

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Conception de la station de traitement du barrage de Kef Eddir
(w.Tipasa) .

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0021-17

APA Citation (APA توثيق):

Aiouna, Imene (2017). Conception de la station de traitement du barrage de Kef
Eddir (w.Tipasa)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات بيداغوجية، مقالات الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرة المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

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

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
« ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT HYDRALIQUE URBAINE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN
HYDRAULIQUE

Option : Alimentation en eau potable

THEME

CONCEPTION DE LA STATION DE TRAITEMENT DU
BARRAGE DE KEF EDDIR W.TIPASA

Présenté par :
M^{elle} AIOUNA IMENE

Devant les membres du jury:

Nom /Prénom	Grade	Qualité
M^f A. HADJ SADOK	M.C.A	Président
M^{me} M.KAHLERRAS	M.A.A	Membre
M^f Y.BOUNNAH	M.A.B	Membre
M^{me} L.TAFAT	M.A.A	Membre
M^{me} F .AMMOUR	M.A.A	Promotrice

Septembre 2017

Dédicace

A mes chers parents Oussine et Zohra qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui, à qui je dois tout, et qui m'ont toujours soutenue merci d'être la pour moi même quand je ne vous rendez pas la tâche facile

A mes frères Chems, Mohamed et Mounir

A ma sœur Mimi

A mes cousines Wided, Rayene, Sabine et Fella

A mes cousins Djamel et Wassim

A mes amis Sissi, Narimene, Rostom, Islem et Hichem

A toute ma famille

A tous ceux qui compte pour moi

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

Imène

Remerciements

Mes parents je ne vous remercierai jamais assez...

Je remercie Mme Ammour.F et Mr Hachemi.A pour le temps qu'ils m'ont accordés.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail.

Ma gratitude va aux membres du jury pour m'honoré de leurs présences lors de la soutenance et pour l'effort fournis afin de juger ce travail.

ملخص

إن تزويد السكان بالمياه الصالحة للشرب، يستوجب علينا تلبية كافة احتياجاتهم من الماء كمًا و نوعًا، باتباع معايير صارمة.

الهدف من هذه المذكورة هو دراسة محطة معالجة المياه المتواجدة في دائرة الداموس، ولاية تيبازة و التي تعالج 1700 لتر في الثانية من المياه الآتية من سد "كاف الدير"، وفقا للمعايير الجزائرية؛ وذلك لضمان تحقيق احتياجات البلديات المعنية و هي متواجدة في ولاية تيبازة، سطيف و عين الدفلة.

علما أن هذه المحطة هي محطة معالجة تقليدية للمياه السطحية.

Résumé :

L'alimentation en eau potable des populations exige la satisfaction de la demande en eau en termes de quantité ainsi qu'en qualité suivant des normes très strictes.

Le but de notre mémoire est de faire la conception de la station de traitement qui traite 1700 l/s des eaux brutes provenant du barrage de Kef-Eddir se trouvant dans la commune de Damous, wilaya de Tipasa, selon les normes algériennes, afin de satisfaire la demande en eau des communes concernées dans les wilayas de Tipasa, Ain Defla et Chlef.

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

Abstract :

The drinkable water supply of the population requires the satisfaction of the demand in water and the insurance of a high quality level. The purpose of our work is to study the treatment station which treats 1700 l/s of water coming from the dam of « Ked-Eddir », according to Algerian standards, in order to satisfy the demand in water of the concerned cities which are located in Tipasa, Ain Defla and Chlef. Our station does approve a classical treatment of surface water.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction	2
I.2 Situation géographique	2
I.3 Situation administrative.....	2
I.4 Hydrographie	3
I.5 Condition climatologique.....	3
I.6 Situation géologique	5
I.7 Sismicité.....	6
I.8 Ressources en eau	6
I.9 Caractéristiques du barrage Kef-Eddir	7
I.10 Destination de l'aménagement	8
I.11 Conclusion	9

Chapitre II : Normes et qualités de l'eau

II.1 Introduction.....	10
II.2 Qualité des Eaux d'appoint.....	11
II.2.1 Eaux de pluie	11
II.2.2 Les eaux de surface	11
II.2.3 Eaux souterraines	12
II.2.4 L'eau de mer	12
II.3 Qualité d'eau potable selon les normes algérienne	12
II.4 Conclusion	17

Chapitre III : filières de traitement des eaux potables

III.1 Introduction	18
III.2 Choix de la filière de traitement	18
III.3 Le prétraitement	18
III.4 Coagulation - Flocculation	19
III.4.1 Coagulation.....	20
III.4.2. La flocculation	24
III.4.3. Essais de Coagulation – Flocculation «jar test ».....	25

III.5. Décantation.....	26
III.5.1 Description	26
III.5.2 Champs d'application.....	26
III.5.3 Types de décantation	27
III.5.4. Type et Géométrie des décanteurs.....	27
III.6.Filtration	32
III.6.1 Type de filtre	32
III.6.2 Colmatage des filtres	35
III.6.3 Lavage des filtres.....	35
III.6.4 Caractéristiques des matériaux filtrants.....	35
III.7 Désinfection.....	36
III.7.1 Mise en contexte.....	36
III.7.2 Les facteurs influent sur la désinfection	36
III.7.3 Critères de choix du désinfectant.....	37
III.7.4 Désinfection par le chlore.....	37
III.7.5 Désinfection par l'ozone.....	40
III.7.6 Désinfection par le rayonnement UV	41
III.8 Conclusion.....	42

Chapitre IV : Dimensionnement

IV.1.introduction	43
IV.2.besoins en eau.....	43
IV.3. Les caractéristiques moyennes d'eau brute	44
IV.4.Objectifs de traitement	46
IV.5 Description de la chaine de traitement proposée	48
IV.6 Dimensionnement des ouvrages	48
IV.6.1. Conduite d'amenée d'eau brute	48
IV.6.2. Pré-chloration	50
IV.7 Coagulation- Flocculation.....	51
IV.7.1 Coagulation	52
IV.7.1.1 choix de la variante adéquate pour la mise en œuvre de la coagulation	52

IV.7.1.1.1 : mélangeur statique	52
IV.7.1.1.2. chambre de mélange avec agitateur mécanique	56
IV.7.2 Flocculation	61
IV.7.2.1. Détermination des caractéristiques du bassin de flocculation.....	61
IV.7.2.2 Détermination du débit de la pompe doseuse du flocculant et le bac de flocculant	66
IV.8 Décantation	68
IV.8.1 Principe	68
IV.8.2 dimensionnement du décanteur	70
IV.9 Correction du PH	74
IV.10 filtration.....	75
IV.10.1 La filtration rapide	76
IV.10.2 Critères du choix du matériau filtrant pour les filtres rapide	78
IV.10.3 Calcul de la surface totale de filtration	81
IV.10.4 Calcul de la hauteur du filtre	81
IV.10.5 Lavage des filtres	82
IV.10.6 Calcul du volume du rétrolavage des filtres :.....	83
IV.10.7 Calcul du canal de répartition des eaux dans les filtres	84
IV.11 Désinfection	86
IV.11.1 Dimensionnement	86
a. Débit de la pompe doseuse	86
b. Bac de stockage	87
IV. 12 Réservoir de stockage d'eau traitée	88
IV.13 Conclusion.....	89
<u>Chapitre V : Calcul hydraulique</u>	
V.1 Introduction	90
V.2 Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite d'amenée de l'eau brute	90
V.2.1 critères de conceptions	90
V.2.2 Choix du type de matériaux	91
V.2.2 la prise d'eau	91
V.2.3 vérification de la vitesse	92
V.2.4 calcul de la perte de charge	92

V.3 calcul de la perte de charge entre les ouvrages :.....	93
V.3.1 coagulateur-floculateur	93
V.3.2 floculateur- décanteur	94
V.3.3 Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite reliant l’ouvrage du réglage du PH avec le filtre	94
V 3.4 Calcul de la perte de charge au niveau du filtre	95
V.4 Calcul de la pression d’arrivé a la station	97
V.5 Le brise charge.....	97
V.6 conclusion	98

Chapitre VI : Protection, sécurité de travail et évaluation financière

VI Introduction	99
a) Protection et sécurité de travail	99
VI.1 Les opérations pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement	99
VI.2 Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique	99
VI.3 L’Objectif de l’étude de la sécurité de travail dans le laboratoire de traitement des eaux potables	101
VI.4 L’ensemble des risques	101
VI.5 La sécurité en laboratoire	101
VI.6 Systèmes d'Information sur les Matières Dangereuses	102
VI.7 Quelques règles applicables dans laboratoires de traitement des eaux potables.....	105
VI.8 risques et mesures de protections	107
VI.9 Mesure préventives pour éviter les causes des accidents durant la réalisation de l’installation	109
B : Evaluation financière.....	109
VI.10 Conclusion	110
Conclusion générale	111
Références bibliographique et web-graphique	112

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Températures (2001-2010)	4
Tableau I.2 : Moyennes mensuelles de l'évaporation mesurée à la station de Chlef.	4
Tableau I.3 : Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle (2001-2010)	5
Tableau II.1 : les normes algérienne d'eau potable - Paramètres organoleptiques	13
Tableau II.2 : les normes algériennes d'eau potable - Paramètres physico-chimiques	14
Tableau II.3 : les normes algériennes d'eau potable - Paramètres chimiques	15
Tableau II.4 : les normes algériennes d'eau potable - Paramètres microbiologiques	17
Tableau IV.1 : récapitulatif des besoins en eau.....	43
Tableau IV.2 : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de l'Oued Damous	45
Tableau IV.3 : objectif de traitement	46
Tableau IV.4 : Qualité des eaux traitées	47
Tableau IV.5 : résultats du Jar test	52
Tableau IV.6 : caractéristiques des bassins de coagulation et floculation.	67
Tableau IV.6 : La taille effective en fonction du type de filtration	80
Tableau V.1 : Variation du coefficient de perméabilité par rapport au diamètre des grains.	96
Tableau VI.1 pictogrammes des risques chimiques	103
Tableau VI.2 : les classes de feu	108

Liste des figures

Figure I.1 : Situation administrative de la zone d'étude.	03
Figure I.2 : Localisation du barrage de Kef-Eddir.	08
Figure II.1 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature	10
Figure III.1 : double couche d'une particule colloïdale	19
Figure III.2 : coagulation-floculation.....	20
Figure III.3 : Chambre de mélange avec un système d'agitation rapide	22
Figure III.4 : Le jar-test.....	26
Figure III.5 : décanteur statique	28
Figure III.6 : Décanteurs à recirculation de boues «Accelerator »	29
Figure III.7 : Décanteurs à recirculation de boues «Circulator »	29
Figure III.8 : Décanteur à lit de boue «Pulsator».....	30
Figure III.9 : « Pulsatube »	31
Figure III.10 : Schéma d'un filtre à sable.....	34
Figure III. 11 : Courbe typique de point de rupture d'une eau naturelle	40
Figure IV.1 : vanne papillon	49
Figure IV.2 : mélangeur statique de Kenics	53
Figure IV.3 : système d'agitation radial.....	56
Figure IV.4 : agitateur a pale.....	62
Figure IV.5 : Représentation schématique de deux agitateurs	63
Figure IV.6 : L'alimentation d'un décanteur lamellaire à contre courant	70
Figure IV.7 : Décanteur lamellaire.....	70
Figure IV.8 : Les dimensions d'un décanteur lamellaire	72
Figure IV.9 : les hauteurs d'un décanteur	73
Figure IV.10 : Le bassin de filtration	77
Figure IV.11 : Colonne de tamis	78
Figure IV.12 : courbe granulométrique d'un sable	79
Figure IV. 13 : Le canal de répartition et les déversoirs des filtres.....	84

Listes des planches

Planche 1 : Profil en long de la conduit d'amenée d'eau brute.

Planche 2 : Implantation des ouvrages de la station.

Planche 3 : Bloc de traitement des eaux.

Planche 4 : Bassin de filtration.

Planche 5 : Profil hydraulique des ouvrages de la station.

Planche 6 : La chaine de traitement.

Introduction générale

"L'accès à l'eau potable est un besoin humain fondamental et, en conséquence, un droit humain fondamental." - Kofi Annan

Ouvrir un robinet, le geste peut paraître anodin. Pourtant, avant de jaillir du robinet, l'eau fait un long voyage.

Pour quoi traiter l'eau ?

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. Donc l'eau n'est pas toujours naturellement potable mais elle le devient, grâce à des traitements appropriés, pour être consommée sans danger.

Le processus de traitement de l'eau ne doit pas être pris à la légère. On estime que 2 millions de personnes meurent chaque année à cause des MTH (les maladies à transmissions hydrique) dues à des eaux polluées.

Notre projet consiste à faire la conception de la station de traitement du nouveau barrage de Kef-Eddir dans le but de produire une eau potable de qualité, et en quantité suffisante pour satisfaire les besoins en eau future des 9 communes concernés qui sont réparties dans 3 différentes wilayas : Tipasa, Aïn Defla et Chlef.

Ce mémoire de fin d'études abordera les 2 parties suivantes :

La première est la partie théorique qui va nous permettre d'avoir une vue généralisée sur les filières de traitement des eaux de surface.

La seconde est la partie pratique dans laquelle on va analyser nos données afin de choisir et dimensionner les ouvrages de traitement pour assurer le bon fonctionnement de notre station. Le choix des filières de traitement dépendra essentiellement de :

- la qualité de notre eau et de ces constituants, critères qui varie dans le temps.
- des coûts d'investissement et de fonctionnement des procédés à mettre en œuvre pour assurer sa potabilisation.

Chapitre I :

Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction :

A fin de mener a bien notre travail nous devons connaitre la situation de notre zone d'étude du point de vue géographique, hydrographique, climatologique et géologique.

I.2 Situation géographique :

La station de traitement du barrage de Kef-Eddir est située à l'ouest de la ville d'Alger dans la commune de Damous, qui se situe au nord-ouest de la wilaya de Tipaza, à environ 70 km à l'ouest de Tipaza, 50 km à l'ouest de Cherchell et 55 km à l'est de Ténès.

Le site est accessible à partir des routes de chemin de wilaya W-4 ou N65.

La ville de Damous a pour coordonnées géographiques Latitude: 36° 32' 58" nord
Longitude: 1° 42' 15" est, et la commune de Damous couvre une superficie de S=7458 Ha et les altitudes varies entre 0 et 909 m

I.3 Situation administrative :

La commune de DAMOUS est limitée :

- Au nord par la mèr méditerranée.
- A l'ouest par Beni Haoua (wilaya de Chlef).
- Au sud-est par Lethnnine (wilaya de Aïn Defla).
- Au sud par Beni Milleuk .
- A l'est par Larhat.



Figure I.1 : Situation administrative de la zone d'étude. [27]

I.4 Hydrographie :

Notre air d'étude est très riche en eau superficielle et montagneuse elle est drainée par un réseau hydrographique très dense constitué par de nombreux oueds plus ou moins permanent qui se rejoignent dans oued Damous qui se trouve être la principale source d' l'alimentation du barrage de Kef-Eddir.

I.5 Condition climatologique :

I.5.1 Climat

Compte tenu de sa position sur le littoral algérien la commune de Damous est Caractérisée par un Climat méditerranéen avec un été chaud et un hiver doux et pluvieux

I.5.2 Température

Le régime des températures est caractérisé par des étés chauds et des hivers relativement doux.

Les données enregistrées à la station de Ténès sont représentatives des températures du bassin versant de l'oued Damous. Les moyennes mensuelles des températures enregistrées à cette station indiquent une température moyenne minimale de 10.8 °C en hiver et une température moyenne maximale de 24.5 °C en été.

Tableau des températures moyennes mensuelles de la région de Damous :

Tableau I.1 : Températures moyennes (2001-2010).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
T(°C)	22.5	17.1	14.2	11.5	10.8	11.2	12.3	14.5	17.3	21.4	24.4	24.5

(Source DRE, 2010)

I.5.3 Évaporation

L'évaporation annuelle est mesurée à la station de Chlef, la seule station climatologique située près du bassin de Damous possédant des mesures d'évaporation.

Les valeurs mensuelles obtenues sont indiquées au tableau I.2 :

Tableau I.2 : Moyennes mensuelles de l'évaporation mesurée à la station de Chlef.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Evap (mm)	193	108	80	54	48	58	89	109	152	214	260	234

(Source DRE, 2010)

I.5.4 Précipitation

Dans la zone d'étude les pluies d'hiver dominant a 41% suivie par les pluies d'automne pour le littorale et la vallée, et celle du printemps pour les zones montagneuses. Les pluies d'été ne représentent que 3% sous forme d'épisode orageux.

Le tableau suivant représente la répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle (2001-2010) :

Tableau I.3: Répartition mensuelle de la pluie moyenne annuelle (2001-2010)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	année
Pmoy(mm)	18	56	61	70	70	54	44	34	27	10	1	2	451

(Source DRE, 2010)

D'après le tableau les pluies sont très irrégulières durent la saison. Elles sont abondantes en automne et en hiver et se caractérisent souvent par des orages et des tempêtes de vent. Elles sont variables et incertaines au printemps, nulles et irrégulières en été

I.5.5 Vent

Le vent dans la zone se caractérise par une vitesse moyenne variant de 1 m/s à 4,5 m/s. Les vents les plus forts prédominent de mai à juin.

Les directions générales observées du vent sont de l'Ouest et de l'Est avec des pourcentages de fréquence de 28,2 % et 17,5 % respectivement.

I.6 Situation géologique :

Le site réservé à la réalisation de la station de traitement se trouve au pied du barrage de Kef-Eddir et s'étend sur une superficie d'environ 8,61 ha.

Tous les ouvrages et hangars existants sur le terrain seront détruits. Il sera gardé uniquement un ouvrage en maçonnerie nouvellement construit.

Des relevés topographiques du site ont été réalisés ainsi que les travaux géotechniques.

Les terrains traversés par la conduite ainsi que le site de la station de traitement sont homogènes. Ils sont constitués de matériaux non classés de granulométrie qui varie entre l'argile et les galets. Ils ont été mis en place sous l'effet direct de l'entraînement par gravité.

Les éléments grossiers et éléments fins sont mélangés dans toute l'épaisseur des terrains de fondation.

I.7 Sismicité

La commune de Damous est située dans une région qui figure parmi les zones les plus sismiques de l'Algérie, où de nombreux séismes de forte intensité ont été observés par le passé.

I.8 Ressources en eau :

Actuellement les ressources de la ville de Damous sont intégralement souterraines elles sont tiré de la nappe d'accompagnement de Oued Damous et Oued Harbile, mais après la conception de notre station de traitement un apport appréciable sera tiré à partir des eaux de surfaces du barrage de Kef-Eddir qui occupe une superficie de 14050Ha, sa hauteur est de 61m, et son volume est de 186 millions de M³.

I.9 Caractéristiques du barrage Kef-Eddir

Les caractéristiques techniques déterminées du barrage de Kef-Eddir sont les suivantes :

Retenue :

- Volume régularisé : 57.40 hm³/an
- Volume total de la retenue : 125,00 hm³
- Volume utile : 95,00 hm³
- Apport moyen annuel : 69,60 hm³
- Niveau normal de la retenue (NNR) : 111.25 mNGA
- Niveau max de la retenue (NPHE) : 116.03 mNGA

L'évacuateur de crues

- L'évacuateur de crues est situé sur la rive droite du barrage.
- les vitesses peuvent atteindre 23 m/s dans le saut de ski.
- Le seuil du déversoir est établi au niveau 111,25 m.

Tour de prise :

- Niveaux axes tour de prise: 100,50mNGA ; 85,50mNGA ; 69,25 mNGA
- Le débit maximum pouvant être délivré par chaque prise d'eau est de l'ordre de 3 m³/s



Figure I.2 : Localisation du barrage de Kef-Eddir. [27]

I.10 Destination de l'aménagement

Le projet a pour objectif de distribuer un volume de 57.4 hm³/an au pied du barrage de Kef-Eddir pour satisfaire les besoins en eau potable de 9 communes des wilayas de Tipaza, d'Ain Defla et Chlef. Le projet vise également l'approvisionnement en eau potable de certaines zones d'expansion touristiques.

I.11 Conclusion :

Les différentes informations présentées dans ce chapitre représentent les premières données de base pour l'élaboration de notre travail qui consiste à faire la conception de la station de traitement du barrage de Kef-Eddir.

Chapitre II : Normes et qualités de l'eau

II.1 Introduction:

L'eau est l'une des ressources les plus importantes de la planète. L'alimentation en eau peut être limitée en quantité et en qualité. L'importance de la limitation du point de vue qualitatif est illustrée par le fait que 97 % de l'eau de la Terre est contenue dans des océans et a une teneur en sels d'approximativement 35 000 mg/l ce qui limite énormément l'utilisation de cette immense quantité d'eau comme source d'eau potable. En réalité, l'eau douce et la pluie ne sont pas uniformément distribuées à la surface de la Terre et c'est pour cette raison que plusieurs régions dans le monde font face actuellement à la sécheresse. En plus, l'humanité a pollué et continue à polluer certaines réserves d'eau douce à cause du manque de planification et des pratiques irresponsables contribuant ainsi au déficit global en eau potable. [02]

L'eau se transforme constamment dans la nature en suivant un cycle, ce dernier comprend :
L'évaporation, les précipitations, infiltration et l'écoulement. Ces étapes qui permettent le renouvellement de l'eau. (Figure II.1)

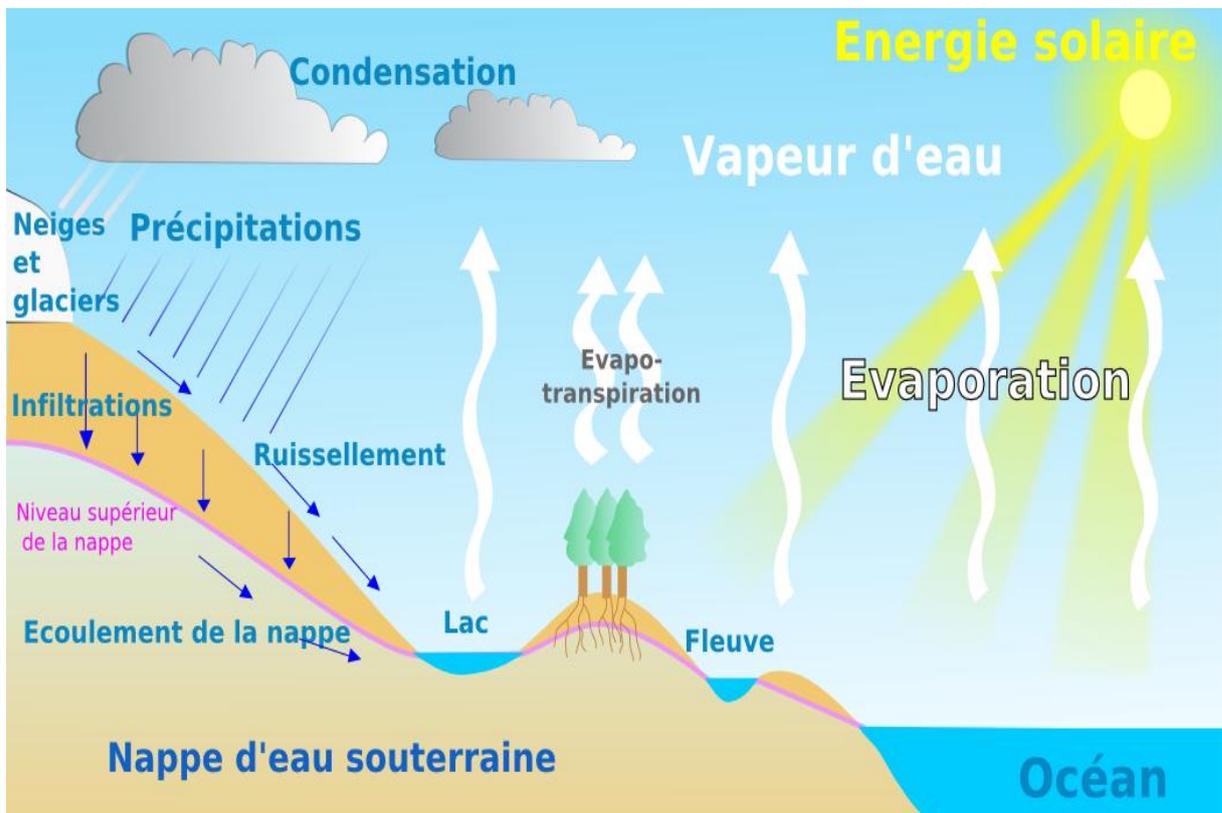


Figure II.1 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature [19]

II.2 Qualité des Eaux d'appoint :

Les eaux d'appoint dites « naturelles » peuvent être classées en quatre catégories :

- les eaux de pluie ;
- les eaux de surface : cours d'eau, lacs, réservoirs de surface ;
- les eaux du sol : venant des sources, des puits, des nappes souterraines ;
- l'eau de mer. [1]

II.2.1 Eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de moyenne qualité pour l'alimentation humaine. Elle se caractérise par une faible salinité et une saturation en oxygène et azote ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau. [3]

II.2.2 Les eaux de surface :

Les eaux de surface sont couramment chargées en matières en suspension d'origine minérale (argile, terre) ou organique (déchets végétaux, de l'agriculture), elles sont en général riches en micro-organismes. Elles peuvent être polluées par des résidus des activités humaines: égouts des villes, produits d'origine agricole ou de l'élevage, déchets industriels. Elles nécessitent systématiquement un prétraitement physico-chimique avant leurs utilisations comme eaux d'appoints (filtration, décantation, destruction des micro-organismes). Leur composition peut varier au cours de l'année tant pour la teneur en matières en suspension que pour la composition physico-chimique. [1]

Il faut assurer :

- la stabilité biologique par une chloration, qui peut elle-même se subdiviser en une pré-chloration au début et une post chloration à la fin de la filière.
- la stabilité chimique soit par une neutralisation finale de l'agressivité carbonique, soit par une reminéralisations en début ou en fin de filière, soit par une décarbonatation à la chaux qui peut être combinée ou consécutive à la clarification.

