, S.TALEB, « Qualité des eaux dans le sud algérien (potabilité pollution et impact sur le milieu) », (2008).

[8] : Dégremont, « Mémento technique de l'eau », Première édition, (1952).

[9] : A. Dupont, Hydrologie-captage et traitement des eaux, HYDRAULIQUE, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).

[10] : H.TARDATH et J.P.BEAUDRY, « chimie des eaux, les griffons d'argile », (1984).

[11] : Henri Roque, « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).

[12]: Copin-Montégut G. (1996). Chimie de l'eau de mer, Institut Océanographique.

[13]: Brown E., Colling A., Park D., Phillips J., Rothery D. et Wright J. (1997). Seawater: Its composition, properties and behaviour, The Open University, Second edition.

[14]: manomano. 2021 .conseil/comment-choisir-son-surpresseur-2717.

Liste des références

- [15]: Benner R., Biddanda B., Black B. et McCarthy M. (1997). Abundance, size distribution, and stable carbon and nitrogen isotopic compositions of marine organic matter isolated by tangential-flow ultrafiltration, *Marine Chemistry* 57 243-263.
- [16] : Ransom B., Shea K. F., Burkett P. J., Bennett R. H. et Baerwald R. (1998). Comparison of pelagic and nepheloid layer marine snow: implications for carbon cycling, *Marine Geology* 150.
- [17] : DEGREMONT, «Mémento technique de l'eau », Deuxième édition Tom1, (2005). 39-5.
- [18]: Bürger, R and Wendland, W., 2001 Sedimentation and suspension flows: Historical perspective and some recent developments. -*Journal of Engineering Mathematics* Vol 41, pp 101-116.
- [19] : A. Dupont, Hydrologie-captage et traitement des eaux, HYDRAULIQUE, Tome 1, Ed 5, Paris (1981).
- [20] : ANGELIER, Eugène, 2000.-*Ecologie des eaux courantes*-. London-Paris- : Tec et Doc,184p.
- [21] : Henri Roque, « Fondement théorique du traitement chimique des eaux » vol. I et II, technique et documentation, Lavoisier, Paris (1990).
- [22] :2001-2021 Futura-Science, tous droits réserve-Groupe MadeINFutura.
- [23] :2020, Trevi nv, Dulle-Grietlaan 17/1, 9050 Gentbrugge, Belgique, info@trevi-env.com/Sitemap
- [24] : Le Memento degremont@ Barbier.de suiez waterhandbook.fr. 2021.

Chapitre II :

- [25] : «rapport A,P,S Hussein DEY 2017,» 2017.
dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/6240/1/LARABI%20KARIMA.pdf
- [26] : «references de l'entreprise Amenhyd». ISTA – 2018
dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/6240/1/LARABI%20KARIMA.pdf
- [27] : «Une nouvelle Génération de Bâisseurs,» ISTA – 2018

Liste des références

[28] -ZARUBEZHVOIDSTROY (entreprises Russe), 2004.-Instruction d'exploitation : barrage de Tilesdit-.Rapport de recherche n°157/ANB/SM/93.

[29]-COPYRIGHT.2021 ALGERIE PRESSE SERVICE-TOUS DROITS RESERVES-D2VELOPPE PAR APS-DT.

Chapitre 3 :

[30]-fr.wikipedia.org/wiki/Cahier_des_clauses_techniques_particulier.Réaménagement de la rue du transformateur à Bennwihr – Lot Unique.2021.

[31]-.degremont.Pravarini.free.fr/Decantation.htm.2017

Annexes

Annexes

Annexe 1.1. Qualité de l'eau traitée selon CCTP /ARTICLE 4.3.2 :

Turbidité (avant injection de chaux) inférieure à 1,0 NTU

- Goût et odeur Acceptables pour le consommateur
- Couleur inférieure à 5° Hazen
- Aluminium Al inférieur à 0,2 mg/L
- Fer Fe inférieur à 0,3 mg/L
- Manganèse Mn inférieur à 0,1 mg/L
- pH 6,5 à 8,5
- E coli ou bactérie thermotolérante néant sur tout échantillon de 100 mL
- Total bactéries coliformesnéant sur tout échantillon de 100 mL

Annexe 1.2. Législation

Annexe 1.2.1. Décret exécutif n°11—219 relatif aux objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations

Le Décret Exécutif n° 11-219 qu'établisse les valeurs indicatives de qualité de l'eau (Décret Exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations).

