

المدرسة الوطنية العليا للري Higher National School of Hydraulic

المكتبة The Library

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري Digital Repository of ENSH



The title (العنوان):

Valorisation des boues liquide issues de la coagulation-floculation Cas de la station Sidi Mhamed Ben Taiba

(w. Ain Defla) .

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 3-0008-21

APA Citation (APA توثيق):

Khadri, Abdellah (2021). Valorisation des boues liquide issues de la coagulation-floculation Cas de la station Sidi Mhamed Ben Taiba (w. Ain Defla). [Mémoires d'ingénieur, 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Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...)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 DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم لإنتاج لأساتذة باحثي المدرسة

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

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا .

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Réutilisation des Eaux Non Conventionnelles « RENC »

THEME DU PROJET :

**Valorisation des boues liquide issues de la
coagulation-floculation
Cas de la station Sidi Mhamed Ben Taiba
(W. Ain Defla)**

PRESENTE PAR :

KHADRI Abdellah

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M^r: KAHLERRAS Djilali	M.C.A	Président
M^{me}: KHALED HOULI Samia	M.A.A	Examinatrice
M^{me}: MEDJDOUB LEULMI Sonia	M.C.B	Examinatrice
M^r: TOUIL Youcef	M.C.B	Promoteur

Novembre – 2021

ملخص

كانت ندرة المياه مصدر قلق للناس في جميع أنحاء العالم منذ عقود. الحل الذي تم اعتماده للحفاظ على الموارد المائية هو إعادة استخدام المياه غير التقليدية، ولمواجهة هذه المشكلة ستسمح هذه الدراسة باستغلال الحمأة السائلة التي تتغلب على 70٪ من الماء، وتحتوي الحمأة على كمية كبيرة من المواد الصلبة العالقة الناتجة عن التخثر. - الانسكاب، باقتراح تقنية معالجة عند نهاية استخلاص المياه من الحمأة. لقد وجدنا أنه يمكننا استعادة ما يصل إلى 74 م³ من المياه من الحمأة السائلة، وهذا شيء مهم بعد الجفاف الذي يشهده العالم مؤخرًا، وخاصة الجزائر.

الكلمات المفتاحية: المواد المعلقة، الحمأة، نقص المياه، المياه الغير تقليدية.

Résumé

La pénurie d'eau est un problème qui préoccupe les populations du monde entier depuis des décennies. La solution qui a été adoptée pour préserver les ressources en eaux est la réutilisation des eaux non conventionnelles. et pour faire face à ce problème, cette étude nous permettrons à l'exploitation des boues liquide des décanteurs qui quentien plus de 90% d'eau, ses boues contiennent une quantité importante de MES issues de la coagulation-floculation, en proposant une technique de traitement a fin d'extraction d'eau de ses boues.

Nous avons constaté que nous pouvons récupérer jusqu'à 74 m³ d'eau à partir des boues liquides, c'est une chose importante après la sécheresse que le monde est témoin ces derniers temps, en particulier l'Algérie.

***Mots clés :** matières en suspensions, boues, pénurie d'eau, eaux non conventionnelles.*

Abstract

Water scarcity has been a concern of people around the world for decades. The solution that has been adopted to preserve water resources is the reuse of unconventional water. And to face this problem, this study will allow the exploitation of liquid sludge that overcomes 75% of water, its sludge contains a large quantity of suspended solids resulting from coagulation-flocculation, by proposing a treatment technique at the end of water extraction from its sludge.

We have found that we can recover up to 74m³ of water from equine sludge, this is an important thing after the drought that the world is witnessing lately, especially Algeria.

***Keywords:** suspended matter, sludge, water shortage, unconventional water.*

Remerciement

*Le plus grand merci revient à dieu qui lui seul nous
a guidé dans le bon sens durant notre vie
qui nous aide à réaliser ce travail.*

*Je tiens vivement à exprimer ma profondeur gratitude
et mes sincères sentiments à mon directeur de mémoire
monsieur Touil Youcef,*

*pour son assistance continue à mes travaux dès le
début à la fin .*

*Je lui réitère mes remerciements aussi bien pour sa
confiance que ses précieux conseils, et surtout d'avoir
accepté de me prendre en charge.*

*Mes remerciements vont également à l'ensemble des jurées
Monsieur Kahlerras Djilali et madame Medjdoub Leulmi
Sonia et Khaled Houli Samia et du corps
enseignants du département d'irrigation et drainage.*

*Je ne peux pas terminer sans avoir adressé mes
remerciements les plus vifs à l'ensemble de mes parent
pour leurs en couragements ,leurs conseils.*

*Enfin, que toutes les personnes qui ont permis que ce travail voit le jour soient
assurées de ma profonde reconnaissance.*

Dédicace

*D'un cœur plein d'affection et de tendresse je dédie
ce modeste travail à :*

*Mes parents qui me représentent l'exemple de
sacrifice et qui ont fait de moi ce que je suis
devenu et qui m'ont toujours encouragé et aidé
à surmonter les difficultés en me donnant le
plus précieux soutien tout le long de mes
études.*

Mes frères : abdelwahab et dadi.

Ma sœur : kaouther.

À toute la promotion 2020 sans exception.

Merci de faire partie de ma vie

Khadri Abdellah

Table des matières

Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralité sur les eaux naturelles.....	4
I. Introduction.....	5
I.1 Les ressource en eau	5
I.1.1 Eaux souterraines	5
I.1.2 Les eaux de surface.....	5
I.2 Définition de la pollution de l'eau.....	8
I.5 Les normes de potabilité	8
Conclusion	8
Chapitre II : traitement des eaux de surface.....	9
II. Introduction.....	10
II.1 Définition du traitement.....	10
II.2 Les procédés de traitement de l'eau potable	10
II.2.1 Prétraitement	11
II.2.2 Traitement physico-chimique.....	12
II.2.2.1 Clarification	12
II.2.2.2 Désinfection.....	13
II.3 Les boues	14
II.3.1 Natures des boues	14
II.3.2 Les MES contenues dans ces boues	14
II.3.3 traitement des boues	14
II.3.3.1 la qualité des boues à traiter.....	14
II.3.3.2 caractérisation des boues /classification.....	15
II.3.3.3 les quantités (MES) à traiter	15
II.3.4 réduction de production de boues.....	15
II.3.4.1 la destination finale possible de ces boues.....	16
II.3.4.2 les principales destinations pour les boues de station de traitement.....	16
II.3.4.3 la mise en décharge	17
II.4 Coagulation-floculation.....	17
II.4.1 Les particules mises en jeu	17
II.4.1.1 Les colloïdes	17
II.4.1.2 Les types de colloïdes	19

I.4.1.3 Le comportement des colloïdes.....	19
II.4.2 La coagulation	19
II.4.2.1 Choix du coagulant	20
II.4.2.2paramètres influençant la coagulation	20
II.4.3 La Flocculation	21
II.4.4 La séparation solide-liquide	21
Conclusion	21
CHAPITRE III. La décantation.....	22
III. Introduction	23
III.1 Types de décantation.....	23
III.2 Vitesse de décantation des particules dans un liquide.....	24
III.2.1 Particules isolées de forme sphérique	24
III.2.2 Paramètre intervenant dans le processus de décantation... ..	26
III.3 Modélisation hydraulique des décanteurs	28
III.3.1 Décanteurs à écoulement horizontal.....	28
III.3.2 Décanteur à écoulement vertical	31
III.3.3 Décantation réelle	33
III.3.4 Décanteurs statiques	34
III.4 Structure des décanteurs	37
III.5 Filtration	38
Conclusion.....	41
CHAPITRE IV. Présentation de la zone d'étude.....	42
IV. Introduction.....	43
IV.1 présentation de la commune de sidi Amer	44
IV.1.1 situation géographique	44
IV.1.2 superficie	44
IV.2 Présentation de la station de traitement d'eau potable de sidi-Amar.....	44
IV.2.1 le lieu au niveau de la commune	44
IV.2.2 objectif de la station	44
IV.2.3 Les étapes de traitement de l'eau à la station de Sidi-Amar.....	44
IV.3 Présentation de la wilaya de AIN DEFLA.....	45
IV.4 Barrage de Sidi M'hamed Ben Taiba	46
IV.5 La station de traitement Sidi Mhamed Ben Taiba	47

IV.6 Evacuation et recirculation de boues.....	53
IV.6.1 Extraction des boues.....	53
IV.6.2 Recirculation des boues.....	54
Conclusion.....	54
Chapitre V. l'analyse de l'eau.....	55
V. Introduction	56
V.1 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	56
V.2 Principales analyses à effectuer sur site.....	56
V.3 L'échantillonnage.....	57
V.4 Méthode de prélèvement.....	57
V.5 Méthodes d'analyse.....	58
V.6 La matière en suspension (MES).....	58
V.7 Présentation des résultats	60
V.8 Interprétation des résultats.....	60
Conclusion	60
Chapitre VI. Dimensionnement de la chaîne de récupération de l'eau à partir de la boue	61
VI. Introduction	62
VI.1 Le choix de la technique	63
VI.2 La station de traitement Sidi Mhamed Ben Taiba.....	63
VI.2.1 détermination de débit de la pompe de vidange et les caractéristiques de matériau à éliminer	63
VI.3 Dimensionnement de la chaîne de traitement de ces eaux.....	63
VI.3.1 Principe de la décantation.....	63
VI.3.2 Géométrie du décanteur.....	65
VI.3.3 Dimensionnement du décanteur circulaire.....	65
VI.3.4 Dimensionnement du décanteur rectangulaire.....	67
VI.3.5 Dimensionnement du décanteur lamellaire	69
VI.4 La station de traitement Sidi Amar.....	73
VI.5 Dimensionnement de la chaîne de traitement de ces eaux.....	74
VI.6 Choix de décanteur	74
Conclusion.....	75
Chapitre VII : Organisation de chantier.....	76
VII. Introduction	77

VII.1 Travaux préparatoires et installation de l'entreprise	77
VII.1.1 Installations destinées au personnel.....	77
VII.1.2 Installations destinées au stockage des matériels.....	78
VII.1.3 Installations destinées à la réparation des engins.....	78
VII.1.4 Installation destinée pour la préfabrication.....	78
VII.2 Moyens du chantier.....	78
VII.2.1 Moyens humains.....	78
VII.2.2 Moyens matériels du chantier.....	78
VII.3 Planification.....	81
VII.3.1 Définition.....	81
VII.3.2. Techniques de la planification.....	81
VII.3.2.1 Méthodes basées sur le réseau.....	81
VII.3.2.2 Relations entre les tâches.....	83
VII.3.2.3 Plannings des Travaux.....	84
VII.3.2.4 Symboles des différentes opérations	85
VII.3.3 Présentation du logiciel Gantt Project.....	85
VII.3.3.1 Détermination du chemin critique	86
VII.4 Devis estimatif du décanteur	86
Conclusion.....	88
Conclusion générale	89
Références bibliographiques	91

Liste des figures

CHAPITRE II

Figure 01 chaine de traitement.....	10
Figure 02 Représentation schématique de la double couche électrique et de l'évolution du potentiel électrique en fonction de la distance à la particule.....	18
Figure 03 Modèle de Stern-Gouy-Chapman.....	18
Figure 04 Théorie DLVO	19
Figure 05 Principe de la coagulation-floculation	20
Figure 06 Adsorption et pontage à l'aide d'un polymère	21

CHAPITRE III

Figure 7 Forces agissant sur une particule en eau	24
Figure 8 variation du coefficient de trainée en fonction du nombre de Reynolds, pour des particules de différentes formes	26
Figure 9 décanteur rectangulaire	30
Figure 10 bassins de décantation idéal.....	30
Figure 11 Fraction des particules dont la vitesse de décantation est inférieure à celle portée en abscisse	31
Figure 12 Décantation verticale.....	31
Figure 13 Efficacité comparée des décantations horizontales et verticale.....	32
Figure 14 Décantation réelle.....	33
Figure 15 Filtre d'efficacité selon la théorie de Hazen et pour un décanteur réel.....	34
Figure 16 Schéma du décanteur statique à flux horizontal.....	34
Figure 17 Décanteur multi étage.....	35
Figure 18 Sens des flux dans le décanteur de BOUAFLE, Côte d'Ivoire, 35 m ³ /h.....	35
Figure 19 Coupe schématique du décanteur lamellaire de Bouaflé.....	36
Figure 20 Photo des lamelles dans le décanteur de Bouaflé (non noyé).....	36
Figure 21 Schéma du principe de la décantation lamellaire de Bouaflé.....	36
Figure 22 Décanteur cylindro-conique.....	37

CHAPITRE IV

Figure 23 Schéma de la station.....	45
Figure 24: wilaya d'Ain Defla	46
Figure 25: barrage Sidi M'hamed Ben Taiba.....	46
Figure 26 La cascade d'aération.....	49
Figure 27 Bassin de décanteur lamellaire	50
Figure 28 Bassin de filtre à sable	51
Figure 29 techniques d'analyse	52
Figure 30 Les appareils d'analyses	52
Figure 31 appareil d'analyse	53

CHAPITRE VII

Figure 32 Compacteur à pneus.....	79
Figure 33 Pelle hydraulique.....	80
Figure 34 Camion de chantier.....	80
Figure 35 Interface du logiciel Gantt Project.....	85
Figure 36 : Schéma du chemin critique.....	86
Figure 37 : chemin critique	86

Liste des tableaux

CHAPITRE I	
Tableau 01 Principales différences entre les eaux de surface et souterraines	07
CHAPITRE III	
Tableau 02 Coefficient de frottement $C_D = f(R_e)$	25
Tableau 03 Vitesse limite de chute des particules sphériques en fonction Du nombre de Reynolds	26
CHAPITRE V	
Tableau 04 les résultats d'analyse.....	60
CHAPITRE VI	
Tableau 05 : les résultats de calculs	74
CHAPITRE VII	
Tableau 06 Symboles des opérations réalisées.....	85
Tableau 07 Devis estimatif de décanteur circulaire pour la station de Sidi Mhamed Ben Taiba	87

Liste des annexes

ANNEXE I. Tableau des normes OMS

ANNEXE II. Ph mètre

ANNEXE IV. Conductimètre

ANNEXE III. Turbidimètre

Liste des planches

Planche 1 : plan de liaison Barrage-Station de Traitement.

Planche 2 : plan de masse de la station de traitement.

Planche 3 : profil hydraulique des ouvrages de la station de traitement.

Planche 4 : détail du décanteur circulaire.

Nomenclature

A	Aire	m ²
D	Diamètre	m
Dh	Diamètre hydraulique	m
g	Accélération gravitationnelle	9.81 m.s ⁻²
h	Hauteur	m
L	Longueur	m
m	Masse	kg
N	Concentration	N°de particule.m ⁻³
Q	Débit	m ³ .s ⁻¹
S	Surface	m ²
SH	Surface horizontale	m ²
t	Temps	s
T	Température	K
V	Vitesse	m.s ⁻¹
Vt	Vitesse individuelle	m.s ⁻¹
VC	Vitesse de sédimentation	m.s ⁻¹
1		
VS	Vitesse de chute	m.s ⁻¹
VH	Vitesse de Hazen	m.s ⁻¹
V	Volume	m ³

Introduction Générale

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'A.E. P pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et 100 10^9 m³. Plus de 80 10^9 m³ s'évaporent, 3 10^9 m³ s'infiltrent et 12.5 10^9 m³ s'écoulent dans les cours d'eau. Dans l'Algérie du nord, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5,2 milliards de m³. Le reste 7.3 10^9 m³ se déversent directement dans la mer. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par une sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire de notre pays, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau.

La sécheresse est reconnue comme une catastrophe naturelle, avec des impacts néfastes sur l'agriculture et les ressources en eau. La sécheresse parmi les événements climatiques extrêmes, est une catastrophe écologique observée très fréquemment dans le monde entier, causant d'énormes pertes dans l'agriculture et des dommages dans les écosystèmes chaque année. Au pays de Maghreb, dont l'Algérie fait partie une augmentation nette de la fréquence des sécheresses a été observée. Ainsi, on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du 20ème siècle à cinq à six années de sécheresses en dix ans actuellement.

Etant donnée la situation critique que vit l'Algérie en matière de ressources en eau, nous sommes dans l'obligation de trouver des solutions rapides, car, si dans un passé non lointain, la ressource en eau non conventionnelle et l'exploitation des rejets en Algérie était évoquée très timidement, aujourd'hui elle devient une solution alternative aux ressources conventionnelles qui se font de plus en plus rares.

A cet effet et pour faire face à ce problème, cette étude permettra à l'exploitation des boues liquide qui surmontent de 70% d'eau, ses boues contiennent une quantité importante de MES issues de la coagulation-floculation Cas de la station de Sidi Mhamed Ben Taiba, en proposant une technique de traitement a fin d'extraction d'eau de ses boues.

Notre travail s'appuie sur le plan suivant :

- ✓ Le premier chapitre de notre étude est une synthèse bibliographique de Généralité sur les eaux naturelles.

- ✓ Le deuxième chapitre cite les procédés de traitement de l'eau potable et le traitement des eaux de surface.
- ✓ Le troisième chapitre est une synthèse bibliographique sur la décantation.
- ✓ Le quatrième chapitre est dédié à la présentation de la zone d'étude de la station de traitement de (Sidi-Amar et Sidi Mhamed Ben Taiba).
- ✓ Le cinquième chapitre est l'analyse de l'eau.
- ✓ Le sixième chapitre et dernier chapitre nous avons un dimensionnement de la chaîne de récupération de l'eau à partir de la boue.

CHAPITRE I
Généralité sur les eaux naturelles

I. Introduction

L'eau est un fluide indispensable à la vie, très largement répandu à la surface de la terre et jouant un rôle essentiel dans la structure organique des êtres vivants et des végétaux, elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée, défendue et traité.

I.1 Les ressources en eau

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappe), des eaux de surface retenues ou en écoulement (Barrages, lacs, rivières) [36].

I.1.1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution, leurs caractéristiques varient très peu dans le temps. Les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de leur qualité. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

- Faible turbidité ; Faible contamination bactérienne ; Température constante ; Indice de couleur faible ; Débit constant ; Dureté souvent élevée ; Concentration élevée de fer et de manganèse [14].

I.1.2 Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs) ou artificielles (retenues de barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable [11].

1- Caractéristiques générales des eaux de surface

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains rencontrés durant leur parcours. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. En revanche, sa teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz

carbonique) dépend des échanges à l'interface eau-atmosphère et de l'activité métabolique des organismes aquatiques au sein de l'eau. Leurs principales caractéristiques sont :

- La présence **de gaz dissous**, en particulier l'oxygène.
- Une concentration importante en matières en suspension.
- La présence de **matières organiques** d'origine naturelle provenant du métabolisme.
- La présence de **plancton**.
- Des **variations journalières** (différence de température, d'ensoleillement, ou neiges), de végétation (chute des feuilles).

Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, pH, O₂, Fe, Mn, oxydabilité, plancton). Le profil de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de stratification ou de circulation des couches d'eau suivant les saisons [11].

2- Potabilité des eaux de surface

Les eaux de surface sont rarement potables sans aucun traitement, ils sont toujours plus ou moins pollués par divers rejets :

- Rejets urbains : provenant de la collecte des ERU, même après leur traitement en station d'épuration.
- Rejets industrielles : riche en polluants et micropolluants organiques (hydrocarbures, solvants, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniac, produits toxiques).
- Rejets agricoles : engrais et produits pesticides, d'élevage intensif, (herbicides, insecticides).
- Rejets riches en composés azotés et phosphorés ainsi qu'en pollution organique.
- Rejets d'origines humaine et animale : pollution bactériologique [11].

Le tableau 1 donne les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines [32].

Tableau 01 : Principales différences entre les eaux de surface et souterraines [32].

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Goûts et odeurs	Fréquents	Rares (sauf H ₂ S)
Minéralisation globale (où : salinité, TDS ...)	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ...	Sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
Gaz carbonique agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande Quantité
Oxygène dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H₂S	Généralement absent	Souvent présent
Ammoniaque (NH₄)	Présent seulement dans les eaux polluées	Présents fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates-nitrites	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvants chlorés	Rarement présents	Peuvent être présents (pollution de la nappe)
Caractère eutrophie	Possible : accentué par les températures élevées	Non

I.2 Définition de la pollution de l'eau

La pollution de l'eau survient lorsque des matières sont déversées dans l'eau qui en dégrade la qualité, la pollution dans l'eau inclut toutes matières superflues qui ne peuvent être détruites par l'eau naturellement. Autrement dit, n'importe quelles matières ajoutées à l'eau qui est au-delà de sa capacité à la détruire sont considérées comme de la pollution. La pollution peut dans certaines circonstances, être causée par la nature elle-même comme lorsque l'eau traverse des sols qui ont un taux élevé d'acidité. Par contre, la plupart du temps ce sont les actions humaines qui polluent l'eau [16].

Les différents types de polluants sont :

- Pollution physique des eaux.
- Pollution chimique.
- Pollution biologique.