Le choix dépendant des caractéristiques de l'eau brute et du type d'utilisation de l'eau traitée. [4]

II.2.3 Eaux souterraines :

Les eaux souterraines, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Les caractéristiques de ses eaux varient très peu dans le temps.

Les eaux souterraines sont inégalement réparti dans le temps et sont caractérisé par :

- Turbidité faibles .Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible.
- Température constante .Les eaux souterraines sont à l'abrie du rayonnement

Solaire et de l'atmosphère.

- Indice de couleur faible car ces eaux ne sont pas en contact avec les substances Végétales.

- Débit constant.

Contrairement a celle des eaux de la rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent sont peu impactées par la saisonnalité.

- Dureté souvent élevée les eaux peuvent être en contacte avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalent responsable de la dureté.
- Concentration élevée de fer et de manganèse. [14]

II.2.4 L'eau de mer :

L'eau de mer se caractérise par une très forte salinité (de 33000à 37000mg/l.), et la présence de bactéries et d'espèces plus évoluées (phytoplancton et zooplancton). Sa composition biologique varie selon les saisons, ce qui entraîne des problèmes spécifiques (développement de mollusques) plusieurs fois par an.

II.3 Qualité d'eau potable selon les normes algérienne :

A la lecture des décrets exécutifs N° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 et n°11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 concernant respectivement la qualité des eaux potables et les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations. Il peut être compris que l'objectif est de fournir une eau brute de bonne qualité, en préservant la qualité des ressources en eau naturelle pour que l'on puisse atteindre le niveau des normes de qualité des eaux potables après traitement.

Les paramètres considérés par les décrets sont repris ci-dessous :

Pour les objectifs de qualité des eaux potables la norme considère les aspects suivants :

Les aspects organoleptiques : (couleur, odeur, saveur, turbidité) ;

Les paramètres liés à la structure naturelle des eaux : Alcalinité, calcium (Ca^{+2}), Magnésium (Mg^{+2}), Chlorures, pH, Conductivité, Dureté, Potassium, Résidu sec, Sodium, température, DBO5, DCO, MES, taux de saturation en O_2 (%) ;

Paramètres chimiques : Aluminium, Ammonium, Baryum, Bore, Fer total, fluores, Manganèse, Nitrates, Nitrites, Oxydabilité au KMnO_4 , phosphore (P) Acrylamide, Antimoine, Argent, Arsenic, Cadmium, Chrome total, Cuivre, Cyanures, Mercure, Nickel, Plomb, sélénium, Zinc, Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA totaux), fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo pyrène, Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extrais au CCl_4 , Phénols, Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène, Styrene, Agents de surface réagissant au bleu de méthylène ;

Epychlorohydrine, Microcystine LR, Pesticides par substance individualisé Insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B et PC.T A l'exception de aldrine et dieldrine, Pesticides (Totaux), Bromates (BrO_3), Chlore (Cl_2), Chlorite, Trihalométhanes (THM) (Total) Chloroforme, Bromoforme, Dibromochlorométhane, Bromodichlorométhane, Chlorure de vinyle, 1,2 – Dichloroéthane, 1,2 – Dichlorobenzène, 1,4 – Dichlorobenzène, Trichloroéthylène ;

Radionucléides : Particule alpha, particule bêta, Tritium (T ou ^3H), Uranium (U), Dose totale indicative (DTI) ;

Paramètres microbiologiques : Escherichia Coli (E.Coli), Entérocoques, Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores

En plus des paramètres listés initialement pour les eaux naturelles, les sous-produits susceptibles d'être générés lors des différentes réactions sont considérés. En effet, une concentration élevée de matière organique naturelle peut générer des sous-produits d'oxydation THM en pré-oxydation ou en post chloration. De plus, la présence de matière organique résiduelle dans les conduites de transfert ou de distribution peut aider à la reviviscence de microorganismes dans le réseau (formation de biofilm).

a) Paramètres organoleptiques

Tableau II.1 : les normes algérienne d'eau potable - Paramètres organoleptiques

Désignation des paramètres	Unités	NA 6360
Couleur	mg/l platine	15
Turbidité	NTU	2
Odeur à 12 °C	Taux de dilution	4
Saveur à 25 °C	Taux de dilution	4

Turbidité : la turbidité est causée par la présence de particules colloïdales dans l'eau, qui ont la caractéristique d'être chargée négativement, ce qui crée des forces de répulsion entre elles et leur permet de rester éloigner les unes des autres, on dit alors qu'ils sont stables.

Par rapport à la santé publique la turbidité en tant que telle (fraction colloïdale) ne représente pas de danger. Cependant, sa présence dans l'eau traitée réduit l'efficacité de la désinfection, en créant une enveloppe protectrice autour des microorganismes et ainsi limiter le contact entre le désinfectant et les microorganismes.

Odeur et saveur : la source organique des problèmes liés à d'odeur et de saveur dans les eaux de surface est due principalement la présence d'algues. Ils sont responsables de la plupart des problèmes d'odeur et de saveur et peuvent être divisées en deux groupes principaux, en fonction de leur couleur, en **algues verdâtres** et en **algues bleuâtre-verdâtre**. Les algues verdâtres sont généralement responsables de l'odeur de type végétale semblable à celle du gazon par contre les algues bleuâtre-verdâtre cause une odeur d'œufs pourris.

Couleur : la dégradation de la matière organique d'origine végétale (feuilles et branche d'arbre) donne la vraie couleur, une couleur brunâtre à l'eau de surface.

b) **Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux :**

Tableau II.2 : les normes algériennes d'eau potable -**Paramètres physico-chimiques**

Désignation des paramètres	Unités	NA 6360
Alcalinité	mg/l CaCO ₃	500
Calcium (Ca ²⁺)	mg/l CaCO ₃	200
Magnésium (Mg)	mg /l CaCO ₃	
Chlorures (Cl ⁻)	mg/l	500
Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 8.5
Conductivité à 20 °C	µS/cm	2.800
Dureté (TH)	mg/l CaCO ₃	200
Potassium (K ⁺)	mg/l	12

Désignation des paramètres	Unités	NA 6360
Résidu sec	mg/l	1.500
Sodium (Na ⁺)	mg/l	200
Sulfates (SO ₄ ²⁻)	mg/l	400
Température	°C	25
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg/l O ₂	7
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg/l O ₂	30
Matières en suspension (MES)	mg/l	25
Taux de saturation (%)	%	30

Il faut souligner que la dureté ne représente pas un problème de santé publique, mais elle cause la formation de tartre dans les conduites.

c) Paramètres chimiques

Tableau II.3 : les normes algériennes d'eau potable -Paramètres chimiques

Désignation des paramètres	Unités	NA 6360
Aluminium (Al ³⁺)	mg/l	0,20
Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,50
Baryum (Ba ²⁺)	mg/l	0,70
Bore (B)	mg/l	1,00
Fer Total (Fe ²⁺)	mg/l	0,30
Fluorures (F ⁻)	mg/l	1,50
Manganèse (Mn ²⁺)	µg/l	50
Nitrates (NO ₃ ⁻)	mg/l	50
Nitrites (NO ₂ ⁻)	mg/l	0,20
Oxydabilité au KMnO ₄	mgO ₂ /l	5
Phosphore (P)	mg/l	5
Acrylamide	µg/l	0,50
Antimoine (Sb)	µg/l	20
Argent (Ag)	µg/l	100

Désignation des paramètres	Unités	NA 6360
Arsenic (As)	µg/l	10
Cadmium (Cd)	µg/l	3
Chrome total (Cr)	µg/l	50
Cuivre (Cu)	µg/l	2
Cyanures (CN)	µg/l	70
Mercure (Hg)	µg/l	1
Nickel (Ni)	µg/l	70
Plomb (Pb)	µg/l	10
Sélénium (Se)	µg/l	10
Zinc (Zn)	mg/l	5
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A totaux)	µg/l	0,20
fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo pyrène	µg/l	0,01
Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extrais au CCl ₄	µg/l	10
Phénols	µg/l	0,50
Benzène	µg/l	10
Toluène	µg/l	700
Ethylbenzène	µg/l	300
Xylène	µg/l	500
Styrène	µg/l	100
Agents de surface réagissant au bleu de méthylène	mg/l	0,20

Pour les paramètres chimiques du **Tableau II.3**, l'aluminium est considéré comme un paramètre de qualité des eaux traitées vu son utilisation en tant que coagulant, il devient par conséquent nécessaire de suivre sa rémanence. L'ammonium qui est un indicateur de pollution par les eaux usées a été limité. Le fer et le manganèse sont également limités dans les eaux traitées non pas parce qu'ils sont toxiques mais puisqu'ils donnent à l'eau une certaine couleur et laisse des dépôts de particules rougeâtre sur le linge ou sur les ustensiles. Les nitrates sont limités dans les eaux potables à cause de la santé publique (bébés) 50 mg/L. Les autres sont toxiques

d) Paramètres microbiologiques :

Tableau II.4 : les normes algériennes d'eau potable -Paramètres microbiologiques

Désignation des paramètres	Unités	NA 6360
Coliformes fécaux Escherichia Coli (E.Coli)	n/100 ml	20.000
Entérocoques	n/100 ml	10.000
Salmonelles		Absence dans 1.000 ml
Coliformes totaux	(Ge/100 ml)	

La qualité microbiologique de l'eau est fondamentale pour sa potabilité. Si l'effet néfaste des autres paramètres de qualité des eaux est perceptible au long cours celui lié à la qualité microbiologique est instantané.

II.4 Conclusion :

Le choix d'une source d'eau de bonne qualité qu'elle soit souterraine ou de surface est primordial pour réduire les risques de contamination.

Etablir des normes de qualités d'eau à suivre est une manière sûre d'assuré la potabilité de l'eau.

Chapitre III :

Filières de traitement des eaux potables

III.1 Introduction :

Dans le but de produire une eau potable conforme aux normes Algériennes à partir d'une eau de surface telle que le « barrage de Kef Eddir », notre station de traitement d'eau potable comprendra une filière complète de traitement physico-chimique identique à celle qui est utilisée dans les stations conventionnelles ; A savoir :

- Pré -chloration
- Coagulation -floculation
- Décantation.
- Filtration.
- Désinfection.

III.2 Choix de la filière de traitement :

Le choix des filières de traitement dépendra essentiellement de la source et la qualité de notre eau et de ces constituants, critères qui varie dans le temps, et également des coûts d'investissement et de fonctionnement des procédés à mettre en œuvre pour assurer sa potabilisation.

III.3 Le prétraitement :

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 et le plus universel. 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 (Cl₂) à une dose de (1 à 2) g/m³.

L'injection chlore s'effectue directement en conduite par l'intermédiaire d'une pompe doseuse, ou bien en utilisant un bassin de pré-chloration.

D'autres réactifs que le chlore peuvent être utilisés lors du prétraitement tel que :

- L'ozone
- KMnO₄
- Le rayonnement ultra violet (UV)

III.4 Coagulation - Flocculation :

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites (de diamètre compris entre 0.1 et 10 μm), dites particules colloïdales.

Dans une eau naturelle, les particules colloïdales possèdent habituellement une charge électrique négative située à leur surface qui cause leurs stabilités ; se qui fait que ces particules peuvent rester en suspension durent de longue période de temps. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de flocculation. [4]

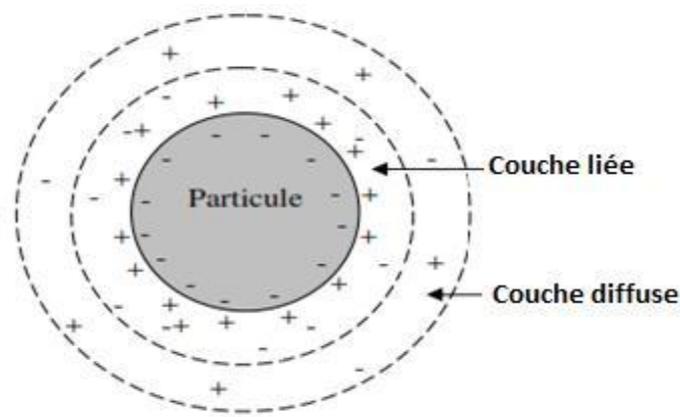


Figure III.1 : Double couche d'une particule colloïdale

But de la coagulation flocculation :

La coagulation a pour but de déstabiliser les particules en suspension pour faciliter leur agglomération. En pratique , elle consiste à ajouter des réactifs en agitation rapide pendant 1 à 2min .alors que La flocculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules pour former des flocs facilement décantables. [4]

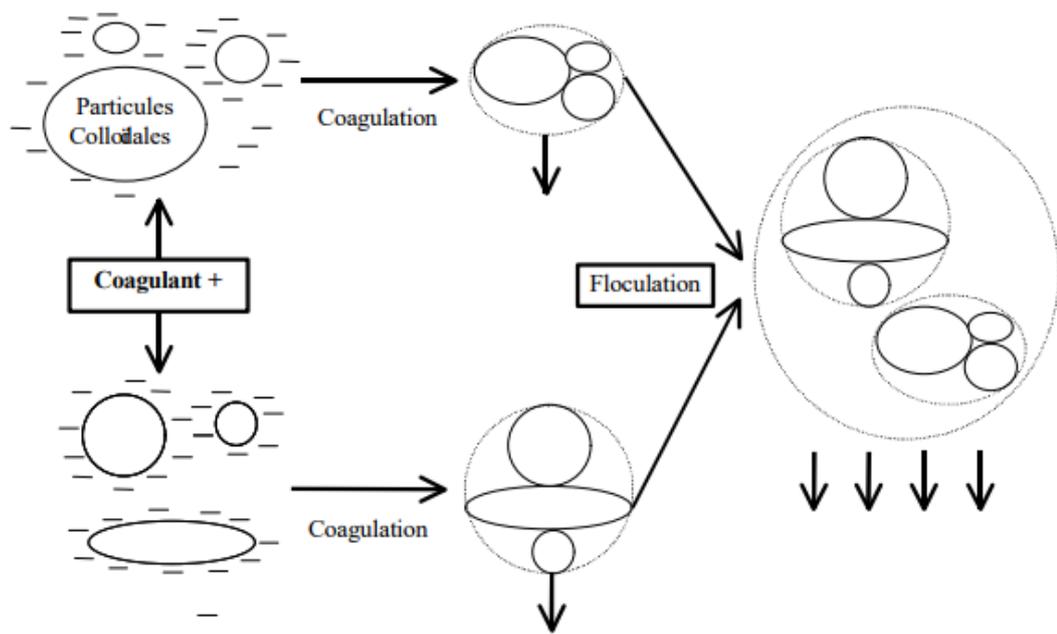


Figure III.2 : Coagulation-flocculation. [4]

III.4.1 Coagulation :

III.4.1.1 Description :

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant, afin de les déstabiliser et faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables. Le coagulant peut être introduit dans un bassin de mélange rapide ou dans un mélangeur statique en ligne qui génèrent tous deux une violente agitation au point d'injection. [32]

On peut obtenir cette déstabilisation par :

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

III.4.1.2. Les coagulants usuels :

Les coagulants usuels sont :

- Sulfate d'aluminium : $Al_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$; dosages moyens 15 à 40 mg/l ;
- Chlorure ferrique : $FeCl_3$ il est meilleur dans le traitement de la couleur et moins sensible aux variations du PH;
- Le sulfate ferreux $Fe(SO_4)_3$
- le chlorure d'aluminium $AlCl_3$
- La chaux $Ca(OH)_2$
- Poly-alumino-silico-sulfate (PASS) : $Al_a(OH)_b(SO_4)_c(SiO_x)_d$;
- Aluminate de Sodium : $NaAlO_2$.

Les deux derniers coagulants sont ceux qui sont les moins sensibles aux basses températures, mais sont également les plus coûteux.

III.4.1.3 les facteurs influencent la coagulation :

Les principaux facteurs influençant l'efficacité de la coagulation sont :

- la dose de coagulant :

En augmentant la dose du coagulant, on pourra abaisser la plage du PH

- le pH :

C'est le paramètre le plus important dans le processus de la coagulation. Il existe un intervalle de PH pour le quel la coagulation a lieu rapidement, et cet intervalle est en fonction du coagulant utilisé, de sa concertation, et de la composition de l'eau. Pour le sulfate d'aluminium la plage du PH est de 5 à 7.

- la turbidité initiale :

Plus les particules qui cause la turbidité sont grosse plus leurs décantation est facile en utilisant la bonne dose du coagulant et en maintenant le PH dans une plage optimale.

- la température :

L'influence de la température n'est pas bien définie mais il a été observé que lorsque l'eau est chaude, les floes se décantent plus rapidement car l'augmentation de la température entraine la diminution de la viscosité. [13]

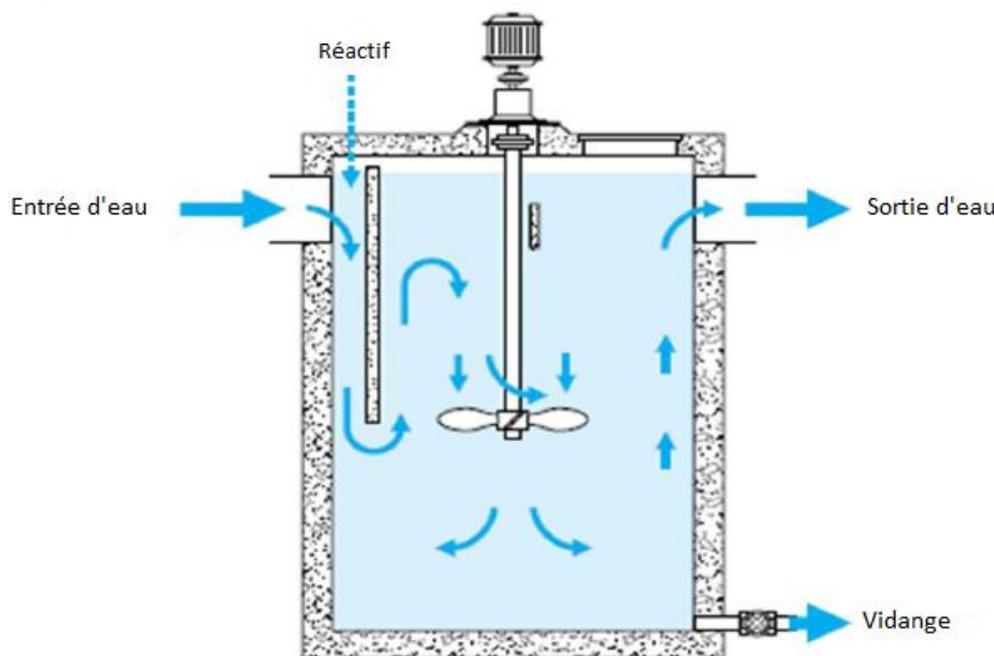
III.4.1.4. Agitation :

La coagulation requiert un mélange rapide pendant un temps qui varie habituellement de 1 à 2 min .Le niveau de mélange peut être caractérisé de manière simple par un gradient de vitesse moyenne G .

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

Où P (Watts) est la puissance de l'agitateur dissipée dans le bassin de coagulation, μ (Pa s) est la viscosité dynamique de l'eau et V (m³) est le volume d'eau dans le bassin. En coagulation le gradient de vitesse varie généralement de 300 à 1500 s⁻¹. [6]

La figure III.3 illustre un système d'agitation rapide dit (chambre de mélange).



La figure III.3: Chambre de mélange avec un système d'agitation rapide [20]

III.4.1.5. Optimisation de la Coagulation :

Lors de la coagulation, il faut chercher :

- La maximisation de la déstabilisation des particules et des colloïdes organiques pour faciliter leur agglomération
- La minimisation de la concentration en coagulant résiduel.
- La minimisation de la production des boues.
- La minimisation des coûts d'opération.

La coagulation optimale correspond au dosage de coagulant et au pH qui assurent l'atteinte de tous ces objectifs, et on obtient cette dose optimale par essai du « jar test ».

III.4.1.6 Critères de conception

1. Bassin de coagulation

- Le temps de rétention hydraulique d'un tel bassin doit être entre 1 à 2 minutes, sur la base du débit de conception et peut également varier selon la vitesse de réaction du coagulant utilisé;
- Le bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange rapide.
- Le gradient de vitesse doit être de l'ordre de 300 à 1500 s⁻¹
- L'entrée d'eau brute ne doit pas être dirigée directement sur l'arbre ou l'hélice de l'agitateur; [7]

2. Mélangeur statique

Le mélangeur statique peut être utilisé lorsque :

- le mode de coagulation principal se fait par neutralisation des charges (le temps de réaction du coagulant est court, soit de l'ordre de 0,5 à 1,0 s)
- le débit d'eau brute ne varie pas ou très peu (l'énergie de mélange varie avec le débit).

Le nombre d'éléments de mélange intérieur doit être choisi en fonction du débit et des produits chimiques injectés. Ces éléments doivent être amovibles pour des raisons d'entretien. L'injection du coagulant doit se faire, de préférence, directement dans le mélangeur statique. [7]

3. Autres éléments importants de conception

- Le dosage doit être effectué de façon continue et proportionnelle au débit
- Lorsqu'un agitateur est utilisé, le coagulant doit être injecté dans la zone où la turbulence est la plus grande, soit au-dessus ou au-dessous de l'hélice selon qu'elle refoule ou aspire l'eau;

- Lorsqu'un mélangeur statique est utilisé, la fréquence de pulsation de ces dernières doit être beaucoup plus élevée que dans le cas d'un bassin de mélange rapide (en raison du faible temps de séjour). [7]

III.4.2. La floculation

III.4.2.1 Description

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant. [7]

III.4.2.2 Les floculants usuels :

Les principaux floculants sont :

Poly électrolytes : polymères de très haut poids moléculaire, qui donnent du corps et de la résistance aux flocons. 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.

[14]

III.4.2.3. Critères de conception :

En tout temps, le bassin, le système d'agitation et les équipements connexes doivent être conçus pour :

- Assurer le temps nécessaire pour la floculation (de 20 à 30 minutes) au débit de conception. Une floculation trop longue conduit à la destruction progressive du floc;
- Permettre l'ajustement de l'intensité de mélange en pourvoyant les agitateurs de variateurs de vitesse;
- Éviter le bris du floc (vitesse maximale d'extrémité de pale inférieure à 0,6 et à 1,2 m/s respectivement pour un floc fragile et un floc fort);
- Éviter la déposition du floc dans le bassin ($G > 10 \text{ s}^{-1}$);
- Résister à la corrosion.

- Il importe de ne pas briser le floc lors de son transfert du flocculateur à la zone de décantation. Les bassins de floculation doivent être situés près des décanteurs (s'ils n'en font pas déjà partie) et les vitesses d'acheminement de l'eau flocculée vers les bassins de décantation se situent préférentiellement entre 0,15 et 0,45 m/s pour éviter la déposition et le bris des floccs, ceci doit être fait en minimisant la turbulence aux coudes et autres changements de direction;
- Il est recommandé d'installer une lumière, de préférence submergée, à chaque bassin de floculation afin de permettre l'observation du floc. L'observation est le paramètre de contrôle le plus important pour la floculation. Sous une même intensité d'agitation, la grosseur du floc est proportionnelle à sa résistance. Plus le floc est dense et de grande taille, mieux il décantera. [7]

III.4.3. Essais de Coagulation – Floculation «jar test » :

L'essai de jar test est conduits au laboratoire et il permet de déterminer les deux paramètres de coagulation : le PH optimal et la dose optimale du coagulant.

Il permet de simuler la coagulation floculation à échelle réduite.

Le dispositif expérimental consiste en une série de béchers de 1 litre qui contiennent les échantillons d'eau à tester. La température des échantillons est d'abord ajustée à la valeur choisie. Chaque bécher est muni d'un agitateur. La vitesse d'agitation est la même pour tous les béchers.

Au début on fixe la dose du coagulant et varie le PH. Après on détermine le pH optimal puis

Le deuxième essaie consiste à déterminer la dose optimale : on fixe le pH à sa valeur optimale et on fait varier la dose du coagulant.

La dose, le pH optimal sont ceux qui maximisent la réduction de la turbidité et la réduction de la couleur pour des filières de traitement physico-chimiques conventionnelles.

