

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULoud MAMMERI DE TIZI-OUZOI
FACULTE GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT GENIE CIVIL



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme master2 en Hydraulique

Option : OUVRAGE HYDRAULIQUE

THEME :

***DIAGNOSTIC ET DIMENSIONNEMENT DE LA STATION
DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE TAKSEBT
(W.Tizi-Ouzou)***

Présenté par :

M^{elle} : KEBANE Kahina

Promoteur :

Mr :KHATTAoui Mohammed

2020/2021



REMERCIEMENT

*Avant tout et tout le monde, je remercie le grand et bon **Dieu** qui ma donné le courage, la patience et la force d'être arrivée jusqu'à ce point.*

*C'est avec un grand plaisir que j'exprime ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon promoteur: **Mr KHATTAWI Mohammed**. Je lui exprime ma reconnaissance pour ses précieux conseils qui m'ont permis de bénéficier de son expérience et d'acquérir de nombreuses connaissances tout le long de ce travail.*

*Je remercie également Les responsables et tout les ingénieurs du l'a station de traitement **TAKSEBT** pour les conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail et les différentes motivations.*

Je tiens à remercier également l'ensemble des ingénieurs de la direction des ressources en eau de la wilaya Tizi-Ouzou (D.R.E.T.O).

À celui qui n'a jamais hésité le moindre instant à se tenir à mes côtés afin de me soutenir, m'aider, et m'encourager

Ma gratitude va également aux membres du jury pour honorer ma soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce travail.

KAHINA...





Dédicace

Je dédie ce modeste Travail

À Mes chers parents, mon cher père ; pour son soutien indéfectible durant tout mon cursus qu'il soit moral ou matériel, ma chère mère, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance.

À Mon futur mari ; merci pour votre soutien pour votre aide, merci d'être à mes cotés.

À Mes très chères frères; Que dieu me les garde.

Je voudrais aussi dédier ce travail à mes amies et à toute ma famille

À toutes les personnes qui ont participés de près ou de loin à l'élaboration de cet humble travail.

KAHINA...



Liste des figures

Chapitre-I-

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Figure I.1 : découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou.....	1
Figure I.2 : situation géographique de la zone d'étude.....	2
Figure. I.3 : localisation sismique de la zone d'étude	5

Chapitre –III-

FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES

Figure III.1 : les étapes applicables au prétraitement.....	33
Figure III.2 : Coagulation Flocculation.....	34
Figure III.3 : Essai de jar-test	39
Figure III.4 : Chambre de mélange avec agitateur rapide.....	40
Figure III.5 : Forces agissant sur une particule qui chute.....	43
Figure III.6 : Décanteur à flux horizontale.....	44
Figure III.7 : Décanteur à flux verticale.....	45
Figure III.8 : Décanteur à recirculation des boues.....	46
Figure III.9 : Décanteur à tube inclinés à 60°.....	48
Figure III.10 : Décanteurs à lit de boues.....	49
Figure III.11 : filtre lent sur sable.....	51
Figure III.12 : filtre sous pression.....	53
Figure III.13 : Bassin de filtration en béton.....	53
Figure III.14 : Courbe typique de point de rupture d'une eau naturelle.....	62

Chapitre-IV-

PRESENTATION ET ÉTAT ACTUELLE DES OUVRAGES DE LA STATION DE TRAITEMENT

Figure IV.1. La station de traitement TAKSEBT.....	65
Figure IV.2 : Schéma générale de la station de traitement.....	66
Figure IV.3 : Chambre d'arrivée de l'eau brute.....	68
Figure IV.4. : Injection de Cl ₂ en pré-chloration.....	69
Figure IV.5. : Permanganate de Potassium.....	69
Figure IV.6. : Injection de CAP.....	70
Figure IV.7. : Injection de Sulfate.....	70
Figure. IV.8. : Les Décanteurs.....	72
Figure. IV.9. : Photos des Décanteurs.....	72
Figure. IV.10. : Les bassins de filtration.....	73
Figure. IV.11 : Chambre de collection des eaux filtrées.....	74
Figure. IV.12 : réservoir d'eau traité.....	75

Chapitre-VI-

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

Figure VI.1 : barrage taksebt	89
Figure VI.2 : La digue de barrage taksebt.....	89
Figure VI.3 : Emplacement de barrage taksebt.....	90
Figure VI.4 : Emplacement de la station de traitement.....	93
Figure VI.5 : Schéma explicatif de dégrillage.....	98
Figure VI.6 : Représentation schématique des deux agitateurs.....	107
Figure VI.7 : un décanteur rectangulaire lamellaire.....	114
Figure VI.8 : Les longueurs d'un décanteur lamellaire.....	117
Figure VI.9- Les hauteurs d'un décanteur lamellaire	118
Figure V.10 Principe de fonctionnement du filtre.....	120
Figure VI.11 Bassin de filtration	121

Chapitre –VII-

PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

Figure N° VII.1 : Pictogrammes des risques chimiques.....135

Figure N° VII.2 : équipements de protection individuelle.....140

Liste des tableaux

Chapitre-I-

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Tableau I.1: Les pluviométries moyennes mensuelles.....	3
Tableau I.2: températures moyennes mensuelles.....	3
Tableau I.3: la population de l'année de recensement.....	5

Chapitre –II-

GENERALITES SUR LES NORMES ET LA QUALITE DES EAUX

Tableau II.1 : compositions standard de l'eau de mer océanique.....	12
Tableau II.2 : Salinité des principales eaux de mer.....	12
Tableau II.3 : les normes de qualités organoleptique de l'eau potable.....	14
Tableau II.4 : Les lignes directrices de l'OMS concernant les composés physico- chimiques, 2013.....	21
Tableau II.5 : Les lignes directrices de l'OMS concernant Composés organiques ,2013.....	24
Tableau II.6 : Les lignes directrices de l'OMS concernant les Pesticides.2013.....	25
Tableau II.7 : Les lignes directrices de l'OMS concernant les Désinfectants par produits.2013.....	26

Chapitre –III-

FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES

Tableau III.1 : Les Avantages et les inconvénients de la Filtration lent sur sable.....	52
Tableau III.2 : Recommandations Cas d'un filtre monocouche.....	56
Tableau III.3 : Recommandations Cas d'un filtre bicouche.....	56
Tableau III.4 : Recommandations Cas d'un filtre multicouche.....	56

Chapitre-IV-

***PRESENTATION ET ÉTAT ACTUELLE DES OUVRAGES DE LA STATION
DE TRAITEMENT***

Tableau IV.1: conduites barrage- station.....	67
--	----

Chapitre-V-

ESTIMATION DES BESOIN EN EAU

Tableau V.1 : Evaluation de la population.....	78
Tableau. V.2: Besoins domestiques.....	79
Tableau V.3 : évaluation des besoins scolaires.....	80
Tableau V.4: évaluation des besoins sanitaires.....	80
Tableau V.5: évaluation des besoins sportifs.....	81
Tableau .V.6: évaluation des besoins socioculturels.....	81
Tableau V.7: évaluation des besoins administratifs.....	82
Tableau V.8: évaluation des besoins commerciaux.....	82
Tableau V.9: évaluation des besoins loisirs.....	83
Tableau V.10 : Récapitulation des besoins en eaux des communes.....	83
Tableau V.11: Récapitulatif des débits maximums et minimums journaliers.....	86
Tableau V.12 : Bilan (ressources - besoins).....	86

Chapitre-VI-

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

Tableau VI.1 : les principales caractéristiques d'eau brute du barrage de TAKSEBT.....	91
Tableau VI.2 : Le domaine d'application des grilles.....	96
Tableau VI.3 : les résultats du jar test.....	100
Tableau VI.4 : Propriété physiques des matériaux filtrants.....	123

Chapitre –VII-

PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

Tableau VII.1 : Les classes du feu.....	138
--	-----

Sommaire

Chapitre-I-

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1. Introduction	1
I.2. Situation géographique.....	1
I.3. Situation topographique.....	2
I.4. Situation géologique.....	2
1.5. Situation climatologique.....	3
1.5.1. Le climat	3
1.5.2. La pluviométrie.....	3
1.5.3. La température	3
1.5.4. Le Vent	4
I.6. La sismicité de la région.....	4
I.7. La démographie.....	5
I.8. Ressources en eau potable.....	6
I.9. Conclusion.....	6

Chapitre –II-

GENERALITES SUR LES NORMES ET LA QUALITE

DES EAUX

II.1. Introduction.....	7
II.2.Le cycle de l'eau.....	7
II.2.1.L'évapotranspiration.....	7
II.2.2.La condensation.....	8
II.2.3.Les précipitations.....	8

II.2.4 La circulation terrestre.....	8
II.3. Les diverses sources d'eau.....	8
II.3.1. Les eaux de pluie.....	8
II.3.2. Les eaux de surface.....	9
II.3.2.1. Les eaux de rivière (partie amont)	9
II.3.2.2. Les eaux de rivière (partie avale).....	9
II.3.2.3. Les eaux saumâtre	10
II.3.3. Les eaux souterraines	10
II.3.4. Les eaux de mer	11
II.3.4.1. Les différentes méthodes de traitement des eaux de mer.....	11
II.3.4.2. La méthode d'osmose inverse.....	11
II.3.4.3. La méthode d'électrodialyse.....	11
II.3.5. Les eaux usées.....	13
II.4. solutions pour l'approvisionnement d'eau.....	13
II.5. Les paramètres de qualité d'une eau destinée à l'alimentation potable.....	13
II.5.1. Les paramètres organoleptiques.....	14
II.5.2. Paramètres physio – chimique	15
II.5.2.1. La température	15
II.5.2.2. Le pH	15
II.5.2.3. Le calcium (Ca ²⁺)	15
II.5.2.4. Le magnésium (Mg ⁺²)	15
II.5.2.5. Le chlorure (Cl).....	16
II.5.2.6. Le sodium (Na)	16
II.5.2.7. La Minéralisation	16
II.5.2.8. Dureté d'une eau	17
II.5.2.9. L'alcalinité d'une eau (TA ; TAC).....	17
II.5.3. Les paramètres microbiologiques.....	18
II.5.4. Les paramètres concernant les pesticides et produits apparentes	18
II.5.5. Les paramètres indésirables.....	19
II.5.6. Les paramètres toxiques.....	19
II.6. Normes et potabilité	19

II.6.1.Normes de l'OMS sur l'eau potable	21
II.6.2.Interprétation pratique des normes de l'eau	27
II.7.Conclusion	28

Chapitre –III-

FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES

III.1.Introduction	29
III.2.Choix de la filière de traitement.....	29
III.3.Le Prétraitement	30
III.3.1.Dégrillage et tamisage.....	30
III.3.1.1.Le dégrillage.....	31
III.3.1.2.Le tamisage.....	32
III.3.1.3.Le dessablage	32
III.3.1.4.La pré-oxydation(ou Pré-chloration)	32
III.4.Coagulation-Floculation	35
III.4.1.but de coagulation-floculation	35
III.5.coagulation	36
III.5.1.But de la coagulation	37
III.5.2. Les coagulants usuels utilisés sont	37
III.5.3. Critère de choix d'un coagulant.....	37
III.5.4. Paramètres affectant la coagulation.....	38
III.5.4. 1.Effets de la température.....	38
III.5.4.2. Effets du pH.....	38
III.5.4.3. Effet de l'alcalinité.....	38
III.5.4.4. Vitesses et temps d'agitation.....	39
III.5.5. Détermination du pH optimal et de la dose de coagulant optimale	39
III.5.5.1. Détermination du pH optimal.....	39
III.5.5.2. Détermination de la dose de coagulant optimale.....	39
III.5.6. Agitation	40
III.6.Floculation	41
III.6.1.Aides floculants usuels	42
III.6.2.Agitation	42

III.6.3.Les différents types de flocculateur	43
III.6.3.1.Flocculateur à chicanes.....	43
III.7.Décantation	43
III.7.1.Type de décantation	44
III.7.2.Principe de la décantation	44
III.7.3.Différents types de décanteurs	45
III.7.3.1.Décanteurs à flux horizontaux.....	45
III.7.3.2.Décanteurs à flux verticaux.....	46
III.7.3.3.Décanteurs à recirculation des boues.....	46
III.7.3.4.Décanteurs tubes.....	47
III.7.3.5.Décanteurs statiques (simples ou lamellaires)	48
III.7.3.6.Décanteurs à lit de boues.....	49
III.8.Filtration	49
III.8.1.Types de filtre	50
III.8.1.1.Filtration lent sur sable.....	51
III.8.1.2.Les Avantages et les inconvénients de la Filtration lent sur sable	52
III.8.1.3.Filtration rapide sur sable	52
III.8.2.les Média filtrant	54
III.8.3.Différentes configurations possibles	54
III.8.4.Caractéristiques du matériau filtrant	55
III.8.4.1.Diamètre effectif et coefficient d'uniformité	55
III.8.4.2.Densité relative.....	55
III.8.4.3.Porosité.....	55
III.8.5.Recommandation pour les caractéristiques du matériau filtrant.....	56
III.8.5.1.Cas d'un filtre monocouche.....	56
III.8.5.2.Cas d'un filtre bicouche.....	56
III.8.5.3.Cas d'un filtre multicouche.....	56
III.8.6.Ecoulement de l'eau dans un filtre à sable.....	57
III.8.7.Lavage des filtres	57
III.8.7.1. Le processus de lavage des filtres	58
III.9.Désinfection	58
III.9.1.Les désinfectants utilisés.....	58
III.9.2.Principes généraux de la désinfection	59
III.9.3.critères de choix du désinfectant.....	59

III.9.4.désinfection par chlore	60
III.9.5.Le rôle du chlore.....	60
III.9.6.Modes de chloration.....	61
III.9.6.1.Chloration simple.....	61
III.9.6.2.Chloration au point critique ou au « Break-point ».....	62
III.9.6.3.Chloration par l'eau de javel.....	62
III.9.6.4.Désinfection par l'ozone.....	63
III.9.7. Désinfection par le rayonnement UV	63
III.10. Conclusion	65

Chapitre-IV-

***PRESENTATION ET ÉTAT ACTUELLE DES OUVRAGES DE LA STATION
DE TRAITEMENT***

VI.1.Introduction.....	66
IV.2. Présentation de la station de traitement d'eau de Taksebt.....	66
IV.3. Schéma générale de la station de traitement.....	67
IV.4.Description de la conduite d'adduction barrage- station.....	68
IV.5.Ouvrages de la station et réactifs injectés.....	68
IV.5.1 La chambre de dissipation.....	68
IV.6.La chambre de mélange.....	69
IV.7. Les décanteurs (clarificateurs).....	72
IV.8. Les filtre.....	74
IV.8.1. Principales caractéristiques	74
IV.8.2.Fonctionnement en filtration	75
IV.8.3.Fonctionnement en lavage	75
IV.9. Cuves de contact et réservoir d'eau traité.....	76
IV.10.Conclusion	77

Chapitre-V-

ESTIMATION DES BESOIN EN EAU

V.1.Introduction	78
------------------------	----

V.2.Estimation de la population future	78
V.3-Évaluation de la consommation moyenne journalière	79
V.4-Besoins en eau par catégorie	80
V.4.1- Besoins domestiques.....	80
V.4.2-Besoins en équipements scolaires	81
V.4.3-Besoins en équipements sanitaire	81
V.4.4-Besoins en équipements sportif	82
V.4.5-Besoins en équipements socioculturels	82
V.4.6-Besoins en équipements administratifs	82
V.4.7-Besoins en équipements commerciaux	83
V.4.8-Besoins en équipements de loisirs.....	84
V.5 : Récapitulation des besoins en eaux de la ville	84
V.6-Fuites et gaspillage.....	85
V.7-Variation des débits de consommation dans le temps.....	85
V.7.1- La consommation maximale journalière ($Q_{max,j}$).....	86
V.7.2. La Consommation minimale journalière ($Q_{min,j}$).....	86
V.7.3-Application numérique.....	87
V.8-: Bilan des ressources /besoins.....	87
V.9.Conclusion	88

Chapitre-VI-

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

VI.1. Introduction.....	89
VI.2. Le choix de l'emplacement de la station de traitement	89
VI.3. Les caractéristiques du Barrage de TAKSEBT.....	89
VI.3.1.Historique du Barrage	91
VI.3.2.Caractéristiques de la Retenue	91
VI.3.3.Destination	92
VI.4.Les caractéristiques moyennes d'eau brute	92
VI.5.Les principaux critères de choix de procédé de traitement.....	93
VI.6.Les caractéristiques de l'adduction entre le barrage et la station du traitement	93
VI.7.Dimensionnement hydraulique des ouvrages.....	94

VI.7.1.Dimensionnement des ouvrages du prétraitement.....	94
VI.7.1.1.Ouvrage de mesure et régulation du débit	95
VI.7.1.2.La pré-oxydation.....	95
VI.7.1.3.Dégrillage.....	97
VI.7.1.4.Ajustement du PH	100
VI.7.2.Coagulation-floculation	101
VI.6.2.1.Résultats du jar test.....	102
VI.7.2.2.Coagulation.....	102
VI.7.2.3.Dimensionnement du système d'agitation.....	106
VI.7.2.4.Floculation.....	106
VI.7.3. Décantation.....	114
VI.7.3. 1.Description générale d'un décanteur lamellaire.....	115
VI.7.3. 2.Détermination de la surface du décanteur	117
VI.7.3. 3.Calcul de la hauteur du décanteur	119
VI.7.4. Filtration.....	121
VI.7.4. 1.La filtration rapide	122
VI.7.4. 2.Paramètres de dimensionnement de la filtration en profondeur.....	124
VI.7.4. 3.Choix du matériau filtrant.....	124
VI.7.4. 3.Calcul de la surface totale de filtration	125
VI.7.4. 4.Calcul de la hauteur du filtre.....	126
VI.7.5.Désinfection.....	127
VI.7.4.1.Dimensionnement.....	128
VI.8.Réservoir d'eau traitée	131
VI.9.Conclusion	132

Chapitre –VII-

PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

VII.1.Introduction	133
--------------------------	-----

VII.2.L'Objectif de l'étude de la sécurité du travail dans un chantier de réalisation d'une station de traitement	133
VII.3.Les opérations nécessaire pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement.....	133
VII.3.1.Partie génie civil.....	133
VII.3.2.Partie équipements.....	134
VII.4.Les moyens matériels et humains nécessaire pour effectuer les différentes opérations nécessaires pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement.....	134
VII.4.1.Les moyens matériels	134
VII.4.2.Les moyens humains	134
VII.5.Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique	135
VII.5.1.Facteurs humains.....	135
VII.5.1.Facteurs matériels	135
VII.6.Les Conditions dangereuses.....	135
VII.7.Les actions dangereuses	136
VII.7.Evaluation de L'ensemble des risques lié à notre chantier.....	137
VII.7.1.Risques chimiques	137
VII.7.1.1.Quelques précautions à suivre	138
VII.7.1.2.Contrôle des risques en laboratoire.....	138
VII.7.1.3.Quelques règles applicables dans laboratoires de traitement des eaux potables	139
VII.7.2.Risques électriques.....	139
VII.7.2.1.Les mesures de protection contre les chocs éclectiques.....	140
VII.7.3.Risques d'incendies	140
VII.7.3.Consignes pour éviter l'incendie.....	140
VII.8.Moyens d'interventions pour éviter les accidents de travail	141
VII.8.1.Protection individuelle	141
VII.8.1.Protection collective.....	142
VII.9.Les missions de la médecine du travail.....	142
VII.10.Conclusion	143

ملخص :

إن تزويد السكان بالمياه الصالحة للشرب، يستوجب علينا تلبية كافة احتياجاتهم من الماء كما ونوعا، مع الحرص على أن تكون هذه المياه ذات جودة عالية ومطابقة للمعايير العالمية. الهدف من هذه المذكرة هو دراسة محطة معالجة المياه TAKSEBT ، ولاية تيزي وزو والتي تعالج المياه الآتية من " سد TAKSEBT " بصدد تحديد أبعادها الهيدروليكية، وذلك لضمان تحقيق احتياجات 25 بلدية وفق النظم والمعايير المحددة من طرف المنظمة العالمية للصحة. علما ان هذه المحطة هي محطة معالجة تقليدية للمياه السطحية تعمل عن طريق سلسلة متتابعة من عمليات المعالجة.

Résumé :

L'alimentation en eau potable des populations exige la satisfaction de la demande en eau en termes de quantité et de qualité ainsi qu'une assurance d'un niveau de qualité élevé des eaux conforme aux normes universelles.

Le but de notre travail est l'étude de la station de traitement de taksebt , wilaya de Tizi-Ouzou qui destinée à traiter les eaux du barrage TAKSEBT et déterminer ses dimensions hydrauliques, pour satisfaire la demande en eau de 25 communes et assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou.; selon les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

Notre station est une station de traitement classique qui suit une filière de traitement des eaux de surface.

Abstract:

The drinkable water supply of the population requires the satisfaction of the demand in Water and the insurance of a high quality level, Complies with universal standards.

The purpose of our work is to study the treatment station of TAKSEBT (Tizi-Ouzou); and determine its hydraulic dimensions, in order to satisfy the demand in water of 25 cities , and respecting the standards of the World Health Organization (W.H.O),Our station does approve a classic treatment of water precisely water of the surface.

***INTRODUCTION
GENERALE***

Introduction générale

L'eau sur terre c'est la vie, c'est un bien commun à toutes les populations, mais aussi c'est le devoir de chacun, de protéger et de veiller à une utilisation plus rationnelle de cette ressource dans l'intérêt de tout le monde.

Cependant l'eau dans la nature n'est pas directement utilisable pour la consommation humaine ni pour l'industrie car elle n'est pas suffisamment pure. 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, soit des rejets de certaines activités humaines.

L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies. La présence des différentes impuretés impose le traitement des eaux.

Pour obtenir de l'eau potable, l'eau douce puisée nécessite de subir certains traitements définis par des normes de potabilité ; ainsi, nous devons la débarrasser d'impuretés, de bactéries voire même de traces de minéraux trop fortes afin qu'elle devienne potable et qu'elle puisse donc être bue sans risque par l'homme.

Une usine de production d'eau potable (station de traitement) assure la satisfaction de la demande en eau en terme de quantité, et l'assurance d'un niveau de qualité élevé ; conforme aux normes.

Notre objet d'étude c'est de faire la diagnostic et dimensionnement de la station de traitement existant de TAKSEBT, Tizi-Ouzou qui assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou.

Notre étude est scindée en trois grandes parties :

④ **La première partie** : est relative à l'étude bibliographique qui va nous permettre de donner un aperçu théorique et pratique des différentes filières d'une station de traitement des eaux de surfaces, sachant que la filière de traitement dans notre usine de production d'eau potable est choisie en fonction de la qualité des eaux brute du barrage de « **TAKSEBT** » ; dont on trouve:

- La coagulation-floculation;
- La décantation;
- La filtration;
- La désinfection.

④ **La deuxième partie** : basé sur l'étude du taux de satisfaction des besoins en eaux des communes concernées ; par notre station de traitement.

④ **La troisième partie** : vise le diagnostic et le dimensionnement hydraulique techniquement le plus économique des différents ouvrages de notre station de traitement.

Et pour une exploitation sécurisée nous avons présenté les consignes nécessaires dans le dernier chapitre.

Chapitre I :

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

*Chapitre-I-***PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE****I.1. Introduction :**

Le présent chapitre rassemble les différentes données permettant la connaissance de la zone faisant objet de notre projet.

L'objectif de ce premier chapitre est l'étude du site pour connaître toutes les caractéristiques du lieu et les facteurs qui influent sur la conception du projet du point de vue géographique, topographique, géologique, climatique, démographique et hydraulique afin de mener à bien notre travail.

I.2. Situation géographique :

La wilaya de Tizi-Ouzou est une wilaya côtière, elle se situe dans la partie nord centre de l'Algérie. Le chef-lieu de la wilaya (la ville de Tizi-Ouzou) se trouve à une certaine de kilomètre à l'est d'Alger

A L'issue du dernier découpage administratif de 1984, la wilaya de Tizi-Ouzou compte 21 daïrate et 67 communes



Figure I.1 : découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou



La carte de situation de notre zone d'étude :



Figure I.2 : situation géographique de la zone d'étude

I.3. Situation topographique :

La topographie joue un rôle important dans les études d'alimentation en eau potable, vu que le relief est l'un des facteurs qui modifie le schéma d'alimentation.

Notre zone d'étude est située dans la vallée de l'oued Sebou .elle occupe un col (d'où son nom) et est entourée de montagnes .la ville est construite à une altitude de 200m et s'étale au pied du mont sidi belloua auquel s'adosse une partie de la vieille ville dite la haute ville

I.4. Situation géologique :

La région est caractérisée par deux termes géologiques principaux, le premier est d'origine sédimentaire représentant les flysch de la Kabylie et le second est métamorphique constitué de terrains micacés et schisteux.



1.5. Situation climatologique :

1.5.1. Le climat :

Tizi-Ouzou possède un climat méditerranéen chaud avec été sec selon la classification de Koppen –Geiger. sur l'année, la température moyenne à Tizi-Ouzou est de 18.5°C

Le climat se caractérise par d'importantes variations thermiques entre le jour et la nuit, et entre les saisons extrêmes.

1.5.2. La pluviométrie :

Les précipitations sont irrégulières, varie entre un minimum de 03 mm enregistré au mois de Juil. et un maximum de 115 mm enregistré au mois de jan.

Voici un tableau récapitulatif des pluviométries moyennes mensuelles de notre zone d'étude :

Tableau I.1: Les pluviométries moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	jan	Fev	mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
P (mm)	40	64	107	114	115	94	90	82	61	12	03	09

Source DRE (W Tizi-Ouzou.)

1.5.3. La température :

La température moyenne mensuelle varie entre un minimum de 10.0 °C enregistré au mois de janvier et un maximum de 29.9 enregistré au mois de juillet.

Voici un tableau récapitulatif des températures moyennes mensuelles de notre zone d'étude :

Tableau I.2: températures moyennes mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	jan	Fev	mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
"T" moy	25.5	21.7	15	14.2	10.0	11.5	14.1	16.1	19.1	25.6	29.9	29.3

Source DRE (W Tizi- ouzou.)



1.5.4. Le Vent :

Le vent constitue un facteur écologique important à des titres divers :

- Agent de transport
- Facteur climatique
- Facteur mécanique

C'est un élément climatique qui est influencé par des conditions topographiques locales, il crée son propre microclimat et change de direction facilement.

Le vent dans la région d'étude «w Tizi-Ouzou » varie entre calme à modéré.

I.6. La sismicité de la région :

Selon le règlement parasismique Algérien RPA le territoire national est divisé en quatre (04) Zones de séismicité croissantes.

Les quatre(04) zones de séismicité :

Zone 0 : de sismicité négligeable.

Zone I : de sismicité faible.

Zone II : de sismicité moyenne.

Zone III : de forte sismicité.



CARTE DE ZONAGE SISMIQUE DU TERRITOIRE NATIONAL – RPA99/ APRES ADDENDA

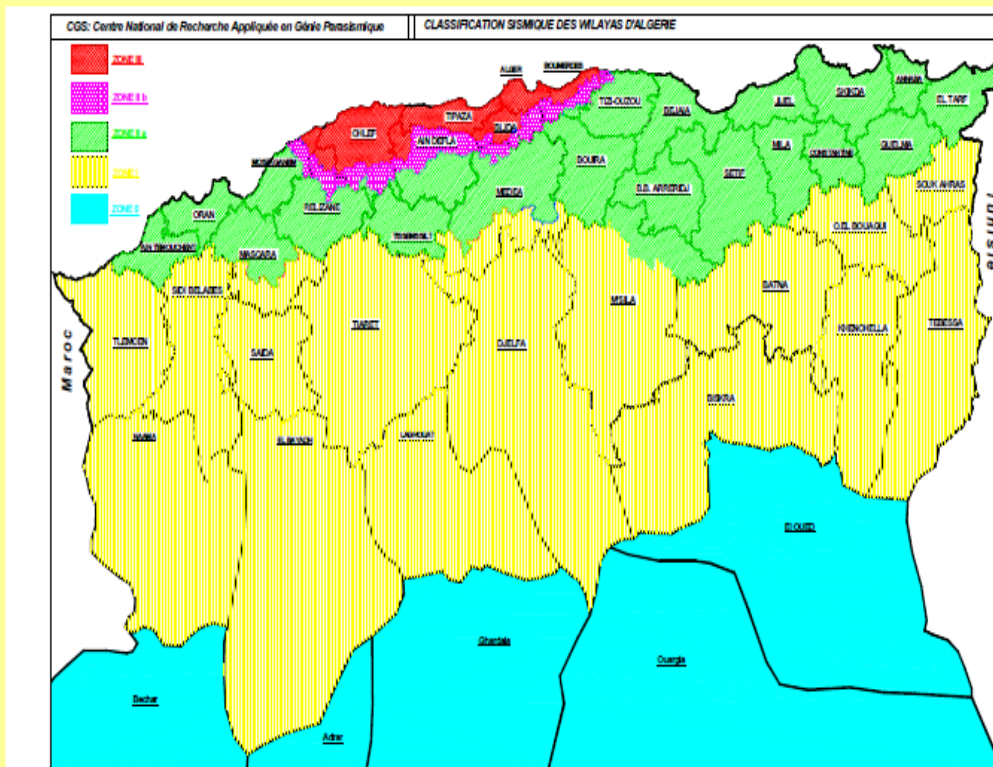


Figure. I.3 : localisation séismique de la zone d'étude

Notre région d'étude est située dans la **Zone séismique II** de sismicité moyenne.

I.7. La démographie :

Les résultats de dernier recensement qui a été effectué en (2008) par le service de l'APC de Tizi- ouzou ainsi que le taux d'accroissement sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.3: la population de l'année de recensement.

LOCALITE	Taux d' Accr. (%)	HORIZONS
		2008
W. Tizi- ouzou	0.9	1 127 166

Source DRE (W. Tizi- ouzou)



I.8. Ressources en eau potable:

La principale ressource en eau potable de la wilaya est soutirée à partir de :

- Nappe alluviale de l'oued Sebou : 28%
- Ressources superficielles (barrages) :67%
- Sources superficielles, prise d'eau : 4.6%
- Dessalement : 0.4%

I.9. Conclusion :

Dans ce chapitre on a essayé de présenter la commune, connaître la situation géographique administrative, climatique et définir toutes les données nécessaires à l'étude.

Cette étape constitue une phase très importante, elle est basée sur la collecte des données brutes, et aussi de vérifier leurs fiabilités pour une prise de décisions correcte.



Chapitre II :

GENERALITES SUR LES NORMES ET LA QUALITE DES EAUX

*Chapitre –II-****GENERALITES SUR LES NORMES ET LA QUALITE
DES EAUX*****II.1. Introduction :**

Une eau est dite potable si elle peut être consommée sans danger pour la santé ;c'est-à-dire si ses caractéristiques sont conformes aux obligations réglementaires, (paramètres organoleptique, paramètres physico-chimique, substance indésirable ou toxique, paramètre microbiologique) ;la rendant propre à la consommation humaine, est une obligation pour assurer l'agrément du consommateur, une meilleure santé publique, une longue durée de vie du réseau de distribution.

II.2.Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau (ou cycle hydrologique) est un modèle représentant le parcours entre les grands réservoirs d'eau , liquide solide ou de vapeur d'eau sur Terre : les océans, l'atmosphère, les lacs, les cours d'eau, les nappes d'eaux souterraines et les glaciers.

Le« moteur » de ce cycle est l'énergie solaire qui favorise l'évaporation de l'eau, et entraîne tous les échanges.

Le cycle de l'eau se déroule en permanence en 4 étapes :

II.2.1.L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est la première étape du recyclage de l'eau. Elle provient de l'eau sur terre et la transpiration des êtres vivants.

