الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR HYDRAULICS

"The Mujahid Abdellah ARBAOUI"

المدرسة الوطنية العليا للري

"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⴰⵢⵙⵙⴰⵏ ⴰⵢⵏⵉⵍⵓ ⵉⵎⵉⵣⵍⵉⵖ ⵏ ⵜⵙⵙⵓⵏⵉⵜ

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: ALIMENTATION EN EAU POTABLE

THEME :

Etude de l'extension de la station de traitement d'eau potable Tilesdit (W.Bouira)

Présenté par :
HAMMOUDA SARA

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJOUDAR DAHBIA	M.C.A	Président
TOUAHIR SABAH	M.A.A	Examinateur
DERNOUNI YOUCEF	M.A.A	Examinateur
DAHMANE MOULOUD	M.C.B	Examinateur
HACHEMI ABDELKADER	M.C.A	Promoteur

Session Juin 2023

Remerciement :

Tout d'abord, je souhaite exprimer ma gratitude envers le Créateur suprême, qui m'a accordé la santé, le courage et la détermination nécessaires pour mener à bien mes études et achever ce modeste projet.

Je tiens à adresser mes premiers remerciements à mon promoteur, Mr Hachemi Abdelkader, pour son soutien efficace, ses conseils précieux et son travail méticuleux.

Mes remerciements s'étendent également à l'ensemble du corps enseignant de l'ENSH.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers les membres du jury qui ont honoré mon travail de leur présence lors de la soutenance.

Sans oublier ma famille, mes amis, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicace :

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédier cet évènement marquant de ma vie à : Mes épaules sur lesquelles j'ai appuyé pour en arriver à cette réussite et avancer dans ma vie :

La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, mon diamant précieux, la tendresse et le sourire, « ma maman Meriem » et « mon père Hamid » avec son amour inconditionnel et son soutien indéfectible. Ils m'ont donnée confiance en moi et m'ont toujours poussée vers le haut. C`est Grâce à vous que j'ai réussi et devenue la femme que je suis aujourd'hui.

A mes sœurs que dieu les protège : « Amina, Zineb, Malak. »

A mes frères que dieu les protège : « Mohamed, Karim, Reda, Wahab, Abdeslam, Gagui, Ali et Akram. »

A mes chères belles sœurs

A la meilleur et la plus chère personne dans ma vie Kadiro

A mes amis : « Ghofrane, Salma, Asma, Meriem, Sabrina, Aziza, Rofaida» qui m'ont accompagnées durant mes études.

A tous ceux qui ont su m'apporter d'aide et de soutiens aux moments propices, merci à vous tous.

ملخص

يمكن ان تحتوي المياه السطحية كميات كبيرة من المواد العضوية من مختلف التصريفات المنزلية او الصناعية. فجودها في هذه الحياة ينطوي على العديد من المشاكل، لذلك من الضروري مراقبة تطورها والقضاء عليها اثناء معالجة المياه المعدة للاستهلاك.

إن مبدأ هذا العمل هو معالجة تدفق المياه 1043 لتر/الثانية وفقا لتحليلات سد البلاط المتواجد بولاية البويرة .المياه الخام هي المياه السطحية المأخوذة من السد والتي يجب فحص جودتها بانتظام حتى يمكن ضمان مياه الشرب. من أجل تحديد حجم عملية سلسلة المعالجة، أظهرت النتائج النهائية للتحليلات التي توصلنا إليها أن مياه الشرب من هذا السد تتوافق مع معايير منظمة الصحة العالمية والجزائر.

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 du traiter un débit de 1043 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 assuré. Afin de dimensionner le processeur du la chaine traitement, les résultats finaux des analyses obtenus ont montré que l'eau potable du barrage de Tilesdit répond aux normes OMS et algériennes.

Abstract

The drinkable water supply of the populations requires the satisfaction of the demand in water, and the insurance of a high and uniform quality level.

The purpose of our MFE is the study of the existing treatment station of TILESDIT which treats 923 l/s with raw water resulting from the dam of TILESDIT, and to size the extension of this one with a capacity of 1043 l/s according to the standards of the WHO, to satisfy the demand in water of the cities of BBA and Bouira.

Our extension is a classic treatment station which to follow a sector of water treatment of surfaces.

Liste des tableaux :

Tableau I.1 : Température moyenne mensuelles (2009-2021)

Tableau I.2: Les moyennes mensuelles des précipitations du sous bassin d'Oued Eddous des années (2009 à 2021)

Tableau I.3: Vitesse moyenne mensuelles (Km/h) du vent (2009-2021)

Tableau II.1: Les normes de quelques paramètres physique et chimique d'OMS

Tableau V.1: Nombre d'habitant actuel et projeté et le taux d'accroissement des communes de Bouira

Tableau V.2: Nombre d'habitant actuel et projeté et le taux d'accroissement des communes de Bordj Bou Arreridj

Tableau V.3: La dotation journalière selon le nombre d'habitants. (GODART, 2008)

Tableau. V.4: Tableau récapitulatif des consommations journalières pour différentes

Localités à l'horizon 2052

Tableau V.5: Consommations maximale et minimale journalière pour chaque commune

Tableau V.6: Consommations maximales avec les débits des équipements et fuites.

Tableau VI.1 : Qualité de l'eau brute

Tableau VI.2 : tableau de jar-test pour la coagulation floculation

Tableau VI.3: Caractéristiques de mélangeur mécanique

Tableau VI.4: variation du coefficient de perméabilité par rapport au diamètre des grains.

Tableau VII.1: Quelques catégories des matières dangereuses

Tableau VIII.1 : Prix unitaire

Liste des figures :

Figure I.1: Situation géo-administrative de la commune BECHLOUL.

Figure II.1: Cycle de transformation de l'eau dans la nature.

FigureIII.1: cascade d'aération.

Figure III.2: Principe de coagulation-floculation.

Figure III.3 : Chambre de mélange avec agitateur rapide

Figure III.4: Décanteur à flux horizontale.

Figure III.5: Décanteur à flux verticale.

Figure III.6: Décanteurs à lit de boues.

Figure III.7: Filtre à sable.

Figure III.8: Filtre fermé sous pression.

Figure III.9: Lavage d'un filtre.

Figures VI.1 : Schéma des filières eau étudié.

Figures VI.2: Mélangeur mécanique.

Figure. IV.3 : Le mélangeur statique Kenis.

SOMMAIRE

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1) - Introduction 2

I.2) - Situation de la zone d'etude 2

I.2.1) - Situation géographique 2

I.2.2) - Situation topographique 3

I.2.3) - Situation géologique et hydrogéologique 3

I.2.4) - Situation climatologique 4

I.2.4.1) - Le climat.....4

I.2.4.2) - La température 4

I.2.4.3) -La pluviométrie 4

I.2.4.4) -Le vent 4

I.2.4.5) - Sismicité 5

I.3) -Ressource en eau 5

I.3.1) -Sous Bassin versant d'oued Eddous 6

I.3.2 Barrage Tilesdit 6

I.3.3) -Fiche technique du barrage 7

I.5) -Conclusion 7

Chapitre II : Généralité sur les critères de potabilité de l'eau

II.1) – Introduction 8

II.2) - Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement 9

II.2.1) - Les eaux de pluie 9

II.2.1) - Les eaux de pluie 9

II.2.2) –Les eaux souterraines 9

II.2.3) – Les eaux de surface 9

II.2.4) - Eaux de mer 10

II.3) -Histoire de l'eau potable 10

II.4) -Norme de qualité d'eau potable 12

II.4.1) -Norme microbiologique 12

II.4.2) -Normes et recommandations pour les paramètres physique et chimique 13

II.5) -Conclusion 14

Chapitre III : Aspect théorique du traitement des eaux potables

Ⅲ.1) – Introduction 15

Ⅲ.2) - Aération à l'air libre 15

Ⅲ.2.1) -Champ d'application 15

Ⅲ.2.2) -Critères de conception 16

Ⅲ.3) –Pré-chloration 16

III.4-Coagulation-Floculation 17

Ⅲ.4.1) –Coagulation 17

Ⅲ.4.2) -Floculation 19

Ⅲ.5) -Décantation 20

III.5.2) -Différents types de décanteurs 20

III.6) -Filtration 22

III.6.1) -Définition de la filtration 22

Ⅲ.6.4) Type de filtration 22

Ⅲ.7) -Désinfection 26

Ⅲ.7.1) -Le chlore 26

Ⅲ.7.2) -L'ozone 27

Ⅲ.7.3) -La désinfection par l'ultraviolet (UV) 27

Ⅲ.8) -Conclusion 28

Chapitre IV : Présentation actuelle de la station Tilesdit.

IV.1) -Introduction 29

IV.2) -Situation de la station de traitement (existante) 29

IV.3) -Description générale de la station de traitement existante 29

IV.3.1) -Qualité de l'eau brute 30

IV.3.2) -Qualité de l'eau traitée 30

IV.4) -Impact sur l'environnement 30

IV.4.1) -Insertion de la station dans le site 30

IV.4.2) -Bruits et vibrations 30

IV.4.3) -Protection du personnel 30

IV.5) -Caractéristique technique de la station de traitement existante 31

IV.5.1) -Bâtiments des réactifs 31

IV.6) -La station de traitement 33

IV.7) - Conclusion 34

Chapitre V : Les besoins en eau

V.1) - Introduction 35

V.2) - Evaluation des populations 35

V.3) - Récapitulation de la consommation moyenne journalière 37

V.4) - Coefficient d'irrégularité 38

V.4.1) -Consommation maximale journalière 38

V.4.2) - Consommation maximale journalière 38

V.5) - Conclusion 40

Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages de station

VI.1) -Introduction 41

VI.2) -Les caractéristiques moyenne d'eau brute 41

VI.3) -Objectif de la station et choix de filières de traitements 42

VI.4) -Description de la chaine de traitement proposé 42

VI.5) -Dimensionnement des ouvrages 43

VI.5.1) -Chambre de réglage et de comptage 43

VI.5.2) -Cascade d'aération 44

VI.5.2.1) –Acide sulfurique avant l'aération 44

VI.5.2.2) -Débit de la pompe doseuse 44

VI.5.3.3.) -Bac de stockage 45

VI.5.2.4) Caractéristiques du bassin d'aération 45

VI.5.2.5) Acide sulfurique après l'aération 45

VI.5.2.6) -Débit de la pompe doseuse (2+1) 45

VI.5.2.7) -Bac de stockage 46

VI.5.3 -Pré-oxydation 46

VI.5.3.1) Caractéristiques du bassin du contact 46

VI.5.3.2) -Débit de la pompe doseuse (1+1) 47

VI.5.3.3.) Bac de stockage 47

VI.5.4) - Coagulation (Mélange rapide) 48

VI.5.4.1) –Système d'agitation 48

VI.5.4.2) -Caractéristiques du bassin de coagulation 53

VI.5.4.3) -Débit de la pompe doseuse (4+1) 53

VI.5.4.4) -Bac de stockage du coagulant 53

VI.5.5) Décantation lit des boues et floculation 54

VI.5.5.1) -l'injection de polymère 54

VI.5.5.2.) -Débit de la pompe doseuse (4+1) 54

VI.5.5.3.) -Le bac de stockage de floculant 54

VI.5.5.4.) -Décanteur à lit de boue 54

VI.5.5.5) -Caractéristique du bassin de décantation 54

VI.5.6) -Filtration gravitaire à sable 54

VI.5.6.1) -Critère de choix de matériau filtrant 56

VI.5.6.1) -Caractéristique de bassin de filtration 56

VI.5.6.2) -Lavage des filtres 56

VI.5.6.2) -Canal de répartition des eaux dans les filtres 58

VI.5.6.2) -Déversoir 58

VI.5.7) - Oxydation intermédiaire d'eau filtrée 59

VI.5.7.1) -Débit de la pompe doseuse (1+1) 59

VI.5.7.2.) -Bac de stockage 59

VI.5.7.3) -Caractéristique du bassin d'oxydation intermédiaire 60

VI.5.8) -Filtration par charbon actif granulaire (CAG) 60

VI.5.8.1) Caractéristiques du bassin de filtration 61

VI.5.9) -Désinfection de l'eau traité 61

VI.5.9.1) -Débit de la pompe doseuse (1+1) 62

VI.5.9.2) -Bac de stockage du chlore 62

VI.5.9.3) -Le calcul du Bac de stockage total 62

VI.5.10) –Réservoir de l'eau traitée 63

VI.5.10.1) –Réservoir de l'eau traité 63

VI.6) –Calcul de la ligne d'eau 63

VI.6.1) – Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite reliant le barrage jusqu'au piquage de la station 63

VI.6.2) – Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite reliant le piquage jusqu'à l'entrée de l'aération 64

VI.6.3) – Calcul de la perte de charge entre les ouvrages 64

VI.6.3.1) – Pré-oxydation-Coagulation 64

VI.6.3.2) – Coagulation- Décantation 65

VI.6.4) – Calcul de la perte de charge au niveau du filtre 65

VI.6.5) – Calcul de diamètre de la conduite reliant l'ouvrage de filtration avec le réservoir d'eau traité 66

VI.6.6) – Calcul de la pression d'arrivé à la station de traitement 66

VI.7) –Conclusion 67

Chapitre VII : Protection et sécurité de travail

VII.1) -Introduction 68

VII.2) -Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique 68

VII.2.1) -Facteurs humains 68

VII.2.2) - Facteurs matériels 68

VII.3) -L'Objectif de l'étude de la sécurité de travail dans le laboratoire de traitement des eaux potables 69

VII.4) - L'ensemble des risques 69

VII.5) -La sécurité en laboratoire 69

VII.6) -Systèmes d'Information sur les Matières Dangereuses 70

VII.6.1) -Le Service du répertoire toxicologique 70

VII.6.2) -SIMDUT (Système d'Information sur les Matières Dangereuses Utilisées au Travail) 70

VII.6.2.1) -Quelques catégories des matières dangereuses 70

VII.6.2.2) -Informations sur les produits 72

VII.6.3) -SYCLAUN (système de classification uniformisé) 72

VII.7) -Quelques règles applicables dans laboratoires de traitement des eaux potables 73

VII.7.1) - Contrôle des risques en laboratoire 73

VII.7.2) -Quelques précautions à suivre 74

VII.8) -Mesure préventives pour éviter les causes des accidents durant la réalisation de l'installation 74

VII.8.1) - Protection collective 74

VII.8. 2)- Protection individuelle 75

VII.9) -Conclusion 75

Chapitre VIII : Aspect économique

VIII.1) -Introduction 76

VIII.2) -Les opérations pour la réalisation de fonctionnement notre station de traitement (1043l/s) 76

VIII.3) -Bordeaux des prix 77

VIII.3.1) -Tableau des prix unitaires 77

VIII.3.2) -Devis quantitatif et estimatif 78

VIII.4) -Conclusion 79

Conclusion générale 80

Références bibliographiques.....81

Annexe 84

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est la principale composante de notre corps, elle est à l'origine de la vie. Les planètes et les êtres vivants sont essentiellement constitués d'eau. La quantité d'eau à la surface de la terre est constante, cependant 97% de celle-ci est salée.

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle. L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies. Pour être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée.

Une usine moderne de production d'eau potable assure en fait deux principales fonctions : la satisfaction de la demande en eau, et l'assurance d'un niveau de qualité élevé et uniforme.

La station de traitement existante de Tilesdit alimente les villes de Bouira en eau potable par un débit de 923 l/s. Vue l'augmentation de la demande en eau dans ces villes, il est indispensable de faire une extension de cette station pour couvrir une partie de ce déficit.

Notre étude scindée en trois grandes parties :

La première partie est relative à l'étude bibliographique qui va nous permettre de donner un aperçue théorique et pratique des différentes filières d'une station classique de traitement des eaux de surfaces, dont on trouve :

- La coagulation-Floculation,
- La décantation,
- La filtration,
- La désinfection.

La deuxième partie met en évidence l'étude de taux de satisfaction des besoins en eaux des villes consternées ; Bouira et Bordj Bou Arreridj.

En fin la troisième partie concernant le dimensionnement de l'extension de la station de traitement de Tilesdit.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I.1) - Introduction :

Avant d'entamer les différents points nécessaires à l'étude. Il convient de faire ressortir les caractéristiques propres de la ville Bechloul (W.de Bouira). Ces caractéristiques sont représentées essentiellement par la situation topographique, géographique, géologique, hydrologique, climatologique et hydraulique.

I.2) - Situation de la zone d'etude :

I.2.1) - Situation géographique :

Notre zone d'étude est située dans la commune de Bechloul, à 25 km de la wilaya de Bouira. La wilaya de Bouira s'étend sur une superficie de 4454Km^2, elle est limitée:

- Au nord et au nord-est par la wilaya de Tizi-Ouzou et la chaîne montagneuse du Djurdjura,
- Au sud-est par la wilaya de Bordj-Bou-Arreridj et la chaîne montagneuse des Bibans,
- Au sud-ouest par la wilaya de M'Sila et les montagnes de Dirah;
  Et enfin à l'ouest par les wilayas de Médéa et de Blida.

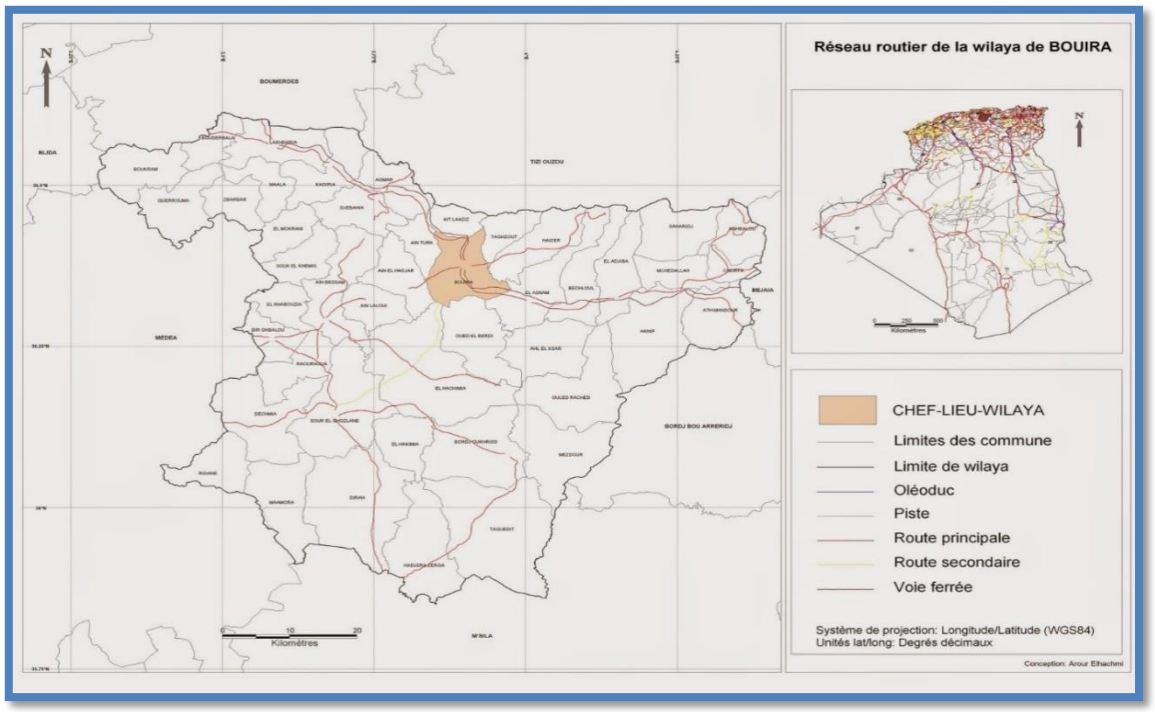


Figure I.1 : situation géographique de la wilaya de Bouira (Wikipédia)

La Commune de Bechloul se situe à environ 20 km à l'est de chef-lieu de la wilaya de BOUIRA,

La commune de Bechloul est limitée:

-Au Nord : par la wilaya TiziOuzou (la commune de Ath Boumahdi).

-Au Sud : par les communes de D'Ahl ElAksar et El-Hachimia.

-A L'Ouest : par la commune El Asnam.

-A L'Est: par la commune de Adjiba.

La figure ci-après, montre le positionnement de la commune de BECHLOUL:



Figure I.2 : Situation geo-administrative de la commune BECHLOUL
(source : Direction de l'urbanisme et de la construction de la wilaya de BOUIRA)

I.2.2) - Situation topographique :

Notre zone d'étude se trouve dans un site où les altitudes varient entre 400 -600 mNGA. Elle située sur un territoire de 9942 ha composé par 24 % (630.39 ha) de montagnes et 44.90 % (4464.61ha) de paiement et de collines et de26.64% (2847.10ha) de plaines.

I.2.3) - Situation géologique et hydrogéologique :

La wilaya de Bouira se distingue par la présence de sols iso-humiques, de couleur brune, situés sur des alluvions. Ces sols sont profonds, de texture argileuse et bénéficient d'un pédo climat frais pendant la saison des pluies. [1]
On trouver pour Bouira en général inclure :

- Les sols alluviaux ;
- Les sols argileux;
- Les sols calcaires;
- Les sols limoneux.

I.2.4) - Situation climatologique :

I.2.4.1) - Le climat

Le climat de la zone d'étude est généralement du type caractérisé par des hivers froids et des étés chauds et secs. Ceci s'explique par le fait que la chaine atténue l'influence de la méditerranée.

I.2.4.2) - La température :

Le tableau suivant résume les moyennes mensuelles et annuelles correspondant à la période d'observation.

Tableau I.1: Température moyenne mensuelles (2009-2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T°max	16,86	19,01	22,53	25,74	30,10	35,74	38,99	37,84	34,42	30,83	24,33	18,77
T°min	0,26	-0,62	1,42	4,63	7,59	12,95	17,48	18,54	14,84	9,10	4,79	1,27
T°moyen	8,56	9,19	11,97	15,18	18,85	24,34	28,23	28,19	24,63	19,96	14,56	10,02

(Source ANRH)

Environ 18,5°C est la température annuelle moyenne. Il est observé que les mois de juillet et d'août sont les plus chauds, atteignant une température de 38,99°C en raison de courants chauds venant du sud. Les mois de décembre, janvier et février sont les plus froids.