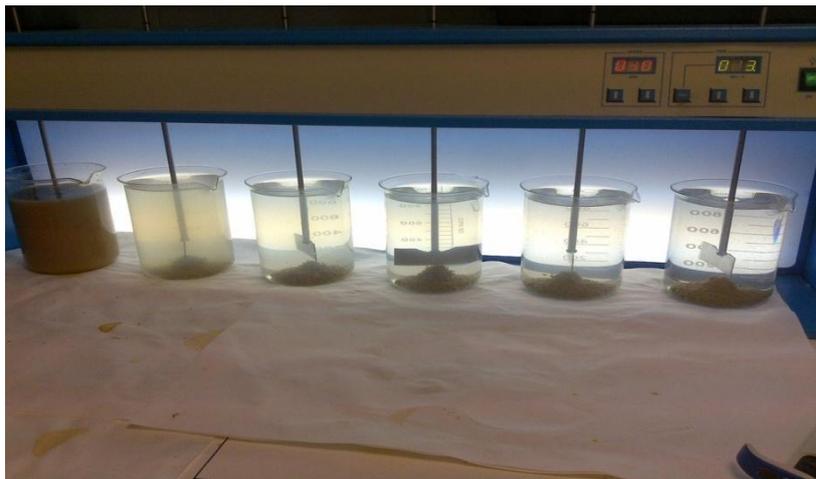


Figure III.4 : Le jar-test.

III.5. Décantation :

III.5.1 Description :

La décantation est le procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Il a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Une fois le floc formé, il faut réaliser la séparation solide-liquide qui permettra d'obtenir l'eau clarifiée d'un côté et les boues (particules colloïdales initiales + floc) de l'autre côté. On utilise en général l'action de la pesanteur sur les particules en suspension et l'on recueille ensuite l'eau claire à la partie supérieure de l'appareil, alors qu'on soutire les boues sédimentées dans la partie inférieure: c'est la **décantation**. [3]

III.5.2.Champs d'application :

La décantation physico-chimique permet la séparation solide-liquide désirée. Elle doit obligatoirement être précédée d'une coagulation et d'une floculation en plus d'être suivie d'une filtration.

L'étape de décantation est nécessaire lorsque la charge de l'eau brute est trop élevée pour permettre l'usage d'une filtration directe sans provoquer le colmatage trop rapide des filtres.

La décantation physico-chimique peut être utilisée pour réduire les impuretés d'origine particulaire (turbidité) et/ou dissoutes (couleur, fer, sulfures, arsenic valence 5, dureté,...etc). [7]

III.5.3. Types de décantation :

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

1. La décantation de particules discrètes:

Les particules conservent leurs propriétés initiales (forme, dimension et densité) au cours de leur chute. La vitesse de chute est alors indépendante de la concentration en solide.

2. La décantation de particules flocculantes :

Ce type de décantation est caractérisé par l'agglomération des particules au cours de leur chute. Les propriétés physiques de ces particules (forme, dimension, densité et vitesse de chute) sont donc modifiées pendant le processus.

3. La décantation freinée :

Ce type de décantation est caractérisé par une concentration élevée de particules, ce qui entraîne la formation d'une couche de particules.

4. La décantation en compression de boues

Les particules entrent en contact les unes avec les autres et reposent sur les couches inférieures. [4]

III.5.4. Type et Géométrie des décanteurs :

a) Décanteur statique :

Le principe dans la décantation statique est que les particules atteignent le fond du décanteur avant de sortir.

Cette décantation se fait sur un décanteur rectangulaire à flux horizontal, les particules étant considérées indépendante et tombant à leur propre vitesse.

L'écoulement doit être laminaire sans turbulences ni courants.

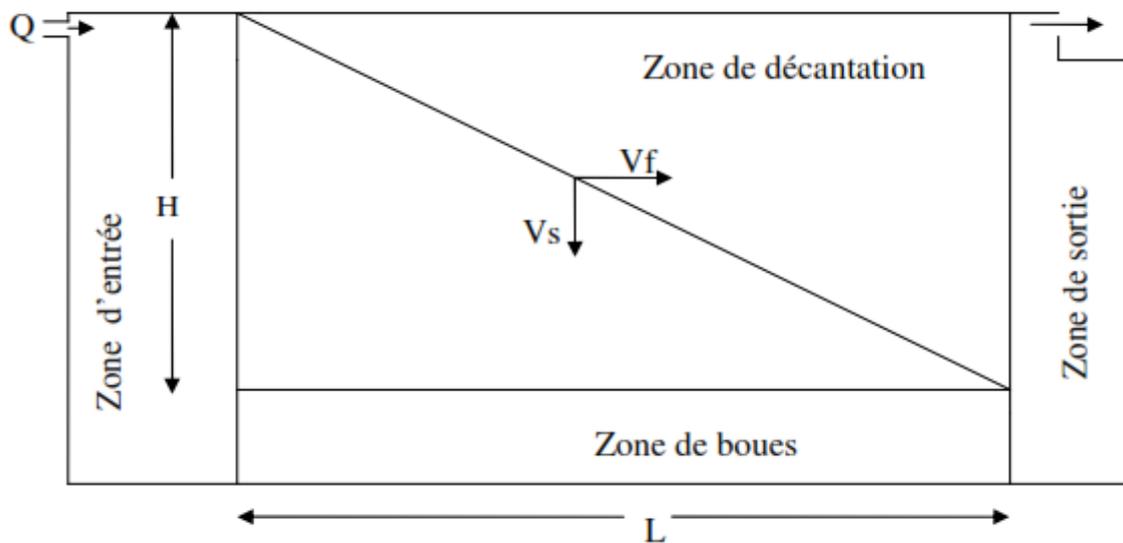


Figure III.5 : décanteur statique.

- **L** : longueur effective du décanteur ;
- **H** : profondeur totale de la zone de décantation ;
- **A** : aire de la section longitudinale ;
- **A'** : aire de la section transversale ;
- **Vf** : vitesse horizontale de l'eau ;
- **Vs** : vitesse de chute de la particule ;

b) Décanteurs à recirculation de boues :

Ils favorisent un bon contact de l'eau et des boues par recyclage de tout ou partie des boues dans une colonne centrale de réaction.

D'autre part, le rassemblement des flocons permet une sédimentation plus rapide.

Nous citerons :

- l'**Accelator (figure III.6)**; un des premiers appareils à recirculation de boues, comportant une zone centrale de réaction entourée d'une zone de décantation. L'Accelator est caractérisé par la présence d'une turbine, comme organe de floculation et de recirculation des boues, et d'une jupe inclinée à la sortie de la colonne centrale de floculation, favorisant l'écoulement des boues et leur séparation d'avec l'eau surnageant.

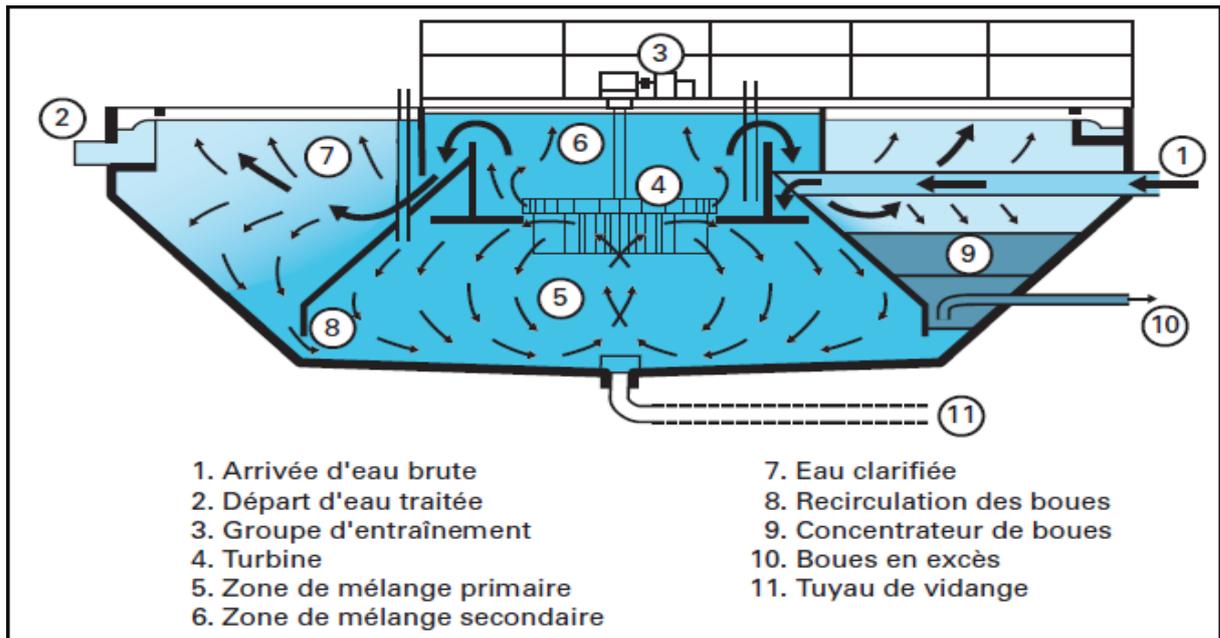


Figure III.6 : Décanteurs à recirculation de boues «Accelerator »

-le **Circulator** (Figure III.7) très simple de conception (recirculation des boues par un système d'hydro-éjecteur placé sur le tuyau d'arrivée d'eau brute) ; mais le floc risque de se briser au passage de la tuyère, ce qui a conduit au type suivant ; [6]

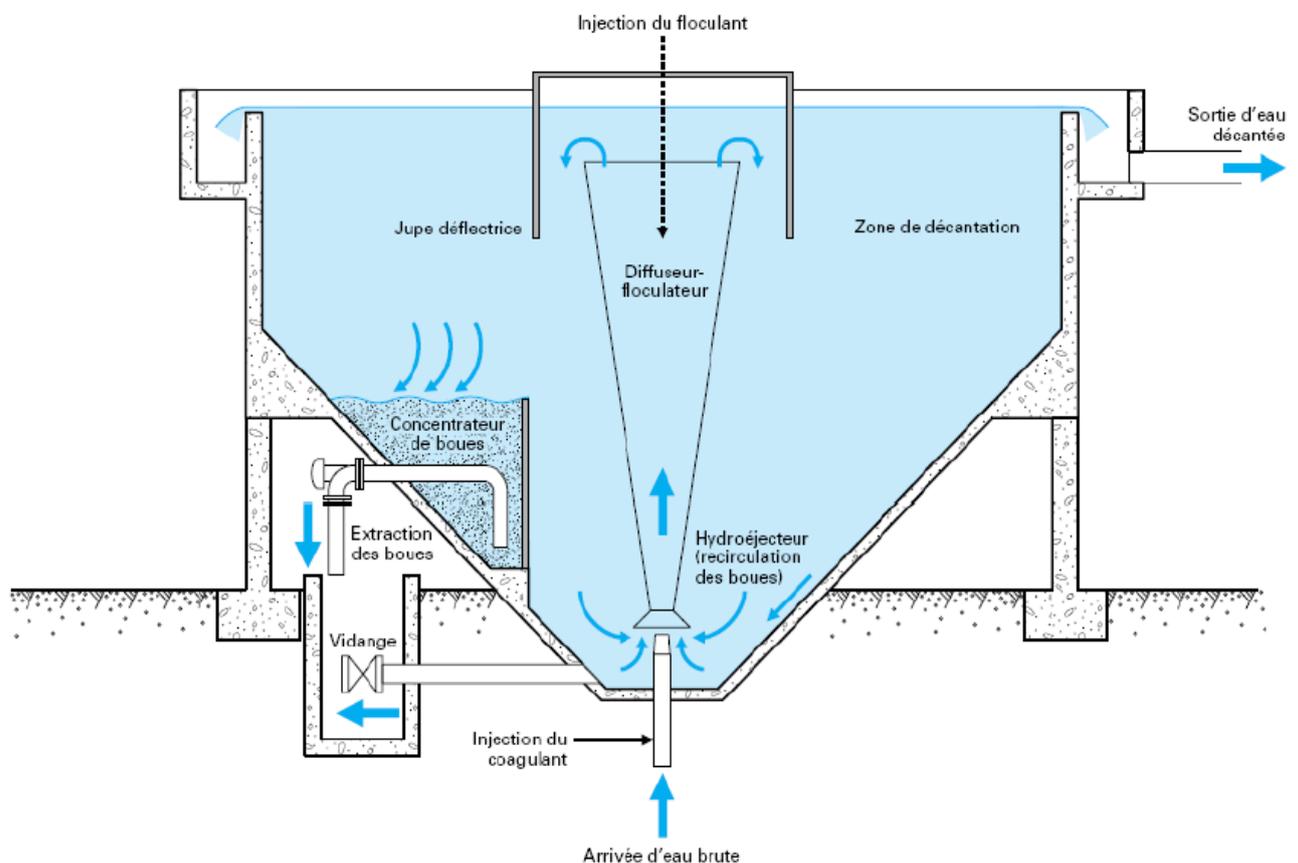


Figure III.7 : Décanteurs à recirculation de boues «Circulator »

c) Décanteurs à lit de boues :

Ce type d'appareil est surtout représenté par le **Pulsator** (figure III.8) 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. À surface de décantation égale, la vitesse autorisée est souvent 2 à 3 fois celle d'un appareil statique (soit 3 à 5 m³.h⁻¹.m⁻²).

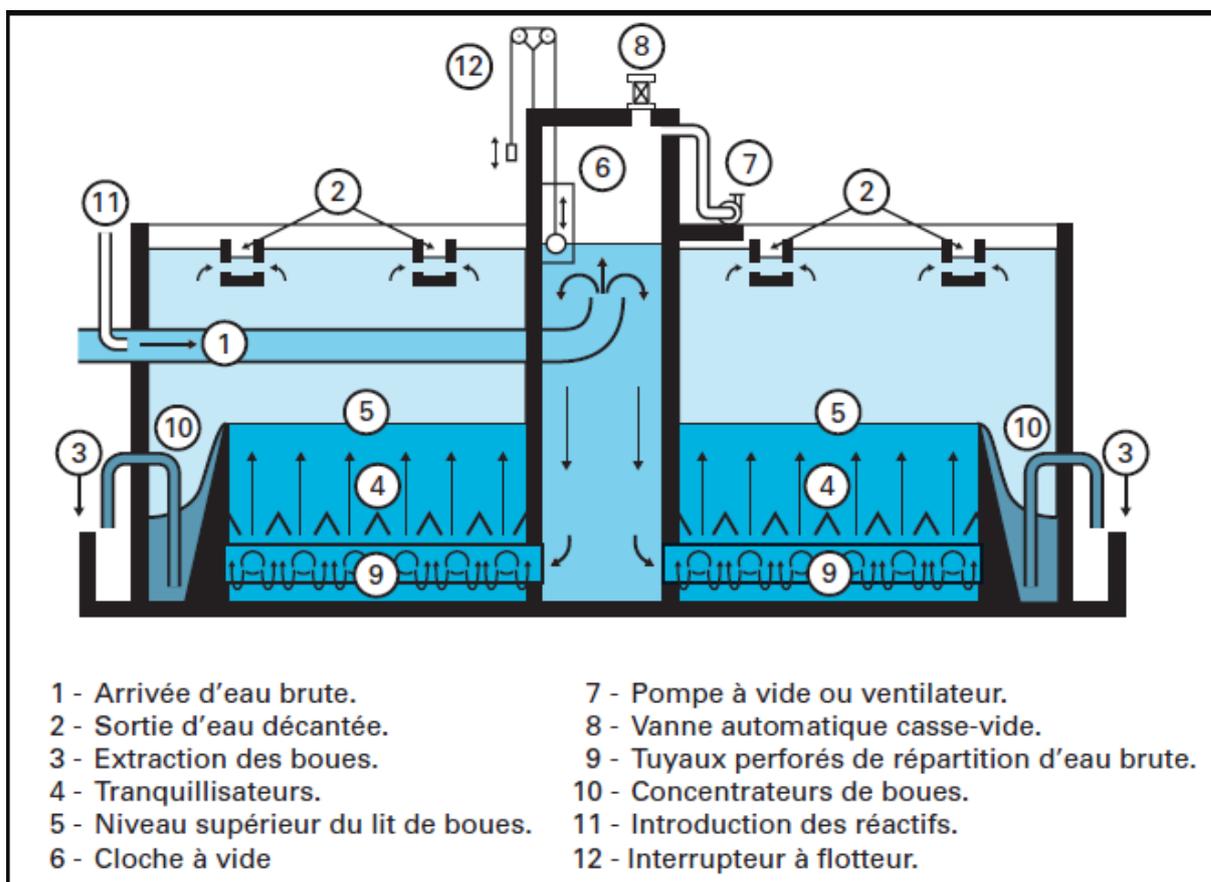


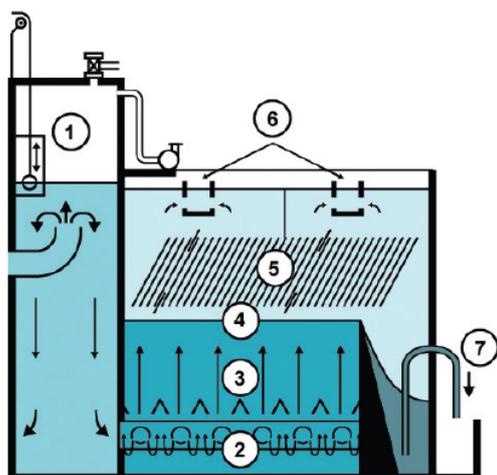
Figure III.8 : Décanteur à lit de boue «Pulsator»

d) Décanteurs lamellaires à lit de boues :

L'adjonction de dispositifs lamellaires au principe de base du Pulsator a donné naissance à une famille d'appareils qui est récapitulée dans la figure 8 ; les deux premiers remontent à plus de vingt ans :

-**Pulsatube**(Figure III.9) : tubes inclinés, placés au-dessus du lit de boues ;

-**Superpulsator** : plaques inclinées munies de déflecteurs, placées au sein du lit de boues. Dans les deux cas, on peut atteindre une vitesse ascensionnelle double de celle d'un Pulsator classique fonctionnant dans les mêmes conditions, soit 6 à 10 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. [6]



1. Cloche à vide
2. Tuyaux perforés de répartition d'eau brute
3. Tranquillisateurs
4. Niveau supérieur du lit de boues
5. Modules lamellaires
6. Sortie d'eau décantée
7. Extraction des boues

Figure III.9 : « Pulsatube »

e) **Décanteurs lamellaires à recirculation de boues :**

Dans cette famille de décanteurs, associant le principe de la recirculation des boues à celui d'une décantation lamellaire généralement pratiquée dans des modules tubulaires, nous prendrons pour exemple l'appareil breveté par Degremont sous le nom de **Densadeg**, qui est aussi un **décanteur-épaississeur**. [6]

f) **Décanteurs à floc lesté :**

Le dernier-né de cette famille est l'**Actiflo**, dont l'hydraulique générale ressemble un peu à celle du Densadeg, mais avec deux caractéristiques particulières :

-très grande vitesse sur la surface de décantation (30 à 80 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, suivant la qualité d'eau décantée désirée) grâce au lestage du floc par le microsable ;

-en revanche, aucun épaissement des boues, du fait du débit nécessaire pour le recyclage des eaux boueuses sur l'hydrocyclone destiné à récupérer le microsable.

III.6.Filtration :

La filtration est la barrière ultime et obligatoire de la filière de traitement des eaux dans la majeure partie des cas. Elle vise à réaliser ou à compléter, à travers un lit filtrant, la réduction des particules en suspension, des coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité. Sans elle, plusieurs filières de traitement ne pourraient obtenir de crédits pour l'enlèvement des virus.[7]

L'efficacité du procédé dépend :

- ✓ Des caractéristiques du filtre: porosité, diamètre des pores, tailles et formes des grains.
- ✓ Des particules en suspension: concentration, taille, forme et densité.
- ✓ Des caractéristiques du fluide: viscosité et densité
- ✓ Des caractéristique de l'écoulement: débit et nombre de Reynolds.

III.6.1 Type 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.

En pratiques, les filtres à sables rapides sont les plus utilisés.

Les filtres à sable lents, de construction et de fonctionnement simple, nécessitent de grandes superficies ; c'est pourquoi on les utilise surtout dans les pays en voie de développement ou le climat est moins rigoureux.

Les filtres sous pression et les filtres à terre diatomée servent surtout à traiter les eaux de piscine ou sont utilisés dans de petites unités de traitement préfabriquées.

III.6.1.1 Les filtres à sable rapides :

Ce procédé de filtration est celui qui est le plus utilisé. Il est caractérisé par un lavage intermittent de son média filtrant. Le sens de la filtration est habituellement descendant. Le taux de filtration et le type de lavage à utiliser dépendent de la composition du lit filtrant.

On retrouve 3 types de filtres.

1. Les filtres à sable conventionnels sont composés d'un matériau de granulométrie uniforme. Les filtres à forte granulométrie uniforme doivent nécessairement être précédés d'une décantation dynamique. La granulométrie grossière confère à ce filtre une grande capacité de stockage des boues mais la qualité du filtrat s'en trouve réduite si la charge qui lui est appliquée n'est pas abaissée au préalable.
2. les filtres bicouches, l'eau traverse d'abord l'anthracite puis le sable. ils sont plus compacts que les deux autres (taux de filtration supérieur) tout en demeurant efficaces. En raison de sa forte granulométrie, l'anthracite confère à ce type de filtre une bonne capacité de stockage pour les substances enlevées (réduit le taux d'augmentation de la perte de charge par rapport au filtre à sable conventionnel), tandis que le sable (de plus faible granulométrie) permet de maintenir une bonne qualité de filtrat.
3. les filtres multicouches, l'eau traverse d'abord l'anthracite puis le sable et finalement le grenat ou l'ilménite. La densité de ces matériaux est croissante afin d'assurer un reclassement automatique des médias lors des lavages. La couche d'ilménite, dont la granulométrie est plus fine que celle du sable, permet d'optimiser plus facilement la qualité du filtrat que dans le cas des filtres bicouches.

Seuls les filtres à granulométrie uniforme doivent être précédés d'une étape de décantation. Les autres peuvent être intégrés à une filière conventionnelle ou à la filtration directe. [7]

Le fond du filtre :

Le fond des filtres doit être conçu de telle façon que le taux de filtration et la distribution de l'eau de lavage soient uniformes sur toute la surface filtrante et que la perte de charge soit minimale.

Il existe différents types de fond :

- plancher muni de buselures : environ 60 buselures/m², de façon à s'assurer d'une bonne répartition. Les fentes des têtes des buselures doivent toujours être plus petites que la taille des grains du matériau filtrant et cumuler au moins 0,3% de la superficie totale du filtre. Cela permet l'élimination de la couche de support de gravier.
- Le fond de gravier : Les fonds de filtres en gravier sont rarement utilisés dans les installations récentes.

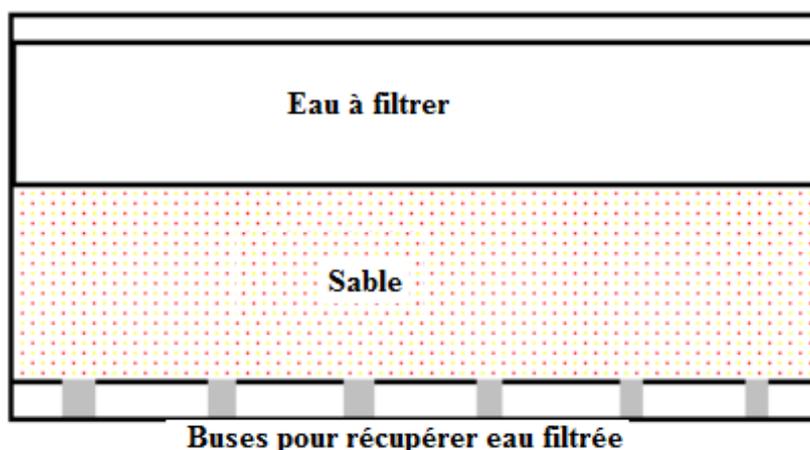


Figure III.10 : Schéma d'un filtre à sable.

III.6.1.2 Filtres à sable lents :

Ces filtres sont construits de telle façon que l'eau traverse lentement une couche de sable fin et que les particules les plus grosses soient arrêtées à la surface du sable.

Les avantages des filtres lents sont multiples :

- ils permettent de ne pas recourir à la coagulation,
- la disponibilité du sable.
- construction simple.

III.6.1.3 Les filtres à sable sous pression :

Ces filtres fonctionnent selon les mêmes principes que les filtres rapides, sauf que les couches de sable et de gravier ainsi que leur réseau de drainage sont situés sur des cylindres verticaux ou horizontaux. Ces cylindres sont conçus pour résister à des pressions de l'ordre de 1MPa.

Ces filtres présentent beaucoup d'inconvénients :

- L'addition de produits est difficile à réaliser sous pression;
- L'eau ne peut pas être observée lors de la filtration ;
- Il est difficile d'examiner, de nettoyer et de remplacer le sable sous pression.