L'eau est présente partout sur terre ; Sous l'effet de la chaleur du soleil l'eau des océans, des lacs, des rivières et de la terre s'évapore sous la forme de vapeur.

Les êtres vivants, végétaux, animaux et hommes, perdent aussi de l'eau sous l'effet de la chaleur, Leur eau s'évapore sous la forme de transpiration et se transforme aussi en vapeur d'eau.



Sous l'effet de la chaleur, l'eau s'évapore et s'élève dans l'atmosphère où elle va circuler comme un gaz.

II.2.2.La condensation :

La condensation est la seconde étape du cycle de l'eau. La vapeur d'eau circulant dans l'atmosphère va rencontrer un air plus froid et elle va se transformer en gouttelettes, ce phénomène s'appelle la condensation.

Les gouttelettes d'eau s'accumulent sous la forme de nuages, de formes, de densité et d'altitudes différentes.

II.2.3.Les précipitations :

Les précipitations sont la troisième étape du cycle de l'eau. Lorsque les conditions climatiques sont réunies, les nuages subissent une transformation et l'eau qui les forme regagne la surface de la terre sous la forme de précipitations. Selon la température et les conditions climatiques, l'eau tombe en précipitation de pluie, neige ou grêle.

II.2.4 La circulation terrestre

Environ 60 % des précipitations s'évaporent à nouveau. Le reste ruisselle vers les cours d'eau ou s'infiltré dans le sol pour alimenter les nappes souterraines.

L'eau qui pénètre dans le sous-sol (environ de 25 % des précipitations) peut être absorbée par les racines des plantes ou bien accomplir un long parcours dans les terrains sableux et caillouteux de la surface terrestre, en pénétrant toujours plus profondément. Lorsqu'elle rencontre des terrains imperméables comme les couches argileuses ou rocheuses, elle ne peut continuer à descendre verticalement et commence à couler horizontalement avant d'affleurer la surface ou demeure dans des réserves d'eau souterraines.

L'eau qui demeure à la surface de la terre (environ de 15 % des précipitations) s'écoule et forme des cours d'eau (torrents, rivières et fleuves) qui se jettent dans les mers et les océans.

II.3.Les diverses sources d'eau

On trouve cinq sources principales d'eaux brutes, les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer, les eaux usées.



II.3.1. Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine .elles sont saturées d'oxygène et d'azote.

L'eau de pluie recueillie subit la pollution due aux gaz circulant dans l'atmosphère et qui lui procurent une certaine acidité. Ces gaz peuvent être dus :

- A la combustion des énergies fossile ;
- A la circulation automobile procurant une quantité importante d'oxyde d'azote ;
- A l'activité industrielle (combustions énergétiques qui dégagent du dioxyde de souffre) ;
- Aux activités agricoles qui ont tendance à émettre du nitrate d'ammoniac.

II.3.2. Les eaux de surface :

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont constituées, par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes ou stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère. Elles sont très sensibles à la pollution ; de qualité irrégulière et peuvent être réparties en trois catégories :

II.3.2.1. Les eaux de rivière (partie amont) :

L'amont d'une rivière est en général situé dans des zones montagneuses (très peu peuplées et absence d'industrie). Elles sont caractérisées par :

- Turbidité élevée
- T basse
- Teneur en oxygène élevée
- Indice de couleur faible
- Contamination physico-chimique et bactériologique faible.



II.3.2.2. Les eaux de rivière (partie aval) :

Situées dans des zones urbanisées avec des activités industrielles et agricoles plus ou moins intenses, ces eaux sont caractérisées par :

- pollution organique et inorganique élevée
- Contamination bactériologique élevée
- T variable
- Indice de couleur pouvant être élevé.

II.3.2.3. Les eaux des lacs et barrages :

Ce sont des eaux stagnantes d'où une décantation naturelle, Elles sont caractérisées par :

- Contamination bactériologique faible
- Indice de couleur variable
- Turbidité variable

➤ Les eaux de surface doivent être traitées pour pouvoir atteindre la qualité requise, Deux procédés standards sont utilisés pour les traiter :

- **Le traitement conventionnel (classique)**, qui comprend les étapes suivantes:

clarification (coagulation/floculation, décantation ou flottation à air dissous), filtration sur sable, adsorption sur charbon actif et désinfection.

- **Le traitement membranaire (moderne).**

II.3.2.4. Les eaux saumâtre :

Une eau saumâtre est une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer. La concentration totale de sel dissous y est généralement comprise entre 1 et 10 g/L alors qu'elle est (en moyenne) de 35 g/l pour l'eau de mer.



II.3.3. Les eaux souterraines :

Elles sont souvent à l'abri de toute source de pollution. Leur qualité est généralement meilleure (Filtrées par le sol) et plus constante, elles ne nécessitent souvent qu'une désinfection. Leurs principales caractéristiques sont :

- Turbidité faible
- Indice de couleur faible
- Température et débit constants

Dans certains cas elles peuvent avoir une dureté élevée (Ca^{2+} et Mg^{2+}) ou une forte concentration en Nitrates, fluor, fer, Mn ou H_2S .

II.3.4. Les eaux de mer :

Constitue la plus grande réserve d'eau. Elles sont caractérisées par une salinité élevée (environ 35 g/L pour les océans, 39 g/L pour la méditerranée, 43 g/L pour la mer rouge et 276 g/L pour la mer morte). Ce grand réservoir est de plus en plus utilisé pour produire de l'eau potable.

II.3.4.1. Les différentes méthodes de traitement des eaux de mer

II.3.4.1.1. La méthode de distillation

La plupart des procédés utilisés impliquent l'évaporation puis la condensation de la vapeur résultante. Le procédé de dessalement le plus répandu est la distillation multi flash ; l'eau est chauffée, puis pompée dans des réservoirs à basse pression, où elle se vaporise brutalement (flash). Après plusieurs flashes successifs, la vapeur condensée est récupérée et donne de l'eau pure.

II.3.4.1.2. La méthode de réfrigération

La réfrigération est une méthode fondée sur la différence entre les points de congélation de l'eau douce et de l'eau salée. Les cristaux de glace sont séparés de la saumure, lavés du sel, puis fondus pour obtenir de l'eau douce.



II.3.4.3. La méthode d'osmose inverse

Le procédé d'osmose inverse est basé sur la pression qui permet de faire passer l'eau douce à travers une fine membrane qui ne laisse pas passer les minéraux.

II.3.4.4. La méthode d'électrodialyse

L'électrodialyse est utilisée pour dessaler les eaux saumâtres. Le sel se dissout dans l'eau en ions négatifs et en ions positifs, qui sont ensuite mis en mouvement par un courant électrique à travers des membranes anioniques et cationiques, ce qui diminue la quantité de sel dans l'eau.

Tableau II.1 : compositions standard de l'eau de mer océanique

Cations	Concentrations (mg/l)	Anions	Concentrations (mg/l)
Sodium	11035	Chlorures	19841
Magnesium	1330	Sulphates	2769
Calcium	418	Bicarbonates	146
Potassium	397	Bromures	68
Strontium	14	fluorures	1.4
Salinité totale: 36.047 g/l			

Tableau II.2 : Salinité des principales eaux de mer

Mer ou océan	Concentration (mg/L)
<i>Mer Rouge</i>	43000
<i>Golf Arabique</i>	43000
<i>Mer Méditerranée</i>	39400



<i>Océan Atlantique Mer</i>	36000
<i>Océan Indien</i>	33800
<i>Océan Pacifique</i>	33000
<i>Mer Adriatique</i>	25000
<i>Mer Noire</i>	13000
<i>Mer Baltique</i>	7000

II.3.5. Les eaux usées :

Le recyclage des eaux usées après épuration permet de soulager la demande en eau notamment pour leurs utilisation dans l'irrigation, l'entretien industriel et urbain (lavage de voirie, réserve pour lutter contre incendie, arrosage des jardins, lavages automobiles).

Le recyclage de ces eaux usées après un traitement aux niveaux des ateliers permet à la fois de récupérer les sous-produits valorisables et de faire des économies d'eau importantes.

L'utilisation des eaux épurées peut servir aussi à la réalimentation des nappes.

II.4. solutions pour l'approvisionnement d'eau

Pour faire faces aux problèmes rencontrés en approvisionnement d'eau les solutions généralement préconisées sont :

- Eviter le gaspillage en planifiant et en organisant la consommation dans l'industrie.
- Utiliser au maximum les ressources en minimisant les pertes par stockage des eaux de ruissellement
- Récupérer puis recycler les eaux usées.
- Dessalement d'eau de mer.

Ces dispositions restent insuffisantes surtout avec la sécheresse que notre pays connaît ces dernières années, Ainsi le traitement d'eau pour la rendre potable.



II.5. Les paramètres de qualité d'une eau destinée à l'alimentation potable :

Les sources d'eau douce sont rarement assez pures pour être utilisées directement comme eau potable parce que l'eau contient souvent des substances dissoutes. Même l'eau transparente, incolore et inodore peut contenir des substances ou des organismes qui la rendent dangereuse à boire.

Nous devons éliminer toutes les substances potentiellement toxiques de l'eau avant de la boire, quelle que soit sa source. Pour qu'on puisse rendre l'eau adéquate pour une utilisation donnée (par exemple, la boire) ; on fait appel au traitement des eaux ; ce dernier est un processus d'élimination des substances potentiellement toxiques dans l'eau pour la rendre plus adéquate à une utilisation donnée.

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

II.5.1. Les paramètres organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques sont les propriétés de l'eau telles que la couleur, l'odeur, le goût ; la saveur cependant ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe.

Une eau peut être trouble, colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.

✚ Quelques recommandations de L'OMS sur les paramètres organoleptiques sont mentionnées dans le tableau suivant :



Tableau II.3 : les normes de qualités organoleptique de l'eau potable

Paramètre organoleptique	Recommandation (OMS)
<i>Coloration</i>	Ne doit pas dépasser 15 mg /l de platine en référence à l'échelle platine cobalt.
<i>Turbidité</i>	Ne doit pas être supérieur à une valeur équivalente à 2 unités Jackson.
<i>Odeur et saveur</i>	Absence d'odeurs ou de saveurs désagréables et pas de changement anormal de couleur.

II.5.2. Paramètres physio – chimique :

II.5.2.1. La température :

Elle est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. Elle se mesure au moyen d'un thermomètre.

C'est un paramètre physique qui influence considérablement la multiplication microbienne. Selon la température optimale de développement, les micro-organismes sont classés en trois catégories :

- les germes mésophiles qui supportent une température moyenne comprise entre 20 et 40°C.
- les germes psychrophiles dont la température optimale de croissance est située entre 0 et 15°C.
- les germes thermophiles qui se multiplient préférentiellement entre 45 et 85°C. Il faut noter que la majorité des bactéries pathogènes sont des mésophiles.

II.5.2.2. Le pH :

Le pH mesure la basicité ou l'acidité d'une solution. Elle liée à la concentration des ions hydronium H_3O^+ , $pH = -\log (H_3O^+)$.



Une solution est basique quand le $\text{pH} > 7$ et acide lorsque $\text{pH} < 7$. C'est un paramètre très important dans la qualité de l'eau.

Les micro-organismes se multiplient dans une gamme étendue de pH. Cependant chaque espèce à un pH optimum de croissance. Les bactéries se multiplient en milieu neutre ou légèrement alcalin ($7 < \text{pH} < 7,5$). Pour survivre, ils doivent s'adapter aux modifications de pH de l'environnement. Escherichia coli par exemple se multiplie à partir de pH égal à 4,4 jusqu'à un pH égal à 8.

II.5.2.3. Le calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un métal Alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. On dit l'eau douce quand elle renferme 30mg/L de calcium et l'eau dure qu'au-dessus de 80 mg/L de calcium.

II.5.2.4. Le magnésium (Mg^{+2}) :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature : il constitue environ 2.1 % de l'écorce terrestre. Le magnésium constitue un élément significatif de l'eau. À partir d'une concentration de 100 mg/L et pour le sujet sensible. Le magnésium donne un goût désagréable à l'eau.

II.5.2.5. Le chlorure (Cl) :

Les chlorure existent dans toutes les eaux avec des concentrations variables .ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains sales.
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- Activités humaines et industrielles

Une présence excessive de chlorures dans l'eau. Provoque la corrosion des réseaux de distribution, peut être nocive pour la santé humaine et pour les plantes aussi.

Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution.



II.5.2.6. Le sodium (Na) :

Le sodium est un élément métallique blanc de symbole (Na) c'est un métal mou ; Qu'appartient aux métaux alcalins. On ne le trouve pas à l'état de corps pur dans la nature mais il est très abondant sous forme de composés.

II.5.2.7. La Minéralisation :

Toutes les eaux naturelles contiennent des sels minéraux. Ils sont présent dans l'écorce terrestre, S'ils sont en quantité relativement abondante on parle d'éléments majeurs ; en revanche s'ils sont en quantité beaucoup plus faible, on parle alors d'éléments mineurs, Ces éléments caractéristiques d'une eau, ne s'hydrolysent pas, ne se précipitent pas et leurs concentrations varient d'une ressource à une autre.

Ils constituent {la carte d'identité d'une eau}

- Cations majeurs : Ca^{2+} et Mg^{2+} puis Na^+ et K^+ ;
- Cations mineurs : Fe^{2+} et Mn^{2+} ;
- Anions majeure : Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} ;
- Anions mineurs : F^- , NO_3^- , PO_3^{3-} ;

La composition chimique de l'eau diffère beaucoup d'une région à l'autre

II.5.2.8. Dureté d'une eau :

La dureté d'une eau est due à la présence d'ions métallique bivalents Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Fe^{2+} et Mn^{2+} ; Sr^{2+} ...etc. ; les plus abondants étant les ions Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; En pratique ; on considère souvent que la dureté totale d'une eau de consommation est égale à la somme de sa dureté calcique et de sa dureté magnésienne (duretés dues aux ions Ca^{2+} ; Mg^{2+}).

Une eau dure est aussi potable qu'une eau douce mais une eau dure une eau qui :

- Ne mousse pas donc elle provoque une consommation excessive du savon.
- Provoque l'entartrage dans les conduites et les canalisations.



On peut réduire la dureté d'une eau (Adoucissement) par :

- Echange d'ions.
- Les techniques membranaires (NF, OI).
- La précipitation chimique

II.5.2.9.L'alcalinité d'une eau (TA ; TAC)

L'alcalinité est une mesure de la capacité de votre eau à résister aux changements du pH, qui tendrait à rendre l'eau plus acide. Le pH est une valeur donnée pour indiquer le degré d'acidité ou de basicité d'une substance. Une alcalinité équilibrée est importante pour notre eau.

L'alcalinité de l'eau est due à la présence de certains ions : carbonates (CO_3^{2-}), bicarbonates (HCO_3^-), et hydroxydes (OH^-) souvent désignés sous le nom des sels alcalins. Les bicarbonates sont la cause la plus commune de l'alcalinité et sont trouvés dans presque toutes les sources d'eau, de même que des carbonates. Des hydroxydes sont moins souvent trouvés dans l'eau mais les concentrations peuvent augmenter après certains traitements.

Si l'alcalinité est trop basse, la capacité de votre eau de résister à des changements de pH diminue. Cela signifie que le pH va connaître un effet de yo-yo, changeant d'acide en base assez rapidement. L'eau avec une basse alcalinité peut également être corrosive.

En conséquence du cuivre et du plomb peuvent se retrouver dans l'eau, dissolu des canalisations. Elle peut également irriter les yeux. L'eau avec l'alcalinité élevée à un goût de soude, peut dessécher la peau et peut endommager la tuyauterie et le système de distribution d'eau. Ces dommages sont indésirables parce qu'ils diminuent l'efficacité des systèmes de tuyauterie et provoque une augmentation de la consommation d'énergie qui a des coûts accrus.

Il semble que le niveau d'alcalinité de l'eau n'a pas d'effet sanitaire important. Cependant, les usines de traitement d'eau essayent de maintenir un niveau acceptable d'alcalinité afin d'empêcher une eau acide et les dommages conséquents sur les canalisations et de tout autre équipement de distribution.



II.5.3. Les paramètres microbiologiques :

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité microbiologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, un dysfonctionnement du traitement de potabilisation. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, de la virulence des microorganismes, du mode de transmission ainsi que de la dose ingérée, Il est indispensable toujours de contrôler la qualité de l'eau après son traitement et avant sa consommation parce que ce dernier peut être défaillant ou que la qualité de l'eau peut s'altérer avant son arrivée au robinet du consommateur.

II.5.4. Les paramètres concernant les pesticides et produits apparentes :

Ce sont des produits destinés à la lutte contre les parasites, les insectes ou les mauvaises herbes. Parmi ces paramètres indésirables on peut citer : Aldrine, dieldrine, hexa chlorobenzène Leur toxicité est largement prouvée : leur CMA est limitée à des doses infimes.

A partir des différentes informations, notamment médicales ou toxicologiques, une relation entre les valeurs d'un paramètre et les effets sur la santé peut être élaborée et donc la norme définie.

II.5.5. Les paramètres indésirables :

C'est un choix un peu arbitraire, certaines de ces substances pouvant être bénéfiques à très petites doses. Parmi ces paramètres indésirables on peut citer :

Nitrates, nitrites, hydrocarbures, détergents, phénols, fer, manganèse, fluor, argent Certains sont à l'origine du désagrément du consommateur :

- Matière organiques, phénols, fer : Gout
- Matière organiques, phénols : Odeur
- Fer, manganèse : Couleur
- Nitrates, fluor : Effets gênants pour la santé



II.5.6. Les paramètres toxiques :

Représentés par les métaux lourds (plomb ; nickel ; mercure, chrome, cadmium, arsenic ...) les cyanures, les pesticides et les hydrocarbures aromatique polycyclique ; On les trouve dans les eaux, suite à une dégradation des réseaux de distribution ou à une pollution industrielle.

II.6. Normes et potabilité :

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.

Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands.

Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou toxiques, comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des " concentrations maximales admissibles " ont été définies.

À l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme.

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire, elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour avoir bon goût, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre), lesquels sont par ailleurs indispensables à l'organisme. Enfin, elle ne doit pas corroder les canalisations afin d'arriver "propre" à la sortie des robinets.

Pour déterminer à partir de quelle concentration, certaines substances chimiques sont toxiques à court terme, ou quels sont leurs effets cumulés à long terme, deux approches scientifiques sont disponibles : l'expérimentation ou l'épidémiologie.

- L'expérimentation consiste à tester ces substances sur des cellules animales ou humaines ou sur des animaux.



- L'épidémiologie quant à elle consiste à suivre l'état de santé de populations exposées à certaines d'entre elles et à le comparer à des populations vivant dans des conditions semblables mais non exposées à ces mêmes substances. De telles études sont indispensables pour établir des normes.

Il est cependant impossible à l'heure actuelle de quantifier les effets à long terme des substances cancérigènes, lesquels n'apparaissent parfois qu'après plusieurs dizaines d'années, et de déterminer s'il existe un seuil en dessous duquel l'ingestion d'une telle substance serait sans effet.

On estime donc que ce seuil n'existe pas, c'est-à-dire que plus la quantité ingérée n'est faible, plus l'effet n'est petit. La dose limite à ne pas dépasser est alors fixée de manière à ce que son effet, estimé en termes de probabilité de risque sur une très large population, soit très faible, compte tenu de la consommation quotidienne d'eau des individus durant toute leur vie et de la plus grande vulnérabilité des enfants et des nourrissons.

Les normes ne font donc que définir, à un moment donné, un niveau de risque acceptable pour une population donnée. Elles dépendent par ailleurs étroitement des connaissances scientifiques et des techniques disponibles, notamment dans le domaine des risques sanitaires et dans celui de l'analyse chimique.

Elles peuvent donc être modifiées à tout moment en fonction des progrès réalisés.

Tous les pays du monde ne suivent donc pas les mêmes normes. Certains édictent leurs propres normes. D'autres adoptent celles conseillées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

II.6.1. Normes de l'OMS sur l'eau potable :

Ces dernières décennies, le développement de la chimie et de la microbiologie ainsi que de la toxicologie et de l'épidémiologie ont permis de détecter de nombreuses molécules chimiques et de nouveaux micro-organismes présentes dans les eaux naturelles et d'évaluer leurs effets sur la santé.

Pour la plupart de ces substances chimiques, le risque est surtout à long terme et les réglementations sont établies dans ce sens avec la notion de concentration maximale admissible (CMA) à respecter.



Tableau N° II.4 : Les lignes directrices de l'OMS concernant les composés physico-chimiques, 2013.

Elément/substance	Symbole/formule	Concentration normalement trouvée dans l'eau de surface	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al	/	0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (peut aller jusqu'à 0,3mg/l dans une eau anaérobie)	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	< 4 µg/l	0.02 mg/l
Arsenic	As	/	0,01 mg/l
Amiante		/	Pas de valeur guide
Baryum	Ba	/	0,7 mg/l
Béryllium	Be	< 1 µg/l	Pas de valeur guide
Bore	B	< 1 mg/l	0.5mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0,003 mg/l
Chlore	Cl	/	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur		/	Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺	/	2 mg/l
Cyanure	CN ⁻	/	0,07 mg/l
oxygène dissous	O ₂	/	Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	< 1,5 mg/l (up to 10)	1,5 mg/l



Dureté	mg/l CaCO ₃	/	200 ppm
Sulfure	H ₂ S	/	0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	0,5 – 50 mg/l	Pas de valeur guide
Plomb	Pb	/	0,01 mg/l
Manganèse	Mn	/	0,4 mg/l
Mercure	Hg	< 0,5 µg/l	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Nickel	Ni	< 0,02 mg/l	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ , NO ₂	/	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		/	< 5 UTN
pH		/	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 8.5
Sélénium	Se	<< 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Argent	Ag	5 – 50 µg/l	Pas de valeur guide
Sodium	Na	< 20 mg/l	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄	/	500 mg/l
Étain inorganique	Sn	/	Pas de valeur guide : peu toxique
Uranium	U	/	0.015 mg/l
Zinc	Zn	/	3 mg/l

[Source : site officiel de l'OMS.2013]



Tableau N° II.5 : Les lignes directrices de l'OMS concernant Composés organiques ,2013.

Groupe	Substance		Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alcanes chlorés	Tétrachlorométhane		$C Cl_4$	4 $\mu g/l$
	Dichlorométhane		$C H_2 Cl_2$	20 $\mu g/l$
	Dichloroéthane		$C_2 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide
Alcènes chlorés	Dichloroéthène		$C_2 H_2 Cl_2$	Pas de valeur guide
	Dichloroéthène		$C_2 H_2 Cl_2$	50 $\mu g/l$
	Trichloroéthène		$C_2 H Cl_3$	20 $\mu g/l$
	Tétrachloroéthène		$C_2 Cl_4$	40 $\mu g/l$
Hydrocarbures aromatiques	Benzène		$C_6 H_6$	10 $\mu g/l$
	Toluène		$C_7 H_8$	700 $\mu g/l$
	Xylènes		$C_8 H_{10}$	500 $\mu g/l$
	Ethylbenzène		$C_8 H_{10}$	300 $\mu g/l$
	Styrène		$C_8 H_8$	20 $\mu g/l$
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires		$C_2 H_3 N_1 O_5 P_3$	Non mentionné
Benzènes chlorés	Monochlorobenzène (MCB)		$C_6 H_5 Cl$	Pas de valeur guide
	Dichlorobenzènes (DCBs)	1,2-Dichlorobenzène (1,2-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	1000 $\mu g/l$
		1,3-Dichlorobenzène (1,3-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	Pas de valeur guide
		1,4-Dichlorobenzène (1,4-DCB)	$C_6 H_4 Cl_2$	300 $\mu g/l$
Trichlorobenzènes		$C_6 H_3 Cl_3$	Pas de valeur guide	
	Adipate de dioctyle		$C_{22} H_{42} O_4$	Pas de valeur guide



Constituants organiques micellaires	Acrylamide		$C_3 H_5 N O$	0.5 µg/l
	Epichlorhydrine		$C_3 H_5 Cl O$	0.4 µg/l
	Hexachlorobutadiène		$C_4 Cl_6$	0.6 µg/l
	Acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA)		$C_{10} H_{12} N_2 O_8$	600 µg/l
	Nitriloacétate (NTA)		$N(CH_2COOH)$	200 µg/l
	Organoétains	Dialkylétains	$R_2 Sn X_2$	Pas de valeur guide
Oxyde de tributylétains (TBTO)		$C_{24} H_{54} O Sn_2$	Pas de valeur guide	

[Source : site officiel de l'OMS.2013]

Tableau N° II.6 : Les lignes directrices de l'OMS concernant les Pesticides.2013.

Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Alachlore	$C_{14} H_{20} Cl N O_2$	20 µg/l
Aldicarbe	$C_7 H_{14} N_2 O_4 S$	10 µg/l
Aldrine and dièldrine	$C_{12} H_8 Cl_6 /$ $C_{12} H_8 Cl_6 O$	0.03 µg/l
Atrazine	$C_8 H_{14} Cl N_5$	2 µg/l
Bentazone	$C_{10} H_{12} N_2 O_3 S$	Pas de valeur guide
Carbofuran	$C_{12} H_{15} N O_3$	7 µg/l
Chlordane	$C_{10} H_6 Cl_8$	0.2 µg/l
Chlorotoluron	$C_{10} H_{13} Cl N_2 O$	30 µg/l
DDT	$C_{14} H_9 Cl_5$	1 µg/l
1,2-Dibromo-3-chloropropane	$C_3 H_5 Br_2 Cl$	1 µg/l
acide 2,4-Dichlorophenoxyacétique (2,4-D)	$C_8 H_6 Cl_2 O_3$	30 µg/l
1,2-Dichloropropane	$C_3 H_6 Cl_2$	40 µg/l
1,3-Dichloropropane	$C_3 H_6 Cl_2$	Pas de valeur guide



1,3-Dichloropropène	$\text{CH}_3 \text{CHClCH}_2 \text{Cl}$	20 µg/l
dibromure d'éthylène (EDB)	$\text{Br CH}_2 \text{CH}_2 \text{Br}$	Non mentionné
Heptachlore and epoxide d'heptachlore	$\text{C}_{10} \text{H}_5 \text{Cl}_7$	/
Hexachlorobenzène (HCB)	$\text{C}_{10} \text{H}_5 \text{Cl}_7 \text{O}$	/
Isoproturon	$\text{C}_{12} \text{H}_{18} \text{N}_2 \text{O}$	9 µg/l
Lindane	$\text{C}_6 \text{H}_6 \text{Cl}_6$	2 µg/l
MCPA	$\text{C}_9 \text{H}_9 \text{Cl O}_3$	2 µg/l
Methoxychlore	$(\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3)_2\text{CHCCl}$ 3	20 µg/l
Metolachlor	$\text{C}_{15} \text{H}_{22} \text{Cl N O}_2$	10 µg/l
Molinate	$\text{C}_9 \text{H}_{17} \text{N O S}$	6 µg/l

[Source : site officiel de l'OMS.2013]

Tableau N° II.7 : Les lignes directrices de l'OMS concernant les Désinfectants par produits.2013.

Groupe	Substance	Formule	Lignes directrices fixées par l'OMS	
Désinfectants	Chloramines	$\text{NH}_n\text{Cl}^{(3-n)}$, where n = 0,1 or 2	Non mentionné	
	Dichlore	Cl_2	5 mg/l	
	Dioxyde de chlore	ClO_2	Pas de valeur guide	
	iode	I_2	Pas de valeur guide	
	Bromate	Br O_3^-	10 µg/l	
	Chlorate	Cl O_3^-	70 µg/l	
	Chlorite	Cl O_2^-	70 µg/l	
	Chlorophenols	2-Chlorophenol (2-CP)	$\text{C}_6\text{H}_5 \text{Cl O}$	Pas de valeur guide
		2,4-Dichlorophenol (2,4- DCP)	$\text{C}_6\text{H}_4 \text{Cl}_2 \text{O}$	Pas de valeur guide



Désinfectant par produits		2,4,6-Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	$C_6H_3Cl_3O$	200 µg/l
	Formaldéhyde		HCHO	Pas de valeur guide
	Trihalométhanes	Bromoforme	$CHBr_3$	100 µg/l
		Dibromochlorométhane	$CHBr_2Cl$	100 µg/l
		Bromodichlorométhane	$CHBrCl_2$	60 µg/l
		Chloroforme	$CHCl_3$	300 µg/l
	Acides acétiques chlorés	Acide Monochloroacétique	$C_2H_3ClO_2$	Pas de valeur guide
		Acide Dichloroacétique	$C_2H_2Cl_2O_2$	50 µg/l
		Acide Trichloroacétique	$C_2HCl_3O_2$	20 µg/l
	Hydrate de chloral (trichloroacétaldéhyde)		$CCl_3CH(OH)_2$	Pas de valeur guide
	Chloroacétones		C_3H_5OCl	Pas de valeur guide
	Halogénés	Dichloroacétonitrile	C_2HCl_2N	20 µg/l

[Source : site officiel de l'OMS.2013]

II.6.2. Interprétation pratique des normes de l'eau :

Globalement, l'eau potable doit obéir aux normes définies par la réglementation.

La valeur guide a été établie pour protéger la santé de la population sur la base d'une consommation pour toute la durée de la vie.

Tout dépassement de la valeur fixée doit éveiller l'attention des autorités compétentes et les inciter à en rechercher l'origine dans le but d'y remédier dès que possible. Il convient de reconnaître clairement la nécessité d'apprécier qualitativement et quantitativement le risque et le bénéfice sans négliger d'autres facteurs comme les possibilités techniques et économiques.

Pour les constituants chimiques, une exposition à des niveaux plus élevés peut éventuellement être tolérée dans le cas d'une pollution accidentelle en tenant compte des caractéristiques spécifiques de la substance en cause, de sa concentration et de la durée du temps de consommation.



II.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons définis les qualités générales des eaux issues de diverses sources, puis on a parlé sur les principaux paramètres de la qualité des eaux.

Produire une eau potable, il faut bien choisir le type de la source et la filière de traitement qui lui correspondante.

Dans le but de produire une eau potable et satisfaire les besoins de notre population en quantité et en qualité, on va étudier le cas de la station de traitement TAKSEPT wilaya de TIZI-OUZOU.

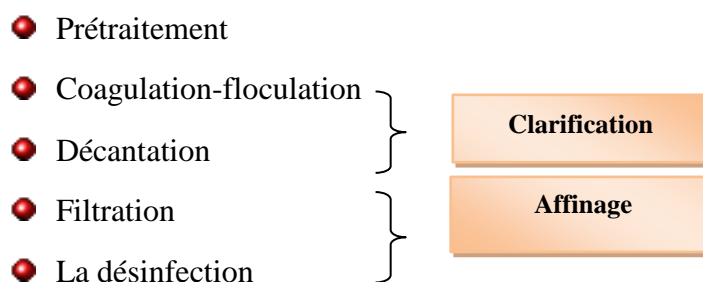


Chapitre III :

FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES

*Chapitre –III-***FILIERES DE TRAITEMENT DES EAUX POTABLES****III.1.Introduction :**

Dans le but de produire une eau potable conforme aux normes Algériennes et d'OMS à partir d'une eau de surface telle que le « **BARRAGE TAKSEPT** », On va montrer dans ce chapitre l'agencement de la chaîne de traitement, combinant plusieurs technologies, permettent de traiter les eaux de surface en vue de les rendre potables et propre à la consommation humaines. Notre station de traitement d'eau potable comprend une filière complète de traitement physico-chimique identique à celle qui est utilisée dans les stations conventionnelles à savoir :

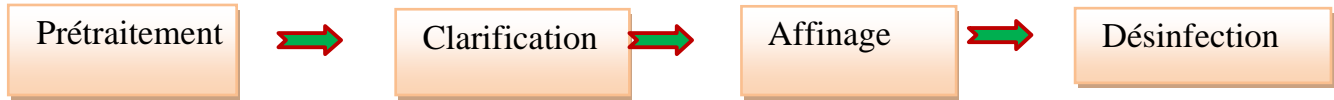
**III.2.Choix de la filière de traitement**

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié, sachant qu'il y a une règle très importante en traitement des eaux c'est lorsque la valeur de la turbidité est supérieure à 5 NTU, on doit appliquer un procédé de traitement complet et la rendre inférieure à 1 NTU.