I.2.4.3) -La pluviométrie

Les précipitations sont un paramètre climatique important qui a une grande influence sur les organismes et leur environnement.
L'ANRH dispose 3 stations pluviométrique (150105, 150101, 150103) qui nous a aidé d'estimer les précipitations moyennes mensuelles à partir une série de données de 2009 à 2021. La saison des pluies comprend l'automne et l'hiver et s'étale de novembre à mars avec environ 80% des précipitations. Le printemps est caractérisé par des pluies locales prolongées, à l'exception d'orages occasionnels. Le manque de pluie a été enregistré dans la période de juin à septembre.

TableauI.2: Les moyennes mensuelles des précipitations du sous bassin d'Oued Eddous des années (2009 à 2021) (Station pluviométriques ANRH)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P(mm)	100	74	76	62	40	10	4	8	32	49	96	90

I.2.4.4) -Le vent

C'est un facteur météorologique qui a un impact direct sur le climat d'une région en raison des dommages qu'il provoque, notamment dans le domaine de l'agriculture. Dans la zone étudiée, les vents soufflent dans différentes directions et avec des

intensités variables selon les saisons. Les vents dominants sont généralement ceux venant de l'ouest et de l'est.

TableauI.3 : Vitesse moyenne mensuelles (Km/h)du vent (2009-2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vmax	10,86	9,96	10,35	9,69	8,66	7,86	7,26	7,52	8,24	9,46	10,99	9,86
Vmin	0,23	0,27	0,25	0,17	0,13	0,15	0,16	0,18	0,16	0,19	0,24	0,14
Vmoyen	5,55	5,12	5,30	4,93	4,40	4,01	3,71	3,85	4,20	4,82	5,61	5,00

(Source ANRH)

D'après le tableau, nous constatons que la vitesse du vent maximal a été enregistrée durant le mois de novembre avec 11 km/h tandis que la vitesse du vent minimal été notée durant le mois de Décembre avec 0,14km/h.

I.2.4.5) - Sismicité :

Sur la base de la carte du zonage sismique de l'Algérie et de la carte de sismicité historiques (séismes déjà produits) réalisées par le MATE, on conclut que la wilaya de Bouira fait partie de la catégorie des territoires à risque sismique, mais d'intensité moyenne.

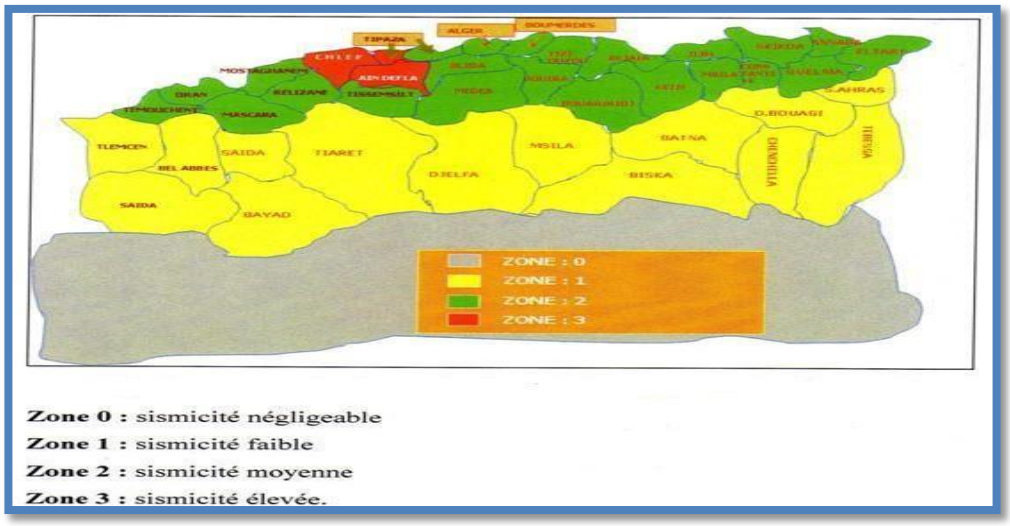


Figure I.3 : les zones de sismicité
(Source : Règlement parasismique Algérien – **RPA 99, version -2003-)**

I.3) -Ressource en eau :

Selon les données de la DHW, les ressources hydriques prouvées à travers la Wilaya s'élèvent à235,4 Hm^3, avec 35,5 Hm^3 pour les eaux souterraines et 199,9 Hm^3 en eaux superficielles.

Les eaux superficielles, sont mobilisées par les ouvrages suivants :

- Barrage Telisdit (167 Hm^3).
- Barrage d'Oued Lakhel (30 Hm^3).

- 25 retenues collinaires (2,9 Hm^3.).

Un barrage réalisé récemment, il s'agit de Koudiet Acerdoune (Maâla) pour une capacité de 640 Hm^3.

Les eaux souterraines se situent principalement dans la région Nord au niveau des plateaux d'El Asnam, de bled El Madjen et des vallées de l'Oued Eddous (notre cas d'etude) et de l'Oued Sahel. Ces eaux sont exploitées par des puits, des forages et 23sources.

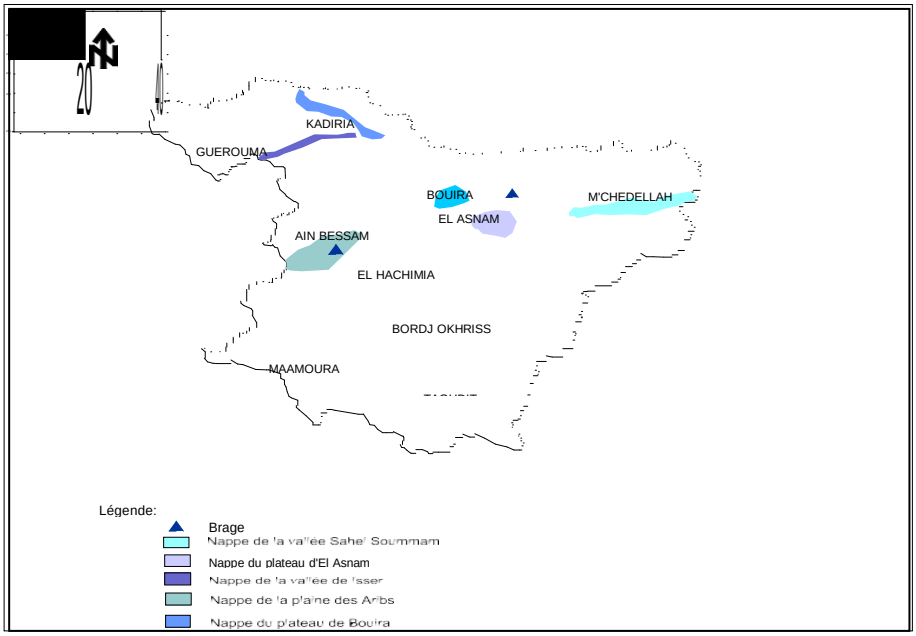


Figure I.4 : Carte des ressources en eau de la wilaya de Bouira (DRE BOUIRA)

I.3.1) -Sous Bassin versant d'oued Eddous :

Le sous bassin versant de l'Oued Eddous, en particulier le plateau de Bouira, il est bordé aunord par le massif de Djurdjura, au sud par les monts des Bibans à Sour EL Ghouzlan, à l'ouest par les formations collinaires para-autochtones du crétacé, et à l'est par le plateau de Bled El Madjen. L'exutoire du bassin (1501) se déverse dans le barrage de Tilesdit (ElAsnam) avec des coordonnées Lambert X = 626 380 ; Y = 340 580 et Z = 740 (m). À 7km en aval du barrage, l'Oued Eddous se jette dans l'Oued Zaïane pour former l'Oued Sahel. [2]

I.3.2 -Barrage Tilesdit :

Le barrage de TILESDIT est situé dans la partie septentrionale centrale d'Algérie, à 18 Km à l'Est de la ville de Bouira. Le site du barrage est à 4 Km de la RN n° 5 Alger – Constantine. A l'aval, à 7 Km du site, on signale la confluence de l'oued Eddous avec Zaiane avec la formation de l'oued Sahel.

C'est un barrage récent, mis e, service à la fin de l'année de 2005. La retenue a une capacité totale maximale de 167 millions de m^3. La retenue est destinée à la régulation

de l'écoulement d'oued Eddous pour l'alimentation en eau potable l'ensemble de la population de la wilaya de Bouira (695 583 habitants en 2008) ainsi que la zone industrielle de Sidi Khaled et El-Hachimia, l'irrigation des plateaux d'El-Esnam (2200 h et la vallée du Sahel (3400 ha) et alimente même les wilayas qui l'entourent comme Bordj Bou Arreridj et Msila.

I.3.3) -Fiche technique du barrage :

Les principales caractéristiques du barrage Tilesdit se résument comme suit [3] :

- Type : Barrage en terre avec noyau vertical
- Déversoir : A ciel ouvert
- Année de mise en eau : 2004
- Apport moyen annuel : 65 Hm^3/an
- Apport solide moyen annuel : 0.692 Hm^3/an
- Capacité initiale : 164,550 Hm^3
- Volume régularisé : 73 Hm^3/an
- Précipitation (moyen annuel) : 655 mm/an
- Cote retenue normale : 454,30 m
- Cote des plus hautes eaux : 457 m
- Surface du plan d'eau : 733,444 Ha
- Surface du bassin versant : 843 Km^2
- Bureau d'étude : bureau d'étude russe (ZARUBEZHVODSTROY)
- Entreprise de réalisation : Entreprise Russe (ZARUBEZHVODSTROY)

I.5) -Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons essayé de représenter notre zone d'étude, de point de vue géologie, topographie et climat.

Aussi, nous avons donné quelque caractéristique du bassin versant oued Eddous et le barrage Tilesdit.

Ces différentes informations représentent les premières données de base pour l'élaboration de notre travail qui consiste à faire l'extension de la station de traitement Tilesdit.

Chapitre II : Généralité sur les critères de potabilité de l’eau

II.1) – Introduction :

L'eau est l'une des ressources les plus vitales de la planète. Cependant, son approvisionnement en quantité et en qualité peut être limité. La limitation qualitative est particulièrement notable, car 97 % de l'eau de la Terre se trouve dans les océans, avec une teneur en sels d'environ 35000 mg/l, ce qui rend cette énorme quantité d'eau largement inutilisable comme source d'eau potable.

En réalité, l'eau douce et les précipitations ne sont pas réparties uniformément à la surface de la Terre, ce qui conduit de nombreuses régions du monde à faire face à des périodes de sécheresse. De plus, l'activité humaine a entraîné la pollution et la détérioration de certaines réserves d'eau douce en raison d'une planification insuffisante et de pratiques irresponsables, contribuant ainsi au déficit global en eau potable. [4]

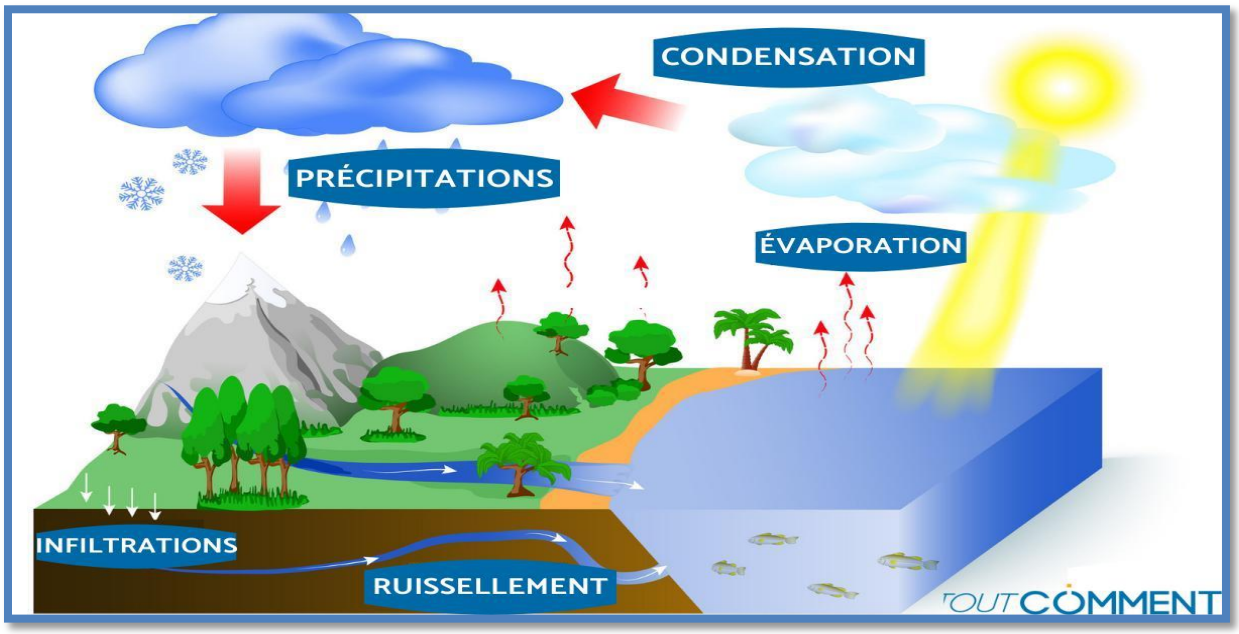


Figure II.1 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature. (Wikipédia)

1) Evaporation et évapotranspiration : Grâce à l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère.

2) Condensation : Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en gouttelettes qui vont former les nuages, la brume ou le brouillard.

3) Précipitation liquide et solide : Par l'intervention des vents, les nuages se déplacent dans l'atmosphère. Lors d'un changement climatique et par effet de gravité, les nuages s'alourdissent et retombent sur le sol sous forme d'eaux pluviales, de grêle ou de neige.

4) Infiltration dans le sous-sol : Les eaux de pluie qui pénètrent dans le sol par infiltration peuvent stagner jusqu'à des milliers d'années avant de retourner dans les océans.

5) Ruissellement : 70% des eaux de pluie s'écoulent le long des pentes pour se jetées ensuite et se lessivent dans des mers, lacs et des barrages de réservation d'eau.

6) Ecoulement : l'eau infiltré par le sol s'écoule lentement dans les couches lithosphériques jusqu'au nappes phréatiques proches de la surface les nappes captives qui sont plus profondes.

II.2) - Qualités générales des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement :

On retrouve quatre sources principales d'eau brutes : les eaux de pluie, les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux de mer et les eaux saumâtres.
Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant. [5]

II.2.1) - Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont naturellement de qualité élevée pour la consommation humaine. Elles sont riches en oxygène et en azote, et elles ne contiennent aucun sel dissous, tels que les sels de magnésium et de calcium, ce qui les rend très peu minéralisées. Cependant, dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des particules atmosphériques en suspension. [5]

II.2.2) –Les eaux souterraines :

Pour les eaux souterraines, la première étape essentielle du traitement consiste à garantir une protection adéquate et une utilisation raisonnée des nappes phréatiques. Généralement, ces eaux sont claires lorsqu'elles jaillissent en surface. Cependant, en l'absence de traitement approprié, elles peuvent entraîner des problèmes tels que la présence de Fe^{2+}, Mn^{2+} et H_2S, qui peuvent provoquer la précipitation d'oxydes de fer et de manganèse ou de soufre colloïdal, respectivement.

De plus, ces eaux souterraines peuvent présenter des caractéristiques telles qu'une agressivité élevée en termes de concentration en dioxyde de carbone dissous, une dureté élevée, des sels d'acides forts, de l'ammonium, des nitrates, de la silice, etc. Souvent, il sera nécessaire d'appliquer un traitement spécifique pour corriger la présence de l'un ou l'autre de ces éléments. [5]

II.2.3) – Les eaux de surface :

Il s'agit des eaux provenant de rivières et de lacs, qu'ils soient naturels ou artificiels. Ces eaux présentent plusieurs composants, notamment :

- Des matières en suspension inertes, comprenant des matières naturellement

décantables et des colloïdes stables qui induisent une turbidité permanente.
- Des micro-organismes vivants microscopiques tels que des virus, des bactéries, des micro-algues et des micro-invertébrés.
- Des macromolécules colorées, comme les acides humiques.

Pour rendre ces eaux propres à la consommation, un traitement global de clarification est nécessaire pour agir sur l'ensemble de ces paramètres. Le choix du traitement dépend des caractéristiques les moins favorables de l'eau brute et des normes de qualité visées pour l'eau traitée. Il peut s'agir de :

- Une simple filtration sans réactif.
- Une filtration directe, utilisant du sable ou un milieu bicouche, après une étape de coagulation-floculation.
- Un traitement complet impliquant la coagulation, la floculation, la décantation ou la flottation à l'air dissous, suivie d'une filtration. Dans certains cas, un prétraitement approprié comme le tamisage ou le dessablage peut être nécessaire avant cette filière.

De plus, il est important de garantir la stabilité biologique en utilisant la chloration, qui peut être effectuée en deux étapes : une pré-chloration au début et une post chloration à la fin du processus de traitement. La stabilité chimique doit également être assurée, soit par une neutralisation de l'agressivité carbonique en fin de traitement, soit par une reminéralisation au début ou à la fin du processus, soit par une décarbonatation à la chaux, qui peut être combinée ou réalisée après la clarification, en fonction des caractéristiques de l'eau brute et de l'utilisation prévue de l'eau traitée.[6]

II.2.4) - Eaux de mer :

Les eaux de mer sont utilisées comme source d'eau brute en dernier recours, lorsque l'approvisionnement en eau douce n'est pas possible. Elles se caractérisent principalement par leur concentration en sels dissous, ce que l'on appelle leur salinité.

La salinité des eaux de mer se situe généralement dans une fourchette de 33 000 à 37 000 mg/l. En ce qui concerne les eaux saumâtres, leur teneur en sels minéraux varie de 10 000 à 15 000 mg/l. En deçà de cette plage, les eaux sont considérées comme potentiellement potables. [5]

II.3) -Histoire de l'eau potable :

Pendant des siècles, les êtres humains ont eu accès à l'eau pour leur approvisionnement, et ce, depuis des temps immémoriaux. À l'origine, l'eau des rivières était directement utilisée comme source d'eau potable. Les communautés se sont naturellement installées près de lacs ou de cours d'eau pour avoir un accès constant à de l'eau potable. Lorsqu'il n'y avait pas de sources d'eau superficielle, les populations ont puisé dans les eaux souterraines en utilisant des puits.

Cependant, à mesure que la population humaine a augmenté de manière significative, les ressources en eau naturelle n'étaient plus suffisantes pour répondre à la demande croissante en

eau potable. C'est à ce moment-là que les sociétés ont commencé à explorer diverses sources d'eau potable.

Environ 7000 ans avant notre ère, à Jéricho, en Palestine, les habitants ont commencé à stocker de l'eau dans des puits qui servaient également de sources d'approvisionnement. Cela a marqué le début du développement de systèmes de transport de l'eau potable. Initialement, l'eau était acheminée à travers des canaux simples, des digues en sable ou en roche. Par la suite, les êtres humains ont commencé à utiliser différents matériaux pour les canalisations, tels que des branches de palmier en Égypte, du bambou en Chine et au Japon, puis de l'argile, du bois, voire du métal.

Les anciens Perses, quant à eux, ont recherché des sources d'eau souterraines, acheminant l'eau depuis les roches par des puits creusés dans les plaines.

Vers 3000 av.J.C, au Pakistan, il y avait déjà une importante infrastructure d'approvisionnement en eau, comprenant des bains publics équipés de systèmes de chauffage de l'eau et de salles de bains.

En Grèce antique, l'utilisation de sources d'eau, de puits et d'eau de pluie pour les besoins en eau a été adoptée très tôt. À mesure que les populations urbaines se sont développées, la Grèce a été contrainte de stocker de l'eau dans des puits et de la distribuer aux citoyens via un réseau de distribution. De plus, l'eau usée était évacuée dans les égouts, y compris l'eau de pluie. La Grèce a été pionnière dans l'attention portée à la qualité de l'eau.

Les Romains se sont illustrés en tant qu'architectes et bâtisseurs éminents de réseaux de distribution d'eau. Ils approvisionnaient leurs cités en eau en utilisant des ressources telles que les rivières, les sources, ou encore les eaux souterraines. Pour ce faire, ils ont érigé des barrages sur les cours d'eau, créant ainsi des lacs artificiels. L'eau des lacs était soigneusement aérée avant d'être distribuée à la population. L'eau de montagne était particulièrement prisée en raison de sa qualité.

Le transport de cette eau était rendu possible grâce à la construction d'aqueducs qui permettaient de parcourir de longues distances, parfois sur des dizaines de kilomètres. Les infrastructures en milieu urbain étaient élaborées à partir de matériaux tels que le béton, la roche, le bronze, l'argent, le bois, ou encore le plomb. Des mesures étaient également prises pour protéger l'eau des contaminants extérieurs.

Après la chute de l'Empire romain, l'utilisation des aqueducs a été abandonnée. Entre 500 et 1500 après J.-C., il y a eu peu de progrès dans le domaine du traitement de l'eau. Au Moyen-Âge, de nombreuses villes ont émergé, et elles ont utilisé des installations en bois pour l'approvisionnement en eau. Cette eau était prélevée à partir de rivières ou de puits situés à l'extérieur des villes.

Malheureusement, les conditions d'hygiène se sont rapidement détériorées car les déchets et les excréments étaient déversés dans ces sources d'eau. Les personnes qui consommaient cette eau tombaient malades, voire en mouraient. Pour résoudre ce problème, les habitants ont commencé à se tourner vers l'eau provenant de l'extérieur des villes, où les rivières n'étaient pas polluées. Cette eau était ensuite acheminée dans la ville par des porteurs d'eau.