III.6.2 colmatage des filtres

Au cours de la filtration, le lit se colmate plus ou moins rapidement et la perte de charge augmente. Au bout d'un temps plus ou moins long d'utilisation, le filtre s'encrasse sur toute sa hauteur. Le filtre ne peut plus stocker de matières en suspension et il peut, éventuellement, les reléguer dans l'eau filtrée. Il a donc atteint sa capacité de stockage maximum : c'est la crevaison du filtre.

III.6.3 lavage des filtres

Lorsque la perte de charge ou la turbidité de l'eau atteignent des valeurs maximales, on procède au lavage des filtres en injectant de l'eau par le fond, le milieu filtrant prend alors de l'expansion et libère les particules arrêtées par le filtre. Ces particules, moins denses que les grains de sable, sont aisément entraînées vers les goulottes de lavage.

Il existe deux modes de lavage des filtres :

a) Lavage à l'eau et à l'air:

On injecte l'air et de l'eau par le fond du filtre, l'eau entraîne les impuretés vers les goulottes de lavage alors que l'air assure un brassage suffisant pour décoller ces impuretés.

- 1% du volume d'eau traitée dans le cas d'un lavage air et eau simultané;
- 2% du volume d'eau traitée dans le cas d'un lavage air et eau séparé.

b) Lavage à l'eau seule :

Lorsqu'on lave un filtre à l'eau seule, le brassage est assuré par des laveurs de surface, qui peuvent être soit fixes ou rotatifs. Chaque type de laveur envoie de jets de 3mm de diamètre faisant un angle de 15 à 30° avec l'horizontale.

III.6.4 Caractéristiques des matériaux filtrants :

Ses principales caractéristiques sont :

- Le diamètre effectif.
- Le coefficient d'uniformité.

- La densité relative.
- La masse unitaire sèche.
- La porosité (maximale ou minimale).

Il existe des caractéristiques beaucoup plus difficiles à mesurer comme la forme des grains.

III.7 Désinfection

III.7.1 mise en contexte

La désinfection est depuis longtemps l'objectif premier de la production d'eau potable. Traditionnellement, on croyait que le chlore était le seul outil efficace pour atteindre cet objectif. Il est maintenant reconnu que les étapes du traitement de l'eau permettant la réduction de la turbidité, telles la coagulation, la clarification et la filtration, sont importantes pour assurer une bonne désinfection. Ces étapes permettent de réduire considérablement la concentration de microorganismes pathogènes, même plus qu'une simple chloration dans le cas des protozoaires. Il est donc essentiel que le concepteur considère toutes les étapes efficaces de traitement qui sont à sa disposition lors de la conception d'un système de désinfection.

La désinfection est un traitement qui permet de déduire ou d'éliminer les microorganismes susceptible de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclus pas spécialement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivant dans un milieu donnée.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité de produit chimique.

Les trois principaux désinfectants utilisés en eau potable sont les suivants : Le chlore, ozone et U.V. [32]

III.7.2 les facteurs influent sur 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.7.3 critères de choix du désinfectant :

Un procédé de désinfection doit :

- Ne pas être toxique pour les humains ou les animaux ;
- Être toxique, à des 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 de certaine concentration résiduelle pendant de longue période de temps ;
- Ne pas détériorer les métaux ni endommager les vêtements lors de la lessive.
- Être facile à manipuler et ne faire courir aucun danger aux opérateurs.
- Être disponible en grande quantité
- Prix abordable. [14]

III.7.4 Désinfection par le chlore :

La désinfection à l'aide de chlore est la plus universelle, elle représente 80% de la désinfection dans le monde.

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.

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

- le chlore gazeux Cl_2
- les hypochlorites de sodium NaOCl
- Les hypochlorites de calcium $\text{Ca}(\text{OCl})_2$
- le dioxyde de chlore ClO_2

Le chlore gazeux est le produit au quel on recourt le plus souvent pour la désinfection des eaux potables. [20]

Dans les petites usines on utilise souvent des hypochlorites, car ces produits sont faciles à manipuler et font courir moins de danger aux opérateurs.

Le dioxyde de chlore étant un gaz instable, on l'utilise de plus en plus car il permet d'éviter certains problèmes dus à l'utilisation du chlore sous d'autres formes. [8]

III.7.4.1 utilité du chlore :

- Désinfection primaire (inactivation des pathogènes).
- Goûts et odeurs.
- Désinfection secondaire (désinfection en réseau de distribution).
- Couleur
- Oxydation du fer et du manganèse [7]

III.7.4.2 Sous-produits de désinfection

- THM (Trihalométhanes),
- AHA (Acide haloacétiques)

III.7.4.3 Avantages :

- il inactive de manière efficace une vaste gamme d'agents pathogènes courants;
- Il est économique;
- il laisse dans l'eau un résidu facilement mesurable et dont le suivi est aisé
- facile a utilisé

III.7.4.4 inconvénients :

- Les risques associés à l'usage du chlore, surtout en ce qui concerne le chlore gazeux ; nécessitent des précautions particulières et la planification de mesures d'urgence ;
- Des doses élevées de chlore peuvent faire en sorte que l'eau ait un goût et une odeur désagréable ;
- Les sous- produits THM, AHA. [7]

III.7.4.5 Modes de chloration :

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

A-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.

B-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. Avant d'atteindre ce point le chlore résiduel est sous forme de chlore combiné (**figure III.11**). [21]

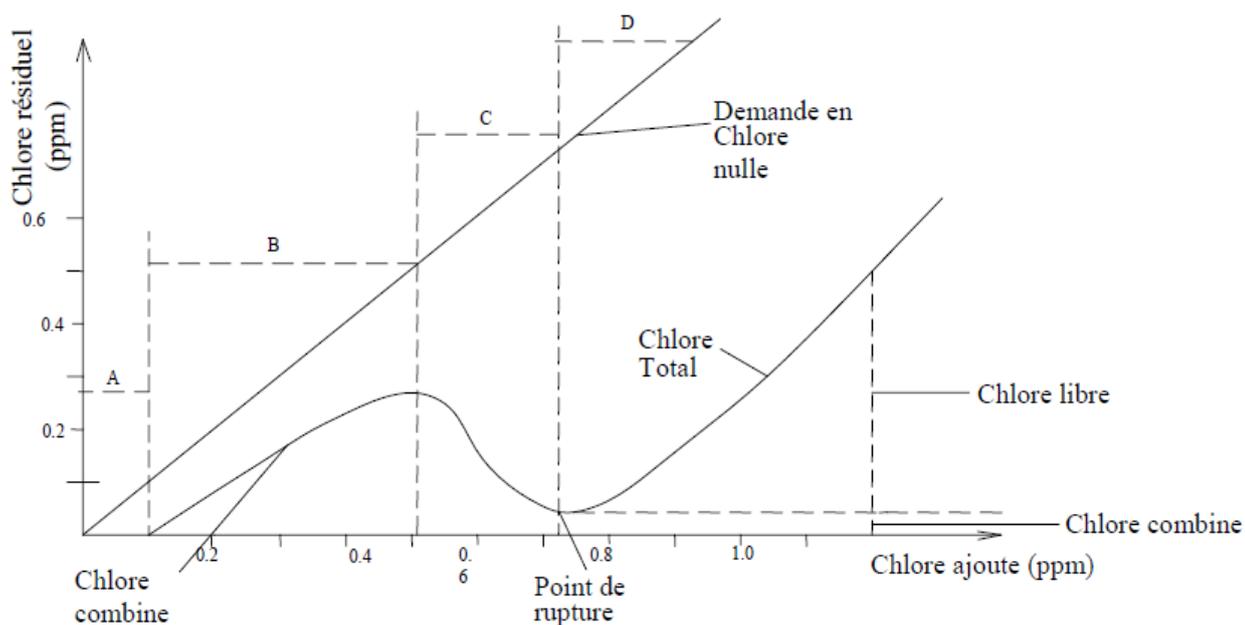


Figure III. 11: courbe typique de point de rupture d'une eau naturelle [21]

III.7.4.6 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. 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. [21]

III.7.5 Désinfection par l'ozone :

L'ozone est un gaz extrêmement instable composé de molécule d'oxygène triatomique O_3 . L'ozone est fabriqué sur place ($O_2 + \text{énergie}$) à partir d'oxygène au travers d'un champ électrique créé par une différence de potentiel entre deux électrodes de 10 à 20 kV.

Les dosages recommandés sont de 2 à 4 g/l avec des durées de contact de 8 minutes.

III.7.5.1 Sous-produits de désinfection :

- Bromates ;
- CODB (Carbone organique dissous biodégradable). [7]

III.7.5.2 Avantages :

- l'oxydant le plus efficace sur les virus ;
- Peut être combiné et améliore la filtration biologique ;
- Il ne donne pas de goût à l'eau ;
- Contrôle des odeurs et couleur. [7]

III.7.5.3 Inconvénient :

- Bromates ;
- Procédé relativement complexe et coûteux ;
- L'inconvénient majeur de l'ozone est son instabilité qui laisse l'eau sans protection contre les développements des bactéries et autres micro-organismes.

Remarque : La désinfection par l'ozone n'est pas encore applicable en Algérie.

III.7.6. 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.

III.7.6.1 Sous-produits de désinfection

- Nitrites ;
- Recherche en cours.

III.7.6.2 Avantages :

- Facile à ajouter à une installation existante ;
- Efficace en eaux froides ;
- Coût compétitif ;
- Aucun sous-produit de désinfection connu à ce jour. [7]

III.7.6.3 Inconvénient :

- Technologie en validation ;
- Encrassement possible des lampes selon les types d'eau/coagulants. [7]

III.8 Conclusion :

Dans le but de rendre une eau de surface potable selon les normes algérienne on doit passer par des procédés qui dépendent de la qualité de l'eau, ces derniers sont le coagulation-floculation, décantation, filtration et désinfection.

Chapitre IV : Dimensionnement

IV.1.Introduction :

On va dimensionner les différents ouvrages qui composent notre station de traitement qui est alimentée par le barrage de Kef-Eddir ; et pour se faire on va d'abord définir le débit que devra fournir la station.

IV.2. Les besoins en eau

Les sources d'alimentation en eau actuelles ne pourront pas satisfaire les besoins futures, et c'est pour cette raison que le barrage de Kef-Eddir a été construit et sa station sera un complément en AEP pour les wilayas de Tipasa, Aind-Defla et Chlef à l'horizon 2040.

Tipasa :

- Les déficits des besoins en Alimentation en Eau Potable seront de 4.01 hm³/an pour les localités de Damous, Larhat, Béni Milleuk, Messelmoun, Hadjret Ennous, Sidi Ghiles et Cherchell .

Ain Defla :

- Les déficits des besoins en AEP seront de 19.38 hm³/an pour les localités de Tachta, Ain Bouyahia et Abbadia.

Chlef :

- Les déficits des besoins en AEP seront de 30.19 hm³/an pour les localités de Béni Houa, Breira, Zeboudja et Oued Goussine ;

Tableau IV.1 : récapitulatif des besoins en eau :

Communes	Besoins en eau (hm ³ /an)
Tipaza : Damous, Beni Milleuk, Larhat, Aghbal, Gouraya, Messelmoun, Hdjeret Ennous, Sidi Semiane, Sidi Ghiles et Cherchell	4.01

Chlef : Breira, Beni Haoua et Oued Goussine	30.19
Ain Defla : Tacheta, Ain Bouyahia et El Abadia	19.38
Total	53.58

Capacité de traitement

D'après les données ci-dessus et en fonction de débit régularisé du barrage, on obtient :

La station est dimensionnée pour produire 1.7 m³/s soit 6120 m³/h d'eau potable, soit une production journalière d'eau potable de 146.880 m³/j.

IV.3. Les caractéristiques moyennes d'eau brute :

Le barrage qui alimentera la future station de traitement vient d'être réalisé, par conséquent les analyses des eaux brutes ne peuvent être effectuées pour déterminer leur qualité, cette dernière ne peut être qu'hypothétique.

En général, les eaux brutes des barrages destinés à l'AEP sont de pollution moyenne qui se résume aux paramètres suivants : la turbidité, du fer et du manganèse d'une manière épisodique, de la matière organique naturelle (après un certain temps de service du barrage) précurseur des sous-produits de la désinfection et de la prolifération des algues.

Une campagne de prélèvement et d'analyse des eaux d'Oued Damous, qui alimente le barrage, a été organisée. Cette campagne ne va pas permettre d'établir la caractérisation des eaux brutes du futur barrage mais renseignera sur le niveau de pollution des eaux de l'oued.

La qualité d'eau brute devra être contrôlée régulièrement par des analyses permettant de vérifier sa potabilité.

Tableau IV.2 : Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de l'Oued Damous

	Résultats	Unités
Paramètres minéraux		
Ca ²⁺	95	mg/l
TH	37,7	°f
Mg ²⁺	33	mg/l
Dureté totale (Ca+Mg) (mg CaCO ₃)	373	mg/l
HCO ₃ ⁻	280	mg/l
TA	0	°f
TAc	23	°f
Cl ⁻	140,4	mg/l
SO ₄ ⁻	380	mg/l
Fer (total)	0,17	mg/l
Mn	<0.05	mg/l
Na ⁺	124	mg/l
K ⁺	3,48	mg/l
Paramètres physico-chimiques: pollution		
Turbidité	36.9	NTU
Oxygène dissous	non effectué	mg/l
azote Ammoniacal	<0,02	mg/l
pH	8,52	
Conductivité électrique	1480	µS/cm
Taux sel dissous	742	mg/l
NO ₃ ⁻	11	mg/l
NO ₂ ⁻	0,05	mg/l
PO ₄ ⁻	<0.04	mg/l
Biologie/bactériologie		
recherche et dénombrement des bactéries coliformes	>2420	UFC/100ml
recherche et dénombrement d'Escherichia Coli	200	UFC/100ml
recherche et dénombrement d'entérocoques intestinaux	727	UFC/100ml

Les résultats d'analyses, du tableau ci-dessus, effectués sur des échantillons d'eau prélevés de l'oued Damous, affluent principal du futur barrage, ont pris en considération les principaux paramètres, à savoir : la dureté, l'alcalinité, les chlorures, les sulfates, le fer et le manganèse) ainsi que la turbidité en plus des analyses bactériologiques

IV.4. Les objectifs de traitement :

Le but est de rendre l'eau du barrage de Kef-Eddir potable selon les normes algériennes en vigueur (citées dans le chapitre II).

Le tableau suivant explicite les objectifs de l'eau traitée :

Le tableau IV.3 : objectif de traitement selon les normes algériennes

Paramètres	Niveau
couleur	15 mg/l platine
Turbidité	< 1 NTU
Gout et odeur	Sans
Aluminium	<0,1 mg/l
Ammonium	0,5 mg/l
Nitrates	≤ 50 mg/l
Chlorures	≤250 mg/l
Fer	0.3 mg/l
Manganèse	<0.02
Oxygène dissous	≥75% de saturation
pH	6,5 - 8,5
Dureté totale (CaCO ₃)	500 mg/l
Sulfates	400 mg/l
Chlore résiduel	1 mg/l
COT	2 mg/l
Oxydabilité au KMnO ₄	5 mg/l
Siccité des boues en sortie d'atelier de déshydratation	>30%

Escherichia Coli (E.Coli)	Non détectable dans un échantillon de 100 ml
Coliformes totaux	Non détectable dans un échantillon de 100 ml

La future station de traitements des eaux doit répondre aux exigences minimales suivantes :

Le tableau IV.4 : Qualité des eaux traitées.

Paramètres	Niveau
Escherichia Coli (E.Coli)	Non détectable dans un échantillon de 100 ml
Coliformes totaux	Non détectable dans un échantillon de 100 ml
couleur	15 mg/l platine
Turbidité	≤ 1 NTU
Gout et odeur	sans
Aluminium	$\leq 0,2$ mg/l
Ammonium	0,5 mg/l
Nitrates	≤ 50 mg/l
Chlorures	≤ 250 mg/l
Fer	0.3 mg/l
Manganèse	0.1
Oxygène dissous	$\geq 75\%$ de saturation
pH	6,5 - 8,5
Dureté totale (CaCO ₃)	500 mg/l
Sulfates	400 mg/l

IV.5 description de la chaine de traitement proposée :

La station de traitement sera dimensionnée pour traiter un débit d'eau brute de **1.7 m³/s** et produire une eau potable selon les normes algériennes.

Vu notre très grand débit on prévoit de divisé notre station en 3 chaines de traitement identiques d'un débit de **0.5667m³/s** chacune.

Les principales étapes de traitements sont :

- Arrivée d'eau brute ;
- Mesure et régulation du débit par vanne d'isolement ;
- Une pré-chloration au moyen d'eau de javel par injection dans la conduite d'eau brute ;
 - Ajustement du PH au niveau du bassin de coagulation par dosage d'acide sulfurique ;
 - Une coagulation au sulfate d'aluminium ;
 - Injection du charbon actif pour l'adsorption des goûts et des odeurs de l'eau du barrage ;
 - floculation et dosage du polymère dans un bassin de mélange ;
 - Clarification dans un décanteur lamellaire ;
 - Réajustement du PH avec le lait de chaux ;
 - Filtration sur des filtres gravitaire à sable ;
 - Désinfection finale à l'eau de javel ou hypochlorite de calcium en amont du réservoir de stockage d'eau traitée.

IV.6 Dimensionnement des ouvrages :

IV.6.1. Conduite d'amenée d'eau brute :

C'est le premier ouvrage de la station de traitement. Les eaux brutes de la station proviennent du barrage de Kef-Eddir. Elles s'écoulent gravitairement vers la station de traitement. La conduite est équipée d'un débitmètre avec vanne d'isolement pour le comptage des volumes et débits entrants dans la station

Le projet comprend la réalisation d'une canalisation de restitution à l'aval ainsi que la pose d'une vanne papillon (fig V.1).

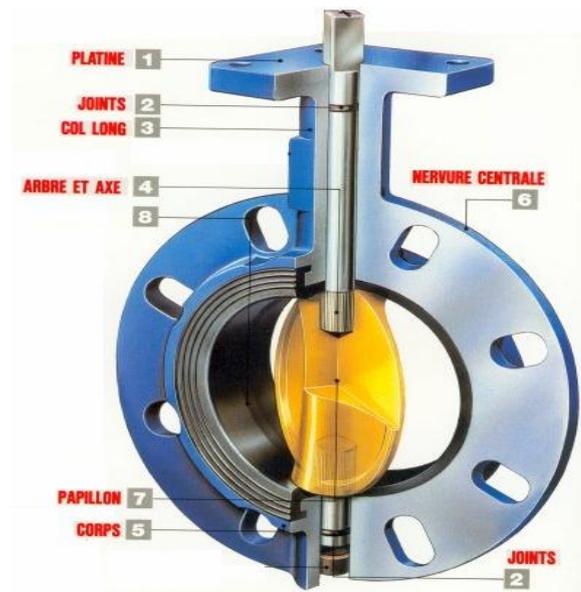


Figure IV.1 : vanne papillon

Le transfert prend son origine à la sortie de la galerie du barrage en se connectant à la vanne DN1000 mm moyennant un cône divergeant DN1000/1400

Les limites amont et aval de la conduite d'amenée se présentent comme suit :

- Limite amont : raccordement à la bride de la vanne papillon DN1000 mm en attente sur la conduite de restitution en sortie du barrage.
- Limite aval : Points de raccordement aux trois chaînes de traitement.

L'entrée de Chaque chaîne de traitement sera équipée d'un débitmètre avec vanne d'isolement pour le comptage des volumes et débits entrants dans la station

Des équipements nécessaires seront installés pour l'exploitation et le bon fonctionnement (ventouses, vidanges, soupapes, etc.).

Le niveau du plan d'eau du barrage en exploitation variera entre 111,25 m NGA et 69,25 m NGA.

On a :

- un débit $Q=1.7 \text{ m}^3/\text{s}$
- un diamètre $DN=1400$

$$\triangleright V=1.10 \text{ m /s}$$

L'ouvrage de mesure et de régularisation du débit a comme fonction principale :

- L'isolement de la station au moyen d'une vanne papillon manuelle;

- Le réglage du débit d'eau brute qui sera assuré par une vanne papillon servie à la mesure du débit d'eau brute donnée, par un débitmètre installé dans l'ouvrage ;
- Assure également une fonction de sécurité contre les débordements.

Un piquage à la conduite d'arrivée en aval de la vanne d'isolement manuelle, cet ouvrage permet d'assurer la pré-chloration. Cette désinfection permet d'éviter une prolifération des microorganismes dans la suite des ouvrages.

IV.6.2. Pré-chloration :

La pré-chloration est avant tout utilisée pour le contrôle de la croissance des algues, et l'élimination des matières organiques et de l'ammoniaque contenue dans l'eau.

On utilise pour la Pré-chloration le chlore (Cl_2) à une dose de (1 à 2) g/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. [21]

a. Débit de la pompe doseuse :

$$Q_{EB} \times C_{Cl} = q_p \times C_s$$

Avec :

Q_{EB} : Débit de l'eau brute (6120 m³/h) ;

C_{Cl} : Dose optimal de chloration (1 à 2 g/m³) on prend 2 g/m³ ;

C_s : Concentration de chlore (48°F) soit 1°F= 3.17 g/l de Cl_2 ;

q_p : Débit de la pompe doseuse.

$$q_p = \frac{Q_{EB} \times C_{Cl}}{C_s} = \frac{6120 \times 2}{152.16}$$

$$q_p = 80.44 \text{ l/h}$$

b. Bac de stockage :

- Le temps de séjour $t_s = 24h$

Donc le volume de chlore utilisé pour la pré-chloration :

$$V_c = t_s \times q_p$$

➤ La surface : $S = \frac{V}{H}$

➤ La largeur : $b = \sqrt{\frac{S}{2}}$

On suppose que $L=2 \times b$

Tel que H est la hauteur du bac

AN :

$$V_c = 24 \times 80.44$$

$$V_c = 1930.56 \text{ l}$$

On prend $V_c = 1930 \text{ l}$

NB :

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.

IV.7 Coagulation- Flocculation:

La coagulation – flocculation est une méthode de traitement très utilisée dans la potabilisation de l'eau. Elle a pour objectif d'élimination des matières en suspension. La coagulation déstabilise les particules chargées négativement.

On emploie ici comme coagulant du sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3 \cdot 8H_2O$, car il a comme avantages :

- Sa disponibilité
- Un très bon rapport qualité-prix.

Mais il a comme inconvénient principale qu'il est sensible aux variations du PH ; sa plage est de 5 à 7, donc il nous faudra abaisser le PH pour obtenir une bonne coagulation.

Puis vient la flocculation qui permet l'agglomération des ces particules en flocons volumineux qui subissent après une décantation. On emploie ici comme flocculant les polyélectrolites. Pour déterminer la dose optimale pour traiter l'eau, on effectue un « jar test ».

Le but du « Jar test » est de déterminer la dose optimale de coagulant et flocculant à employer et le PH optimale.

Le tableau suivant donne les résultats de l'essai de « jar test » :

Tableau IV.5 : Résultats du Jar test.

La dose du coagulant Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	15 mg/l
Le temps de coagulation	1min30
La dose du flocculant (polymère)	0.05 mg/l
Le temps de floculation	20 min

IV.7.1 Coagulation :

La coagulation est toujours la première étape d'un traitement physico-chimique. Elle précède ainsi la floculation/décantation/filtration.

IV.7.1.1 Choix de la variante adéquate pour la mise en œuvre de la coagulation:

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

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

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

- Un temps de mélange qui varie habituellement de 1 à 2 min.
- Gradient de vitesse varie généralement de 300 à 1500 s⁻¹.

[29]

IV.7.1.1.1 : Mélangeur statique :

L'injection du coagulant s'effectue directement en conduite par l'intermédiaire d'une pompe doseuse. L'efficacité des injections des réactifs est obtenue par la mise en place en tête des lignes d'un mélangeur statique.