L'eau va donc subir plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable, Quelle que soit l'origine de l'eau, La filière classique de traitement, est constituée de trois types de traitement : étapes de prétraitement, étapes de clarification et des étapes d'affinage dont la désinfection constitue une étape obligatoire.



Ⓜ Les Principales étapes de traitement d'eaux destinées à la consommation :



III.3.Le Prétraitement :

En général, les prétraitements regroupent les opérations unitaires suivantes :

❖ **Une aération**, qui permet d'éliminer une partie des gaz qui gênent les autres étapes de traitement.

Elle s'effectue :

- Par barbotage de gaz
- Par cascade (favorise le passage des gaz vers l'atmosphère) ;

❖ **Un dégrillage**, pour éliminer les corps flottants et les gros déchets ;

❖ **Un dessablage**, pour éliminer les particules fines ($\geq 200\mu\text{m}$) ;

❖ **Un tamisage** (macrotamisage et microtamisage) qui permet de retenir les particules fines à travers des tamis ;

❖ **Une préoxydation** appelée aussi une pré-chloration (effectuée au captage ou à la station) qui a pour rôle :

- Améliorer la clarification
- Eliminer Fe^{2+} et Mn^{2+} et NH_4^+ et oxyder la matière organique.

III.3.1.Dégrillage et tamisage

Réservés aux eaux de surface et aux eaux résiduaires, ce sont des procédés mécaniques.

Les gros déchets sont retenus par une simple grille, les plus fins dans des tamis à mailles fines.



III.3.1.1. Le dégrillage

Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets qui interfèrent avec le fonctionnement des équipements aval. Le dégrillage sert également à empêcher l'accès des poissons aux ouvrages (poste de pompage, conduite et installation de traitement).

En fonction de l'écartement entre les barreaux de la grille, on distingue :

- Le dégrillage grossier, pour des écartements supérieurs à 40mm,
- Le dégrillage moyen, pour des écartements de 40mm à 10mm ;
- Le dégrillage fin, pour des écartements de 10mm à 6mm ;

En fonction des besoins on peut associer un ou plusieurs types de grilles.

-Trois types de dégrilleurs peuvent être utilisés à cette fin :

❖ **Grilles à nettoyage manuel** : La grille à nettoyage manuel est légèrement inclinée (afin de faciliter le raclage) et est surmontée d'une plate-forme qui facilite le ramassage manuel des débris retirés de l'eau. La grille doit être amovible et dotée d'un système mécanique ou motorisé permettant son relevage à des fins de nettoyage ; Les tiges qui composent le grillage doivent être robustes en plus d'être droites, rondes ou rectangulaires ; généralement utiliser pour les petites installations, à faible charge de débris.

❖ **Grilles mobiles à nettoyage automatique**

Ces grilles sont composées d'une série de tamis rectangulaires dont le mouvement mécanique est rotatoire et ascendant. Chaque tamis est nettoyé par des jets d'eau lorsqu'il atteint le niveau du plancher ; généralement utiliser pour les moyennes installations avec débit de (20 000 M³/J).

❖ **Grilles fixes à nettoyage automatique**

Ces grilles, fixes et robustes, sont équipées d'un système de raclage permettant de gérer efficacement d'importantes quantités de débris de différentes tailles ; généralement utiliser pour Grandes installations (>20 000 M³/J).



III.3.1.2. Le tamisage

Le tamisage est un procédé destiné à faire passer l'eau à travers une toile ou une membrane poreuse pour retenir les particules fines et réduire le colmatage des autres ouvrages de la filière de traitement, il est inutile en cas de coagulation, floculation et décantation.

On distingue :

- Le macrotamisage (dimensions de mailles $> 250 \mu\text{m}$) ;
- Le microtamisage ($30 \mu\text{m} < \text{dimensions de mailles} < 150 \mu\text{m}$) ;

III.3.1.3. Le dessablage :

Le dessablage a pour fonction d'extraire des eaux brutes les matières abrasives telles que les graviers, les sables et autres particules de granulométrie supérieure à $200 \mu\text{m}$ afin d'éviter les risques d'endommager les équipements mécaniques, le colmatage des conduites et les dépôts dans les ouvrages en aval.

De nombreux systèmes existent : dessableur couloir, rectangulaire ou circulaire avec ou sans brassage à l'air et des ouvrages combinant les fonctions dessableur-dégraisseur.

Si la station comporte un tamisage, le dessablage doit se faire en amont, pour protéger les tamis, et tout ça en fonction de la qualité de l'eau et la taille et le pourcentage des particules granulaires véhiculées par l'eau à traiter.

III.3.1.4. La pré-oxydation(ou Pré-chloration) :

La pré-chloration et avant tout utilisées pour le contrôle de la croissance des algues, et élimination les matières organiques et l'ammoniaque contenue dans l'eau. Le chlore c'est le plus connu. En solution, le chlore réagit avec l'eau pour former deux composés, l'acide hypochloreux (HClO) et des ions hypochlorites (ClO^-). L'acide hypochloreux a un effet bactéricide plus important que l'ion hypochlorite.



On utilise pour la Pré-chloration le chlore à une dose de (1 à 2) g/m³ ; L'injection du chlore s'effectue directement en conduite par l'intermédiaire d'une pompe doseuse.

-La pré-oxydation peut avoir plusieurs objectifs :

- L'élimination de la couleur, des odeurs et du goût ;
- L'élimination de l'ammoniaque contenue dans l'eau ;
- L'élimination du fer et du manganèse en les transformant en hydroxydes insolubles facilement séparables par décantation et filtration ;
- L'oxydation des matières organiques dissoutes en les transformant en composés facilement biodégradables ;
- Amélioration de la qualité microbiologique ;
- Contrôle de la prolifération des algues ;

Réactifs utilisés :

Le choix d'un oxydant dépend de la qualité des eaux brutes et des objectifs de traitement fixés.

Les réactifs mis en œuvre pour la pré-oxydation sont identiques à ceux utilisés pour la désinfection.

Les composés les plus utilisés pour la pré-oxydation sont :

- Le chlore et ses dérivés (chlore gazeux, eau de javel, hypochlorite de calcium et ClO₂) ;
- L'ozone ;
- le rayonnement UV ;
- KMnO₄ (Ce dernier n'est pas utilisé dans la désinfection en raison de sa faible vitesse de réaction vis-à-vis des bactéries).

Remarque :

L'oxydation et la désinfection sont deux étapes bien distinctes :

- L'oxydation intervient au début de la filière de traitement, entre le traitement physique et la clarification, on parle de la pré-oxydation.
- La désinfection intervient à la fin de la filière de traitement, juste avant la distribution.



La figure ci-dessous résume les étapes applicables dans la phase du prétraitement.

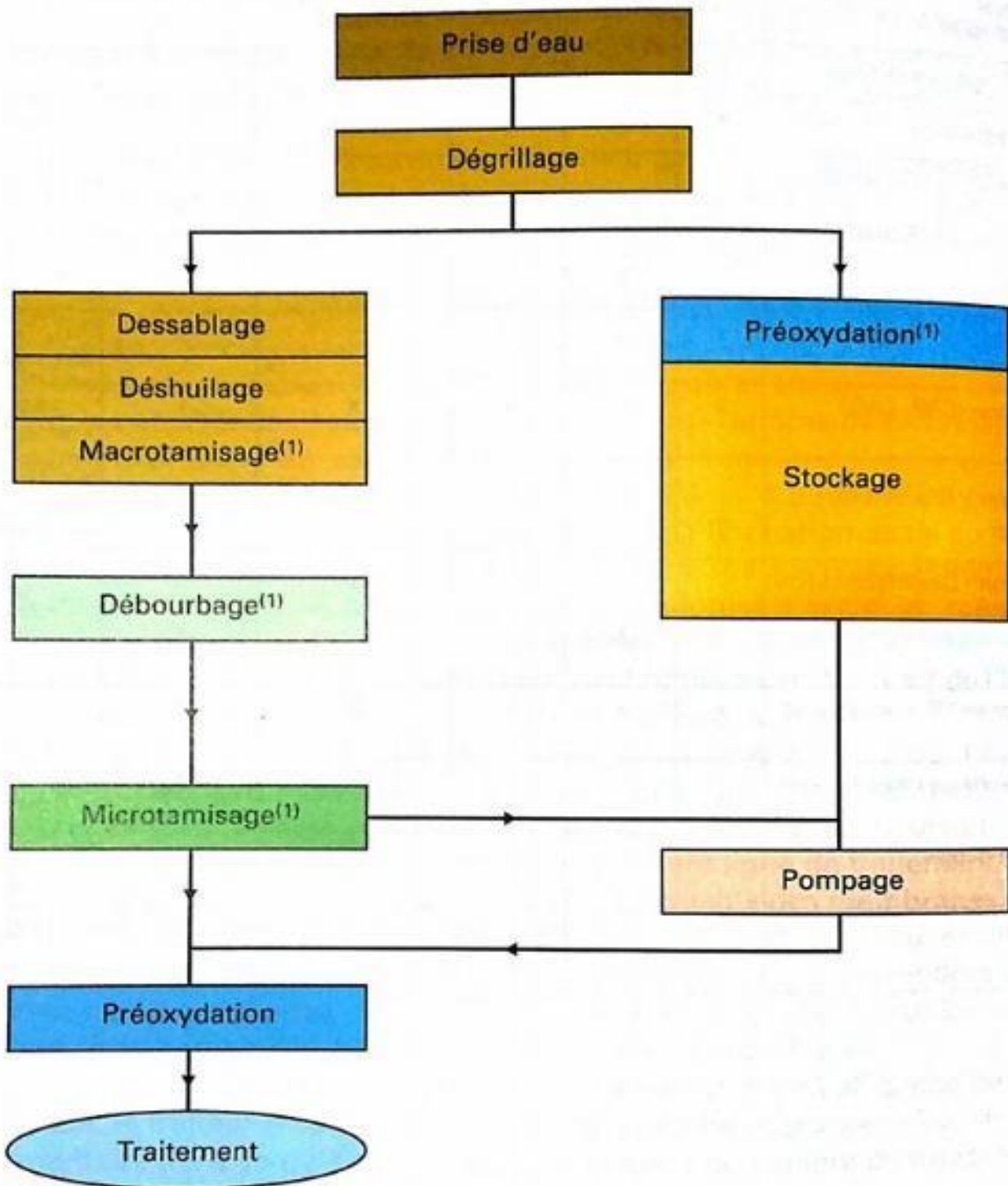


Figure III.1 : les étapes applicables au prétraitement



III.4.Coagulation-Floculation :

La turbidité et la couleur de l'eau sont principalement causées par des particules très petites dites particules colloïdales. Ces particules qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin.

Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces particules n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres.

Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés coagulation- floculation. La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération, par contre la floculation favorise leur agglomération.

III.4.1.but de coagulation-floculation :

Dans une chaîne de traitement conventionnelle, la coagulation consiste à déstabiliser les particules, tandis que la floculation consiste à faire agglomérer les particules déstabilisées, pour former des floccs par absorption et agrégation. Les floccs ainsi formés subiront une décantation et une filtration par la suite

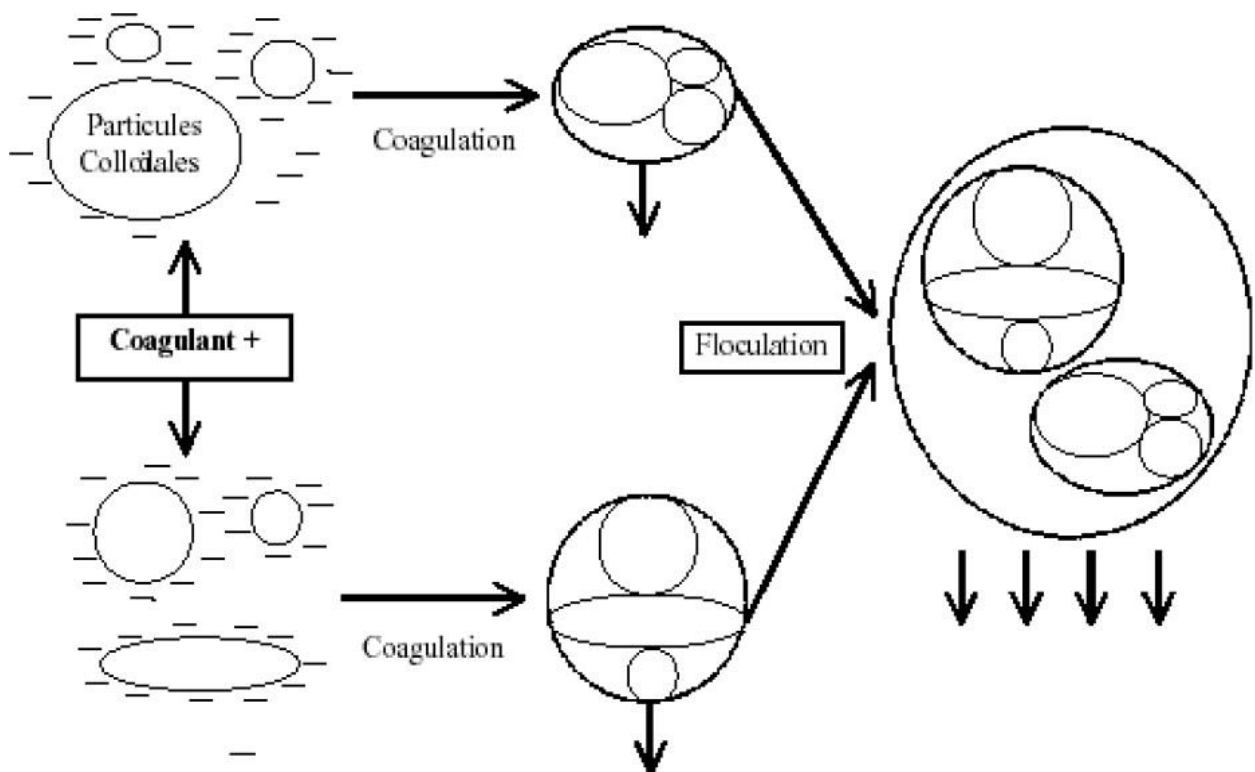


Figure III.2 : Coagulation Floculation.



III.5.coagulation :

Les particules présentes dans les eaux naturelles sont chargées négativement et sont entourées d'un nuage ionique ; Ces particules vont se repousser et n'auront pas tendance à former des agrégats plus gros et donc plus facile à éliminer. Elles demeurent donc stables.

Il se crée au voisinage de la surface des particules colloïdales, un arrangement ionique spécifique. Cet environnement ionique est décrit par la théorie de la double couche.

En effet, les ions positifs présents dans l'eau neutralisent la charge à la surface de la particule et forment une couche liée (théorie de Helmholtz) appelée couche de Stern. Cette couche se déplace avec la particule et attire à son tour des ions négatifs accompagnés d'une faible quantité de cations inégalement répartie et formant la couche Diffuse (théorie de Gouy-Chapman). Cette dernière ne se déplace pas avec la particule d'où l'inégalité dans la densité et la répartition des ions la composant.

Il existe entre ces deux couches un potentiel électrostatique ou de NERNST, qui varie en fonction de la distance par rapport à la surface du colloïde.

Dans la couche de Stern, le potentiel de NERNST décroît linéairement car les cations constitutifs sont empilés uniformément. En revanche, dans la couche de GOUY, le potentiel électrostatique varie de manière non linéaire, étant donné que la répartition ionique résulte d'un mélange aléatoire de cations et d'anions

Le plan séparant la couche fixe de la couche diffuse est appelé plan de cisaillement ou plan de Stern. La valeur du potentiel à la surface de la couche de NERNST est appelé potentiel zêta. Les particules de potentiel zêta négatif se repoussent très fortement. C'est pourquoi, les colloïdes sont très stables et toute agglomération est inhibée.

Au niveau du plan de cisaillement, il existe une différence de potentiel, appelée Potentiel Zeta. Le potentiel Zéta est important car il définit le comportement électrocinétique des particules et par voie de conséquence leur stabilité dans la solution



III.5.1. But de la coagulation :

Le but de la coagulation est de déstabiliser les particules colloïdales. Cela permet aux Particules de s'agglomérer et de décantent plus rapidement.

Quatre mécanismes sont proposés pour expliquer la déstabilisation des particules et leur agglomération :

- Compression de la double couche ;
- Adsorption et neutralisation des charges ;
- Emprisonnement des particules dans un précipité ;
- Adsorption et pontage entre les particules.

III.5.2. Les coagulants usuels utilisés sont :

- sulfates d'aluminium : $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, dosage moyens 15 à 40 mg/l ;
- chlorure ferrique : $FeCl_3$; moins sensible que le sulfate d'aluminium au contrôle du pH, et meilleure dans le traitement de la couleur
- le sulfate ferreux : $Fe(SO_4)_3$.
- Aluminate de sodium : $NaAlO_2$.

Les coagulants les plus utilisés dans le traitement des eaux sont le sulfate d'Aluminium $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ et le chlorure ferrique, $(FeCl_3 \cdot nH_2O)$.

III.5.3. Critère de choix d'un coagulant

Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et les matières organiques d'une eau.

Le coagulant le plus utilisé dans le monde est **le sulfate d'aluminium** puisque c'est le moins cher des trivalents. Cependant, il présente des désavantages :

1. Sanitaires

- Les résidus d'aluminium jouent un rôle dans des maladies telles que l'Alzheimer.

2. Environnementaux

- Résidus métalliques traces.



3. Techniques

- Peu efficace dans les eaux froides.
- La consommation d'alcalinité conduit à une baisse du pH.

4. Economiques

- Coût élevé pour les pays en voie de développement.

Une alternative à ces problèmes est l'utilisation de coagulants naturels, tels que Moringa Oleifera, qui est peu coûteux et, en général, non toxique pour la santé et l'environnement.

III.5.4. Paramètres affectant la coagulation

Le processus de coagulation est complexe et peut être influencé par plusieurs facteurs. Nous nous limiterons à la température, le pH et l'alcalinité. Toutefois, il convient de préciser que d'autres paramètres tels que la dose du coagulant, la concentration des particules colloïdales, la couleur, la présence d'anions et cations, l'intensité du mélange et le potentiel Zéta sont importants.

III.5.4. 1. Effets de la température

Une diminution de la température entraîne :

- La diminution de la solubilité des coagulants ;
- l'augmentation de la viscosité de l'eau, ce qui freine la décantation des floccs.

Les solutions proposées sont :

- Ajuster le pH en eau froide afin que la solubilité des coagulants soit minimale ;
- Augmenter l'intensité du mélange afin que le coagulant soit mieux dispersé et qu'un flocc de meilleure qualité soit obtenu.

III.5.4.2. Effets du pH

Le pH est l'un des paramètres qui affecte le plus la coagulation-floculation. Son contrôle est donc recommandé. Selon les caractéristiques d'une eau, il existe un pH optimal qui correspond à la forme solide de $\text{Al}(\text{OH})_3$ et $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (solubilité minimale), c'est le PH iso électrique.

III.5.4.3. Effet de l'alcalinité

L'alcalinité naturelle de l'eau réagit avec l'aluminium pour former le précipité $\text{Al}(\text{OH})_3$ mais la perte d'alcalinité se traduit par une chute de pH. Cette acidification peut donc perturber la formation du précipité d'hydroxyde et il est parfois nécessaire d'ajouter de la



soude, de la chaux ou du calcaire pour rester dans la zone de pH optimal.

III.5.4.5. Vitesses et temps d'agitation

Lors de l'introduction du coagulant dans l'eau, on procède à une agitation rapide pour la dispersion et l'homogénéisation de la solution. Mais une agitation intense empêche l'agrégation des particules, tandis qu'une agitation prolongée, permet l'effraction des liaisons entre coagulant et la surface des particules.

III.5.5. Détermination du pH optimal et de la dose de coagulant optimale :

Le pH optimal et la dose de coagulant optimale, peuvent être déterminés expérimentalement grâce à l'essai de JARTEST.

III.5.5.1. Détermination du pH optimal

- Remplir les béchers avec l'eau à traiter ;
- Ajuster le pH de chaque bécher à une valeur prédéterminée (pH= 5.0 ; 5.5 ; 6.0 ; 6.5 ; 7.0 ; 7.5)
- Ajouter la même concentration de coagulant dans chaque bécher.

Nous agitons à 150 tr/min, durant 1 minute et à 40 tr/min, durant 20 minutes. Ensuite nous laissons décanter pendant 30 minutes, puis nous mesurons la turbidité résiduelle dans chaque bécher.

Le pH optimal correspond à la turbidité résiduelle minimale.

III.5.5.2. Détermination de la dose de coagulant optimale

- Remplir les béchers avec l'eau à traiter ;
- Ajuster le pH de la solution au pH optimal.
- Ajouter différentes concentrations de coagulant ([coag.] = 5 ; 10 ; 12 ; 15 ; 20 ; 30 mg/l)
- Nous répétons la même procédure expérimentale.

La dose de coagulant correspond à la turbidité résiduelle minimale.





Figure III.3 : Essai de jar-test.

III.5.6. Agitation :

La coagulation requiert un mélange rapide pendant un temps qui varie habituellement de 1 à 2 min. On va donc chercher à avoir un gradient de vitesse élevé de l'ordre de 500 à 1000 s⁻¹

L'équation suivante relie le gradient de vitesse à la puissance réellement dissipés par les pales de l'agitateur :

$$G = \sqrt{\left(\frac{P}{\mu V}\right)}$$

Avec :

P (watts) : la puissance de l'agitateur dissipée dans le bassin de coagulation

μ (Pa s) : la viscosité dynamique de l'eau

V (m³) : le volume d'eau dans le bassin.



Voici un système d'agitation rapide dit (chambre de mélange).

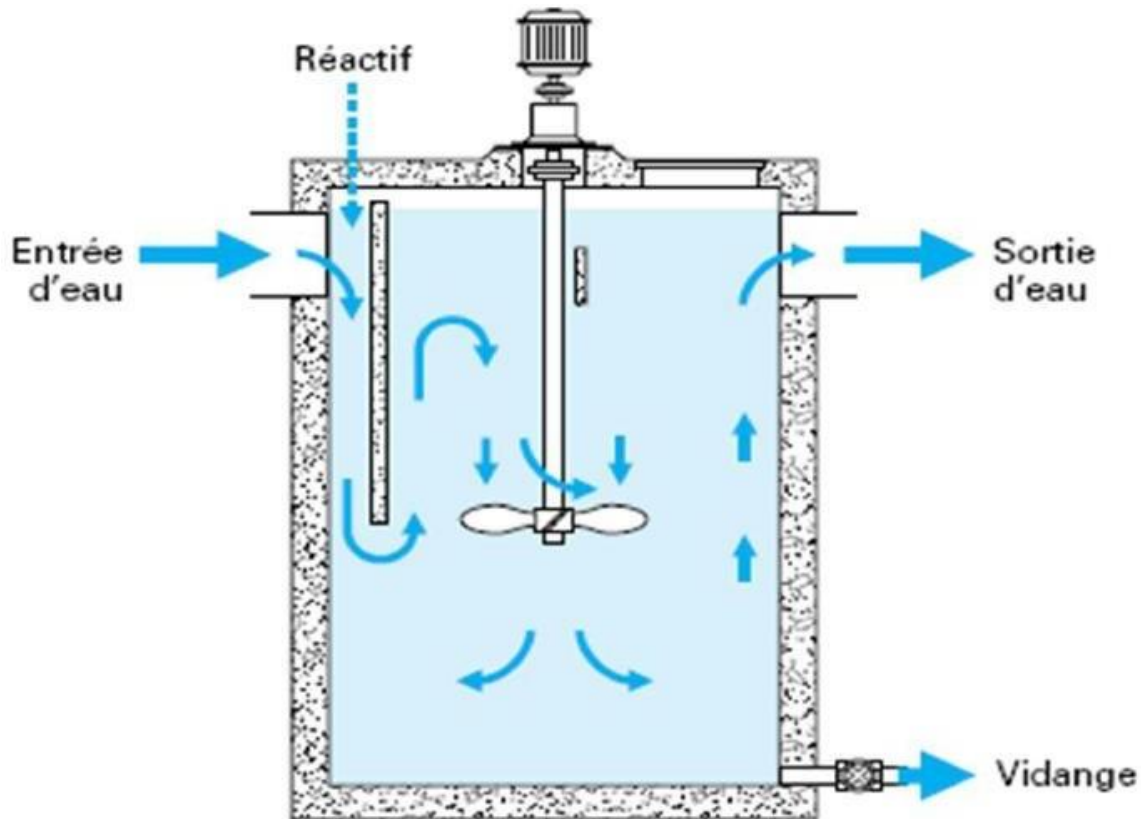


Figure III.4 : Chambre de mélange avec agitateur rapide.

III.6.Floculation :

La floculation est le processus qui favorise le contact entre les particules colloïdales déstabilisées ; qui conduit à la croissance en taille et la diminution en nombre de particule en solution, afin de former des floes plus gros qui font être éliminé par le processus de décantation.

Pour réaliser cette opération on a deux mécanismes qui assurent la mobilité des particules : le mouvement brownien (**floculation péricinétique**) ; et le brassage mécanique (**floculation orthocinétique**).

❖ Floculation péricinétique (ou Micro floculation)

Durant ce type de floculation, les particules colloïdales entrent en contact, sous l'effet du mouvement brownien (mouvement aléatoire des molécules d'eau, soumises à un gradient thermique) et tendent à s'agglutiner les unes aux autres ; c'est la floculation péricinétique.



❖ Flocculation orthocinétique (ou Macro flocculation) :

Processus d'agrégation des particules dont le diamètre est $> 1\mu\text{m}$.

Ce type de flocculation est fonction de l'énergie dissipée dans le fluide. Elle est donc causée par le brassage de l'eau qui permet d'augmenter les chances de contacts entre les particules. La vitesse du fluide varie dans l'espace et dans le temps et est caractérisée par le gradient de vitesse, L'efficacité du processus lorsque le régime est turbulent.

III.6.1.Aides flocculants usuels :

Plusieurs aides flocculant sont utilisés pour faciliter la flocculation :

- **Poly électrolytes** : polymères de très haut poids moléculaire, Les dosages usuels sont de 0,05 à 0,5 mg/l ;
- **Silice activée** : Silice activée par aluminat de sodium, qui alourdit les flocons et agit Aussi comme adsorbant pour certains micropolluants. Les dosages usuels sont de 0,5 à 4 mg/l SiO₂.

III.6.2.Agitation :

La flocculation requiert une agitation moins forte que la coagulation. L'agitation doit être suffisamment forte pour favoriser les contacts entre les flocons mais pas trop forte pour briser les flocons déjà formés. Le gradient de vitesse est défini par l'équation suivante :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Avec :

P = puissance réellement dissipée (W)

V = volume du bassin m³

μ = viscosité dynamique de l'eau (kg/m.s)

Le taux de collision est proportionnel à G

Le nombre de collision est proportionnel à $G \times t = G \times V/Q$

Dans un flocculateur classique l'agitation est assurée par un ensemble de pales parallèles à l'axe de rotation et qui tourne à vitesse constante.

La puissance dissipée dans le cas d'un flocculateur à pales est :



$$P(w) = 1/2 C_d \rho \cdot A_p \cdot v^3$$

Avec :

C_d : coefficient de traînée (C_d = 1.8 pour une pale plate)

A_p (m²) : surface de la pale

v (m/s) : vitesse relative de la pale par rapport au liquide = 0.75v_p

V_p : vitesse de la pale

Le nombre de camp doit $10^4 < G \times t < 10^5$ et **G varie de 600 à 1000 S⁻¹**

III.6.3. Les différents types de flocculateur :

III.6.3.1. Flocculateur à chicanes

Ce type de flocculateur est constitué d'un long canal muni de chicanes disposées de façon à provoquer le degré de turbulence voulu.

❖ Normes de conception :

- Temps de séjour de l'eau : 15 à 40 mn
- Nombre de chicanes : 16 à 24
- Espacement des chicanes : 0.6 à 1m
- Vitesse linéaire de l'eau :
- Parallèle aux chicanes : 0.15 à 0.20 m/s
- A l'extrémité des chicanes : 0.50 m/s

❖ Flocculateur à brassage mécanique

Ce type de flocculateur est généralement constitué de 2 à 4 chambres chacune munie d'un agitateur à pales dont la vitesse est réglable.

On calcule ces flocculateurs pour :

- Temps de séjour de l'eau : 20 à 40 mn
- Vitesse d'écoulement de 0.2 m/s
- Pour assurer un brassage intime de l'eau, on choisit des pales longues et étroites.

L'eau atteint un degré de brassage de 25% de la vitesse de la pale.



III.7. Décantation :

décantation est un procédé de clarification des eaux. Elle a pour but d'éliminer les MES et les floes issus de la coagulation floculation ou les particules s'agglomèrent à un certain rythme, et les particules qui résultent de cette agglomération sont à la fois plus grosses et moins denses que les particules initiales.

Sous l'action de pesanteur, les particules dont la masse volumique supérieure à celle de l'eau atteintes le fond et l'eau claire est collectée à la surface .

III.7.1. Type de décantation :

- Décantation des particules discrètes.
- Décantation des particules floculantes (décantation diffuse).
- Décantation en piston (décantation freinée).
- Décantation par compression de boues.

III.7.2. Principe de la décantation :

Toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. La force de pesanteur, permet la chute de cette particule. Les forces de frottement dues à la trainée du fluide s'opposent à ce mouvement.

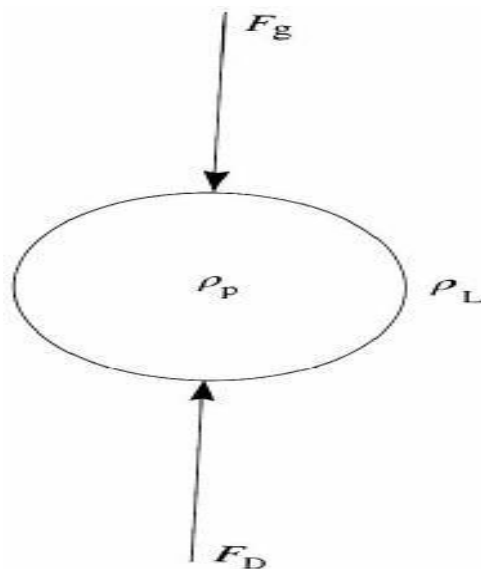


Figure III.5 : Forces agissant sur une particule qui chute.

-La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et colloïdes (rassemblés



sous forme de floc après l'étape de coagulation-floculation). Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur. Il existe différents types de décanteurs parmi ceux il y a les décanteurs classiques et les décanteurs lamellaires.

- ❖ **Les décanteurs classiques** sont caractérisés par la surface de décantation égale à la surface de base.
- ❖ **Les décanteurs lamellaires** consistent à multiplier dans un même ouvrage les surfaces de séparation eau/boues en disposant dans la zone de décantation lamellaires parallèles et inclinés par rapport à l'horizontale à fin de gagner en terme de d'espace.

III.7.3. Différents types de décanteurs :

III.7.3.1. Décanteurs à flux horizontaux :

Dans ces bassins, la condition pour qu'une particule soit retenue et qu'elle ait le temps d'atteindre le fond avant le débordement ou la sortie de l'ouvrage.

Un décanteur à flux horizontaux est caractérisé par :

- Le débit traversée Q ;
- Sa surface S ;
- Sa hauteur entre le plan d'eau libre et le radier h .

La possibilité pour les particules d'atteindre le fond de l'ouvrage est évidemment envisageable seulement si $V_p > Q/S$.