Le premier système d'approvisionnement en eau potable visant à alimenter toute une ville a été construit à Paisley, en Écosse, en 1804 par John Gibbs. Initialement, il avait pour objectif d'approvisionner en eau sa blanchisserie, mais il a ensuite été étendu pour desservir toute la ville. Pendant trois ans, l'eau filtrée était transportée aux consommateurs. Ce projet a marqué une avancée significative dans le domaine du traitement de l'eau. L'eau était soumise à une décantation pendant 12 heures avant d'être filtrée à travers des filtres composés de sable et de charbon de bois, qui étaient remplacés toutes les 6 heures.

En 1827, un Anglais du nom de James Simpson a conçu un système de filtration à base de sable pour purifier l'eau potable.

Depuis le début du siècle, d'énormes progrès ont été accomplis dans le domaine du traitement de l'eau. La désinfection continue de l'eau est restée une priorité, avec l'utilisation de produits désinfectants tels que le dioxyde de chlore, qui garantissent une désinfection plus efficace. De plus, des avancées dans les techniques de décantation et de filtration ont permis de réduire la taille des équipements nécessaires.

Parallèlement, l'amélioration des techniques de laboratoire a permis une mesure plus précise des concentrations de diverses substances présentes dans l'eau, ce qui permet de déterminer si elle est potable. Grâce à la technologie actuelle, il est possible de rendre potable presque n'importe quelle source d'eau, quelle que soit son degré de pollution.

II.4) -Norme de qualité d'eau potable :

L'établissement de normes et d'objectifs basés sur des critères organoleptiques est vraisemblablement la méthode la plus ancienne qui soit. De telles normes ne sont pas directement fondées sur des considérations sanitaires. Il est évident que l'eau pure peut donner une fausse impression de sécurité, comme l'ont démontré les épidémies de choléra au 18e siècle.

En réalité, l'eau destinée à la consommation doit être attrayante pour ceux qui la boivent. Elle doit être incolore, insipide, inodore, et ne doit pas contenir des quantités excessives d'éléments minéraux et organiques. Les limites de tolérance du consommateur doivent être prises en compte comme un critère de qualité et être intégrées dans les normes. Ces normes définissent les concentrations maximales acceptables, mais leurs modalités d'application peuvent varier d'un pays à l'autre.[7]

II.4.1) -Norme microbiologique :

Les deux groupes de micro-organismes couramment utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

Les coliformes totaux regroupent toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives qui fermentent le lactose en produisant du gaz en moins de 48 heures à une température de 35°C. Étant répandus dans la nature, les coliformes totaux ne sont pas nécessairement des indicateurs de contamination, car ils peuvent survivre plus longtemps dans l'eau et résister

mieux au chlore que les coliformes fécaux.

Les coliformes fécaux, d'autre part, comprennent les coliformes capables de produire du gaz en moins de 24 heures à une température de 44,5°C. On trouve ces bactéries en grande quantité dans les intestins et les excréments des animaux. Ils sont préférés comme indicateurs de la qualité de l'eau brute, car leur présence peut signaler la présence d'organismes pathogènes à la source. [8]

Les coliformes totaux sont généralement préférés comme indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau potable. Cependant, la présence de n'importe quel type de coliforme dans l'eau traitée indique soit que le traitement a été inefficace, soit qu'il y a eu une contamination post-traitement. Cependant, certains chercheurs remettent actuellement en question l'efficacité de ces indicateurs, car des études récentes ont montré qu'ils ne sont pas toujours corrélés à la présence d'organismes pathogènes tels que les virus ou les protozoaires.[5]

Par la suite, deux autres paramètres ont été ajoutés, à savoir le dénombrement des colonies de fond sur les filtres à membranes pour les coliformes totaux, qui ne devraient pas dépasser 200 colonies, et le dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives, dont la concentration ne devrait pas excéder 500 BHA/100 ml.

II.4.2) -Normes et recommandations pour les paramètres physique et chimique :

L'objectif de ces normes est de garantir aux consommateurs une eau qui ne présente pas de risque pour leur santé. En plus de cela, des critères esthétiques ont été introduits, car une eau de qualité médiocre sur le plan esthétique peut susciter des doutes quant à sa potabilité dans l'esprit du consommateur. Souvent, une mauvaise qualité esthétique découle d'une contamination chimique ou bactériologique. Les normes relatives aux substances présentant un risque direct pour la santé sont rigoureusement contrôlées et comparées à des recommandations.

Ces recommandations fixent des concentrations maximales acceptables (CMA) pour les substances susceptibles de nuire à la santé. Il s'agit de valeurs limites au-delà desquelles des effets sur la santé pourraient être observés.

Les normes de quelques paramètres physique et chimique d'OMS sont présentées dans le tableau II.1

Tableau II.1 : Les normes de quelques paramètres physique et chimique d'OMS **[9]**

Paramètre	Unité	Valeur
Température	°c	≤15
PH	-	6,5 ÷ 8,5
Turbidité	NTUoù NFU	≤5
Couleur	UCV	≤15
odeur	-	inoffensive
Chlore	mg/l	≤250
Manganèse	mg/l	≤0,05
Sodium	mg/l	≤200
Sulfate	mg/l	≤250
Chlorure	mg/l	≤250

II.5) -Conclusion :

Pour assurer la disponibilité en quantité suffisante et la qualité adéquate de l'eau, il est essentiel de faire des choix judicieux en ce qui concerne le type de source et de traitement utilisé pour améliorer cette qualité.

Chapitre III : Aspect théorique du traitement des eaux potables

Ⅲ.1) - Introduction:

Dans le but de produire une eau potable conforme aux normes O.M.S à partir d'une eau de surface telle que le barrage Tilesdit ; notre extension de la station de traitement d'eau potable de Tilesdit comprendra une filière complète de traitement physico-chimique par rapport l'eau brute de notre barrage ; à savoir :

- Aération à l'air libre
- Pré-oxydation
- Coagulation
- Décantation à lit de boues
- Filtration (filtres à sable)
- Adsorption avec filtres de charbon actif (CAG)
- Désinfection

Ⅲ.2) - Aération à l'air libre:

L'aération permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs. L'aération suit les lois de l'échange gaz-liquide, pour le transfert des solutés à travers une interface air-liquide. [10]



FigureIII.1 : cascade d'aération

Ⅲ.2.1) -Champ d'application:

L'aération peut être installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau comme étape de pré-oxydation.
Cette aération est nécessaire lorsque l'eau présente une carence en oxygène et permet alors, soit :

- D'oxyder des éléments réduits, tels les ions ferreux ;

- D'augmenter la teneur en oxygène dans l'eau (améliorer le goût, éviter la corrosion des conduites métalliques en formant une couche protectrice);

- D'éliminer des gaz indésirables (H_2S, CO_2 libre, sursaturation en oxygène, composés organiques volatils, etc.).

En comparant les potentiels d'oxydoréduction du fer et du manganèse, on constate que le fer peut être oxydé facilement par l'oxygène de l'air tandis que le manganèse ne l'est qu'à un pH alcalin. L'aération peut aussi faire partie intégrante d'une étape de traitement spécifique et se trouver alors au milieu de la chaîne du traitement de l'eau. Enfin, l'aération peut compléter la chaîne de traitement de l'eau afin de la rendre plus agréable au goût. Elle se situe alors avant la réserve d'eau traitée et sa distribution dans le réseau.

L'aération permet aisément l'oxydation du fer s'il n'est pas à l'état complexé soit par la matière organique (acides humiques) ou par la silice dissoute.

L'aération peut aussi faire partie intégrante d'une étape de traitement spécifique et se trouver alors au milieu de la chaîne du traitement de l'eau. Enfin, l'aération peut compléter la chaîne de traitement de l'eau afin de la rendre plus agréable au goût. Elle se situe alors avant la réserve d'eau traitée et sa distribution dans le réseau. [10]

Ⅲ.2.2) -Critères de conception:

A. Dispersion de l'eau dans l'air :

Dans ces systèmes, on provoque artificiellement la turbulence de l'eau. Une bonne dispersion de l'eau est nécessaire afin d'accroître l'interface air-eau permettant l'échange de gaz. Parmi les procédés utilisant la dispersion de l'eau dans l'air, notons les cascades, les plateaux, les masses de contact et la pulvérisation.
La température de l'eau et de l'air aura une grande influence sur l'efficacité du transfert. De plus, les eaux aérées doivent subir une désinfection adéquate avant distribution. [10]

B. Dispersion de l'air :

Dans l'eau Dans ces systèmes, l'air est injecté dans la masse d'eau à aérer. Encore une fois, une bonne dispersion de l'air est nécessaire afin d'accroître l'interface air-eau permettant l'échange de gaz. Parmi les procédés utilisant la dispersion de l'air dans l'eau, notons les diffuseurs et l'aération sous pression. [10]

Ⅲ.3) –Pré-chloration:

La pré-chloration est principalement employée pour maîtriser la croissance des algues, éliminer les matières organiques et l'ammoniaque présents dans l'eau. Le chlore est le désinfectant le plus répandu et universellement connu. Lorsqu'il est dissous dans l'eau, le chlore réagit pour former deux composés : l'acide hypochloreux (HCLO) et des ions hypochlorites (CLO^-).

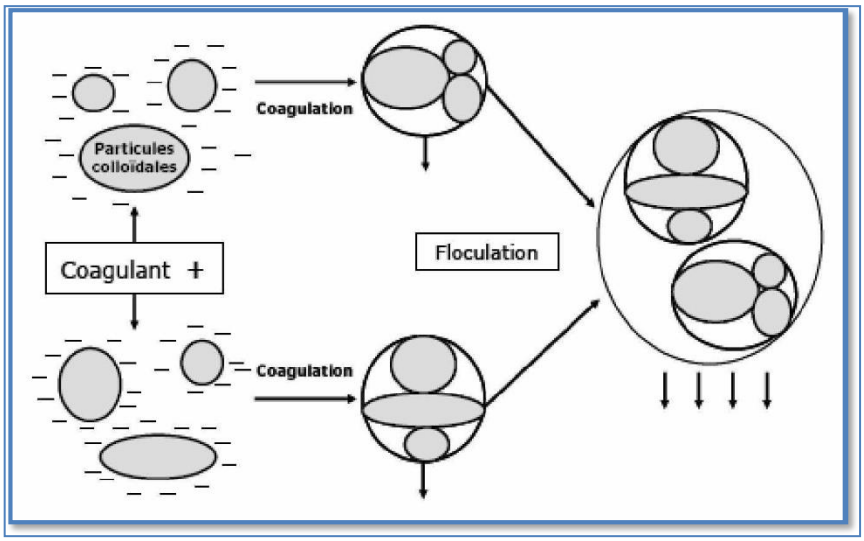
L'acide hypochloreux présente une action bactéricide plus puissante que les ions hypochlorites. Pour réaliser la pré-chloration, on ajoute du chlore (Cl2) à une concentration de1 à 2 grammes par mètre cube d'eau. Cette injection de chlore se fait directement dans la conduite à l'aide d'une pompe doseuse [11].

III.4-coagulation-Floculation :

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre : les colloïdes. Leur élimination ne peut se baser sur la simple décantation. En effet, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. Le temps nécessaire pour parcourir 1m de chute libre peut être de plusieurs années.

La coagulation et la floculation (Fig. III.2) sont les processus qui permettent l'élimination descolloïdes.

- ⇨ La coagulation consiste à les déstabiliser. Il s'agit de neutraliser leurs charges électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre.
- ⇨ La floculation rend compte de leur agglomération en agrégats éliminés par décantationet/ou filtration. [5]



FigureIII.2: Principedecoagulation-floculation

Ⅲ.4.1) -coagulation:

A) La coagulation a pour but la déstabilisation des colloïdes et les particules fines en suspension.

La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles (colloïdales) tendant à les éloigner les unes des autres, par conséquant, à les stabiliser

Dans la solution.

Le but principal de la coagulation est de déstabiliser ces particules pour favoriser leur agglomération. [12]

La coagulation est favorisée par l'addition des coagulants, comme le sulfate d'alumine $AL_2(SO_4)_3$, utilisé pour déstabiliser les particules en deux charge inverses **(+,-)**, qui seront parla suite rassemblées en flocons au contact des floculant (polymère).

A.1) -Les coagulants :

Sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau. Le choix du coagulant pour le traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et de son coût. Le type de coagulant et la dose ont une influence sur ces paramètres :

- ❖ La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée.
- ❖ Le bon ou le mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration.
- ❖ Le coût d'exploitation.

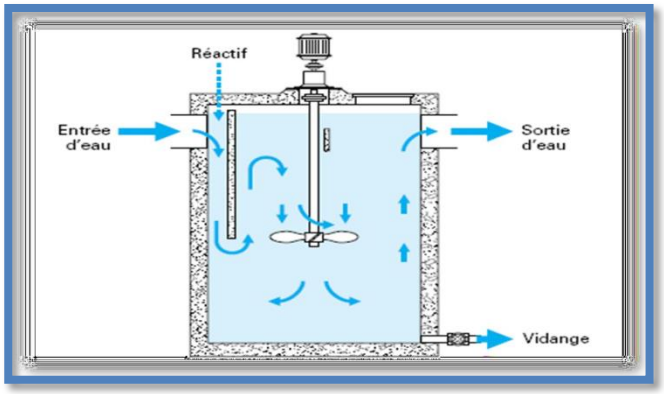
A.2) -coagulants utilisées :

Les principes coagulants utilisés sont :

- Le sulfate d'alumine, $Al2(SO4)3.\ 14\ H2O$
- L'aluminate de sodium, $NaAlO2$,
- Le chlorure d'aluminium $AlCl3$,
- Le chlorure ferrique $FeCl3$,
- Le sulfate ferrique $Fe2(SO4)3$,
- Le sulfate ferreux $FeSO4$,

Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer. **[12]**.

On a longtemps pensé que ses sels libéraient des ions Al^{+3} et Fe^{+3} qui neutralisent la force de répulsion entre les particules colloïdales et favorisent ainsi la coagulation.
On sait maintenant que les mécanismes qui entrent en jeu sont plus complexes et que les produits d'hydrolyse des sels d'aluminium et de fer sont des coagulants plus efficaces que les ions eux-mêmes.



FigureIII.3 : Chambre de mélange avec agitateur rapide

III.4.2) -Floculation :

A) Après avoir été déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers.

La floculation n'étant qu'une partie du processus du Transport et mise en contact des particules déstabilisées. [12], [15]

B-1) Les floculant (adjuvants de floculation) :

Ils sont dans leur grande majorité, des polymères de poids moléculaire très élevé. Ils peuvent être de nature minérale, organique naturelle ou organique de synthèse.

Comme pour la coagulation, il existe un certain nombre de paramètres à prendre en compte pour le bon fonctionnement de ce procédé. [12], [13]

- Le mélange doit être suffisamment lent afin d'assurer le contact entre les flocs engendréspar la coagulation.
- En effet, si l'intensité du mélange dépasse une certaine limite, les flocs risquent de sebriser.
- Il faut également un temps de séjour minimal pour que la floculation ait lieu. La durée dumélange se situe entre **10** et **60** minutes.

B-2) Floculant utilisés :

On utilise parfois un réactif complémentaire appelé adjuvants de floculation en quantité sensiblement plus faible que le réactif coagulant et qui permet au floc formé par les sels métalliques d'atteindre une taille plus grande par agglomération. **[15]**

Ces adjuvants ne sont utilisés qu'avec le sulfate d'aluminium mais rarement avec les sels de fer qui sont plus lourds, on trouve :

- La silice activée SiO2
- Floculant organique (polymère naturel)
- Les alginates ;
- Les amidons et les poly électrolytes.

III.5) -Décantation :

La décantation est un processus visant à clarifier l'eau en éliminant les matières en suspension (MES) et les agrégats de particules formés lors de la coagulation-floculation. Sous l'influence de la gravité, les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau se déposent au fond, tandis que l'eau claire est recueillie en surface. [18]

III.5.2) -Différents types de décanteurs :

A) -Décanteur à flux horizontaux :

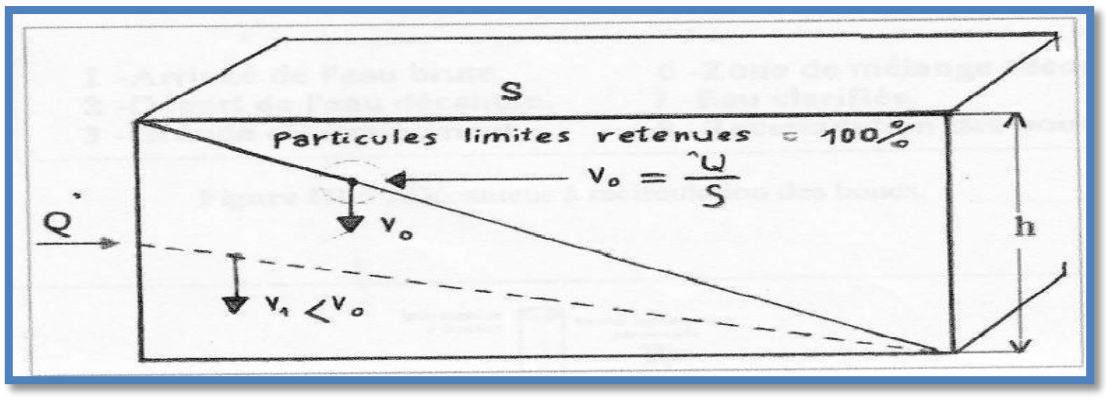
Dans les bassins de décantation, pour qu'une particule soit retenue et ait le temps d'atteindre le fond avant de sortir de l'ouvrage, certaines conditions doivent être remplies.

Un décanteur à flux horizontal est défini par les paramètres suivants :

- Le débit traversé, noté Q.
- Sa surface, notée S.
- Sa hauteur entre le plan d'eau libre et le radier, notée h.

Il est essentiel que la vitesse des particules, notée Vp, soit supérieure à la vitesse du flux Q divisé par la surface S, c'est-à-dire Vp> Q/S.

Le terme Q/S est souvent appelé vitesse de Hazen, et il est généralement exprimé en mètres cubes par heure par mètre carré ($m^3/h \cdot m^2$) ou en mètres par heure (m/h). Cette vitesse de Hazen est un paramètre clé pour assurer une décantation efficace, en garantissant que les particules solides aient suffisamment de temps pour se déposer au fond de l'ouvrage avant de quitter le système.[6]

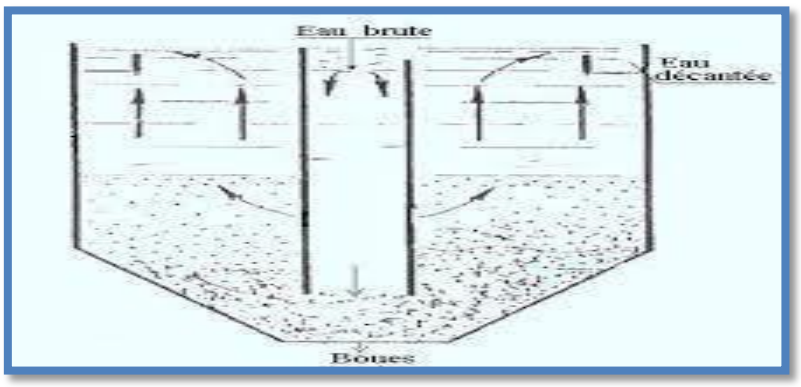


FigureIII.4:Décanteur à flux horizontale

B) -Décanteur à flux verticaux :

Dans ce type d'installation, l'eau suit une trajectoire verticale. La vitesse de descente des particules est influencée par une force résultante résultant

de l'interaction de différentes forces et de la vitesse ascensionnelle de l'eau.2



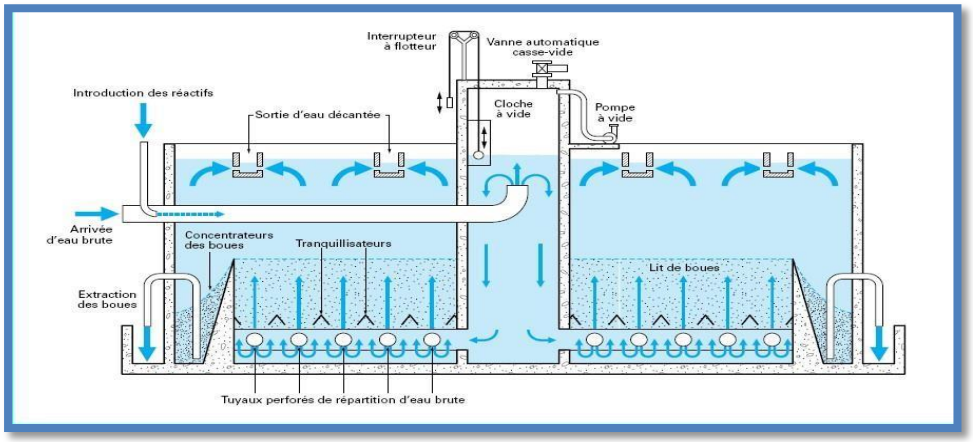
FigureIII.5:Décanteur à flux verticale.