L'incorporation dans les conduites, d'éléments qui constituent des accidents hydrauliques et qui complètent le mélange, est une technique en plein développement. Dans le mélangeur Kenics (**Fig. IV.2**), chaque élément consiste en une lame hélicoïdale tordue à 180°, faite de métal ou de plastique. Les éléments sont disposés en enfilade et selon une séquence de torsions droites et gauches. Le renversement continu de l'écoulement favorise le mélange : le liquide périphérique devient central avant de retourner à la périphérie du conduit et ainsi de suite. [9]

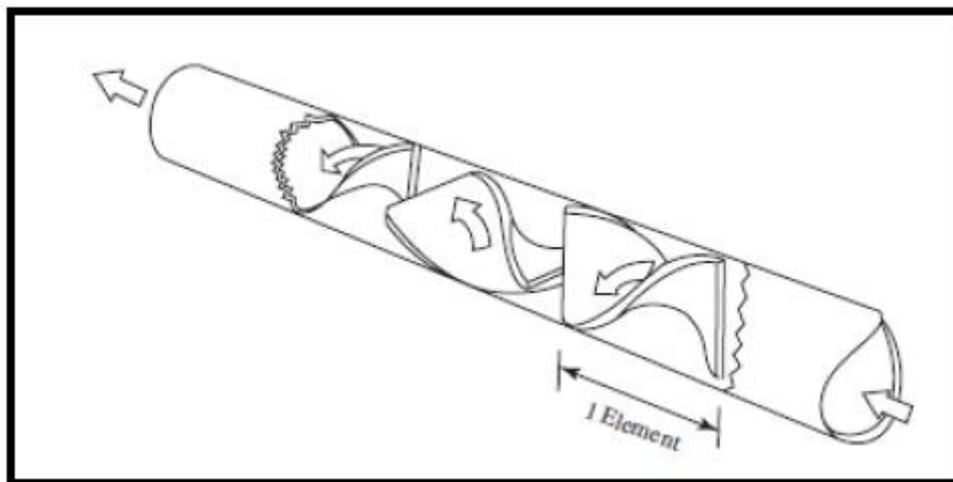


Figure IV.2 : mélangeur statique de Kenics [12]

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

$$h_{\text{conduit+mélangeur}} = h_{\text{conduit}} + 3.24 \cdot 10^{-3} (1.5 + 0.21\sqrt{Re}) \quad [10]$$

Avec :

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_h}{\mu}$$

$$d_h = \frac{4 \times \text{surface}}{\text{périmètre}}$$

Rq : pour le périmètre il s'agit du périmètre mouillé qui est égale à environ 80% du périmètre.

Pour les conduites cylindriques

$$d_h = D \times \frac{100}{80}$$

Re : le nombre de Reynolds

Q : débit en m³/s.

D : diamètre du conduit en m.

d_h : Diamètre hydraulique en m.

L : longueurs des éléments mélangeurs en m.

L = nombre des éléments × la longueur équivalente × diamètre de la conduite.

μ : viscosité en kg.m⁻¹.s⁻¹.

v : vitesse moyenne en m/s.

ρ : masse volumique en kg/m³. [9]

hconduit : les formules de pertes de charge qui s'appliquent au flux laminaire dans les canalisations rectilignes sont les suivantes :

Canalisations très lisses : $h=0,54.10^{-3}.L.v^{1,75}/D^{1,25}$.

Canalisations lisses : $h=0,78.10^{-3}.L.v^{1,95}/D^{1,25}$.

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

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

Pour un diamètre de conduit donné, l'efficacité du mélangeur accroit avec la longueur de ses éléments. Cependant cet avantage est contrebalancé par une perte de charge accrue.

AN :

Q=0.5667 m³/s

D=0.710 m

$\mu =1.519.10^{-3}$ pa.s

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

L=4*1.5*0.710=4.26 m

Canalisation lisse :

$$h=0,78.10^{-3}.L.v^{1,95}/D^{1,25}$$

On a :

$$V = \frac{Q}{s} \quad \text{et} \quad S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Alors

$$S=0.396 \text{ m}^2$$

et

$$V=1.4 \text{ m/s}$$

$$\rightarrow h_{\text{conduit}}=0,78 \cdot 10^{-3} \cdot 4.26 \cdot 1.4^{1,95} / 0.71^{1,25}$$

$$h_{\text{conduit}}=0.0098 \text{ m}$$

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_h}{\mu} = \frac{1000 \times 1.4 \times 0.8875}{1.519 \cdot 10^{-3}} = 8.18 \cdot 10^5$$

$Re=8.18 \cdot 10^5 > 5000 \rightarrow$ le mélangeur est très turbulent

$$h_{\text{conduit+mélangeur}} = h_{\text{conduit}} + 3.24 \cdot 10^{-3} (1.5 + 0.21\sqrt{Re})$$

$$h_{\text{conduit+mélangeur}} = 0.0098 + 3.24 \cdot 10^{-3} (1.5 + 0.21\sqrt{8.18 \cdot 10^5})$$

$$h_{\text{conduit+mélangeur}} = 0.63 \text{ m}$$

Le volume :

$$V = S \times h = 0.396 \times 0.565 = 0.249 \text{ m}^3$$

Le temps de séjour :

$$t_s = \frac{V}{Q} = 0.44 \text{ s}$$

$t_s < 1 \text{ min} \rightarrow$ cette valeur n'est pas acceptable

Le gradient de vitesse :

$$G = \sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times t}} = 1911.74 \text{ s}^{-1}$$

$G > 1500 \text{ s}^{-1} \rightarrow$ cette valeur n'est pas acceptable

Conclusion :

Suit à ces résultats le mélangeur statique ne peut pas être utilisé dans notre station de traitement

IV.7.1.1.2. Chambre de mélange avec agitateur mécanique :

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

L'étape coagulation sera dimensionnée en deux phases : [21]

1. Détermination des caractéristiques du bassin de coagulant :

- ✓ Temps de séjour $t_s = 1 \text{ a } 2 \text{ min}$ on prend 1min 30
- ✓ Gradient de vitesse $G= 300 \text{ a } 1500 \text{ s}^{-1}$
- ✓ Débit d'eau brute $Q=0.5667 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ System d'agitation rapide 1500 tours/min
- ✓ On prend une hauteur de $H=3\text{m}$



Figure IV. 3 Système d'agitation radial

Calcul du :

- volume du bassin $V = t_s \times Q$

-surface $S = \frac{V}{H}$

-largeur $b = \sqrt{\frac{S}{2}} \quad [10]$

-longueur $L = \frac{V}{H \times b} \quad [10]$

AN :

- volume du bassin $V = 90 \times 0.5667 \rightarrow V=51 \text{ m}^3$

-surface $S = \frac{51}{3} \rightarrow S=17\text{m}^2$

-largeur $b = \sqrt{\frac{17}{2}} \rightarrow b=2.9\text{m}$

-longueur $L = \frac{51}{3 \times 2.9} \rightarrow L=5.9 \text{ m}$

Donc on aura un bassin de 5,9×2,9×3 m

Ajustement du PH :

Le coagulant utilisé est le sulfate d'aluminium $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Il a comme inconvénient principale qu'il est sensible aux variations du PH ; sa plage est de 5 à 7, donc il nous faudra abaisser le PH pour obtenir une bonne coagulation, et économiser le coagulant. Ceci par dosage d'acide sulfurique (10 mg/l).

Calcul du débit massique :

$$Q_m = Q \times C$$

Avec :

Q_m : Débit massique ;

Q : débit d'eau brute ;

C : Concentration max (mg/l)

AN :

$$Q_m = 566.7 \times 10$$

$$Q_m = 5.667 \text{ g/s}$$

Bac de stockage de l'acide sulfurique :

On prend un temps de séjour de 24h

$$m = t_s \times Q_m$$

AN :

$$m = 24 \times 5.667 \times 3600$$

$$m = 489.62 \text{ kg} \approx 490 \text{ kg}$$

On prend : $m = 490 \text{ kg}$

NB :

On a 3 chaines de traitement identique, alors :

$$m_T = 490 \times 3 = 1470 \text{ kg}$$

Donc on devra concevoir un réservoir de stockage pouvant contenir 1470 kg d'acide sulfurique.

Charbon actif en poudre:

Le charbon actif en poudre (CAP) est introduit dans l'eau brute au niveau du bassin de coagulation, au voisinage du point d'injection du coagulant. Il est éliminé dans les décanteurs avec le floc et les autres matières en suspension.

Les dimensions des particules est de 10 um à 50um et la dose est estimée ente 5 et 25g/m³.

[4]

Avantages :

- Les charbons actifs en poudre sont environ 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains (CAG).

- Le surdosage est possible en cas de pointe de pollution.
- son emploi ne nécessite qu'un investissement réduit quand le traitement ne comporte qu'une étape de floculation décantation (il suffit de prévoir un simple poste de dosage de charbon actif).
- sa cinétique d'adsorption est rapide, une grande surface étant directement accessible.
- Le charbon actif favorise la décantation en alourdissant le floc.
- Elimine gout et odeur. [4]

Inconvénients :

- Il est éliminé dans les décanteurs avec le floc et les autres matières en suspension, par conséquent, il ne peut pas être récupéré et réutilisé.
- Il est difficile d'éliminer les dernières traces d'impuretés sans addition d'un excès de charbon actif.
- Pour pouvoir utiliser le charbon lors des pointes de pollution, il est indispensable d'avoir détecté cette pointe de pollution. [4]

On prend une dose de 10g/m^3 , alors la quantité injectée est :

$$q_m = \text{dose} \times Q$$

Avec

$$Q = 0.5667 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Dose} = 10\text{g/m}^3$$

$$q_m = 10 \times 0.5667 = 5,667 \text{ g/s}$$

La quantité de charbon journalière :

La station de traitement fournit un débit $Q = 146880 \text{ m}^3/\text{j}$ pour les 3 chaînes de traitement

Donc

$$q_t = 1468800 \text{ g} \approx 1470 \text{ kg}$$

Alors on devra prévoir un bac de stockage pouvant contenir 1470 kg de charbon actif en poudre.

2. Détermination du débit de la pompe doseuse du coagulant ainsi que le bac de coagulant :

2.1 Débit de la pompe doseuse :

$$Q_{EB} \times C_{coag} = q_p \times C_s$$

$$q_p = \frac{Q_{EB} \times C_{coag}}{C_s}$$

Avec :

Q_{EB} : Débit d'entrée ;

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

q_p : Débit de la pompe doseuse ;

C_{coag} : Dose optimal de coagulant (15 mg/l).

AN :

$$q_p = \frac{Q_{EB} \times C_{coag}}{C_s} = \frac{566.7 \times 15 \cdot 10^{-3}}{10}$$

$$q_p = 0.85 \text{ l/s} = 3.06 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.2 Le bac de coagulant :

- la hauteur du bac $h = 1$ à 3 m ;
- t_s : le temps de séjour et égale à 24 h.

Donc on calcul le volume du bac de stockage :

$$V_b = t_s \times q_p$$

NB :

On a 3 chaines de traitements identiques alors le volume total du bac :

$$V_{b.totale} = 3 \times V_b$$

AN

- volume du bassin $V = 3 \times (24 \times 3.06) = 222 \text{ m}^3$

- on prend une hauteur $H = 3 \text{ m}$

-surface $S = \frac{222}{3} \rightarrow S = 74 \text{ m}^2$

-On prend une largeur $b = 7.4 \text{ m}$

-longueur $L = \frac{222}{2 \times 7.4} \rightarrow L = 10 \text{ m}$

IV.7.2 Flocculation :

L'étape flocculation sera dimensionnée en deux phases :

- Détermination des caractéristiques du bassin de flocculation.
- Détermination du débit de la pompe doseuse du flocculant ainsi que le bac de flocculant

IV.7.2.1. Détermination des caractéristiques du bassin de flocculation.

Pour le dimensionnement on prend :

- Le temps de séjour $20 \text{ min} < t_s < 30 \text{ min}$ (on va prendre $t_s = 20 \text{ min}$)
- Gradient de vitesse $40 < G < 80 \text{ S}^{-1}$
- Système d'agitation à pale (figure IV. 3)

IV.7.2.1.1 : Détermination des dimensions du bassin :

- ✓ Le volume

$$V = Q \times t_s \text{ [9]}$$

- ✓ La surface

$$S = 2 \times \sqrt[3]{V^2} \text{ [9]}$$

- ✓ La largeur

$$b = \sqrt{\frac{S}{2}}$$

- ✓ La profondeur

$$H_{max} = \frac{\sqrt[3]{V}}{2} \text{ [9]}$$

- ✓ La longueur

$$L = \frac{V}{H_{max} \times b}$$

AN :

- Le volume : $V = (20 \times 60) \times 0.5667 \rightarrow V=680 \text{ m}^3$
- La surface $S = 2 \times \sqrt[3]{(0.5667 \times 20 \times 60)^2} \rightarrow S=154.66 \text{ m}^2$
- La profondeur $H_{\max} = \frac{\sqrt[3]{680}}{2} \rightarrow H_{\max} = 4.4\text{m}$
- largeur $b = \sqrt{\frac{154.66}{2}} \rightarrow b=8.8\text{m}$
- longueur $L = \frac{680}{8,8 \times 4,4} \rightarrow L=17.6 \text{ m}$

Donc on aura un bassin de 17.6×8.8×4.4 m

IV.7.2.1.2. Détermination du nombre d'agitateurs X :

On peut déterminer le nombre d'agitateurs grâce à l'équation empirique suivante:

$$X = \frac{L}{H \times \beta} \quad [17]$$

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

Pour

Si $\beta = 1 \rightarrow X = 4$

Si $\beta = 1,5 \rightarrow X \approx 3$

Pour des raisons économiques, on prend la valeur inférieure de X, donc $X = 3$



Figure IV.4 : agitateur a pale

IV.7.2.1.3 Dimensionnement de la lame d'un agitateur

On a opter pour un agitateur a pale (**Fig IV.4**), et pour ce type d'agitateur la distance entre les parois verticales et les lames doit être de 15 cm. La distance entre la lame jusqu'au fond du bassin et à la surface de l'eau doit être de 25 cm. (**Fig IV.5**)

La surface de la lame doit être au maximum égale à 20 % de la section du bassin l*H. **[09]**

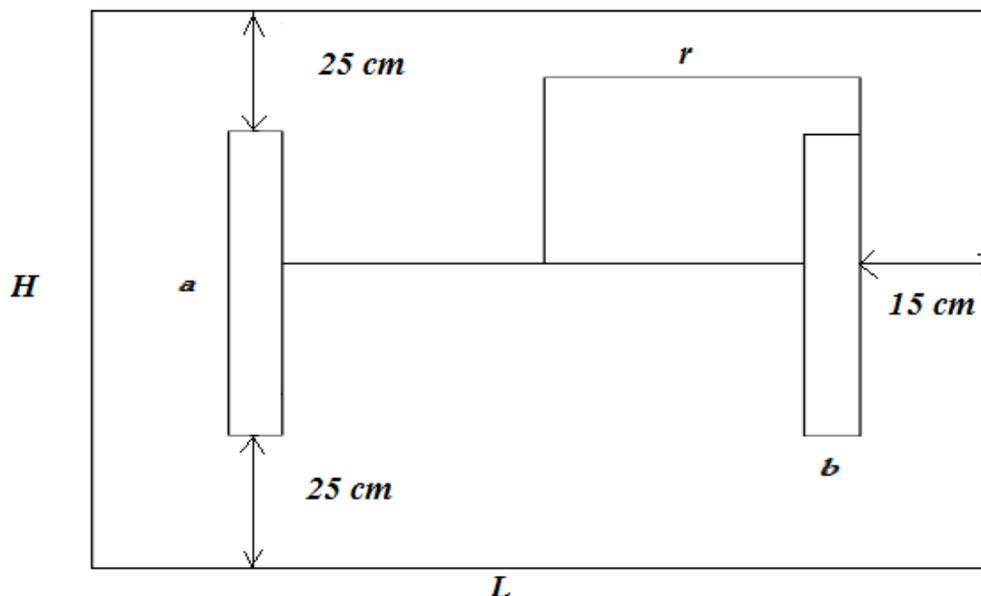


Figure IV.5 : Représentation schématique de deux agitateurs.

- Longueur de la lame :
 $a = H - (2 \times 0,25) = 4,4 - (2 \times 0,25) = 3,9 \text{ m}$.

- Largeur de la lame :
 $l = 10 b \rightarrow b = 0,88 \text{ m}$

Donc la surface de l'agitateur $A = a \cdot b = 3,9 \cdot 0,88 \rightarrow A = 3,43 \text{ m}^2$

Vérification des dimensions :

La surface de la lame ne doit pas dépasser 20% de la section du bassin :

$$20\% \times S = 7,74 \text{ m}^2$$

$A = 3,43 < 7,74 \text{ m}^2 \rightarrow$ acceptable

Vitesse périphérique :

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$$

r : rayon de rotation

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

$$r = \frac{l - 2d}{2} = \frac{8.8 - 2 \times 0.15}{2} = 4.25m$$

On a trois agitateurs, et leurs la vitesse de rotation est la même dans le but de favoriser un grossissement progressif des floccs.

En pratique, on prend : n= 3 tours/min.

Donc:

$$\omega = 66.44 \text{ m/min.}$$

Vérification du critère de Reynolds :

Afin d'éviter la cassure des floccs, le nombre de Reynolds doit etre inferieur a $5 \cdot 10^5$.

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

b : largeur de la lame ;

ρ : densité de l'eau brute $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$;

μ : viscosité dynamique de l'eau $\mu = 1,519 \cdot 10^{-3} \text{ pa.s}$ à $T = 5^\circ\text{C}$.

U : différence entre la vitesse d'écoulement du liquide et la vitesse du mouvement de la lame d'agitateur ;

Telle que : $U = 75\% \times \omega$

Avec :

ω : vitesse périphérique des lames

AN :

$$U = 75\% \times \omega = 0.75 \times 66.44 = 49.83 \frac{m}{\text{min}} \rightarrow U = 0.83 \text{ m/s}$$

Donc :

$$Re = \frac{U \cdot b \cdot \rho}{\mu} = \frac{0.83 \cdot 0.88 \cdot 1000}{1.519 \cdot 10^{-3}} = 4.80 \cdot 10^5 < 5 \cdot 10^5 \rightarrow \text{Vérifiée}$$

Vérification du gradient de vitesse G :

$$G = \sqrt{\frac{P_t}{\mu \times V}} \quad [17]$$

Avec :

P_t : puissance total transmise (Watt) ;

μ : viscosité dynamique de l'eau $\mu = 1,519.10^{-3}$ pa.s à $T = 5^\circ\text{C}$;

V : volume du bassin (m^3).

• Calcul de la puissance P :

$$P = 0,5 \times K \times \rho_{\text{eau}} \times A_p \times V^3 \quad [17] \quad \text{avec } P_t = 3 \times P$$

K : coefficient qui correspond à la forme de la lame ;

A : surface balayé par le disque (m^2) ;

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Tel que $D=b$ avec b , largeur de la lame

ρ : masse volumique du liquide, $\rho = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$;

V : vitesse relative de la pale par rapport à l'eau ($0.75 \times$ vitesse de la pale).

AN

$$A_p = 0.61 \text{ m}^2$$

$$V = 0.75 \times \omega = 0.83 \text{ m/s}$$

Le coefficient K varie avec le rapport $\frac{a}{b}$

Le tableau suivant donne les valeurs de $\frac{a}{b}$ en fonction de K :

a/b	1	1-2	2.5-4	4.5-10	10.5-18	18
K	1.1	1.15	1.19	1.29	1.4	2

$$\frac{a}{b} = \frac{3.9}{0.88} = 4.43 \quad \rightarrow K = 1.29$$

Donc :

$$P = 675.91 \text{ Watt}$$

$$P_t = 3P = 2024.73 \text{ Watt}$$

Alors :

$$G = \sqrt{\frac{2024.73}{1,519 \cdot 10^{-3} \times 680}} = 44.3 \rightarrow \text{Vérfiée}$$

Donc on a $40 < G < 80 \text{ s}^{-1}$

IV.7.2.2 détermination du débit de la pompe doseuse du floculant et le bac de floculant :

1. le débit de la pompe doseuse :

On va utiliser du poly-électrolyte

$$q_p = \frac{Q \times C_{floc}}{C_s}$$

Avec

Q : débit d'entrée d'eau dans le bassin de floculation

C_{floc} : Dose optimale du floculant 0.05 mg/l

C_s : Concentration du poly-électrolyte 1 g/l

AN :

$$q_p = \frac{Q \times C_{floc}}{C_s} = \frac{566.7 \times 0.05 \cdot 10^{-3}}{1} = 0.028 \text{ l/s}$$

$$q_p = 0.1 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. Le bac de stockage du floculant :

$$V_b = t_s \times q_p$$

$$V_b = 24 \times 0.1 = 2.4 \text{ m}^3$$

Rq :

On a 3 chaines de traitement donc le volume du bac de stockage

$$V_{b.\text{totale}} = 3 \times 2.4 = 7.2 \text{ m}^3$$

On prend :

Une hauteur $h=2\text{m}$
 Une largeur $b=1.8\text{m}$
 Une longueur $L=2\text{m}$

Conclusion

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

Tableau IV.6 : caractéristiques des bassins de coagulation et floculation.

	<i>Bassin de coagulation</i>	<i>Bassin de floculation</i>
✓ temps de séjour	1 min 30	20 min
✓ Le volume du bassin (m^3)	51	680
✓ La surface (m^2)	17	154.66
✓ La largeur (m)	2.9	8.8
✓ La longueur (m)	5.9	17.6
✓ La hauteur (m)	3	4.4

IV.8 Décantation :

IV.8.1 Principe :

La décantation consiste uniquement à séparer la phase solide (matières en suspension) de la phase liquide par différence de masse volumique. Cette étape implique de laisser reposer les phases en contact et à attendre un temps suffisant pour qu'elles se séparent sous l'action de la pesanteur. Les boues sont éliminées de manière continue par le fond du décanteur.[12]

Pour que la décantation se fasse correctement, il faut que la vitesse de l'eau soit inférieure à la vitesse de sédimentation des particules (V_s). La vitesse de l'eau est appelée charge hydraulique superficielle ou bien vitesse de Hazen (V_H) et permet de dimensionner les décanteurs :

- Lorsque la vitesse de sédimentation des particules est inférieure à la vitesse de Hazen, les particules ne sont pas sédimentées, et partent avec l'eau vers le filtre.
- Lorsque la vitesse de sédimentation des particules est supérieure à la vitesse de Hazen, les particules sont piégées dans le décanteur.

Il est très important de préciser que pour que la décantation soit efficace, l'écoulement de l'eau à l'intérieur du décanteur doit être laminaire ; l'écoulement turbulent est à proscrire. [11]

Dans notre cas on a opté pour un décanteur lamellaire. Le décanteur lamellaire présente des plaques disposées parallèlement afin d'augmenter la surface de décantation. Les lamelles sont disposées de manière oblique de sorte à permettre le glissement des matières sédimentées vers le fond du décanteur.

Il existe 3 types de décanteurs lamellaires :

- **Décanteur a co-courent :**

Alimentation par le haut : l'eau et les solides décantés circulent dans le même sens.

Inconvénient :

- Dispositif hydraulique complexe pour évacuer l'eau traitée et pour l'évacuation des boues.
- Ouvrages plus hauts est plus coûteux. [11]

– **Décanteur à courant croisés :**

Alimentation latérale : l'eau et les solides décantés circulent selon des directions perpendiculaires parallèles aux lamelles. [11]

Avantage :

- ouvrages très compactes et de faible hauteur.

Inconvénient :

- problème d'équirépartition du débit sur les lamelles. [11]

– **Décanteur à contre-courant [11] :**

Alimentation par le bas : l'eau et les solides décantés circulent en sens inverse (fig IV.6).

Avantages :

- Le système le plus fiable.
- Plus simple d'un point de vue hydraulique
- Plus performant.
- La surface de clarification est très grande par rapport aux dimensions du bassin ce qui donne une bonne décantation.

Donc pour notre station de traitement on va choisir un décanteur lamellaire à contre-courant (fig IV.6).