I.3 Les normes de potabilité

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transmission hydrique (MTH) ; de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable.

L'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique [10].

Il est à noter que beaucoup de pays ont leur propre norme, lorsqu'il n'existe pas de normes nationales, on adopte les normes de l'OMS en général. Les normes de l'OMS sont assez tolérantes pour certains critères, pour tenir compte des moyens limités de certains pays en voie de développement [32].

Les normes résultant de ces règlements sont données dans l'annexe 1.

Conclusion

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont **eaux souterraines** (infiltration, nappes), des **eaux de surface** stagnantes (lacs, retenues de barrages) ou en écoulement (rivières, fleuves).

Chapitre II
Traitement des eaux de surface

II. Introduction

Les ressources en eau douce de surface comme les cours d'eau fournissent une eau brute qui contient énormément de polluants qui la rendent non potable ; il faut donc les éliminer. Dans ce but, l'eau va subir un certain nombre de traitements nécessaires pour la rendre potable.

L'objectif de l'élimination ultérieure est de protéger le consommateur des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses. L'eau qui coule au robinet, produit élaboré, reflète les deux préoccupations permanentes que sont la santé publique et le confort et le plaisir de boire.

Le traitement va consister à prévoir une chaîne ou filière de traitements dans le but de rendre l'eau conforme aux limites et références de qualité.

II.1 Définition du traitement

La production d'eau potable peut être définie comme la manipulation d'une source d'eau pour obtenir une qualité de l'eau qui satisfait à des buts spécifiés ou de normes érigées par la communauté au travers de ses régulatrices [27].

II.2 Les procédés de traitement de l'eau potable

La transformation d'une eau de surface en une eau propre à la consommation nécessite de faire appel à un ensemble de procédés de traitement extrêmement divers qu'il faut assembler dans un ordre déterminé afin de fournir un produit fini conforme aux normes de potabilité.

Les procédés de traitement sont présentés dans la figure (N°1) [50].

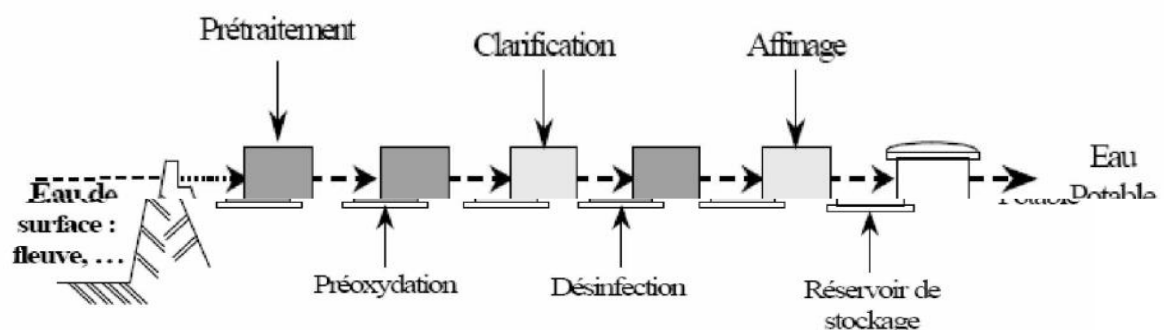


Figure 01 : chaîne de traitement [50].

II.2.1 Prétraitement

Une eau, avant d'être traitée, doit être débarrassée de la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne pour les traitements ultérieurs. Pour cela, on effectue des prétraitements de l'eau de surface [26].

a) dégrillage

A la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les éléments solides qui peuvent obturer l'installation (corps flottants ou gros déchets), il constitue donc le premier poste d'une unité de traitement. Il est caractérisé par l'écartement de ces grilles. Il est surtout utilisé pour les eaux de surface [23].

b) Tamisage

Le but du tamisage est d'arrêter les matières en suspension de petites dimensions (0.2 à 4 ou 5 mm) et les corps de forme allongée (feuilles en particulier) susceptibles de passer à travers un dégrillage. Le tamisage se fait à l'aide des filtres tournants à toiles métalliques disposés en bande (filtre à chaînes) pour les grandes variations des niveaux d'eau, ou en tambour pour les faibles variations des niveaux d'eau [62].

D'autres opérations peuvent être effectuées telles que le dégraissage et le déshuilage, si les eaux de surface contiennent des huiles et des matières grasses ; ces dernières sont éliminées par l'injection d'air (aéro-flottation) ; les matières séparées flottent en surface, ce qui facilite leur élimination [23].

c) Aération

L'aération permet de mélanger l'air à l'eau pour favoriser les réactions d'oxydation, enlever les gaz dissous ou éliminer les goûts et odeurs, elle peut être installée en tête de la chaîne de traitement de l'eau comme étape de pré-oxydation, cette aération est nécessaire lorsque l'eau présente une carence en oxygène [4].

d) Pré-chloration

La préchloration ou pré-oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de filière au niveau de la désinfection.

A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension [27].

II.2.2 Traitement physico-chimique

II.2.2.1 Clarification

La clarification est l'ensemble des opérations qui permettent d'éliminer les MES (minérales et organiques) d'une eau brute ainsi qu'une partie des matières organiques dissoutes (fraction « flocculable » [11]).

1- Coagulation-Floculation

La couleur et la turbidité d'une eau de surface sont dues à la présence de particules de très faible diamètre appelées les colloïdes, dont l'élimination ne peut se baser sur la simple décantation, car, leur vitesse de sédimentation est extrêmement faible. La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination de ces particules de manière efficace [7].

a) Coagulation

Elle a pour but la déstabilisation des colloïdes et leur agglomération ainsi que celle des particules fines en suspension. Elle agit également par adsorption sur les substances dissoutes et les grosses molécules organiques hydrophiles en suspension stable [22].

b) Floculation

Elle a pour objectif de favoriser le contact entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former des floes qui peuvent être éliminés par décantation, flottation ou filtration [22].

2- Décantation

La décantation a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration [14].

Le temps de décantation des particules coagulées dépend du type de particules, de leur diamètre et de leur surface spécifique. Il est donc impossible que certaines particules notamment les colloïdes et les particules à surface spécifique très élevée décantent naturellement. Pour obtenir la décantation de ces particules, il faudrait assembler un très grand nombre de colloïdes en agrégats d'au moins 10 à 100 μm [6].

3- Flottation

La flottation a pour but de faire flotter en surface de l'eau les particules à l'aide de bulles d'air, la flottation joue un rôle important en minéralurgie pour extraire les minerais, mais elle est aussi utilisée dans le traitement de l'eau potable et des eaux usées. De manière analogue à la sédimentation, toutes les particules ayant une masse volumique inférieure à celle de l'eau peuvent être séparées par flottation, mais en fixant des bulles d'air sur des particules plus lourdes que l'eau, celles-ci peuvent aussi flotter. [56].

4- Filtration

Elle est réalisée sur sables, sur adsorbants (charbons actifs), ou sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nano-filtration).

La filtration la plus répandue est la filtration sur lit de sable, qui est plus efficace quand les grains de sable sont plus fins et la vitesse de l'eau plus faible. On peut aussi utiliser des filtres bicouches, formés de matériaux de densité différente.

Le filtre à charbon actif forme une sorte d'éponge très poreuse, qui peut retenir des molécules de toutes tailles.

La filtration sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nano filtration) est fréquemment utilisée, mais reste encore onéreuse ; elle utilise de minces surfaces percées de pores réguliers de très petites dimensions : de quelques millièmes de millimètre à 0.5 micron, selon la taille des particules à arrêter. Ces membranes peuvent être d'origine organique ou minérale [35].

II.2.2.2 Désinfection

Un désinfectant est un produit chimique ou physique qui tue ou inactive des microorganismes tels que les bactéries, les virus et les protozoaires. Le but de la désinfection donc est d'éliminer les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau afin d'empêcher le développement de maladies hydriques.

Il existe plusieurs moyens pour désinfecter les eaux, mais en pratique, les seuls couramment utilisés aujourd'hui sont la chloration, l'ozonation et le rayonnement ultraviolet (désinfectant physique). Le choix d'un procédé de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente [41].

II.3 Les boues

II.3.1 Natures des boues

Les boues résultant du traitement des eaux destinées à l'alimentation proviennent d'extractions ou purges effectuées au stade de la décantation, si elle existe, et du lavage des filtres, éventuellement du rétro lavage des membranes de clarification.

II.3.2 Les MES contenues dans ces boues

Les MES contenues dans ces boues sont :

- Matières présentes dans l'eau avant traitement : plancton, minéraux et matières organiques agglomérés, hydroxydes métalliques issus de l'oxydation présents dans l'eau brute.
- Hydroxyde de réactif de floculation-floculation ajouté au traitement.
- Il peut s'agir de l'adsorbant (CAP), les débris détachés des films biologiques des filtres à CAG.

Dans le cas de la décarburation à la chaux, ils sont principalement composés de carbonate de calcium. [42].

1- Cas d'une coagulation sur filtre

La concentration moyenne en MES des eaux de lavage des filtres peut varier de 200 à 1500 g.m⁻³. Il est nécessaire de mettre en œuvre un ouvrage d'épaississement capable de donner des boues dont la teneur en MES soit au minimum de 20 g/L pour qu'elles puissent être ensuite déshydratées. Le dosage est particulièrement bien adapté à cet effet. [44].

2- Cas d'un traitement complet

Lorsque la filière de clarification comporte coagulation, floculation, séparation (décantation ou flottation) et filtration, ces installations produisent deux types de boues. [41].

II.3.3 traitements des boues

II.3.3.1 la qualité des boues à traiter

La qualité de la boue qui dépend des polluants de l'eau arrivant sur la station mais surtout des traitements effectués va avoir un impact fort sur les prévisions des performances des différents procédés : impact sur les siccités, sur les débits, sur le type et le dosage des réactifs, sur les choix d'équipements. Par exemple, le caractère hydrophile (présence de boues biologiques, de boues d'hydroxydes, de matières organiques...) influera défavorablement sur

les performances de la déshydratation (siccité obtenue assez faible). Au contraire, le caractère hydrophobe (présence de boues cristallines, de boues minérales lourdes, de boues primaires de décantation.....) Donnera des performances plutôt fortes en siccités [43].

II.3.3.2 caractérisations des boues /classification

La caractérisation d'une boue est fondamentale pour le choix de la méthode de traitement qui lui est applicable ainsi que pour la prévision des performances des appareils à employer [40].

Deux caractères majeurs sont à la base de cette classification :

- **Caractère organique ou minéral** : le caractère organique entraînera généralement la nécessité d'une stabilisation des matières organiques ou permettra une dernière étape d'oxydation thermique ;
- **Caractère hydrophile ou hydrophobe** : la déshydratation de la boue liquide sera d'autant plus difficile que les matières en suspension seront très liées à l'eau, donc hydrophiles.

II.3.3.3 les quantités (MES) à traiter

Les quantités (MES) déterminent les investissements en équipements et obligent à certains choix économiques. Toute conception rationnelle d'une station d'épuration passe aussi par une préoccupation majeure : essayer de réduire de façon significative la masse de résidus produits lors de l'épuration. Cette réduction peut être prise en compte dans la filière d'eau elle-même par l'emploi de réactifs organiques et non minéraux ou de traitements biologiques à très faible charge voire l'emploi de procédés tels Bielyi mais aussi bien entendu dans la filière boue (digestion anaérobie, combustion de la MO, utilisation d'un conditionnement organique [46].

II.3.4 réductions de production de boues

La terminologie « réduction de production de boues » s'applique aux technologies qui permettent de diminuer la masse de boues produites directement à la source. Intégrés à la file de traitement, ces procédés fonctionnent en synergie avec une boue activée : tout ou partie des « boues de recirculation » sont soumises à un traitement chimique ou enzymatique avant d'être renvoyées dans le réacteur biologique d'origine pour y être dégradées et minéralisées. Des procédés de réduction de la production de boues biologiques ont été développés pour des applications industrielles ; les procédés Bio control en culture libre et Bio control+ qui met en

œuvre une biomasse fixée permettent de réduire respectivement les boues biologiques en excès de 40 à 65 % et 50 à 85 %.[40].

II.3.4.1 la destination finale possible de ces boues

La destination finale des boues va avoir des incidences fortes sur le choix des équipements [43] :

- Nécessité ou non de stabiliser la boue.
- Nécessité ou non d'hygiénisme la boue.
- Nécessité ou non d'écarter tel ou tel réactif.
- Nécessité ou non d'une siccité minimale à atteindre.
- Nécessité ou non d'un produit final de structure solide.
- Nécessité ou non d'une filière alternative.

Toute étude de choix de destination finale des boues doit donc comporter :

- Une étude financière comparative (coûts investissement et coûts d'exploitation).
- Le souci de pérennité de la filière envisagée.

II.3.4.2 les principales destinations pour les boues de station de traitement

Il existe trois principales destinations pour les boues de station de traitement [45].

1- le recyclage

Principalement en agriculture, avec ou sans complémentation, mais aussi en réhabilitation de terrains dégradés (carrières, remblais routiers, revégétalisation de décharges...), en sylviculture, en paysagisme urbain. Le recyclage permet de réintégrer, via le sol, les principaux éléments constitutifs de la boue (carbone, azote, phosphore) dans les grands cycles géochimiques, en utilisant leur pouvoir fertilisant [45].

2- l'élimination ou destruction de la MO

L'élimination ou destruction de la MO se fait Par des procédés thermiques (incinération dédiée ou Co-incinération, pyrolyse/gazéification, oxydation par voie humide on cherche à oxyder le plus complètement et le plus économiquement possible la matière organique constitutive de la boue pour ne récupérer qu'un résidu minéral ultime. Ce dernier pourra, selon les réglementations en vigueur, être valorisé en génie des matériaux ou être mis en décharge avec ou sans obligation d'interagie selon les résultats de tests de lixiviation [16].

II.3.4.3 la mise en décharge

Appelée en France « centre d'enfouissement technique » (CET) ou plus récemment, « centre de stockage de déchets » (CSD). Les décharges en Europe sont de trois types : de classe 1 pour les déchets dangereux (ou « industriels spéciaux »), de classe 2 pour les déchets ménagers et assimilés et de classe 3 pour les déchets inertes [44].

II.4 Coagulation-floculation

II.4.1 Les particules mises en jeu

II.4.1.1 Les colloïdes

Les matières existantes dans l'eau peuvent se présenter sous les trois états suivants :

- Etats de suspension qui regroupe les plus grosses particules.
- Etats colloïdal.
- Etats dissous des sels minéraux et des molécules organiques.

Cette classification résulte de la taille des particules, les colloïdes présentent un diamètre compris entre 1 μm et 1 nm. Ils possèdent deux autres caractéristiques très importantes, leur rapport surfaces /volume leur confère des propriétés d'adsorption des ions présents dans l'eau. Ce phénomène explique en partie l'existence de charges électriques à leur surface ; ces charges, souvent négatives, engendrent des forces de répulsion inter-colloïdales, celle-ci permettent d'expliquer la grande stabilité de ces particules mises en solution.

L'origine des colloïdes est très diverse, on peut citer l'érosion des sols, la dissolution des substances minérales, la décomposition des matières organiques, le déversement des eaux résiduaires urbaines et industrielles ainsi que les déchets agricoles [8].

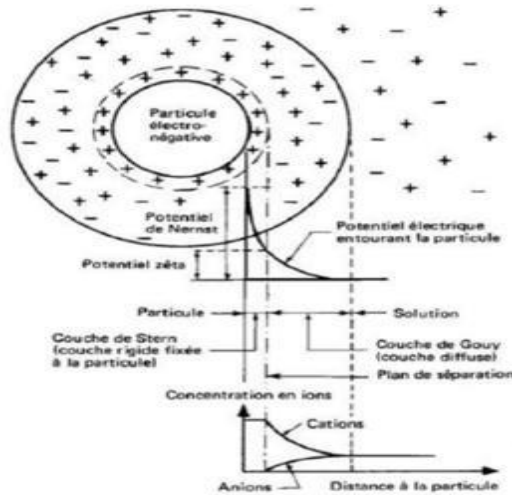


Figure 02 : Représentation schématique de la double couche électrique et de l'évolution du potentiel électrique en fonction de la distance à la particule. [8].

Le plan qui sépare ces deux types de couche est le plan de cisaillement, et la différence de potentiel entre la solution (électriquement neutre) et le potentiel au plan de cisaillement est le potentiel Zêta. Dans la théorie de la double couche, une coagulation optimale représente l'annulation du potentiel Zêta de la particule par l'ajout de réactif. La figure suivante décrit le modèle de Stern-Gouy-Chapman et montre l'arrangement ionique en double couche et l'évolution du potentiel électrique de la surface de la particule vers la solution [14].

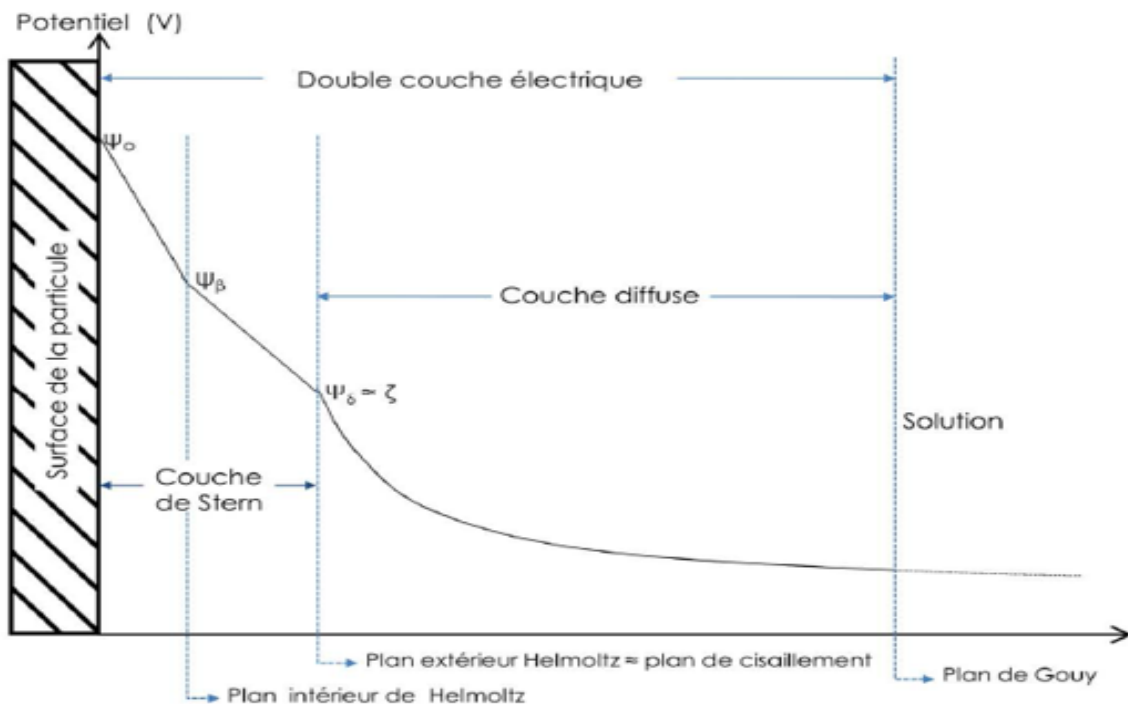


Figure 03 : Modèle de Stern-Gouy-Chapman. [14].

II.4.1.2 Les types de colloïdes

On distingue deux types de particules colloïdales les particules hydrophiles et les particules hydrophobes. Les particules hydrophiles (protéines, sucres...) déshydratées se dispersent spontanément dans l'eau et sont entourées de molécules d'eau qui préviennent tout contact ultérieur entre ces particules. Les particules hydrophobes (argiles, hydroxydes métalliques...) sont en générale des particules de matières inorganiques, alors que les particules hydrophiles sont des particules de matières organiques [13].

II.4.1.3 Le comportement des colloïdes

Le comportement des colloïdes est décrit par la théorie DLVO (Derjaguin - Landau - Verwey - Overbeek), que considère le potentiel d'interaction total entre deux particules comme étant la somme du potentiel attractif dispersif et répulsif de la double couche électrique. Le potentiel attractif correspond à la force d'attraction de Van Der Waals, comprenant les interactions dipôle-dipôle, les effets d'induction et les effets de dispersion.

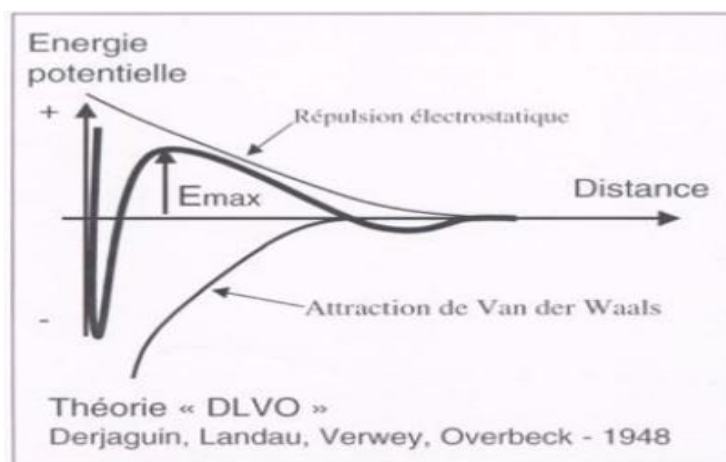


Figure 04 : Théorie DLVO [5].