Annexe 1.2.2. Décret exécutif n°14-96 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine

Le Décret Exécutif n° 14-96 qu'établisse les valeurs à respecter (Décret Exécutif n° 14-96 du 2 Joumada El Ouda 1435 correspondant au 4 mars 2014 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine).

Annexe 1.3. Données des deux campagnes d'échantillonnage

| Paramètres | Résultats 26-07-2015 | Résultats 10-02-2016 | Décret 11-219 | Décret 14-96 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-----------------|
| Paramètres Organoleptiques | | | | |

| | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|----------|----------|---------|---------|
| Couleur | mg/L Platine | <5 | 5 | 200 | 15 |
| Odeur | - | <3 | <3 | 20 | 4 |
| Saveur | - | <3 | - | - | 4 |
| Paramètres Physico-chimiques | | | | | |
| PH | - | 7,6 | 7,8 | 6,5-9,0 | 6,5-9,0 |
| Conductivité | μS/cm | 606 (*) | 595 (*) | 2800 | 2800 |
| Température | °C | 19,1 (*) | 12,8 (*) | 25 | 25 |
| Turbidité | NTU | 1,2 | 1,7 | - | 5 |
| T.D.S | mg/L | 310 | 290 | - | - |
| M.E.S. | mg/L | <2 | <2 | 25 | - |
| Paramètres de Pollution | | | | | |
| Ammonium | mg/L | <0,03 | 0,19 | 4,00 | 0,50 |
| Nitrite | mg/L | 0,26 | 0,03 | - | 0,20 |
| Nitrate | mg/L | 4,60 | - | 50 | 50 |
| Ortho phosphates | mg/L | <0,04 | <0,09 | - | - |
| Oxydabilité | mg/L | 1,5 | 1,1 | - | 5,0 |
| Minéralisation Globale | | | | | |
| Calcium | mg/L | 62,0 | 53,0 | - | 200 |
| Magnésium | mg/L | 25,0 | 16,0 | - | - |
| Potassium | mg/L | 2,04 | - | - | 12 |
| Sodium | mg/L | - | 60 | - | 200 |
| Chlorures | mg/L | 72,0 | 118,0 | 600 | 500 |
| Sulfate | mg/L | 63,0 | - | 400 | 400 |
| Bicarbonate | mg/L | 150 | 200 | - | - |
| Carbonates | mg/L | 0,0 | 0,0 | - | - |
| Dureté Totale TH | mg/L CaCO ₃ | 260 | 200 | - | 500 |
| Titre alcalimétrique complet | mg/L CaCO ₃ | 119 | 161 | 500 | - |
| Paramètres Indésirables | | | | | |

| | | | | | |
|------------------------------------|------------|-------|------|-------|------|
| Fer Total | mg/L | 0,06 | - | 1 | 0,3 |
| Manganèse | µg/L | <0,05 | 0,11 | 1 | 0,05 |
| Aluminium | mg/L | <0,02 | 0,03 | - | 0,2 |
| Chlorophylle a | µg/L | 3,9 | - | - | - |
| Paramètres Bactériologiques | | | | | |
| Bactéries coliformes | NPP/100 mL | >200 | 27 | - | - |
| Escherichia coli | NPP/100 mL | 0 | 0 | 20000 | 0 |
| Entérocoques intestinaux | NPP/100 MI | 53 | 4 | 10000 | 0 |