E) -Décanteur statique (simple ou lamellaire) :

Dans ce contexte, on peut observer une grande variété de décanteurs, qu'ils soient de forme circulaire ou rectangulaire, équipés de systèmes de raclage ou non, et pouvant être utilisés avec ou sans un dispositif de floculation préalable. Les modèles plus récents peuvent également être équipés de décanteurs lamellaires, comprenant des plaques ou des tubes inclinés à un angle de 60 degrés par rapport au plan horizontal. [6]

F) -Décanteur à lit de boues :

Ce modèle d'équipement est principalement illustré par le Pulsator, dans lequel l'eau à clarifier traverse de manière verticale le lit de boues, agissant comme un filtre fluidisé hautement performant. Les pulsations, d'où son nom, assurent une floculation adéquate et une uniformité dans le lit de boues, autorisant souvent des vitesses de circulation deux à trois fois supérieures à celles d'un appareil statique. [6]



FigureIII.6:Décanteurs à lit de boues

III.6) -Filtration :

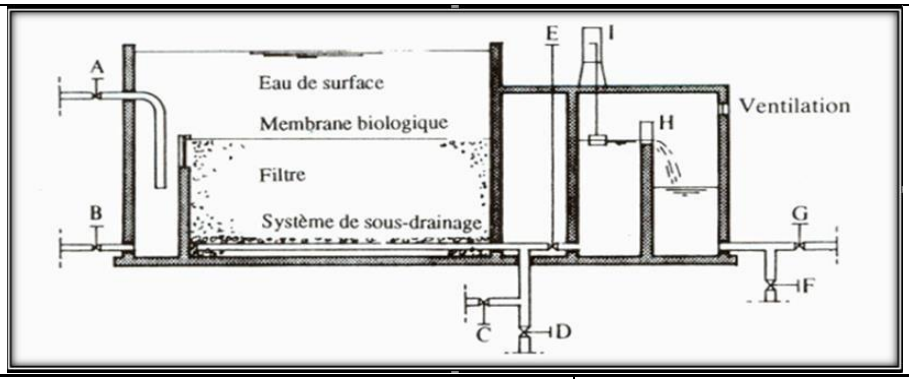
III.6.1) -Définition de la filtration :

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des MES (matières en suspension) le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire.
En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation.
La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques.
La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. L'espace inter granulaire définit la capacité de rétentiondu filtre. Au fur et à mesure du passage de l'eau ,cet espace se réduit, le filtre se colmate. [19]
La filtration permet une élimination correcte des bactéries, de la couleur et de la turbidité.

III.6.4) Type de filtration :

- Il existe des filtres ouverts où la force d'infiltration est la pression hydrostatique de la couche d'eau surnageant et des filtres fermés ou l'eau peut être amenée à une pression élevée à l'aide d'une pompe.
- D'autre part on distingue des filtres lents et des filtres rapides en outre on peut varier la nature du matériau de remplissage.**[19], [20], [21].**

A -1) Filtre lente sur sables



a. Vanne d'amenée d'eau non-filtrée et de contrôle de débit	**e. Vanne de chasse pour vider le réservoir d'eau traitée**
b. Vanne de vidange pour évacuation de l'eau surnageant	**f. Vanne de sortie vers le réservoir principal durés eau de distribution**
c. Vanne pour recharge relit filtrant en eau propre	**g. Déversoir h. Mesure de débit**
d. Vanne de vidange pour drainer le lit filtrant et la chambre de sortie	

FigureIII.7 : Filtre à sable

a) -Quelques remarques sur le filtre à sable lente :

Historiquement, la filtration lente était la première application à grande échelle des traitements de purification au moyen de milieux granuleux. Mais de nos jours, cette méthode doit progressivement cèdes sa place à des ouvrages à filtration rapide

b) -Les avantages de filtre à sable lente :

- Ne nécessitent pas l'ajout de produits chimiques ;
- Aucun élément mécanique ;
- La surveillance du fonctionnement de ces filtres est simple.
- On peut aisément se procurer du sable sur place.
- Leur effluent est moins corrosif et de qualité plus constante ;
- Ils éliminent bien les bactéries.

c) -Les inconvénients de filtre à sable lente :

- Occupent une grande superficie, un volume de sable important et des travaux couteux ;
- Leur utilisation manque de souplesse puisque leur mise en exploitation et leurs lavages requièrent de longues périodes de temps, au cours desquelles ils sont inutilisables.
- Des eaux brutes très chargée dépasse **30** NTU peuvent colmater rapidement ces filtres ;
- Ils décolorent médiocrement les eaux colorées.
- Ils donnent de mauvais résultats lorsque les eaux sont riches en algues et peu chargéesen matière organique ;
- Limitation dans les pays froids.

d) -Critère de conception de filtre lente :

- Largeur d'un filtre : 3–6 m, moyenne 4.9 m ;
- Ratio : longueur /largeur : 2–4 (moyenne 3) ;
- Surface du filtre : 25-100 m^2, moyenne 56 m^2 ;

A-2) les filtres rapides ouvertes :

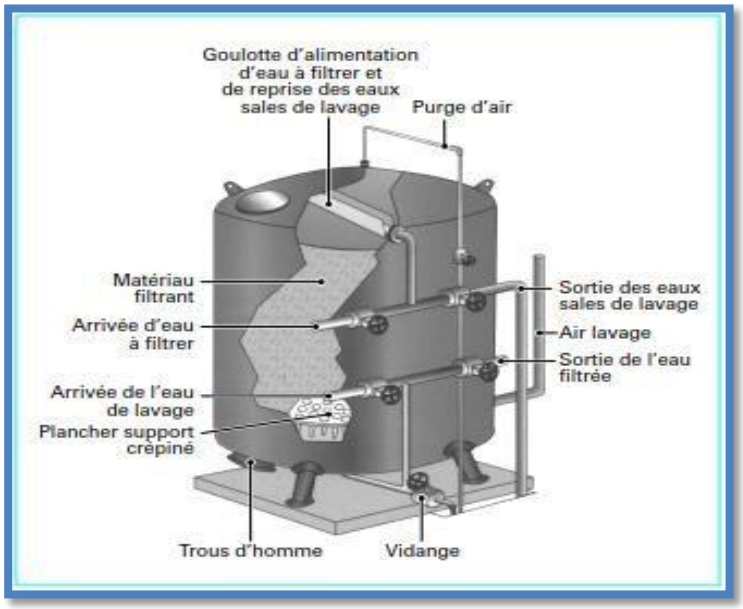
- Dans la technique de la préparation des eaux potables les filtres de sable gagnent rapidement du terrain, ils sont appliqués après coagulation et décantation. La filtration rapide est donc l'opération de finition **D10** du sable se situe d'habitude entre **0.5** et **1.5m m.**
- La filtration en profondeur intervient ici beaucoup plus que dans les filtres lents.
- Le colmatage se fait très rapidement et le nettoyage par un contre-courant d'eau mélangéeou non de l'air doit être effectué journellement.
- Les impuretés sont détachées par l'action d'écurage et enlevées avec les eaux de rinçage. L'orde la régénération à contre-courant , il peut y avoir une expansion du lit filtrant jusqu'à **20%.**

- Les eaux filtrées sont recueillies en utilisant l'une des deux méthodes suivantes :
  - Dans la 1ère méthode la couche filtrante peut reposer directement sur des dalles de béton maigre qui sont soit poreuses soit munies de bougies poreuses ou de buselures à fentes.
  - La 2ème méthode consiste à recueillir l'eau filtrée au moyen de tuyaux perforés quisont noyés dans une couche de sable fin.

A-3) les filtres rapides fermés :

Les filtres rapides fermés sont constitués de cylindres sous pression placés soit horizontalement soit verticalement. On peut distinguer deux types de filtres fermés.

- Des filtres à granulométrie homogène : diamètre des particules **0.5 à 2mm** et épaisseurde la couche filtrante **0.50 à 1.20m.**
- Une nouvelle évolution dans ce domaine est la construction de filtres hétérogènes bicouches et multicouches. Leur granulométrie décroit d'amont en aval. Ils ont l'avantage d'arrêter la plus grande partie des matières dans la couche à gros canalicules et d'assurer une finition du traitement sur la ou les couches de granulométrie fine et degrande surface d'arrêt. [21], [22]



FigureIII.8 : Filtre fermé sous pression

La surface nécessaire à l'installation d'un filtre rapide est très réduite et les débits d'eau filtrée très élevés.

1) Critères de conception de la filtration rapide :

- Largeur: 3-6m, moyenne5 m;
- Ratio: longueur/largeur:2 – 4(moyenne3);
- Surface dufiltre:25-80m^2;
- Ratio: profondeur/d10

- 1000monocouchesdesable ou bicouche;
- 1250 tris couche (anthracite, sable, grenat) et pour matériel grossier(1.5mm>d10>1.0 mm) ;
- >1250-1500 pour matériel très grossier (2.0 mm>d10>1.5 mm).[21] ;[22]

A-4) lavage des filtres :

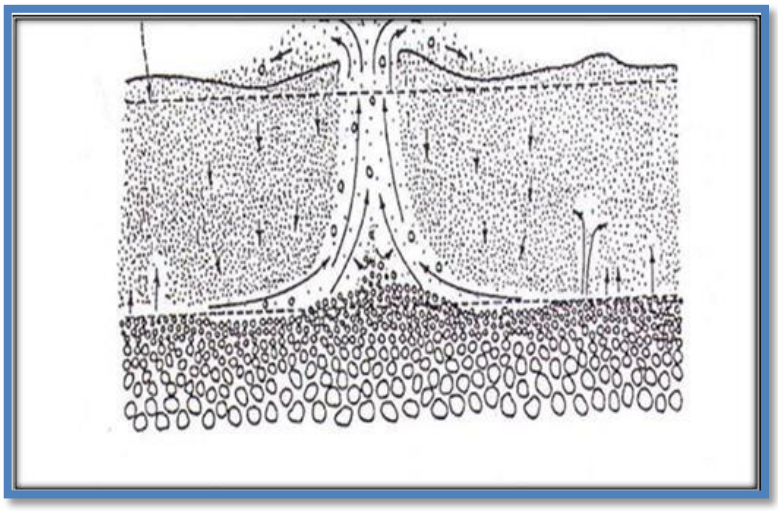
Le lavage des filtres est réalisé en inversant le sens d'écoulement de l'eau. Le sable est mis en expansion et les impuretés, moins denses que les grains de sable, sont décollés par les phénomènes de frottement inter granulaires.

La vitesse de l'eau de lavage à contre-courant est limitée du fait des pertes possibles de matériau. On injecte donc de l'air pour augmenter les turbulences afin de décoller efficacementles particules de floc fixées sur les grains.
Selon la technologie du filtre, le niveau d'expansion du matériau est compris entre **8** et **30cm**. La hauteur des goulottes d'évacuation des eaux sales est en correspondance en évitant une trop grande hauteur qui augmenterait les volumes d'eau nécessaires au lavage.
Les étapes de lavage d'un filtre sont généralement les suivant :

- Dé tassage à l'eau à faible débit de l'ordre de **5** à **7m³/h** durant 2 **minutes**.
- Lavage à fort débit d'air et faible débit d'eau pour brasser le sable et décoller lesimpuretés.
- Dégazage pendant quelques minutes pour éviter toute embolie gazeuse du filtre.
- Rinçage à fort débit d'eau, pour éliminer les impuretés, jusqu'à obtenir de l'eau claire.En général, le temps de lavage est déterminé par l'exploitant :
- Si on injecte de l'air simultanément à un fort débit d'eau, les pertes de sable sont inévitables.
- Si on omet l'étape de rinçage, on risque une percolation des particules dans le matériau filtrant lors de remis en marche. Le surpresseur d'air et le groupe électropompe sont dimensionnés sur les bases d'un débit d'air de l'ordre de **60 m³/h/m²** et d'eau **20m³/h** par **m²** de filtres.

Après beaucoup de lavage, le sable a tendance à se stratifier. Les grains les plus fins restent ensurface. Les impuretés sont alors arrêtées par la couche supérieure qui est très rapidement colmatée.
Pour éviter ce problème, on préconise une bicouche de type anthracite sur sable. Les grains du premier matériau, plus légers et de taille supérieure demeurent en surface. En effet, la différence de masse volumique permet le maintien du classement des matériaux.
De plus, le pourcentage de vide étant important, la capacité de rétention est augmentée. Les petites particules traversent facilement la couche d'anthracite qui arrête celles d'un diamètre important ; la perte de charge d'un filtre est ralentie et l'homogénéité du colmatage est meilleure est à l'intérieur de la masse filtrante.

La procédure de lavage de tel filtre est légèrement modifiée par rapport à celle décrite précédemment. [22]



FigureIII.13 : Lavage d'un filtre

III.7) -Désinfection :

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau afin d'empêcher le développement de maladies hydriques.
Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendent un certain temps avec une eau supposée contaminée.

Cette définition fait apparaitre trois notions importantes : les désinfectants, le temps de contact et la concentration en désinfectant.
Les trois principales désinfections utilisées en eau potable sont les suivants :
Le chlore, ozone et U.V. [23]

III.7.1) -Le chlore :

C'est la désinfection le plus connu est le plus universel. En solution, le chlore réagit avec l'eau pour formes deux composée. L'aide hypochloreux (**HCLO**). L'acide hypochloreuxa un effet bactéricide plus important que l'ion hypochlorite.
Sa qualité sera d'autre plus élevée que le PH de l'eau sera bas, en pratique, il est souhaitable que celui- ci soit compris entre **6,5** et **8**. [23]
Généralité sur le chlore et ses dérivés :

Le chlore est utilisé dans le traitement des eaux :

- ✓ Comme désinfectant pour détruire les micro-organismes pathogènes.
- ✓ Comme oxydant, il permet :

- L'élimination du fer et du manganèse.
- La destruction des composés responsables du mauvais gout et des mauvaises odeurs.
- Et l'élimination de l'azote ammoniacal.

III.7.2) -L'ozone :

L'ozonation consiste à dissoudre le gaz ozone dans l'eau pour qu'il réagisse avec la grande majorité de la matière organique de l'eau en cassant les macromolécules. Les sous-produits (non toxique) de cette réaction sont ensuite éliminés par filtration sur charbon actif.
Toutefois, la réaction chimique de l'ozonation sur les bromures, présents naturellement dans l'eau, produit des bromates non stoppés par ce dispositif et décrits comme cancérigènes dans la littérature scientifique ; leur taux maximum a donc été à 10 µg/l ce qui en restreint l'usage de l'ozone. [15], [23]
Les autres facteurs de restriction de cette technologie sont le cout de production de l'ozone puisqu' il consomme beaucoup d'électricité (20 000 volts sont nécessaires sur les grosses installations) et le manque de rémanence qui oblige le producteur à chlorer son eau en fin de production et en divers points du réseau afin d'assurer une qualité sanitaire constante.

III.7.3) -La désinfection par l'ultraviolet (UV) :

Le principe de la désinfection de l'eau par les UV est simple : l'eau à traiter passe au sein de réacteur contenant des tubes fluorescents qui émettent une lumière ultraviolette a haute énergie et a une longueur d'onde aux alentours de 254 nm. Ce rayonnement altère fortement les molécules du patrimoine génétique des micro-organismes et donc leur métabolisme et potentiel de multiplication. Ce procédé n'altère ni la composition chimique de l'eau, ni son odeur et sa saveur.

Très efficace sur les parasites de type cryptospridium, c'est aux Etats unis qu'on trouve les plus grandes installations utilisant cette technologie.
Afin d'assurer une sécurité optimale, cette eau sera, comme c'est souvent le cas, complétée en amont par un ozoneur (23 kg/h d'ozone) pour réduire le gout et de l'eau.
Les avantages de cette technologie UV sont importants :
par de sous-produits chimiques, faible cout d'entretien (limite d'utilisation des lampes jusqu' à 8500 heures), facilité de mise en œuvre et de contrôle. Mais comme pour l'oxydation à l'ozone, cette technologie n'exerce pas de rémanence, il est donc nécessaire de sécuriser l'eau en sortie par une faible chloration inférieure à 0,2 mg/l. [23]

III.8) -Conclusion :

La mise en œuvre des procédés de traitement incluant la coagulation, la floculation, la décantation, la filtration et la désinfection permet d'atteindre une qualité d'eau potable conforme aux normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Ces procédés de traitement requièrent des installations et des ouvrages pour leur fonctionnement, et la dimension de ces installations sera abordée dans la suite de notre travail.

Chapitre IV : Présentation actuelle de la station Tilesdit

IV.1) -Introduction :

La station de traitement existante de Tilesdit traite un débit de 983 l/s. Elle se trouve près du barrage de Tilesdit dans la commune Bechloul, destiné à l'alimentation en eau potable les villes de Bouira.

IV.2) -Situation de la station de traitement (existante) :

La station de traitement existante est située à l'aval du barrage de Tilesdit à environ 700 m de ce dernier.

IV.3) -Description générale de la station de traitement existante :

La station est conçue pour traiter et produire un débit moyen de 70000 m3 /j la provenance de l'eau brute est du barrage TILESDIT, et sa qualité sera régulièrement vérifié afin d'assurer une eau de meilleure qualité répondant aux normes de potabilisations recommandées par l'OMS. Mise en fonction en 2008 elle est gérée par l'ADE (Algérienne des eaux).

La station comporte deux chaînes de traitement, l'une est utilisée et l'autre est en stand-by (de secours) pour assurer la continuité de la production en cas de problèmes ou d'opérations de maintenance de la chaîne principale. [24]

Les principales étapes de traitement sont :

- L'arrivée d'eau brute ;
- Contrôle du débit par vanne annulaire ;
- Aération de l'eau par le biais de la cascades et récolte des eaux ;
- Pré-chloration par l'eau chlorée dans le réservoir qui se situe sous la cascade ;
- Une coagulation au sulfate d'alumine ;
- Préconisation d'un ajustement de pH par injection de lait de chaux ;
- Injection du charbon actif pour l'adsorption des goûts et des odeurs ;
- Décantation composée de :

  -Floculation

  -Passage par un décanteur lamellaire

  -Épaississement et décantation des boues et soutirage de ces dernières

  - Un canal de by-pass

- Éventuelle correction du pH avec le lait de chaux ;
- Filtration sur filtre gravitaire à sable ;
- Désinfection finale à l'entrée du réservoir d'eau traitée à l'aide d'eau chlorée. [24]

IV.3.1) -Qualité de l'eau brute :

Au stade de mise en service les caractéristiques de l'eau du barrage de Tilesdit sont les suivants :

- PH: 7.7-9.
- Nitrites NO_2: 0.47 mg/l
- Ammonium NH_4: 1.20 mg/l
- Turbidité : 9.9-10.9 NTU

(Source : laboratoire de la station de traitement Tilesdit)

IV.3.2) -Qualité de l'eau traitée :

En tout état de cause l'eau sortante de la station de traitement doit être conforme physiquement, chimiquement et bactériologiquement à la dernière édition des normes de l'O.M.S pour l'eau potable destinée à la consommation domestique.

Elle doit avoir les caractéristiques suivantes :

PH : 6.5-8
Turbidité : <1NTU
Couleur :<15

IV.4) -Impact sur l'environnement :

IV.4.1) -Insertion de la station dans le site :

En raison de leur conception architecturale, ce genre de station s'intègre harmonieusement dans son environnement. L'exploitation de la station n'occasionnera aucune nuisance pour le personnel ni pour les riverains, en particulier en ce qui concerne les problèmes de bruit, de vibrations et d'odeurs, compte tenu de son emplacement sur le site.

IV.4.2) -Bruits et vibrations :

À l'intérieur des structures et des locaux, les niveaux sonores générés par les équipements en fonctionnement seront maintenus à des niveaux acceptables, ne dépassant en aucun cas les normes actuellement en vigueur.

IV.4.3) -Protection du personnel :

En plus des règlements requis, particulièrement ceux concernant la sécurité des travailleurs, la prévention des incendies, ainsi que d'autres directives, les installations seront planifiées et construites avec l'objectif de réduire les risques d'accidents. Les méthodes d'accès aux structures et la circulation seront pratiques et en conformité avec les normes de sécurité.

De plus, des dispositifs de protection tels que des capots grillagés seront utilisés pour sécuriser les organes en mouvement ou à démarrage automatique. (Source personnel)

IV.5) -Caractéristique technique de la station de traitement existante :

IV.5.1) -Bâtiments des réactifs :

A) -Dosage de polymère :

L'emploi d'un adjuvant de floculation en combinaison avec le coagulant qui sera utilisé dans le cas d'une eau très chargée (en général en période de crue). L'adjuvant concerné serait un polymère.

Le dosage serait déterminé par des tests sur place, les valeurs utilisées généralement sont comprises entre 0.05 et 0.5 g/m3.

Ce poste comprend :

- Deux agitateurs de préparation de polymère
- Une électrovanne de remplissage eau de service
- Un doseur à vis
- Une sonde de niveau

B) -Dosage de sulfate d'alumine :

Le sulfate d'aluminium est un coagulant minéral, très utilisé dans le traitement des eaux potable, il permet la formation d'un précipité d'hydroxyde d'aluminium. La détermination du dosage serait effectuée par des essais de floculation sur place.

Ce poste comprend :

- Deux (02) bacs de préparation (73 m^3 * 2) ;
- Un (1) bac de dosage (10 m^3) ;
- Pompe pour dissolution du sulfate ;
- Débitmètre.

C)-Dosage de lait de chaux :

- Deux agitateurs
- Deux systèmes vides sacs
- Un compresseur
- Trois pompes de dosage
- Deux sondes de mesure de niveaux
- Trois électrovannes de rinçage

D) -Dosage du charbon actif :

- Deux agitateurs
- Deux systèmes vides sacs
- Un compresseur

- Deux électrovannes de remplissage
- Deux pompes de dosage
- Deux sondes de niveau
- Deux électrovannes de rinçage

E) -Acide sulfurique :

- Deux pompes de transfert
- Trois pompes de dosage
- Résistance de chauffage
- Ventilateur tube
- Deux sondes de niveau

F) -Chloration :

- Quatre Chloromètres: deux pour la pré-chloration et deux pour la post-chloration
- 2 pompes doseuse du chlore
- Eau de service
- Stockage des futs du chlore

Remarque :

1-La solution de lait de chaux est injectée à l'entrée de la cascade d'aération ainsi qu'à l'entrée du réservoir eau traitée, en fonction de la qualité de l'eau.

-La première injection est faite afin d'optimiser l'effet du sulfate d'alumine par maintien d'un pH optimal dans les chambres de mélange.

-La deuxième est pour ajuster le pH de l'eau traitée afin que son caractère agressif ou incrustant soit maintenu.

2-Le sulfate d'aluminium est utilisé pour la déstabilisation des substances colloïdales contenues dans l'eau brute afin d'initier la formation de flocs ayant de bonnes caractéristiques de décantation/clarification. Le sulfate d'aluminium est injecté à l'entrée de la cascade d'aération.

3-L'acide sulfurique est injecté à l'entrée de la cascade d'aération pour abaisser la valeur du pH de l'eau brute. Le but est d'obtenir un pH d'optimisation pour l'effet du sulfate d'alumine en coagulation. De même il abaisse ce pH si celui-ci est trop élevé en sortie de station.