II.4.2 La coagulation

Les particules colloïdales en solution sont « naturellement » chargées négativement. Ainsi, elles tendent à se repousser mutuellement et restent en suspension, on dit qu'il y a stabilisation des particules dans la solution. La coagulation consiste à déstabiliser des particules en suspension par la neutralisation de leurs charges négatives, pour ce faire on utilise des réactifs chimiques nommés coagulants. Les coagulants sont des produits capables de neutraliser les charges des colloïdes présents dans l'eau, le choix du coagulant pour le

traitement de l'eau de consommation doit tenir compte de l'innocuité du produit, de son efficacité et de son coût.

Le type de coagulant et la dose ont une influence sure :

- La bonne ou la mauvaise qualité de l'eau clarifiée ;
- Le bon ou le mauvais fonctionnement de la floculation et de la filtration ;
- Le coût d'exploitation [27].

La figure ci-dessous nos montre le principe du phénomène de coagulation-floculation [38].

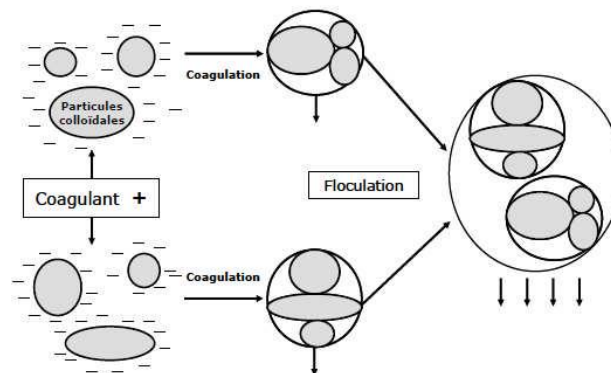


Figure 05 : Principe de la coagulation-floculation [38].

II.4.2.1 Choix du coagulant

Un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte pour le choix du coagulant à savoir :

- La Température de l'eau,
- Les Caractéristiques des eaux brutes (dont l'équilibre calco-carbonique),
- Les Paramètres physico-chimiques à inclure ou éliminer prioritairement (turbidité et/ou matières organiques, par exemple),
- La Gestion de l'exploitation (stocks, automatisme, etc...),
- Le Coût du produit,
- Le Choix imposé ou "considération esthétique" [5].

II.4.2.2 paramètres influençant la coagulation

Pour optimiser le procédé de coagulation-floculation, il faut tenir compte de plusieurs variables en relation, comme le pH, la dose du coagulant, les conditions de mélange et la température [38].

II.5.3 La Flocculation

La flocculation a pour objectif de favoriser à l'aide d'un mélange lent les contacts entre les particules déstabilisées, ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation (secondaire) et d'une filtration. Une coagulation-flocculation, suivie d'une décantation appliquée sur une eau domestique, permet d'éliminer jusqu'à plus de 90 % des matières en suspension et de 40 à 65 % de la DBO₅ [36].

La figure ci-dessous explique le phénomène de la flocculation [6].

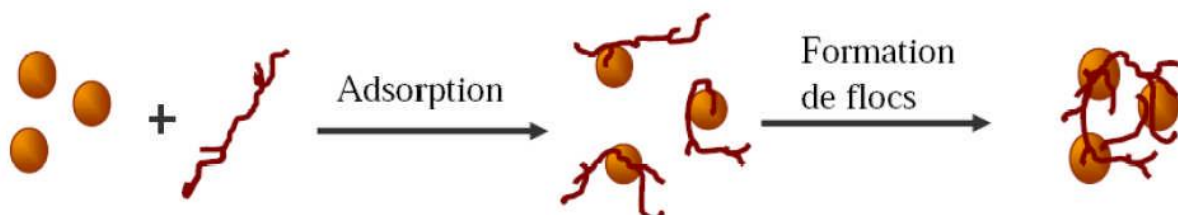


Figure 06 : Adsorption et pontage à l'aide d'un polymère [6].

II.4.4 La séparation solide-liquide

Une fois le floc formé, il faut le séparer de l'eau. C'est ce qu'on appelle la séparation solide liquide. Elle peut s'effectuer par différents moyens :

- la décantation,
- la flottation [44].

Conclusion

Avant d'utiliser ses eaux, ils doivent passer par des stations de traitement pour la purifier de diverses matières polluantes, et ce par plusieurs étapes évoquées plus haut pour obtenir une eau potable et pour d'autres usages comme (l'agriculture etc....).

CHAPITRE III.
La Décantation

III. Introduction

La séparation des phases solides et liquides d'une suspension comprend généralement deux étapes. La première étape physico-chimique implique la conversion des petites particules non flocculées du colloïde en de plus grosses particules (Chapitre 3) afin d'obtenir deux phases distinctes : un surnageant clair et propre, et une phase solide composée de particules plus grosses et plus facile à décanter. Cette opération est effectuée par l'ajout d'agents flocculant, une étape importante puisqu'elle permet d'établir les conditions requises pour que la seconde étape soit efficace.

La décantation est une opération unitaire, parmi les techniques de séparation liquide - solide basée sur le phénomène de sédimentation, qui consiste à séparer d'un liquide les particules en suspension en utilisant les forces gravitaires, pour qu'il puisse y avoir séparation effective faut-il encore que les forces de gravité soient suffisamment élevées par rapport aux effets antagonistes :

Effet de frottement, champ de turbulence, répulsion électrostatique courant de convection, etc. Toutes les constructions de décanteurs modernes conçues pour clarifier l'eau sont en état dynamique, car la décantation des matières en suspension se passe pendant l'écoulement continu de l'eau de l'entrée à la sortie. Par ailleurs la vitesse d'écoulement d'eau dans les décanteurs doit être très faible pour ne pas perturber la décantation des particules en suspension par le mouvement et des turbulences de l'eau.

Dans cette section seront décrits dans l'ordre, les différents types de décantation, les différentes forces agissant sur les particules, le calcul des vitesses de sédimentation des particules durant le procédé de décantation, le phénomène de la sédimentation.

III.1 Types de décantation

Selon la concentration en solide et la nature des particules (densité et forme) on distingue 4 types de décantation [14] :

- Décantation de particules discrètes.
- Décantation de particules flocculantes.
- Décantation freinée (en piston).
- Décantation en compression de boue.

III.2 Vitesse de décantation des particules dans un liquide

III.2.1 Particules isolées de forme sphérique

Lorsque la concentration en volume des solides en suspension est inférieure à 0,5% ; on considère que les particules sont suffisamment éloignées les unes des autres et que, de ce fait, chacune d'entre elle sédimente comme se elle était isolée dans le liquide [14].

Voire sur la figure (07) les Forces agissant sur une particule en eau

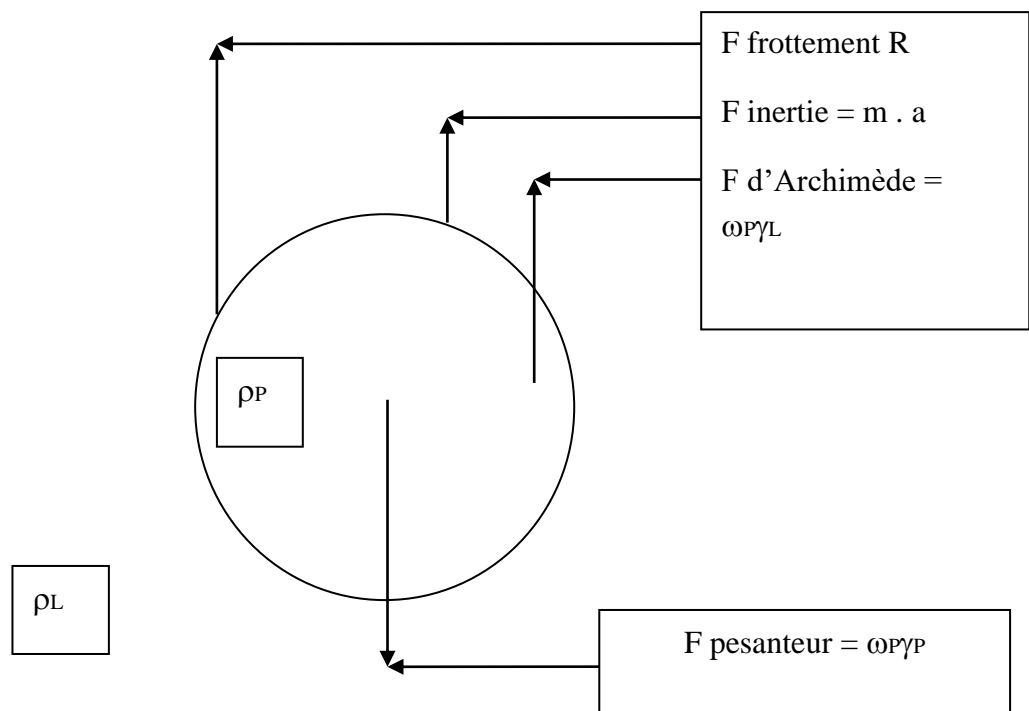


Figure 7 : Forces agissant sur une particule en eau [14].

Dans un fluide, un solide en mouvement libre est soumis à :

- La pesanteur : $G = \omega_P \cdot \rho_P \cdot g = \omega_P \cdot \gamma_P$
- La poussée d'Archimède : $\omega_P \cdot \rho_L \cdot g = \omega_P \cdot \gamma_L$
- La résistance à l'avancement : $R = \frac{C_D}{2} \cdot S_P \cdot \rho_L \cdot V_C^2$
- La force d'inertie : $m \cdot a = \omega_P \cdot \frac{dV_C}{dt}$

Avec :

- γ_P, γ_L : poids volumique de la particule et du fluide.
- ρ_P, ρ_L : masse volumique de la particule et du fluide

- ω_P , S_P , d : volume, surface, diamètre de la particule.
- V_C : vitesse de décantation de la particule.
- g : accélération de la pesanteur
- C_D : Coefficient de traînée (adimensionnel) dépend du nombre de Reynolds

$$Re = \frac{V_C \cdot d}{\nu} \text{ Avec : } \nu \text{ viscosité cinématique du liquide } V = \frac{n}{\rho_L}$$

η Viscosité dynamique du liquide [14].

Pour l'équilibre la somme des forces égale à zéro [14] :

$$\omega_P \cdot \rho_P \cdot \frac{d_V}{d_r} = \omega_P \cdot g \cdot (\rho_P - \rho_L) - \frac{C_D}{2} \cdot \rho_L \cdot S_P \cdot V^2$$

La particule qui chute accélère jusqu'à ce que $\frac{dv}{dt}=0 \implies (1) = 0 \implies$

$$V_C^2 = \frac{2\omega_P \cdot g \cdot (\rho_P - \rho_L)}{C_D \cdot S_P \cdot \rho_L}$$

Avec : $\omega_P = \frac{\pi \cdot d^3}{6}$, $S_P = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ donc :

$$V_C^2 = \frac{4g \cdot (\rho_P - \rho_L) \cdot d}{3C_D \cdot \rho_L}$$

Le coefficient de frottement C_D dépend du régime d'écoulement hydrodynamique (nombre de Reynolds Re) et de la forme de la particule figure 8 Ce coefficient peut être calculé par la formule $C_D = aR_e^{-n}$ avec a et n constantes.

Tableau 02 : Coefficient de frottement $C_D = f(R_e)$

Re	Régime	A	n	CD	Formule
10-4<Re<1	Laminaire	24	1	$24R_e^{-1}$	Stokes
1< Re<103	Intermédiaire	28.5	0.6	$18.5R_e^{-0.6}$	Allen
103< Re<2.105	Turbulent	0.44	0	0.44	Newton

a- en régime laminaire et on utilisant $C_D = \frac{24}{Re} = \frac{24n}{\rho_L \cdot V_C \cdot d}$

On obtient l'expression de la loi de Stockes soit :

$$V_C = \frac{g}{18n} (\rho_P - \rho_L) \cdot d^2$$

b- Si le nombre de Reynolds compris entre 0,5 et 10^4

Fair-Geyer done: $C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$

Dans ce cas, pour calculer V_p , en remplaçant C_D dans la formule VC [14].

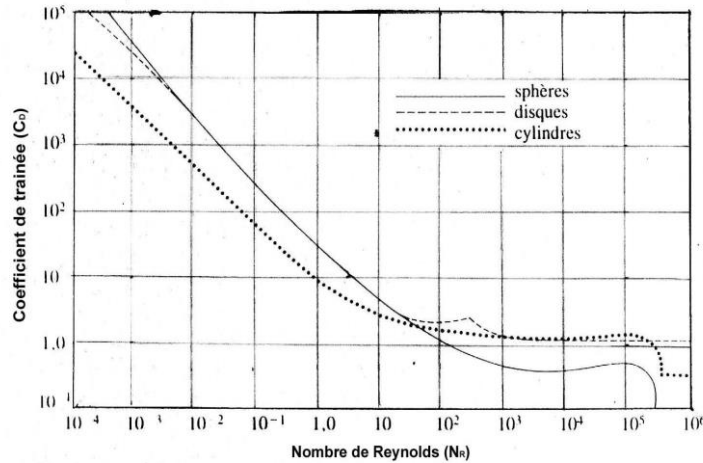


Figure 8 : variation du coefficient de trainée en fonction du nombre de Reynolds, pour des particules de différentes formes [14].

Tableau 03 : Vitesse limite de chute des particules sphériques en fonction Du nombre de Reynolds [21].

Re	C _D	U	U _{lim}	Domaine
<10 ⁻⁴	La loi de Stokes ne s'applique pas ; car le moment des particules est influencé par le mouvement brownien			
10 ⁻⁴ à 1	24 / Re	0,545.(ρ _S - ρ _L).n _L ⁻¹ .d ²		Régime laminaire
1 à 10 10 à 10 ² 10 ² à 10 ⁻³	26 / Re ^{0.77} 20 / Re ^{0.65} 4,92 / Re ^{0.346}	0,57.(ρ _S - ρ _L) ^{0.814} .n _L ^{-0.625} .d ^{1.439} 0,73.(ρ _S - ρ _L) ^{0.741} .n _L ^{-0.481} .d ^{1.222} 1,81.(ρ _S - ρ _L) ^{0.604} .n _L ^{-0.209} .d ^{1.813}		Régime de transition
10 ⁻³ à 2. 10 ⁻⁵	0,44	5,40.(ρ _S - ρ _L) ^{0.5} .d ^{0.5}		Régime turbulent

La valeur inférieure du domaine de validité de la loi de Stokes Navier (Re<10-4) correspond à la distinction que font les exploitants de la décantation entre une « particule » et un « colloïde ».

III.2.2 Paramètre intervenant dans le processus de décantation

En dehors des cas, très rares dans la pratique du traitement des eaux, où la séparation par décantation s'effectue par cuvée (dans de bassins sans écoulement), il y a lieu de tenir

compte des effets produits par l'écoulement, il faut considérer le nombre de Reynolds concernant l'écoulement du liquide :

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad \text{Avec } v : \text{vitesse d'écoulement de l'eau dans le décanteur ;}$$

d : dimension caractéristique de l'ouvrage de décantation

ν : Viscosité cinématique ;

Lorsque ce nombre Re est inférieur à 2000 l'écoulement est dit laminaire et dans certaine mesure on peut considérer que son effet sur la particule se ramène uniquement à une translation caractérisée par le vecteur vitesse d'écoulement [21].

Si la valeur de $Re > 4000$, le régime d'écoulement est turbulent, le régime transitoire se situe entre les deux limites de Re .

Si l'écoulement est turbulent la particule subit des impulsions aléatoires dans tous les sens, les impulsions situées au-dessus du plan horizontal s'opposant, dans une certaine mesure, à la sédimentation recherchée.

La mécanique des fluides turbulents donne des indications sur la valeur de la composante verticale de la turbulence.

Des valeurs expérimentales ont été proposées par certains auteurs pour estimer d'une façon simple le ralentissement de la vitesse de chute due à la turbulence de l'écoulement.

Pour Gomella, dans les ouvrages habituellement en service [5] :

$$V_1 + V_c - \frac{\bar{v}}{20}$$

V_1 : Valeur de chute relative dans l'écoulement à la vitesse moyenne \bar{v}

V_c : Vitesse de chute dans une eau immobile

V : Vitesse moyen de l'écoulement

$$\frac{\bar{v}}{20} = \bar{\omega} : \text{Composante verticale moyenne de la turbulence.}$$

Pour Piskounov et Troufanov, la valeur de $\bar{\omega}$ peut être obtenue à partir d'une relation de la forme :

$$\bar{\omega} = a \frac{\bar{v}}{H} 0.2 ; \quad (\text{à coefficient numérique})$$

Et en pratique, ils conseillent d'adopter [21] :

$$\frac{1}{29}\bar{V} < \bar{\omega} < \frac{1}{25}\bar{V}$$

Une autre formule est donnée par Karpensky[21] :

$$V_1 = \sqrt{V_C^2 - \left(\frac{V_{\max}}{20}\right)^2}$$

Et on peut adopter $V_{\max} = 1.2\bar{V}$

III.3 Modélisation hydraulique des décanteurs

III.3.1 Décanteurs à écoulement horizontal

1- Le paramètre d'efficacité (condition de capture)

Pour être retenue lors de la décantation, une particule doit atteindre le radier du décanteur (et y rester). Or, cette particule est entraînée horizontalement (décanteur horizontal) ou verticalement (décanteur vertical) sous l'effet du courant d'eau à traiter.

La figure (9) indique un découpage du décanteur en différentes zones correspondant à des comportements différents des fluides et matières traversant l'ouvrage [6].

2- Modèle de Hazen :

Le dimensionnement des décanteurs sont souvent effectués à partir de calcul fondé sur la théorie de Hazen qui est une des théories qui sont basé les modèles conceptuels où semi-empiriques intègrent les facteurs complexe en essayant de décrire le concept physique du comportement du système par une représentation plus simple. Les modèles de ce type, tout en conservant une certaine signification physique, sont cependant dépourvus de réalité physique.

Le fonctionnement hydrodynamique des bassins de décantation est généralement décrit de façon grossière.

Cette théorie est une approche globale aux hypothèses très simplificatrice, mais la méthode est aisée à mettre en œuvre [11].

On suppose qu'une particule (P) introduite dans le décanteur à hauteur H est entraînée :

- verticalement vers le fond du décanteur à vitesse $V_{P_{lim}}$ vitesse de Stokes de la particule (P) dans l'eau.

- Et horizontalement par la vitesse de circulation de l'eau [11].

$$V_E = \frac{Q}{H.1} = \frac{Q}{S_t} \quad (1)$$

Cette particule est retenue par le décanteur de longueur L si :

$$\frac{V_{P_{lim}}}{H} \geq \frac{V_E}{L} \quad \text{Et en tenant compte de la relation} \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow \frac{V_{P_{lim}}}{H} \geq \frac{Q}{H \cdot L} \quad \Leftrightarrow V_{P_{lim}} \geq \frac{Q}{L} = \frac{Q}{S_H}$$

On note que $\frac{Q}{S_H} = V_H \Leftrightarrow V_{P_{lim}} > V_H$ (2) (méthode de Hazen "simple")

Avec $S_H = l \cdot L$: surface horizontale du décanteur.

Q : le débit permanent entrant dans le bassin.

$V_H = \frac{Q}{S_H}$: Vitesse de Hazen (où charge hydraulique superficielle) qui est donc indépendante de la profondeur d'un décanteur appelé aussi : l'efficacité intrinsèque d'un décanteur [11].

De la formule (2) on constate que plus V_H est faible, plus un pourcentage élevé de particules présentés à l'entrée peut décanter.

Certaines des particules telles que $V_{P_{lim}} < V_H = \frac{Q}{S_H}$ décanteront également on prorata de leur hauteur (h) d'injection par rapport à la hauteur (H) (Méthode de Hazen "corrigée") [14].