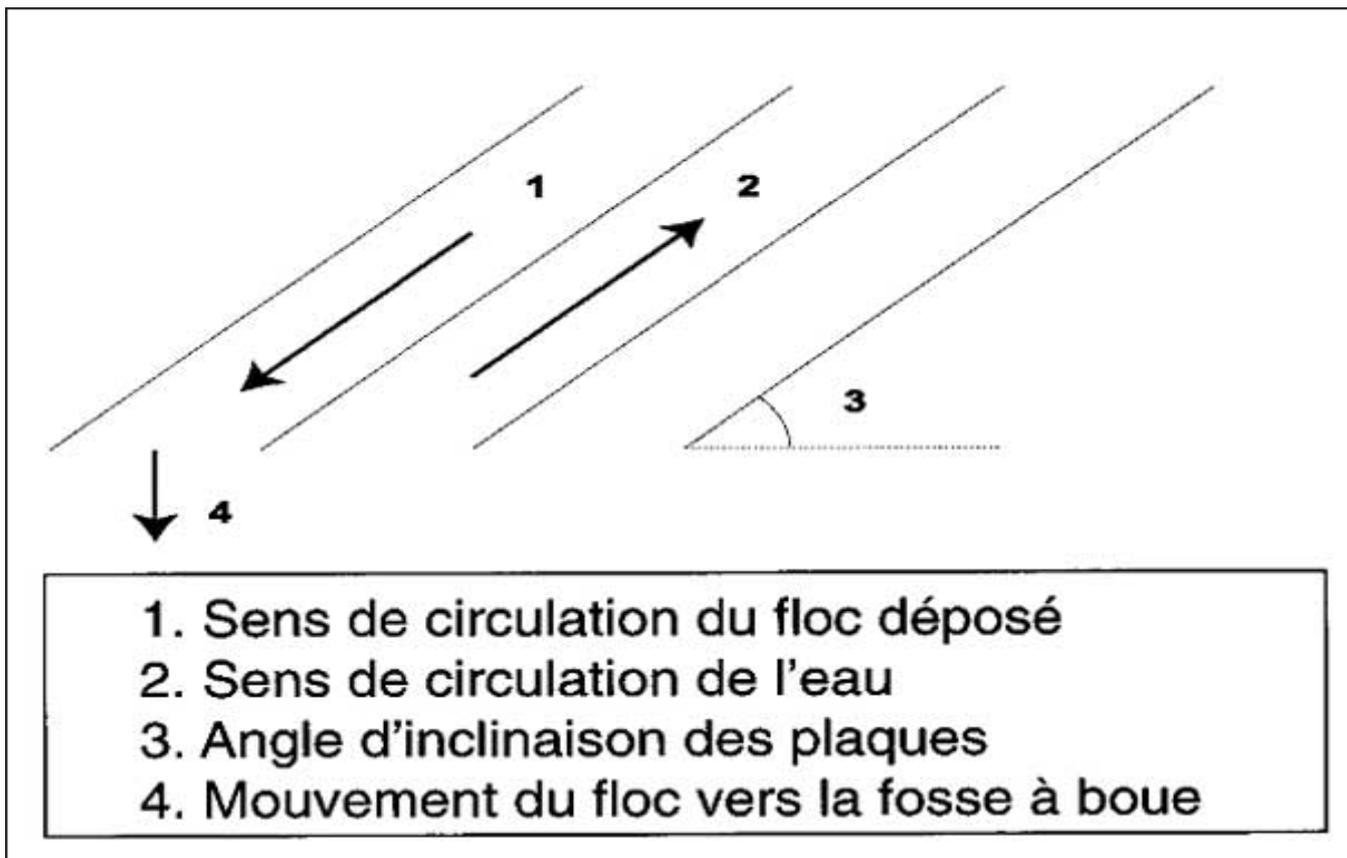


Figure IV.6 : L'alimentation d'un décanteur lamellaire à contre courant. [18]

IV.8.2 Dimensionnement du décanteur :

Un décanteur lamellaire est composé de différentes parties représentées sur la figure IV. 7

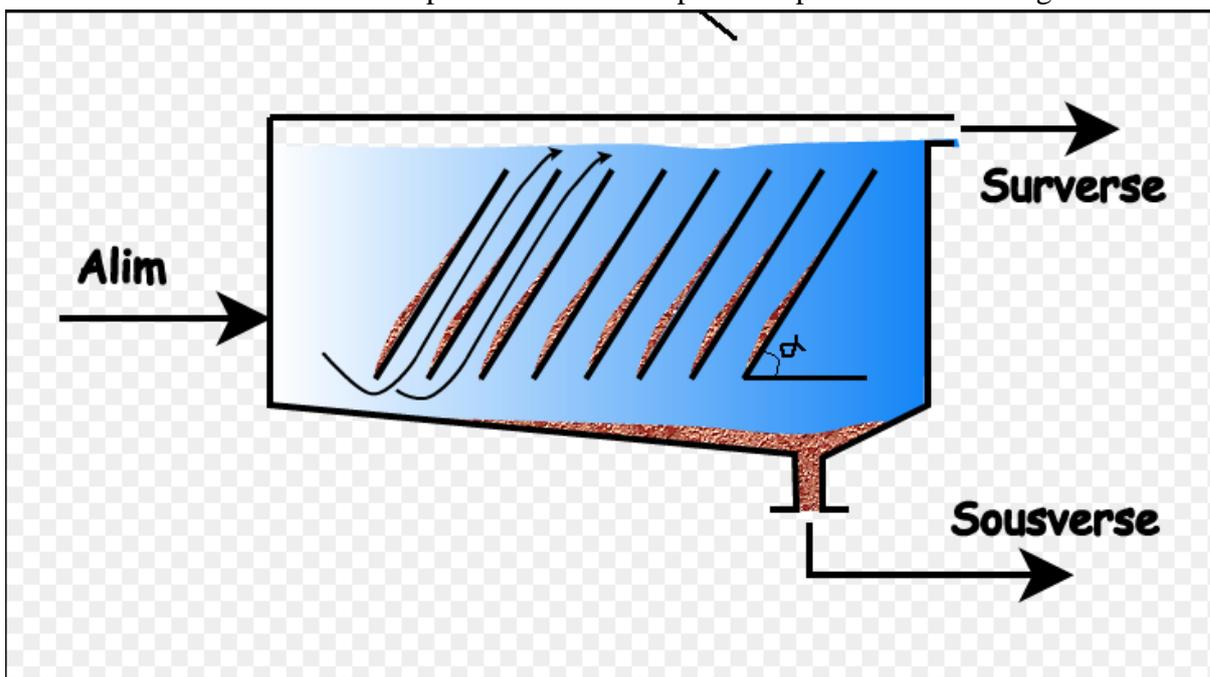


Figure IV.7 : Décanteur lamellaire [22]

a. Surface totale projetée :

Soit Q le débit d'alimentation de l'unité de décantation. C'est le débit à traiter. La surface de décantation S correspond à la somme de la surface des lamelles du décanteur. Enfin, la surface totale projetée (STP) est la projection au sol de la surface de décantation. Les équations caractéristiques du décanteur lamellaires sont les suivantes : [22]

$$STP = \frac{Q}{U_H} \quad (1)$$

$$STP = N_T \cdot l_p \cdot L_p \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Avec :

N_T : Nombre totale de lamelle sur l'étape de décantation lamellaire.

l_p : Largeur des lamelles

L_p : Longueur des lamelles

α : inclinaison des plaques.

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

Dans ce type de décanteur, la vitesse de Hazen (U_H) est comprise entre 0,5 et 1,5 m/h. [08]

Nous prendrons comme valeur de vitesse de Hazen $U_H=1,4$ m/h (soit $3,89 \cdot 10^{-4}$ m/s). Cette vitesse permet de se placer en régime laminaire, condition indispensable à la décantation.

On prend :

- Vitesse de Hazen $U_H = 0.389$ mm/s
- Longueur de lamelle $L=3$ m
- Largeur de lamelle $l=2$ m
- Inclinaison des plaques $\alpha =60^\circ$
- Débit à traiter $Q=0.5667$ m³/s
- Ecartement $e= 0.1$ m

On obtient :

- Surface totale projetée $STP=1457$ m²
- Nombre totale de lamelle $N_T = 486$
- Débit entre les lamelles $Q_i = 1.16$ l/s= 4.18 m³/h

Donc

Une surface totale projetée de 1457 m² est nécessaire pour réaliser la décantation lamellaire. Cette surface représente la projection de la surface de décantation (somme de la surface des plaques). Compte tenu des hypothèses faites sur la taille des lamelles, 486 lamelles sont nécessaires sur l'ensemble du dispositif de décantation. Ainsi, le débit entre deux lamelles est de 1.16 l/s soit environ 4.18 m³/h.

b. Détermination de la surface du décanteur :

La largeur du décanteur correspond à la largeur des lamelles

NB :

On va utiliser trois lamelles en série, donc : $l = 6 \text{ m}$ [23]

On aura donc 162 lamelles par ligne.

La longueur est déterminée en fonction de (fig IV.8)

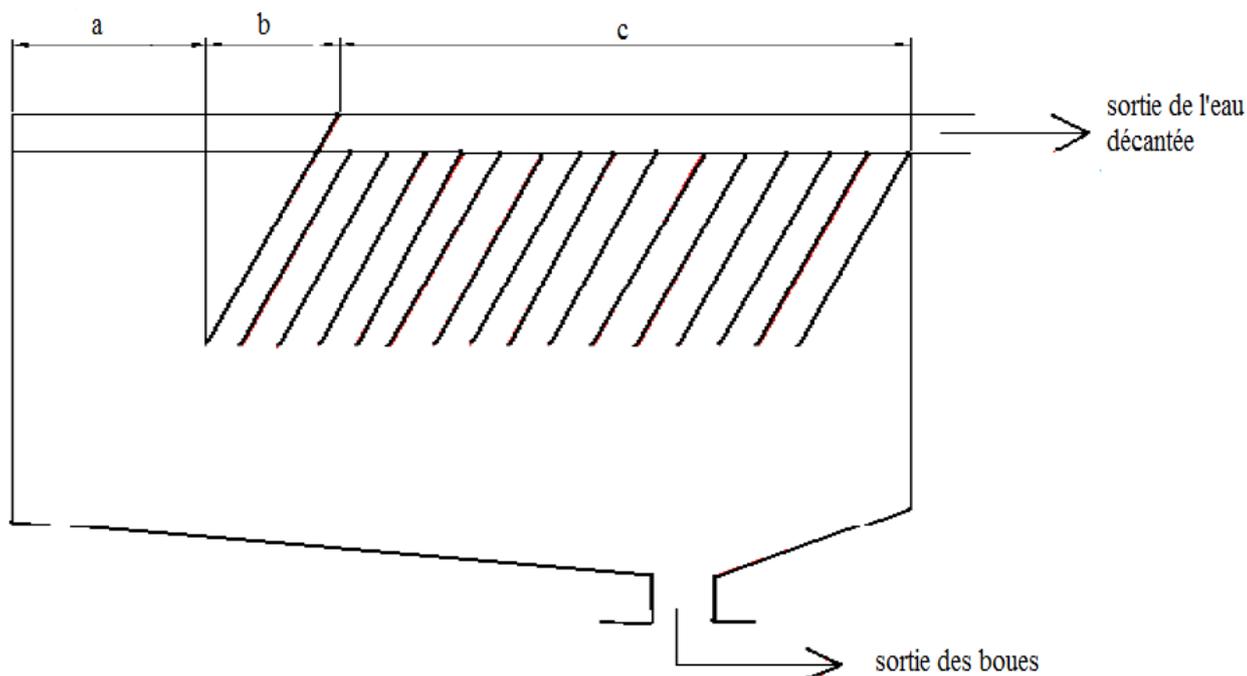


Figure IV.8 : Les dimensions d'un décanteur lamellaire [23]

$$L = a + b + c$$

a : pour dissiper l'énergie on prendra $a = 0.5\text{m}$

$$b = 3 \times \cos 60 = 1.5\text{m}$$

c : nombre de plaques par ligne * l'écartement $c = 162 \times 0.1 = 16.2\text{m}$

Donc :

$$L = 0.5 + 1.5 + 16.2 = 18.2\text{m}$$

Soit une surface $S = l \times L = 18.2 \times 6 = 109.2\text{m}^2$

c. La hauteur du décanteur :

Les différentes hauteurs d'un décanteur lamellaire sont présentées dans la **figure IV. 9**

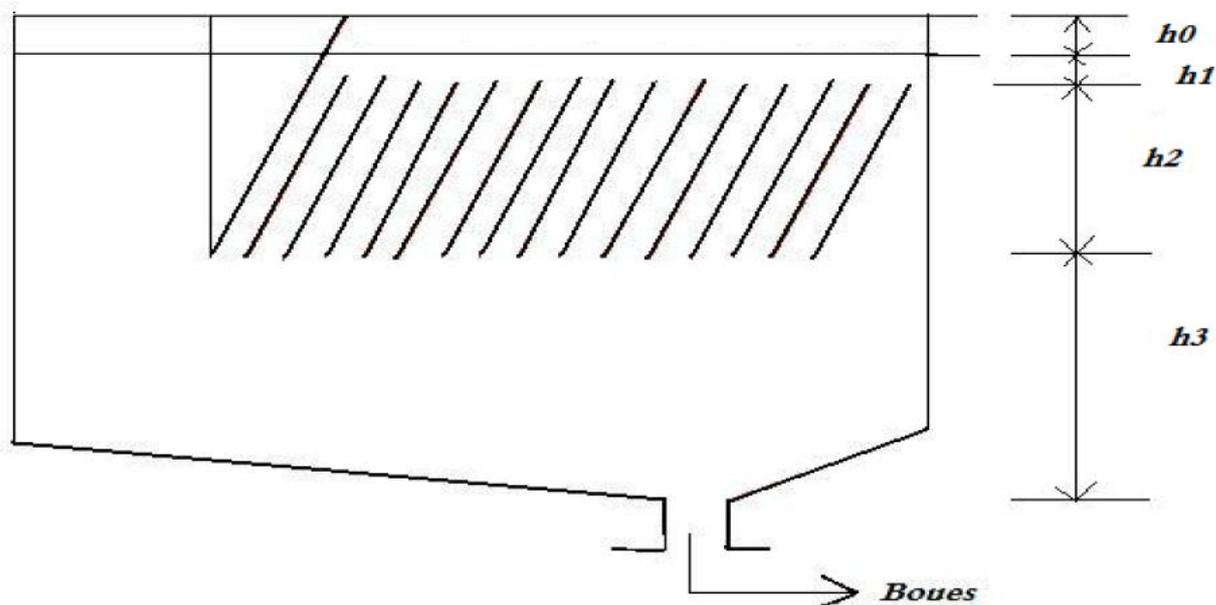


Figure IV.9: les hauteurs d'un décanteur.

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 **$0,5\text{ m}$** pour éviter des phénomènes d'aspiration au niveau de la goulotte.

h_1 : Zone eau clarifiée Elle se situe dans le haut des plaques. Cette hauteur peut varier entre $0,20$ et $0,50\text{ m}$. Une hauteur de **$0,20\text{ m}$** peut être retenue si la distance h_0 est correctement dimensionnée.

h_2 : Zone de décantation. Cette zone correspond à la hauteur occupée par les plaques

h_3 : Zone de turbulence, épaissement de boues et stockage Elle est généralement comprise entre 1 et 2 m

Donc:

$$\begin{aligned} h_0 &= 0.5 \text{ m} ; \\ h_1 &= 0.3 \text{ m} ; \\ h_2 &= L \times \sin 60 = 3 \times \sin 60 = 2.6 \text{ m} \\ h_3 &= 1.6 \text{ m} \end{aligned}$$

Alors :

$$\begin{aligned} H &= 0.5 + 0.3 + 2.6 + 1.6 \\ H &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

Les dimensions du décanteur sont : $18.2 \times 6 \times 5$

d. Calcul du temps de séjour :

On a :

$$V_b = t_s \times Q \rightarrow t_s = \frac{V_b}{q_p}$$

Le volume du bassin :

$$\begin{aligned} V &= L \times l \times H = 18.2 \times 6 \times 5 = 546 \text{ m}^3 \\ V &= 546 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Alors :

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{V_b}{Q} = \frac{546}{0.5667} = 963.43 \text{ s} \\ t_s &= 16 \text{ min} \end{aligned}$$

IV.9 Correction du PH :

Pour ajuster le PH et contrôler la dureté de l'eau, une injection de chaux hydratée avec une concentration de 15mg/l. Ceci se fait dans une chambre de mélange rapide située après la sortie du décanteur vers les filtres.

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

$$V_{\text{bassin}} = Q_{\text{déc}} \times t_s$$

Avec :

$Q_{\text{déc}}$: Débit décanté = 0.5667 m³/s

t_s : temps de séjour 1 min

Donc :

$$V_{\text{bassin}} = 0,5667 * 60 = 34 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{bassin}} \approx 34 \text{ m}^3$$

On prend :

$$L=4$$

$$b=2.5$$

$$H=3.4$$

Les dimensions du bassin de régularisation du PH sont : 4*2.5*3.4m

IV.10 filtration :

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier l'eau, provenant du bassin de sédimentation, chargée en matières solides qui ont échappé à ce dernier. En la faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux filtrant s'y accumulent, jusqu'à un certain niveau de colmatage où il faut alors nettoyer les filtres pour qu'ils soient prêts à être réutilisés. [32]

Il faut remarquer que la filtration est une opération intermittente entre lavage et filtration.

Le lavage des filtres comme il ressort de ce qui a été présenté est stratégique pour le fonctionnement de la station de traitement. En général, l'eau destinée au lavage des filtres est soit stockée dans un réservoir dimensionné pour répondre aux besoins en eau d'un seul cycle de lavage et qu'il faut remplir dès que le filtre commence à fonctionner ou de puiser dans le réservoir de stockage de l'eau filtrée, à travers l'utilisation d'une pompe. [32]

Le lavage des filtres peut être réalisé en utilisant de l'air et de l'eau. En premier lieu, l'air est injecté, pendant que le lit de sable est toujours immergé d'eau. Ceci permettra au sable de se détacher et aux flocons de remonter en surface. Par la suite, l'eau est injectée également par le bas ce qui permettra aux flocons d'être transportés avec l'eau de lavage.

L'eau de lavage sale est évacuée, par l'intermédiaire des goulottes et du canal, vers le réservoir des eaux de lavage. Ces eaux sales sont pompées vers la tête de station.

IV.10.1 La filtration rapide :

Dans notre cas on va utiliser une filtration à sable rapide.

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

Utilisé dans la majorité des usines, le filtre rapide est un bassin ouvert, constitué de :

- Sable de silice de $H = 0.5$ à 1 m .
- La taille moyenne des grains est 0.5 à 0.8 mm .
- vitesses moyennes de flux comprises entre $2,5$ et 20 m/h
- Ces filtres ont l'avantage de ne pas favoriser l'apparition d'algues

Ce type de procédé nécessite préalablement une étape de coagulation/floculation/décantation

- doit surmonter une perte de charge de $2-3$ mètres.

- Les filtres sont généralement nettoyés 1 à 2 fois par jour. [5]

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 «inconconvénient» qu'elle est une opération relativement complexe, nécessitant du personnel qualifié.

D'autre part, la surface nécessaire à l'installation d'un filtre rapide est très réduite et les débits d'eau filtrée très élevés. [8]

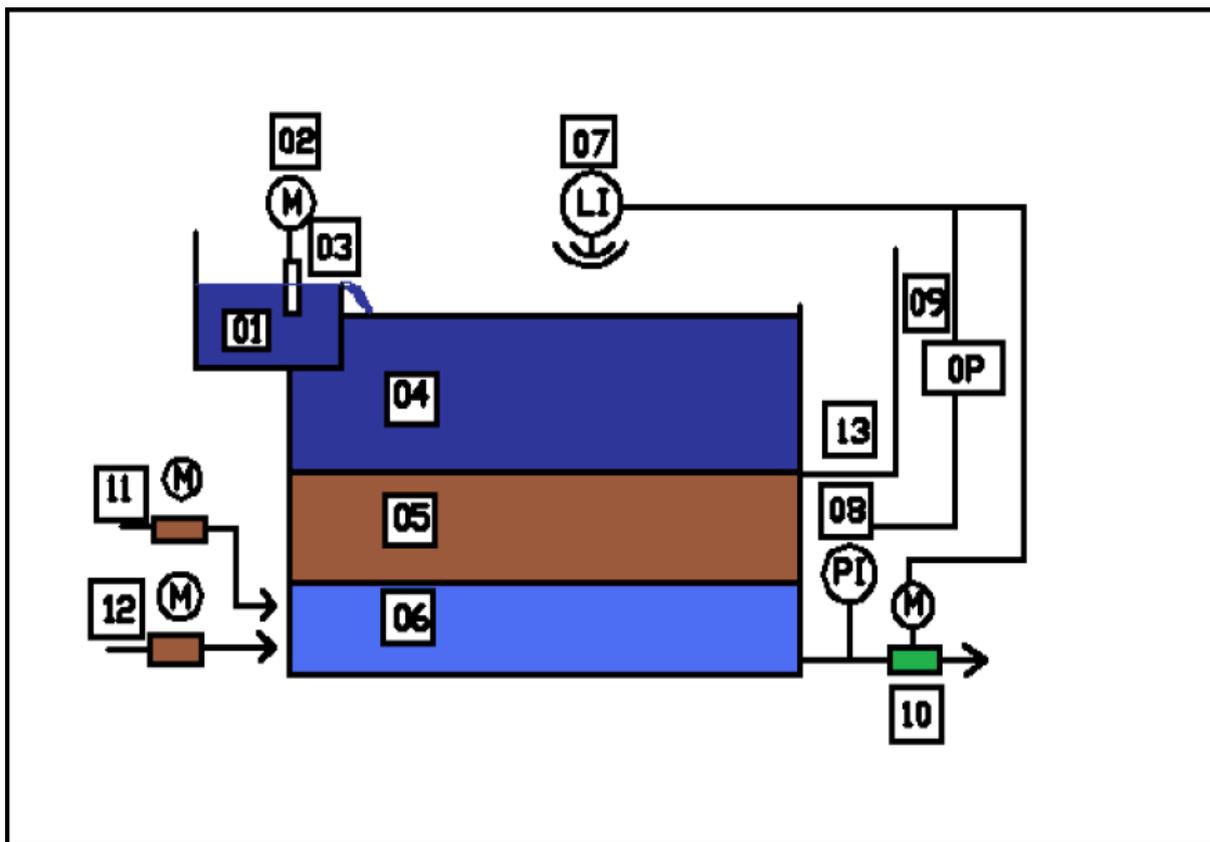


Figure IV.10 : Le bassin de filtration [20]

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.

IV.10.2 Critères du choix du matériau filtrant pour les filtres rapide :

Pour dimensionner un filtre à sable rapide, il convient de fixer les dimensions ci-après.

- L' épaisseur du lit filtrant : est comprise entre 0,6 et 1 m.
- Charge d'eau au-dessus du lit filtrant : la couche d'eau au-dessus du sable est de 0,5m.[24]
- Granulométrie des matériaux filtrants : on choisira du sable ayant un coefficient d'uniformité inférieur ou égal à 1,5. [24]

Pour avoir le coefficient d'uniformité on doit faire une analyse granulométrique par tamisage.

IV.10.2.1 L'analyse granulométrique

Elle permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant les échantillons. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 63 mm [4]

a) Principe de l'essai

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les un sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas.

Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne de tamis [4]

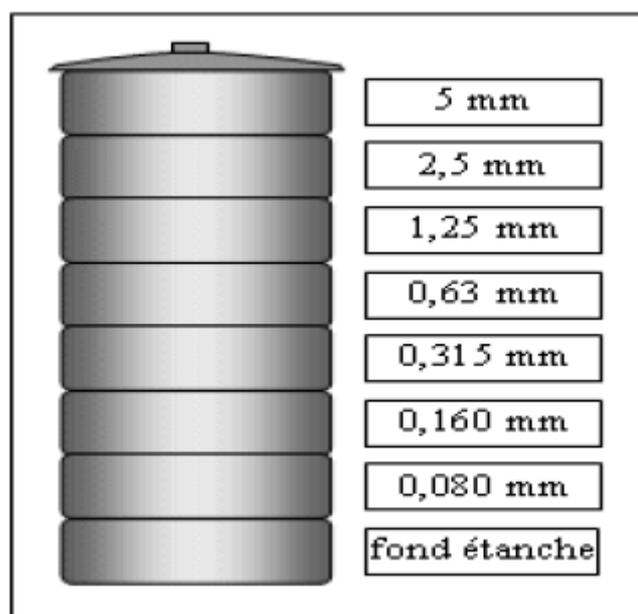


Figure IV.11 : Colonne de tamis [4]

L'exploitation des résultats est faite sous la forme de courbes, les quelles sont tracés en portant :

- En abscisse : les ouvertures nominales (mailles) des tamis employés pour l'analyse.
- En ordonnée : les tamisâtes cumulés, exprimés en pourcentages. Figure IV.12

Exemple de courbe granulométrique d'un sable

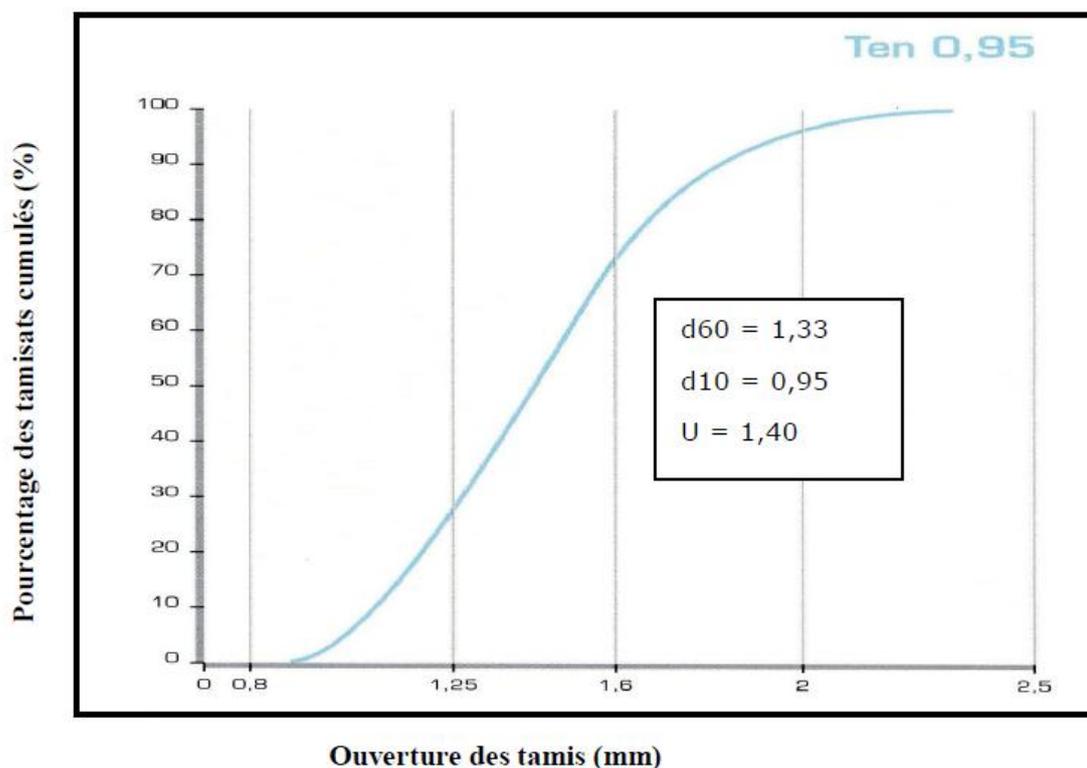


Figure IV.12 : courbe granulométrique d'un sable

Cette courbe permet de déterminer deux paramètres fondamentaux dans la caractérisation granulométrique des matériaux filtrants, soit :

1. Le diamètre effectif D_E :

Correspond à la grosseur du tamis qui laisse passer 10% de la masse de l'échantillon. Cette valeur est représentative de la perméabilité du lit filtrant (à cause du classement que provoquent les lavages à contre-courant). [4]

pour l'eau destiné à la consommation $d_{10}=0.95 \text{ mm} \pm 5\%$.