4-Le polymère est injecté dans la troisième chambre de mélange juste avant la chambre de floculation. Le polymère est l'élément de floculation. Il contribue à l'agglomération des particules colloïdales

déstabilisées (ou coagulées) ainsi que des autres particules issues de la recirculation des boues et eaux sales de lavage afin d'augmenter la taille des flocs et réduire la turbidité interstitielle.

5-La solution de charbon actif est injectée à l'entrée des décanteurs, en fonction de la qualité de l'eau, mais dans le cas de cette station ils ne font pas cette procédure à cause de manque de réactifs.

IV.6) -La station de traitement :

A) -Ouvrage de régulation du débit et de mesure :

Il comprend :

- Vanne motorisée pour l'isolement DN 1000.
- 2 Vannes motorisées pour le réglage du débit DN 1000
  Un débitmètre électromagnétique

B) -Cascade d'aération :

Il comprend :

- Un canal central avec des marches créant 4 chutes.

C)-Bassins de mélange et floculation :

- Volume 1500 m3 ;
- Injection des produits de traitement ;
- Huit (08) agitateurs dont quatre (04) à vitesse lente ;
- Un (01) PH-mètre à chaque sortie des deux (02) bassins.

D)-Les deux décanteurs :

Leurs caractéristiques sont :

• **Type de basin**	Carré,cylindro-conique.
• **Nombre de bassins**	2.
• **Coté**	15m.
• **Profondeur du bassin**	6,60m.
• **profondeur del'eau**	5,70m.
• **materiel**	Des plaques PVC (qualité alimentaire anti-UV).
• **Dimension des plaques**	2,0x1,0m.
• **Nombre des plaques**	2376/clarificateur.

- **Surface projetée des plaques** 2725,6m^2
- **Vitesse de montée** 1,18m/h.

E) -Station de filtration :

Les filtres ont les dimensions suivantes (par filtre) :

Nombre du filtre : **6 filtres**

- Longueur du filtre : $\mathbf{L_F = 12\ m}$
- Largeur du filtre : $\mathbf{l_F = 2 \times 3{,}5 = 7\ m}$
- Surface du filtre :$\mathbf{A_F = 7 \times 12 = 84\ m^2}$
- Surface filtrante totale : $\mathbf{F_A = 6x84=504\ m^2}$
-Surface filtrante pendant le lavage d'un filtre : **FA'** = 5x84 = 420 m^2

F) -Réservoir d'eau traité :

Leurs caractéristiques sont :

- Forme carrée ;
- Longueur : 51 m ;
- Largeur : 51 m ;
- Hauteur : 5 m ;
- Volume : 13000 m^3

IV.7) - Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé la station de traitement actuelle de Tilesdit, en décrivant son emplacement et son mode de fonctionnement.

De plus, nous avons élaboré une description complète de notre propre station de traitement en utilisant une liste d'équipements nécessaires ainsi que des images pour en fournir une évaluation approfondie.

À la suite de ce chapitre, nous examinerons les capacités de la station pour répondre aux besoins en eau des villes étudiées.

Chapitre V : Les besoins en eau

V.1) - Introduction :

Dans ce chapitre, nous nous efforcerons de déterminer les besoins globaux en eau pour les 5 communes de la wilaya de Bouira (partie Est) et les 5 communes de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (partie Ouest) au cours des 30 prochaines années.

Les communes de la wilaya de Bouira sont : El Adjiba, Ahnif, M'Chdellah, Chorfa et Ath Mansour.

Tandis que celles de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, relevant de la Daïra de Mansoura, comprennent : Ouled Sidi Brahim, El Mehir, Ben Daoud, Herraza et Mansoura.

L'objectif est de déterminer la capacité nécessaire pour l'extension de la station de traitement de Tilesdit, en tenant compte des besoins futurs de la population. Cela inclut non seulement la croissance démographique au fil du temps, mais aussi l'expansion des équipements dans la zone étudiée.

V.2) - Evaluation des populations :

L'étude concernant l'estimation des besoins en eau reste liée au développement

démographique et à l'élévation du niveau de vie. Donc, l'estimation doit être

faite en fonction de l'évaluation de la population à différents horizons.

L'évolution démographique en Algérie est donnée par la formule de l'intérêt composé:

$$\mathbf{Pn= (1+ \tau)^n}$$

- Pn: Population futur à l'horizon (habitant) ;
- P0: Population actuelle (référence) (habitants);
- $\boldsymbol{\tau}$: Taux d'accroissement(%);
- **n** : Nombre d'année de différence entre l'année de référence et l'année considérée. [25]

Tableau V.1:Nombre d'habitant actuel et projeté et le taux d'accroissement des communes de Bouira :

Communes		Population			
	Population2008 (Habitants)	Taux d'accroissement (%)	Population 2022 (Habitants)	Taux d'accroissement (%)	Population2052 (Habitants)
ElAdjiba	12486	0.8	13960	1.5	21820
Ahnif	9685	0,2	9960	2	18040
AthMansour	10077	0,8	11266	1.5	20407
M'Chedallah	24406	1,3	29243	2	52970
Chorfa	16173	0,9	18334	2	33210
Total	72827		82763		146448

A l'horizon 2052 le nombre d'habitants sera 146448 habitants.

(Source DRE de Bouira)

Tableau V.2:Nombre d'habitant actuel et projeté et le taux d'accroissement des communes de Bordj Bou Arreridj

Communes		Population			
	Population2008 (Habitants)	Taux d'accroissement (%)	Population 2022 (Habitants)	Taux d'accroissement (%)	Population2052 (Habitants)
Mansoura	21280	1	24461	1,8	41774
EL'Mhir	17492	1.3	20959	2	37964
Haraza	5569	1	6401	1.8	11595
BenDaoud	11632	1.4	13937	2	25246
OuledSidi Brahim	2705	1.3	3268	2	5920
Total	58678		69026		122499

(Source DRE de BBA)

A l'horizon 2052 le nombre d'habitants sera 122499 habitants.

V.3) - Récapitulation de la consommation moyenne journalière :

La norme de consommation est adoptée en fonction de l'importance de la population, de son mode de vie, et suivant la norme d'hygiène. Les besoins domestiques aux déférents horizons sont évalués par la relation suivante :

$$Q_{moy\ j}=\frac{1}{1000}*Dot * N\ (m^3/jr)$$

- $Q_{moy,\ j}$: débit moyen journalier
- Dot : dotation moyenne en (l/j/hab.)
- N : nombre d'habitants

Pour bien évaluer les besoins en eau potable, il est recommandé de se référer aux normes donnant les dotations journalières sur chaque type de consommateur comme le montre le tableau suivant:

TableauV.3: La dotation journalière selon le nombre d'habitants.(GODART, 2008)

Nombre d'habitants	Demande en eau
>50000habitants	180l/j/hab.
De20000à50000habitants	160l/j/hab.
De10000à20000habitants	100l/j/hab.
<10000habitants	85l/j/hab.

Tableau. V.4 : Tableau récapitulatif des consommations journalières pour différentes Localités à l'horizon2052

LOCALITE	Horizon	population	Dotation(l/j/hab.)	Qmoyj (m^3/j)
ElAdjiba	2052	21820	160	3491,1
Ahnif	2052	18040	100	1804,06
Ath Mansour	2052	20407	160	3265,1
M'Chedalah	2052	52970	160	9534,6
Chorfa	2052	33210	150	5313,6
Mansoura	2052	41774	160	6683,84
EL'Mhir	2052	37964	160	6074,24
Haraza	2052	11595	100	1159,5
BenDaoud	2052	25246	160	4039,36
OuledSidi Brahim	2052	5920	85	503,2
Total		**268946**		**41868,6**

Al'horizon2052, les besoins moyens journaliers totaux des six communes concernées sont estimés à 41868.6m^3/j soit un débit de756l/s

V.4) - Coefficient d'irrégularité :

V.4.1) -Consommation maximale journalière :

Elle est définie à partir du coefficient d'irrégularité maximum journalier $K_{max.j}$, dont l'utilité est de savoir de combien de fois le débit maximum journalier dépasse le débit moyen journalier, car la consommation varie d'un jour à l'autre. Ce coefficient est déterminé par la relation suivante : $$K_{max\ j}=\frac{Qmax\ j}{Qmoy\ j}$$

Avec $K_{max\ j} \in [1,1\text{-}1,3]$

Pour notre étude nous prenons $K_{max.j}=1,3$

La consommation maximale journalière sera:

$Qmax\ j= K_{max.j}*Q_{moy}$

V.4.2) - Consommation maximale journalière :

Elle est définie à partir du coefficient d'irrégularité minimum journalière $K_{min\ j}$, il nous indique de combien de fois la consommation minimale journalière est inférieure à la consommation moyenne journalière.

$$K_{min\ j}=\frac{Qmin\ j}{Qmoy\ j}$$

Avec : $K_{min\ j} \in [0,7\text{-}0,9]$

Nous prenons $K_{min}=0,8$.

La consommation minimale sera conclue par la relation :

$Qmin\ j= K_{min.j}*Q_{moy}$[25]

Les débits maximum et minimum journalier des différentes zones sont représentés dans le tableau suivant :

TableauV.5: Consommations maximale et minimale journalière pour chaque commune

Localités	Q_{moyj} (m^3/j)	$K_{min\ j}$	$Q_{min\ j}$ (m^3/j)	$K_{max\ j}$	Q_{maxj}(m^3/j)
El Adjiba	3491,1	0,8	2792,8	1,3	4538,4
Ahnif	1804,06	0,8	1443,2	1,3	2345,2
Athmznsour	3265,1	0,8	2612,08	1,3	4244,6
M'Chedallah	9534,6	0,8	7627,68	1,3	12395
Chorfa	5313,6	0,8	4250,8	1,3	6907,6
Mansoura	6683,84	0.8	5347	1,3	8689
EL'Mhir	6074,24	0,8	4859,3	1,3	7896,5
Haraza	1159,5	0,8	927,6	1,3	1507,35
Ben Daoud	4039,36	0,8	3231,4	1,3	5251,16
Ouled Sidi Brahim	503,2	0,8	402,5	1,3	654,16
Total	**41868,6**		**33494.28**		**54429,18**

Les besoins des différents équipements sont estimés à 20% de débit max journalier.

On prend en considération les fuites, qui sont estimésà15% de débit max journalier. Le tableau IV.6 représente les calculs pour les différents équipements et les fuites.

TableauV.6: Consommations maximales avec les débits des équipements et fuites.

Localités	Qmaxj(m^3/j)	fuites	Qmaxj+fuites(m^3/j)	équipements	QmaxJ + fuites+équipements(m^3/j)
El Adjiba	4538,4	15%	5219,1	20%	6263
Ahnif	2345,2	15%	2697,07	20%	3236,4
Athmznsour	4244,6	15%	4881,3	20%	5857,5
M'Chedallah	12395	15%	14254,23	20%	17105
Chorfa	6907,6	15%	7943,8	20%	9532,5
Mansoura	8689	15%	9992,3	20%	11990,8
EL'Mhir	7896,5	15%	9081	20%	10897,1
Haraza	1507,3	15%	1733,4	20%	2080,1
Ben Daoud	5251,1	15%	6038,8	20%	7246,6
Ouled Sidi Brahim	654,1	15%	752,2	20%	902,7
Total	**54429,18**		**62593,5**		**75112,26**

La station de traitement doit traiter un débit de 75112.26 m^3/j ou 3754.8 m^3/h ou bien 1043l/s.

V.5) - Conclusion :

En mettant en lumière les demandes en eau potable des municipalités situées dans la zone d'étude, et par conséquent en calculant le volume total requis en eau d'ici à 2052, évalué à 75112,26 mètres cubes par jour, qui seront fournis par le barrage de Tilesdit, nous pourrons déterminer les capacités optimales nécessaires pour la station de traitement et le réservoir d'eau traitée.

Cette évaluation nous permettra également de dimensionner les infrastructures de la station et du réservoir, le tout dans le but de garantir des approvisionnements en eau adéquats.

Chapitre VI : Dimensionnement des ouvrages de station

VI.1) -Introduction :

On va dimensionner l'extension qui est alimentée par les eaux emmagasinées du barrage Tilesdit, la capacité de cette station et en fonction de débit régularisé du barrage.

Le débit de la station est : 75112 m^3/j = 1043 l/s (voir le chapitre V)

VI.2) -Les caractéristiques moyenne d'eau brute :

L'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH) a fourni les données de qualité de l'eau brute de la retenue du barrage de Tilesdit , et ces données sont résumées dans le tableau :

Tableau VI.1 : Qualité de l'eau brute

Paramètres	Valeur					Décret Exécutif 11-219	Décret Exécutif 14-96
	N° analyses	Min	Moy	Mode	Max		
pH	26	7,7	8,1	8,3	9,5	6,5 - 9	6,5 - 9
Résidu Sec (mg/l)	59	217	389,8	400	633	-	-
Oxygène Dissous (%)	42	41,6	79,0	70,7	99,8	30	-
Nitrates NO_3 (mg/l)	59	0,0	1,2	0,0	6,0	50	50
Nitrites NO_2 (mg/l)	59	0,00	0,1	0,00	0,47	-	0,2
Ammonium NH_4 (mg/l)	59	0,00	0,2	0,00	1,20	4	0,5
PO_4 (mg/)	59	0,00	0,1	0,00	1,19	-	-
DBO_5 (mg/l)	30	1,00	4,3	3,00	23,00	7	-
MO (mg/)	57	0,9	10,7	4,0	64,0	-	-
DCO (mg/l)	59	3	12,4	9	45	30	-

Les autres tableaux de résultat d'analyse se trouvent en annexe 01

- D'après les données du tableau VI.1, la majorité des valeurs maximales des différents paramètres de qualité sont élevés par rapport à la moyenne et par rapportaux décrits exécutifs Comme le cas des paramètres 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 nº 14-96 sont :

- Ammonium ($NH4^{+}$ = 1,20 mg/L).
- Nitrites ($NO2^{-}$ = 0,47 mg/L).
- Les données de phytoplancton fournies par le laboratoire central d'analyse des eaux transmettent la présence d'algues et des cyanobactéries dans la retenue du Barrage de Tilesdit.

Ces valeurs montrent que la qualité des eaux de barrage est un peu médiocre du fait qu'elle contienne de la matière organique qui favorise la croissance bactérienne.

Donc l'eau brute doit être traitée pour éliminer la pollution et les substances nocives y existantes et ce dans le but de la rendre conforme aux normes de potabilités selon les décrits exécutifs.

VI.3) -Objectif de la station et choix de filières de traitements :

En tout état de cause l'eau sortante de la station de traitement doit être conforme physiquement, chimiquement et bactériologiquement à la dernière édition des normes de l'O.M. S pour l'eau potable destinée à la consommation domestique.

Les opérations de traitement effectuées dans les ouvrages seront capables d'assurer l'élimination des :

- Corps solides décantable, sous nageant ou flottants ;
- Algues, écumes grasses et autres matières surnageâtes légères ;
- Matière organique surchargeant les eaux brutes ;
- Gaz qui prêtent à l'eau un goût désagréable.

L'effluent doit avoir les caractéristiques principales suivantes :

-PH : 6,5÷8 ;
-Couleur : < 15 ;
-Turbidité : < 1 NTU ;
-absence du coliforme.

VI.4) -Description de la chaine de traitement proposé :

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 (4mélangeurs), la filtration à sable (12 filtres à sable), l'oxydation intermédiaire,
- L'adsorption avec filtres charbon actif granulaire (CAG) et (qui est indispensable à cause des odeurs et des mauvais goûts presque toute l'année et d'utilisation du chlore comme oxydant),
- La désinfection finale

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.

La filière de traitement est schématisée dans la figure

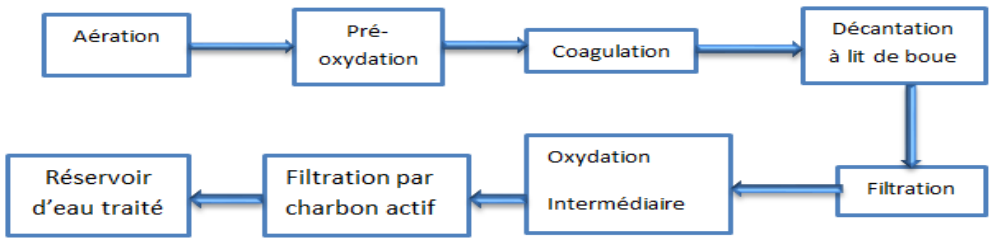


Figure VI.1 : Schéma des filières eau étudié

VI.5) -Dimensionnement des ouvrages :

VI.5.1) -Chambre de réglage et de 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, fonctionnant selon les valeurs d'énergie à l'amont et à l'aval.

Le choix de la vitesse d'amenée de l'eau repose sur une vitesse élevée qui augmente la perte de charge dans la conduite et une vitesse faible qui favorise la sédimentation,

Cette vitesse ne doit pas dépasser **1.5 m/s**, bien qu'il soit préférable qu'elle soit comprise

entre **0.7 et 1.5 m/s**. [21]

On suppose une vitesse d'écoulement de 1.1m/s et on calcule le diamètre de la conduite moyennant l'équation de continuité :

$Q = V.S = V*\frac{\pi.D\hat{}2}{4}$, Ainsi $D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}}$

Avec :

Q : Débit véhiculé par l'adduction (m^3/s)

S : Section de la canalisation (m^2)

V : Vitesse de l'écoulement (m/s)

D : diamètre de la conduite (m)

Ceci revient : $D = \sqrt{\frac{4*1.043}{\pi*1.1}}$ = 1208 mm

On prend **D= 1200 mm** et **V= 1.1 m/s**

VI.5.2) -cascade d'aération :

- Objectif : oxydation des matières organique, dégazage partiel d'ammonium et de dioxyde de carbone libre, oxydation partielle de fer et de manganèse.
- Mode de réalisation : par turbulence d'eau renforcée et exposition à l'air ambiante
- Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s

VI.5.2.1) –Acide sulfurique avant l'aération :

⇨ L'injection de l'acide sulfurique avant la cascade d'aération

- Objectif : réduction de pH et le dégagement des grandes quantités de chaleur
- Dosage : 20 à 40 mg/l [26]

VI.5.2.2) -Débit de la pompe doseuse :

$$Q_{EB}.C_{H2SO4} = q_P. \qquad C_{con}q_p = Q_{EB}.C_{H2SO4} / C_{con}$$

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute ;

C_{con} : Concentration de l'acide sulfurique (457.2g/l) dans le bac de stockage [26]

q_P : Débit de la pompe doseuse

C_{H2SO4} : Dose optimale de l'acide sulfurique

q_P=(Q *20*10^{-3}) / 457.2 = 0.045 l/s qp=0.162 m^3/h

VI.5.3.3.) -Bac de stockage :

La hauteur de bac : h= 1à 2 m. On prend h=2m

Temps de séjour dans le bac de stockage qui égale 20 h

Le volume du l'acide sulfurique utilisé avant l'aération est calculé par la formule suivante :

V1= q_P*ts= qp *ts= qp*20 = 3.4 m^3

Le volume utilisé dans la filière complète est égal : **V=V1+V2**

Sachant que :

V1 : Le volume du l'acide sulfurique utilisé avant l'aération

V2 : Le volume du l'acide sulfurique utilisé aprés l'aération

VI.5.2.4) caractéristiques du bassin d'aération :

On a choisi un ouvrage aérateur simple rectangulaire sans toit ses paramètres de dimensionnement sont : [26]

L*l = 12*1.2

Hauteur de palier : 30 à 80 cm on prend 60 cm

Hauteur totale de la cascade : 2 à 5 m on prend 2 m

Nombre de marches : $\frac{hauteur\ de\ la\ cascade}{hauteur\ de\ palier} = \frac{200\ (cm)}{60(cm)}$ = 3 marches

On a 2 cascades, donc nombre de marches est : 2*3=6

Aire totale : L*l*nbr marches * nbr cascade = 12*1.2*3*2 = 87 m^2

Charge linéique : $\frac{Q\ eau\ brute\ (\frac{m3}{j})}{aire\ totale} = \frac{75112}{2*3*12*1.2}$ = 869.35 $m^3/m^2/j$

Temps de contact air - eau : $\sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2*2.1}{9.81}}$ = 0.65 s

g= accélération de la pesanteur : 9.81 m/s^2

VI.5.2.5) Acide sulfurique après l'aération:

⇨ L'injection de l'acide sulfurique avant la cascade d'aération

- Dosage : 2 à 10 mg/l [26]

VI.5.2.6) -Débit de la pompe doseuse (2+1) :

$Q_{EB}.C_{H2SO4}=q_P.$ $C_{con}q_p=Q_{EB}.C_{H2SO4}/ C_{con}$

$q_P= (Q *10*10^{-3}) / 457.2 = 0.022$ l/s qp=0.08 m^3/h

VI.5.2.7) -Bac de stockage:

La hauteur de bac : h= 1à 2 m. On prend h=2m

Temps de séjour dans le bac de chloration qui : 20 h

Le volume du l'acide sulfurique utilisé avant l'aération est calculé par la formule suivante :

$V2= q_P*ts= qp *ts= qp*20 = 1.6\ m^3$

Le volume utilisé dans la filière complète est égal : **V=V1+V2**

$V= 1.6+3.4 = 5\ m^3$

On a choisi un bac carré

La surface S : $\frac{V}{hmax} = \frac{4.84}{2} = 2.5\ m^2$

Le bac de stockage est carré : La largeur = la longueur =$\sqrt{S}$ = 1.5 m

Donc on un bac de stockage de 1.5*1.5*2

VI.5.3 -Pré-oxydation :

- Objectif : ajouter le chlore ou le permanganate de potassium pour l'oxydation de fer, Manganèse, NH4 et élimination des algues.
- Mode de réalisation : dosage de chlore [27]

Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s

Dose effective de chlore : 2 à 6 g/m^3

Le temps de contact : 10 min

Le volume du bassin V : $Q_{EB}*ts = 1043*\frac{10}{60} = 626\ m^3$

Notre bassin est divisé en 2 files :

Le volume unitaire $V_{unitaire}$: 313 m^3

VI.5.3.1) caractéristiques du bassin du contact:

On a choisi un ouvrage rectangulaire, ses paramètres de dimensionnement sont :

La hauteur du bassin h : (on la fixe h=4m)

La surface S : L*l = $\frac{Vunitaire}{h}$ = $\frac{313}{4}$ = 78.248 m^2 on prend S= 78.5 m^2

Langueur et largeur : (on fixer L=2l) on aura l= l= L/2 = $\sqrt{\frac{S}{2}}$

Largeur l : 6.5 m Longueur L: 12.5 m

Donc on a un bassin de 12.5*6. 5*4

VI.5.3.2) -Débit de la pompe doseuse (1+1) :

$Q_{EB}.C_{CHLORE}=q_P.$ $C_{con}q_p=Q_{EB}.C_{CHLORE}/ C_{con}$

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute ;

C_{con} : Concentration de chlore (48°F) sachant que 1°F = 3.17g de cl_2/l [27]

q_P : Débit de la pompe doseuse

C_{CHLORE} : Dose optimale de chlore

q_P= (3754.8 *2*10^{-3}) / 152.16 = 0.049 m^3/h on prend qp=0.05 m^3/h

VI.5.3.3.) Bac de stockage :

On a choisi 2 bacs de stockage

Temps de séjour dans le bac de chloration qui : 20 h

Le volume du chlore utilisé dans la pré-oxydation est calculé par la formule suivante:
V= q_P*ts= qp *ts= 0.05*20 = 1 m^3

Le volume utilisé dans la filière complète est égal :

V=V1+V2+V3

Sachant que :

V1 : le volume du chlore utilisé dans la pré-oxydation

V2 : le volume du chlore utilisé dans la désinfection intermédiaire

V3 : le volume du chlore utilisé dans la désinfection

N.B :

La détermination du bac de stockage du chlore se fait à la fin de notre chapitre après la détermination du volume du chlore dans les phases de désinfection intermédiaire et de

désinfection.