Si les particules ont la même vitesse de chute V_P , la fraction de particules éliminées, F, est donné par :

$$\Leftrightarrow F = \frac{h}{H} = \frac{V_P \cdot t_0}{V_{P_{lim}} \cdot t_0} \quad F = \frac{V_P}{V_{P_{lim}}} \Leftrightarrow t_0 = \frac{L}{V_H} \quad (3)$$

Où t_0 : temps de rétention

$$V_{P_{lim}} = \frac{H}{t_0} = \frac{Q}{S_H} \quad (4)$$

$$\Leftrightarrow F = \frac{V_P}{\frac{Q}{S_H}} \quad (5)$$

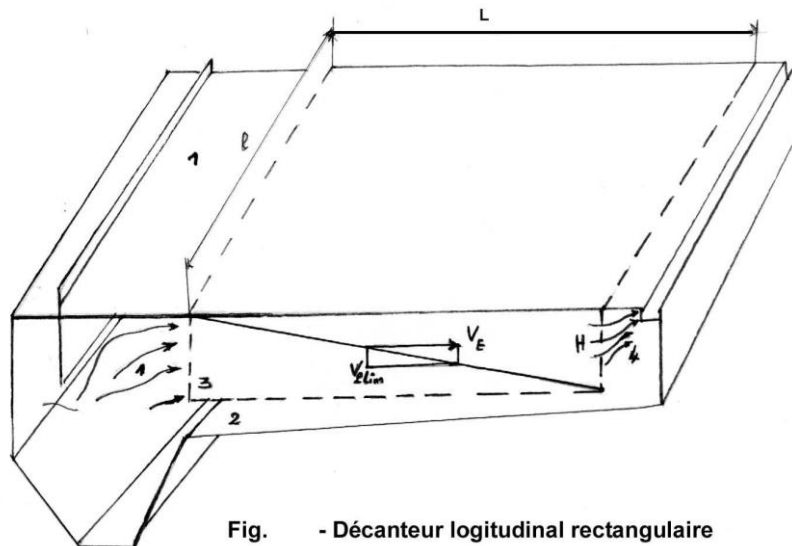
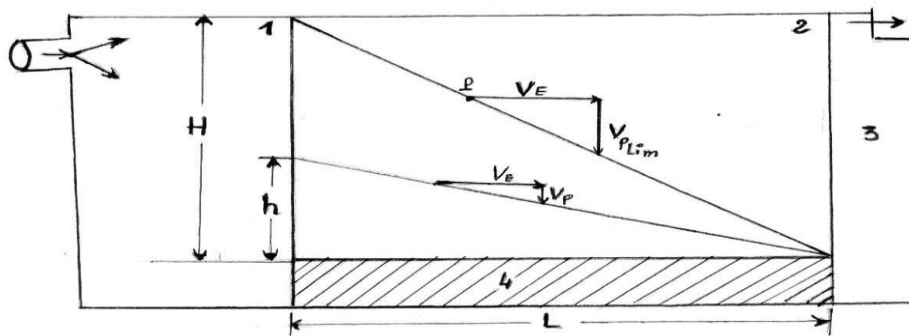


Fig. - Décanteur longitudinal rectangulaire

Figure 9 : décanteur rectangulaire [11].

- La zone -1- correspond à la zone de dispersion des filets liquides (ici par intermédiaire d'un déversoir et d'une cloison).
- La zone -2- correspond à une zone de collecte et de tassement des matières sédimentées.
- La zone -3- est la zone théorique où les filets liquides sont considérés comme parallèles et horizontaux.
- La zone -4- est la zone de mise en vitesse avant le déversoir de sortie [11].

- **Figure 10** : bassin de décantation idéal [11].

Dans le cas où les particules n'ont pas la même granulométrie (les vitesses de chute sont différentes) donc pour calculer le rendement global d'un bassin de décantation il faut :

- Classer les particules selon leur vitesse de chute.
- Calculer le pourcentage retenu pour chaque classe.

Puis on trace un graphe qui donne en abscisse les vitesses de décantation et ont ordonnée la proportion en poids des particules ayant une vitesse de chute inférieure figure (11)

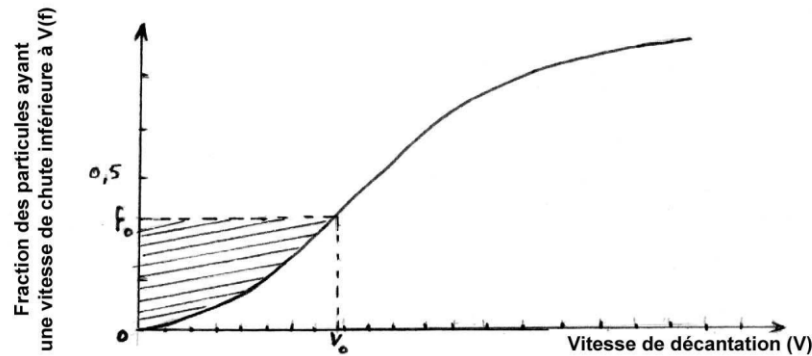


Figure 11 : Fraction des particules dont la vitesse de décantation est inférieure à celle portée en abscisse [14].

Si f_0 représente la fraction des particules dont la vitesse de chute est supérieure à V_0 , la fraction des particules complètement éliminées est représentée par $(1-f_0)$. Pour toutes les particules dont la vitesse de chute est inférieure à V_0 , la fraction des particules éliminées est donnée par $\frac{V_P}{V_{P_{lim}}}$. Donc la fraction totale de particules éliminées est donnée par :

$$F = (1 - f_0) + \frac{1}{V_{P_{lim}}} \int_0^{f_0} V_P df \quad (6)$$

III.3.2 Décanteur à écoulement vertical

La même notion s'applique à la décantation verticale, dans le décanteur vertical simple, la vitesse de Hazen est égale à la vitesse ascensionnelle.

La vitesse ascensionnelle est la vitesse de circulation de l'eau vers le haut dans la partie supérieure cylindrique de l'ouvrage.

La chute d'une particule obéit donc au schéma de la figure (12)

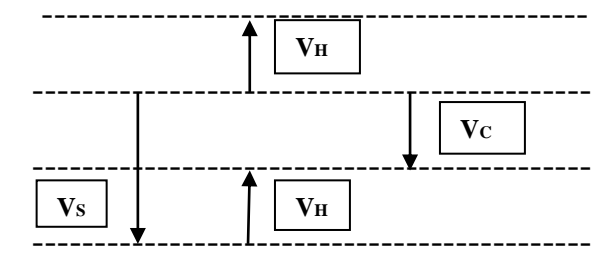


Figure 12 : Décantation verticale [14].

Avec V_S : vitesse de stokes où vitesse de chute théorique en statique.

VH : vitesse de Hazen dans l'ouvrage.

VC : vitesse de chute réelle.

Si $V_S > V_H \Rightarrow VC$ entraîne la particule vers le bas.

Si $V_S < V_H \Rightarrow VC$ entraîne la particule vers le haut.

Donc théoriquement, à surface horizontale égale, un décanteur à flux horizontal permet donc la séparation d'un plus grand nombre de particules figure (13).

P : fraction des particules retenues de taille d

d : diamètre des particule

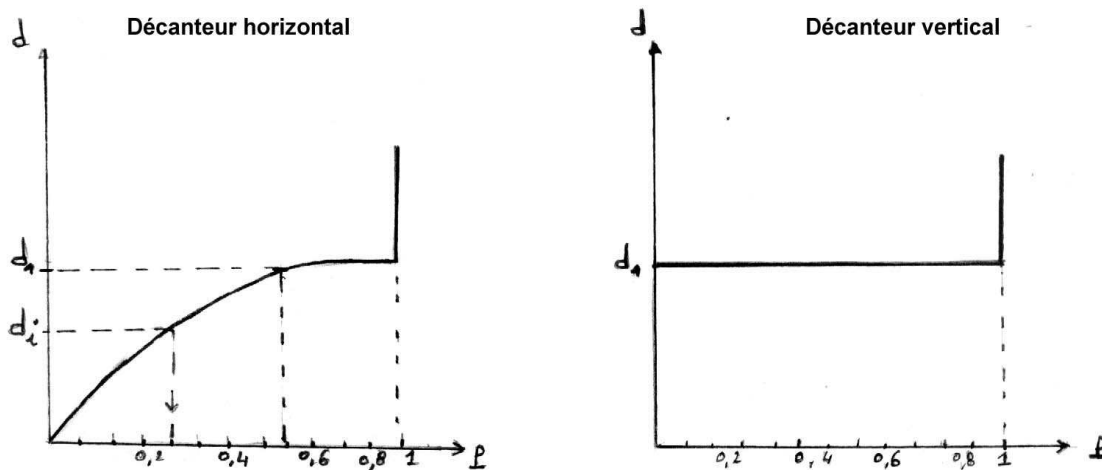


Figure 13 : Efficacité comparée des décantations horizontales et verticale (Particules grenues) [6].

Dans la pratique, cette différence est atténuée, voir inversée, pour les raisons suivantes liées à la décantation à flux horizontal [6] :

- difficulté de répartition hydraulique sur un plan vertical aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de l'ouvrage (voir schéma de décantation réelle)

- Accumulation et collecte des boues.

- Dans un décanteur circulaire à flux horizontal ; la composante horizontale de la vitesse de la particule (VP) diminue du centre vers la périphérie et sa trajectoire devient curviligne.

Hazen appelle « décanteur idéal » un appareil où sont respectées les hypothèses suivantes :

- toutes les particules sont indépendante et tombe à leur VC.

- il n'y a ni floculation, ni turbulence, ni courants.

- il n'y a pas de perturbation thermique.
- l'écoulement est laminaire partout (en particulier l'entrée est horizontale et uniformément répartie).
- il n'y a pas remise en suspension.
- la loi de Stokes reste valable si on passe d'une sédimentation statique à une sédimentation dynamique.

Pour ces hypothèses ; dans un tel bassin idéalisé, toute particule entrante suit une trajectoire rectiligne.

III.3.3 Décantation réelle

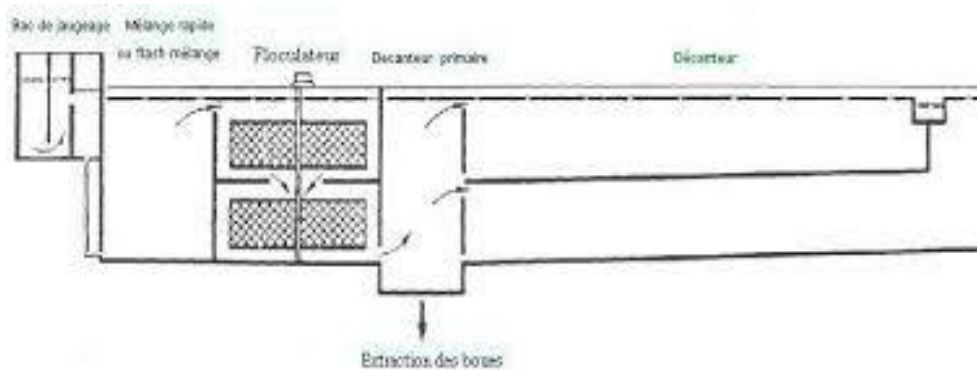


Figure 14 : Décantation réelle [6]

Les conditions de décantation idéale ne sont pas complètement réalisées dans la pratique, à cause des phénomènes perturbateurs suivants [6] :

- la chute gênée, due au ralentissement de la vitesse de descente des particules au fond du décanteur au fur et à mesure de l'augmentation de la densité de l'eau due à la concentration des particules déposées.
- La coalescence des particules à l'intérieur du décanteur (regroupement des granules d'une suspension colloïdale), qui favorise l'étalement des vitesses de décantation.
- Les courants de densité, dus à la différence de charge en matières en suspension de l'eau entrant dans le décanteur et de celle qui s'y trouve, l'eau chargée se comporte comme du liquide lourd qui s'écoule dans le fond du décanteur sans aucun mélange avec le reste de la masse liquide et remonte au déversoir.
- Les turbulences d'écoulement, par exemple, l'arrivée en fontaine ...

On peut réduire ces phénomènes perturbateurs en donnant des formes adéquates au décanteur : pentes des parois, arrondis, chicanes, etc. mais la complication des formes influe sur le temps de réponse du décanteur aux variations de débit d'alimentation où de consommation.

Les hypothèses qui sont à la base de la théorie de Hazen sont cependant loin de refléter la réalité. Elles négligent en particulier la turbulence ; la dispersion des particules n'est donc pas du tout prise en compte. Il s'agit pourtant d'un phénomène important dans la plupart des ouvrages de décantation. Donc pour un décanteur réel la théorie de Hazen devient comme suit figure (15).

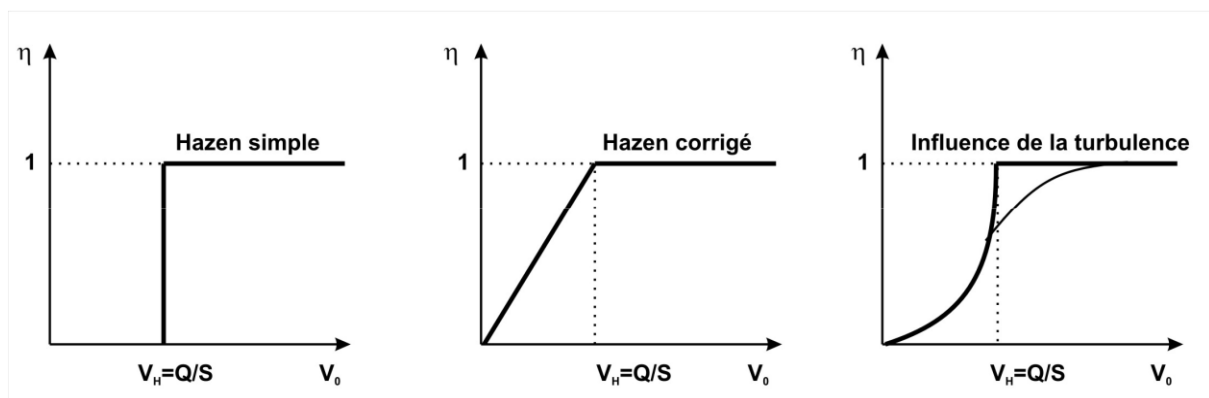


Figure 15 : Filtre d'efficacité selon la théorie de Hazen et pour un
Décanteur réel [6]

III.3.4 Décanteurs statiques

Les décanteurs statiques sont ceux qui n'utilisent pas les boues déjà formés dans les processus de décantation. Ce type de décanteur est en général précédé d'une chambre de mélange où l'on assure une diffusion rapide des réactifs, et d'un flocculateur à brassage lent pour favoriser la floculation [6].

1- Décanteur statique à flux horizontal

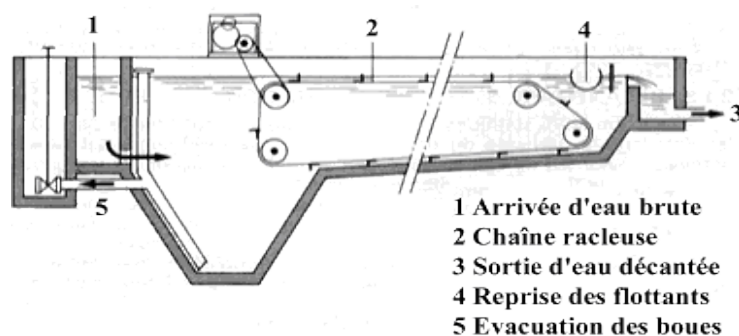


Figure 16 : Schéma du décanteur statique à flux horizontal [6]

2- Décanteur à étages

Dans un décanteur à un seul niveau, il n'y a que les particules dont la vitesse de chute est égale ou supérieure à v_s qui peuvent être totalement éliminés.

L'idée est donc venue d'interposer plusieurs paliers dans le décanteur de telle sorte que les particules aient moins de chemin à parcourir pour atteindre la surface sur laquelle elles pourront se déposer [6].

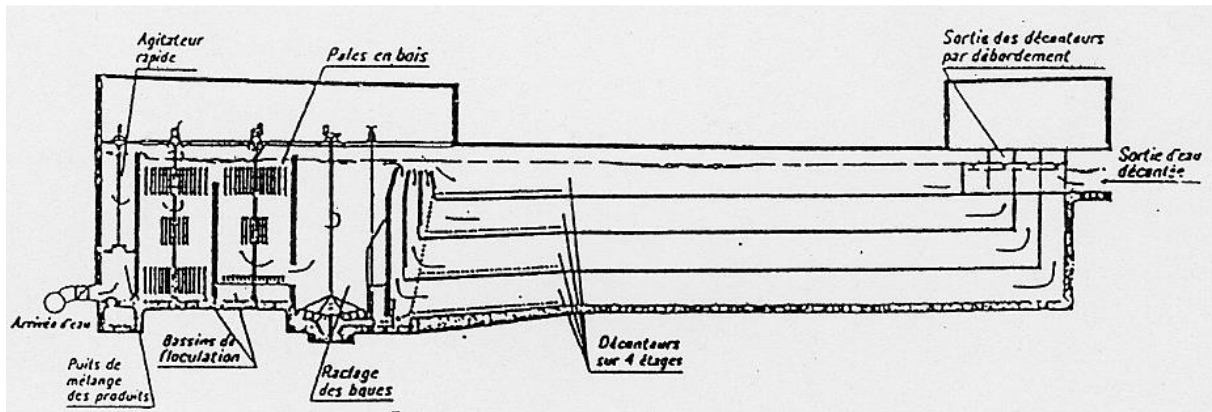


Figure 17 : Décanteur multi étage [6].

3- Décanteur lamellaire

On peut considérer que ce type de décanteur constitue le terme ultime du précédent ; il est constitué par des plaques inclinées disposées perpendiculairement au flux et qui forment une infinité de niveaux.

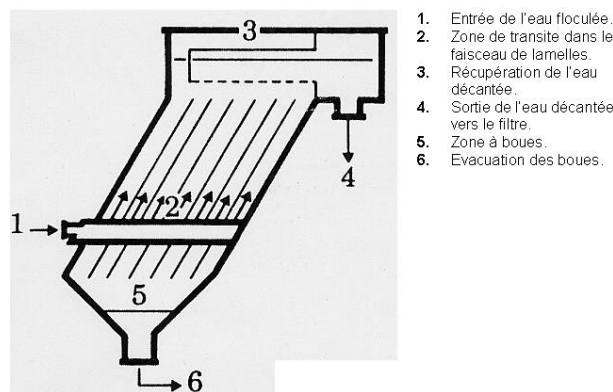


Figure 18 : Sens des flux dans le décanteur de BOUAFLE, Côte d'Ivoire, 35 m³/h [15].

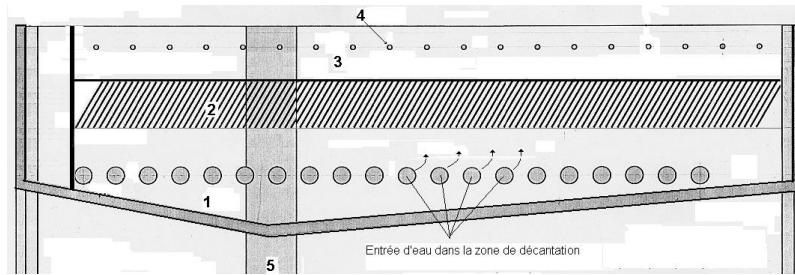


Figure 19 : Coupe schématique du décanteur lamellaire de Bouaflé [15].

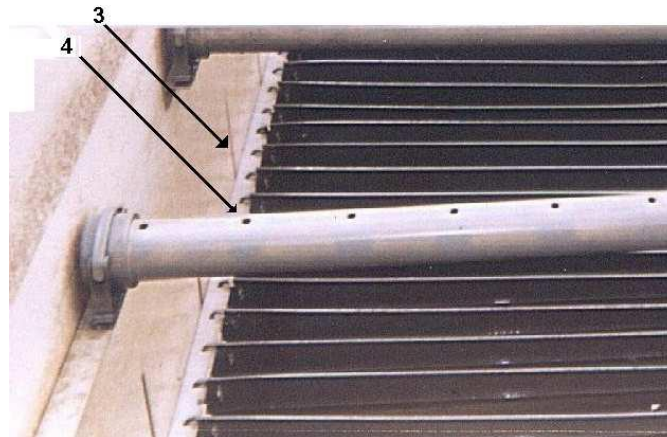


Figure 20 : Photo des lamelles dans le décanteur de Bouaflé (non noyé) [15].

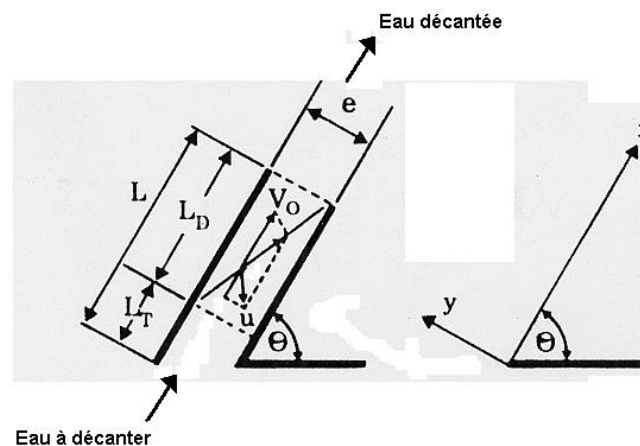


Figure 21 : Schéma du principe de la décantation lamellaire de Bouaflé [15].