La diversité 60 % (D_{60}), exprimée en mm est donnée par l'ouverture de maille laissant passer 60 % en poids de l'échantillon soumis à l'analyse [4]

Tableau IV.7 : La taille effective en fonction du type de filtration (Hubert cabana GCI 720)

D_{10} (mm)	Type de filtration
0.3 – 0.5	Utilisé pour filtration très rapide sous pression ($600-1200\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{j}^{-1}$). Colmatage rapide. Lavage du média à l'eau.
0.6 – 0.8	Filtration sans décantation préalable ou Coagulation sur filtre (si eau peu chargée); filtration d'eau décantée à faible vitesse ($150\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{j}^{-1}$) si on peut accepter une plus grande perte de charge; Peut être utilisée dans un filtre hétérogène (bi- ou multicouches).
0.9 – 1.35	Granulométrie couramment utilisée en Europe dans des systèmes à couche homogène.
1.35 – 2.5	Dégrossissage des eaux industrielles ou traitement tertiaire des eaux usées. Utilisation comme couche support de matériaux de 0.4–0.8 mm.
3 – 25	Utilisé comme couche de support.

2. Le coefficient d'uniformité Cu :

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_E}$$

Pour les filtres rapides on admet des coefficients d'uniformité $Cu \leq 1.5$

IV.10.3 calcul de la surface totale de filtration :

On va fixer une vitesse de filtration de 10 m/h:

$$Q = V \times S$$

Avec

v : vitesse de filtration (m /h)

Q : débit horaire entrant (m³/h) (6120 m³/h)

S_t : surface totale de filtration (m²).

Donc :

$$S_t = Q/V = 6120/10 = 612 \text{ m}^2$$

NB :

On dispose de 3 chaines de traitement donc la surface par chaine de traitement

$$S = 204 \text{ m}^2$$

Donc : on va disposer 6 filtres de surface 34 m² chacun dans chaque chaine

On prend les dimensions de nos bassins de : **6.8×5**

IV.10.4 Calcul de la hauteur du filtre :

La hauteur du filtre rapide est la somme des hauteurs partielles suivantes : [16]

h_c : hauteur d'eau sur le lit filtrant de 0,5 m ;

h_{sb} : épaisseur de la couche du sable on prend 1 m;

h_f : hauteur de la dalle du fond de 30 cm.

Et on prend 0.5m comme hauteur de sécurité

Alors :

$$H = h_c + h_{sb} + h_f + h_{\text{sécurité}}$$

$$H = 0.5 + 1 + 0.3 + 0.5$$

$$H = 2.3 \text{ m}$$

On va utiliser une dalle au fond des filtres de type béton préfabriquées et monolithique, qui constitué les trous et les fentes des buseleurs (B) de l'ordre 60 buseleurs par m². de plancher avec un débit 1 m³/h/ buseleurs

Alors

Le nombre de buseleurs par dalle

$$N = 60 \times 34 = 2040$$

Conclusion

- La longueur : $L=6.8$ m
- La largeur : $l = 5$ m ;
- La hauteur : $H = 2.3$ m ;
- La surface de filtration : $S = 34$ m²/filtre ;
- La hauteur des matériaux filtrant : $h = 1$ m ;
- Nombres de buses : 2040 /filtre ;

IV.10.5 Lavage des filtres

Puisqu'il s'agit du traitement d'une eau de surface préalablement coagulée, floculée et décantée, le cycle de lavage d'un filtre à sable rapide de type ouvert, s'étend normalement sur 24 h au moins. [09]

Le lavage qui se fait par suite de colmatage du filtre se fait par l'eau et air :

Ce type de lavage à l'avantage d'empêcher la formation de zones de fermentation et le développement d'agglomérats [20]

Le cycle de lavage est le suivant :

- ✓ soufflage par injection d'air et d'eau, d'une durée de 10 à 15 minutes.
- ✓ Rinçage à l'eau à grande débit, jusqu'à ce que l'eau évacuée à l'égout soit claire.
- ✓ Débit d'eau de lavage en soufflage 5 à 7 m³/h.m².
- ✓ Débit d'air de lavage 50 à 60 m³/h.m².
- ✓ Débit d'eau de rinçage 20 m³/h.m²

On choisie :

- Débit d'air 50 m³/h/m²
- Durée : 2 min
- Débit d'air utiliser = $50 \times 34 \times 6 / 60 = 170$ m³/min/lavage/chaine ;
- Volume d'air : 340 m³/lavage/chaine.

NB :

Pour les 3 chaines de traitement :

Le volume d'air totale utiliser est de 1020 m³/ lavage

- Débit d'eau : 5 m³/h/m² ;
- Durée : 6 min ;
- Débit d'eau utiliser : 17 m³/min/lavage/chaine ;

- Volume d'eau : 102 m³/lavage/chaine.

NB :

Pour les 3 chaines de traitement :

Le volume d'eau de soufflage totale utiliser est de 306 m³/ lavage

- Débit d'eau de rinçage : 20 m³/h.m²
- Durée : 2 min ;
- Débit d'eau de rinçage utiliser : 68 m³/min/lavage/chaine ;
- Volume d'eau de rinçage : 136 m³/lavage/chaine.

NB :

Pour les 3 chaines de traitement :

Le volume d'eau de rinçage totale utiliser est de 408 m³/ lavage.

IV.10.6 Calcul du volume du rétrolavage des filtres :

Le volume du rétrolavage peut être calculé comme suit :

$$V_{\text{rét}} = V_{\text{soufflage par eau}} + V_{\text{rinçage par eau}}$$
$$V_{\text{rét}} = 306 + 408 = 714 \text{ m}^3$$

Pour l'évacuation des eaux salées lors des lavages, les filtres sont équipés au niveau de leurs parois latérales de goulottes d'évacuation munies de vannes de vidange. Des conduites vont récupérer les eaux de lavage pour leur évacuation vers l'entrée de la station.

Ces goulottes d'eau de lavage, leur socle se trouve légèrement au-dessus du sable (0.5 m), pour ne pas perdre du sable lors du lavage.

IV.10.7 Calcul du canal de répartition des eaux dans les filtres :

Ce canal a pour but principal de faire la répartition de l'eau dans les filtres qui disposent d'une seule entrée chacun. (Figure IV. 13)

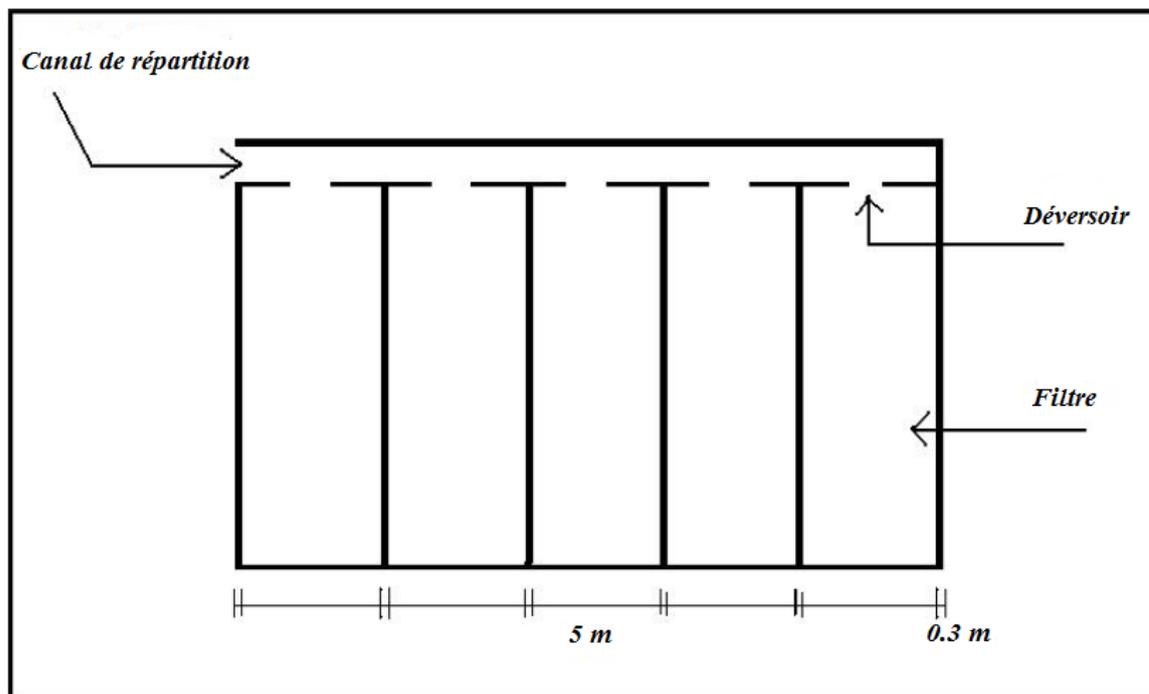


Figure IV. 13 : Le canal de répartition et les déversoirs des filtres

Ce canal va véhiculer un débit de 0,5667 m³/s, sur sa longueur, on va disposer des déversoirs assimilés à ce canal avec un écoulement dénoyé. Chaque filtre disposera un déversoir.

IV.10.7.1 Calcul des caractéristiques du canal :

- La longueur : $L = 5 \times 6 + 0,3 \times 7 = 32,1 \text{ m}$
 $L = 32,1 \text{ m}$
- La largeur : on prend une largeur égale au diamètre de la conduite
 $l = 0,71 \text{ m}$
- La hauteur du canal
 $H = h + P + S$

h : la charge au dessus du déversoir (on prend $h = 0,1 \text{ m}$)

P : hauteur de pelle ($P = 0,4 \text{ m}$)

S : marge de sécurité $S = 0,2 \text{ m}$

$$H = 0,1 + 0,4 + 0,2 = 0,7 \text{ m}$$

Conclusion :

Le canal a une hauteur de 0.7m, une longueur de 32.1m et une largeur de 0.71m

IV.10.7.2 Calcul de la largeur du déversoir : [25]

On va répartir le débit total sur le nombre de filtre :

$$\frac{Q}{6} = \frac{0.5667}{6} = 0.0945 \text{ m}^3/\text{s}/\text{filtre}$$

Le débit à travers un déversoir :

$$Q = \sigma \cdot m_0 \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

σ : pour un déversoir dénoyer $\sigma = 1$;

m_0 : Coefficient de débit ;

b : la largeur du déversoir ;

H : la charge au dessus du déversoir.

A.N :

Formule de Bazin :

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,0027}{H} \right) \times \left[1 + 0,55 \left(\frac{H}{H + P} \right)^2 \right]$$

$$m_0 = \left(0,405 + \frac{0,0027}{0.1} \right) \times \left[1 + 0,55 \left(\frac{0.1}{0.1 + 0.4} \right)^2 \right]$$

$$m_0 = 0.442$$

Donc

$$b = \frac{Q}{\sigma \cdot m_0 \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}} = \frac{0.0945}{0.063}$$

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

Conclusion :

Le déversoir a une charge de 0.1m et une largeur de 1.5m placé au centre de chaque filtre.

IV.11 Désinfection :

Le but de la désinfection est d'éliminer tous les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau afin d'empêcher le développement des maladies à transmission hydrique (MTH)

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 utiliser une chloration par eau de javel comme désinfecteur, Cet ajout permet d'empêcher le développement des bactéries dans le réseau de distribution.

L'injection du chlore ce fait a la sortie du filtre ; en amont du réservoir d'eau traité.

IV.11.1 Dimensionnement :

a. Débit de la pompe doseuse :

$$Q_{fil} \times C_{Cl} = q_p \times C_s$$

Avec :

Q_{fil} : Débit de l'eau filtré (6120 m³/h) ;

C_{Cl} : Dose optimal de chloration (2 à 3 g/m³) on prend 3 g/m³ ;

C_s : Concentration de chlore (48°F) soit 1°F= 3.17 g/l de Cl₂ ;

q_p : Débit de la pompe doseuse.

AN :

$$q_p = \frac{Q_{EB} \times C_{Cl}}{C_s} = \frac{6120 \times 3}{152.16}$$

$$q_p = 120.66 \text{ l/h}$$

b. Bac de stockage :

- Le temps de séjour $t_s = 24h$

Donc le volume de chlore utilisé pour la désinfection :

$$V = t_s \times q_p$$

➤ La surface : $S = \frac{V}{H}$

➤ La largeur : $b = \sqrt{\frac{S}{2}}$

Tel que H est la hauteur du bac

AN :

$$V = 24 \times 120.66$$

$$V = 2895.9 \text{ l}$$

NB :

Le volume totale est égale à :

$$V_t = V + V_c$$

Tel que

V_c : Volume du chlore utilisé lors de la pré-chloration.

$$V_t = 2895.9 + 1930$$

$$V_t = 4.83 \text{ m}^3$$

On prend : $V_t = 5 \text{ m}^3$

Et

$H = 1.6 \text{ m}$

➤ La surface : $S = \frac{V}{H} = \frac{5}{1.6} = 3.125 \text{ m}^2$

➤ La largeur : $b = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{3.125}{2}} = 1.25 \text{ m}$

➤ La longueur $L = \frac{S}{b} = \frac{3.125}{1.25} = 2.5 \text{ m}$

Conclusion :

Le bac de stockage du chlore a les caractéristiques suivantes :

Paramètres géométriques :

- ✓ Volume : $V=5 \text{ m}^3$
- ✓ Longueur : $L=2.5 \text{ m}$
- ✓ Largeur : $b =1.25 \text{ m}$
- ✓ Hauteur : $H=1.6 \text{ m}$

Paramètres hydraulique :

- ✓ Débit d'eau brute : $Q=6120 \text{ m}^3/\text{h}$
- ✓ Débit de la pompe doseuse (pré-chloration) : $q_p = 80.44 \text{ l/h}$
- ✓ Débit de la pompe doseuse (désinfection) : $q_p = 120.66 \text{ l/h}$

IV. 12 Réservoir de stockage d'eau traitée :

Un réservoir de stockage des eaux traitées est prévu, au niveau de la station de traitement des eaux, vu que la station fonctionne normalement 24h/24h, alors que le pompage est supposé fonctionner 20h/24h. Le surplus d'eau, doit par conséquent, être stocké pour être utilisé ultérieurement. Une période de 4 heures de stockage est considérée.

Le volume d'eau traitée est la somme du volume régularisé, le volume d'incendie et le volume de lavage des filtres. [15]

$$V = V_{traiter} + V_{inc} + V_{lav}$$

Avec :

$V_{traiter}$: Volume traiter = $Q_{traiter} \cdot t_s$

V_{inc} : Volume d'incendie = 120 m^3

V_{lav} : Volume de lavage des filtres = 1260 m^3

Tel que :

t_s : le temps de séjour qui égale à 4 h
 $Q_{traiter}$: Le débit traiter = $6120 \text{ m}^3/\text{h}$

Donc :

$$V_{traiter} = 6120 \times 4 = 24480 \text{ m}^3$$

Enfin :

$$V = V_{traiter} + V_{inc} + V_{lav} = 24480 + 120 + 714 = 25314 \text{ m}^3$$

On opte pour un réservoir de 30000 m³, de forme circulaire pour un meilleur brassage semi-enterré.

Le temps de séjour devient :

$$t_s = (30000 - 1260 - 120) / 6120 = 4.68 \text{ h}$$

Donc

$$t_s = 4h \text{ et } 40min$$

- La hauteur : on prend une hauteur de H=10 m
- Diamètre :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H}} = \sqrt{\frac{4 \times 30000}{\pi \times 10}} \approx 61 \text{ m}$$

On prend un diamètre de 61 m pour notre réservoir

IV.13 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 et les calculs, nous nous avons obtenu les résultats suivant :

Notre station de traitement sera composée de trois chaînes de traitement identique, chaque Chaîne contient :

- Un coagulateur-floculateur d'un volume respectif de 51 m³ et 680 m³, avec un système d'agitation radiale pour le bassin de coagulation et un système d'agitation à pales pour le bassin de floculation composé de 3 pales ;
- Un décanteur lamellaire composé de 486 lamelles d'une surface de 109.2 m² et une hauteur de 5 m
- Et en fin six filtres installés en parallèles avec une surface de 34 m² chacun.

Chapitre V : Calcul hydraulique

V.1 Introduction:

Après avoir dimensionné les ouvrages de la station de traitement, on va passer au calcul hydraulique à fin de déterminer la côte du plan d'eau dans chaque ouvrage.

Le calcul hydraulique permet le tracé de la ligne d'eau en calculant les côtes du plan d'eau dans différents ouvrages en tenant compte des pertes de charges engendrées entre deux ouvrages successifs.

Les pertes de charges sont causées par les orifices, les vannes, les déversoirs et par les conduites.

V.2 Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite d'amenée de l'eau brute:

Les ouvrages d'adduction servent à amener l'eau brute depuis des sites plus ou moins éloignés où elle est généralement plus abondante et moins polluée, vers les zones d'utilisation.

Dans notre cas ce transport est engendré par la combinaison : force de gravité et conditions topographiques car la source se situe à une cote supérieure à la cote piézométrique de l'ouvrage d'arrivée, dans notre cas on a une adduction gravitaire.

V.2.1 Critères de conceptions :

Les éléments suivants doivent être considérés lors de la conception d'une adduction:

- La conduite d'adduction doit être posée en pente constante à un niveau de radier croissant en direction de la berge afin d'éviter l'accumulation d'air ou de gaz;
- Pour des conduites d'un diamètre important, des regards d'inspection doivent être installés à tous les 300 m (à l'extérieur de la limite des hautes eaux) afin de permettre une inspection visuelle;
- Si la conduite est sujette à l'accumulation de sédiments ou de boues, un système de nettoyage par purge ou autre devrait être prévu pour les enlever;
- la vitesse dans la conduite d'adduction doit être suffisante pour limiter la formation de dépôts. Cependant, elle ne doit pas dépasser 1,5 m/s et doit préférablement être comprise entre 0,6 et 1,2 m/s. [28]

V.2.2 Choix du type de matériaux:

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression, l'agressivité dû aux eaux et au sol, et l'ordre économique (coût, disponibilité sur le marché), ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes) permettent de faire le bon choix. [29]

Parmi les matériaux à utiliser on distingue entre autre : L'acier, la fonte ductile, le PVC (polyvinyle de chlorure) et le PEHD (polyéthylène haute densité).

Dans notre cas on opte pour les conduites en P.E.H.D, suite à des nombreux avantages qu'elles procurent.

Tuyaux en P.E.H.D :**Les avantages :**

- Bonne résistance à la corrosion interne, externe, microbiologique et à l'entartage.
- Disponibilité sur le marché.
- Facilité de pose (grande flexibilité), possibilité d'enroulement en couronne pour les petits diamètres.
- Fiabilité au niveau des branchements (réduction de risque de fuite).
- Bonne caractéristique hydraulique (coefficient de rugosité très faible).
- Durée de vie prouvée par l'expérience et le test de vieillissement théoriquement de 50 ans à une température de 20°C.

Les inconvénients :

- Nécessite une grande technicité pour la jonction.

V.2.2 La prise d'eau :

Le niveau du plan d'eau du barrage en exploitation variera entre 111,25 m NGA et 69,25 m NGA.

Il y a trois prises d'eau au niveau de la tour de prise :

- Prise haute avec un DN1000 au niveau 100.50 m NGA
- Prise moyenne avec un DN 1000 au niveau 85.5mNGA
- Prise basse avec un DN 1400 au niveau 69.25mNGA.

La prise moyenne nous donne une eau de meilleure qualité

Le transfert prend son origine à la sortie de la galerie du barrage en se connectant à la vanne DN1000 mm moyennant un cône divergeant DN1000/1400.

Donc la conduite d'amenée d'eau sera en PN 8 et DN 1400.

V.2.3 vérification de la vitesse :

- La conduite d'eau brute est de type : PEHD avec un diamètre de 1400 mm ;
- La longueur de la conduite est : 1132 m
- Le débit véhiculé par la conduite est : 1700 l/s
- Une vitesse $V = \frac{Q}{S} = \frac{1.7 \times 4}{\pi \times D^2} = 1.1 \text{ m/s}$ \implies acceptable

V.2.4 calcul de la perte de charge :

Le calcul de la perte de charge se fait avec la formule de Darcy-Weisbech

$$\Delta H = \frac{K \times L_e \times Q^\beta}{D^m}$$

Avec

K : coefficient de frottement.

β : Exposant tenant compte du régime d'écoulement.

m : Exposant tenant compte du type de matériau.

L_e : Longueur équivalente de la conduite.

$$L_e = L_g + L_s$$

L_g : Longueur géométrique de la conduite.

L_s : Longueur équivalente des pertes de charge singulière.

Pour l'adduction les pertes de charge singulières sont estimées à 15% des pertes de charges linéaires

$$\Delta H_t = 1.15 \times \Delta H \rightarrow L_e = 1.15 \times L_g$$

Pour la PEHD :

K= 0.001052

$$\beta=1.77$$

$$m= 4.445$$

AN :

$$L_e = 1.15 \times 1132 \approx 1302 \text{ m}$$

$$\Delta H = \frac{0,001052 \times 1302 \times 1,7^{1.77}}{1.4^{4.775}} = 0.703 \text{ m.c.e}$$

$$\rightarrow \Delta H = 0.703 \text{ m.c.e}$$

V.3 calcul de la perte de charge entre les ouvrages :

La circulation du débit entre les ouvrages de coagulateur-floculateur-décanteur se fait à travers des orifices placés à l'intérieur de chaque ouvrage donc on a un écoulement noyé.

V.3.1 Coagulateur-floculateur :

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

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2gZ} \quad [26]$$

Donc :

$$Z = \frac{Q^2}{\mu^2 \times S^2 \times 2 \times g}$$

Avec :

Z : la différence entre la ligne d'eau amont et aval (en m) ;

S : la surface h*b (en m²) ;

Tel que :

b : la largeur du bassin

h : la hauteur de l'orifice.

μ : coefficient de débit ($\mu = 0.62$)

AN :

$$b = 2.9 \text{ m}$$

On prendra $h = 0.3\text{m}$

Donc :

$$Z = \frac{Q^2}{\mu^2 \times S^2 \times 2 \times g} = \frac{0.5667^2}{0.62^2 \times (2.9 \times 0.3)^2 \times 2 \times 9.81} = 0.056 \text{ m.c.e}$$

$$Z = 0.056 \text{ m.c.e}$$

V.3.2 Flocculateur- décanteur :

On a aussi un écoulement noyé à travers un orifice. La formule du débit à travers un orifice rectangulaire avec un écoulement noyé est :

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2gZ}$$

AN :

$$b = 6 \text{ m}$$

On prendra $h = 0.1\text{m}$

Donc :

$$Z = \frac{Q^2}{\mu^2 \times S^2 \times 2 \times g} = \frac{0.5667^2}{0.62^2 \times (6 \times 0.1)^2 \times 2 \times 9.81} = 0.118 \text{ m.c.e}$$

$$Z = 0.118 \text{ m.c.e}$$

V.3.3 Calcul de la perte de charge au niveau de la conduite reliant l'ouvrage du réglage du PH avec le décanteur:

- La conduite d'eau brute est de type : PEHD avec un diamètre de 710 mm ;
- La longueur de la conduite est : 3m
- Le débit véhiculé par la conduite est : $0.5667 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc le calcul de la perte de la perte de charge se fait avec la formule de Darcy-Weisbekh :

$$\Delta H = \frac{K \times L \times Q^B}{D^m}$$

Avec :

$$K= 0.001052$$

$$\beta=1.77$$

$$m= 4.445$$

AN :

$$\Delta H = \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m} = \frac{0,001052 \times 3 \times 1,7^{1.77}}{0.71^{4.775}} = 0.041 \text{ m.c.e}$$

$$\rightarrow \Delta H = 0.041 \text{ m.c.e}$$

V 3.4 Calcul de la perte de charge au niveau du filtre :

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

$$V = k \times i$$

Où :

V : vitesse d'écoulement ;

i : Le gradient hydraulique , avec $i = \frac{\Delta H}{L}$

K : Coefficient de perméabilité (on mesure k au moyen d'un essai de percolation ; il peut varier de 10^{-10} à 10^{-1} cm/s selon la granulométrie).