VI.5.4) - Coagulation (Mélange rapide) :

- Objectif :
- Déstabilisation des liaisons ioniques et intensification de la vitesse des particules et des collisions entre particules ainsi que formation de flocons initiaux
- Distribution uniforme et mélange intensif des réactifs ajoutés (sulfate d'aluminium, permanganate)
- Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s
- Temps de séjours ts : ≥ 2,0 min
- Coagulant : sulfate d'aluminium, $Al_2 (SO_4)_3$
- Dose de coagulant : 10 à 30 mg/l

TableauVI.2 : tableau de jar-test pour la coagulation floculation

Essai « jar-test »	Sulfate d'aluminium (mg/l)	Polymère (mg/l)
Dosage	15	0,015

VI.5.4.1) –Système d'agitation:

La mise en œuvre de coagulation peut se faire par différentes techniques qui sont :

1) Mélangeur mécanique.
2) Mélangeur statique
3) Chambre de mélange avec agitateur mécanique.

Le choix de la variante adéquate et basé sur les paramètres suivants :

- Un temps de mélange qui varie habituellement de 1 à 2 min
- Gradient de vitesse varie généralement de 300 à 1500 s^{-1}. [36]

a) Le mélangeur mécanique (In-Line Mechanical Mixing)

Les critères de conception suivants peuvent être pris en compte lors du choix d'un mélangeur mécanique :

- La valeur de G se situe généralement entre 3 000 et 5 000 s-1.
- Le temps de mélange, T, est d'environ 0,5 seconde.

- La perte de charge induite varie de 0,3 à 0,9 mètres. [35]
- Le tableau ci-dessous présente un exemple d'informations fournies par le fabricant pour la sélection d'un mélangeur mécanique :

Tableau VI.3: Caractéristiques de mélangeur mécanique

Modèle	Poids (Kg)	Puissance Du moteur[a] (w)	Dimensions[b]					
			A	B	C	D	E	F
AZ-1	65	350	85	12	11	30	64	23
AZ-2	85	550	90	15	17	35	68	30
AZ-3	140	750	95	17	22	40	68	30
AZ-4	230	750 1,000	110	20	27	50	71	30
AZ-5	300	1 ,100 1, 500	125	23	32	55	76	30
AZ-6	325	1,500	130	25	36	60	76	30
AZ-7	400	1,500 2,250	135	27	41	65	76	30
AZ-8	425	2,250	140	30	46	70	76	30
AZ-9	500	2,250	145	33	51	80	76	30
AZ-10	600	3,700	150	33	51	70	88	44
AZ-11	750	7,500	160	38	61	90	88	53
AZ-12	1,200	15,000	190	48	71	120	95	58
AZ-13	1,600	22,000	210	56	91	125	95	68

- En cas de deux valeurs fournies, un moteur alternatif est adapté pour ce modèle.
- Ils sont visibles dans la figure IV.4, avec les dimensions exprimées en centimètres.

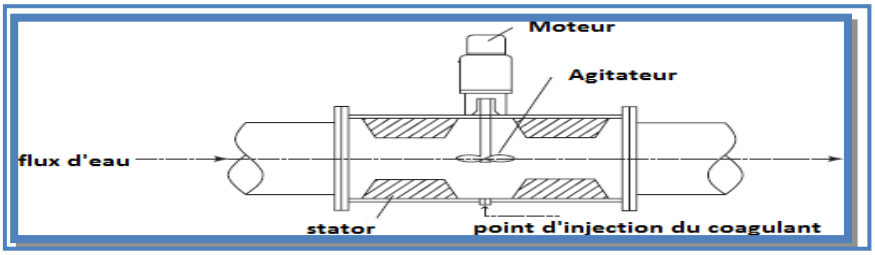


Figure VI.2 : Mélangeur mécanique

A.N :

On va choisi le modèle AZ-2, avec un diamètre de 17 cm pour la chambre de réaction (dimension c tableau VI.3), et une longueur de 35 cm (dimension D tableau VI.3) :

Le volume sera donc : $V=\frac{\pi*17\hat{}2}{4}$ *35 = 7944.3 cm^3

Le temps de séjour est : ts = $\frac{V}{Q}$

Sachant que :

V : le volume d'eau dans la chambre de réaction, en m^3

Q : débit en m^3/s

Notre bassin est divisé en 4 files, chaque chambre de coagulation a un agitateur,

Donc on aura un débit unitaire : $Q_{unitaire}$: 0.261 m^3/s

ts = $\frac{7944.3*10\hat{}-6}{0.261}$ = 0.03 s < 1 min

Cette valeur n'est pas acceptable.

On ne peut pas utiliser les autres modèles à cause de leurs poids lourds et leurs dimensions qui sont très grands par rapport au diamètre de la conduite (200mm).

b) Le mélangeur statique:

L'injection du coagulant est réalisée directement dans la conduite à l'aide d'une pompe doseuse. L'efficacité de l'injection des réactifs est assurée en plaçant un mélangeur statique à l'entrée des lignes.

Une technique en développement consiste à incorporer des éléments dans les conduites, qui agissent comme des obstacles hydrauliques et contribuent au mélange. Dans le cas du mélangeur Kenics (voir Fig. IV.4), chaque élément est constitué d'une lame hélicoïdale tordue à 180°, fabriquée en métal ou en plastique. Ces éléments sont disposés en série avec des torsions alternées à gauche et à droite. Ce mouvement continu de l'écoulement favorise le mélange : le liquide qui se trouve à la périphérie de la conduite est amené vers le centre avant

de revenir vers la périphérie, et ainsi de suite. [33]

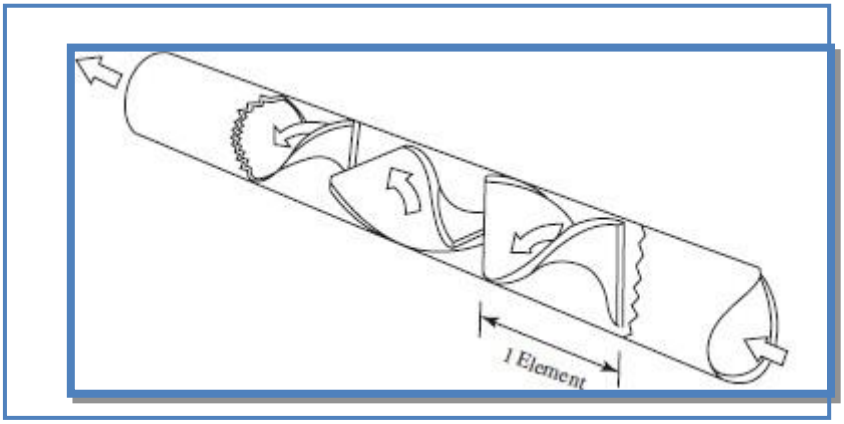


Figure. IV.4 : Le mélangeur statique Kenis.

La perte de charge occasionnée par un tel mélangeur vaut approximativement :

$h_{conduite+mélangeur} = h_{conduite} + 3.24.10^{-3} (1.5+0.21\sqrt{Re})$

$Re = \frac{\rho v\, dh}{u}$ avec (Re : nombre de Reynolds)

$dh = \frac{4*surface}{périmètre} = D$ (pour les conduites cylindrique)

Q : débit en m^3/s

D : diamètre de la conduite en m

L : longueur de la conduite en m

μ: viscosité en $kg.m^{-1}.s^{-1}$.

v:vitesse moyenne en m/s.

ρ: masse volumique en kg/m^3.[33]

$h_{conduit}$: les formules de pertes de charge qui s'appliquent au flux laminaire dans les canalisations rectilignes sont les suivantes:

Canalisation très lisse :

$h= 0.54.10^{-3}.L.v^{1.75}/D^{1.25}$

Canalisations lisses: $h=0.78.10^{-3}.L.v^{1.95}/D$

Canalisations rugueuses: $h=1,15.10^{-3}.L.v^{1,95}/D^{1,25}$.

Canalisations très rugueuses :$h=1,68.10^{-3}.L.v^{2}/D^{1,25}$.[33]

Pour un diamètre de conduite donnée, le mélange sera d'autant meilleur que les éléments du mélangeur sont longs. Cependant cet avantage est contrebalancé par une perte de charge

accrue.

A.N :

$Q_{unitaire}$=0.261 m^3/s

D=0.200 m

Température varie entre 5°c et 25°c

On prend la viscosité max c.à.d. à5°cμ_5=1.519x10^{-3}pa.s

Pour 4 éléments de longueur équivalente à(1,5×D) chacun, ceci revient à:

L=4×1,5×0,200=1,2m.

Pour une conduite lisse : $h_{conduite}$= 0.78.10^3.1.2.$v^{1.95}$/$(0.2)^{1.25}$

Car pour une section (πR^2) = 3.14 * (0.1^2) = 0.0314 m^2

La vitesse v= Q/S= 0.261/0.0314 = 8.31 m/s

D'où:

$h_{conduit}$=0,78.10^{-3}.0,9.$(8.31)^{1,95}$/$(0,2)^{1,25}$=0.32m.

Re = $\frac{\nu\rho\ dh}{\mu}$ = $\frac{10^3*8.31*0.2}{1.59*10\text{^}-3}$ = 1.04*10^6> 5000, le mélange apparait très turbulent. [34]

H_{tot}= 0.007 + 3.24*10^{-3} (1.5+0.21$\sqrt{1.04 * 10\text{^}5}$) = 0.7 m.

Volume = 0.0314*0.7 = 21.98 m^3

Le temps de séjour: $\frac{21.95}{260.75}$ = 0.08 s < 1min

Cette valeur n'est pas acceptable.

c) Chambre de mélange avec un agitateur mécanique :

Dans ce cas on opte pour un bassin de coagulation qui est très utilisé dans les stations de traitement.

Pour le dimensionnement on prend :

- Temps de mélange ts=1.7 min
- Gradient de vitesse souhaite G= 300 et 1000 s^{-1}
- Le système d'agitation est radial (disque propulseur)
- Débit de l'eau brute Q= 261 l/s
- Température entre 5°c et 25°c.

VI.5.4.2) -Caractéristiques du bassin de coagulation:

Le volume du bassin V : Q_{EB}*ts

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute

$Q_{EB=}$1043 l/s = 3754.8 m^3/h

Notre bassin est divisé en 4 files :

Le volume unitaire $V_{unitaire}$: $Q_{unitaire}$*ts = 261*(1.7*60) = 27 m^3

La profondeur du bassin : (on la fixe h=3m)

La surface S : l*l = $\frac{Vunitaire}{h}$ = $\frac{27}{3}$ = 9 m^2 Largeur= Longueur = $\sqrt{S}$ =$\sqrt{9}$ = 3 m

Donc on a un bassin de 3*3*3

VI.5.4.3) -Débit de la pompe doseuse (4+1):

$Q_{EB}.C_{coag}= q_p.Cs$ $q_p=\frac{QEB.Ccoag}{Cs}$

Avec :

C_S: Concentration de coagulant (10 g/l);

q_p : Débit de la pompe doseuse ;

C_{coag}: Dose optimal de coagulant.

C_{coag}: Dose optimal de coagulant.

$q_p=\frac{1147.3*20*10\^{}-3}{10}$ = 2.2 l/s qp= 5.6m^3/h

VI.5.4.4) -Bac de stockage du coagulant:

Le volume du bac de stockage :

$V_b=q_p*t_s$= 8.3 *20 = 165 m^3

On a fixé 4 bacs du coagulant

Le volume unitaire $V_{unitaire}$: 41 m^3 ; La hauteur du bac : (on a fixé h=3)

La hauteur du bac : (on a fixé h=3)

La surface S : $\frac{V}{h}$ = $\frac{41.3}{3}$ = 13.76 m^2 on prend S= 14 m^2

Le bac de stockage est carré : La largeur = la longueur =$\sqrt{S}$ = 3.75 m . Donc on a un bac de stockage de 3.75*3.75*3

VI.5.5) Décantation lit des boues et floculation :

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.[28]

VI.5.5.1) -l'injection de polymère :

- Floculant : polymère liquide, poly chlorure Objectif : élimination des solides suspendus
- Mode de réalisation : mise à disposition d'une grande surface de sédimentation et création de conditions de flux très doux vers le haut (décanteur pulsateur à lit de boues lamellaires)
- Dose de floculant : 0.01 à 0.05 mg/l
- Point d'injection : sortie de mélangeur rapide
- Temps de séjours ts : ≥ 25 min

VI.5.5.2.) -Débit de la pompe doseuse (4+1):

qp = $\frac{QT*Cfloc}{Cs} = \frac{1147.3*0.05*10\text{^}-3}{1}$= 0.057 l/s qp = 0.2 m^3/h

VI.5.5.3.) -Le bac de stockage de floculant :

Volume du bac de stockage : Vb = qp*ts = 0.2*$\frac{25}{60}$ = 0.09 m^3

VI.5.5.4.) -Décanteur à lit de boue :

[29]

Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s = 4131.1m^3/h

Charge spécifique hydraulique : ≤ 4,25 m3/m2/h

Vitesse de Hazen projetée :≤ 0,53 m/h

Temps de contact tc : ≤ 01 h

Notre bassin est divisé en 4 files

Débit unitaire $Q_{unitaire}$: 1032 m^3/h

VI.5.5.5) -caractéristique du bassin de décantation :

On a choisi un ouvrage rectangulaire ses paramètres de dimensionnement sont :

La surface unitaire SU : $\frac{Qunitaire}{Vitesse} = \frac{1032}{4.25} = 243\ m^2$

Longueur et largeur : (on fixe L=2l) on aura l= L/2 = $\sqrt{\frac{S}{2}}$

Longueur L= 22 m Largeur l=11 m

La hauteur du bassin h : (on la fixer h= 6 m)

Le volume unitaire de chaque bassin V : Surface unitaire *hauteur du bassin

$V_{unitaire}= 243*6 = 1458\ m^3$

Le temps de séjour ts : $\frac{Vunitaire}{Q\ unitaire} = \frac{1458}{1032} = 1.41\ h$

Note de calcul pour un décanteur lamellaire :

Soit Q le débit d'alimentation de l'unité de décantation. C'est le débit à traiter. La surface de décantation S correspond à la somme de la surface des lamelles du décanteur. Enfin, la surface totale projetée (STP) est la projection au sol de la surface de décantation. Les équations caractéristiques du décanteur lamellaire sont les suivantes :

$$STP=\frac{Q}{UH} \qquad STP=N_T*l_p*L_p*\cos\propto$$

Avec :

N_T : nombre totale de lamelles sur l'étape de décantation lamellaire

L_p : longueur de lamelle

l_p :largeur de lamelle

$\propto$: inclinaison des plaques ($\propto=60°$)

A.N : $STP=\frac{1032}{0.53} = 1949\ m^2$

Choix de type de faisceau lamellaire :

Des lamelles de type tubent de section hexagonale

L'efficacité hydraulique des modules hexagonaux est supérieure à celle des autres faisceaux tubulaires et des plaques parallèles. Ces modules minimisent considérablement les risques de colmatage tout en offrant une surface développée importante. Dégréement utilise de tels modules avec des diamètres hydrauliques de 80 et 50 mm suivant les applications.[29]

Hauteur de lamelle h : 1 m

Longueur de lamelle L : 1.5 m

Diamètre hydraulique D : 80 mm (Voir annexe 02)

Surface de décantation équivalente par volume : 10.8 m^2/m^3 (Voir annexe 02)

Volume de lamelle par décanteur : $\frac{STP}{S\ décanteur} = \frac{1949}{10.8} = 180 m^3$

VI.5.6) -Filtration gravitaire à sable :

- Objectif : éloignement des particules grosses résiduelles
- Type de filtration : filtration à profondeur à medium, par gravité
- Nombre et arrangement des filtres : 12 filtres à arrangement parallèle
- Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s = 3754,8 m^3/h
- Vitesse de filtration : Moyenne : ≤ 6.5 m/h
  Maximal : ≤ 7,0 m/h[30]

VI.5.6.1) -Critère de choix de matériau filtrant :

L'épaisseur de lit filtrant : 0.6 à 10 m

Granulométrie des matériaux filtrants, on a choisi sable a coefficient d'uniformité : ≤ 1.5

Charge d'eau au-dessus du lit filtrant : la couche d'eau au-dessus du sable : 0.5 m

Choix de matériau filtrant : le sable

Après l'analyse granulométrie de sable, on détermine :

Qualité du sable filtrant :

- Granulométrie 0.8-1.25 mm
- Uniformité < 1.5
- Tolérance granulométrie < 0.8 mm max 5%
- Densité ~1500 kg/m^3
- Sans résidus organique ou pollution de SiO_2 90-95%

La taille effective :

La taille effective exprimé en mm et notée D10, correspond à l'ouverture de maille laissant passer 10% en poids l'échantillon soumis à l'analyse.

D10 =0.83 mm, la diversité 60 %, exprimé en mm est donnée par l'ouverture de maille laissant passer 60 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse D60 = 1.01 mm.

Le coefficient d'uniformité :

C'est un nombre sans dimensions, est égal au quotient de la diversité 60 % par la taille effective. Ce coefficient donne une indication sur l'homogénéité granulométrique de la masse

filtrante. Le coefficient d'uniformité CU=D60/D10=1.21

(Source : laboratoire de la station de traitement de Tilesdit)

VI.5.6.1) -caractéristique de bassin de filtration:

Débit unitaire $Q_{unitaire}$: 312.9 m^3/h on prend $Q_{unitaire}$= 313 m^3/h

On fixer la vitesse de filtration à : 6.5 m/h

On a choisi un ouvrage rectangulaire ses paramètres de dimensionnement sont :

La surface de filtration S : $L * l = \frac{Qunitaire}{vitesse} = \frac{313}{6.5}$ = 48.13 m^2 on prend S= 50 m^2

Langueur et largeur : (on fixer L=2l) on aura l= L/2 = $\sqrt{\frac{S}{2}}$

Langueur L=10m Largeur l=5 m

La hauteur de filtre H : hc+hsb+hf [30]

hc : hauteur d'eau sur le lit filtrant de 0.5 m.

hsb : épaisseur de la couche du sable de 0.6 à 1 m , on prend 1 m.

hf : hauteur de la dalle au fond de 30 cm

On prend comme une hauteur de supplémentaire de sécurité de 70 cm ; notre bassin a une hauteur 2.5 m.