Le terme $Q/S = V_0$ est appelée **vitesse de Hazen**, il s'exprime souvent en mètre cube par heure mètre carré ($m^3/h m^2$) ou mètre par heure (m/h)



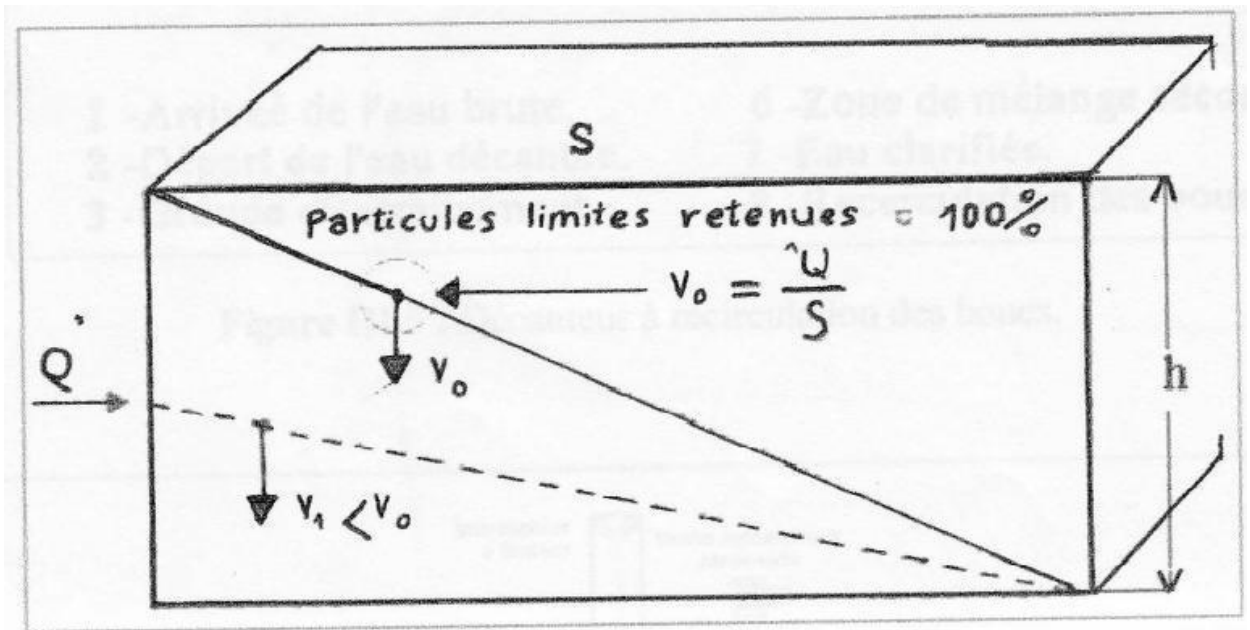


Figure III.6 : Décanteur à flux horizontale.

III.7.3.2. Décanteurs à flux verticaux :

Dans ce type d'ouvrage l'eau suit un trajet vertical. La vitesse de chute des particules est contrariée par une force résultante de la composition de la force de frottement et de la vitesse ascensionnelle de l'eau.

On rencontre

- Des décanteurs dits statiques,
- Des décanteurs à recirculation de boues,
- Des décanteurs à lit de boues.



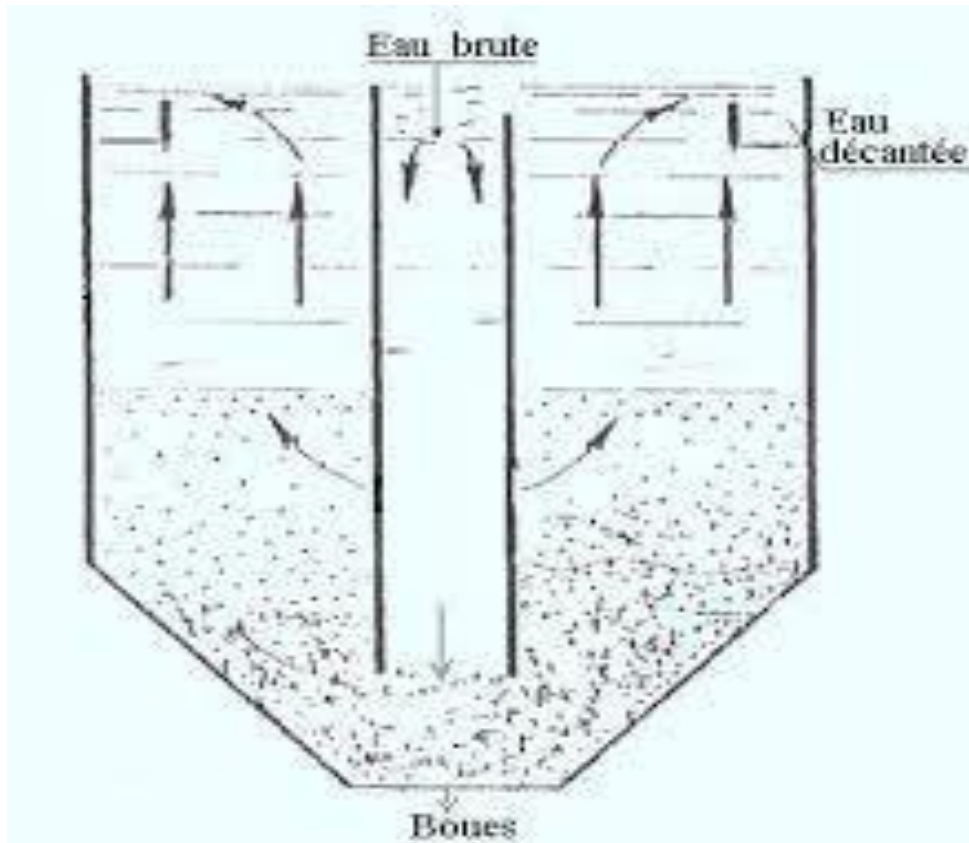


Figure III.7 : Décanteur à flux verticale.

III.7.3.2. Décanteurs à recirculation des boues :

Ces décanteurs comportent une zone centrale de réaction entourée d'une zone de décantation. Ces deux zones communiquent par le haut et par le bas.

Une turbine située à la partie supérieure de la zone de réaction fait circuler l'eau vers la zone de décantation.

Les boues qui se déposent dans cette dernière reviennent par circulation induite dans la zone centrale. L'enrichissement en boue qui en résulte permet une floculation rapide et la formation d'un précipité dense.

Eventuellement, un agitateur de fond assure un mélange rapide de l'eau brute avec la boue et les réactifs. Il évite en outre l'accumulation des dépôts lourds susceptibles de boucher l'appareil.

Une ou plusieurs fosses à boues permettent d'extraire les boues en excès, sous une forme aussi



concentrée que possible.

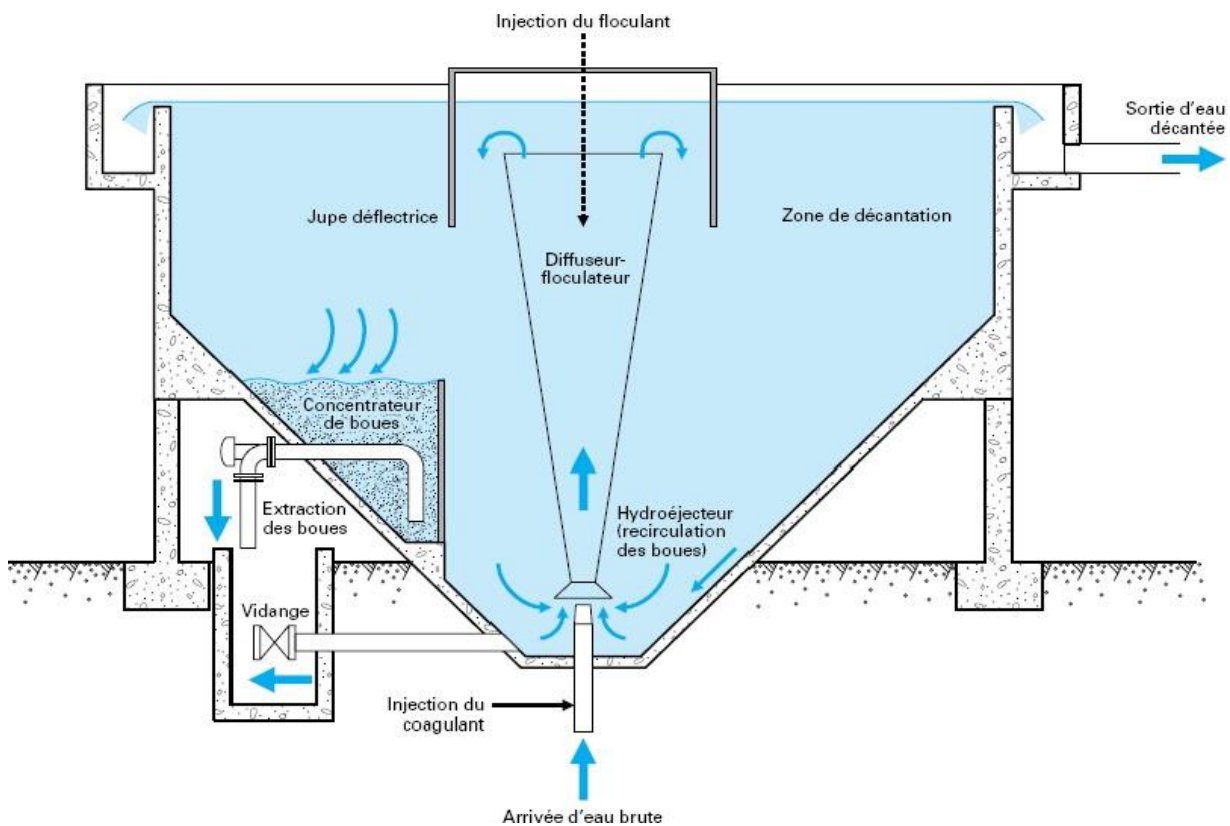


Figure III.8 : Décanteur à recirculation des boues.

III.7.3.3. Décanteurs tubes :

Il existe deux types de décanteurs à tubes : ceux dont les tubes sont légèrement inclinés par rapport à l'horizontale (7°) et ceux dont les tubes sont fortement inclinés par rapport à l'horizontale (60°). Ces deux types de décanteurs sont habituellement constitués d'un empilement de tubes de section carré de 5 cm de côté.

Les tubes inclinés de 7° ont une longueur de 0.6, 1.2, 1.8 ou 2.4 m leur fonctionnement est associé à celui des filtres. Ainsi lorsque l'eau floculée pénètre dans le décanteur, les particules de floc s'y accumulent, alors que le liquide surnageant est acheminé vers les filtres.

Les tubes fortement inclinés (60°), leur forte inclinaison permet d'obtenir une auto nettoyage continu. Ces tubes ont une longueur de 0.6, 1.2, 1.8 ou 2.4 m, l'eau s'écoule de bas en haut, et le solide se dépose sur la paroi inférieure pour glisser jusqu'au fond de bassin.



L'eau clarifiée est acheminée vers des gouttes situées près de la surface et déversée sur les filtres.

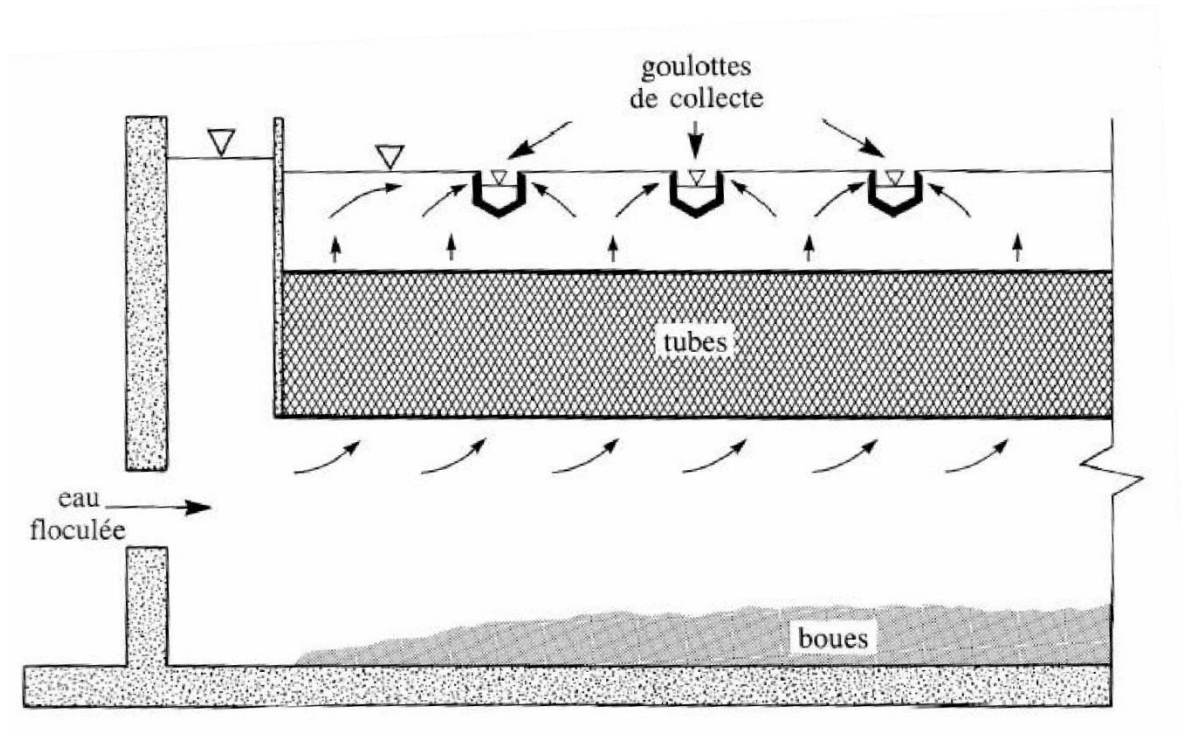


Figure III.9 : Décanteur à tube inclinés à 60°.

III.7.3.4. Décanteurs statiques (simples ou lamellaires) :

On trouve là de nombreux types de décanteurs, circulaires ou rectangulaires, raclés ou non raclés, précédés ou non d'un flocculateur ; les plus récents peuvent en outre être garnis d'un dispositif de décantation lamellaire (plaques ou tubes, inclinés à 60° sur le plan horizontal).

III.7.3.5. Décanteurs à lit de boues :

Ce type d'appareil est surtout représenté par le **Pulsator** dans lequel l'eau à clarifier traverse verticalement le lit de boues qui joue un rôle de filtre fluidisé très efficace. Les pulsations (qui lui ont donné son nom) garantissent la bonne floculation et l'homogénéité du lit de boues, la vitesse autorisée est souvent 2 à 3 fois celle d'un appareil statique.



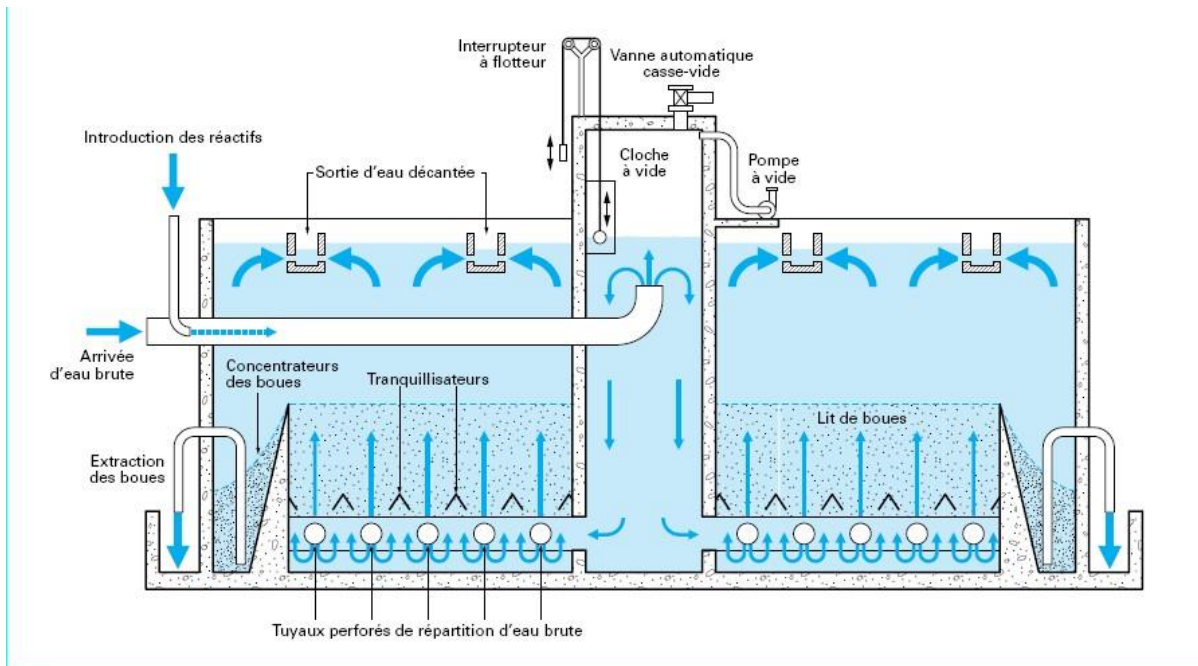


Figure III.10 : Décanteurs à lit de boues

III.8.Filtration :

La filtration est un procédé de physique. Elle consiste à faire passer l'eau à traiter à travers un matériau poreux de haut vers bas.

Elle permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et de certains goûts et odeurs.

Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'accumulent en causant le colmatage du filtre ; donc afin de lutter contre le colmatage de ce dernier, il faut bien contrôler de deux paramètres :

- La turbidité (doit être < 1 NTU)
- La perte de charge (valeur max 2.5m/m linéaire)

Au cours du temps le filtre se colmate il faut le laver en injectant une eau filtrée du bas vers le haut. Le matériau filtrant peut être granulaire ou membranaire.

La filtration granulaire est la plus utilisée dans les chaînes de traitement classique (filtration sur colonne). Le matériau peut être le sable, le charbon actif, anthracite...etc

L'efficacité du procédé dépend :

- des caractéristiques du filtre (la porosité, le diamètre des pores, la taille et la forme des grains),



- des particules présentes dans la suspension (la concentration, la taille, la forme et la densité),
- des caractéristiques du fluide (la viscosité et la densité)
- de l'écoulement (le débit et le nombre de Reynolds).

III.8.1.Types de filtre :

Pour le traitement d'eau potable, on utilise principalement :

- des filtres à sable rapides
- des filtres à sable lent
- des filtres sous pression
- des filtres à terre diatomée.
- des filtres à tambours.

Les types de filtres sont classés suivant la vitesse de filtration :

- **filtres lents** : 1 à 2 m/h sont efficaces mais exigent de grandes surfaces.
- **Filtres rapides** : 5 à 25 m/h sont les plus réponsus, il en existe deux catégories :
- **les filtres ouverts ou filtres rapides gravitaires** d'où la couche d'eau à filtrer est de 0.5 m.
- **les filtres sous pression.**

III.8.1.1.Filtration lent sur sable

Dans les circonstances appropriées, la filtration lente sur sable est, non seulement la technologie la moins onéreuse et la plus simple de filtration, mais aussi la plus efficace pour le traitement des eaux.

Ses avantages pratiques ont été démontrés sur une longue période, et elle est encore la méthode privilégiée pour la purification de l'eau dans certaines parties du monde.



Temps de séjours : 3-12h
 Réaction photochimique et biologique

Phénomènes biologiques
 Permettant la transformation de
 la matière organique

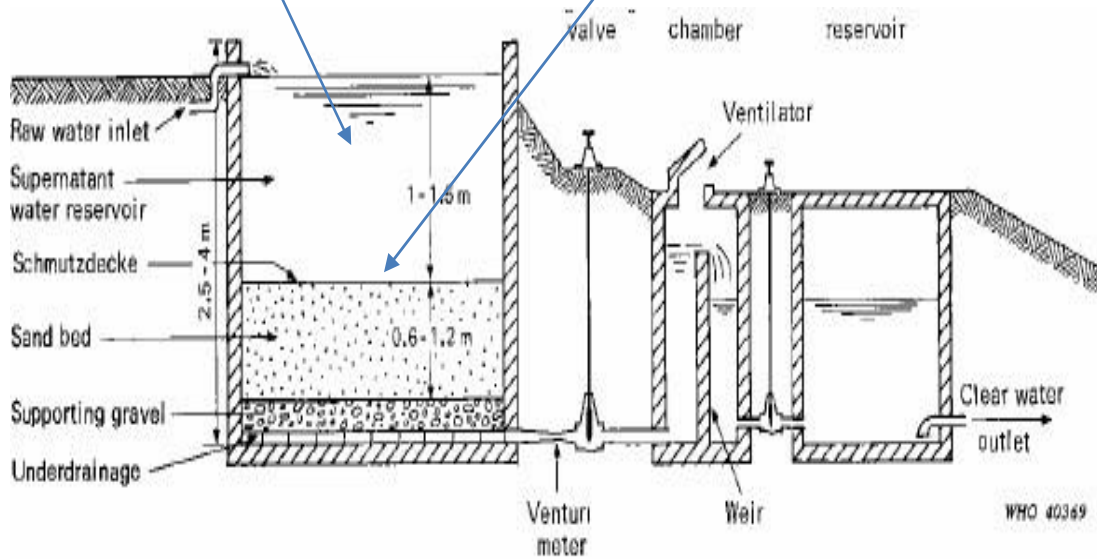


Figure III.11 : filtre lent sur sable

III.8.1.2. Les Avantages et les inconvénients de la Filtration lent sur sable

Les Avantages	Les inconvénient
---------------	------------------



<ul style="list-style-type: none"> - Aucun élément mécanique ; - Nécessite pas l'ajout de produits chimiques ; - Nécessite des maintenances périodiques ; - Produit une eau de grande qualité ; - Peut être utilisée/implémenté dans des pays en voie de développement ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite de grandes surfaces et de grandes quantité de médias filtrant ; - Des eaux très chargées peuvent colmater rapidement ces filtres ; - Les eaux peu chargées en matière organique peuvent limiter l'enlèvement biologique ; - Limitation dans les pays Froids ;
---	--

Tableau III.1 : Les Avantages et les inconvénients de la Filtration lent sur sable

III.8.1.3. Filtration rapide sur sable

Ce type de filtration est utilisée lorsque l'usine doit fournir de grande quantité d'eau ($> 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$), lorsque les terrains sont limités et/ou que le prix des médias filtrant est élevé ;

- Absence des processus biologiques
- Bassins en béton ou en acier ;
- Les appareillages nécessaires à un lavage à contre-courant.
- Un dispositif de lavage superficiel.
- Des goulottes d'évacuation de l'eau de lavage placée à 0.5 m au-dessus du milieu filtrant.
- Il doit être précédé d'une étape de coagulation floculation
- vitesses moyennes de flux comprises entre 5 et 24 m/h
- Ces filtres peuvent être gravitaires ou sous pression

Sous pression : bassins sous pression en acier

- Le coût de construction de ces bassins limite l'utilisation de ces technologies
- Typiquement petites installations

Gravitaire : Doit typiquement surmonter une perte de charge de 2-2.5 mètres

- Bassins ouverts
- Utilisé dans la majorité des usines



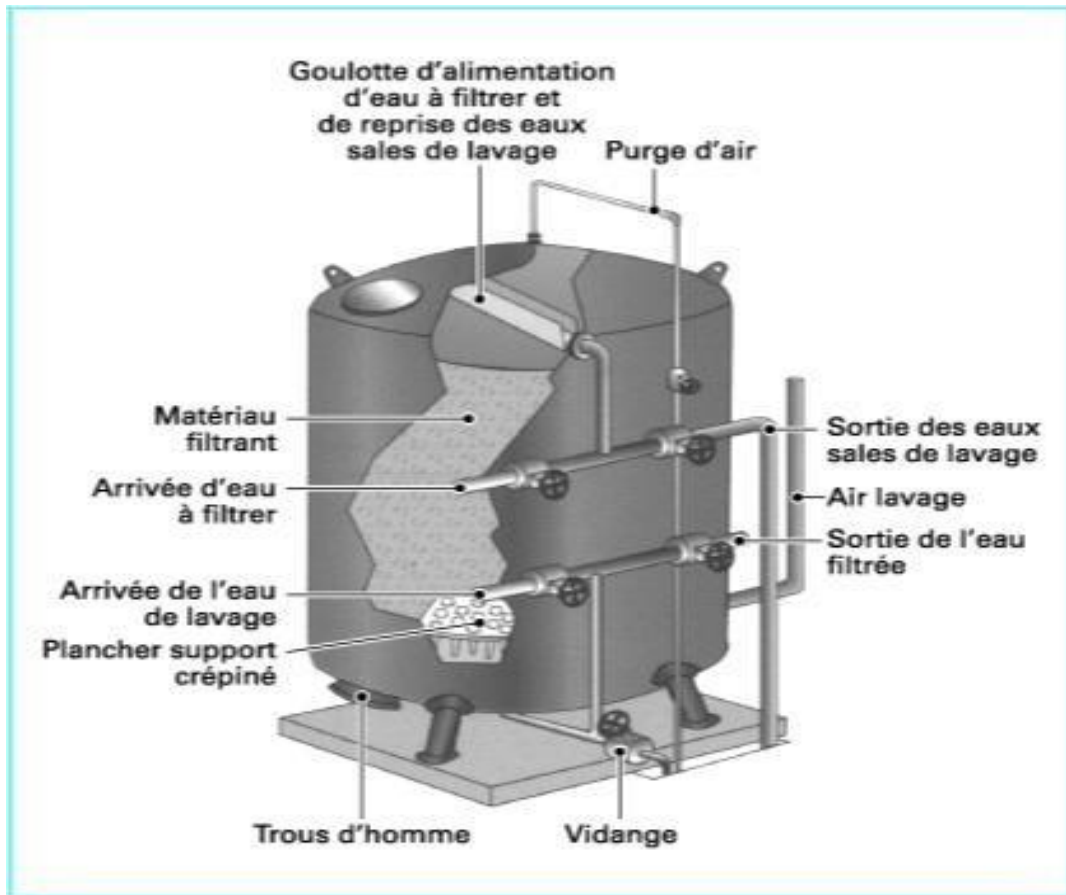


Figure III.12 : filtre sous pression

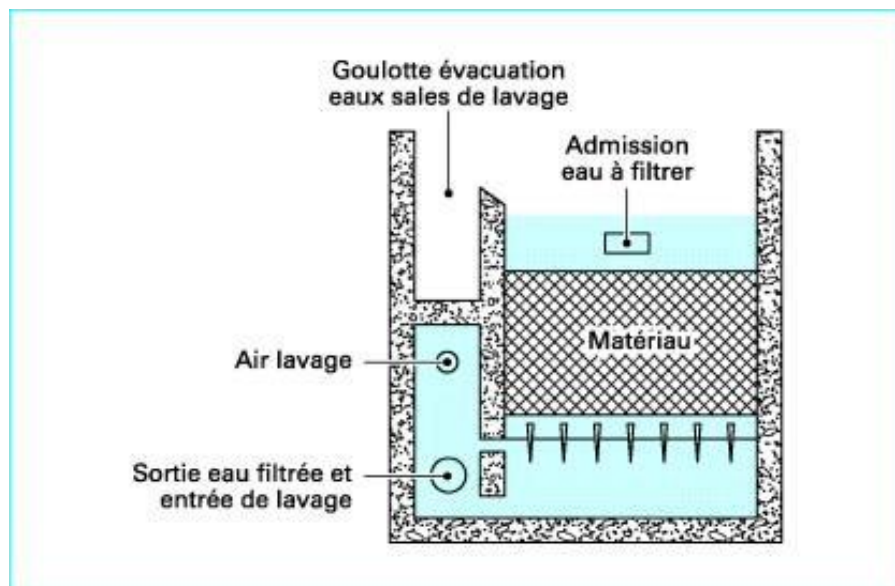


Figure III.13 : Bassin de filtration en béton



III.8.2.les Média filtrant :

Le choix des milieux filtrants dépend de plusieurs facteurs : type de filtres, débit, concentration de la suspension, etc....

Les trois matériaux les plus employés sont :

- **Le sable**, un matériau naturel qui présente un excellent rapport qualité prix, Sa densité réelle est d'environ 2.5. à 2.7.
- **L'antracite**, un matériau à base de carbone, obtenu par calcination de matériel végétal utilisé pour filtrer les plus grosses particules. Sa densité réelle est de l'ordre de 1,45 à 1,75.
- **Le charbon actif**, également un matériau à base de carbone, obtenu par calcination et activation de bois, houille, tourbe, etc. Il couple l'adsorption à la sédimentation pour mieux capter les matières en suspension.

III.8.3.Différentes configurations possibles :

- Couche de granulométrie uniforme (sable)
 - Bicouche (ex : anthracite + sable) ou bien (charbon active + sable)
 - Multicouche (ex : Sable + Anthracite + Grenat)
- ❖ On utilise les filtre bicouches et multicouches pour d'avoir une durée de fonction optimisé pour le filtre ; améliore la qualité de l'eau ; aussi on les utilise pour augmenter la durée de vie des matériaux filtrants ; et dans le cas de l'élimination des phénols, des hydrocarbures, des pesticides, des métaux lourds et pour enlever certains précurseurs tels que les trihalométhanes (THM) et autres sous-produits de Pré-chloration.



III.8.4. Caractéristiques du matériau filtrant :

- Diamètre effectif D_e
- coefficient d'uniformité C_u ,
- Densité relative
- porosité.

III.8.4.1. Diamètre effectif et coefficient d'uniformité

- D_e : est la grosseur des mailles du tamis qui laisse passer 10% de l'échantillon.
- D_{60} : est la grosseur des mailles du tamis qui laisse passer 60% de l'échantillon.

$$C_u = D_{60}/D_e.$$

- D_{60} et D_e sont déterminés par l'analyse granulométrique (courbe granulométrique)

III.8.4.2. Densité relative

On mesure expérimentalement la densité relative du sable, en divisant sa masse par celle de l'eau déplacée :

- On pèse un certain volume d'eau (m_e)
- On pèse le sable sec (m_s)
- On ajoute le sable à l'eau (l'eau déplacée déborde du récipient)
- On pèse le mélange eau + sable (m_{es})

Densité relative = Masse du sables / Masse de l'eau déplacée = $m_s / (m_e + m_s - m_{es})$

III.6.4.3. Porosité

$$e = \frac{V_v}{V_t} \quad e = 1 - \frac{4m}{\gamma_s \rho \cdot \pi \cdot D^2 h}$$

Avec ;

V_v : volume des vides

V_t : volume total

m : masse du sable sec dans la colonne(kg)

D : diamètre de la colonne

γ_s : densité relative du sable



III.8.5.Recommandation pour les caractéristiques du matériau filtrant

Afin de améliorer la filtration et la qualité de l'eau ; il est conseillé de suivre les recommandations suivantes :

III.8.5.1.Cas d'un filtre monocouche

Matériau	Taille effective (mm)	Coefficient d'uniformité	Profondeur (cm)
Anthracite	0.5 – 1.5	1.2 – 1.7	50 – 150
Sable	0.45 – 1.0	1.2 – 1.7	50 - 150

Tableau III.2 : Recommandations Cas d'un filtre monocouche

III.8.5.2.Cas d'un filtre bicouche

Matériau	Taille effective (mm)	Coefficient d'uniformité	Profondeur (cm)
Sable	0.45 – 0.6	1.2 – 1.7	20 – 40
Anthracite	0.7 – 2.0	1.3 – 1.8	30 - 60

Tableau III.3 : Recommandations Cas d'un filtre bicouche

III.8.5.3.Cas d'un filtre multicouche

Matériau	Taille effective (mm)	Coefficient d'uniformité	Profondeur (cm)
Anthracite	1.0 – 2.0	1.4 – 1.8	50 – 130
Sable	0.40 – 0.80	1.2 – 1.7	20 – 40
Grenat	0.2 – 0.8	1.5 – 1.8	5 - 15

Tableau III.4 : Recommandations Cas d'un filtre multicouche



III.8.6.Écoulement de l'eau dans un filtre à sable :

L'écoulement de l'eau à travers un lit filtrant entraîne une perte d'énergie due aux frottements ; elle est mesurée par la perte de charge.