4- Décanteur cylindro-conique

Ce type d'appareil à flux ascendant est surtout utilisé dans les petites stations dont les débits Q sont inférieurs à $20 \text{ m}^3/\text{h}$. On le trouve fréquemment aussi, lorsqu'il s'agit d'éliminer les produits résultant de l'utilisation de réactifs chimiques, par exemple dans le cas de la décarbonatation [6].

La vitesse ascensionnelle de l'eau ne doit pas dépasser 1 à 2 m/h et la pente de la partie conique doit être comprise entre 45 et 65° .

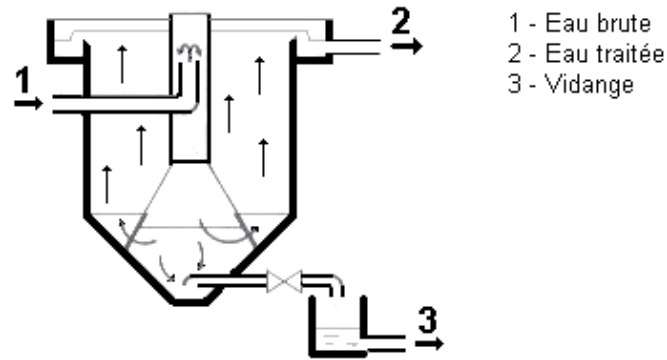


Figure 22 : Décanteur cylindro-conique [6].

III.4 Structure des décanteurs

En pratique, il n'est y a pas de décanteur idéal : des turbulences se produisent au sein du liquide, en particulier dans la zone d'entrée, le vent peut créer des vagues à sa surface ; des courant de convection liés aux différence locales de température (ensoleillement) et de densité affectent le rendement de décantation [4].

Il faut, autant que possible, s'efforcer d'obtenir une circulation laminaire et stable caractérisée par des valeurs appropriées du nombre de Reynolds défini par :

$$Re^* = \frac{V \cdot d_h}{\nu} \quad (7)$$

Re^* : Nombre de Reynolds ;

V : Vitesse de circulation de l'eau ;

d_h : Diamètre hydraulique équivalent ;

ν : Viscosité cinématique du liquide ;

Avec :

$d_h = 4 \cdot (\text{Surface mouillée} / \text{périmètre mouillé})$

Remarque : dans le cas d'une conduite circulaire pleine, le diamètre hydraulique s'identifie au diamètre du conduit.

En pratique, le régime est considéré comme laminaire si $Re^* < 800$.

Par ailleurs, le nombre de Froude permet d'apprécier la stabilité d'un processus circulatoire lorsque l'écoulement est influencé principalement par la force de gravité et les forces d'inertie.

$$Fr = \frac{V^2}{g \cdot d_h} \quad (8)$$

Plus la circulation est stable, plus la distribution des vitesses est uniforme sur toute la section du bassin et meilleure est la séparation. Or, des circulations stables se caractérisent par des nombres de Froude élevés.

En pratique, on peut définir les rapports H/L ou H/R optimaux, H étant la hauteur mouillée des décanteurs rectangulaires de longueur L ou circulaires de rayon R. En pratique, En se fixant un temps de séjour de deux heures, Schmidt- Bregas donne les recommandations suivantes [4] :

- décanteurs rectangulaires à flux horizontal :

$$\frac{1}{35} < \frac{H}{L} < \frac{1}{20} \quad (9)$$

- décanteurs circulaires :

$$\frac{1}{8} < \frac{H}{R} < \frac{1}{6} \quad (10)$$

III.5 Filtration

L'eau brute, à l'issue des différents traitements qu'elle a pu subir depuis son entrée en station, qu'il s'agisse [40] :

- de la coagulation floculation,
- de précipitations chimiques quelconques,

L'eau brute est chargée en particules solides plus ou moins décantables.

A partir de ce moment, deux voies s'offrent au traiteur d'eau pour éliminer l'ensemble des particules :

- Décantation suivie d'une filtration.
- Simple filtration.

Il est donc à noter que si la décantation est fréquente, elle n'est pas toujours nécessaire ; cependant la filtration s'avère pratiquement toujours indispensable.

La filtration est un procédé de séparation physique qui utilise le passage d'un mélange solide liquide à travers un matériau poreux appelé filtre.

La phase liquide traverse le matériau poreux. La phase solide est retenue par celui-ci.

Les particules solides vont donc s'accumuler progressivement dans le filtre et conduire au colmatage inéluctable de ce dernier, si les mesures nécessaires ne sont pas prises pour y parer.

Il faut donc envisager périodiquement des opérations de nettoyage du filtre.

La filtration est un traitement « d'affinage » qui doit permettre une excellente élimination :

- Des bactéries, de la turbidité, de la couleur, des goûts et odeurs.

1- Loi de darcy

Les phénomènes d'écoulement d'un liquide dans un milieu poreux sont régis par la loi de DARCY [41] :

$$v = \frac{K \cdot dP}{n \cdot dH} \quad \text{Avec } v : \text{vitesse d'écoulement.}$$

K : perméabilité de la couche filtrante

dP : perte de charge à travers le filtre

dH : hauteur de la couche filtrante

n : viscosité dynamique de l'eau

On peut également écrire :

$$dP = \frac{n}{K} dH \cdot v$$

On voit ainsi que la perte de charge subie par le fluide lors de la traversée du milieu poreux est directement proportionnelle à :

- Sa viscosité, n
- La hauteur de lit, H
- La vitesse d'écoulement, v est inversement proportionnelle à la perméabilité du milieu au fluide considéré.

2- Choix de la granulométrie

Le choix à faire est en liaison avec l'épaisseur de la couche de matériau filtrant. En général, plus le sable sera fin, plus l'épaisseur de la couche pourra être réduite. Cependant, il pourra en résulter certains inconvénients.

On peut définir dans leurs grandes lignes, les domaines d'application des différentes tailles effectives courantes pour un coefficient d'uniformité habituel de l'ordre de 1,2 à 1,8.

$$0,3 < TE < 0,5$$

Filtration très rapide.

Ce procédé peut être appliqué

- aux eaux de piscine
- aux eaux peu chargées (turbidité < 100 mg de SiO₂) soumises à une filtration directe après coagulation.

Le lavage de tels filtres s'effectue à l'eau seule [44].

$$0,6 < TE < 0,8$$

On utilisera ce matériau dans les cas suivants :

- Filtration sans décantation préalable, avec ou sans coagulant, pour des eaux dont la turbidité est inférieure à 50 mg de SiO₂.
- Filtration d'eaux décantées à vitesse limitée, environ 7 m/h, en filtre ouvert, pouvant être augmentée sous pression. Une perte de charge dP de 0,6 bar est un maximum [44].

$$0,9 < TE < 1,35$$

En couche homogène, c'est la granulométrie la plus utilisée dans les pays européens et en Côte d'Ivoire. Nous l'appliquons à :

- la filtration des eaux décantées ;
- la filtration des eaux peu turbides, avec coagulation sur filtre ;
- la filtration directe des eaux brutes peu chargées, en vue d'utilisations industrielles.

La perte de charge dP limite est de 0,3 bar.

Cette taille convient parfaitement aux filtres à plancher, lavables à l'eau et à l'air, et permet des vitesses de filtration allant jusqu'à 15 et 25m/h [44].

Conclusion

De toute façon, il y a lieu de retenir que la vitesse d'écoulement, qui est fonction de la forme du décanteur, a une influence directe sur la vitesse réelle de chute d'une particule et que le facteur de forme doit être pris en compte.

Il ne faudrait cependant pas en déduire que dans un décanteur à écoulement continu, il faudra choisir la forme conduisant à l'écoulement le plus lent. En effet, il faut encore répartir et guider, l'ensemble du débit dans tout l'ouvrage et pour cela communiquer à l'eau une vitesse minimale assurant la stabilité de l'écoulement.

Le dimensionnement des décanteurs sont souvent effectués à partir de calcul fondé sur la théorie de Hazen qui est une des théories qui sont basé sur les modèles conceptuels où semi-empiriques intègrent les facteurs complexe en essayant de décrire le concept physique du comportement du système par une représentation plus simple. Les modèles de ce type, tout en conservant une certaine signification physique, sont cependant dépourvus de réalité physique.

Le fonctionnement hydrodynamique des bassins de décantation est généralement décrit de façon grossière.

Une particule (P) introduite dans le décanteur à hauteur H est entraînée :

- verticalement vers le fond du décanteur à vitesse $V_{p_{lim}}$ vitesse de Stokes de la particule (P) dans l'eau.

- Et horizontalement par la vitesse de circulation de l'eau.

Le calcul des décanteurs pour des particules ayant les mêmes vitesses de chute c'est-à-dire même granulométrie est facile à réaliser par rapport au cas où les particules n'ont pas la même granulométrie (les vitesses de chute sont différentes) donc pour calculer un bassin de décantation il faut classer les particules selon leur vitesse de chute.

CHAPITRE IV

Présentation de la zone d'étude

IV. Introduction

L'eau joue un rôle dans le développement de la vie humaine, animale, végétale et dans l'évolution des sociétés, l'eau est la substance liquide minérale la plus répandue à la surface du globe.

Les normes, directives et objectifs ont été établies pour bien protéger la population en garantissant la distribution d'une eau qui peut être bue sans danger pour la santé (une eau dite <potable >). L'eau destinée à être consommée par l'être humain doit être exempte d'organismes pathogènes et ne doit pas contenir de substances nocives ou radioactives à une concentration jugée dangereuse pour la santé. Elle doit aussi avoir de bonnes qualités organoleptiques. Le goût, l'odeur, la couleur et la turbidité sont des caractéristiques qui, lorsqu'elles sont bien maîtrisées, donnent une eau claire, incolore et sans odeur ni goût déplaisant ou nauséabond. Les autres caractéristiques, telles que la corrosivité, une forte teneur en calcaire causant un entartrage.

La demande en eau est la croissance propre continue que ce soit pour la consommation de l'homme ou pour besoin agriculture et l'industrie.

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent pas plus à assurer la demande en eau potable, il est avéré nécessaire si non indispensable d'utiliser les eaux de surface. Dont lesquelles se trouvent certains métaux et des doses élevées peuvent poser des problèmes, nous trouvons particulièrement l'aluminium dont les conséquences sur la santé et l'environnement.

Cette synthèse abord, la présence de ces éléments dans l'eau, leurs origines, puis leurs effets. Ceux-ci se manifestent par un gène réel lorsque les quantités de l'aluminium sont trop importantes et entraînent la nécessité d'un traitement approprié de ces eaux.

Dans un deuxième temps sont donc exposées les différentes phases du traitement physico-chimique. Enfin, un troisième point dans un aperçu sur la relation entre les différentes étapes des procédures de traitement qui assure l'absence de l'aluminium résiduaire dans l'eau traité.

IV.1 présentation de la commune de sidi Amer

IV.1.1 situation géographique

La commune de sidi Amar anciennement appelée <Zurich> se trouve à l'ouest de la wilaya de Blida et au sud-ouest de la wilaya de Tipaza dont elle fait partie.

Son altitude varie de 70m à 300m dans partie occidentale. ; L'agglomération chef-lieu est à une altitude de 60m.

IV.1.2 superficie

La superficie de la commune est de 5000ha environ dont près de 2700ha de superficie agricole utile.

IV.2 Présentation de la station de traitement d'eau potable de sidi-Amar

IV.2.1 le lieu au niveau de la commune

La station de traitement d'eau potable de **BOUKOURDANE** est située au nord-est du chef-lieu de la commune, elle est limitée au nord et l'est par des terrains agricoles, au ouest par l'usine de logements et sud par la citer **OULAHCENNE** et la garde communale.

IV.2.2 objectifs de la station

La station de traitement d'eau potable de sidi Amar traite l'eau brut soutirée du barrage de **BOUKOURDANE**.

La station de traitement est conçues pour traiter un débit de 1460 m³/h. des travaux pour une extension future sont en cours de construction pour fournir tous les consommateurs de l'eau potable par le biais de la plus part des commune périphériques de la wilaya de Tipaza, tel que Hadjout, Meurad, Cherchel, Cidi ghiless qui bénéficient de 60 à 70 % de l'eau du barrage.

IV.2.3 Les étapes de traitement de l'eau à la station de Sidi-Amar

Les étapes de traitement de l'eau à la station de Sidi-Amar sont :

- 1- La cascade d'aération
- 2- Le pré chloration (hypochlorite de Ca)
- 3- La clarification (floculation, coagulation, décantation lamellaire)
- 4- La filtration (filtre à sable)
- 5- La désinfection (chloration)

5- La distribution (réseau d'alimentation)

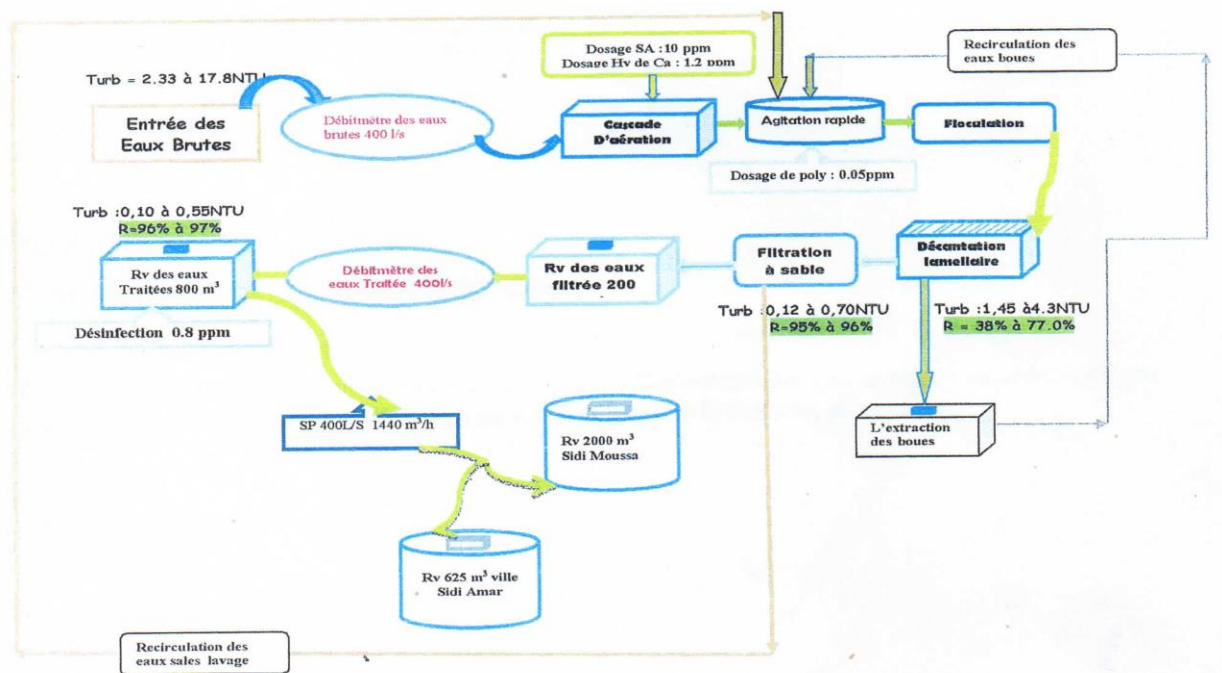


Figure 23 : Schéma de la station

IV.3 Présentation de la wilaya de AIN DEFLA

La wilaya d'Ain Defla est située à 160 km de la capitale et s'étend sur 4897 km², elle est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Tipaza.
- Au Sud par la wilaya de Tissemsilt.
- A l'Est par la wilaya de Blida et Médéa.
- A l'Ouest par la wilaya de Chlef.

La Wilaya d'Ain Defla compte une population de 899 063 Habitants.

L'altitude d'Ain Defla est 273 m.

Le climat d'Ain Defla est un climat méditerranéen avec été chaud.

L'organisation administrative est composée comme suite :

- Nombre Daïra : 14
- Nombre de communes : 36



Figure 24 : wilaya d'Ain Defla

IV.4 Barrage de Sidi M'hamed Ben Taiba

Le barrage Sidi M'hamed Ben Taiba est situé sur Oued Beda. Affluent du versant gauche d'oued Chlef au nord de la wilaya d'Ain Defla d'environ de **5 KM** en amont du village de Mekhatria.

Sa capacité de stockage à l'ordre de **75 hm**



Barrage Sidi M'hamed Ben Taiba

Figure 25: barrage Sidi M'hamed Ben Taiba

IV.5 La station de traitement Sidi M'hamed Ben Taiba

1- Description de la station de traitement

La station de traitement d'eau potable de Ben Taiba est prévue pour traiter un débit moyen d'eau brute de 1890 m³/h. L'eau brute est une eau de surface dont la qualité sera à vérifier régulièrement pour que la potabilisation puisse être assurée. La qualité de l'eau traitée doit respecter les recommandations de l'OMS.

La chaîne de traitement est composée de deux lignes, excepté l'ouvrage. Cependant, le débit est divisé sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station.

2- Principales étapes de traitement

Les principales étapes de traitement sont :

- Arrivée de l'eau brute.
- Contrôle du débit par vanne annulaire et mesure de débit, Ouvrage de régulation.
- Aération de l'eau par cascade avec récolte des eaux dans un réservoir.
- Une pré-chloration au moyen d'eau chlorée dans le réservoir coté cascade.
- Une coagulation au sulfate d'alumine.
- Éventuellement ajustement du pH par injection de l'acide sulfurique.
- Une décantation sur deux lignes comprenant chacune :
 - Une coagulation/floculation avec mélange par apport externe d'énergie mécanique et dosage d'un polymère dans un bassin de mélange rapide, ensuite un brassage à vitesse d'agitation lente.
 - Une clarification dans un décanteur lamellaire,
 - Un épaissement des boues combiné à un dispositif de soutirage des boues en excès et de recirculation des boues
- Une deuxième correction du pH avec le lait de chaux pour l'amener à l'équilibre calco-carbonique.
- Filtration sur 4 filtres à sable à ciel ouvert.
- Désinfection finale à l'eau chlorée en amont du réservoir d'eau traitée.

1- Arrivée d'eau brute dans la station

Fonction principale :

C'est le premier ouvrage du site de la station de traitement. Les eaux brutes de la station de traitement Ben Taiba proviennent du barrage. Les eaux brutes s'écoulent gravitairement dans la station de traitement lorsque le niveau d'eau dans le barrage est élevé. Elles sont refoulées dans la station de traitement par des pompes lorsque le niveau dans le barrage est bas. Le niveau critique dans le barrage, déterminant le changement entre l'écoulement gravitaire et le démarrage des pompes, dépend du débit dans la station de traitement.

L'ouvrage a ainsi pour fonction principale :

- L'isolement de la station au moyen de deux vannes d'isolement papillon item : 6001.2 en DN 600 à commande manuelle.
- Le réglage du débit d'eau brute est assuré par une vanne motorisée item : 6001.3 en DN 600, asservie à la mesure du débit donnée par un débitmètre électromagnétique item : 6002.1 en DN 350, installé dans l'ouvrage.

2- La cascade d'aération

Cette première étape du prétraitement consiste au captage de l'eau brute par une prise d'eau qui est installée dans le barrage de Mhamed Ben Taiba puis son acheminement par une conduite vers un bassin munie d'une cascade pour l'oxygénation de l'eau brute et l'élimination de gaz dissoutes.

Pour se débarrasser des matières légères qui sont demeurées en suspension, telles que les microorganismes, on procède au traitement chimique qui suit :

Un mélangeur rapide et un flocculateur à vitesse réglable agite l'eau combinée à un coagulant (sulfate d'alumine).

L'aération, faite naturellement par chute, sera réalisée par une double cascade et a pour objet :

- D'augmenter la teneur en oxygène de l'ordre de 70% de la saturation ;
- De réduire ou même éliminer les teneurs en bioxyde de carbone ;
- De réduire ou même éliminer les teneurs en sulfure d'hydrogène ;
- D'oxyder le fer et le manganèse.



Figure 26 : La cascade d'aération [29]

3- la clarification

1-La coagulation

La coagulation s'effectue par déstabilisation des colloïdes après mélange intime du sulfate d'alumine sous haute turbulence par apport d'énergie mécanique. Il s'agit de la première étape du traitement physicochimique proprement dit.

Dans le système, l'eau arrive dans la première chambre de mélange, équipée d'un électro-agitateur à vitesse rapide.

Dans cette, le sulfate d'alumine injecté en tête de station ainsi que l'éventuel débit de recirculation des eaux sales de lavage sont mélangés à l'eau brute.

2- La floculation

La floculation est l'agglomération des particules colloïdales déstabilisées (ou coagulées). Cette opération de traitement ne peut donc se situer qu'après une coagulation.

La théorie de la floculation repose sur l'étude de la vitesse d'agglomération des particules. Le modèle le plus simple de floculation (modèle de SMOLUCHOWSKI) prévoit que pour obtenir une bonne floculation, il est impératif de bien coaguler, d'avoir une concentration en colloïdes la plus élevée possible (ou de l'augmenter artificiellement) et d'agiter convenablement pour favoriser une bonne croissance des floccs sans toutefois les casser après leur formation.