Volume du filtre V : S*H = 120.3m^3

Donc on a un bassin de 10*5*2.5

La dalle utilisée aux filtres est de type béton préfabriquées et monolithique, qui contient des trous et des fentes des buselures (B) de l'ordre 60 buselures par m^2

Conclusion :

Les Caractéristiques du bassin de filtration sont les suivants :

- Nombre de filtre : 12
- La longueur : L = 10 m ;
- La largeur : l = 5 m ;
- La hauteur : H = 2,5 m ;
- La surface de filtration : S = 50 m^2 / filtre ;
- La hauteur des matériaux filtrant : h = 1 m ;

- Nombres de buselures : 2888 buses/filtre ;
- Caractéristique du sable : 0,8 – 1,25 mm

VI.5.6.2) -Lavage des filtres:

Temps de lavage total (décolmatage + rinçage) : 15 min

Temps de lavage avec l'air : 2 min

Taux d'air comprimé : 55 $m^3/m^2/h$

Temps de lavage avec l'eau + l'air : 2 min

Vitesse d'eau de lavage : 12.5 m/h [7]

Volume d'eau

Temps de lavage avec l'eau de rinçage : 11 min

Vitesse d'eau de lavage : 25 m/h

Volume de lavage avec l'eau + l'air pour 1 filtre V1 :

$V1 = S_{unitaire} * \text{Vitesse d'eau de lavage} * \frac{t \text{ de lavage avec l'eau + l'air}}{60} = 44.7*12.5*\frac{2}{60} = 20\ m^3$

Volume de lavage avec l'eau V2 :

$V2 = S_{unitaire} * \text{Vitesse d'eau de lavage} * \frac{\text{temps de lavage}}{60} = 44.7*25*\frac{11}{60} = 220.6\ m^3$

Débit de l'eau de lavage des filtres Q : $S_{unitaire}$*Vitesse de l'eau de lavage

Q= 558.75 m^3/h

Débit d'air de lavage des filtres : $S_{unitaire}$*Vitesse de l'air de lavage

Q= 1229.25 m^3/h

Volume d'eau nécessaire pour le lavage d'un filtre **V : V1+V2**

V=240.6 m^3

VI.5.6.2) -Canal de répartition des eaux dans les filtres :

La longueur du canal est : 4.5*4+0.3*13= 21.9 m L= 21.9 m

La largeur du canal : on prend une largeur au diamètre de la conduite d'amené de l'eau l=0.5m

La hauteur du canal : P+H+0.2

P : hauteur de pelle (P=0.4 m)

H : la charge au-dessus de réservoir (on prend H= 0.1 m)

0.2 : une marge de sécurité

H_{canal}=0.7 m

VI.5.6.2) -Déversoir :

Calcul de la largeur de déversoir

Le débit total est réparti sur les nombres de filtres $Q_{reparties}$:

$Q_{reparties}$=1.043/12 = 0.086 m^3/s/filtre

Le débit à travers le réservoir est donné par : $Q= \sigma . m_0.b.\sqrt{2g} .H^{\wedge 3/2}$

σ : Pour un déversoir dénoyé (σ =1)

m_0 : coefficient de débit

b : la largeur de déversoir

H : la charge au-dessus de réservoir [30]

A.N :

Formule du Bazin :

$m_0= [0.405+\frac{0.0027}{H}]*[1+0.55(\frac{H}{H+P})^{\wedge 2}]$ on aura : m_0=0.442

$b= \frac{Q}{m0.H^2/3.\sqrt{2g}} = \frac{0.086}{0.063}$ = 1.37 m

VI.5.7) - Oxydation intermédiaire d'eau filtrée :

- Objectif : Oxydation intermédiaire permettra le lavage de deux filtres
- Mode de réalisation : dosage de chlore et permanganate du potassium
- Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s = 3754,8 m^3/h
- Temps de contact tc : ≥ 15,0 min (on prend tc=30 min)
- Dosage du chlore : 1 à 3 mg/l
- Dosage de permanganate du potassium : 0.5 à 1.5 mg/l
- L'injection d'eau chlorée et du permanganate de potassium se fera avant la bâche d'eau filtrée [27]

VI.5.7.1) -Débit de la pompe doseuse (1+1) :

1)- Dosage du chlore :

$Q_{EB}.C_{CHLORE}=q_P.$ $C_{con}q_p=Q_{EB}.C_{CHLORE}/ C_{con}$

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute ;

C_{con} : Concentration de chlore (48°F), 1°F = 3.17g de cl_2/l

q_P : Débit de la pompe doseuse

C_{CHLORE} : Dose optimale de chlore

q_P=(Q *2)*0.001 / 152.16 = 49.35 m^3/h on prend qp=49 l/h

2)-Dosage de permanganate du potassium :

$Q_{EB}.C_{KMnO4}=q_P.$ $C_{con}q_p=Q_{EB}.C_{KMnO4}/ C_{con}$

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute ;

C_{con} : Concentration de $KMnO_4$ (C_{cons}=5 à 10 g/l)

q_P : Débit de la pompe doseuse

C_{CHLORE} : Dose optimale de permanganate du potassium (on prend 1 g/m^3)

qp = (3754.8*1*10^$^{-3}$) / 5 = 0.75 m^3/h

VI.5.7.2.) -Bac de stockage:

La hauteur de bac : h= 1à 2 m. On prend h=2m

Temps de séjour dans le bac de chloration qui : 30 min

1)- Bac du chlore :

Le volume du chlore utilisé dans la désinfection intermédiaire est calculé par la formule suivante :

V2= qp*ts = qp *(30/60) = 0.4 m^3

2)-Bac de permanganate du potassium :

Le volume du KMnO4 utilisé dans la désinfection intermédiaire est calculé par la formule suivante :

V_{KMnO4}= q_P*ts= qp*20 = 15m^3

VI.5.7.3) -caractéristique du bassin d'oxydation intermédiaire :

Volume pour l'oxydation intermédiaire V : $Q_{EB}*\frac{tc}{60}$ = 3754.8*$\frac{30}{60}$ =1877.4 m^3

Volume pour lavage deux filtres $V_{lavage\ 2\ filtres}$:

Volume d'eau nécessaire pour le lavage d'un filtre*2 =$V_{lavage\ 2\ filtre}$= 240.6*2 =481.2 m^3

Le volume nécessaire total : Volume pour l'oxydation intermédiaire **V + $V_{lavage\ 2\ filtres}$**

V_{TOT}= 1877.4 + 481.2 V_{TOT}=2358.6 m^3

La bâche aura seulement 2 files de production.

On a choisi un ouvrage rectangulaire ses paramètres de dimensionnement sont :

La hauteur du bassin h : (on fixe h=4 m)

La surface S : L*l = $\frac{V\ tot}{h}$ = $\frac{589.65}{4}$ =589.65 on prend S= 590 et $S_{unitaire}$= 295 m^2

Langueur et largeur : (on fixer L=2l) on aura l= l= L/2 = $\sqrt{\frac{S}{2}}$

Largeur l : 12m Longueur L: 24.5m

Donc on a un bassin de 24.5*12 *4

VI.5.8) -Filtration par charbon actif granulaire (CAG) : **[30]**

- Objectif : élimination de la matière organique résiduelle, amélioration des caractéristiques organoleptiques (gout, odeur et couleur)
- Mode de réalisation : filtration à profondeur à medium, par gravité
- Nombre et arrangement des filtres : 12 filtres à arrangement parallèle
- Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s = 754,8 m^3/h
- Temps de contact : ≥ 17,0 min
- Vitesse de filtration : Moyenne : ≤ 6.5 m/h
  Maximal : ≤ 7,0 m/h

VI.5.8.1) caractéristiques du bassin de filtration:

Débit unitaire $Q_{unitaire}$: 312.9 m^3/h on prend $Q_{unitaire}$= 313 m^3/h

On fixe la vitesse de filtration à : 7 m/h

Un ouvrage rectangulaire est choisi, ses paramètres de dimensionnement sont :

La surface de filtration S : $L * l = \frac{Qunitaire}{vitesse}$ =$\frac{313}{6.5}$ = 44.7 m^2 on prend S= 50 m^2

Longueur et largeur : (on fixer L=2l) on aura l= L/2 = $\sqrt{\frac{S}{2}}$

Langueur L=10m Largeur l=5 m

Volume La hauteur du bassin h : (on a fixé h= 2.5, pour assurer tc≥ 17,0 min)

Donc on a un bassin de 10*5*2.5

Volume de charbon actif par filtre V : L*l*h = 111.75 m^3

Volume total de charbon actif V_{TOT} : Volume de charbon actif par filtre * nombre de filtre

V_{TOT}= 89.4 * 12 =1341 m^3

Temps de contact tc : $\frac{\text{Volume de charbon actif par filtre}}{Q\ unitaire} = \frac{313}{89.4} = 0.28$ h

tc = 21.42 min

VI.5.9) -Désinfection de l'eau traité :

- Objectif : désinfection finale de l'eau traité
- Mode de réalisation : dosage de cl_2 dilué
- Débit de l'eau brute : 75112 m^3/j = 1043 l/s = 754,8 m^3/h
- Dose de chlore effective : 1 à 3 mg/l [27]

VI.5.9.1) -Débit de la pompe doseuse (1+1):

$$Q_{EB}.C_{CHLORE}=q_P. \qquad C_{con}q_p=Q_{EB}.C_{CHLORE}/\ C_{con}$$

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute ;

C_{con} : Concentration de chlore (48°F) soit 1°F = 3.17g de cl_2/l

q_P : Débit de la pompe doseuse

C_{CHLORE} : Dose optimale de chlore (2 mg/l)

q_P= (Q *2) / 152.16 = 0.049 m^3/h on prend qp=0.05 m^3/h

VI.5.9.2) -Bac de stockage du chlore:

Temps de séjour dans le bac de chloration qui : 20 h

Le volume du chlore utilisé dans la pré-oxydation est calculé par la formule suivante :

V3= q_P*ts= qp *ts= qp*20 = 1 m^3

VI.5.9.3) -le calcul du Bac de stockage total:

On va ajouter le volume du chlore dans l'étape de la désinfection à celui de la pré-oxydation et la désinfection intermédiaire.

Le volume total du bac V_{tot} : V1+V2+V3 = 2.4m^3

La hauteur du bassin h : (1 à 2 on prend h=2 m)

La surface S : L*l = $\frac{V}{h} = \frac{2.4}{1}$ = 2.4 m^2

Langueur et largeur : (on fixer L=2l) on aura l= l= L/2 = $\sqrt{\frac{S}{2}}$

Largeur l: 1.1 m Longueur L: 2.2 m

Donc on a un bassin de 1.1*2.2*1

VI.5.10) –Réservoir de l'eau traitée :

Le volume de l'eau traitée est la somme du volume régularisé, le volume d'incendie et le volume de lavage des filtres. [25]

$$V_T=V_{traiter}+ V_{inc}+V_{lavage}$$

Avec :

V_{inc} : volume d'incendie (120 m^3)

V_{lavage} : volume de lavage des filtres (240.6 m^3)

$V_{traiter}$: volume traiter = $Q_{traiter}$*ts

Tel que: ts : 3h

$Q_{traiter}$: le débit traiter = 11264,4 m^3 on prend $Q_{traiter}$= 11265 m^3

En fin :

V_T=11265+120+240 = 11625 m^3

Volume normaliser : V= 12000 m^3

On va diviser le réservoir d'eau traité en deux cuves de 6000 m^3

VI.5.10.1) –Réservoir de l'eau traité:

On suppose de la hauteur du réservoir est de l'ordre de 8 m, donc on aura un diamètre pour le réservoir égal :

D=$\sqrt{\frac{4V}{\pi.H}}$ = $\sqrt{\frac{4*6000}{3.14*8}}$ = 30.9 m on prend un diamètre de 30 m

VI.6) –Calcul de la ligne d'eau :

VI.6.1) – Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite reliant le barrage jusqu'au piquage de la station:

D'après la planche de la conduite d'amené on trouve :

-la conduite d'eau brute est de type : acier avec un diamètre de 1200 mm

-la longueur de la conduite est : 825 m

-le débit véhiculé par la conduite est : 1043 + 972 = 2015 l/s

Donc : $$\Delta H=\frac{k.Q^{\beta}.l}{D^m}$$ **[25]**

Avec :

K = 0.00179

β =2

m =5.3

Donc : $\Delta H=0.00179*2.015^2*825/1.2^{5.3}$

$$\Delta H= 2.28 \text{ m}$$

VI.6.2) – Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite reliant le piquage jusqu'à l'entrée de l'aération :

D'après la planche de la conduite d'amené on trouve :

La conduite d'eau brute est de type : Acier avec un diamètre de 1200 mm,

La longueur de la conduite est : 73m

Le débit véhiculé vers la conduite : 1043 l/s

Donc : $$\Delta H=\frac{k.Q^{\beta}.l}{D^m}$$

Avec :

K = 0.00179

β =2

m =5.3

Donc : $\Delta H=0.00179*2.015^2*825/1.2^{5.3}$

$$\Delta H= 0.54 \text{ m}$$

VI.6.3) – Calcul de la perte de charge entre les ouvrages :

La circulation de débit entre les ouvrages de coagulateur-Décanteur se fait à travers des orifices placés à l'intérieur de chaque ouvrage (donc on a un écoulement noyé)

VI.6.3.1) – Pré-oxydation-Coagulation :

La formule du débit à travers un orifice rectangulaire avec un écoulement noyé est :

$Q = \mu.S \sqrt{2.g.Z}$[31]

Avec : Z : la différence entre la ligne d'eau amont et aval,

S : la surface h*b (en m^2),

μ : coefficient de débit (μ=0.62)

A.N :

b=3.4 m, on prendra h= 0.2 m

Donc $Z= Q^2/\mu^2*S^2*2g = 1.043^2 / 0.62^2 * (3.4*0.2)^2*2*9.81 = 0.31$ m

VI.6.3.2) – Coagulation- Décantation :

La formule du débit à travers un orifice rectangulaire avec un écoulement noyé est :

$Q = \mu.S \sqrt{2.g.Z}$

A.N :

b=11 m, on prendra h= 0.2 m

Donc $Z= Q^2/\mu^2*S^2*2g = 1.043^2 / 0.62^2 * (11*0.2)^2*2*9.81 = 0.03$ m

VI.6.4) – Calcul de la perte de charge au niveau du filtre :

La vitesse de l'écoulement de l'eau dans les sols est régie par la loi Darcy :

$$V= K*i$$

Où : V : Vitesse d'écoulement

i= ΔH/L : le gradient hydraulique ;

K : coefficient de perméabilité (on mesure k au moyen d'un essai de percolation ; il peut varier de 10 à 10^{-10} cm /s selon la granulométrie).

On note qu'il puisse exister pour un terrain, plusieurs valeurs de coefficient de perméabilité selon l'infiltration de l'eau dans le milieu poreux.

A titre indicatif, quelques valeurs de ce coefficient sont indiquées dans le tableau

Tableau VI.3: variation du coefficient de perméabilité par rapport au diamètre des grains. [32]

	Sable grossier15%< 0,5mm 55% de 0.5 à2 30%>2mm	Sable moyen50%< 0,5mm 25% de 0,5 à0,75mm 25% de 0,75à 2 mm	*Sable très fin95%<0,5m m 5%de0,5à2mm*
Porosité	27%	32,2%	*34%*
Kenm/s	$3*10^{-3}$	$5*10^{-4}$	$1*10^{-4}$

D'après les caractéristiques de notre sable, on prend qu'il appartient à un sable grossier.

Donc notre sable a les caractéristiques suivantes :

-Porosité :27 %

-K en m/s : $3*10^{-3}$

Le calcul de la perte de charge au niveau du filtre :

On a : $V=k*i$ et $i= \Delta H/L$

$\Delta H = V*L/k = 1.8*1/3*10^{-3}=0.6$ m.c.e

VI.6.5) – Calcul de diamètre de la conduite reliant l'ouvrage de filtration avec le réservoir d'eau traité :

-La longueur de la conduite est : 144.7 m

-le débit véhiculé vers la conduite est : 1043 l/s

-la vitesse d'écoulement doit être < 3 m/s

On va calculer le diamètre de la canalisation :

1- Si le diamètre est unique et satisfait théoriquement aux conditions imposées c'est bon.
2- Si non, on va utiliser deux diamètres différents et on calcul les longueurs de la conduite.

On prend une vitesse d'écoulement égale à 1.7 m/s

$Q= V*S$ $S= Q/V$; $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = 0.883$ mm

On prend D = 800mm

$\Delta H = K.L.\ Q^{\beta} / D^{m} = 0.98$ m.c.e

VI.6.6) – Calcul de la pression d'arrivé à la station de traitement :

Le niveau de l'eau dans le barrage de Tilesdit est variable selon plusieurs facteurs ; à cet effet le niveau de la prise d'eau flottante est variable aussi.

On va effectuer le calcul de la charge supposant le cas défavorable, lorsque l'eau brute issue par la prise inférieure c'est-à-dire à 457 m NGA généralement le cas d'été.

La cote d'arrivé à la station de traitement est : 411.8 m.

Donc :

$H= 454- (Cst + \Delta H_{barrage-station})$

$H= 454 – (411.8 +2.28) = 39.92$ m.c.e

Donc l'eau arrive à la station avec pression de 39.92 m.c.e.

VI.7) –Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons dimensionné tous les ouvrages de notre station de traitement en se basant sur les critères de dimensionnement de chaque ouvrage.

Notre station de traitement se compose d'une cascade d'aération en béton composé de 3 marches, suit un ouvrage en béton pour la pré-oxydation (ouvrage fermé), le débit sera reparti à 4 lignes se compose d'un agitateur rapide, Après la coagulation l'eau suivra vers la décantation à lit des boues. Dans ce type de décanteurs la floculation et la décantation sont intégrées dans le même ouvrage, de 12 filtres à fonctionnement gravitaire et de bâche d'eau filtré et oxydation intermédiaire et après la bâche d'eau filtrée et d'oxydation intermédiaire l'eau sera conduite vers l'adsorption, enfin les eaux issues des 12 filtres sont stockées dans deux réservoirs circulaires, de volume 5812 m^3 chacun.

Chapitre VII : Protection et sécurité de travail

VII.1) -Introduction :

Dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable et de l'hydraulique en général, il est crucial de prendre en considération la sécurité au travail, en particulier lors de la réalisation de diverses tâches telles que l'excavation, le terrassement, le creusement, etc.

Par conséquent, l'objectif de ce chapitre est de minimiser au maximum les accidents du travail en présentant différentes recommandations visant à garantir la réalisation de notre projet dans des conditions optimales en ce qui concerne la sécurité du personnel et du matériel.

VII.2) -Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique :

Généralement les accidents de travail imputables à des conditions dangereuses et actions dangereuses sont causés par deux facteurs :

VII.2.1) -Facteurs humains :

- Déficit de maîtrise et négligence ;
- Fatigue des travailleurs, des agents de maîtrise et des responsables ;
- Congestion aux différentes étapes de l'exécution des travaux ;
- Erreurs de jugement ou de raisonnement ;
- Importance durant les différentes phases de réalisation ;
- Maintien d'un rythme de travail inapproprié. [33]

VII.2.2) - Facteurs matériels :

- Équipement, engins et machines de travail ;
- Caractéristiques des matériaux utilisés ;
- Complexités rencontrées lors de l'exécution du travail ;
- Systèmes mécaniques et électriques.

A- Liste des conditions dangereuses :

- Installations dépourvues de protection ;
- Installations insuffisamment protégées ;
- Outillage, engins et machines en état défectueux ;
- Absence de mesures de protection individuelle ;
- Défauts dans la conception et la construction ;
- Utilisation de matériaux défectueux ;
- Stockage inadéquat ;
- Mauvaise disposition des espaces ;
- Éclairage inadéquat ;
- Facteurs environnementaux inappropriés ;
- Conditions climatiques défavorables.

B- Liste des actions dangereuses :

- Intervenir sans prendre les précautions nécessaires sur des machines en mouvement ;
- Intervenir sans respecter les procédures de sécurité sur des installations sous pression ou sous tension ;
- Agir sans avertir ou sans autorisation préalable ;
- Désactiver les dispositifs de sécurité ;
- Omettre l'utilisation de l'équipement de protection individuelle ;
- Utiliser incorrectement un outillage ou un engin ;
- Sous-estimer l'importance lors des opérations de stockage ;
- Adopter des positions peu sécurisées ;
- Travailler à des altitudes inappropriées ;

VII.3) -L'Objectif de l'étude de la sécurité de travail dans le laboratoire de traitement des eaux potables :

- Habiliter les travailleurs à identifier les risques ;
- Évaluer les conséquences potentielles ;
- Instaurer des actions correctives.

VII.4) - L'ensemble des risques :

- Les risques associés aux infrastructures (comme les incendies, les problèmes électriques, les dégâts d'eau, etc.) ;
- Les risques liés à la sécurité personnelle (tels que les chutes, les brûlures, les coupures, etc.) ;
- Les risques biologiques et chimiques pour les travailleurs et l'environnement ;
- Les risques chimiques liés à l'utilisation de produits chimiques ;
- Les risques spécifiques associés aux activités en laboratoire.

VII.5) -La sécurité en laboratoire :

Pendant nos travaux pratiques, nous serons amenés à manipuler divers produits chimiques, ce qui peut susciter des préoccupations quant aux risques potentiels auxquels nous serons exposés. Il est essentiel de garder à l'esprit que les laboratoires de traitement des eaux, de biochimie ou de microbiologie représentent des environnements de travail présentant plus de risques qu'une cuisine domestique, mais moins que certaines installations industrielles. Alors, comment pouvons-nous nous informer sur ces dangers ?

Les informations pertinentes peuvent être obtenues à partir de diverses sources, notamment les étiquettes apposées sur les contenants et en interagissant avec le personnel enseignant. De plus, le Service du Répertoire Toxicologique de la Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail (CSST) offre une ressource précieuse pour quiconque s'intéresse à la sécurité en milieu de travail et d'étude. [34]

VII.6) -Systèmes d'Information sur les Matières Dangereuses :

VII.6.1) -Le Service du répertoire toxicologique :

Le service du répertoire toxicologique a pour mission de fournir des informations détaillées sur les produits chimiques ou biologiques utilisés en milieu de travail. Ces informations sont essentielles pour aider les employeurs et les travailleurs à mieux comprendre les risques pour la santé et la sécurité associés aux produits qu'ils manipulent. Cela favorise la mise en place de mesures de prévention appropriées. En outre, ce service offre des informations spécifiques sur le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT).**[34]**

La banque de données du répertoire toxicologique contient une variété d'informations organisées autour de différents thèmes. Elle propose des données vulgarisées ainsi que des informations spécialisées, offrant ainsi aux utilisateurs un accès à des informations complètes ou partielles sur plus de 8 000 produits. Ces informations comprennent des détails sur les propriétés physiques des produits, leurs effets toxiques, leurs effets spécifiques tels que le potentiel cancérigène, les mesures de protection recommandées, ainsi que les réglementations applicables, entre autres.

VII.6.2) -SIMDUT (Système d'Information sur les Matières Dangereuses Utilisées au Travail) :

Le SIMDUT (Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail) est un système visant à garantir la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs en facilitant l'accès à des informations essentielles sur les substances dangereuses utilisées sur le lieu de travail. Ce système classe les matières dangereuses en six catégories principales en fonction des dangers qu'elles peuvent présenter. Un produit est considéré comme un "produit contrôlé" s'il correspond à au moins l'une de ces catégories.

VII.6.2.1) -Quelques catégories des matières dangereuses :

Le tableau suivant présente les quelques catégories, leur pictogramme respectif ainsi que leur définition.