- Elle est de l'ordre de 0.5 à 0.75 m lorsque le filtre est propre.
- L'écoulement est régit par l'équation de Darcy (1803-1858) :

$$Q = K. A \frac{\Delta H}{L}$$

Avec :

Q : débit de l'eau ;

A : aire de la couche mesurée perpendiculairement à la direction de l'écoulement.

L : épaisseur de la couche.

ΔH : chute totale de pression à travers la couche (m)

K : coefficient de perméabilité (m/s)

III.8.7.Lavage des filtres :

Lorsque le filtre se colmate, la perte de charge et la turbidité atteignent leurs valeurs max, on procède au lavage du filtre.

Le lavage se fait du bas vers le haut (sens contraire à la filtration) et en utilisant une partie d'eau filtrée. Alors le filtre prend expansion et les impuretés se détachent, elles sont entraînés vers l'égout par des goulottes.

Le lavage peut se faire en eau seule ou bien eau et air en même temps.

Le degré d'expansion du filtre est donné par l'équation : $E = 100 \frac{Le-L}{L}$

On admet que E minimal soit 15% et de préférence entre 30 et 40%. Donc il faut choisir avec attention la vitesse de l'eau de lavage (ascendante).



III.8.7.1. Le processus de lavage des filtres :

Le processus est généralement le suivant :

- ❖ Détassage à l'eau avec faible débit de l'ordre 5 à 7m/h durant 2min ;
 - Injection d'air à contre-courant, dans le but de détasser le lit de matériau qui s'est progressivement compacté au cours du cycle de filtration.
- ❖ Lavage à fort débit d'air et faible débit d'eau pour brasser le sable ;
 - Pendant cette phase, les forces de cisaillement exercées sur les dépôts, conjuguées aux frottements entre les grains, permettent de décoller les particules ayant adhéré aux grains au cours du cycle de filtration.
 - La vitesse de l'écoulement doit être suffisante pour fluidiser le lit.
- ❖ Rinçage à forte débit d'eau pour éliminer les impuretés.
 - rinçage par injection d'eau seule, à une vitesse supérieure à celle de la phase de Lavage. Cette phase de rinçage a pour objet d'entraîner hors de la masse filtrante les matières en suspension décrochées lors de la phase de lavage air + eau.

III.9.Désinfection :

La désinfection est un traitement qui permet de détruire les micro-organismes de type pathogènes (bactéries, virus...) susceptibles de transmettre des maladies donc fournir une eau bactériologiquement potable tout en assurant une quantité de désinfectant résiduel afin de lutter contre tout développement bactérien dans le réseau d'AEP.

III.9.1.Les désinfectants utilisés :

- le chlore et ses dérivés (chlore gazeux, eau de javel, hypochlorite de calcium)
- l'ozone
- les rayons UV ou rayons gamma.
- le brome, l'iode, les chloramines, Peroxyde d'hydrogène, le Cuivre ou l'argent.

Toutefois la désinfection par le chlore et ses dérivés est la plus utilisée (**80% des cas**).



III.9.2.Principes généraux de la désinfection :

Le taux de destruction des microorganismes par un désinfectant est en fonction de plusieurs variables :

- Puissance de désinfectant ;
- Concentration de désinfectant ;
- Temps de contact ;
- Nombre de microorganismes à éliminer ;
- Type de microorganismes ;
- Température de l'eau ;
- PH de l'eau et concentration de matière organiques dans l'eau.

III.9.3.critères de choix du désinfectant :

Tous les procédés et les produits de la désinfection n'étant pas équivalents, il faut choisir le procédé le plus approprié, compte tenu de certaines conditions particulières (caractéristiques et usages de l'eau, types de microorganismes à éliminer, qualité du réseau de distribution, etc.) et sachant qu'un désinfectant ou un procédé de désinfection doit :

- Ne pas être toxique pour les humains ou les animaux.
- Être toxique, à de faibles concentrations, pour les microorganismes ;
- Être soluble dans l'eau
- Former avec l'eau une solution homogène
- Être efficace aux températures normales de l'eau de consommation (de 0 à 25°C)
- Être stable afin de favoriser le maintien d'une certaine concentration résiduelle pendant de longues périodes de temps.
- Ne pas réagir avec la matière organique autre que celle des micro-organismes
- Ne pas détériorer les métaux ni endommager les vêtements lors de lessive
- Éliminer les odeurs



- Exister en grande quantité et être vendu à un prix abordable
- Permettre une mesure aisée de sa concentration.

III.9.4.désinfection par chlore :

Les produits chimiques les plus utilisées pour obtenir une désinfection des eaux par chlore sont :

- chlore gazeux Cl_2 ,
- les hypochlorites de sodium, NaOCl ,
- les hypochlorites de calcium, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$,
- les Monochloramines, NH_2Cl ,
- le dioxyde de chlore, ClO_2 .

Parmi ces produits, c'est le chlore gazeux auquel on recourt le plus pour la désinfection des eaux potables.

Le chlore se trouve sur le marché sous forme liquide stockés sous pression (bouteille métallique).

III.9.5.Le rôle du chlore

Le chlore est utilisé dans le traitement des eaux :

- ❖ Comme désinfectant pour détruire les microorganismes pathogènes ;
- ❖ Comme oxydant pour :
 - L'élimination du Fe et du Mn
 - L'élimination des mauvais goûts et des mauvaises odeurs
 - L'élimination de l'azote ammoniacal
- ❖ Toutefois, le chlore peut réagir avec la matière organique d'origine naturelle présentes dans l'eau, pour former des substances d'odeur désagréable (chlorophénols) ou cancérigènes telles que les trihalométhanes (THM). On les appelle les sous-produits de la chloration.



III.9.6.L'efficacité du chlore

Lorsqu'une dose normale de chlore est utilisée, toutes les bactéries pathogènes sont détruites.

Cependant, le chlore est incapable de détruire :

- les spores protozoaires et les œufs de helminthes ou de larves,
- les agents pathogènes à l'intérieur de particules en suspension dans l'eau (qui n'ont pas de contact avec le chlore).

Il est donc recommandé de filtrer l'eau avant la chloration pour enlever les œufs, les spores, les larves et les particules suspendues.

III.9.7.Modes de chloration :

On peut effectuer la chloration d'une eau suivant deux modes selon l'objectif envisagé :

III.9.7.1.Chloration simple :

Elle consiste à une injection unique de chlore destinée à assurer une teneur en chlore convenable.

Ce mode est utilisé dans le cas des eaux relativement pures ou ayant déjà subi un traitement. C'est une opération d'affinage de l'eau.

III.9.7.2.Chloration au point critique ou au « Break-point » :

La chloration au point critique est le mode de chloration le plus utilisé car il permet de respecter les normes concernant la teneur en chlore résiduel et d'obtenir une eau de bonne qualité organoleptique. Le point critique ou « Break-Point » correspond au point pour lequel la teneur en chlore résiduel est minimale ; Toute augmentation de la dose de chlore au-delà de ce point va se traduire par une augmentation équivalente du chlore résiduel sous forme de chlore

actif libre



Monochloramines

Dichloramines

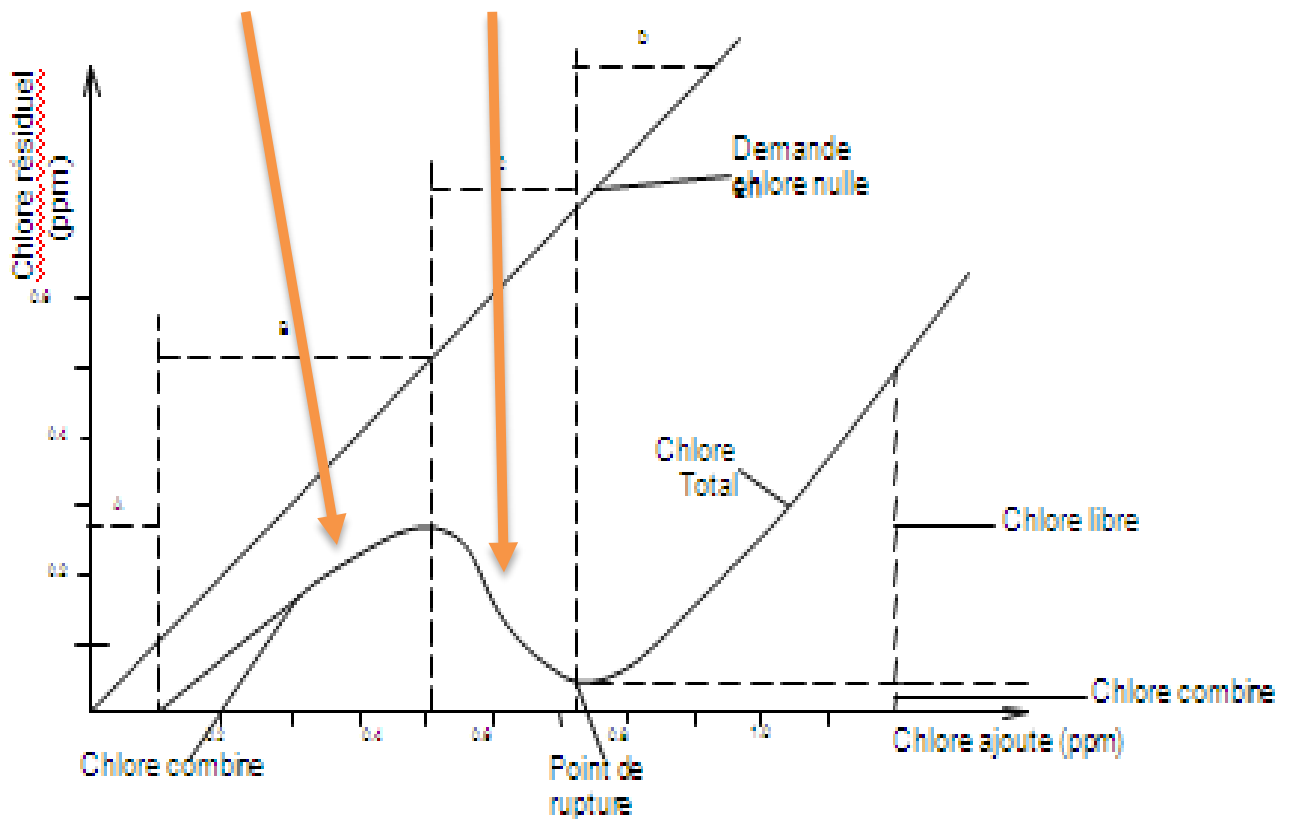


Figure III.14 : Courbe typique de point de rupture d'une eau naturelle

III.9.7.3. Chloration par l'eau de javel :

Le traitement des eaux par l'eau de javel n'est utilisé que dans les petites installations fournissant de faibles débits ou dans les cas de termes de chlorateurs. Certaines stations utilisent préférentiellement l'hypochlorite de calcium, solide, donc de manipulation plus aisée.

Par ailleurs, les solutions d'hypochlorite sont alcalines, il faut éviter de les mettre en Contact avec des substances acides. Elles sont instables et se décomposent lentement avec le Temps.

Il faut donc doser préalablement la teneur en chlore actif de l'eau de javel avant son Utilisation.



III.9.7.4. Désinfection par l'ozone :

L'ozone est un gaz extrêmement instable et un oxydant très puissant. Il n'a pas de pouvoir rémanent et donc ne dispense pas d'un ajout de chlore sur le réseau pour une action bactériostatique. L'ozone est fabriqué sur place à partir d'oxygène au travers d'un champ électrique créé par une différence de potentiel entre deux électrodes de 10 à 20 KV.

L'oxygène provient soit d'air sec, soit d'oxygène pur de commerce. L'ozone est certainement l'oxydant le plus efficace sur les virus, le fer et le manganèse. Il ne donne pas de goût à l'eau, contrairement au chlore, qui oxyde fortement les matières organiques. Pour obtenir un effet désinfectant, les dosages recommandés sont de 2 à 4 g/l avec des durées de contact de 8 minutes. L'inconvénient majeur de l'ozone est son instabilité qui laisse l'eau sans protection contre les développements des bactéries et autres micro-organismes .

III.9.7.5. Désinfection par le rayonnement UV :

L'irradiation par une dose suffisante de rayonnement UV permet la destruction des bactéries, virus, germes, levures, champignons, algues, etc. les rayonnements UV ont la propriété d'agir directement sur les chaînes d'ADN des cellules et d'interrompre le processus de vie et de reproduction des micro-organismes. Comme pour l'ozone, elle n'est pas caractérisée par un effet rémanent. Chacun de ces produits possède un pouvoir désinfectant différent que l'on peut classer dans cet ordre : UV > Ozone > Chlore.



III.10. Conclusion :

Le traitement des eaux brutes du barrage de TAKSEPT dont les caractéristiques sont présentées dans le cinquième chapitre ; nécessite une filière de traitement classique en passant par trois étapes essentielles : étape de prétraitement ; étape de clarification (coagulation-floculation, décantation) et l'étape d'affinage (filtration et la désinfection) ; ces opérations nécessitent des installations et des ouvrages pour leurs fonctionnement, ces derniers seront dimensionnés dans la suite de notre étude.



Chapitre IV :

PRESENTATION ET ÉTAT ACTUELLE DES OUVRAGES DE LA STATION DE TRAITEMENT

*Chapitre-IV-****PRESENTATION ET ÉTAT ACTUELLE DES OUVRAGES DE LA STATION
DE TRAITEMENT*****VI.1.Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons procéder :

D'une part, de présenter l'état actuelle de tout les ouvrages de la station de traitement TAKSEBT

D'autre part, de comprendre le fonctionnement de la chaine de traitement d'eau potable à savoir : Prétraitement, Coagulation-floculation, Décantation, Filtration et la désinfection

IV.2. Présentation de la station de traitement d'eau de Taksebt

Cette station, mise en service en juillet 2008, a été construite par SNC LAVALIN / DEGREMONT puis exploité par SNC LAVALIN jusqu'en 2013.

Elle a été reprise en gestion par SEAAL le 18 juillet 2013 et est désormais le plus important ouvrage de traitement d'eau géré par la SEAAL.



Figure IV.1. la station de traitement TAKSEBT



C'est aussi la plus importante station de traitement d'eau potable algérienne, en capacité. Elle a une vocation régionale, puisqu'elle alimente 25 communes et assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdes, et Tizi-Ouzou. Alimentée à partir du barrage de Taksebt (capacité 181 Millions m^3).

Elle est constituée d'une usine de traitement de 607 000 m^3/j , dotée d'une filière classique coagulation, floculation, décantation, filtration, de dernière génération.

Elle dispose d'une capacité de stockage, sur site, de 28 000 m^3 .

Le projet Taksebt, dans son ensemble, comprend également une station de pompage de 613 000 m^3/j (5 groupes de pompes + 1 en secours de 1.42 m^3/s chaque), 98 km d'adduction dont 10 km en tunnel et 196 équipements hydrauliques annexes.

IV.3. Schéma générale de la station de traitement

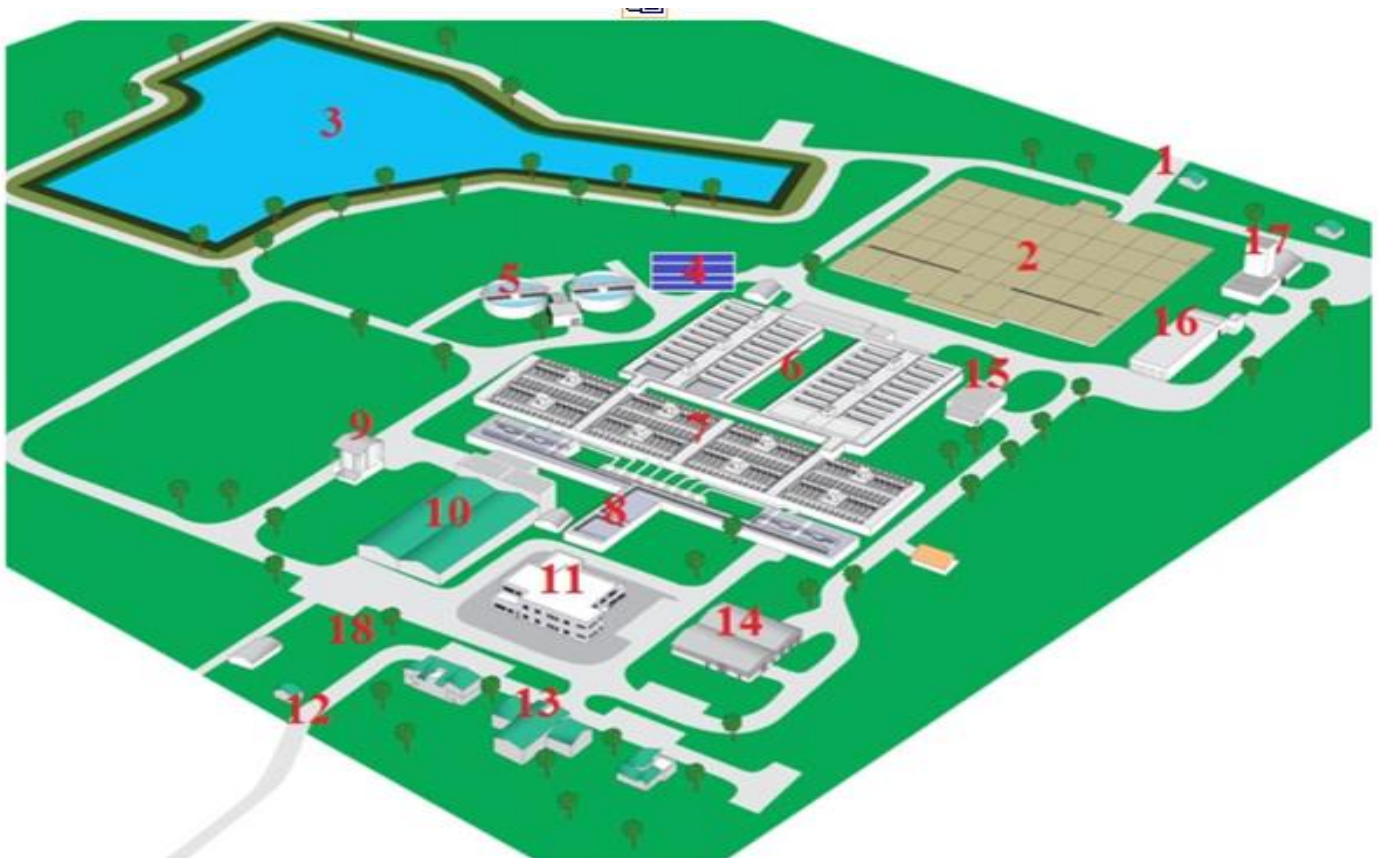


Figure IV.2 : Schéma générale de la station de traitement



- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1- Poste de garde n° 1 | 11- Bâtiment administratif |
| 2- Réservoir eau traitée | 12- Poste de garde n°2 |
| 3- Lagune de boue | 13- Logements |
| 4- Dessableur | 14- Atelier magasin |
| 5- Epaisseur | 15- Bâtiment électrique |
| 6- Filtres | 16- Bâtiment chlore |
| 7- Décanteurs | 17- Bâtiment chaux |
| 8- Ouvrage d'entrée | 18- Le point de rassemblement |
| 9- Bâtiment d'acide | |
| 10- Bâtiment chimie | |

IV.4. Description de la conduite d'adduction barrage- station

Deux conduites en parallèles ;

Nature du matériau	Diamètre (mm)	Longueur (m)
Fonte	1900	1900

Tableau N°01: conduites barrage- station.

IV.5. Ouvrages de la station et réactifs injectés

IV.5.1 La chambre de dissipation

La chambre d'arrivée possède un volume de 430 m³ assurant un temps de rétention de 60 secondes au débit d'eau brute maximal de 607 000 m³/j.

L'injection de chlore, de sulfate d'aluminium, d'acide sulfurique, de permanganate de potassium et de charbon actif en poudre s'effectue dans cette chambre. Le mélange des produits chimiques est réalisé dans les trois déversoirs vers la chambre de mélange.





Figure IV.3 : Chambre d'arrivée de l'eau brute

IV.6.La chambre de mélange

La chambre de mélange possède un volume de 450 m³ permettant un mélange et un temps de contact suffisant (1,00 min) des produits chimiques avant répartition vers les clarificateurs.

La chambre est munie de chicanes afin d'éviter les écoulements préférentiels, favoriser un mélange adéquat et assurer des vitesses suffisantes pour minimiser le dépôt de sédiments (vitesse de 0,25 m/s au débit minimal et de 0,75 m/s au débit maximal).





Figure IV.4. : Injection de Cl₂ en pré-chloration



Figure IV.5. : Permanganate de Potassium





Figure IV.6. : Injection de CAP



Figure IV.7. : Injection de Sulfate



IV.7. Les décanteurs (clarificateurs)

L'eau est répartie dans les décanteurs depuis le canal de répartition, en sortie de la chambre de mélange. En entrée de chaque décanteur, du polymère est injecté. 8 décanteurs Pulsatube, destinés à clarifier l'eau (floculée au préalable) par décantation des MES.

L'ajout de polymère en amont des décanteurs, sur les déversoirs de l'ouvrage de répartition permet la concentration des MES en floes plus facilement décantables.

L'objectif de la décantation est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée. Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des floes de plus grande taille. Les décanteurs sont couverts pour les protéger du rayonnement solaire, de façon à limiter le développement d'algues qui pourraient bloquer les modules lamellaires.

Les décanteurs dérivent une eau clarifiée dont la qualité doit répondre aux conditions Suivantes :

- **Turbidité : ≤ 1 NTU**
- **Solides en suspension : ≤ 5 mg/l**

L'eau clarifiée est évacuée par des orifices submergés (goulottes d'eau clarifiée) dans des rigoles de décantation. Les boues sont collectées dans des trémies et évacuées depuis le fond de chaque trémie (sortie de boues)





Figure. IV.8. : Les Décanteurs

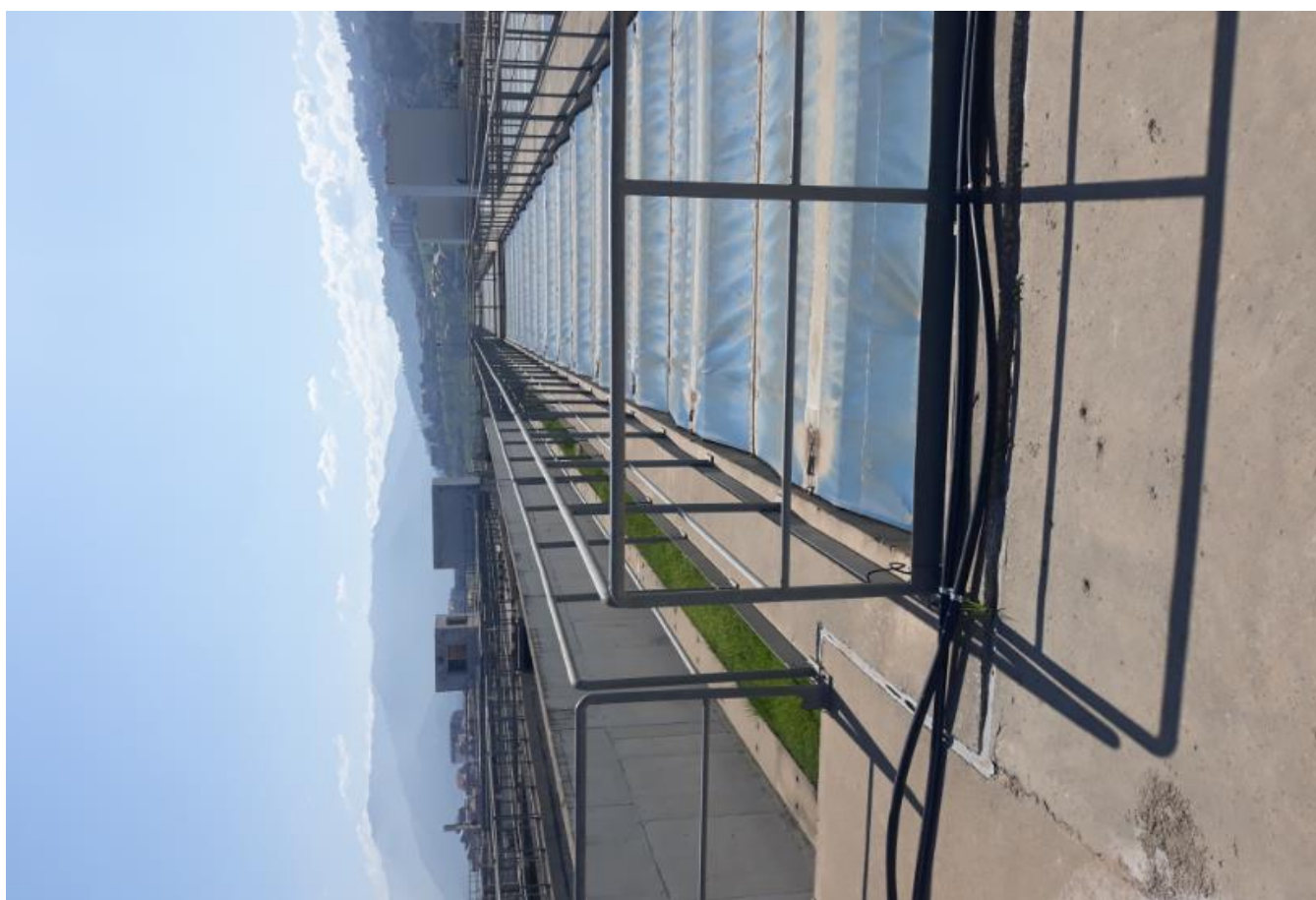


Figure. IV.9. : Photos des Décanteurs



IV.8. Les filtres

La filtration s'effectue par 24 filtres installés en deux filières. Il s'agit de filtres à sable de granulométrie homogène, fonctionnant par gravité, lavables simultanément à l'air et à l'eau.



Figure. IV.10. : Les bassins de filtration

IV.8.1. Principales caractéristiques :

Grande hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant, dans la plupart des cas, égale à 1,20 m. Hauteur de matériau filtrant homogène comprise entre 0,8 et 1,5 m une taille effective du matériau filtrant, en général de 0,95 mm ou 1,35 mm (fourchette extrême: 0,7mm et 2 mm).

Un lavage simultané à l'air et à l'eau accompagné d'un balayage en surface à l'eau décantée, suivi d'un rinçage à l'eau, sans mise en expansion du lit filtrant, et toujours avec balayage en surface. Ce balayage permet d'évacuer, plus rapidement les impuretés à l'égout, ce qui réduit la durée du lavage.





Figure. IV.11 : Chambre de collection des eaux filtrées

IV.8.2. Fonctionnement en filtration :

Des vannes régulatantes augmentent ou diminuent le débit de manière à garder un niveau d'eau stable au dessus du filtre, quelque soit le niveau de colmatage. L'eau est ensuite dirigée vers le canal d'eau filtrée

IV.8.3. Fonctionnement en lavage :

La perte de charge au travers du filtre est mesurée en permanence et indique le niveau de colmatage du filtre. Lorsque le filtre est colmaté, une demande de lavage automatique est générée.

Elle consiste principalement en l'injection d'air et d'eau au travers du filtre, à contre-courant.

L'eau permet d'entraîner les particules capturées par le sable. L'air permet de fluidiser et de brasser la couche de sable. Un matelas d'air est formé sous le plancher de manière à distribuer uniformément l'air sur toutes les buselures.



L'eau de lavage est fournie par des pompes dédiées, et l'air de lavage par des surpresseurs. Les pompes et surpresseurs sont situés dans le bâtiment d'exploitation des filtres.

IV.9. Cuves de contact et réservoir d'eau traité

L'eau du canal d'eau filtrée de chaque filière, après injection de chlore, est dirigée vers les cuves de contact. Des conduites permettent d'alimenter la bache d'eau de lavage des filtres.

Les cuves de contact débouchent sur les réservoirs d'eau traitée, qui assure un stockage de l'eau traitée avant distribution. De la chaux est injecté afin de limiter le pouvoir corrosif de l'eau.

Les réservoirs d'eau traitée jouent le rôle de bassin de stockage, permettant de conserver une réserve de production de 1,5 heure au débit nominal de production (607 000 m³/j).

Le réservoir débouche dans une chambre de vannes, d'où se fait la distribution de l'eau traitée vers le réseau aval.



Figure. IV.12 : réservoir d'eau traité



IV.10.Conclusion :

Nous avons procédé dans ce chapitre à la description de tous les ouvrages de la station de traitement TAKSEBT.

Les remarques qu'on peut tirer sont :

- ✚ Tous les ouvrages de la station (la chambre d'arrivée, décanteurs, bassins de filtration sont en bon état.
- ✚ Les vannes et les conduites de collection des eaux filtrées sont dans un bon état
- ✚ Présence d'éclairage.
- ✚ Portail en bon état.
- ✚ réservoir d'eau traité sont en bon état.



Chapitre V :

ESTIMATION DES BESOINS EN EAU

*Chapitre-V-****ESTIMATION DES BESOIN EN EAU*****V.1.Introduction**

Dans le présent chapitre nous essayons d'estimer les besoins en eau de la population de notre zone d'étude à un horizon futur de 30 ans, Ceci en se basant sur les données du recensement national de la population, les statistiques relatives au taux de natalité, les caractéristiques économiques de l'agglomération et le plan d'urbanisme; afin de bien dimensionner notre station de traitement.

V.2.Estimation de la population future :

La formule des intérêts composés est utilisée pour la détermination du nombre d'habitants à l'horizon d'étude afin de dimensionner notre station de traitement de façon à satisfaire les besoins à long terme.

Pour l'estimation de la population future :

- nous prenons un horizon de **30ans**.

$$P_n = P_0(1 + t)^n$$

Avec :

- **P_n** : population à l'horizon de calcul (2051). (hab.)
- **P₀** : population à l'année du dernier recensement 2008. (hab.)
- **t** : Taux d'accroissement démographique, (Source DRE de la Wilaya de Tizi-Ouzou) en%.
- **n** : Nombre d'années séparant l'année de référence et l'horizon d'étude.

➤ *La station de traitement d'eau potable TAKSEBT alimente les 03 wilaya Tizi-Ouzou ,Boumerdes ,Alger*



Pour visualiser l'évolution de la population des communes de la wilaya Tizi-Ouzou, boumerdes, alger, nous avons établi le tableau présentés ci – après :

Tableau V.1- Evaluation de la population.

LOCALITE	Taux d' Accr.(%)	HORIZONS		
		2008	2021	2051
AZAZGA	1.2	34 683	40 500	57 925
FREHA	1.1	24 228	27 930	38 779
AZEFFOUE	0.8	34 847	38 650	49 086
BASTOS	0.6	20 953	22 647	27 098
TIZI OUEST	1.5	15 643	18 983	29 671
DRAA BEN KHEDDA	1	31 382	35 715	48 138
TIRMITINE	1.1	19 027	21 934	30 454
TADMAIT	0.6	22 838	24 684	29 536
NACERIA	1.3	22 431	26 532	39 088
BORDJ MENAIL	1.9	14 820	18 928	33 291
BAS SEBAOU	0.9	32 954	37 024	48 441
LESISSERS	0.9	32 580	36 604	47 892
SOUK EL HAD	0.7	6 693	7 328	9 033
THENIA	0.7	20 405	22 341	27 541
ZEMMOURI	0.9	26 408	29 670	38 819
TIDJALABINE	0.9	18 266	20 522	26 850
CORSO	1	20 705	23 564	31 760
BOUDOUAOU	2.8	38 238	54 752	125 369



TOTAL	/	437 101	508 308	738 771
--------------	---	----------------	----------------	----------------

Source (station de traitement TAKSEBT)

V.3-Évaluation de la consommation moyenne journalière :

Le débit moyen journalier au cours d'une année est égale à :

$$Q_{moyj} = \frac{(Q_i * N_i)}{1000} \quad [m^3/j]$$

Avec :

- $Q_{moyj,j}$: consommation moyenne journalière en m^3/j ;
- Q_i : dotation journalière pour chaque catégorie en l/j/catégorie ;
- N_i : nombre de consommateurs ;

V.4-Besoins en eau par catégorie :

V.4.1- Besoins domestiques :

On prend une dotation de 150 l/j/hab pour lui donner plus de confort.