Annexe .1.4. Les données de la qualité de l'eau brute à l'entrée de la station de traitement :

| Paramètres | Nombre d'analyses | Année 2012 | | | | Année 2013 | | | | Année 2014 | | | | Année 2015 (1 jan à 26 avri) | | | | Décret 11-129 | Décret 14-96 | | | | |
|------------------------------|------------------------|------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------------|-------------------|------|------|------------------------------|------|-------------------|-----|---------------|--------------|------|------|---------|---------|
| | | Min | Moy | Mode | Max | Nombre d'analyses | Min | Moy | Mode | Max | Nombre d'analyses | Min | Moy | Mode | Max | Nombre d'analyses | Min | | | Moy | Mode | Max | |
| Paramètres Organoleptiques | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Couleur | mg/l Platine | 1395 | 7,0 | 33,5 | 27,0 | 82,0 | 1336 | 10,0 | 34,7 | 30,0 | 91,0 | 1191 | 4,0 | 25,5 | 19,0 | 83,0 | 352 | 19,0 | 56,6 | 43,0 | 96,0 | 200,0 | 15,0 |
| Odeur | Dilut | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 20,0 | 4,0 |
| Saveur | Dilut | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | - | 4,0 |
| Paramètres Physico-Chimiques | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | - | 1449 | 6,7 | 7,9 | 7,5 | 8,7 | 1341 | 7,2 | 7,8 | 7,9 | 8,8 | 1191 | 7,2 | 7,9 | 7,6 | 8,9 | 349 | 7,3 | 8,0 | 7,8 | 8,6 | 6,5-9,0 | 6,5-9,0 |
| Conductivité | ms/cm | 1448 | 478 | 585 | 598 | 624 | 1337 | 465 | 556 | 596 | 623 | 1191 | 498 | 577 | 601 | 610 | 353 | 515 | 580 | 600 | 607 | 2800 | 2800 |
| Température | °C | 1449 | 8,1 | 16,5 | 13,2 | 25,1 | 1337 | 9,1 | 17,1 | 13,8 | 25,9 | 1191 | 11,0 | 17,2 | 12,4 | 25,9 | 353 | 9,8 | 12,8 | 12,1 | 22,8 | 25 | 25 |
| Turbidité | NTU | 1448 | 0,1 | 2,9 | 2,9 | 9,9 | 1328 | 1,1 | 3,4 | 4,0 | 7,7 | 1191 | 1,5 | 3,4 | 3,1 | 10,3 | 353 | 1,5 | 4,7 | 4,2 | 10,9 | - | 5 (*) |
| Oxygène dissous | mg/l | 0 | - | - | - | - | 250 | 0,9 | 4,8 | 5,5 | 7,3 | 1189 | 0,4 | 4,0 | 4,0 | 9,4 | 353 | 3,3 | 5,1 | 3,9 | 8,1 | - | - |
| Salinité | % | 49 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 276 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 1191 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 352 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | - | - |
| T.D.S | mg/l | 49 | 253 | 289 | 301 | 319 | 276 | 477 | 562 | 591 | 603 | 1186 | 232 | 535 | 601 | 622 | 353 | 280 | 294 | 299 | 303 | - | - |
| Résidu sec | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | - | - |
| M.E.S | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 25 | - |
| Paramètres de Pollution | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ammonium | mg/l | 103 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,7 | 67 | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 22 | 0,0 | 0,2 | - | 0,9 | 27 | 0,0 | 0,4 | - | 0,6 | 4 | 0,5 |
| Nitrites | mg/l | 103 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,3 | 65 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 1,1 | 18 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 24 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 1,0 | - | 0,2 |
| Nitrates | mg/l | 0 | - | - | - | - | 3 | 0,2 | 0,4 | - | 0,8 | 16 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,8 | 4 | 0,2 | 0,8 | - | 2,4 | 50 | 50 |
| Phosphate | mg/l | 66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 60 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,12 | 16 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,04 | 4 | 0,00 | 0,04 | - | 0,07 | - | - |
| Oxydabilité | mg/Lo | 2 | 2,0 | 2,1 | - | 2,2 | 1 | 2,6 | 2,6 | - | 2,6 | 18 | 1,4 | 2,6 | 3,7 | 3,7 | 5 | 1,7 | 2,0 | - | 2,4 | - | 5 |
| Minéralisation Globale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calcium | mg/l CaCO ₃ | 51 | 29,6 | 45,0 | 44,0 | 58,4 | 28 | 29,6 | 41,4 | 47,2 | 52,0 | 17 | 31,2 | 39,0 | 43,2 | 43,2 | 3 | 39,2 | 45,3 | - | 52,0 | - | 200 |
| Magnésium | mg/l | 51 | 18,0 | 24,9 | 24,3 | 38,9 | 28 | 16,0 | 24,0 | 19,0 | 31,6 | 17 | 18,0 | 23,6 | 23,8 | 26,2 | 3 | 22,9 | 24,8 | - | 26,2 | - | - |
| Sodium | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | - | 200 |
| Potassium | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | - | 12 |
| Chlorures | mg/l | 51 | 49,7 | 60,9 | 63,9 | 77,4 | 26 | 38,9 | 56,9 | 60,8 | 66,0 | 17 | 53,3 | 61,3 | 61,8 | 69,6 | 3 | 51,5 | 57,0 | - | 63,4 | 600 | 500 |
| Sulfate | mg/l | 0 | - | - | - | - | 14 | 48,4 | 65,1 | - | 73,9 | 17 | 48,7 | 55,1 | - | 63,5 | 3 | 54,2 | 57,3 | - | 62,6 | 400 | 400 |