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

A titre indicatif, quelques valeurs de ce coefficient sont indiquées dans le tableau V.1 :
Tableau V.1 : Variation du coefficient de perméabilité par rapport au diamètre des grains.

[29]

	Sable grossier 15% < 0,5 mm 55% de 0,5 à 2 30% > 2 mm	Sable moyen 50% < 0,5 mm 25% de 0,5 à 0,75mm 25% de 0,75 à 2 mm	Sable très fin 95% < 0,5 mm 5% de 0,5 à 2 mm
Porosité	27%	32,2%	34%
<i>K en m/s</i>	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$

On prend un sable grossier a cause de sa disponibilité dans notre région d'étude.

Donc :

Porosité : 27%

$K = 3 \times 10^{-3}$ m/s

Le calcul de la perte de charge :

On a :

$$V = k \times i$$

et

$$i = \frac{\Delta H}{L}$$

$$\rightarrow \Delta H = \frac{V \times L}{k}$$

AN :

$$\rightarrow \Delta H = \frac{1,75 \times 10^{-3} \times 1}{3 \times 10^{-3}} = 0,583 \text{ m}$$

$$\rightarrow \Delta H = 0,583 \text{ m}$$

V.4 Calcul de la pression d'arrivé a la station :

Il est nécessaire de connaître la pression d'eau a l'entrée de la station pour savoir si il est nécessaire d'installer un brise charge.

La source d'eau brute est le barrage de Kef-eddir, ce dernier a trois prises d'eau au niveau de la tour de prise :

- Prise haute avec un DN1200 au niveau 100.50 m NGA
- Prise moyenne avec un DN 1000 au niveau 85.5mNGA
- Prise basse avec un DN 1400 au niveau 69.25mNGA.

Et la côte d'entrée à la station est de 60,42 NGA.

On suppose la prise moyenne à 85.5 mNGA pour nos calculs et dans un cas défavorable.

Donc :

$$H = C_{\text{prise d'eau}} - (C_{\text{entré de la station}} + \Delta H)$$

$$H = 85.5 - (60.42 + 0.703)$$

$$H = 24.377 \text{ m}$$

Donc il nous faut installer un brise charge afin de réduire la pression a une valeur convenable (<1 bar) pour le bon fonctionnement de notre station et ne pas endommager les accessoire. La pression la plus convenable est de 8 m.c.e, donc le prise charge devra faire en sorte de l'avoir a l'entrée du premier ouvrage (coagulateur_floculateur).

V.5 Le brise charge

Dans le but de réduit la pression on va installer un brise charge. C'est un ouvrage qui permet de réduire la force de l'eau d'un canal ou d'une canalisation.

Sa fonction première qui est de réduire la pression le brise charge servira aussi à :

- Aération ;
- Régularisation du débit.

V.6 Conclusion

Dans ce chapitre on a déduit que l'eau va s'écouler gravitairement du barrage de Kef-Eddir de la prise moyenne à 85.5 mNGA jusqu'à la station de traitement à une altitude de 60,42 NGA, avec une vitesse de 1,1 m/s pour éviter l'accumulation des dépôts.

Après calcul on est arrivé à une pression de 24.377 m.c.e donc on devra installer un brise charge pour assurer un bon fonctionnement de notre station de traitement.

Chapitre VI

Protection, sécurité de travail et évaluation financière

Introduction

Les accidents de travail et les problèmes qui en découlent ont une grande importance sur les plans économique, production et surtout pour la santé et la vie humaine.

Le laboratoire d'analyse dans la station de traitement d'eau potable par son activité dans le domaine de la chimie engendre des risques importants tant pour les personnes y travaillant (manipulation, matériels,..) que pour l'environnement (gestion des déchets).

C'est pour ces raisons des dispositions doivent être prises afin de permettre aux employés d'exercer leur travail en toute sécurité et dans des bonnes conditions et aussi pour protéger l'entreprise et le matériel.

A : protection et sécurité de travail :

VI.1 Les opérations pour la réalisation et le fonctionnement de notre station de traitement :

1- Partie génie civil :

- Installation de chantier ;
- Terrassement généraux du site et aménagement ;
- Tuyauterie du site ;
- Installation des bassins de Coagulation-Floculation-Décantation ;
- Ouvrage de filtration avec bâtiment de commande des filtres ;
- Réservoir d'eau traitée ;
- Bâtiments des réactifs.

2- Partie équipements :

- Equipement de la filière de traitement capacité 1.7 m³/s ;
- Montage des équipements ;
- Mise en service et exploitation 20 mois ;
- Formation des agents.

VI.2 Causes des accidents de travail dans un chantier hydraulique :

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

- Facteurs humains ;
- Facteurs matériels.

VI.2.1 Facteurs humains :

- Manque de contrôle et négligence ;
- La fatigue des travailleurs, agent de maîtrise et les responsables ;
- Encombrement dans les différentes phases d'exécution des travaux ;
- Erreurs de jugement ou de raisonnement ;
- Importance durant les différentes phases de réalisation ;
- Suivre un rythme de travail inadapté. [30]

VI.2.2 Facteurs matériels :

- Outillage, engins, et machines de travail ;
- Nature des matériaux mis en œuvre ;
- La difficulté posée lors de l'exécution du travail ;
- Les installations mécaniques et électriques.

A- Liste des conditions dangereuses :

- Installations non protégées ;
- Installations mal protégées ;
- Outillages, engins et machines en mauvais état ;
- Protection individuelle inexistante ;
- Défaut dans la conception, dans la construction ;
- Matières défectueuses ;
- Stockage irrationnel ;
- Mauvaise disposition des lieux ;
- Eclairages défectueux ;
- Facteurs d'ambiance impropres ;
- Conditions climatiques défavorables.

B- Liste des actions dangereuses :

- Intervenir sans précaution sur des machines en mouvement ;
- Intervenir sans précaution sur des installations sous pression, sous tension ;
- Agir sans prévenir ou sans autorisation ;
- Neutraliser les dispositifs de sécurités ;
- Ne pas utiliser l'équipement de protection individuelle ;
- Mauvaise utilisation d'un outillage ou engin ;
- Importance durant les opérations de stockage ;
- Adopter une position peu sûre ;
- Travailler dans une attitude inappropriée ;
- Suivre un rythme de travail inadapté ;
- Plaisanter ou se quereller.

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

- donner aux travailleurs la capacité de recenser les risques ;
- Analyser les effets ;
- Mettre en place des mesures.

VI.4 L'ensemble des risques :

- Le risque liés aux bâtiments (incendie, électrique, dégâts des eaux,..) ;
- Le risque liés à la personne (chute, brûlure, coupure..) ;
- Le risque biologique, risque chimique pour le travailleur et pour l'environnement ;
- Le risque chimique (produits chimiques) ;
- Les risques spécifiques liés à l'activité du laboratoire.

VI.5 La sécurité en laboratoire :

Durant tous les travaux pratiques nous devons travailler avec différents produits chimiques. Nous nous interrogerons certainement à propos des risques potentiels auxquels on sera exposés.

Il faut garder en tête qu'un laboratoire de traitement des eaux, de biochimie ou de microbiologie est un environnement de travail qui présente plus de risques qu'une cuisine, mais encore moins que certaines usines. Alors, comment connaître les dangers?

Les réponses peuvent se trouver à plusieurs endroits, dont sur les étiquettes des contenants et auprès du personnel enseignant. Le Service du répertoire toxicologique de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST); fournit également un outil très précieux à toute personne sensible à la sécurité en milieu de travail et d'étude. [30]

Le plus important c'est de connaître les dangers potentiels aux quels nous somme exposés.

VI.6 Systèmes d'Information sur les Matières Dangereuses :

VI.6.1 Le Service du répertoire toxicologique:

Consiste à fournir des renseignements sur les produits chimiques ou biologiques utilisés en milieu de travail. Ces renseignements permettent aux employeurs et aux travailleurs de mieux connaître les risques pour la santé et la sécurité que présentent les produits qu'ils utilisent, favorisant ainsi la mise en place de moyens de prévention adéquats. Il fournit également des renseignements spécifiques concernant le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT). [30]

Le service du répertoire toxicologique propose un accès à sa banque de données sur les produits chimiques ou biologiques. Se retrouvent sous différents thèmes, des informations présentées dans une forme vulgarisée ainsi que des données spécialisées. De cette façon, l'utilisateur peut accéder à des informations complètes ou fragmentaires sur plus de 8 000 produits. Ces informations concernent, par exemple, les caractéristiques physiques d'un produit, ses effets toxiques, ses effets spécifiques tels que le cancer, les moyens à prendre pour se protéger et la réglementation applicableetc.

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

C'est un système qui vise à protéger la santé et la sécurité des travailleurs à travers en favorisant l'accès à l'information sur les matières dangereuses utilisées au travail. Le SIMDUT est un système qui définit six catégories de «produits contrôlés ». Plus spécifiquement, le SIMDUT répartit les matières dangereuses en six catégories principales, définies en fonction des dangers que chacune de ces matières peut représenter. Si un produit correspond à au moins une de ces catégories, il devient alors ce que l'on appelle « un produit contrôlé ».

VI.6.2.1 Quelques catégories des matières dangereuses :

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

Tableau VI.1 pictogrammes des risques chimiques.

Symboles SGH	Signification	Caractéristiques
	Explosif instable	Peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur ou d'un choc...
	Inflammable	Peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, au contact de l'air, au contact de l'eau, s'il dégage des gaz inflammables
	Comburant	Peut provoquer ou aggraver un incendie ou même une explosion s'il est au contact de produits inflammables
 (nouveau)	Gaz sous pression	Gaz comprimé ou dissous : peut exploser sous l'effet de la chaleur Gaz liquéfié : peut causer des brûlures ou blessures dues au froid
	Corrosif	Attaque ou détruit les métaux Ronge la peau et/ou les yeux en cas de contact ou de projection
	Toxique	Empoisonne même à faible dose Provoque des effets variés sur l'organisme : nausées, vomissements, pertes de connaissance, voire décès Toxique par inhalation, contact cutané ou ingestion
 (nouveau)	Toxique aigu	Empoisonne à forte dose Irritant pour les yeux, la gorge, le nez, la peau... Allergie cutanée, vertiges ou somnolence...
 (nouveau)	Dangereux pour l'homme Sensibilisant CMR (cancérogène, mutagène ou reprotoxique)	Produit cancérogène, mutagène, reprotoxique Peut entraîner des modifications de l'ADN
	Dangereux pour le milieu aquatique	Provoque des effets néfastes sur les organismes du milieu aquatique

Il est essentiel de pouvoir reconnaître et interpréter quelques pictogrammes.

VI.6.2.2 Informations sur les produits :

1-Étiquette SIMDUT : retrouvée sur les lieux d'entreposage.

2-Étiquette du fournisseur : retrouvée sur les contenants originaux.

Exemple:

- Identification du produit ;
- Identification du fournisseur ;
- Signaux de danger ;
- Mesures de sécurité;
- Référence à la fiche signalétique.

3- Étiquette du lieu de travail : dans certains cas, produite par le Service de santé.

4-La fiche signalétique : La fiche signalétique est un document de référence à consulter au besoin (en cas de déversement ou d'intoxication par exemple), inclus par le fabricant dans l'emballage original de chaque produit envoyé à un acheteur C'est LE document de référence du produit. Il contient : **[31]**

- L'identification du produit (numéro CAS, formule chimique, etc.) ;
- Les informations sur les composants ;
- L'identification des dangers ;
- Les mesures de premiers secours ;
- Les mesures de lutte contre les incendies ;
- Les mesures en cas de déversements;
- Les mesures d'entreposage ;
- Les mesures d'hygiène et sécurité (EPI, Équipement de Protection Individuelle requis, au besoin) ;
- Les Propriétés physico-chimiques ;
- La Stabilité et la réactivité ;

- Les informations toxicologiques;
- Les informations éco toxicologiques ;
- Les mesures d'élimination ;
- Les informations sur le transport.

Le système SYCLAUN (système de classification uniformisé) possède 10 classes de produits. On n'est pas obligé de les connaître par cœur. Il faut toutefois comprendre l'incompatibilité de certaines classes pour l'entreposage.

VI.7 Quelques règles applicables dans laboratoires de traitement des eaux potables :

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 (blouses, gants, lunettes,... etc)
 - ✓ de se laver les mains avant et après chaque manipulation ;
 - ✓ d'enlever les gants avant toute saisie de combiné téléphonique, utilisation de clavier informatique, ouverture des portes, ...etc.
 - ✓ de respecter les consignes de gestion des déchets.
 - ✓ De stocker les produits volatils loin des sources de chaleur.
 - ✓ De travailler sous une hotte avec les produits toxiques ou volatils ou bien dans un local convenablement ventilé.
- Il est souhaitable :
 - ✓ de ne pas travailler seul ;
 - ✓ de travailler avec des appareils de bon état ;
 - ✓ de ne pas porter de lentilles de contact.

- ✓ La tenue vestimentaire doit être adaptée à l'équipement de protection individuelle qu'on va porter (par exemple : lunettes de sécurité correctrice ou portée par-dessus vos verres correcteurs habituels; souliers à talon plats, fermés aux deux bouts ; etc.). [31]

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 ;
- Une hotte chimique (enceinte ventilée) n'est pas un endroit d'entreposage ;
- Aucun produit chimique ne doit être entreposé directement sur le sol ;
- Incrire la date d'ouverture du contenant ;
- Séparer les produits par compatibilité (SYCLAUN) ;
- De plus, il est interdit d'entreposer plus haut que la hauteur des yeux. Les contenants de 4 L doivent être entreposés plus bas que la hauteur des épaules. Ceci diminue les problèmes ergonomiques et les risques d'échapper les produits.

VI.7.1 Contrôle des risques en laboratoire :

Pour contrôler les risques en 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.

VI.8 Risques et mesures de protections :

VI.8.1 Risques électriques :

L'utilisation mal contrôlée de l'énergie électrique entraîne des accidents d'électrocutions graves pour les personnes et les installations.

- Mesures de protection contre les chocs électriques :

Contre le contact directe :

- Isolation ;
- Barrière et enveloppe ;
- Eloignement.

Contre le contact indirect :

- a- Sans mise à la terre et sans coupure automatique :
 - Utilisation de la très basse tension.
 - Utilisation de transformateur.
- b- Avec mise à la terre et avec coupure automatique :
 - l'appareil de protection qui réalise la coupure automatique du circuit a ses caractéristiques dépendantes de la valeur du courant de défaut.

VI.8.2 Risques d'incendie :

Tout bâtiment est vulnérable au feu ; il est donc important que des dispositions préventives soit mise en œuvre afin de protéger les biens matériels et humains contre ce risque.

Un départ de feu non maîtrisé de son éclosion devient impotente et peut avoir de très grave conséquences.

Il existe 4 classes de feux présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : les classes de feu.

Classes 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 liquéfiés)	Essence, alcools, fioul, goudron, graisse, etc.	- Eau pulvérisée avec additif - Poudre polyvalente - CO ₂ - Mousses
C Feux gaz	Méthane, butane, propane, etc.	- Poudre polyvalente - CO ₂
D Feux de métaux	Sodium, aluminium, magnésium, etc.	- Extincteurs spéciaux

VI 8.2.1 Consignes pour éviter les incendies :

- Respecter les limites de stockage des matériaux et produits inflammables.
- Éviter l'encombrement des couloirs, des escaliers, des issues de secours et le stockage anarchiques des produits de toutes sortes.
- Entretien des installations techniques et ne les modifier qu'en respectant les normes, participer aux exercices obligatoires d'évacuation.

- Prendre connaissances des consignes de sécurité et les respecter, suivre une formation sur les lutte contre l'incendie.
- Connaitre l'emplacement des issus de secours.
- Ne pas stationner sur les emplacements des bouches d'incendie.

VI.9 Mesure préventives pour éviter les causes des accidents durant la réalisation de l'installation :

VI.9.1 Protection collective :

- Choisir des procédés et appareils pas ou peu bruyants.
- Bien fixer les appareils vibrants.
- Utiliser des matériaux absorbants pour les sols, murs et plafonds.
- Limiter le temps d'exposition.
- Avoir le moins de personne possible lors d'utilisation de produit dangereux.

VI.9.2 Protection individuel :

Les dispositifs de protection individuelle (casque, gant, chaussures, lunettes protectrices,...etc.) sont indispensables pour la protection contre les dangers pendant l'exercice de certaines professions.

B : Evaluation financière :

En se basant sur les coûts de réalisation de projets de stations de traitement des eaux suivants :

- Station de traitement Koudiat Acerdoune (2010), capacité : 360'000 m³/j
- Station de traitement Oued Athmania (système Beni Haroun 2007), capacité : 330'000m³/j
- Station de traitement de Guenitra (Skikda 2012), capacité 42'000 m³/j

Une évaluation financière du coût unitaire du mètre cube d'eau traité a été établie en tenant compte d'une actualisation annuelle de 5%. Le prix ainsi déterminé sera de 29 088 DA/m³ en 2015. Le détail de cette estimation est présenté dans le tableau qui suit :

Projet	Capacité (m ³ /j)	Coût du projet (DA)	Prix du m ³ (DA)	Prix du m ³ actualisé (DA)
TKA 3 (2010)	360 000	8 000 000 000	22 222	29 999
Beni Haroun 2007	330 000	7 000 000 000	21 212	31 818
Guenitra Skikda 2012	42 000	1 000 000 000	23 810	29 762
Prix moyen du m ³ actualisé (DA)				30 526

Le coût du projet sera approximativement de 4 500 000 000 DA

VI.10 Conclusion :

L'essentiel objectif de la sécurité de travail est donc la diminution de la fréquence et la gravité des accidents dans les milieux de travail. Ces accidents ainsi que les détériorations du matériel qui les accompagnent fréquemment sont d'autant plus regrettables qu'ils sont presque exclusivement dus à la négligence et à l'inobservation des règles les plus élémentaires de sécurité.

Pour limiter les risques d'accidents, il faut que les installations soit conçues et réalisées en assurant que les moyens d'accès aux ouvrages conformes aux règles de sécurité.

Conclusion générale :

Le but de notre projet est de faire la conception de la station de traitement du nouveau barrage de Kef-Eddir dans le but de produire une eau potable de bonne qualité, et en quantité suffisante afin de satisfaire les besoins en eau de la région et combler le déficit hydrique actuel.

Et pour ce faire nous avons dimensionné la station de traitement de Kef-Eddir qui assurera une production d'eau potable correspondant à 1700 l/s selon les normes algériennes. Elle comprend une filière complète de traitement physico-chimique; A savoir: pré-chloration, coagulation-floculation, décantation, filtration, et enfin désinfection.

L'injection du charbon actif en poudre (CAP), dans le bassin de coagulation permet l'élimination des goûts et des odeurs des eaux du barrage.

Notre station sera composée de trois chaînes de traitement identiques. Chaque Chaîne contient :

- Un coagulateur-floculateur d'un volume respectif de 51 m³ et 680 m³, avec un système d'agitation radiale pour le bassin de coagulation et un système d'agitation à pales pour le bassin de floculation composé de 3 pales ;
- Un décanteur lamellaire composé de 486 lamelles d'une surface de 109.2 m² et une hauteur de 5 m ;
- six filtres installés en parallèles avec une surface totale de 34 m².

Ces trois filières finissent par se rejoindre pour alimenter un réservoir de stockage de 30000 m³.

On installera avant chaque filière un brise charge afin d'atténuer la pression qui est importante, afin d'assurer le bon fonctionnement de la station et ne pas endommager les accessoires.

Le dimensionnement a été fait pour satisfaire les besoins en eau à l'horizon 2040 mais actuellement la demande est beaucoup moins importante, alors il n'est pas nécessaire de mettre en marche les 3 chaînes de traitements.

On a dimensionné notre station avec un débit de 1.7m³/s et le barrage peut fournir jusqu'à 3 m³/s, alors si la demande en eau dépasse le débit de dimensionnement on pourra ajouter une extension à la station de traitement et couvrir le déficit des besoins au-delà de notre horizon d'étude. Donc ce barrage sera une source fiable pour de nombreuses années à venir.

Pour assurer le bon fonctionnement et la durabilité de la station il faut un entretien permanent des ouvrages et des appareillages et aussi une analyse permanente de la qualité de l'eau afin d'ajuster le traitement

Références bibliographique et Web-graphique

- [1] Pierre MOUCHET (2006), Traitement des eaux avant utilisation. Filières et applications ,Techniques de l'Ingénieur.
- [2] Jean-Claude BOEGLIN, propriété d'eaux naturelles (dégréement p1110).
- [3] Raymond DESJARDINS, Le traitement des eaux, 2^e édition revu et améliorée. Edition de l'école polytechnique de Montréal.
- [4] Docteur HACHEMI Abdelkader, cours de traitement des eaux potables , ENSH, Blida.
- [5] AMMOUR Fadila, cours de traitement des eaux potables , ENSH, Blida.
- [6] Pierre MOUCHET, Traitement des eaux avant utilisation. Matières particulières, Techniques de l'Ingénieur.
- [7] W. Schon, K. Odeh, T. Denoeux, F. Fotoohi, Maîtrise des risques dans le domaine de l'eau potable, In Actes du 12^{ème} Colloque National de Sûreté de Fonctionnement, Laboratoire SIME Système Intelligents pour la Maîtrise de l'Eau, Montpellier, France, pages 695-701, March 2000.
- [8] Water Quality and Treatment, DISINFECTION Charles N. Haas, Ph.D. LD Betz Professor of Environmental Engineering Drexel University Philadelphia, Pennsylvania.
- [9] W.J. MASSCHELEIN (1996), Processus unitaire du traitement de l'eau potable , Edition CEBREDOC.
- [10] Mackenzie L. Davis (2002), Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice , Edition McGraw-Hill's.
- [11] Chambéry, technique classique de développement des eaux pluviales : décanteurs , consulté le 29/05/2017, disponible à l'adresse :
<http://www.graie.org/graie/graiedoc/reseaux/Racco/racc-biblio-guide-chambery-decanteur-13.pdf>
- [12] <http://www.techniques-ingenieur.fr> consulté le 29/05/2017
- [13] KHARCHI Chawki (2014), conception de la station de traitement debelaas (w.ain defla) », mfe ensh angerie.
- [14] BELTAGY HOUDA, Etude de la station de traitement monobloc de SIDI AISSA (COMMUNE DE GUERROUAOU) (W.BLIDA) , MFE ENSH ALGERIE 2008.
- [15] BOUALEM SALAH, Cours d'alimentation en eau potable , ENSH 1993.
- [16] EZZIANE Souad, Traitement des eaux de rejets de l'unité ciramit 'TENES', mémoire de Magister, U.H.B.C, Chleff 2007.

- [17] SCHULMAN.J, Cours du traitement des eaux.
- [18] <http://www.wikiwater.fr>, (consulté le 01/05/2017)
- [19] https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27eau (consulté le 15/06/2017)
- [20] SAKHRAOUI Fouad (2011). Etude de l'extension de la station de traitement d'AIN ZADA (W.BORDJ BOU ARRERIDJ), mémoire de fin d'étude, ENSH, Blida.
- [21] MOHAMEDI BRAHIM, « Dimensionnement d'une usine de l'eau potable (Application à l'eau du barrage de Ghrib) ». MFE ENSH ALGERIE 2003
- [22] <http://www.azaar.net/Cours/Docdecantation.pdf>
- [23] Jean-Pierre CANLER, La décantation lamellaire , DOCUMENTATION TECHNIQUE F.N.D.A.E N°18, Aout 1994
- [24] MOKADEM.M, "Contribution à l'étude de filières de traitement des eaux de barrages en Algérie, optimisation et dimensionnement par traitement numérique" mémoire de Magister, U.H.B.C, Chleff 1998
- [25] Richard O. Sinniger, Willi H. Hager, «CONSTRUCTION HYDRAULIQUE, Ecoulement stationnaires », Volume 15, Lausanne, Décembre 1988.
- [26] Disponible au niveau de Cosider , Barrage de Kef_Eddir .
- [27] <https://earth.google.com>, (consulté de 07/05/2017)
- [28] Hubert Cabana (2009). Conception : usine de traitement des eaux potables, GCI 720.
- [29] Environnement Québec (2002). Guide de conception des installations de production d'eau potable, volume 1, 530p, consulté le (13/06/2017).
- [30] ANTOINE LAPORTE et MICHEL PERIAD (LE 21 AVRIL 2004). L'élaboration d'une procédure sécuritaire de travail en espace clos applicable aux stations de traitement des eaux potable et usées, SAINT-HYACINTHE –APSAM.
- [31] INRS (Mars 2006), Conception des usines d'eau potable, ED 960.
- [32] VALENTIN Nicolas (2000), Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable , thèse présentée pour l'obtention du grade de Docteur de l'UTC Spécialité : Contrôle des Systèmes, (168p), https://www.hds.utc.fr/~tdenoeux/dokuwiki/media/en/rapports/these_valentin.pdf , consulté le (23/06/2017)