Tableau.V.2: Besoins domestiques

<i>LOCALITE</i>	horizon	population	Dotation (l/j/hab.)	Qmoyj (m³/j)
AZAZGA	2051	57 925	150	8688,75
FREHA	2051	38 779	150	5816,85
AZEFFOUE	2051	49 086	150	7362,9
BASTOS	2051	27 098	150	4064,7
TIZI OUEST	2051	29 671	150	4450,65



DRAA BEN KHEDDA	2051	48 138	150	7220,7
TIRMITINE	2051	30 454	150	4568,1
TADMAIT	2051	29 536	150	4430,4
NACERIA	2051	39 088	150	5863,2
BORDJ MENAIL	2051	33 291	150	4993,65
BAS SEBAOU	2051	48 441	150	7266,15
LESISSERS	2051	47 892	150	7183,8
SOUK EL HAD	2051	9 033	150	1354,95
THENIA	2051	27 541	150	4131,15
ZEMMOURI	2051	38 819	150	5822,85
TIDJALABINE	2051	26 850	150	4027,5
CORSO	2051	31 760	150	4764
BOUDOUAOU	2051	125 369	150	18805,35
TOTAL	2051	738 771	150	110 815,65

V.4.2-Besoins en équipements scolaires

Les besoins en équipement scolaires sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : évaluation des besoins scolaires

Equipement	Unité	Nombre	Dotation (l/j/unité)	Qmoyj(m ³ /j)
Ecole primaire	élève	8820	10	88.2
C.E.M	élève	12600	10	126
Lycée	élève	11200	10	112
Crèche	enfant	1980	10	19.8
Total	/	34600	10	346



V.4.3-Besoins en équipements sanitaire

Les besoins en équipement sanitaires sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.4: évaluation des besoins sanitaires

Equipements	Unité	Nombre	Dotation (l/j/Unité)	Qmoyj (m ³ /j)
polyclinique	Patient	14786	40	591.44
Centre de santé	Patient	9486	40	379.44
Pharmacie	patient	1140	40	45.6
Total	/	24412	40	976.48

V.4.4-Besoins en équipements sportif

Les besoins en équipement sportifs sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.5: évaluation des besoins sportifs

Equipement	Unité	Nombre	Dotation (l/j/Unité)	Qmoyj (m ³ /j)
Stade communal	vestiaire	90	500	45
Salle de sport	vestiaire	110	500	55
Piscine	vestiaire	38	500	19
Total	/	238	500	119

V.4.5-Besoins en équipements socioculturels :

Les besoins en équipement socioculturels sont donnés dans le tableau suivant :



Tableau .V.6: évaluation des besoins socioculturels

Equipement	Unité	Nombre	Dotation (l/j/Unité	Qmoyj (m ³ /j)
Maison de jeune	vistière	27	200	5.4
mosquée	fidèle	15648	20	312.96
Ecole coranique	fidèle	11356	10	113.56
Bibliothèque	lecteur	7896	10	78.96
Total		34827	/	510.88

V.4.6-Besoins en équipements administratifs

Les besoins en équipement administratifs sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.7: évaluation des besoins administratifs.

Equipement	Unité	Nombre	Dotation (l/j/Unité	Qmoyj (m ³ /j)
Agence APC	employé	78695	15	1180.43
Agence bancaire	employé	21568	20	431.36
Sûreté urbaine	Agent	5689	15	85.335
Hôtel	Lit	14896	20	297.92
Protection civil	Unité	9686	250	2421.5
Gendarmerie	Agent	10564	20	211.28
Police communale	Agent	12598	20	251.96
Total	/	153696	/	4879.79

V.4.7-Besoins en équipements commerciaux

Les besoins en équipement commerciaux sont donnés dans le tableau suivant :



Tableau V.8: évaluation des besoins commerciaux.

Equipement	Unité	Nombre	Dotation (l/j/Unité)	Qmoyj (m ³ /j)
Marché	M ²	34	5	0.17
Restaurant	repas	15236	30	457.08
Cafés	clients	18569	15	278.53
Boulangerie	unité	9896	300	2968.8
Boucherie	unité	9896	50	494.8
Douche publique	unité	745	25	18625
Toilette publique	unité	745	20	14.9
Station de lavage	voitures	19562	150	2934.3
Total	/	74683	/	25773.58

V.4.8-Besoins en équipements de loisirs :

Les besoins en équipement de loisirs sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.9: évaluation des besoins loisirs.

Equipement	Unité	Nombre	Dotation (l/j/Unité)	Qmoyj (m ³ /j)
Arrosage jardin public	M ²	77000	5	385
Total	/	77000	5	385

V.5 : Récapitulation des besoins en eaux de la ville :

Les besoins totaux en eaux des communes sont récapitulés dans le tableau suivant :



Tableau V.10 : Récapitulation des besoins en eaux des communes

Catégorie des besoins	$Q_{\text{moy, j}}$ (m ³ /j)
<i>Besoins domestiques</i>	110 815,65
<i>Besoins scolaires</i>	346
<i>Besoins sanitaire</i>	976.48
<i>Besoins sportif</i>	119
<i>Besoins socioculturels</i>	510.88
<i>Besoins en équipements de loisirs</i>	385
<i>Besoins administratifs</i>	4 879.79
<i>Besoins commerciaux.</i>	25 773.58
<i>Total</i>	143 806.38

V.6-Fuites et gaspillage :

Pour bien dimensionner notre station de traitement en eau potable il faut tenir en compte des fuites et gaspillage qui sont considérés comme un besoin : dont le gaspillage est liée aux habitudes des consommateurs et les fuites sont des pertes qui sont remarquer plus souvent aux niveaux des réseaux d'adduction et de distribution.

Ces fuites et gaspillages représentes 20% à 30% du $Q_{\text{moy, j}}$ pour un réseau neuf, et peuvent atteindre jusqu'à 50% pour un réseau vétuste.

N.B : Dans notre étude on estime ces pertes et gaspillage à 20% du $Q_{\text{moy, j}}$

$$Q_{\text{moy, j}} = 1.2 * 143\ 806.38 = 172\ 567.66 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$= 1\ 998.00 \text{ l/s}$$



V.7-Variation des débits de consommation dans le temps :

Les besoins d'une agglomération ne sont pas constants, ils changent d'une année à une autre, d'un mois à un autre, et aussi d'une heure à une autre. Pour tenir en compte de cette variation on utilise des coefficients d'irrégularité maximum $K_{\max j}$ et minimum $K_{\min j}$.

V.7.1- La consommation maximale journalière ($Q_{\max j}$) :

C'est la consommation d'eau maximale du jour pendant l'année il est donnée par la relation suivante :

$$Q_{\max j} = K_{\max j} \times Q_{\text{moy } j}$$

Avec :

$Q_{\max j}$: Débit maximum journalier en m^3/j ;

$Q_{\text{moy } j}$: consommation moyenne journalière (m^3/j)

$K_{\max j}$: coefficient d'irrégularité journalière maximum, $K_{\max j} = (1,1 \text{ et } 1,3)$.

➤ NB : pour notre étude on prend $K_{\max j} = 1,3$.

V.7.2. La Consommation minimale journalière ($Q_{\min j}$) :

C'est la consommation d'eau minimale du jour pendant l'année. Il est donné par la relation suivante :

$$Q_{\min j} = K_{\min j} \times Q_{\text{moy } j}$$

Avec :

$Q_{\min j}$: Débit minimum journalier en m^3/j ;

$Q_{\text{moy } j}$: consommation moyenne journalière (m^3/j)

$K_{\min j}$: coefficient d'irrégularité journalière minimum , $K_{\min j} = (0,7-0,9)$



➤ **NB : pour notre étude on prend $K_{min,j}=0,7$.**

V.7.3-Application numérique :

Les débits de consommation maximal et minimal journalière pour notre étude est récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau V.11: Récapitulatif des débits maximums et minimums journaliers.

Horizon	Q _{moy j} (l/s)		K _{max j}	Q _{max j}		K _{min j}	Q _{min j}	
	m ³ /j	l/s		m ³ /j	l/s		m ³ /j	l/s
2051	172 567.66	1 998.00	1.3	224 337.96	2 597.4	0.7	120 797.36	1 398.60

V.8:- Bilan des ressources /besoins :

Dans le but de connaître si le débit fourni par le barrage taksebt satisfait les besoins calculés ou non, il faut faire un bilan et voir est ce qu'il y à un excès ou un déficit de débit.

Le bilan de ressource et besoins est récapitulé dans le tableau ci-dessous :

Tableau V.12 : Bilan (ressources - besoins).

Q _{max (j m³/j)}	Q _{R (m³/j)}	Surplus (m ³ /j)	Déficit(m ³ /j)
224 337.96	615 000.00	390 662.04	/



D'après le tableau ci-dessus : On peut assurer l'alimentation en eau potable à long terme 2051 pour les communes alimentée par notre station d'eau TAKSEBT.

V.9.Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons procédé d'une façon estimative et approchée les besoins en eau potables pour les différentes catégories de consommateurs rencontrés dans les communes alimentée par notre station d'eau TAKSEBT.



Chapitre VI :

DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES

*Chapitre-VI-****DIMENSIONNEMENT HYDRAULIQUE DES OUVRAGES*****VI.1. Introduction :**

Après avoir défini les différentes étapes de la filière de traitement et l'estimation de besoins en eau de notre agglomération, nous procédons au dimensionnement des différents ouvrages constituant la station de traitement TAKSEBT, qui doit traiter un débit de **7 118L/s** soit **615 000 m³/j** à partir des eaux de barrage de «TAKSEBT».

VI.2. Le choix de l'emplacement de la station de traitement :

Le choix de l'emplacement de la station est une étape préalable très importante qui doit répondre aux critères suivants :

- Eviter les sites instables ;
- Eviter les terrains accidentés ;
- Choisir les sites qui demandent un minimum de travaux de terrassement ;
- Eviter les terrains agricoles et les terrains privés ;
- Amenée facile d'énergie électrique ;
- Accès facile (pendant les travaux, l'exploitation, l'entretien...) ;
- Site proche de l'agglomération ;
- Prendre en considération l'impact de la station sur l'environnement.

VI.3. Les caractéristiques du Barrage de TAKSEBT:

Le barrage de taksebt est un barrage de type remblai, sur la rivière de takhoukht et son prolongement ,l'oued Aissi ,au niveau des communes d'Irdjen et Beni Aissi dans la wilaya de Tizi-Ouzou ,il est construit entre 1993 et 2002,d'une capacité de 180millions m³





Figure VI.1 :barrage taksebt



Figure VI.2 : La dige de barrage taksebt





Figure VI.3 : Emplacement de barrage taksebt

VI.3.1. Historique du Barrage :

Le Barrage de TAKSEBT est construit par le groupement italien Astaldi Federici Todini (AFT) entre 1993 et 2002

Le Barrage est mis en eau début 2002

Le 5 juillet 2007, le barrage est inauguré par le ministre des ressources en eau.

Le Barrage de TAKSEBT est de type remblai en alluvion silto-graveleuses avec étanchéité par noyau constitué d'argilites dégradées. La hauteur de Barrage est de 76 m

VI.3.2. Caractéristiques de la Retenue :

- Type Barrage : remblai
- La hauteur de Barrage e : 76 m
- Longueur : 515 m
- Epaisseur en crête : 8 m



- Capacité : 180 millions m³
- Cours d'eau : takhoukht et l'oued Aissi
- Propriétaire : Agence Nationale des barrages
- Date du début des travaux : 1993
- Date de la fin des travaux : 2002
- Date de mise en service : 5 juillet 2007

VI.3.3. Destination :

- Alimentation en eau potable
- Irrigation

VI.4. Les caractéristiques moyennes d'eau brute :

Les analyses réalisées sur les eaux du barrage TAKSEBT indiquent une bonne qualité des eaux brutes (Tableau VI.1) lesquelles ne présentent pas de pollution particulière ni par l'ammoniac, ni par le fer ou le manganèse, elles sont aussi bien oxygénées avec une bonne salinité.

Tableau VI.1 : les principales caractéristiques d'eau brute du barrage de TAKSEBT .

Paramètres	Valeur	Normes Algériennes	Normes OMS
Débit horaire	7 118 l/s	-	-
Température	15.7	25 ⁰ C	22 ⁰ c
PH	8.06	6.5-9.5	6.5-8.5
Turbidité	2.8	5 NTU	5 NTU
Conductivité	506	2800 ms/cm/20 ⁰ C	-
Matière organique	1.51	-	-
Dureté total	228	200mg/l CaCO ₃	200mg/l CaCO ₃
Calcium Ca ⁺²	56	200 mg/l	200 mg/l
Magnésium Mg ⁺²	21.38	150 mg/l	50mg/l
Chlorure Cl ⁻	28.36 mg/l	500 mg/l	250 mg/l
Sulfate So ₄ ⁻²	41 mg/l	400 mg/l	500 mg/l
Nitrates NO ₃ ⁻	1.05 mg/l	50 mg/l	50 mg/l
Nitrites NO ₂ ⁻	0.070mg/l	0.2 mg/l	0.1 mg/l
Ammonium NH ₄ ⁺	0.08mg/l	0.5 mg/l	0.5 mg/l
O ₂	8.11 mg/l	-	-

(Source : Station de traitement TAKSEBT)



VI.5. Les principaux critères de choix de procédé de traitement

Le choix des procédés et leur disposition dans la filière est évidemment guidé en priorité par le débit souhaité et par la nature de l'eau

D'autres critères peuvent ensuite entrer en ligne de compte, comme le coût des procédés, leur encombrement, leur contribution au développement durable.

Enfin, la filière doit être choisie de façon à être évolutive, compte tenu de la dégradation possible de la qualité de la ressource, de l'augmentation de la demande en eau potable (accroissement de la population raccordée) et de l'évolution probablement de plus en plus sévère de la réglementation.

VI.6. Les caractéristiques de l'adduction entre le barrage et la station de traitement :

- Adduction de type : refoulement
- Deux conduites en parallèle
- Diamètre $D = 1\,900$ mm
- Longueur $L = 1.900$ km
- Type de matériaux de la conduite : Fonte

➤ *Voici un schéma explicatif de l'emplacement de la station de traitement*

et le barrage TAKSEBT :



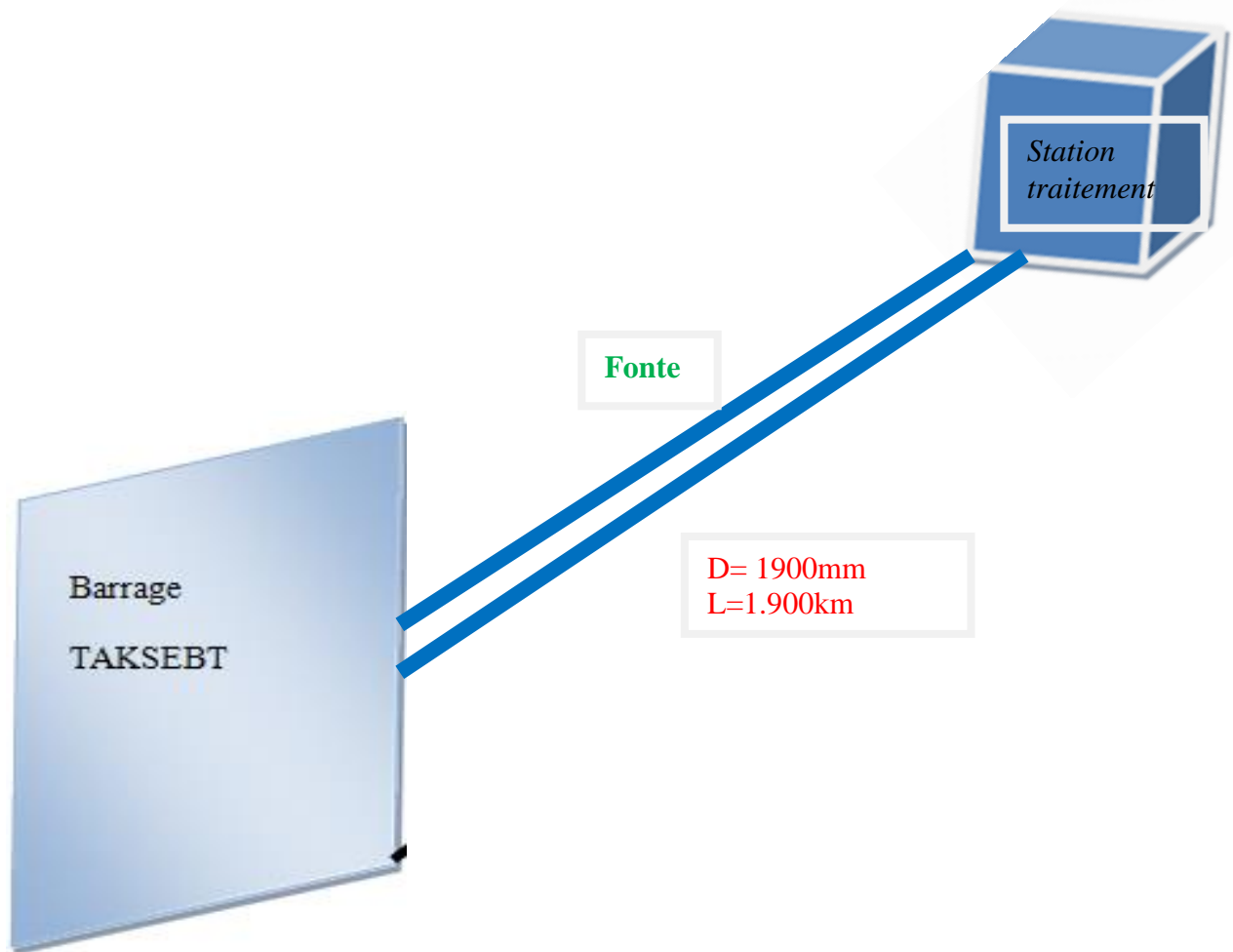


Figure VI.4 : Emplacement de la station de traitement

VI.7. Dimensionnement hydraulique des ouvrages :

VI.7.1. Dimensionnement des ouvrages du prétraitement

En basant sur ces résultats d'analyse des eaux brutes (tableau VI.1), on a choisi pour l'étape du prétraitement les opérations suivantes :

- La mesure et la régulation du débit
- La pré-oxydation
- Le dégrillage
- Ajustement du PH



- Le tamisage reste inutile dans le cas de coagulation, floculation, décantation.
- Le dessablage reste inutile en absence du tamisage.

VI.7.1.1. L'ouvrage de mesure et régulation du débit

C'est le premier ouvrage de la station de traitement, les eaux brutes qui proviennent du barrage TAKSEBT s'écoulent vers la station de traitement avec une vitesse :

$$V=Q / S = 7.118*4/1.9^2*3.14 = \mathbf{2.51 \text{ m/s.}}$$

L'ouvrage a pour fonction principale :

- Le réglage du débit d'eau brute qui sera assuré par une vanne de réglage ;
- Le débit d'eau brute est mesuré et contrôlé par un débitmètre installé dans l'ouvrage ;
- La pression d'eau brute est mesurée et contrôlée par un Manomètre installé dans l'ouvrage.
- L'isolement de la station au moyen d'une vanne d'isolation manuelle;

VI.7.1.2.La pré-oxydation

-Toute chaîne de potabilisation d'eau de surface pour la consommation humaine doit obligatoirement commencer par une pré-oxydation.

-En Algérie, pour des raisons économiques, Le chlore est le plus utilisé. En solution, le chlore réagit avec l'eau Pour former deux composés, l'acide hypochloreux (HClO) et des ions hypochlorites (ClO⁻).

- Pour la pré-chloration la dose du chlore actif recommandée est **1à2g/m³** dans notre cas on prend **2g/m³**
- L'injection du chlore s'effectue directement dans la conduite par l'intermédiaire d'une pompe doseuse.



- Deux paramètres doivent être déterminé à savoir le débit de la pompe doseuse et le volume du bac de stockage des produits chimiques.

A-Débit de la pompe doseuse :

$$Q_{EB} \cdot C_{Chlore} = q_p \cdot C_{Con}$$

$$\rightarrow q_p = Q_{EB} \cdot C_{Chlore} / C_{Con}$$

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 du chlore

A.N.:

$$q_p = (25624.8 * 2) / 152.16 = 336.8 \text{ L/h}$$

$$q_p = 336.8 \text{ L/h}$$

B-Bac de stockage :

- La hauteur du bac est $h=1$ à $2m$. Nous prenons $h=2m$.
- t_s : temps de séjours dans le bac de chloration qui est en général de l'ordre de 24h.

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

$$V_1 = q_p * t_s = 336.8 * 24 = 8083.2 \text{ L}$$

$$V_1 = 8083.2 \text{ L}$$



-Le volume du chlore utilisé dans la filière complète est égale à :

$$V = V_1 + V_2$$

Sachant que :

V_1 : Le volume du chlore utilisé dans la pré-chloration

V_2 : Le volume du chlore utilisé dans la désinfection (à la fin de la filière)

On suppose que $L=2 \cdot l$

Sachant que $S = L \cdot l$

L : la longueur du Bac

l : la largeur du Bac

Donc :

-La surface : $S = V / h = L \cdot l$

-La largeur : $l = \sqrt{\frac{S}{2}}$

N.B

Le dimensionnement du bac de stockage du chlore se fait à la fin de notre chapitre après la détermination du volume du chlore dans la phase de désinfection.

VI.7.1.3. Dégrillage

Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets qui interfèrent avec le fonctionnement des équipements aval. Le dégrillage sert également à empêcher l'accès des poissons aux ouvrages, conduite et installation de traitement.

On doit installer un dégrilleur à l'entrée de la station du traitement. Nous distinguons trois types de dégrilleurs :



Tableau VI.2 : Le domaine d'application des grilles

Type de grilles	Taille de l'installation
Grilles à nettoyage manuel	Petite et moyenne avec faible charge de débris.
Grilles mobiles à nettoyage automatique	Moyenne (<20 000m ³ /J)
Grilles fixes à nettoyage automatique	Grande envergure (>20 000m ³ /J)

A.N

-Pour notre cas on va opter à **une grille fixe à nettoyage automatique**, Ces grilles sont robustes, et équipées d'un système de raclage permettant de gérer efficacement d'importantes quantités de débris de différentes tailles.

- pour l'écartement, on choisit un écartement moyen **40 mm**

- pour l'épaisseur des barreaux, on prend **10mm**.

- Inclinaison des barreaux : $\alpha = 60^\circ$ par rapport à l'horizontale, dans le sens inverse du flux.

- **La surface de la grille est donnée par la formule suivante :**

$$S = \frac{Q}{V.O.C}$$

Avec :

Q : débit d'eau total à l'entrée (m³ /S) $Q = Q_{brute} + Q_{recirculation}$ d'eau de lavage des filtres

$Q_{recirculation}$ d'eau de lavage des filtres = (pris égale à 5 % du Q_{brute})

V : vitesse d'entrée = 2.51m/s

C : coefficient de colmatage C=0.1 - 0.3 on prend C=0.2

$$O = \frac{\text{Espace libre entre les barreau}}{\text{Espace libre} + \text{Epaisseur de barreau}}$$

$$O = \frac{40}{40+10} = 0.8$$



$$S = \frac{Q}{v.O.C} = \frac{7.47}{2.51 \cdot 0.8 \cdot 0.2} = 18.7 \text{ m}^2$$

$$S = 18.7 \text{ m}^2$$

- La largeur de la grille est calculée par la relation suivante :

$$l = \frac{S}{L_0}$$

Avec :

L_0 : longueur mouillée

$L_0 = \frac{t}{\sin \alpha}$; t : tirant d'eau amont (hauteur d'eau max 0.3 à 0.8)

Donc :

$$L_0 = \frac{t}{\sin \alpha} = \frac{0.8}{\sin 60} = 0.92 \text{ on prend } L_0 = 0.95 \text{ m}$$

$$L_0 = 0.95 \text{ m}$$

$$l = \frac{S}{L_0} = \frac{18.7}{0.95} = 19.7 \text{ m}$$

$$l = 19.7 \text{ m}^2$$

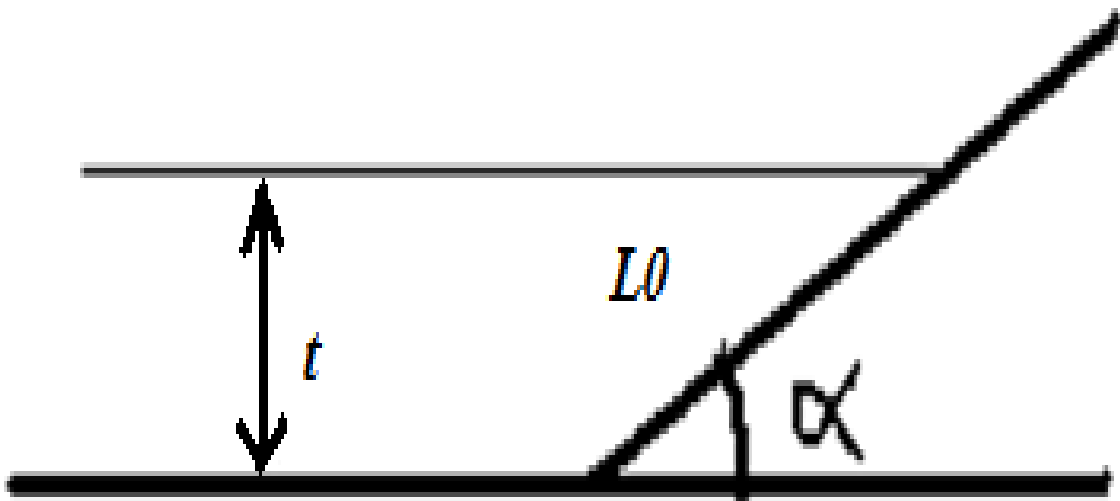


Figure VI.5 : Schéma explicatif de dégrillage



Nous récapitulons :

- **Dimensions de l'ouvrage de dégrillage**
 - Longueur : **0.95m**
 - Largeur : **19.7 m**
 - Hauteur : **0.8m**

VI.7.1.4.Ajustement du PH :

Pour corriger le PH des eaux brutes à une valeur pH optimal de la coagulation 6.8, une injection d'Acide chlorhydrique (chlorure d'hydrogène) ce fait dans une chambre de mélange rapide située juste avant l'entrée du bassin de coagulation.

-On va prendre un temps de séjour de 1 min et on calcule le volume du bassin.

$$V_{\text{bassin}} = Q_{\text{Brute}} * t_s$$

Avec :

QBrute: Débit Brute = **7473.9l/s**

ts : temps de séjour 1 min

Donc :

$$V_{\text{bassin}} = 7.4739 * 60 = 448.4 \text{m}^3$$

$$V_{\text{bassin}} = 448.5 \text{m}^3$$

Nous récapitulons :

- **Dimensions de bassin d'Ajustement du PH**

On prend les dimensions suivantes pour le bassin :

- Longueur : 12 m ;
- Largeur : 8.5 m
- Hauteur : 4.5 m.



VI.7.2.Coagulation-floculation :

La coagulation et la floculation sont des traitements qui visent à optimiser l'élimination des particules en suspension par les procédés de décantation et de filtration.

Ces traitements favorisent l'agrégation des particules colloïdales en larges et denses agrégats. Ils se déroulent en deux étapes principales :

- la déstabilisation des particules (coagulation)
- la collision des particules déstabilisées pour former des agrégats volumineux (floculation).

Les objectifs de cette double opération sont nombreux, historiquement le seul objectif était la contribution à l'abattement de la turbidité et des matières en suspension, aujourd'hui, c'est l'action très importante de ces opérations dans l'élimination de la matière organique dissoutes qui est principalement recherché,

La coagulation-floculation peuvent aussi participer à l'élimination de nombreux micropolluant minéraux ainsi qu'à celle des microorganismes.

La coagulation déstabilise les particules chargées négativement, on emploie comme coagulant le sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, puis la floculation qui permet l'agglomération de ces particules en floes volumineux qui subissent après une décantation.

VI.6.2.1.Résultats du jar test

Le pH optimal et la dose de coagulant optimale, peuvent être déterminés expérimentalement grâce à l'essai sur JARTEST dont le principe est décrit dans le chapitre 3.

-Les résultats du jar test sont présentés dans le tableau ci-dessous :



Tableau VI.3 : les résultats du jar test.

La dose coagulation $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	10mg/l
Le temps de coagulation	2 minutes
La dose de Flocculation	0.08 mg/l
Le temps de Flocculation	20 minutes
PH optimal	6.8

(Source : laboratoire de la station de traitement taksebt)

VI.7.2.2.Coagulation

Le coagulant est directement injecté à l'aide de pompe volumétrique ou une pompe doseuses dont le fonctionnement est asservi au débit de l'eau traité, la dispersion du coagulent doit être rapide, c'est une des conditions nécessaires pour obtenir une coagulation efficace, elle doit être pratiquée dans un coagulateur qui peut être un mélangeur rapide ou est dispensée une forte énergie d'agitation.

➤ La phase de la coagulation sera dimensionnée en deux phases :

A- Détermination des caractéristiques du bassin de coagulation :

- Le temps de séjour $t_s = 2\text{min}$;
- Profondeur : $H = 1 \text{ à } 2 \text{ m}$;

-Donc on calcule le volume du bassin :

$$V = QT \cdot t_s$$

Avec :

$$QT = Q_{EB} + Q_{lav} + Q_{boues}$$

Q_{EB} : débit d'eau brute

Q_{lav} : débit de recirculation de l'eau de lavage (pris égale à 5% du Q_{EB})



Qboues : débit de recirculation des boues (pris égale à 5% du QEB)

$$\text{La surface} \quad S = \frac{V}{h_{max}}$$

$$\text{La largeur} \quad l = \sqrt{\frac{S}{2}}$$

$$\text{La longueur} \quad L = \frac{V}{l \cdot h}$$

B-Détermination du débit de la pompe doseuse du coagulant ainsi que le bac de coagulant :

B.1- Le débit de la pompe doseuse :

$$Q_T \cdot C_{Coag} = q_p \cdot C_{Con}$$

$$\implies q_p = \frac{Q_T \cdot C_{Coag}}{C_{Con}}$$

Sachant que :

Q_T : Débit total d'entrée ;

C_{con} : Concentration de coagulant (10g/l)

q_p : Débit de la pompe doseuse ;

C_{coag} : Dose optimal de coagulant.