4- Décanteur lamellaire

Après l'étape de coagulation/floculation, dont l'objectif est de former des macro floccs, l'eau est traitée par décantation, c'est-à-dire la séparation physique des matières solides et de l'eau claire. L'installation de lamelles dans la partie supérieure du décanteur améliore le rendement de cette séparation pour deux raisons :

- Flux contre-courant, c'est-à-dire le flux de boues s'écoule en direction inverse par rapport au débit de l'eau.
- Par le système lamellaire la surface de clarification est très grande, par rapport aux dimensions du bassin.



Figure 27 : Bassin de décanteur lamellaire [29]

1-Les caractéristiques de bassin de décantation

Les caractéristiques de bassin de décantation sont :

- Type de bassin : carré, cylindro-conique
- Matériel du bassin : béton armé.
- Nombre de bassins 2.
- Coté : 11,0 m.
- Profondeur du bassin 7,0 m.
- Profondeur de l'eau 6,20 m.
- Matériel des plaques PVC (qualité alimentaire anti-UV).
- Dimension des plaques 2,20 x 1,0 m.
- Nombre des plaques 684 /clarificateur.
- Surface projetée des plaques 863 m².

- Vitesse de montée 1,09 m/h.

2- Les caractéristiques des Lamelles

Les caractéristiques des Lamelles sont :

- Type racleur circulaire.
- Matériel acier protégé.
- Diamètre 8,0 m.
- Vitesse à la périphérie 3.00 cm/s.

5- La filtration (filtre gravitaires)

Arrive à ce stade, l'eau qui est encore un peu trouble par la présence de matière en suspension est filtrée par son passage à travers des couches de matériaux divers.

Ces filtres ont pour but de retenir les fines particules qui ne se sont pas déposées lors de l'étape de la décantation. On obtient alors une eau limpide. L'eau est maintenant prête pour l'étape suivante : la désinfection.

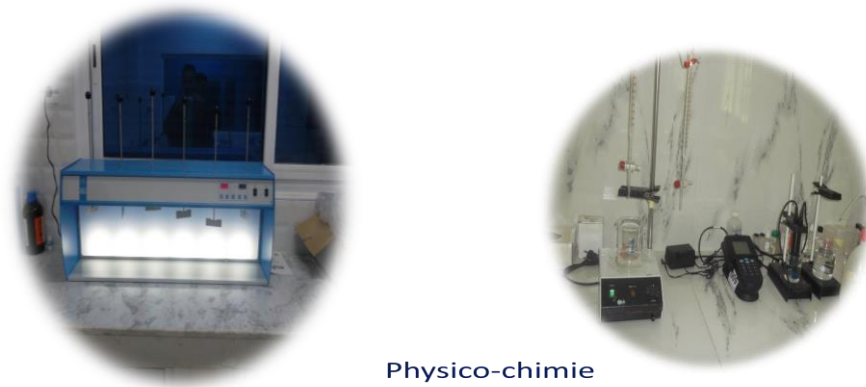
Afin de déloger les particules qui sont demeurées prisonnières dans le lit, un lavage des filtres s'effectue à contre-courant en envoyant un débit d'eau de bas en haut.



Figure 28 : Bassin de filtre à sable [29]

6- Désinfection

Le laboratoire des eaux de la station de traitement Sidi Mhamed Ben Taiba est situé dans l'enceinte de ce dernier est réparti en salle de physico-chimie, salle de bactériologie et une laverie.

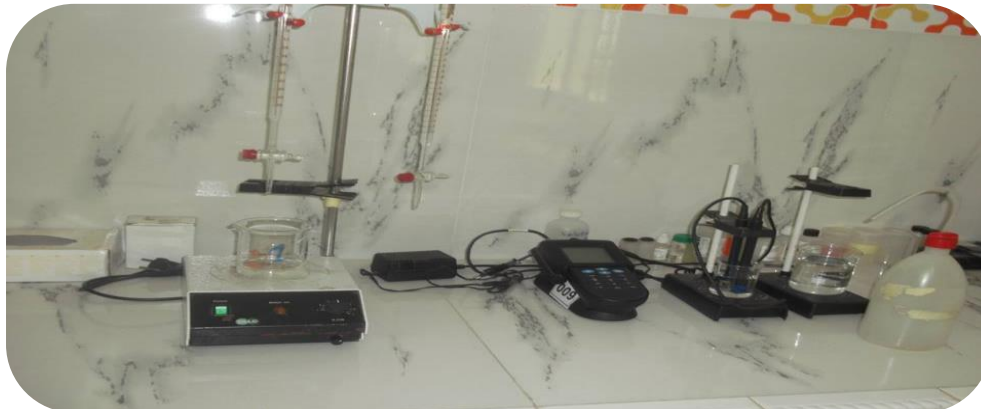


Physico-chimie

Figure 29 : technique d'analyse [29]

Le rôle du laboratoire consiste également en :

- 1- Le contrôle quotidien des eaux produites selon un planning préétabli. Cet autocontrôle, accentué durant la période estivale repose sur des échantillonnages d'eau et leurs analyses. Ces dernières consistent en la recherche des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.
- 2- L'analyse des paramètres physico chimiques (PPC) consiste en la recherche de : Température, PH, turbidité, conductivité, dose du désinfectant résiduel, nitrites, ammonium, phosphates et matières organiques.

**Figure 30** : Les appareils d'analyses [29]

- 3- L'analyse bactériologique consiste en la recherche de : coliformes totaux, coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.
- 4- L'analyse du chlore résiduel est quotidienne et se fait automatiquement par laboratoire de la station.



Figure 31 : appareille d'analyse [29]

IV.6 Evacuation et recirculation de boues

IV.6.1 Extraction des boues

L'extraction ou évacuation des boues excédentaires sert à éliminer l'apport de boues constitué essentiellement des matières en suspensions contenues dans l'eau brute et décantées lors de la phase décantation, des composés solides issues des réactions des réactifs chimiques avec l'eau, de l'accumulation sur filtres à sables des particules non piégées à l'étape de décantation. Les boues sont extraites régulièrement des décanteurs. Cette régularité est nécessaire afin d'éviter la prise en masse des boues et les bouchages des conduites du réseau d'extraction.

D'extraction sont choisis par l'opérateur et ce pour créer, maintenir ou réduire le niveau de boue dans le décanteur. En effet, ce choix est étroitement dépendant et fonction de la turbidité d'entrée ou exactement la quantité de matière en suspension d'eau brute et la quantité massique des réactifs de dosage appliqués (principalement le Sulfate d'alumine). Un calcul approximatif de la quantité massique de boue formée quotidiennement avec détermination au laboratoire de la concentration de ladite boue permet ainsi de déterminer une quantité volumique de boue qui sera par la suite évacuée à des intervalles de temps égaux permettant une bonne maîtrise du niveau de boue des décanteurs et de maintenir entre autres une qualité de boues à recycler stable. Soit par exemple :

- Débit de production 1890 m³ /h
- Turbidité Eau brute : 20 NTU
- Turbidité à la sortie des décanteurs 5 NTU
- Dosage des réactifs (Sulfate) 10 ppm

- Concentration de la MES 1 mg/l par 1 NTU
- Concentration de boues mesurée au labo 10 g/l

Sur la base de ces données :

- Quantité de boues formées durant 1 jour :

$$\begin{aligned} \text{MES (j)} &= (15+10) \times 1890 \times 20 \text{ h} = 945 \text{ Kg MES /j} \\ &= 945/10 = 95 \text{ m}^3/\text{j} \end{aligned}$$

En fonctionnement stable, il s'agira de maintenir un niveau de boues légèrement au-dessus de la ligne intermédiaire de prise de boue recerclée. C'est à dire extraire la quantité de boue contre balançant à la quantité de boue entrante.

IV.6.2 Recirculation des boues

La recirculation des boues est également une étape essentielle du processus d'ensemble de la clarification. En effet, pour améliorer l'étape de coagulation - floculation, une partie du débit des boues épaissies (1 à 5 % du débit nominal.) est recerclée. La boue recerclée peut être extraite à trois différentes hauteurs Son résultat dépend de divers critères parfois interdépendants et en particulier :

- Pouvoir tampon de l'eau brute.
- Type de dosage de réactifs employés
- Energie dissipée en brassage lent.
- Température de l'eau.
- Teneur en matières en suspension et nature de celles-ci.

Conclusion

Les deux stations de traitement (Sidi Amar et Sidi Mhamed Ben Taiba) éliminent les matières en suspension, les algues, les bactéries et les virus de l'eau. Ce processus de traitement donne une eau claire et limpide, d'un goût frais et qui, après traitement, sera sans danger pour la consommation. Pour cela, l'eau doit subir plusieurs traitements qui nous avons expliqué dans notre chapitre.

Chapitre V.
L'analyse de l'eau

V. Introduction

D'après la description de la station de traitement nous constatons qu'on peut faire une récupération d'une partie importante d'eau à partir des boues liquides qui sortent en vidange de bassin de décantation.

Pour confirmer ce choix nous avons jugé nécessaire de faire des analyses de ses boues de vidange et voir leur possibilité de la récupération.

V.1 Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau

Les principaux renseignements sont [59] :

- 1) Identité du préleveur.
- 2) Date et heure du prélèvement.
- 3) Particulier ou autorité demandant l'analyse.
- 4) Motif de la demande d'analyse (analyse initiale ou contrôle périodique, pollution, et).
- 5) le type de traitement utilisé.
- 6) Nom du point d'eau et localisation précise.
- 7) Origine de l'eau (source, puits, forage, rivière, lac, barrage, citerne, etc.). Aspect particulier (couleur, débris, irisation, odeur, etc.).
- 8) Température de l'eau à l'émergence et celle de l'atmosphère au moment du prélèvement. Conditions météorologiques du moment (précipitations, vent, pression atmosphérique, etc.).
- 9) Débit approximatif à la minute ou à la seconde.
- 10) Nature géologique des terrains traversés, aspect du milieu naturel.

V.2 Principales analyses à effectuer sur site

De nombreuses réactions (chimiques, physiques ou biologiques) peuvent se produire au sein d'un échantillon destiné à l'analyse, modifiant sensiblement les concentrations de certains éléments. Les principaux facteurs de variation sont associés [59] :

- aux variations de température et de pression, influençant en particulier la solubilité des gaz dissous dans l'eau,
- à la dissolution d'anhydride carbonique, qui pourra provoquer des modifications du pH et éventuellement de la conductivité,

- à des réactions d'oxydation par l'oxygène dissous (par l'oxygène de l'air ou par celui présent dans l'échantillon), réactions qui peuvent affecter aussi bien des composés minéraux,
- à la dissolution d'oxygène, modifiant sa teneur dans le milieu avec éventuellement des incidences sur les perturbations par oxydation,
- à des réactions de précipitation, souvent influencées par des variations de pH, elles-mêmes généralement associées à des variations de la teneur en anhydride carbonique dissous,

V.3 L'échantillonnage

L'étape d'échantillonnage influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus. Des précautions élémentaires doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif afin de minimiser les risques associés à la contamination de l'échantillon par le préleveur et de permettre le maintien de l'intégrité des échantillons. Les échantillons peuvent être contaminés par un manque de soins dans l'application des techniques d'échantillonnage. Ainsi, il incombe au préleveur de s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport adéquat des échantillons avant qu'ils ne soient soumis à un laboratoire accrédité. Il est également de la responsabilité du préleveur de s'assurer de la représentativité de l'échantillon lorsque des analyses sur place sont effectuées [59].

V.4 Méthode de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Globalement, De toute façon, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif.

Les cellules de mesure des différentes trouses doivent être propres et transparentes. Il faut les rincer avec l'échantillon avant de les remplir et d'ajuster le niveau de liquide. Il faut ensuite les essuyer avec un tissu propre et doux avant d'effectuer les comparaisons de couleur pour que les parois externes soient propres et sèches. Les cellules doivent toujours être remplies au niveau demandé pour éviter des écarts dans les mesures.

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté ou en polyéthylène haute densité (PEHD) avec des bouchons en téflon lavés avec une solution détergente à chaud et rincés avec de l'eau déminéralisée puis séchés, est recommandé. Ces flacons sont susceptibles de réutilisation après un lavage adéquat si l'échantillon n'est pas excessivement pollué. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse des éléments minéraux seront traités à l'acide nitrique environ N, puis rincés abondamment, égouttés, fermés mais non séchés [59].

Nous avons essayé de respecter les conditions de prélèvement pour avoir un échantillon représentatif ; pour cela nous avons pris plusieurs échantillons pour des temps différents nous avons mélangé ces eaux avant pour avoir un échantillon représentatif

V.5 Méthodes d'analyse

Matériel utiliser pour analyse

a-PH mètre

C'est un appareil qu'on utilise pour déterminer le potentiel redox de l'eau.

b-turbidimètre

C'est un appareil qu'on utilise pour déterminer les matières en suspension dans l'eau.

c-conductimètre

C'est un appareil permettant de mesurer la conductivité d'une solution .il est constitué de deux parties : un boîtier électronique qui affiche la valeur de la conductivité et d'une cellule qui mesure cette valeur.

2- les verreries utilisées

- a- Bêchers 500ml.
- b- Fioles jaugées 100ml.
- c- Eprouvettes.

V.6La matière en suspension (MES)

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

La technique de détermination de MES

Dans notre travail on a utilisé la séparation par filtration comme technique pour la détermination de MES.

Donc nous avons utilisé des filtres de faible porosité pour obtenir une bonne séparation.

Méthode par filtration

1- Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle [59].

Après la filtration nous avons utilisé le séchage qui est une méthode thermogravimétrique où l'échantillon est séché à température constante pendant une durée définie. La quantité est déterminée en pesant l'échantillon avant et après le séchage.

Calcul de la matière MES

Nous allons utiliser la relation suivante :

$$E = \frac{(m1-m0).10^6}{v}$$

Avec :

E : quantité du MES en (mg/l)

m1 : Poids du (filtre + solide) (g)

m0 : Poids du filtre vide (g)

V : volume d'échantillon utilisé (ml)

Nous avons travaillé avec un volume constant pour les quatre échantillons

$$V=50 \text{ ml}$$

AN :

Pour notre échantillon nous avons :

$$\text{Et } E = \frac{(m1-m0).10^6}{v} \quad E= 11.5778$$

V.7 Présentation des résultats

Nous avons transporté l'échantillon au laboratoire de l'école nationale d'hydraulique et nous avons analysé l'eau à l'aide des matériels d'analyse appropriés nous avons réalisé des analyses en suivant le protocole citer avons.

Nous avons obtenu les résultats présentés dans le tableau 4.

Tableau 04 : les résultats d'analyse

Echantillon	1
pH	7.94
T °C	24.3
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	0.828
Turbidité NTU	1357
MES g/l	11.58

V.8 Interprétation du résultat

- La température égale à 24.3°C acceptable.
- Le pH égale à 7.94 entre 6.5 et 9.5 aux normes.
- La turbidité égale à 1357 NTU est une valeur élevée, pas dans les normes, eau sale.
- la Conductivité égale à 0.828 $\mu\text{s}/\text{cm}$, elle n'est pas dans les normes.
- les MES égale à 11.58 g/l est une valeur élevée, elle provoque une obstruction de l'eutrophisation, empêcher l'oxygénation de l'eau, et si tout à fait normale car cette eau est l'eau de vidange de décanteur.

Conclusion

Le but de faire ses analyses d'eau est de connaître les paramètres qu'elles contiennent, de les comparer aux normes internationales, et de connaître la technique de les traiter pour la séparation des matières en suspensions qu'ils contiennent.

Chapitre VI. Dimensionnement de la chaîne de récupération

De l'eau à partir de la boue

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

VI. Introduction

D'après le résultat d'analyses des boues issu de bassin de décantation nous constatons qu'on peut récupérer de quantité importante en utilisant une décantation associée à une filtration.

Le dimensionnement des décanteurs sont souvent effectués à partir de calcul fondé sur la théorie de Hazen qui est une des théories qui sont basées les modèles conceptuels où semi-empiriques intègrent les facteurs complexes en essayant de décrire le concept physique du comportement du système par une représentation plus simple. Les modèles de ce type, tout en conservant une certaine signification physique, sont cependant dépourvus de réalité physique.

D'une façon générale, le dimensionnement consistera à déterminer deux paramètres principaux :

- La surface du décanteur qui sera d'autant plus grande que les vitesses de décantation sont faibles ainsi une bonne élimination de MES
- La profondeur du bassin qui déterminera le temps de séjour de la suspension dans le bassin. Ce temps devra être suffisant pour permettre la formation d'une boue au fond de l'ouvrage.

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

VI.1 Le choix de la technique

Après avoir procédé à une analyse de l'échantillon que nous avons effectué, il nous apparut clairement qu'il était nécessaire de choisir la décantation comme technique.

VI.2 La station de traitement Sidi Mhamed Ben Taiba

VI.2.1 déterminations de débit de la pompe de vidange et les caractéristiques de matériau à éliminer

La pompe de la vidange travail deux fois par jour

Le débit de la pompe pour la vidange égale à 1445 l/min

30 min le matin donc 43.35 m^3

30 min le soir donc 43.35 m^3

Alors : $Q = 86.7 \text{ m}^3/\text{j}$

La quantité de MES

Après le traitement de coagulation floculation le diamètre des particules reste est :

$$\varnothing \leq 100 \mu\text{m}$$

Donc nous allons prend : $\varnothing = 10 \mu\text{m}$

La masse volumique des particules

Nous avons fait une mesure de masse volumique et on a trouvé environ 1700 kg/m^3

Donc $q_p = 1700 \text{ kg/m}^3$

VI.3 Dimensionnement de la chaîne de traitement de ces eaux

VI.3.1 Principe de la décantation

Toute particule présente dans l'eau est soumise à deux forces. La force de pesanteur, qui est l'élément moteur, permet la chute de cette particule. Les forces de frottement dues à la traînée du fluide s'opposent à ce mouvement. La force résultante en est la différence. STOKES a établi à partir de ces données, la loi qui permet de calculer la vitesse limite de chute d'une particule.

$$v_L^2 = \frac{4 d_p \rho_s - \rho_l}{3 C_D \rho_l} g$$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

$$C_D = aR_{ep}^{-n}$$

$$R_{ep} = \frac{d_p \cdot \rho_l \cdot v_p}{\mu}$$

Avec v_L : vitesse limite de chute de la particule (m/s)

d_p : diamètre de la particule (m)

C_D : coefficient de traînée

q_s : masse volumique du solide (kg/m³)

q_l : masse volumique du fluide (kg/m³)

g : accélération de la pesanteur (m/s²)

a, n : constantes

Re_p : nombre de Reynolds particulaire

v_p : vitesse de la particule (m/s)

a et n sont fonction du régime :

- Laminaire ($10^{-4} < Re_p < 1$)
 $a = 24$
 $n = 1$
- Intermédiaire ($1 < Re_p < 10^3$)
 $a = 18,5$
 $n = 0,6$
- Turbulent ($10^3 < Re_p < 2 \cdot 10^5$)
 $a = 0,44$
 $n = 0$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

VI.3.2 Géométrie du décanteur

Nous avons choisi trois types des décanteurs longitudinale (circulaire et rectangulaire) et lamellaire) pour la récupération de l'eau à partir de la boue qui demandent peu de maintenance et une main d'œuvre peu qualifiée.

VI.3.3 Dimensionnement du décanteur circulaire

Le calcul du décanteur se fera en fonction de la vitesse de chute limite des particules et du temps de séjours de l'effluent et la charge d'effluent en pollution. Le temps de séjours est compris entre 1 et 2 heures.

Notations

Ts : temps de séjour dans le décanteur (s)

Q : débit de la pompe (m³/h)

v_l: vitesse limite du chute (m/h)

V : le volume du décanteur (m³)

H : hauteur du décanteur (m)

D : le diamètre du décanteur (m)

S_h : La surface horizontale du décanteur (m²)

Données

$$Q = 86.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{\text{eau}} = 999,7 \text{ kg/m}^3$$

$$l_{\text{eau}} = 1,307 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$$

$$q_p = 1700 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Le décanteur doit permettre la décantation de tous particules supérieures à 0.01 mm

La vitesse limite de chute :

En deduire la charge superficielle (vitesse limite de chute) :

AN :

$$d_p = 0.01 \text{ mm}$$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

$$Q_p = 1445 \text{ l/min} = 2080.8 \text{ m}^3/\text{j} = 86.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Régime laminaire} \Rightarrow v_l = \frac{1}{18} d_p^3 \frac{\rho_s - \rho_l}{\mu} g$$

$$v_l = 0.268 \text{ mm/s.}$$

On prend la vitesse limite : $v_l = 1 \text{ m/h}$

La surface horizontale du décanteur :

$$v_l = Q_p / S_h \iff S_h = Q_p / v_l$$

AN :

$$S_h = 86.7 / 1 = 86.7 \text{ m}^2$$

$$S_h = 86.7 \text{ m}^2$$

Volume du décanteur :

Le temps de séjours doit être limité pour des raisons biologiques et économiques, on prendra.

$$t_s = 1.15 \text{ heure.}$$

$$V = Q_p \times t_s$$

AN :

$$V = 86.7 \times 1.15 = 99.71 \text{ m}^3$$

$$V = 99.71 \text{ m}^3$$

Hauteur du décanteur :

$$H = V / S_h$$

AN :

$$H = 99.71 / 86.7 = 1.15 \text{ m}$$

$$H = 1.15 \text{ m}$$

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement de 0.75 m ; donc on prend la hauteur totale $H_t = 1.9 \text{ m}$.