Tableau VII.1: Quelques catégories des matières dangereuses

Pictogramme	Catégorie	Définition	Exemples
	D1 Matières toxiques ayant des effets toxiques immédiats graves	Produit pouvant causer rapidement des effets néfastes graves pour la santé, allant jusqu'à la mort.	Monoxyde de carbone Phénol
	D3 Matières infectieuses	Organismes vivants ou leurs toxines pouvant provoquer des maladies chez les humains ou les animaux.	Virus du SIDA Virus de l'hépatite B Virus de la rage
	F Matières dangereusement reactive	Produit pouvant être danger eux pour la santé ou la sécurité sous certaines conditions(pression, température,choc, réaction violente avec l'eau ou l'air).	Fluor Cyanure d'hydrogène B-Chloroprène
	E Matières corrosives	Produit pouvant corroder les surfaces métalliques ou provoquer des brûlures de la peau.	Soude caustique Acide chlorhydrique Eau de javel

Il est essentiel de pouvoir reconnaitre et interpréter quelques pictogrammes SIMDUT.

VII.6.2.2) -Informations sur les produits :

1. **Étiquette SIMDUT** : Ces étiquettes sont placées dans les zones de stockage des produits chimiques et sont destinées à informer les travailleurs des dangers associés à ces produits.
2. **Étiquette du fournisseur** : Elle se trouve sur les contenants d'origine des produits chimiques et fournit des informations telles que l'identification du produit, du fournisseur, les signaux de danger, les mesures de sécurité, et elle fait souvent référence à la fiche signalétique.
3. **Étiquette du lieu de travail** : Dans certains cas, le Service de santé produit cette étiquette pour les produits chimiques utilisés spécifiquement dans un lieu de travail donné.
4. **Fiche signalétique** : La fiche signalétique est un document essentiel inclus par le fabricant dans l'emballage d'origine de chaque produit chimique. Elle contient des informations complètes sur le produit, notamment :**[35]**
    - L'identification du produit, y compris son numéro CAS (Chemical Abstracts Service) et sa formule chimique.
    - Les informations sur les composants du produit.
    - L'identification des dangers associés à l'utilisation du produit.
    - Les mesures de premiers secours en cas d'accident ou d'intoxication.
    - Les mesures de lutte contre les incendies.
    - Les procédures à suivre en cas de déversement.
    - Les directives pour le stockage en toute sécurité.
    - Les mesures d'hygiène et de sécurité, notamment les équipements de protection individuelle nécessaires.
    - Les propriétés physico-chimiques du produit.
    - La stabilité et la réactivité du produit.
    - Les informations toxicologiques.
    - Les informations sur l'impact environnemental (éco-toxicologie).
    - Les consignes d'élimination appropriées.
    - Les informations sur le transport du produit.

VII.6.3) -SYCLAUN (système de classification uniformisé) :

Le système SYCLAUN, mis en place à l'Université de Sherbrooke, vise à assurer le stockage sécuritaire des produits chimiques en se basant sur les incompatibilités entre ces produits. Cette base de données est accessible en ligne en cliquant sur SYCLAUN. Il est essentiel de distinguer clairement le système SIMDUT du système SYCLAUN, car ils ont des fonctions distinctes mais complémentaires.

Le système SYCLAUN classe les produits chimiques en 10 catégories différentes. Il n'est pas nécessaire de mémoriser ces catégories par cœur, mais il est important de comprendre quelles classes de produits sont incompatibles entre elles en ce qui concerne le stockage. Cette connaissance est cruciale pour garantir la sécurité lors de l'entreposage de produits chimiques.

VII.7) -Quelques règles applicables dans laboratoires de traitement des eaux potables :

En bref, les règles suivantes doivent être appliquées lors de l'entreposage de produits chimiques :

- Identifier les produits (Date de réception, Local, Propriétaire) ;
- Identifier clairement les produits, en précisant la date de réception, l'emplacement et le propriétaire.
- Allouer un espace de rangement spécifique pour les produits chimiques.
- Utiliser des contenants secondaires lorsque nécessaire pour éviter les fuites ou les contaminations.
- Placer les grands contenants sur les étagères les plus basses pour des raisons de sécurité.
- Assurer la présence de rebords sur les étagères pour éviter les chutes accidentelles.
- Ne pas utiliser une hotte chimique (enceinte ventilée) comme espace de stockage.
- Éviter de placer directement des produits chimiques sur le sol.
- Inscrire la date d'ouverture sur les contenants pour suivre leur durée de vie.
- Séparer les produits en fonction de leur compatibilité en se basant sur le système SYCLAUN.
- Ne pas entreposer les produits à une hauteur supérieure à la hauteur des yeux. Les contenants de 4 litres ou plus doivent être positionnés en dessous de la hauteur des épaules pour réduire les risques ergonomiques et de renversement.

VII.7.1) - Contrôle des risques en laboratoire :

Il est en effet crucial de connaître les quatre voies principales par lesquelles une intoxication peut se produire en laboratoire :

1. **L'inhalation** : L'absorption de substances dangereuses par les voies respiratoires en respirant des vapeurs, des gaz ou des particules en suspension dans l'air.
2. **L'ingestion** : L'absorption de substances nocives par la bouche, généralement en avalant accidentellement des produits chimiques ou en manipulant des objets contaminés et en portant les mains à la bouche.
3. **L'absorption cutanée** : L'absorption de produits chimiques à travers la peau, ce qui peut se produire lorsqu'on entre en contact direct avec des substances toxiques.
4. **Le contact avec les yeux** : L'entrée de produits chimiques dans les yeux, pouvant causer des irritations ou des dommages oculaires graves.

Pour bien contrôler les risques potentiels en laboratoire, il est essentiel de ne jamais sous-estimer ces dangers. Voici quelques mesures de sécurité à prendre en compte :

- Toujours minimiser les expositions non nécessaires aux produits chimiques.
- Porter un sarrau en tout temps comme une obligation pour protéger les vêtements et la peau.
- Utiliser des gants appropriés lorsque cela est nécessaire pour éviter le contact direct

avec les produits chimiques.
- Porter des lunettes de sécurité pour protéger les yeux des éclaboussures ou des projections de produits chimiques.

Ces mesures de protection individuelle sont essentielles pour garantir la sécurité des travailleurs en laboratoire et réduire les risques d'intoxication.

VII.7.2) -Quelques précautions à suivre :

Lorsqu'on entre dans un nouveau laboratoire, il est impératif de se familiariser avec plusieurs aspects, notamment :

- La localisation et le mode de fonctionnement des hottes chimiques.
- L'emplacement des douches de sécurité, des douches oculaires, des couvertures ignifuges et des extincteurs.
- Il est strictement interdit d'apporter de la nourriture dans le laboratoire, ce qui inclut les boissons en bouteille et le café.
- La tenue vestimentaire doit être adaptée en fonction de l'équipement de protection individuelle requis. Par exemple, cela peut signifier le port de lunettes de sécurité par-dessus vos lunettes de correction habituelles ou le choix de chaussures plates et fermées à l'avant pour minimiser les risques d'accidents. **[35]**

VII.8) -Mesure préventives pour éviter les causes des accidents durant la réalisation de l'installation :

VII.8.1) - Protection collective :

A-Engin de levage :

La grue ainsi que d'autres équipements, grâce à leur précision et à leurs capacités de manutention variées, représentent des lieux de travail où la sécurité ne tolère aucune négligence. Par conséquent, le technicien responsable prendra les mesures suivantes :

1. Assigner des travailleurs qualifiés à ces tâches.
2. Assurer le remblayage rapide des pentes des excavations le long de la voie dès que la structure émerge du sol.
3. Effectuer des contrôles périodiques des équipements conformément aux instructions du fabricant.
4. Établir une zone de sécurité autour des engins de levage, en particulier en interdisant tout stationnement sous une charge suspendue.

B- Appareillages électriques :

Afin de réduire les risques associés aux appareils électriques, il est impératif de bannir toute forme de bricolage, car seuls des électriciens qualifiés sont habilités à installer des lignes électriques ou des systèmes électriques.

VII.8. 2)- Protection individuelle :

Les équipements de protection individuelle, tels que les casques, les gants, les chaussures de sécurité, les lunettes de protection, etc., jouent un rôle essentiel dans la sécurité au travail et sont indispensables pour protéger les travailleurs contre les dangers associés à de nombreuses professions.

VII.9) -Conclusion :

Le principal objectif de la sécurité au travail est de réduire à la fois la fréquence et la gravité des accidents dans les environnements de travail. Ces accidents, accompagnés souvent de dommages matériels, sont d'autant plus regrettables qu'ils sont généralement attribuables à la négligence et au non-respect des règles de sécurité les plus élémentaires.

Pour minimiser les risques d'accidents, il est essentiel que les installations soient conçues et réalisées de manière à garantir que les moyens d'accès aux ouvrages respectent les normes de sécurité.

Après avoir abordé les aspects techniques de la station, nous examinerons également les aspects économiques.

Chapitre VIII : Aspect économique

VIII.1) -Introduction :

L'étude de devis estimatif nous permet d'avoir une idée sur le cout de réalisation de notre station de traitement d'eau potable, ce calcul consiste à déterminer les quantités de toutes les opérations totales effectuées.

VIII.2) -Les opérations pour la réalisation de fonctionnement notre station de traitement : (1043l/s)

1-Partie génie civil :

- Mise en place du site de construction ;
- Travaux de terrassement pour le site et son aménagement ;
- Mise en place du réseau de tuyauterie du site ;
- Assemblage des bassins de Coagulation-Floculation-Décantation ;
- Construction de l'ouvrage de filtration avec le bâtiment de commande des filtres ;
- Création d'un réservoir pour l'eau traitée ;
- Construction des bâtiments pour le stockage des réactifs.

2-Partie équipement :

- Équipements pour le processus de traitement avec une capacité de 1043 litres par seconde ;
- Installation des équipements ;
- Démarrage et exploitation sur une période de 3 mois ;
- Formation du personnel.

VIII.3) -Bordeaux des prix :

BORDEAUX DES PRIX UNITAIRES

VIII.3.1) -Tableau des prix unitaires

Item	***Désignation***	***unit***	***Prix unitaire(DA)***
	Partie genie civil		
1	Installation de chantier. Huit million dinars et zéro cts	FFT	80.000.000,00
2	Terrassement généraux du site et aménagement. Neuf million dinars et zéro cts	ENS	9.000.000,00
3	Tuyauterie du site. Cinquante million cinq cent mille dinars et zéro cts	ENS	50.500.000,00
4	Installation des bassins de Coagulation-Décantation. trente-million cinq cent mille dinars et zéro cts	ENS	30.500.000,00
5	Ouvrage de filtration avec bâtiment de commande des filtres. cinquante-million dinars et zéro cts	ENS	50.000.000,00
6	Réservoir d'eau traitée. Cinquante million dinars et zéro cts	FFT	50.000.000,00
7	Bâtiments des réactifs. Vingt million dinars et zéro Cts	FFT	20.000.000,00
	Partie équipements		
8	Equipement de la filière de traitement capacité1043l/s. Huit cent vingt million dinars et zéro cts	U	820.000.000,00
9	Montage des équipements. Vingt million cinq cent mille dinars et zéro cts	FFT	20.500.000,00
10	Mise en service et exploitation 3 mois .Dix million dinars et zéro cts	FFT	10.000.000,00

N.B : les prix unitaires sont fournis par la DRE de Bouira

VIII.3.2) -Devis quantitatif et estimatif :

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Item	Désignation	unit	Quantité	Prix unitaire(DA)	Montant (DA)
	Partie genie civil				
1	Installation de chantier.	FFT	1	80.000.000,00	80.000.000,00
2	Terrassement généraux du site et aménagement.	ENS	1	9.000.000,00	9.000.000,00
3	Tuyauterie du site.	ENS	1	50.500.000,00	50.500.000,00
4	Installation des bassins de Coagulation-Floculation-Décantation.	ENS	1	30.000.000,00	30.000.000,00
5	Ouvrage de filtration avec bâtiment de Commande des filtres.	ENS	1	50.000.000,00	50.000.000,00
6	Réservoir d'eau traitée.	FFT	1	50.000.000,00	50.000.000,00
7	Bâtiments des réactifs.	FFT	1	20.000.000,00	20.000.000,00
	Partie équipements				
8	Equipement de la filière de traitement capacité 1043l/s.	U	1	820.000.000,00	820.000.000,00
9	Montage des équipements.	FFT	1	40.500.000,00	40.500.000,00
10	Mise en service etexploitation3mois .	FFT	1	10.000.000,00	10.000.000,00
	TOTALH.T				**1.160.000.000 ,00**
	T.V.A17%				**197.200.000,00**
	TOTAL T.T.C				**1.357.200.000,00**

VIII.4) -Conclusion :

Le cout de notre station est estimé à **1.357.200.000,00** DA (1 milliard trois cent cinquante-sept million deux cent mille Dinars)

Ce cout comprend :

- Installation de chantier ;
- Terrassements généraux du site et aménagement ;
- Tuyauterie du site ;
- Installation des bassins de coagulation-décantation ;
- Ouvrage de filtration avec bâtiment de commande des filtres ;
- Réservoir d'eau traité ;
- Bâtiments des réactifs ;
- Equipement de la filière de traitement capacité 1043 l/s.
- Montage des équipements ;
- Mise en service et exploitation en 3 mois.

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est de déterminer la taille appropriée pour une extension de la station de traitement Tilesdit, conçue pour le traitement des eaux du barrage Tilesdit. Cette extension vise à répondre à la demande en eau, comblant ainsi le déficit des besoins, tout en évaluant le niveau de satisfaction de la station par rapport aux besoins en eau globaux.

A travers cette étude nous avons conclu :

Les besoins en eau des communes de Bouira et BBA,

Notre station de traitement d'eau potable Tilesdit est conçue pour garantir une production d'eau potable conforme aux normes de l'OMS, avec un débit de 1043l/s . Elle intègre un processus complet de traitement physico-chimique identique à celui employé dans la station existante, à savoir :

- Cascade d'aération (2 files) : par l'injection de l'acide sulfurique avant et après la cascade.
- Pré-oxydation (2 files): par l'injection du chlore au niveau du bassin de chloration.
- Coagulation par 04 bassins du volume 27 m^3 par l'injection sulfate d'aluminium.
- Décantation à lit de boues et floculation par 4 bassins de décantation du volume 1458 m^3, avec injection de polymère avant la décantation.
- Filtration : par 12 filtres de 50 m^2/filtre.
- Oxydation intermédiaire : par l'injection du chlore et du permanganate de potassium avant la bâche d'eau filtrée.
- Filtration par charbon actif : par 12 filtres du volume de charbon 111.75 m^3 /filtre.
- Désinfection : par l'injection du chlore au niveau du bassin de désinfection.
- Stockage par deux réservoirs d'eau traité de capacité de 6000 m^3 de chacun.

Après l'étude de l'aspect économique, le cout total de notre station de traitement est estimé 1.357.200.000,00 DA (1 milliard trois cent cinquante-sept million deux cent mille Dinars).

Concernant cette étude, en raison de la complexité du dimensionnement des stations de traitement, nous suggérons aux prochaines promotions de se pencher sur le dimensionnement des équipements et des stations de pompage.

[1] Khoumeri and Dahmani. Quelques Aspects sur la biosystématique des Apoidea dans les milieux agricoles et naturels dans les régions d'Alger et de Bouira. Rapport institution, 2016.

[2] T. Hadjout and H. Benkhalata. Actualisation de l'étude hydrogéologie du plateau de Bouira. 1997.

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

[4] JEAN COUDE BOGLIN, propriété d'eaux naturelles (dégréement p1110=.

[5] Raymond Desjardin, « le traitement des eaux », 2e édition revu et améliorée. Edition de l'école polytechnique de Montréal.

[6] Pierre MOOUCHET, « Traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications», Technique de l'ingénieur.

[7] W.J. MASSCHELEIN, « Processus unitaire du traitement de l'eau potable». Edition CEBEDOC sprl liége, 1996.

[8] Normes et qualité des potables (Dégréement C.128).

[9] publication OMS, "Directives de qualité l'eau de boisson" (édition par l'OMS, deuxième édition, 1994).

[10] Dr.BESSEDIK Madani, Traitement et épuration de l'eau L3 hydraulique.

[11] Cahier des clauses techniques générales relatives aux marchés de travaux d'eau potable, Version Octobre 2010.

[12] Kettab A., 1992. « Traitement des eaux potables ». Ed. Office des publicationsuniversitaires Alger, 151p.

[13] Gomella Cyril et Guerrée Henri, 1978. « Le traitement des eaux publiques industrielleset privées ». Ed. Eyrolles Paris.

[14] Degremont, 1966. « Mémento technique de l'eau». 6éme Ed. Technique et documentation ; Paris.

[15] Degremont, 1972. « Mémento technique de l'eau ». Ed. Technique et documentation ;Paris. 7éme édition tome 1, 592p.

[16] Claude Cardot, 1999. « Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques etbiologiques Cours et problèmes résolus ». Ed. Ellipse, 247p.

[17] Thomazeau Robert, 1981. « Station d'épuration eaux potables– eaux usées ». Ed.Technique et documentation ; Paris.

[18] http://www.azaar.net/Cours/Docdecantation.pdf

[19] Rodier J., 1996. « L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer ».7ème Ed. Dunod, Paris.

[20] Hugues GODART, 2012. Eaux de distribution – Clarification. Éd. Techniques del'Ingénieur. C 5199. 16p.

[21] Hubert Cabana, 2009. Chapitre 5 : La filtration sur sable, Conception : usine de traitement des eaux potables. 90p.

[22] Redjem Razika et Guernine Razika, 2012. « Étude du filtre dans un station d'eau potable ». Mémoire de Master2 Hydraulique urbaine. Encadré par Mme Bouragbi Née Lekouaghet N.

[23] Mayet Jacques, 1994. « La pratique de l'eau – Traitements de l'eau aux point d'utilisation, Comportement de l'eau dans les installations, Origine des désordres et solutions ». 2èmeEd. Le Moniteur. Paris,

[24] Description du fonctionnement et de l'exploitation de la Station de Traitement d'Eau Potable de Bouira

[25] SALAH BOULAM « Cours d'alimentation en eau potable » ENSH 1993

[26] Mémento technique de l'eau- Degrement

[27] MOHAMEDI BRAHIM, « Dimensionnement d'une usine de l'eau potable (Application à l'eau du barrage de Ghrib) ». MFE ENSH ALGERIE 2003.

[28] TIDIANI ISMAEL « Diagnostic du phénomène de remontée de boue dans le décanteur à lit de boue de la station de traitement d'eau potable de GOUDEL ». MFE NIGER 2015

[29] BERNARD LEGOUB « production de l'eau potable filières et procédés de traitement » 2015

[30] SHUN DARLIN « Water and wastewater calculations manual»

[31] Richard O. Sinniger, Willi H. Hager, « CONSTRUCTION HYDRAULIQUE, Ecoulement stationnaires », Volume 15, Lausanne, Décembre 1988.

[32] ENCYCLOPEDIE UNIVERSELIS, « Traitement des eaux », édition 2005.

[33] W.J.MASSCHELEIN 1996

[34] L.DAVIS « Mackenzie »2010

[35] Mackenzie L.Davis. Water and Wastewater Engineering : Desing Principalesand Practice. Edition : The McGraw-Hill Companies.United States.2010.

[36] Environnement Québec, 2002

[37] V.AMBARTSOUMIAN**, «** RECOMMANDATIONS METHODOLOGIQUES »,ENSH 2^{ém} édition 11/1994.

[38] ANTOINE LAPORTE et MICHEL PERIAD**,** « L'élaboration d'une procédure sécuritaire de travail en espace clos applicable aux stations de traitement des eaux potable etusées », SAINT-HYACINTHE -APSAM -LE 21 AVRIL 2004.

[39] INRS**, «** Conception des usines d'eau potable », ED 960, Mars 2006.

Annexe01 :

Les tableaux de résultat d'analyse

Tableau 01 : – Données du phytoplancton dans l'eau brute (à l'entrée de la station de traitement actuelle)

Entrée de la STE			OMS
Cyanobactérie cellules/ml	Cyanobactérie produisant la microcystine cellules/ml	Algues cellules/ml	Cyanobactérie cellules/ml
25 258	0	25 765	Détection : jusqu'à 200 Niveau 1: 200 à 2 000 - augmenter le suivi Niveau 2: 2 000 à 100 000 - Renforcer le traitement Niveau > 2 - Plan de contingence
18 443	0	19 534	
9 122	0	10 300	
3 329	136	4 351	
43 407	40 106	46 182	

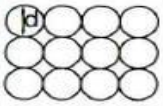
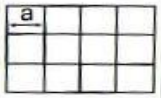
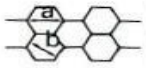
Tableau 02 – Données de la qualité de l'eau brute à l'entrée de la station de traitement actuelle

Paramètres		Résultats	Résultats	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

Paramètres		Résultats	Résultats	Décret 11-219	Décret 14-96
Orthophosphates	mg/l	<0,04	<0,09	-	-
Oxydabilité	mg/Lo	1.5	1.1	-	5.0
Minéralisation Globale					
Calcium	mg/l $CaCO_3$	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	150.0	200.0	-	-
Carbonates	mg/l	0.0	0.0	-	-
Dureté Totale TH	mg/l $CaCO_3$	260	200	-	500
Titre alcalimètrique	mg/l $CaCO_3$	0	0	-	-
Titre alcalimètrique complet	mg/l CaCO3	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
Chlorophylla a	µg/l	3.9	-	-	-
Paramètres Bactériologiques					
Bactéries coliformes	NPP/100 ml	>200	27	-	-
Escherichia coli	NPP/100 ml	0	0	20 000	0
Entérocoques intestinaux	NPP/100 ml	53	4	10 000	0

Annexe02:

Surface de décantation équivalente :

Types de faisceau lamellaire	Sans lamelles	Plaques planes	Plaques planes	Tubes circulaires alignés	Tubes circulaires en quinconce	Tubes carrés	Modules hexagonaux
Diamètre hydraulique équivalent (mm)	-	80 mm (40 mm entre plaques)	160 mm (80 mm entre plaques)	80 mm	80 mm	80 mm	80 mm
Forme	-						
Surface de décantation équivalente	1	16,2	8,1	6,4	7,4	8,1	10,8