B.2- Le bac de coagulant :

- La hauteur du bac $h = 1$ à 2 m ;
- t_s : le temps de séjour et égale à 24 h

Donc on calcule le volume du bac de stockage :

$$V_b = q_p \cdot t_s$$



La surface $S = \frac{V}{h_{max}}$

La largeur $l = \sqrt{\frac{S}{2}}$

La longueur $L = \frac{V}{l \cdot h}$

AN:

A- Détermination des caractéristiques du bassin de coagulation :

-le volume du bassin : $V = Q_T \cdot t_s$

$$V = 7.829 \cdot 120 = 939.57 \text{ m}^3$$

$$v = 940 \text{ m}^3$$

-La hauteur du bassin : $h = 2 \text{ m}$

- La surface $S = \frac{V}{h_{max}} = \frac{940}{2} = 470 \text{ m}^2$

$$S = 470 \text{ m}^2$$

- La largeur $l = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{470}{2}} = 15.4 \text{ m}$

$$l = 15.5 \text{ m}$$

-La longueur $L = \frac{V}{l \cdot h} = \frac{940}{15.5 \cdot 2} = 30.5 \text{ m}$

$$L = 30.5 \text{ m}$$

Nous récapitulons :

❖ **Dimensions du bassin de coagulation**

● Longueur : **30.5 m**

● Largeur : **15.5 m**

● Hauteur : **2 m**



Notre bassin de floculation est divisé en six bassin, chaque bassin est caractérisé par :

❖ **Dimensions du chaque bassin de coagulation**

● Longueur : **10 m**

● Largeur : **8 m**

● Hauteur : **2 m**

B-Détermination du débit de la pompe doseuse du coagulant ainsi que le bac de coagulant :

B.1- Le débit de la pompe doseuse du coagulant :

$$Q_T \cdot C_{Coag} = q_p \cdot C_{Con}$$

$$q_p = \frac{Q_T \cdot C_{Coag}}{C_{Con}} = \frac{7829 \cdot 10 \cdot 10^3}{10} = \boxed{q_p = 7.83 \text{ l/s}}$$

$$\boxed{q_p = 28.19 \text{ m}^3/\text{h}}$$

B.2- Le bac de coagulant :

-le volume du bac : **$V_b = q_p \cdot t_s = 28.19 \cdot 24 = 676.6$**

$$\boxed{V_b = 676.6 \text{ m}^3}$$

-La hauteur du bac : **$h = 2 \text{ m}$**

- La surface **$S = \frac{V}{h_{max}} = \frac{676.6}{2} = 338.3 \text{ m}^2$**

$$\boxed{S = 338.3 \text{ m}^2}$$



- La largeur $l = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{338.3}{2}} = 13 \text{ m}$

$$l = 13 \text{ m}$$

- La longueur $L = 2 * l = 2 * 13 = 26 \text{ m}$

$$L = 26 \text{ m}$$

Nous récapitulons :

❖ **Dimensions du bac de coagulant :**

- Longueur : 26 m
- Largeur : 13 m
- Hauteur : 2 m

VI.7.2.3. Dimensionnement du système d'agitation :

Le Bassin de coagulation est muni d'un agitateur rapide à pales dont le principe est décrit dans le chapitre 3

- **Longueur de la lame d'un agitateur**

$$a = H - (2 * 0.25) = 2 - 0.5 = 1.5 \text{ m} \quad a = 1.5 \text{ m}$$

- **Largeur de la lame**

$$l = 10 b \quad \text{on prend } b = 0.55 \text{ m} \quad l = 5.5 \text{ m}$$

- **Surface de la lame d'un agitateur :**

$$A = a * b = 0.825 \text{ m}^2 \quad A = 0.825 \text{ m}^2$$

VI.7.2.4. Flocculation:

La phase de la flocculation sera dimensionnée en deux étapes :

A- Détermination des caractéristiques du bassin de flocculation :

Pour notre station, on va opter pour un flocculateur à brassage mécanique, Ce type de



floculateur est généralement constitué de 2 à 4 chambres chacune munie d'un agitateur à pales dont la vitesse est réglable.

-On calcule ce floculateur pour :

Temps de séjour de l'eau : 20 à 40 min (on va prendre $t_s = 20$ min) ;

Gradient de vitesse $10 < G < 100 \text{ S}^{-1}$

Donc :

- Le volume : $V = Q_T * t_s ; 7.829 * 20 * 60 = 9394.8 \text{ m}^3$

$$V = 9394.8 \text{ m}^3$$

- La surface $S = 2 * \sqrt[3]{V}^2 = 890.47 \text{ m}^2$

$$S = 890.47 \text{ m}^2$$

- La profondeur : $H = \frac{\sqrt[3]{V}}{2} = 10.5 \text{ m}$

$$H = 10.5 \text{ m}$$

- La largeur $l = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{890.47}{2}} = 21.5 \text{ m}$

$$l = 21.5 \text{ m}$$

-La longueur $L = 2 * l = 43 \text{ m}$

$$L = 43 \text{ m}$$

B-Détermination du nombre d'agitateurs X :

D'après l'équation empirique suivante, nous déterminons X :



$$X \leq L/H.B$$

β : coefficient arbitraire pour les flocculateurs à agitation mécanique $1 \leq \beta \leq 1,5$

Pour $\beta = 1 \quad \rightarrow X \leq 3.68 \approx 4$

Pour $\beta = 1,5 \quad \rightarrow X \leq 2.45 \approx 3$

On prend $X=4$ parce que Ce type de flocculateur est généralement constitué de 2 à 4 chambres.

C-Dimensionnement de la lame d'un agitateur :

- La distance entre les parois verticales et les lames doit être de 15cm
- La distance entre la lame jusqu'au fond du bassin et à la surface de l'eau doit être de 25 cm.
- La surface de la lame doit être au maximum égale à 20% de la section du bassin $l \cdot H$

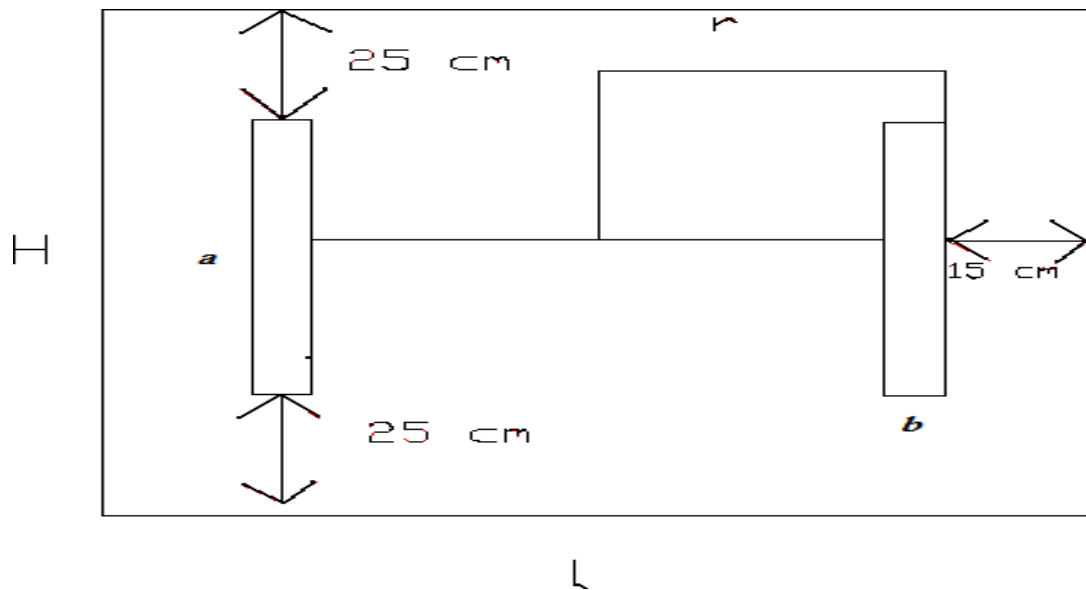


Figure VI.6 : Représentation schématique des deux agitateurs.

- **Longueur de la lame d'un agitateur**

$$a = H - (2 \cdot 0.25) = 10.5 - 0.5 = 10 \text{ m} \quad \mathbf{a = 10 \text{ m}}$$

- **Largeur de la lame**

$$l = 10 \text{ b} \quad l = 21.5 \quad \text{on prend} \quad \mathbf{b = 2.15 \text{ m}}$$



- **Surface de la lame d'un agitateur :**

$$A = a \times b = 21.5 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad A = 21.5 \text{ m}^2$$

D-Vitesse périphérique :

$$W = 2\pi r.n$$

r : rayon de rotation

n : est le nombre de tours par minute (vitesse de rotation)

$$r = \frac{l-2d}{2} = (21.5 - 2 \times 0.15) / 2 = 10.6 \text{ m}$$

Avec :

d : la distance entre les parois verticales et les lames égale à 15cm.

l : la largeur de la chambre de floculation.

-En pratique, on prend : **n = 4 tours/min.**

AN :

$$\begin{aligned} W &= 2\pi r.n = 2 \times 3.14 \times 10.6 \times 4 = 267.12 \text{ m/min} \\ &= 4.45 \text{ m/s} \end{aligned}$$

e-Vérification du critère de Reynolds de chaque chambre :

Pour éviter la cassure des floccs il faut que le nombre de Reynolds inférieure à 5×10^5

$$Re = \frac{U.b.\rho}{\mu}$$

Avec :

U : différence entre la vitesse d'écoulement du liquide et la vitesse du mouvement de la lame d'agitateur, en pratique, on adopte une valeur de U telle que : $U = 0.75 * w$



w : vitesse périphérique.

b : largeur de la lame.

ρ : Densité de l'eau brute $\rho = 1.005 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

μ : viscosité dynamique de l'eau $\mu = 117 \cdot 10^{-3} \text{ pas à } T=20^\circ\text{C}$

Alors

$$U = 0.75 \cdot w = 0.75 \cdot 267.12 = 200.34 \text{ m/min.}$$

$$U = 3.34 \text{ m/s.}$$

$$\text{Re} = \frac{U \cdot b \cdot \rho}{\mu} = \frac{3.34 \cdot 2.15 \cdot 1.005 \cdot 10^3}{1.17 \cdot 10^{-3}} = 61 \cdot 10^5$$

$$\text{Re} > 5 \cdot 10^5$$

- Le critère de Reynolds n'est pas vérifié, donc la solution pour résoudre ce problème c'est de diviser notre flocculateur en douze chambres similaires et en refait les calculs :

✚ On peut choisir douze chambres de dimensions suivant :

- Le volume : $V = (Q_T \cdot t_s) / 12 ; (7.829 \cdot 20 \cdot 60) / 12 = 782.9 \text{ m}^3$

$$V = 782.9 \text{ m}^3$$

- La surface $S = 2 \cdot \sqrt[3]{V}^2 = 169.88 \text{ m}^2$

$$S = 169.88 \text{ m}^2$$

- La profondeur : $H = \frac{\sqrt[3]{V}}{2} = 5 \text{ m}$

$$H = 5 \text{ m}$$

- La largeur $l = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{169.88}{2}} = 9.5 \text{ m}$

$$l = 9.5 \text{ m}$$



-La longueur $L = 2 * l = 19 \text{ m}$

$$L = 19 \text{ m}$$

✚ **Donc les dimensions de chaque chambres :**

● Longueur : **19 m**

● Largeur : **9.5 m**

● Hauteur : **5 m**

f-Dimensionnement de la lame d'un agitateur de chaque chambres :

- La distance entre les parois verticales et les lames doit être de 15cm
- La distance entre la lame jusqu'au fond du bassin et à la surface de l'eau doit être de 25 cm.
- La surface de la lame doit être au maximum égale à 20% de la section du bassin $l * H$.

- **Longueur de la lame d'un agitateur**

$$a = H - (2 * 0.25) = 5 - 0.5 = 4.5 \text{ m} \quad \mathbf{a = 4.5 \text{ m}}$$

- **Largeur de la lame**

$$l = 10 b \quad l = 9.5 \quad \text{on prend} \quad \mathbf{b = 0.95 \text{ m}}$$

- **Surface de la lame d'un agitateur :**

$$A = a * b = 4.275 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad \mathbf{A = 4.3 \text{ m}^2}$$

g-Vitesse périphérique :

$$W = 2\pi r.n$$

r : rayon de rotation

n : est le nombre de tours par minute (vitesse de rotation)

$$r = \frac{l - 2d}{2} = (9.5 - 2 * 0.15) / 2 = \mathbf{4.6 \text{ m}}$$



Avec :

d : la distance entre les parois verticales et les lames égale à 15cm.

l : la largeur de la chambre de floculation.

-En pratique, on prend : **n = 4 tours/min.**

AN :

$$W = 2\pi r.n = 2 * 3.14 * 4.6 * 4 = 115.55 \text{ m/min}$$

$$= 1.9 \text{ m/s}$$

B-Détermination du débit de la pompe doseuse du floculant ainsi que le bac de floculant:

B.1- Le débit de la pompe doseuse :

$$Q_{EB} \cdot C_{flocu} = q_p \cdot C_{con}$$

$$\Rightarrow q_p = \frac{Q_{EB} \cdot C_{flocu}}{C_{con}}$$

Sachant que :

Q_{EB} : débit de l'eau brute dans le bassin.;

C_{con} : Concentration de floculant (1g/l) ;

q_p : Débit de la pompe doseuse ;

C_{flocu} : Dose optimal de floculant (0.08 mg/l) ;

On emploie dans notre station comme floculant un polyélectrolyte anionique de type polyacrylamide hydrolysé, dans ce dernier la dose pratiquées est entre 0.05 à 0.1 g/m³.



Alors :

$$q_p = \frac{Q_{EB} \cdot C_{flocu}}{C_{Con}} = q_p = \frac{7829.8 \cdot 0.08 \cdot 10^{-3}}{1} = 0.63 \text{ l/s}$$

$$q_p = 2.25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_p = 2.25 \text{ m}^3/\text{h}$$

B.2- Le bac de flocculant :

- Volume du bac de stockage :

$$V_b = q_p \cdot t_s = 2.25 \cdot 24 = 54 \text{ m}^3$$

Nous récapitulons :

Les caractéristiques des bassins de coagulation et floculation sont les suivants :

Bassin de coagulation :

Notre bassin de floculation est divisé en six bassins, chaque bassins est caractérisé par :

- Temps de séjour : **2 min**
- La surface du bassin : **S= 78.34 m²**
- La hauteur du Bassin : **2 m.**
- La largeur : **l= 8 m.**
- La longueur : **L= 10 m.**

Bassin de floculation :

Notre bassin de floculation est divisé en douze chambres, chaque chambre est caractérisé par :

- Temps de séjour : **20 min**
- Volume : **782.9 m³.**
- La surface : **169.88 m².**
- La profondeur : **5 m.**



- La largeur : **9.5 m.**
- La longueur : **19 m.**
- Nombre d'agitateur : **1**
- Longueur de la lame de l'agitateur : **4.5 m.**
- Largeur de la lame de l'agitateur : **0.95 m.**
- Surface de la lame : **4.3 m².**
- Rayon de la lame : **r=4.6 m.**

VI.7.3. Décantation

La décantation gravitaire tient une place primordiale dans la filière de traitement d'eaux de surface pour la production d'eau potable, elle est toujours précédée de la double opération de coagulation-floculation et toujours suivie d'une filtration, la décantation est parfois est remplacée par la flottation.

La décantation est une opération unitaire par laquelle une suspension chargée en particules insolubles est séparées en 2 parties :

- un liquide clarifié (peu chargé en MES) ;
- des boues.

On met à profit la différence de densité entre les phases liquide et solide.

Les décanteurs rectangulaires à flux horizontale ont été longtemps utilisés en production d'eau potable pour des grands débits, l'introduction des lamelles dans ce type de décanteur a été expérimentée depuis les années 1970-1980, Elle est aujourd'hui pratiquée couramment, avec comme objectif principal de diminuer la surface au sol.

Les lamelles sont appelées « plaques » ou « modules », ils sont disposé parallèlement sur toute la surface de décantation en mode contre-courant.



Pour la décantation lamellaire on a trois types de décantation :

- La décantation à contre-courant est la plus efficace et la plus utilisée.
- la décantation à co-courant il est difficile de collecter l'eau traitée.
- Courant croisé : écoulement perpendiculaire à la décantation, pose des problèmes d'équi-répartition des flux hydrauliques.

➤ *Dans notre station on va utiliser un décanteur rectangulaire lamellaire à contre-courant.*

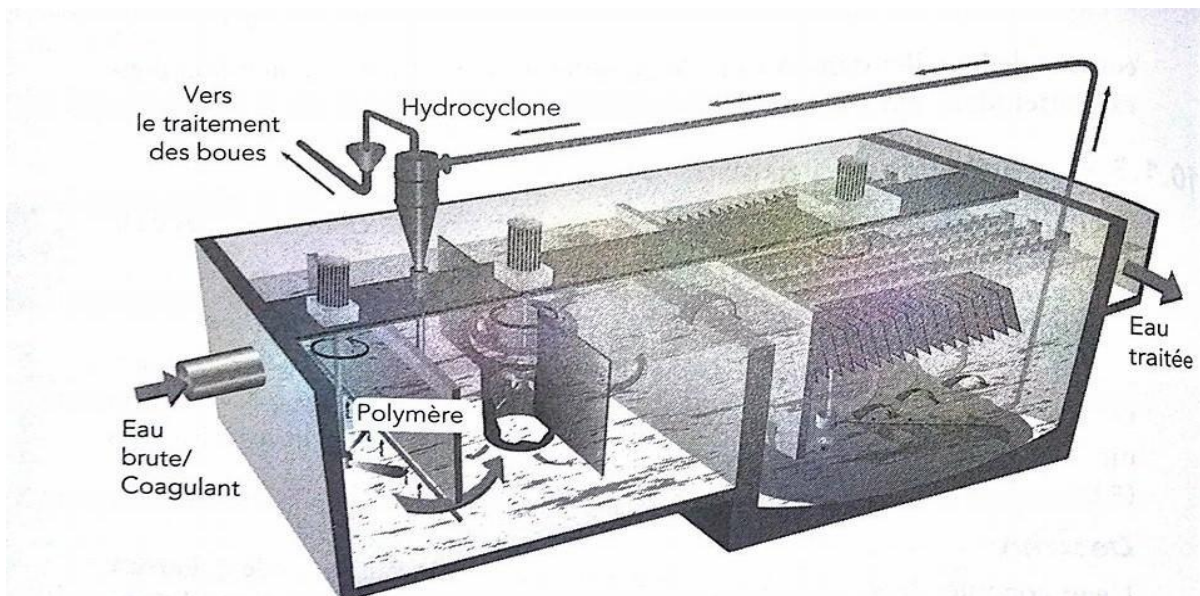


Figure VI.7 : un décanteur rectangulaire lamellaire

VI.7.3. 1. Description générale d'un décanteur lamellaire :

Les plaques (ou les modules) sont disposé généralement sur toute la surface de décantation, leur nombre N_T dépend bien évidemment de des dimensions du décanteur et de l'espace inter-lamellaire et du diamètre hydraulique équivalent d_H .



Le diamètre hydraulique équivalent d_H est compris entre **40 et 80 mm**, l'angle d'inclinaison est généralement de **60°**, la longueur du module L est généralement est compris entre **0.75 et 3 m**, les modules sont généralement en **PEHD**.

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.

-Les équations caractéristiques du décanteur lamellaires sont les suivantes :

$$STP=Q/UH \quad (1)$$

$$STP=N_t * l_p * L_p * \cos \alpha \quad (2)$$

Avec

Q : le débit à traiter.

L_p : longueur des lamelles.

l_p : largeur des lamelles.

N_T : nombre total de lamelle

α : Angle d'inclinaison des plaques

Les équations (1) et (2) permettent de trouver N_T , le nombre total de lamelles sur le dispositif de décantation.

Dans ce type de décanteur, la vitesse de Hazen (UH) est comprise entre 0,5 et 1,5 m/h.

Nous prendrons comme valeur de vitesse de Hazen $UH=1,2$ m/h (soit $3,33 \cdot 10^{-4}$ m/s). Cette vitesse permet de se placer en régime laminaire, condition indispensable à la décantation.



Données :

<i>Données</i>		
<i>Vitesse de Hazen</i>	U_H (mm/s)	0,333
<i>Longueur d'une lamelle</i>	L_p (m)	5
<i>Largeur d'une lamelle</i>	l_p (m)	4
<i>Ecartement</i>	e (m)	0,1
<i>Inclinaison des plaques</i>	α (°)	60
<i>Débit à traiter</i>	Q (m ³ /s)	7.829

Résultats :

Surface totale projeté $STP=Q/U_H$ (m²) =23512

Nombres total de lamelle $STP=N_t \cdot l_p \cdot L_p \cdot \cos \alpha$, $N_t = STP / l_p \cdot L_p \cdot \cos \alpha =2352$

Débit entre les lamelles Q_1 (m³/s)= Q (m³/s)/ $N_t = 0.003$ m³/s

VI.7.3. 2.Détermination de la surface du décanteur :

-La largeur du décanteur correspond à la largeur d'une lamelle, On va utiliser deux lamelles en série,

Donc :

$$l = 2 l_p = 8 \text{ m}$$



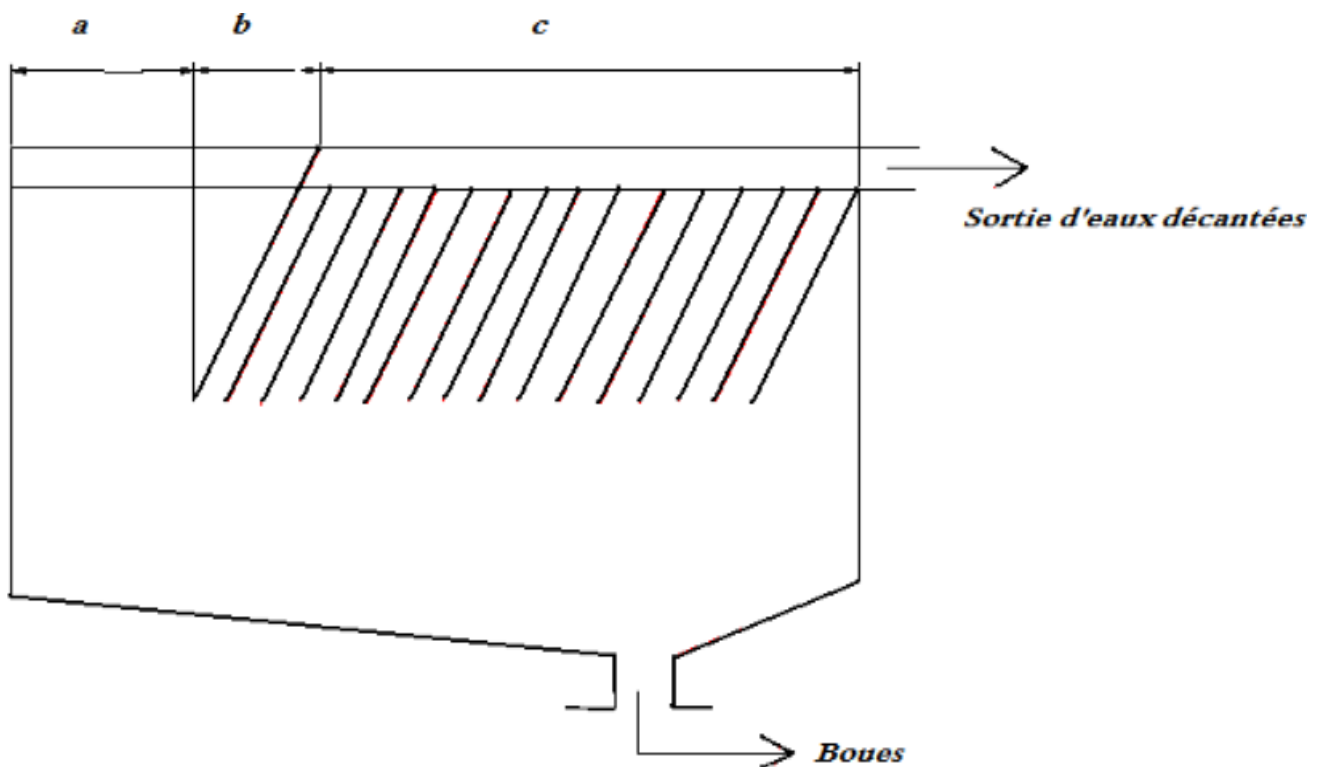


Figure VI.8 : Les longueurs d'un décanteur lamellaire

Avec :

- a : La zone d'introduction d'eau brute ;
- pour dissiper l'énergie, on retiendra une valeur de l'ordre de 0,50 m
- b : La longueur projetée de la dernière plaque ;
- $= 3 \cdot \cos 60^\circ = 1,5 \text{ m}$;
- c : L'écartement des lamelles.
- $= \text{nombre de plaque} \cdot \text{écartement} = (2352 / 2) \cdot 0,1 = 118 \text{ m}$

$$a = 0,5 \text{ m}$$

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$c = 118 \text{ m}$$



Alors :

$$L = 0,50 + 1.5 + 118 = 120 \text{ m}$$

La longueur du décanteur = 120 m

$$L = 120 \text{ m}$$

La surface ($L \cdot l$) = $120 \cdot 8 = 960 \text{ m}^2$.

$$S = 960 \text{ m}^2$$

VI.7.3. 3. Calcul de la hauteur du décanteur :

Les différentes hauteurs d'un décanteur lamellaire sont présentées dans la figure V.6

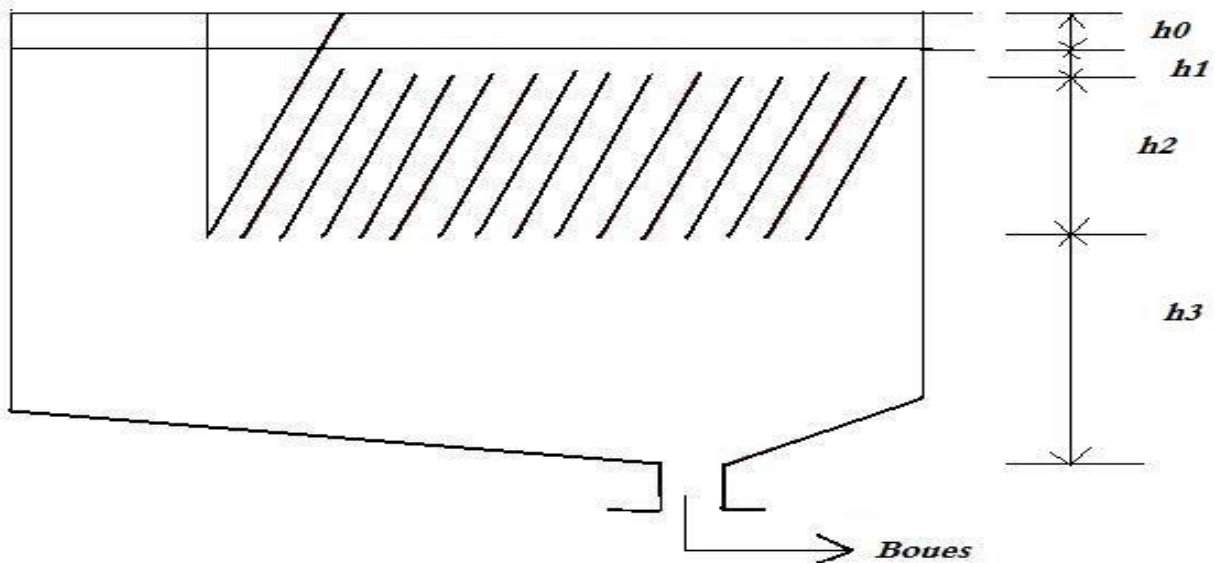


Figure VI.9-Les hauteurs d'un décanteur lamellaire

h_0 : Hauteur d'eau au-dessus des plaques

- Sa valeur correspond à la distance entre le haut des plaques et la goulotte d'évacuation des eaux. La distance préconisée souhaitable en l'absence de calcul précis est de **0,5 m-0.7m**.



h₁ : Zone d'eau clarifiée

- Elle se situe dans le haut des plaques. Cette hauteur peut varier entre 0,20 et 0,50 m. Une hauteur de **0,20 m** peut être retenue si la distance h₀ est correctement dimensionnée.

h₂ : Zone de décantation :

- Cette zone correspond à la hauteur occupée par les plaques

h₃ : Zone de turbulence, épaissement de boues et stockage

- Elle est généralement comprise entre **1-2 m**

Donc:

$$h_0 = 0,5 \text{ m.}$$

$$h_1 = 0,20 \text{ m}$$

$$h_2 = L \cdot \sin 60 = 3 \cdot \sin 60 = 2,6 \text{ m}$$

$$h_3 = 1,7 \text{ m}$$

Alors:

$$H = 0,5 + 0,2 + 2,6 + 1,7 = 5 \text{ m}$$

$$H = 5 \text{ m}$$

Nous récapitulons :

Caractéristiques des bassins de décantation sont les suivants :

- La hauteur : **5 m.**
- La largeur : **8m.**
- La longueur : **120 m**
- La surface: **960 m²**

Notre bassin de décantation est divisé en huit bassin, chaque bassin est caractérisé par :

- La hauteur : **5 m.**
- La largeur : **8m.**



● La longueur : **15 m**

● La surface: **120 m²**

VI.7.4. Filtration:

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier une liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'accumulent, il faut donc nettoyer le milieu de façon continue.

La filtration en profondeur est très fréquemment utilisée en traitement des eaux de surface après les étapes successives de coagulation, floculation et décantation.

Avec la filtration en profondeur, on cherche à éliminer les particules de quelques micromètres à quelque dizaine de micromètre, c'est-à-dire principalement les matières en suspension (non colloïdales), les microflocs s'échappent de la décantation et certains micro-organismes (algues, partie des bactéries, protozoaires).

Pour notre station, le mode de filtration choisie est la filtration rapide sur sable (5 à 24m³/h.m² ou m/h) à flux descendant, notamment par voie gravitaire.



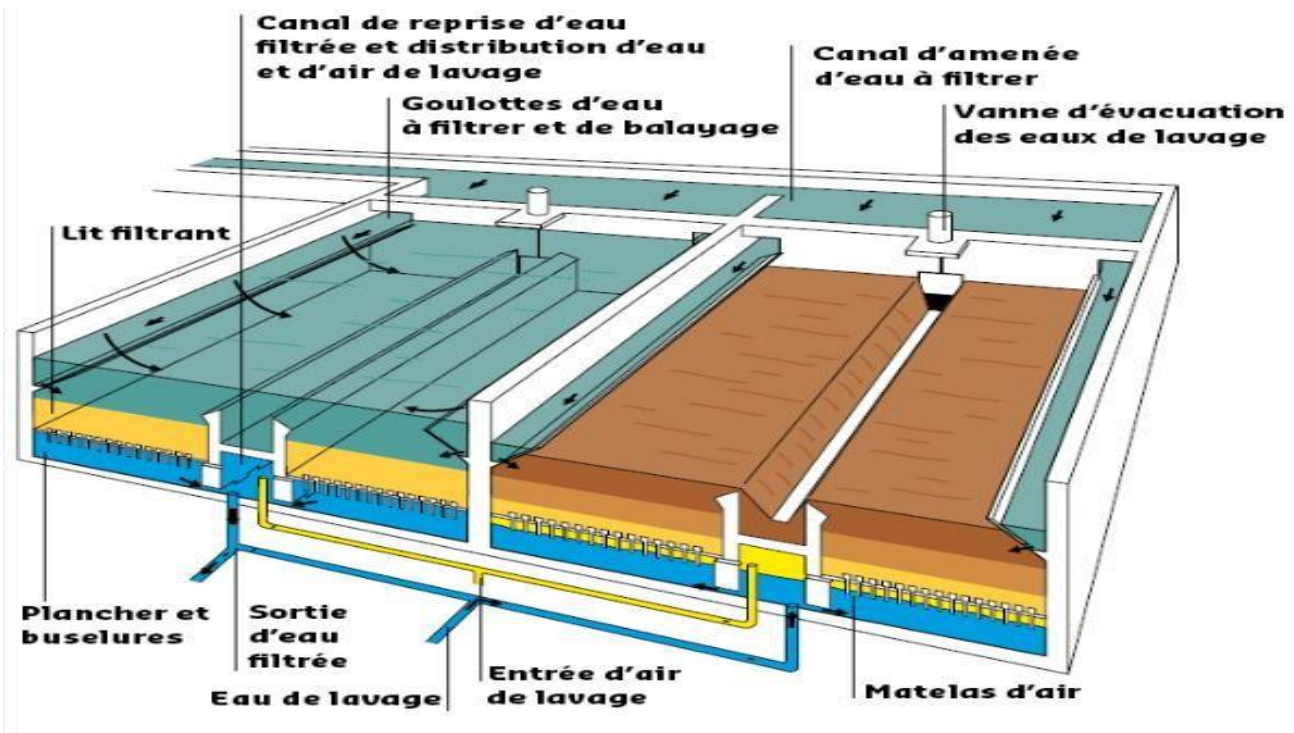


Figure VI.10 Principe de fonctionnement du filtre

VI.7.4. 1.La filtration rapide :

Elle s'applique à des eaux préalablement traitées (décantée ou flottée) et aura pour but d'obtenir une clarification de l'eau par l'élimination de MES, au fur et à mesure des passages de l'eau à travers le lit filtrant.