Le diamètre du décanteur :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{H \cdot \pi}}$$

AN :

$$D = 10.80 \text{ m}$$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

Détermination du temps de séjour :

$$T_s = V / Q_p$$

AN:

$$T_s = 99.71/86.7 = 1\text{h } 9\text{ min}$$

$$T_s = \mathbf{1\text{h } 9\text{ min}}$$

VI.3.4 Dimensionnement du décanteur rectangulaire

Géométrie du décanteur

Nous avons choisi un décanteur longitudinal rectangulaire qui demande peu de maintenance et une main d'œuvre peu qualifiée.

La forme correspondant au meilleur hydraulique donne alors un rapport de 1/6 entre la largeur et la longueur de l'ouvrage de décantation. Les décanteurs sont allongés autant que possible dans la limite de 80 m, avec une profondeur comprise entre 1,5 et 2 m (exceptionnellement 3) pour assurer un écoulement laminaire stable en filets parallèles. Il faut noter qu'une durée de traversée supérieure à 3h engendrerait des risques de fermentation, ce qui nuirait au rendement de la décantation du fait de la remontée des boues déposées par la formation de bulles gazeuses.

Le raclage est assuré par des ponts racleurs qui se déplacent suivant un mouvement de va et vient. Ils raclent les boues à contre-courant uniquement pour éviter que les matières légères ne soient entraînées dans la surverse.

Dimensionnement du décanteur

Notation :

t_d : Temps de décantation (temps mise pour toucher le sol) (s).

t : Temps de séjour dans le décanteur (s)

V_l : La vitesse limite de chute de la particule (m/s).

Q : Débit à traiter (m^3/s).

l : largeur de décanteur (m).

L : longueur de décanteur (m).

h : La hauteur de décanteur (m).

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

A : aire au sol ($A=l.L$) (m^2).

S : section de décanteur (m^2).

Données :

$$Q = 86.7 \text{ m}^3/h$$

$$\rho_{\text{eau}} = 999,7 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{eau}} = 1,307 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}$$

$$\rho_p = 1700 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

La vitesse limite de chute

On déduit la charge superficielle (vitesse limite de chute) :

AN :

$$d_p = 0.1 \text{ mm}$$

$$Q_p = 1445 \text{ l/min} = 2080.8 \text{ m}^3/j = 86.7 \text{ m}^3/h$$

$$\text{Régime laminaire} \Rightarrow v_1 = \frac{1}{18} d_p^3 \frac{\rho_s - \rho_l}{\mu} g$$

$$v_1 = 0.268 \text{ mm/s.}$$

Donc la vitesse limite : $v_1 = 1 \text{ m/h}$

La surface au sol minimale

$$A = \frac{Q}{v_1}$$

AN :

$$A = 86.7 \text{ m}^2$$

Largeur de décanteur :

$$A = l.L$$

En générale on a : $L = 6.l$

$$\text{Alors : } A = 6.l^2 \quad \Longrightarrow \quad l = \sqrt{\frac{A}{6}}$$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

AN :

$$l = 3.80 \text{ m}$$

Longueur de décanteur :

$$L=6.l$$

AN :

$$L = 22.80 \text{ m}$$

L'efficacité d'un décanteur lamellaire ne répond pas de la profondeur, donc on pose $H=1\text{m}$.

Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement de 0.75 m ; donc on prend la

Hauteur totale $H_t=1.75 \text{ m}$.

Le volume de décanteur

$$V = L.l.H$$

AN:

$$V = 86.7 \text{ m}^3$$

$$V = 86.7 \text{ m}^3$$

Le temps de séjour

Le temps de séjour vaut alors :

$$t_s = \frac{L.l.H}{Q}$$

AN :

$$T_s = 1\text{h}$$

VI.3.5 Dimensionnement du décanteur lamellaire

La décantation lamellaire est l'un des procédés que l'on peut mettre en œuvre pour séparer la pollution véhiculée dans les eaux de ruissellement. Les décasteurs lamellaires présentent l'avantage d'être à la fois des ouvrages compacts comparativement aux bassins de retenues, mais également, d'offrir des performances élevées du fait de leur surface de décantation très étendue. L'optimisation de leur fonctionnement hydraulique devrait permettre

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

d'obtenir un écoulement homogène sur toute la surface de décantation, et des conditions d'écoulement proche d'un régime laminaire.

L'hypothèse de dimensionnement :

-un régime laminaire permanent.

Le modèle choisit est le modèle de Hazen parce qu'il reste le simple et le plus pratique.

Le principe consiste à comparer la vitesse de sédimentation des particules V_s , avec la charge hydraulique superficielle V_h (rapport de débit Q et la surface de décantation S)

Cette notion est établie en adoptant les hypothèses simples (citer avant) mais constitue une base solide pour le dimensionnement de tout type de décanteur. C'est donc le modèle idéal de décantation donnée par la relation :

$$V_s > \frac{Q}{S_h} > V_h$$

Toutes les particules dont la vitesse de sédimentation est inférieure à la vitesse de Hazen ne seront pas éliminées sauf si elles entrent dans la zone de décantation à une hauteur donnée h .

Dans ce cas, la fraction de particules éliminées est $F = \frac{V_s}{V_h} = \frac{h}{H}$

En conclusion, les dimensions du bassin (l , L) doivent être calculé de façon que la charge hydraulique superficielle soit égale à la vitesse de chute V_s préalablement choisie.

Une vitesse de 0,44 m/h pour un décanteur lamellaire.

- La vitesse limite de chute

$$v_1 = 0,44 \text{ m/h}$$

$$Q_p = 86.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

La surface au sol minimale :

$$S = \frac{Q}{v_1}$$

AN:

$$S = 197.05 \text{ m}^2$$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

Comme la surface lamellaire est en moyenne de $10 \text{ m}^2/\text{m}^2$ d'emprise au sol, la taille du bassin sera réellement 19.71 m^2 d'emprise au sol.

Alors : $A = 19.71 \text{ m}^2$

Un décanteur lamellaire est 4 fois plus compact qu'un décanteur classique dans ce cas. Et plus le volume corrigé est important, plus cette valeur s'accroît.

On a choisi un Décanteur lamellaire **compact** de type **DLC**.

Lamelles autonettoyantes lissées de 3 mm d'épaisseur, garantissant une grande stabilité de l'ensemble du bloc sur la durée.

Forme des lames : **hexagonale**

Largeur de décanteur :

$$A = l \cdot L$$

En générale on a : $L = 6 \cdot l$

$$\text{Alors : } A = 6 \cdot l^2 \quad \Longrightarrow \quad l = \sqrt{\frac{A}{6}}$$

AN :

$$l = 1.81 \text{ m}$$

Longueur de décanteur :

$$L = 6 \cdot l$$

AN :

$$L = 10.87 \text{ m}$$

Le Hauteur de décanteur :

L'efficacité d'un décanteur lamellaire ne dépend pas de la profondeur, donc on pose $H = 1 \text{ m}$. Il faut prévoir une hauteur de revanche contre le débordement de 0.75 m ; donc on prend la

Hauteur totale $H_t = 1.75 \text{ m}$.

Le volume de décanteur :

$$V = L \cdot l \cdot H$$

AN :

$$V = 35 \text{ m}^3$$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

Le temps de séjour

$$t_s = \frac{L.l.H}{Q}$$

AN :

$$T_s = 1h$$

La séparation des lames :

$$e = 50 \text{ mm}$$

Calcule du nombre de plaques :

$$N = \frac{L}{e^2}$$

AN :

$$N = 465$$

Types de matériaux choisis :

Les deux types de matériaux existants sont : P.V.C et tôle galvanisée ; la nature du matériau recherchée est importante sur trois points [18] :

- 1) Rugosité : le plus faible possible
- 2) Rigidité
- 3) Longévité

Le Galvaniser au cours des années révèle une rugosité plus élevée. Celle-ci empêche le glissement de la boue et entraîne des dysfonctionnements liés à :

- Des phénomènes d'anaérobiose sur les plaques
- Des phénomènes de colmatage

Donc il est préférable de choisir le **P.V.C**

Dimension des plaques en PVC :

- Longueur : **1.4 m**
- Largeur : **1.0 m**
- Epaisseur : **3 mm**
- Inclinaison des lamelles : **60°**

Chapitre VI Dimensionnement de la chaîne de récupération d'eau à partir de la boue

Avantages de la technologie lamellaire

- **Emprise au sol <90%** : La technologie de décantation lamellaire permet de traiter l'eau sur une surface 10 fois plus réduite qu'un clarificateur traditionnel.
- **Pas de pièces en mouvement** : Tous les décanteurs lamellaires sont fixes. Sans pièces mobiles, ils ne requièrent que peu d'entretien et de maintenance.
- **Surcharges hydrauliques** : La décantation lamellaire est un processus de clarification plus rapide. Un décanteur lamellaire peut fonctionner avec des débits de pointe de 2 à 4 fois supérieurs à ceux des clarificateurs traditionnels.
- **Pas de produits chimiques** : Grâce à une conception simple, les décanteurs lamellaires fonctionnent sans produits chimiques. Ils sont donc capables d'agir comme prétraitement pour les processus membranaires délicats par exemple.
- **Coagulation floculation** : Les performances peuvent être améliorées grâce à l'action des flocculant et des coagulants. Ces produits chimiques permettent d'agglomérer les particules entre elles. Plus lourdes, elles décantent mieux, ce qui accroît la pureté des eaux traitées, en améliorant même l'élimination du phosphore lorsque la coagulation est du FeCl_3 .

VI.4 La station de traitement Sidi Amar

Le déroulement de vidange dans la station de traitement

La pompe de la vidange travail une fois par jour pendant 1h le matin.

Le débit de la pompe pour la vidange égale à 1800 l/min

Alors : $Q = 108 \text{ m}^3/\text{h}$

La quantité de MES

Je suppose que la quantité des boues l'équides et la même quantité de station de traitement de Sidi Mhamed Ben Taiba.

Alors en prendre : $\phi = 10 \mu\text{m}$

Et la masse volumique des particules $q_p = 1700 \text{ kg/m}^3$

Chapitre VI Dimensionnement de la chaine de récupération d'eau à partir de la boue

VI.5 Dimensionnement de la chaine de traitement de ces eaux

Nous avons fait les mêmes calculs de station Sidi mhamed Ben Taiba pour la station de Sidi Amar pour les trois types des décanteurs longitudinale (circulaire et rectangulaire) et lamellaire) pour la récupération de l'eau à partir de la boue.

Nous avons obtenu les résultats présenter dans le tableau 5.

Tableau 5 : les résultats de calculs

Défèrent paramètres	Vitesse De chute (m/h)	Débit (m3/h)	La surface (m2)	l (m)	L (m)	H (m)	D (m)	V (m3)	Ts
Type de décanteur									
Décanteur Circulaire	1	108	108	/	/	1.9	11.85	124.2	1h10min
Décanteur Rectangulaire	1	108	108	4.24	25.44	1.75	/	108	1h
Décanteur Lamellaire	0.44	108	24.45	2	12	1.75	/	42	1h

VI.6 Choix de décanteur

Après le dimensionnement des trois décanteurs pour les deux station (Sidi Amar et Sidi Mhamed ben Taïba) nous avons choisi le décanteur circulaire pour notre étude car ce type présente quelques avantages par rapport au décanteur rectangulaire et lamellaire ,il est facile à la réalisation et pour l'entretien, leurs constructions est relativement économique en raison de la faible épaisseur des parois circulaires de béton armé et de la faible densité d'armatures, aussi la facilité d'extraction des boues .

Conclusion

Après avoir choisi la technique de décantation pour traiter ses eaux, nous avons dimensionné plusieurs décanteurs pour les deux stations de traitement, et finalement nous avons choisi le décanteur circulaire qu'il va éliminer une grande quantité MES parce que la coagulation-floculation forme des floque supérieur à 10 um, l'eau il va être véhiculer directement au filtre existant.

Chapitre VII. Organisation de chantier

Introduction

L'organisation d'un chantier est l'ensemble des dispositions envisagées pour l'exécution dans les meilleures conditions possible d'un travail pour abaisser les coûts de production en favorisant à l'homme et à la machine un contexte favorable de façon à accroître la productivité.

Pour cela il faut :

- Définir avec précision les méthodes d'exécution, les modes opératoires permettant la mise en pratique des techniques modernes de construction avec un haut rendement.
- Repartir et coordonner les tâches par la contraction d'une main-d'œuvre spécialisée.
- Structurer convenablement les postes de travail stabilisés pour lesquels, on adopte une mécanisation de plus en plus poussée.

Arrêter en quantité et en qualité le personnel à employer, le coût de la main-d'œuvre ayant une influence importante sur le prix de revient.

VII.1 Travaux préparatoires et installation de l'entreprise

L'implantation d'un chantier nécessite un terrain en dégagant de larges espaces autour de l'entreprise de la prise d'eau, afin de ménager les diverses aires de stockages et des pistes de circulation d'engins, suivie de leur occupation progressive par les locaux, engins, poste fixe de travail.

Nous pouvons distinguer les installations suivantes :

VII.1.1 Installations destinées au personnel

En général, sont :

- **Abris-clos et vestiaire :** Local aéré, éclairé, chauffé en saison froide. Local avec armoires (surface minimum du local > 1.25 m² par personne).
- **Les réfectoires :** nous prévoyons un local de restauration si le nombre de repas > 25. Tables et sièges en nombre suffisant (surface minimum > 1.5 m² par personne).
Garde-manger et chauffe gamelles installées dans l'abri ou dans un lieu couvert.
- **Les installations sanitaires :** Lavabos ou rampes pour la toilette : 1 orifice au moins pour 5 travailleurs. Local avec lavabos : un lavabo pour 10 personnes au plus. Douches obligatoires pour tous travaux salissants : 1 pour 8 personnes.

- **Poste de secours :** Boîte de secours présente dans tous les types de chantiers. Un infirmier est obligatoire pour 200 personnes.
- **Les bureaux de chantier :** Le nombre de bureaux à installer est indiqué par la maîtrise d'œuvre dans les pièces écrites.

VII.1.2 Installations destinées au stockage des matériaux

Pour les ciments nous utilisons soit, des silos métalliques, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats stockés peuvent être en plein air, on doit seulement prévoir un croisement entre les différents types d'agrégats, pour éviter leur mélange et ce fait faciliter le dosage du béton, et les aciers, on doit les protéger dans des endroits de forte humidité (baraquement, hangars ...).

VII.1.3 Installations destinées à la réparation des engins

En général, les grosses réparations ne se font pas sur le chantier lui-même, mais il importe de disposer d'un atelier suffisamment bien équipé afin d'assurer l'entretien courant et les réparations d'urgence des différents matériels.

VII.1.4 Installation destinée pour la préfabrication

Pour cette installation, elle est constituée des hangars munis de matériel nécessaire permettant la réalisation des éléments de l'ouvrage tels que les poutres, dalles, conduites, murettes...etc [35].

VII.2 Moyens du chantier

VII.2.1 Moyens humains

En ce qui concerne les moyens humains pour la réalisation de l'ouvrage, on doit justifier la mise en œuvre du personnel compétant pour la réalisation des études préalables et pour la construction en précisant leurs titres et leurs compétences [35].

VII.2.2 Moyens matériels du chantier

Pour l'exécution des travaux de terrassement, divers engins sont utilisés suivant la nature des travaux à accomplir :

Pour le compactage qui consiste en une augmentation artificielle de la densité d'un sol par des moyens mécaniques on a les engins généralement utilisés ci-après [35] :

➤ **Compacteurs à pneus**

C'est un engin de compactage anciennement à traction animale, aujourd'hui motorisé, caractérisé par des roues cylindriques lisses ou à relief dit « pied de mouton »



Figure 32 : Compacteur à pneus [35]

➤ **Pelle hydraulique**

Cet engin de chantier est aussi connu sous le nom de pelleteuse, pelle ou excavatrice. Elle est constituée d'un châssis porteur à chenilles ou à pneus et surmontée d'une tourelle dotée d'une rotation continue de 360 degrés. Cette tourelle porte le moteur, les organes hydrauliques (pompes, moteur, vérins), le poste de conduite et l'équipement (flèche, balancier, godet).

Le poids d'une pelle hydraulique sur pneus peut atteindre jusqu'à 127 tonnes tandis que sur chenilles il peut atteindre jusqu'à 980 tonnes. La popularité des machines hydrauliques est dû à leur très grande puissance ainsi qu'à la grande variété d'organes mécaniques pouvant utiliser cette puissance.

La pelleteuse est utilisée pour des travaux [35] :

- ✓ De terrassement
- ✓ D'extraction (chargement de matériaux dans une carrière...)

- ✓ De réalisation et nettoyage de fossés et de talus...
- ✓ De fondations spéciales (forage, parois moulées...), la pelle sera équipée du matériel : mouton, sonnette...



Figure 33 : Pelle hydraulique [35]

➤ Camions (damper)

Les camions favorisent le mélange de plusieurs horizons, sont plus adaptés lorsque la zone d'emprunt est éloignée du barrage ou à un relief très marqué



Figure 34 : Camion de chantier [35]

VII.3 Planification

VII.3.1 Définition

Elle consiste à chercher constamment la meilleure façon d'utiliser avec économie la main d'œuvre et les autres moyens de mise en œuvre pour assurer l'efficacité de l'action à entreprendre, elle consiste en :

- ✓ Installation des postes de travail
- ✓ Observations instantanées
- ✓ Analyse des tâches
- ✓ Chronométrage
- ✓ Définition des objectifs et des attributions
- ✓ Simplification des méthodes
- ✓ Stabilisation des postes de travail.

VII.3.2. Techniques de la planification

Il existe deux principales méthodes de planification à savoir [35] :

- Méthodes basées sur le réseau
- Méthodes basées sur le graphique

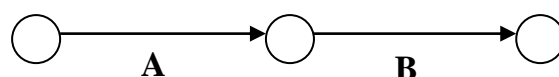
VII.3.2.1 Méthodes basées sur le réseau

A. Définition du réseau

Le réseau est une représentation graphique d'un projet qui permet d'indiquer la relation entre les différentes opérations qui peuvent être successives, simultanées, convergentes et la durée de réalisation. On distingue deux types de réseaux :

➤ Réseau à flèches

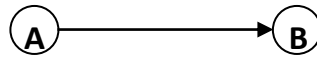
L'opération est représentée par une flèche et la succession des opérations par des nœuds.



L'opération **A** précède l'opération **B**

➤ Réseau à nœuds

L'opération est représentée par un nœud et la succession des opérations par des flèches



L'opération (B) ne peut commencer que si l'opération (A) est complètement achevée.

B. Construction du réseau

Pour construire un réseau il convient d'effectuer les quatre (4) opérations suivantes :

a. Etablissement d'une liste des tâches

Il s'agit dans cette première phase de procéder à un inventaire très précis et détaillé de toutes les opérations indispensables à la réalisation d'un projet.

b. Détermination des tâches antérieures

Après avoir dressé la liste des tâches à effectuer, il n'est pas toujours facile de construire un réseau car il n'est pas aisé de dire si les tâches antérieures doivent être successives ou convergentes.

- ✓ Construction des graphes partiels.
- ✓ Regroupement des graphes partiels.
- ✓ Détermination des tâches de début de l'ouvrage et de fin de l'ouvrage.
- ✓ Construction du réseau.

c. Méthode du chemin critique (*Critical Path Method /CPM*)

L'objectif de cette méthode est de réduire les temps de réalisation d'un ouvrage en tenant compte de trois phases :

1^{ère} phase : l'effectif nécessaire pour effectuer le travail considéré.

2^{ème} phase : analyser systématiquement le réseau, heure par heure, jour pour jour.

3^{ème} phase : adapter le réseau aux conditions ou contraintes fixées par l'entreprise.

d. Les étapes de la planification

La planification est le processus de la ligne de conduite des travaux à réaliser, elle comprend des étapes suivantes :

o Collection des informations

L'établissement d'une synthèse d'analyse des informations acquises par des études comparatives permet l'usage correct du plan de réalisation de notre projet.

o Décomposition du projet

C'est une partie importante car chaque projet peut être analysé de diverses manières, nous attribuons à chaque tâche un responsable et ses besoins en matériels.