| Paramètres | Nombre d'analyses | Année 2012 | | | | Année 2013 | | | | Année 2014 | | | | Année 2015 (1 jan à 26 avri) | | | | Décret 11-129 | Décret 14-96 | | | | |
|-----------------------------|------------------------|------------|-------|-------|-------|-------------------|-----|-------|-------|------------|-------------------|-----|-------|------------------------------|-------|-------------------|-----|---------------|--------------|------|-------|-----|------|
| | | Min | Moy | Mode | Max | Nombre d'analyses | Min | Moy | Mode | Max | Nombre d'analyses | Min | Moy | Mode | Max | Nombre d'analyses | Min | | | Moy | Mode | Max | |
| Bicarbonate | mg/l | 51 | 110 | 210 | 232 | 250 | 28 | 129 | 202 | 201 | 258 | 17 | 64 | 158 | - | 196 | 3 | 178 | 224 | - | 290 | - | - |
| Carbonate | mg/l | 3 | 7,2 | 14,2 | - | 25,3 | 1 | 4,0 | 4,0 | - | 4,0 | 17 | 0,0 | 10,1 | 0,0 | 86,0 | 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | - |
| Dureté Totale | mg/l CaCO ₃ | 51 | 135 | 213 | 220 | 248 | 28 | 162 | 205 | 194 | 238 | 17 | 180 | 193 | 200 | 206 | 3 | 202 | 217 | 224 | 224 | - | 500 |
| Dureté Permanente | mg/l CaCO ₃ | 50 | 1,9 | 42,4 | 30,0 | 101,0 | 28 | 2,4 | 36,9 | 59,0 | 68,0 | 17 | 30,0 | 49,6 | 49,0 | 63,5 | 3 | 52,0 | 54,7 | 56,0 | 56,0 | - | - |
| Titre alcalin | mg/l CaCO ₃ | 51 | 0,0 | 0,4 | 0,0 | 12,7 | 26 | 0,0 | 0,3 | 0,0 | 6,0 | 17 | 0,0 | 5,1 | 0,0 | 43,0 | 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | - |
| Titre alcalin complet | mg/l CaCO ₃ | 51 | 115,0 | 172,4 | 190,0 | 205,0 | 28 | 141,0 | 168,4 | 165,0 | 211,6 | 17 | 122,0 | 143,6 | 155,0 | 161,0 | 4 | 146,0 | 167,0 | - | 182,0 | - | - |
| Paramètres Indésirables | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fer Total | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 18 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,08 | 3 | 0,05 | 0,06 | - | 0,08 | 1 | 0,3 |
| Manganèse | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 8 | 0,054 | 0,18 | - | 0,60 | 3 | 0,00 | 0,04 | - | 0,08 | 1 | 0,05 |
| Aluminium | mg/l | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 2 | 0,00 | 0,05 | - | 0,10 | 3 | 0,05 | 0,07 | - | 0,10 | - | 0,2 |
| Paramètres Bactériologiques | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Germes totaux 22 °C | Cl/ml | 3 | 80,0 | 148,0 | - | 222,0 | 0 | - | - | - | - | 16 | 0,0 | 155,7 | - | 410,0 | 3 | 52,0 | 154,3 | - | 210,0 | - | - |
| Germes totaux 37 °C | Cl/ml | 3 | 167,0 | 219,7 | - | 322,0 | 0 | - | - | - | - | 17 | 0,0 | 215,9 | 0,0 | 1520,0 | 3 | 0,0 | 4,7 | 0,0 | 14,0 | - | - |
| Coliformes totaux | NPP/100 ml | 51 | 0,0 | 46,1 | 22,0 | 244,0 | 0 | - | - | - | - | 19 | 0,0 | 15,5 | 5,0 | 92,0 | 3 | 10,0 | 138,3 | - | 244,0 | - | - |
| Coliformes thermotol. | NPP/100 ml | 0 | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - | 19 | 0,0 | 8,3 | 3,0 | 92,0 | 4 | 3,0 | 41,5 | - | 92,0 | - | - |
| Colibacilles | NPP/100 ml | 51 | 0,0 | 7,9 | 0,0 | 161,0 | 0 | - | - | - | - | 19 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 10,0 | 4 | 0,0 | 1,3 | 1,0 | 3,0 | - | - |
| Streptocoques fécaux | NPP/100 ml | 50 | 0,0 | 9,4 | 0,0 | 92,0 | 0 | - | - | - | - | 17 | 0,0 | 3,4 | 3,0 | 9,0 | 4 | 3,0 | 28,3 | - | 92,0 | - | - |
| Clostridium sulf-red. | NPP/100 ml | 3 | 0,0 | 1,0 | - | 0,0 | 0 | - | - | - | - | 17 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 16,0 | 4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | - | - |

Résumé

Les eaux de surfaces peuvent contenir des quantités non négligeables de matières organiques issues de divers rejets domestiques ou industriels. Leurs présences dans ces eaux impliquent de nombreux problèmes. Il est donc nécessaire de suivre leur évolution et leur élimination au cours des opérations de traitement des eaux destinées à la consommation. Le principe de ce travail est de traiter un débit moyen d'eau de 1161 L/s d'après les analyses du barrage de Tilesdit. L'eau brute est une eau de surface issue du barrage de Tilesdit dont la qualité sera à vérifier régulièrement pour que la potabilisation puisse être assurée. Afin de dimensionner le processus de la chaîne de traitement, les résultats finaux des analyses obtenus ont montré que l'eau potable du barrage de Tilesdit répond aux normes OMS et algériennes.

Abstract

Surface water can contain significant amounts of organic matter from various domestic or industrial discharges. Their presence in these waters involves many problems. It is therefore necessary to monitor their evolution and their elimination during the treatment of water intended for consumption. The aim of this work is to treat an average water flow of 1161 L/s according to the analyzes of the Tilesdit dam. Raw water is surface water from the Tilesdit dam, the quality of which will need to be checked regularly so that drinking water can be ensured. In order to size the process of the treatment chain, the final results of the analyzes obtained showed that the drinking water from the Tilesdit dam meets WHO and Algerian standards.

ملخص

يمكن أن تحتوي المياه السطحية على كميات كبيرة من المواد العضوية من مختلف التصريفات المنزلية أو الصناعية. وجودهم في هذه المياه ينطوي على العديد من المشاكل. لذلك من الضروري مراقبة تطورها والقضاء عليها أثناء معالجة المياه المعدة للاستهلاك. مبدأ هذا العمل هو معالجة متوسط تدفق المياه 1161 لتر / ثانية وفقاً لتحليلات سد البلاط. المياه الخام هي المياه السطحية المأخوذة من سد البلاط، والتي يجب فحص جودتها بانتظام حتى يمكن ضمان مياه الشرب. من أجل تحديد حجم عملية سلسلة المعالجة، أظهرت النتائج النهائية للتحليلات التي تم الحصول عليها أن مياه الشرب من سد Tilesdit تتوافق مع معايير منظمة الصحة العالمية والجزائر.