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

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

La filtration rapide a pour «inconvenient» qu'elle est une opération relativement complexe, nécessitant du personnel qualifié.



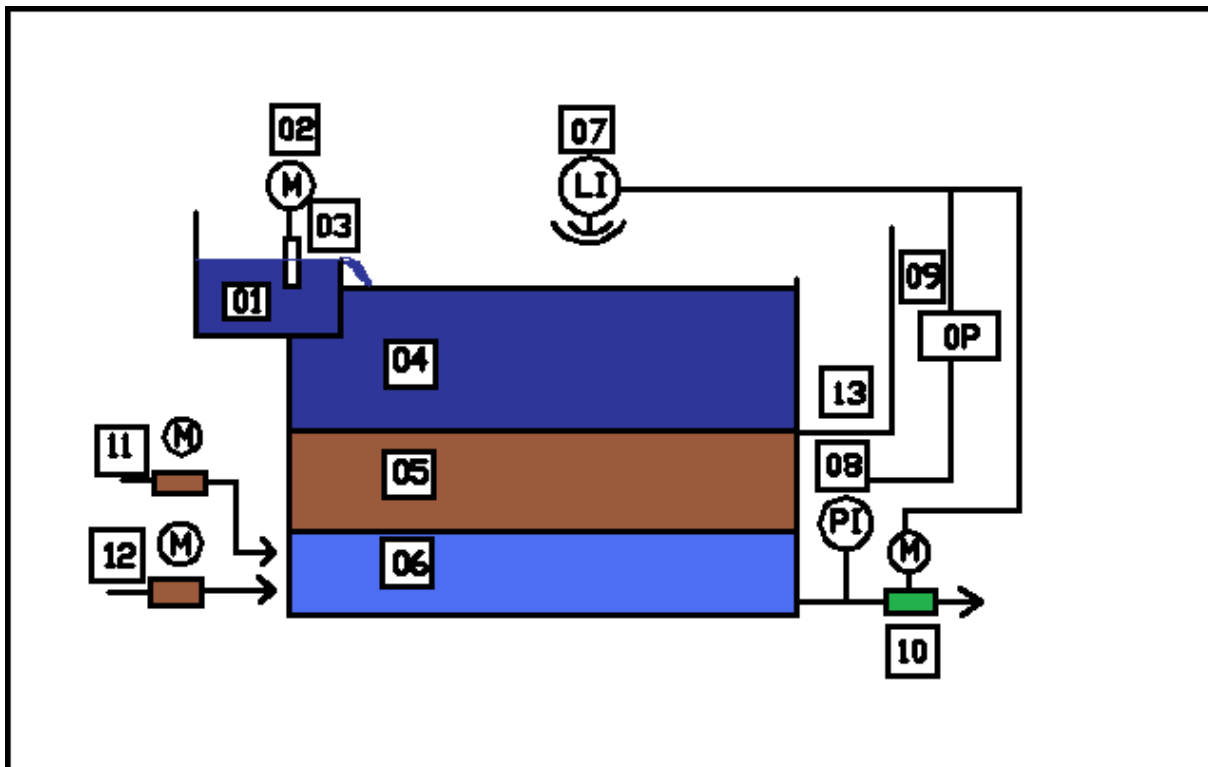


Figure VI.11 Bassin de filtration

Légende :

- 01- Arrivée d'eau brute ;
- 02- Vanne murale pour répartition de l'eau brute dans chacune des cellules de filtration ;
- 03- Déversoir ;
- 04- Hauteur d'eau brute au-dessus du matériau filtrant ;
- 05- Lit filtrant ;
- 06- Dispositif de collecte de l'eau filtrée
- 07- Mesure de niveau d'eau ;
- 08- Mesure de pression sous le filtre ou dans la conduite de sortie du filtre ;
- 09- Dispositif de surveillance de la pression différentielle dans le filtre ;



- 10- Vanne de régulation dans la conduite de sortie du filtre ;
- 11- Conduite d'arrivée avec vanne, pour air de lavage du filtre ;
- 12- Conduite d'arrivée avec vanne, pour eau de lavage du filtre ;
- 13- Dispositif d'évacuation de l'eau de lavage du filtre.

VI.7.4. 2.Paramètres de dimensionnement de la filtration en profondeur

Les principaux paramètres de dimensionnement dépendent des techniques de filtration et des types utilisés, pour la filtration rapide il faut que :

Taille effective et coefficient d'uniformité des grains de matériau filtrant :

$$0.5 \leq t.e. \leq 1.5 \text{ mm ;}$$

$$1.2 \leq c.u. \leq 1.4.$$

Perte de charge maximale admissible ; $1 \leq \Delta h_{max} \leq 2mCE$ pour les filtres gravitaire et $0.5 \leq \Delta p_{max} \leq 0.8$ bar pour les filtres sous pression (c'est généralement la perte de charge maximale admissible qui provoque le déclenchement du lavage).

Vitesse de filtration : $5 \leq U \leq 24$ m/h pour les filtres rapides, appelées encore charge hydraulique (en $m^3/m^2.h$).

Hauteur d'eau au-dessus du lit filtrant gravitaire, en fin de cycle : $0.5 \leq h \leq 1.2m$.

VI.7.4. 3.Choix du matériau filtrant :

En se basant sur les propriétés physiques des matériaux filtrants présentées dans le tableau N° V.4, **Propriété physiques des matériaux filtrants** ;Le matériau filtrant qu'on va utiliser dans notre station de traitement c'est le sable de silice, de forme arrondie pour deux raison :

- Sa disponibilité;
- Sa faible porosité pour retenir le maximum possible les particules fines.



Tableau N° VI.4 : Propriété physiques des matériaux filtrants

Matériau	Forme	Densité	Dureté (moh)	Porosité(%)	Taille effectif (mm)
Sable de silice	Arrondie	2.6	7	42	0.4-1.0
Sable de silice	Non arrondie	2.6	7	44	0.4-1.0
Quartz	Anguleuse	2.6	7	53	0.4-1.0
Sables de grenat	/	3.1-4.3	6.5-7.5	-	0.2-0.4
Anthracite	Anguleuse	1.5	3	55	0.4-1.4
Anthracite	arrondie	1.5	3	50	0.5-1.0

VI.7.4. 3.Calcul de la surface totale de filtration :

-Pour qu'on puisse déterminer la surface totale de la filtration, on doit fixer la vitesse de filtration toute en respectant la condition suivante $5 \leq U \leq 24 \text{m/h}$.

- donc On va fixer une vitesse de filtration de **8 m/h**.

Alors :

$$Q = V * S$$

Avec :

v : vitesse de filtration (8 m/h) ;

Q : débit horaire entrant {décantée} (m³/h) ;

S : surface totale de filtration (m²).



AN:

$$S = Q / V = 7.829 / 8 = 979 \text{ m}^2$$

$$S = 979 \text{ m}^2$$

➤ Donc : on va disposer douze filtres de surface **81.6m²** chacun

VI.7.4. 4. Calcul de la hauteur du filtre :

La hauteur du filtre rapide doit être calculée de sorte qu'elle comporte les hauteurs partielles suivantes :

- ✚ Un lit filtrant proprement dit, avec une seule couche de matériaux homogène (monocouche), ou plusieurs couches (bicouche ou multicouche), sa profondeur n'excède pas **1.5m (monocouche)** ou **2m (multicouche)**.
- ✚ Une couche d'eau au-dessus du lit filtrant, dont la hauteur doit être suffisante afin de ne pas prendre le risque de pression relative négative dans le filtre **0.5 ≤ h_{eau} ≤ 1,2m**.
- ✚ Un plancher de buselures fendues (crépines) ou de dalles poreuses (5 à 40 cm) qui supporte le lit filtrant.

Alors :

➤ Pour notre station la hauteur du filtre sera calculée comme suit :

- h_{sb} = **1m**
- h_{eau} = **0.8m**
-
- h_f : hauteur de la dalle du fond de **30 cm**.

$$H = h_{eau} + h_{sb} + h_f + 50\text{cm}$$



$$H = 2.6\text{m}$$

$$H = 2.6\text{ m}$$

- On ajoute comme une hauteur supplémentaire de sécurité de **50 cm** ; afin d'éviter les pertes du milieu poreux par les goulottes, ces dernière sont des canaux à ciel ouvert pour l'évacuation de l'eau de lavage, et qui doivent être placé à une hauteur supérieure à 50 cm au-dessus du milieu filtrant, donc, la hauteur du chaque bassin de filtration sera égale à 2.6m

-

- Puisque :

-

$$S = 81.6\text{ m}^2$$

On prend les dimensions de nos bassins de : **10 *8.5 *2.6**

Nous récapitulons :

Les Caractéristiques du bassin de filtration sont les suivants :

- Nombre de filtre : **12** ;
- La longueur : **L =10 m** ;
- La largeur : **l = 8.5m** ;
- La hauteur : **H = 2.6 m** ;
- La surface de filtration : **S = 81.6 m²**
- La hauteur des matériaux filtrant : **h = 1 m** ;

VI.7.5.Désinfection :

La désinfection est une étape primordiale en production d'eau potable, elle est toujours utilisés quels que soient les types de filière de traitement et de ressource, c'est la première priorité du traiteur d'eau dont l'objectif est de produire et distribuer une eau exempte de germes pathogènes.

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau afin d'empêcher le développement de maladies à transmission hydriques.



Le principe de la désinfection est de mettre en contact un désinfectant à une certaine concentration pendant un certain temps avec une eau supposée contaminée.

On va procéder à la désinfection chimique en utilisant le chlore car c'est le plus disponible en Algérie, et le plus connue.

Le chlore réalise une désinfection de sécurité, cette désinfection consistera à maintenir une concentration résiduelle de désinfectant chimique jusqu'au robinet du consommateur.

L'injection du chlore se fait à la sortie du filtre ; au niveau de la conduite reliant le filtre et le réservoir d'eau traité.

VI.7.4.1. Dimensionnement

a-Le débit de la pompe doseuse

Le débit de la pompe doseuse q_p pour la désinfection égale :

$$Q_{\text{filt.}} \cdot C_{\text{Chlore}} = q_p \cdot C_{\text{Con}}$$

$$q_p = Q_{\text{filt.}} \cdot C_{\text{Chlore}} / C_{\text{Con}}$$

Avec :

Q_{filt} : Débit de l'eau Filtré ;

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 du chlore

A.N :

$$q_p = (25624.8 * 2) / 152,16 = 336.8 \text{ L/h}$$

$$q_p = 336.8 \text{ L/h}$$



b-Bac de stockage

-La hauteur du bac est $h=1$ à $2m$. Nous prenons $h=2m$

- t_s : temps de séjours dans le bac de chloration qui est en général de l'ordre de $24h$

-Le volume du chlore utilisé pour **la désinfection** est calculé par la formule suivante :

$$V_2 = q_p * t_s = 336.8 * 24 = 8083.2 \text{ L}$$

$$V_2 = 8083.2 \text{ L}$$

-Le volume du chlore utilisé dans la filière complète est égale à :

$$V = V_1 + V_2$$

Sachant que :

V_1 : Le volume du chlore utilisé dans la pré-chloration

V_2 : Le volume du chlore utilisé dans la désinfection

On suppose que $L=2 * l$

Sachant que $S = L * l$

L : la longueur du Bac

l : la largeur du Bac

Donc :

-La surface : $S = V / h$

-La largeur : $l = \sqrt{\frac{S}{2}}$



A.N

-Le volume du chlore utilisé dans la filière complète est égale à :

$$V = V_1 + V_2 = 8083.2 + 8083.2 = 16166.4 \text{ L}$$

$$V = 16.17 \text{ m}^3$$

-La surface : $S = V / h = 16.17 / 2 = 8.09 \text{ m}^2$

$$S = 8.09 \text{ m}^2$$

-La largeur : $l = \sqrt{\frac{S}{2}} = 2.5 \text{ m}$

$$l = 2.5 \text{ m}$$

- la longueur : $L = 2 * l = 5 \text{ m}$

$$L = 5 \text{ m}$$

Nous récapitulons :

Les Caractéristiques du bac de stockage du chlore sont les suivants :

- Débit de la pompe doseuse (désinfection) (L/h) : **336.8 l/h**
- Volume (m³) : **16.17 m³**
- La surface(m) : **8.09 m**
- La largeur (m) : **2.5m**
- la longueur(m) : **5m**
- Hauteur (m) : **2m**



VI.8. Réservoir d'eau traitée :

Le volume du réservoir d'eau est la somme du volume traitée, le volume d'incendie et le volume de lavage des filtres.

$$V_T = V_{\text{traiter}} + V_{\text{inc}} + V_{\text{Lavage}}$$

Avec :

$$V_{\text{inc}} : \text{Volume d'incendie} = 120 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Lavage}} : \text{volume de lavage des filtres} = 2\,562.48 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{traiter}} : \text{Volume traiter} = Q_{\text{traiter}} * t_s$$

Tel que :

t_s : le temps de séjour qui égale à 2 h ;

$$Q_{\text{traiter}} : \text{Le débit traiter} = 7118 \text{ l/s} = 25\,624.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc :

$$V_{\text{traiter}} = 25\,624.8 * 2 = 51\,249.6 \text{ m}^3$$

Le volume total sera égal :

$$V_T = V_{\text{traiter}} + V_{\text{inc}} + V_{\text{Lavage}} = 51\,249.6 + 120 + 2\,562.48 = 53\,932.08 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de **54 000 m³**

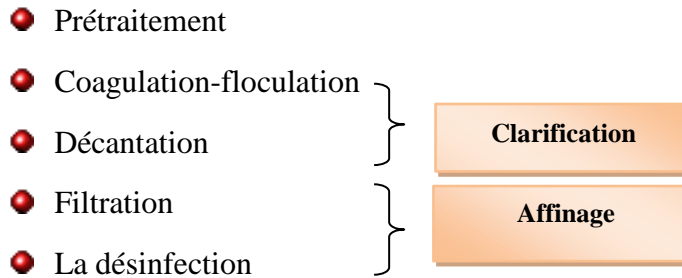
En pratique, il est très difficile de réaliser un réservoir de 54 000 m³ en pointe de vue génie civil, donc on réalise deux réservoirs jumelés: c'est plus pratique, et plus sécurisé



VI.9.Conclusion :

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

Notre station de traitement d'eau potable comprend une filière complète de traitement physico-chimique :



Notre station de traitement se compose d'un dégrilleur à nettoyage automatique incliné de 60°, d'un coagulateur, de douze bassin de floculation , aussi d'un huit bassin de décantation lamellaire et de douze bassin de filtration

-Et dans le souci d'une exploitation sécurisée nous avons présenté les consignes nécessaires dans le suivant chapitre.



Chapitre VII :

PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL

*Chapitre –VII-****PROTECTION ET SECURITE DU TRAVAIL*****VII.1.Introduction :**

Dans le domaine d'alimentation en eau potable et dans le domaine d'hydraulique en général les accidents du travail arrivent en grande importance lors de la réalisation des différents attachements comme les travaux d'excavation, de terrassement, Creusement ...etc.

Donc l'objectif du ce chapitre et de réduire au maximum les accidents du travail, on citant les différents recommandations qui permettre de réaliser notre projet dans les meilleures conditions vis-à-vis de la sécurité du personnel et du matériel.

VII.2.L'Objectif de l'étude de la sécurité du travail dans un chantier de réalisation d'une station de traitement :

- promouvoir et maintenir le plus haut degré possible de bien-être physique, mental et social des travailleurs ;
- prévenir les effets néfastes sur la santé des travailleurs dus à leurs conditions de travail ;
- protéger les travailleurs contre les dangers qui menacent leur santé ;
- placer et maintenir les travailleurs dans un environnement de travail adapté à leurs besoins physiques et mentaux ;
- Améliorer les conditions de travail et évaluer les risques qui existent sur leur propre lieu de travail.

VII.3.Les opérations nécessaire pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement :***VII.3.1.Partie génie civil :***

- Installation de chantier ;
- Terrassement généraux du site et aménagement ;
- Tuyauterie du site ;
- Installation des bassins de Coagulation-Floculation-Décantation ; avec



bâtiments de commande

- Ouvrage de filtration avec bâtiment de commande des filtres ;
- Réservoirs d'eau traitée ;
- Bâtiments des réactifs.

- Laboratoires
- Administrations
- Locaux pour les ouvriers
- les sanitaires
- les différentes annexes de filière de traitement
- Station de pompage

VII.3.2.Partie équipements :

- Equipement de la filière de traitement (en fonction de la capacité de station) ;
- Montage des équipements ;
- Mise en service et exploitation après 16 mois ;
- Formation des agents ;

VII.4.Les moyens matériels et humains nécessaire pour effectuer les différentes opérations nécessaires pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement :

VII.4.1.Les moyens matériels :

- Engins de levage ;
- Les bulldozers ;
- Les pelles hydrauliques (le nombre varie selon le besoins) ;
- Les camions et les voiture et les moyens de transport ;
- Au moins une ambulance ;
- Des bétonnières mobiles (le nombre varie selon la cadence du travail) ;
- Les matériaux de construction (sable ; graviers ; ciment ; accessoires ; les produit....etc.) ;
- Autre engin de terrassement selon les activités et les travaux.



VII.4.2.Les moyens humains :

- Des ingénieurs en hydraulique, génie civil, et en chimie ;
- Des administrateurs et managers et gestionnaires ;
- Des Technicien supérieur ;
- Des conducteurs d'engin qualifié ;
- Main d'ouvre qualifié ;
- Des infirmiers ;
- Coordinateurs de tâches ;
- Des formateurs ;

VII.5.Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique :**VII.5.1.Facteurs humains :**

- Manque de contrôle et négligence
- La fatigue des travailleurs,
- Encombrement dans les différentes phases d'exécution des travaux.
- Suivre un rythme de travail inadapté.

VII.5.1.Facteurs matériels :

- Outillage, engins, et machines de travail.
- Nature des matériaux mis en œuvre.
- Les installations mécaniques et électriques

VII.6.Les Conditions dangereuses :

- Installations non protégées ou mal protégées.
- Outillage, engin et équipement en mauvais état.
- Matière défectueuse, stockage irrationnel.
- Défaut dans la construction.
- Eclairage défectueux.
- Facteurs d'ambiance impropre.



- Conditions climatiques défavorables.
- Bruits dans le chantier.
- Terrain glissant (période d'hiver).

VII.7. Les actions dangereuses :

- Intervenir sans précaution sur des installations sous tension, sous pression ou contenant des substances toxiques ou inflammables.
- Intervenir sans protection sur des machines en mouvement.
- Agir sans prévenir ou sans autorisation.
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle.
- Imprudence durant la manutention des charges.

VII.7. Evaluation de L'ensemble des risques lié à notre chantier :

Un nombre de risques peuvent être présents sur notre chantier. Il y a des conditions de travail manifestement dangereuses, comme les machines non protégées, les sols glissants ou l'insuffisance des précautions contre l'incendie, mais il y a aussi des risques plus insidieux, moins évidents, tels que:

- risques chimiques (exposition à des liquides, des solides, des poussières, des vapeurs et des gaz) ;
- risque électrique ;
- risque d'incendie ;
- risques physiques tels que bruit, vibrations, mauvais éclairage, rayonnements et températures extrêmes ;
- risques biologiques tels que bactéries, virus, déchets infectés et infestations ;
- risques psychologiques (stress) ;
- risques liés à la non-application des principes de l'ergonomie, par exemple machines, engins et outils mal conçus, sièges et postes de travail inadaptés ou méthodes de travail mal conçues.



VII.7.1. Risques chimiques :

Tous les produits chimiques sont susceptibles de présenter un danger. Ce danger peut être lié à :

- Leurs propriétés physiques : inflammabilité, explosibilité.
- Leurs propriétés chimiques : actions nocives sur l'organisme

La figure suivante présente quelques catégories de matières dangereuses, leur pictogramme.

ANCIEN	NOUVEAU	
		PRODUITS TOXIQUES pouvant présenter un danger pour la santé ou entraîner la mort en cas d'inhalation, d'ingestion ou d'absorption cutanée. Exemples : produits hivernaux contenant du méthanol comme certains antigels ou dégivrants.
		PRODUITS CORROSIFS ou caustiques pour la peau et les muqueuses en cas de contact. Ils peuvent provoquer de graves brûlures. Exemples : les déboucheurs et détartrants concentrés.
		PRODUITS INFLAMMABLES pouvant s'enflammer facilement au contact d'une flamme ou d'une étincelle, ou sous l'effet de la chaleur. Exemples : white spirit, acétone, lubrifiants et peinture en aérosol (contenant des solvants inflammables).
		PRODUITS COMBURANTS contenant une grande quantité d'oxygène et pouvant provoquer la combustion de substances inflammables ou combustibles. Exemples : ce sont des produits réservés aux professionnels. On ne les trouve pas en supermarché.
		PRODUITS EXPLOSIFS pouvant exploser au contact d'une flamme, d'un choc, ou sous l'effet de la chaleur ou de frottements. Exemples : feux d'artifice.
		PRODUITS DANGEREUX POUR L'ENVIRONNEMENT présentant un risque pour les organismes lorsqu'ils se retrouvent dans la nature. Ils peuvent être mortels pour les poissons ou les abeilles. Exemples : certains produits phytopharmaceutiques.
		PRODUITS IRRITANTS/NOCIFS pouvant causer des démangeaisons, des rougeurs ou des inflammations en cas de contact direct, prolongé ou répété. Exemples : produits de vaisselle et tablettes pour lave-vaisselle.
		DANGEREUX POUR LA SANTÉ A LONG TERME Ces produits peuvent être cancérogènes, affecter la fertilité ou l'embryon ou encore provoquer des lésions aux organes. Exemples : thinners (diluants pour peintures).
		RÉCIPIENT SOUS PRESSION Ces produits sont conservés sous pression. Exemple : les bouteilles d'oxygène.

source : SPF Santé publique

Figure N° VII.1 : Pictogrammes des risques chimiques.



VII.7.1.1. Quelques précautions à suivre :

❖ Au laboratoire, il est interdit :

- De fumer, boire, manger, pipeter avec la bouche, stocker des aliments dans les réfrigérateurs ou les chambres froides ;

❖ Il est obligatoire :

- D'utiliser le matériel de protection (blouse, gants, lunettes, masque approprié...etc.) ;
- De laver les mains avant et après une manipulation ;
- D'enlever les gants avant toute saisie du combiné téléphonique, avant tout déplacement nécessitant l'ouverture de portes, avant l'utilisation de clavier informatique, consultation de livres, ou bien de protocoles communs etc.
- De travailler sous une hotte avec les produits toxiques ou volatils voire dans un local convenablement ventilé.
- De stocker les produits volatils loin des sources de chaleur.
- De respecter les consignes de gestion des déchets.

❖ Il est souhaitable :

- De ne pas travailler seul (surtout en dehors des horaires habituels).
- De travailler avec des appareils en bon état (signaler au responsable toute anomalie).
- De ne pas porter de lentilles de contact.
- De se protéger les yeux avec des lunettes spéciales lors de travaux avec des rayons UV, lasers etc.

VII.7.1.2. Contrôle des risques en laboratoire :

Pour contrôler les risques au laboratoire il est essentiel de connaître les 4 voies d'intoxication les plus courantes :

- L'inhalation ;
- L'Ingestion ;
- L'absorption cutanée ;



- Le contact avec les yeux.

Pour bien contrôler les risques potentiels dans un laboratoire, il ne faut jamais sous-estimer les risques,

Il faut minimiser les expositions non nécessaires et se doter des moyens de protection individuelle tels que :

- Le port d'un sarrau (obligatoire en tout temps) ;
- Le port de gants appropriés (au besoin) ;
- Le port des lunettes de sécurité.

VII.7.1.3. 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) ;
- Avoir un espace spécifique de rangement ;
- Prévoir un contenant secondaire, au besoin ;
- Placer les gros contenants sur les étagères du bas ;
- Un rebord est nécessaire sur les étagères ;
- Aucun produit chimique ne doit être entreposé directement sur le sol ;
- Inscire la date d'ouverture du contenant ;
- Séparer les produits par compatibilité ;
- Les produits doivent être entreposés plus bas que la hauteur des épaules. Ceci diminue les problèmes ergonomiques et les risques d'échapper les produits.

VII.7.2. Risques électriques :

L'utilisation mal contrôlée de l'énergie électrique entraîne des accidents graves pour les personnes (électrifications ou électrocutions) et les installations (incendies).



VII.7.2.1. Les mesures de protection contre les chocs électiques :

- Isolation
- Barrière et enveloppe.
- Eloignement.
- Utilisation de la Très Basse tension.
- Utilisation de transformateur.

VII.7.3. Risques d'incendies :

Tout bâtiment est vulnérable au feu. Il est important que des dispositions préventives soient mises en œuvre et que les occupants soient même de prendre les mesures immédiates (extension/évacuation).

Un départ de feu non maîtrisé dans les premiers instants de son éclosion devient rapidement sinistre important et peut avoir des conséquences graves.

Il existe 4 classes de feux, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.1 : Les classes du feu.

Classe de feu	Exemples	Extincteurs utilisables
A feux secs (matériaux solides)	Bois, carton, tissus, paille, etc.	Eau Eau pulvérisée avec additif Poudre polyvalente Mousses
B feux gras (liquides et solides liquéfiables)	Essence, alcools, fioul, goudron, graisse, etc.	Eau pulvérisée avec additif poudre polyvalente
C feux de gaz	Méthane, butane, propane, etc.	Poudre polyvalente CO ₂
D feux de métaux	Sodium, aluminium, magnésium	Extincteurs spéciaux

VII.7.3. Consignes pour éviter l'incendie :

- Respecter les limites de stockage des matériaux et produits inflammables, repérer les vannes de barrage (gaz, eau...)



- Eviter l'encombrement des couloirs, des escaliers, des issues et le stockage anarchique de produits de toutes sortes,
- Entretien des installations techniques et ne les modifier qu'en respectant les normes, participer aux exercices obligatoires d'évacuation
- Prendre connaissance des consignes de sécurité et les respecter, suivre la formation sur la lutte contre l'incendie
- Connaître l'emplacement des moyens de secours
- Ne pas stationner sur les emplacements des bouches d'incendie et voies d'accès éventuel des secours.

VII.8.Moyens d'interventions pour éviter les accidents de travail :

VII.8.1.Protection individuelle :

Dans notre projet on utilise :

- Protection de tête on propose les casques de protection pour les ouvriers qui pose les canalisations parce que ils sont exposés au chutes de terre.
- Protection des yeux on propose les lunettes de sécurité pour éviter les poussières
- Protection respiratoire on prévoit les masques jetables pour les poussières
- Protection des mains on prévoit des gants
- Protection des pieds on prévoit des bottes contre les terres humides d'hiver
- Protection du corps on propose des vêtements contre le froid et les poussières.





Figure N° VII.2 : équipements de protection individuelle

VII.8.1. Protection collective :

- Entretien des engins
- Application stricte des règlements de sécurité
- Délimiter une zone de sécurité autour des engins
- Information du salarié par le médecin du travail sur les risques et les précautions à prendre.
- Contrôler la machine avant et après démarrage.
- Amélioration des ambiances de travail

VII.9. Les missions de la médecine du travail :

Les services de santé au travail, nommés Médecine du travail, ont pour mission préventive de veiller à la protection de la santé des salariés. Ils évaluent leur aptitude à exercer leur fonction sans risque pour leur santé.



Il exerce un rôle préventif et conseille l'employeur, les salariés et les représentants du personnel en matière de santé et d'hygiène au travail :

- amélioration des conditions de vie, de travail et d'hygiène dans l'entreprise
- adaptation des postes, des techniques et des rythmes de travail à la physiologie humaine
- prévention des risques d'accident du travail
- protection des salariés contre les nuisances et l'utilisation de produits dangereux. Il suit personnellement les salariés dès leur embauche et jusqu'au terme de leur carrière, Il est amené à donner son avis sur le caractère professionnel d'une maladie ou sur la mise en invalidité suite à une maladie non professionnelle
- surveillance des conditions d'hygiène du travail
- Informer et sensibiliser les travailleurs
- Assurer la formation des travailleurs
- S'il le juge nécessaire le médecin du travail peut proposer une mutation ou une transformation de poste au vu de l'état physique et mental du salarié.

II.10.Conclusion :

Les différentes recommandations que nous avons citées dans ce projet vont permettre de réaliser notre station de traitement dans les meilleures conditions vis-à-vis de la sécurité du personnel et du matériel.



***CONCLUSION
GENERALE***

Conclusion générale

Notre objet d'étude c'est de faire la diagnostic et dimensionnement de la station de traitement existant de TAKSEBT ,Tizi-ouzou destinée à traiter les eaux du barrage TAKSEBT pour satisfaire la demande en eau de 25 communes et assure l'approvisionnement de trois wilayas, Alger, Boumerdes et Tizi-Ouzou.

Dans ce contexte, la filière de traitement de la station a été réalisée en effectuant les étapes classiques de traitement des eaux potables, Le dimensionnement a été fait pour assurer une production d'eau potable correspondant aux normes de l'OMS Elle comprend une filière complète de traitement physico-chimique.

A savoir :

- La coagulation-floculation;
- La décantation;
- La filtration;
- La désinfection.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

référence bibliographique

1. **AMMOUR FADILA**, « Cours de traitement des eaux potables » /hydraulique urbaine/
ENSH/ Blida
2. **ENCYCLOPEDIE UNIVERSELIS**, « Traitement des eaux », édition 2005.
3. **Bernard Legube**, « La production d'eau potable, Filière et procédés de traitement », Dunod
2015, Paris.
4. **FERHAT-TALEB DJAMILA** « CONCEPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT DE
ROUINA W.AIN DEFLA», MFE ENSH ALGERIE 2014.
5. **CHERAIT OUSSAMA** «CONCEPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT
D'AZZABA WILAYA DE SKIKDA »MFE ENSH ALGERIE 2017
6. **BELTAGY HOUDA**, « Etude de la station de traitement monobloc de SIDI AISSA
(COMMUNE DE GUERROUAOU) (W.BLIDA) », MFE ENSH ALGERIE 2008.
7. **MOHAMED BRAHIM**, « Dimensionnement d'une usine de l'eau potable (Application à
l'eau du barrage de Ghrib) ». MFE ENSH ALGERIE 2003.
8. **BOUALEM SALAH**, « cours d'alimentation en eau potable », ENSH 1993.
9. **Raymond Desjardins**, « Le traitement des eaux », 2^{ème} édition revue et améliorée. Edition de
L'école polytechnique de Montréal 2000.
10. **Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement** « Qualité physico-chimique et
chimique des eaux de surface : cadre général », Novembre 2005.
11. **Mr BEN HAFID** « Cours De Protection et Sécurité Du Travail » ENSH.

12. **SI ABDERRAHMANE Oualid** «Contribution à l'évaluation du système management qualité et des paramètres physicochimiques, bactériologiques et organoleptiques des eaux des stations de traitement Taksebt et Boudouaou» MFE EMMTO. ALGERIE 2016
13. https://www.safewater.org/PDFS/owdfrenchelementary/Analyse_de_Alcalinite_E.pdf.
14. <http://www.who.int/globalchange/ecosystems/water/fr/> (oms. Eau et santé).