VII.3.2.2 Relations entre les tâches

Il existe deux relations essentielles entre les tâches lors de la réalisation ; l'une porte sur un enchaînement logique et l'autre sur un enchaînement préférentiel.

A. Les paramètres de la méthode C.P.M

Les paramètres indispensables dans l'exécution de cette méthode sont les suivants :

DCP	TR
DFP	DCPP
DFPP	MT

Avec :

TR : temps de réalisation

DCP : date de commencement au plus tôt

DCPP : date de commencement au plus tard

DFP : date de finition au plus tôt

DFPP : date de finition au plus tard

MT : marge totale.

Et :

$$DFP = DCP + TR$$

$$DCPP = DFPP - TR$$

B. Chemin critique (C.C)

C'est le chemin qui donne la durée totale du projet (DTR) reliant les opérations possédant la marge totale nulle (0).

Donc pour retrouver un chemin critique il suffit de vérifier la double condition suivante :

$$C.C \Leftrightarrow \begin{cases} MT = 0 \\ \sum TR_{cc} = D.T.P \end{cases}$$

C. Attribution des durées de chaque opération

Pour l'attribution du temps, il est nécessaire de se baser sur deux points :

- Le nombre de ressources (moyens humains et matériels) ;
- Dimensions du projet.

En utilisant les normes C.N.A.T, on pourra appliquer la formule suivante :

$$T = \frac{Q.N}{n}$$

Avec :

Q : quantité de travail

N : rendement

n : nombre d'équipes

VII.3.2.3 Plannings des Travaux

Il existe trois types de plan de travail :

A. Plan de travail au plus tôt

Toutes les opérations commencent à leur date au plus tôt, l'entreprise opte pour ce type de planning lorsqu'elle est riche en moyens et travaille sur plusieurs chantiers.

B. Plan de travail au plus tard

Toutes les opérations commencent à leur date au plus tard ; les tâches ne sont pas retardées, l'entreprise opte pour ce type de planning quand ses moyens sont limités (plus économique).

C. Plan de travail intermédiaire

Les opérations commencent à une date intermédiaire, entre date au plus tôt et date au plus tard ; l'entreprise opte pour ce type de planning quand elle est riche et travaille sur un seul chantier (moyens parfaits).

VII.3.2.4 Symboles des différentes opérations

Ces symboles sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Symboles des opérations réalisées

Phases des Travaux	Opérations	Duré (jour)
Phase 01 : Travaux de préparation, installation de chantier ;	A	15
Phase 02 : décapages généraux et ouverture de la tranchée	B	7
Phase 03 : préparation des zones d'emprunt ;	C	10
Phase 04 : réalisation de l'ouvrage	D	20
Phase 05 : travaux des finitions	E	7

VII.3.3 Présentation du logiciel Gantt Project

L'outil Gantt Project permet de planifier un projet à travers la réalisation de diagrammes de Gantt ainsi que des diagrammes de ressources et des réseaux PERT.

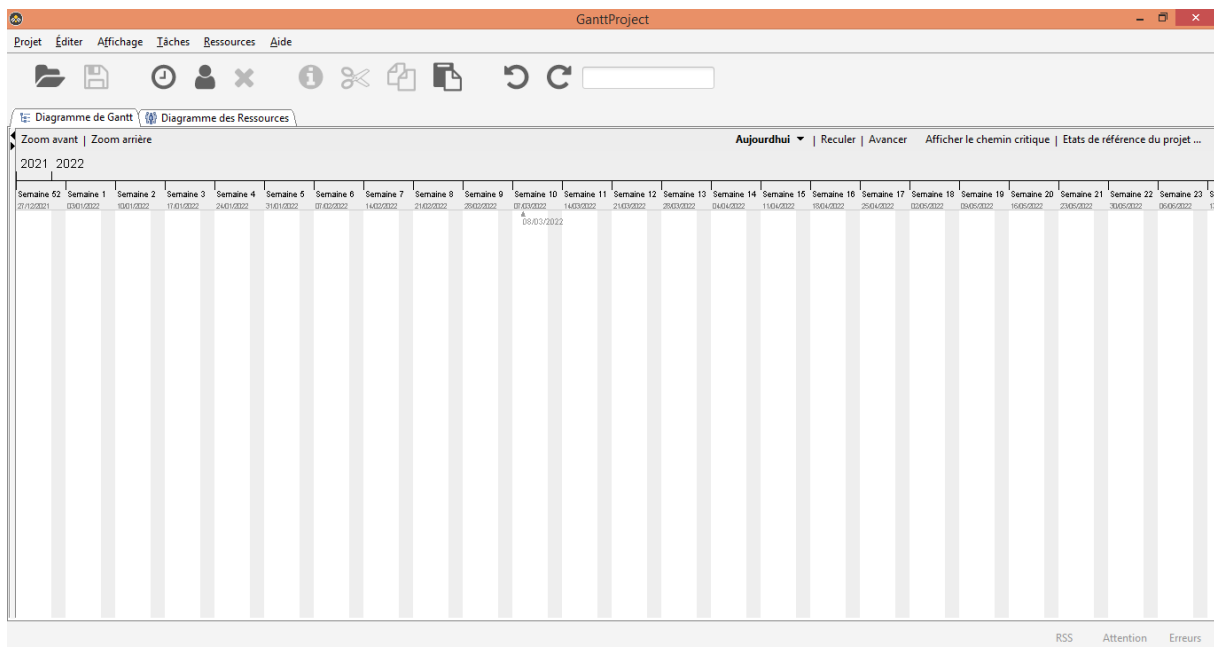


Figure 35 : Interface du logiciel Gantt Project

VI.3.3.1 Détermination du chemin critique :

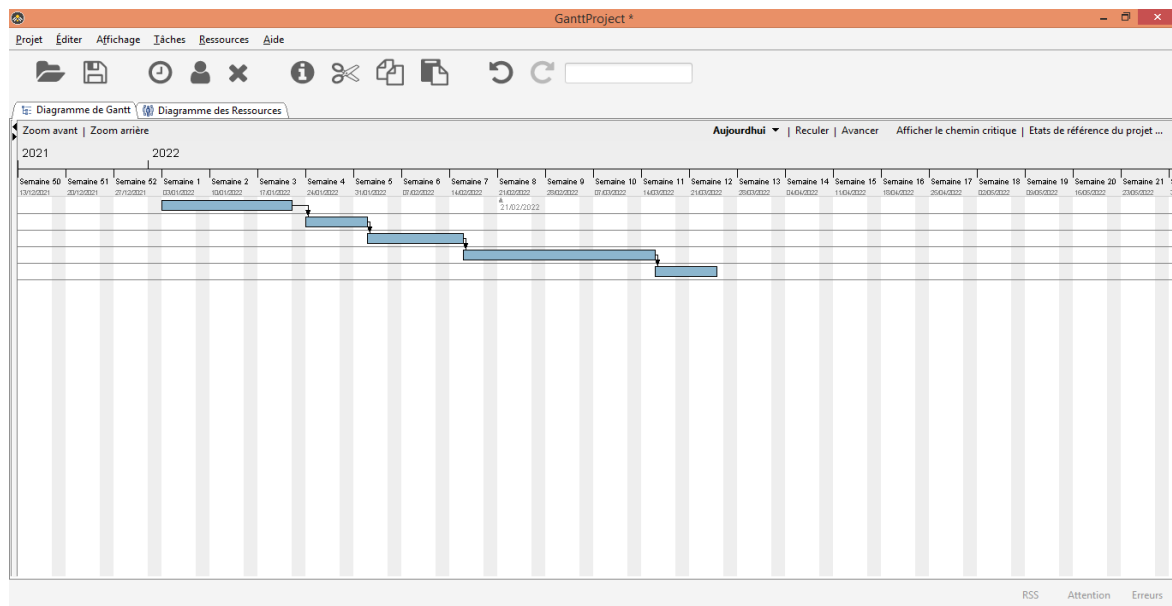


Figure 36 : Schéma du chemin critique

Le chemin critique est le suivant :

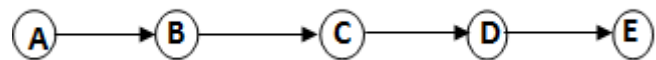


Figure 37 : chemin critique

VII.4 Devis estimatif du décanteur

Le devis estimatif du décanteur est déterminé en sommant le coût des différents travaux, à savoir les excavations, les remblais et le bétonnage pour l'évacuateur de crues et les autres ouvrages annexes

Ainsi on obtient les résultats pour les différents ouvrages :

Tableau 07 : Devis estimatif de décanteur circulaire pour la station de Sidi Mhamed Ben Taiba.

Désignation	Unité	Quantité	P.U (DA)	Montant (DA)
Déblai en terrain de toute nature y compris transport des déblais excédentaire à la décharge	m ³	55	1500	82500
Remblai	m ³	20	800	16000
Fourniture et pose conduite PEHD ϕ 300 PN10	ml	10	6500	65000
Fourniture et pose conduite PEHD ϕ 160 PN10	ml	20	3500	70000
Fourniture et mise en place du Béton de propreté 150 Kg/m ³ pour uyn épaisseur de 15 cm	m ³	16	15000	240000
Fourniture et mise en place du Béton armé 450 Kg/m ³ y compris coffrage métallique et décoffrage	m ³	45	52000	2340000
Fourniture et pose robinet-vanne en fonte ϕ 300 avec accessoires de raccordement	u	2	80000	160000
Fourniture et pose pompe HMT 20 débit 87.7 m ³ /h et compris tout accessoires	u	1	550000	550000
Montant en hors taxes (DA)	3523500			
TVA 19 %	669465			
Montant En TTC (DA)	4192965			

Conclusion

L'organisation du chantier est d'une importance primordiale dans la réalisation et l'achèvement dans les délais de tous les projets. Une bonne organisation est tributaire de la planification du chantier par une bonne définition du réseau par différentes méthodes. La recherche du chemin critique est très importante pour mieux justifier la décomposition du projet. D'après nos calculs, le temps de réalisation du notre décanteur est estimé à 2 mois avec un cout total de l'ouvrage de 42 millions de dinars algériens pour la station de sidi mhamed ben taiba.

Conclusion générale

L'objectif principale visé par cette étude est la récupération d'eau à partir des boues liquides de station de traitement par une technique qui nous avons choisi est la décantation.

La décantation est une opération unitaire, parmi les techniques de séparation liquide - solide basée sur le phénomène de sédimentation, qui consiste à séparer d'un liquide les particules en suspension en utilisant les forces gravitaires, pour qu'il puisse y avoir séparation effective faut-il encore que les forces de gravité soient suffisamment élevées par rapport aux effets antagonistes, et à cette technique en utilise les décanteur pour assurer une bonne séparation, Bonne stabilisation des boues, Exploitation aisée, Faibles coûts d'investissement et d'exploitation.

Effet de frottement, champ de turbulence, répulsion électrostatique courant de convection, Toutes les constructions de décanteurs modernes conçues pour clarifier l'eau sont en état dynamique, car la décantation des matières en suspension se passe pendant l'écoulement continu de l'eau de l'entrée à la sortie. Par ailleurs la vitesse d'écoulement d'eau dans les décanteurs doit être très faible pour ne pas perturbée la décantation des particules en suspension par le mouvement et des turbulences de l'eau.

Mon travail consiste à prévoir une installation d'un décanteur dans les stations de traitement des eaux potable de Sidi Mhamed Ben Taiba wilaya d'Ain Defla et Sidi Amar Wilaya de Tipaza. Le but de cette implantation est l'augmenter la quantité d'eau produite dans la station, qui est une quantité importante qui était autrefois gaspillée, et cette quantité peut répondre aux besoins d'un petit village après les calculs que nous avons faits et les résultats d'analyses que nous avons obtenus, nous avons constaté que nous pouvons récupérer jusqu'à $74 m^3$ d'eau à partir des boues l'équidés, c'est une chose importante après la sécheresse que le monde est témoin ces derniers temps, en particulier l'Algérie.

Ce travail pourrait être développé dans le future pour trouver un bon chemin de récupération, en utilisant plusieurs variantes pour pouvoir comparer et choisir la meilleure.

Références bibliographiques

- 1- ABDENNOURI S ; MERDAOUI S . (2015). Traitement des rejets pétroliers par coagulation floculation, mémoire de master, Université Mouloud Mammeri. Tizi ousou, 84 p
- 2- ABOUZLAM M. (2014).Thèse pour l'obtention du grade de Docteur De L'université De Poitiers. Optimisation d'un procédé de traitement des eaux par ozonation catalytique.
- 3- AROUYA K. (2011).pollution des eaux, éd. Universitaires Européennes, 26 p.
- 4- BABINEAU D. (2002). Le guide de conception des installations de production d'eau potable.
- 5- BENYOUB A ; EL MAGROUD F Z. (2014). Traitement des eaux usées urbaines par coagulation- floculation et décantation, mémoire de Master, Université des sciences et de la technologie « Mohammed Boudiaf ». Oran, 96 p.
- 6- BOUAZZA L. (2011). Effet de coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz, mémoire de magister, université Abou Bekr Belkaid. Tlemcen, 106p.
- 7- CARDOT C. (2005). Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, éd. ellipses. Paris, p 247.
- 8- CARDOT C. (1999).). Génie de l'environnement, les traitements de l'eau, éd. ellipses. Paris, p 247.
- 9- CHEVAL. (1983). La désinfection des eaux d'alimentation. Ed. Lavoisier technique et documentation. Limoge, 118p.
- 10-COULIBALY K. (2005). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako, thèse de doctorat , Université de BAMAKO. Mali, 69 p
- 11-DEGREMONT. (2005). Mémento technique de l'eau, tome I, 10ème édition, Paris, 785p.
- 12-Degrémont ; Mémento technique de l'eau ; 9e édition 1989.
- 13-DESJARDINS R. (1997). Le traitement des eaux, 2ème édition revue et améliorée, école polytechnique de Montréal, p 304.
- 14-DESJARDINS R. (1997). Le traitement des eaux, 2ème édition revue et enrichie, école polytechnique de Montréal, p 304.
- 15-DUGUET J et al. (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine, 1ère édition ASTEE (association scientifique et technique pour l'environnement),839p.

- 16-FESTY B et al.** (2003).environnement et santé publique, éd. Tec&Doc .Paris, pp.334, 335,336.
- 17-GADIN-GOYON N.** (2002). thèse présenté à l'université de CLAUDE-BERNARD-LYON I
Qualité bactériologique de l'eau et impact en élevage bovin laitier .
- 18-GALAL-GORCHEV, H.** (1996), Chlorine in water disinfection, Pure & Applied hemistry 68.
- 19-GAUJOUS D.** (1995). La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire, éd. Tec&Doc. Paris, p 58,64.
- 20-GAUTHIER FANNY.** (2002). Mémoire de DESS. Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution. Université de Picardie-Amiens.
- 21-GAREAU P ; VANIER C.** (1999).gestion des stations des eaux municipales le long du Saint-Laurent, qualité des eaux des fleuves et possibilité de gestion en partenariat avec le secteur privé. Mémoire présenté par le comité ZIP Jacques-Cartier. Québec, 50p.
- 22-GODART H.** (2000) .Eaux de distribution clarification .Technique de l'ingénierie.
(2000) c51999).
- 23-GOMELLA C et al.** (1985). Guide de l'alimentation en eau dans les agglomérations urbaines et rurales. Tome I, éd. Eyrolle, Paris.
- 24-GRAINBORGE J.** (2015). Guide des analyses de la qualité de l'eau, éd. Territorial. Paris.
- 25-HARRAT N.** (2013). Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eau de surface, thèse de Doctorat en science, Université Mouhamed Khider . Biskra, 186 p.
- 26-HASLAY C ; LECLERC H.** (1993). Microbiologie des eaux d'alimentation, éd. Tec&Doc. Paris, 132p.
- 27-HERNANDEZ H** (2006). Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable.
- 28- Héctor Ricardo Hernández De León ;** « Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable», Thèse de doctorat à l'institut nationale des sciences appliquées de Toulouse, Année 2006.
- 29- Holland, F.A;** « Fluid flow for Chemical Engineers », New York, Chemical Publishing CO. Inc., 1973, 269 pages.
- 30-Jasques Mayet ;** «La pratique de l'eau»,2e édition mise à jour.
- 31-Jean Pierre Bechac, Pierre Boutin, Bernard Mercier et Pierre Nuer;**
« Traitement des eaux usées » V.I. Édition Eyrolles 1984.

- 32-KETTAB A.** (1992). Traitement des eaux, éd. Office Des Publications Universitaires. Place centrale de Ben-Aknoun (Alger), 151p.
- 33-KEMMER F.N** (1984). Manuel de l'eau, Ed. NALCO.
- 34-LADEL.** (2002). Cahier technique de stage XXI norme de qualité d'une eau de boisson, centre de formation aux métiers de l'eau, ADE, Tizi-Ouzou.
- 35-LAGARDETTE J.** (2004). L'eau potable et l'assainissement, éd. JOHANET. Paris, 154 p.
- 36-LAZAROVA V et al.** (2003). L'intérêt et la réutilisation des eaux usées. Analyses d'exemples mondiaux. *Techniques scientifique et méthodes.*
- 37-LEGUBE B.** (2015). Production d'eau potable, éd. DUNOD. Paris.
- 38-LOUNAS A.** (2009). Mémoire de Magister Présenté à l'université du 20 Août 1955 Skikda. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station hamdi-kroma de Skikda.
- 39-MANUEL DE BERGEY.** (1984). Systematic bacteriology ; 9th edition.
- 40-METAHRI MS.** (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 172 p.
- 41-MILOUS H.** (2011). Mémoire de magister. Modélisation par la méthode numérique de la dynamique des fluides du procédé de désinfection des eaux par les rayonnements ultraviolets (UV).
- 42- Mohamed - Said ouali;** «Cours de Procèdes unitaires biologiques et traitement des eaux », Chimie industrielle; Office de publications Universitaires.
- 43-MIZI A.** (2006). Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie-région de Bejaia et valorisation des déchets oléicoles, Thèse docteur d'état, Université Badji Mokhtar, Annaba, 189p.
- 44-MOHRI S ; OUBACHIR K.** (2013). Traitement d'un effluent de l'ENIEM par coagulation floculation, mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri .Tizi Ouzou . 58p.
- 45- Murphy, C.H;** « Handbook of particle sampling and analysis methods», Floride, Verlag Chem. International Inc., 1984, 354 pages.
- 46-OLIVIER A.** (2005). Chimie et pollution des eaux souterraines, éd. Technique et documentation, Lavoisier. Paris
- 47-PNUE / OMS.** (1977). Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague : 168p.
- 48-RAMADE F.** (1998). Dictionnaire encyclopédique de l'eau, éd. Ediscience international, Paris.

- 49-** Raymond Desjardins; « le traitement des eaux » édition de l'école polytechnique de Montréal, 1997.
- 50-** REJSEK F.(2002). Analyse des eaux, scéren .
- 51-** Robert Thomazeau ; « station d'épuration eaux potables – eaux usées », technique et documentation 1981.
- 52-** RODIER J. (2009). Analyse de l'eau, 9ème édition. Dunod, Paris, 1579p.
- 53-** RODIER J. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème édition. Dunod, Paris, 1579p.
- 54-** SATIN M. (1999). Guide technique de l'assainissement 2ème édition. Le moniteur. Paris.
- 55-** SHARPE M. E. (1979). Identification of the lactic acid bacteria, identification methods for microbiologists. Skinner F.A and D.W, lovelock (Edi). Academic press (London). 1233 - 1255p
- 56-** SIGG L et al. (2000). chimie des milieux aquatiques, 3ème édition. DUNOD. Paris, 567 p.
- 57-** SUEZ DEGREMONT. (2008). Notice D'exploitation Destinée Au Personnel De Maitrise. STE TAKSEBT. Algérie
- 58-** Springer Berlin, Heidelberg; «Colloid and Polymer Science », Vol 256;1987 No. 10, pp 1391 – 1405.
- 59-** jean Rodier . bernard LUGUBE ,Nicole MERLET et coll. livre analyse de l'eau.

Annexes

ANNEXE I. tableau des normes OMS en 2006

GROUPE DE PARAMETRE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		Acceptable
	Turbidité		Non mentionnée
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptables
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0,07
	Mercure (Hg)	mg/l	inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4
Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1,5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C2 H3 N1 O5 P1 3	µg/l	0.1
	Pesticides	mg/l	0.0001

Minéralisation Globale	THM (Trihalométhanes) CCl ₄	µg/l	4
	Calcium Ca ²⁺	mg/l	100
	Chlorures (Cl)	mg/l	250
	Dureté mg/l CaCO ₃	Ppm	200
	Sodium (Na)	mg/l	20
	Potassium (K ⁺)	mg/l	12
Parameters microbiologiques	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
	Clostridium Sulfito- Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spores des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonella	nb/5l	Absence

ANNEXE II. PH mètre



ANNEXE III. Turbidimètre



ANNEXE IV. Conductimètre

