

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

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID - TLEMCEM
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE



PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du Diplôme
MASTER en HYDRAULIQUE
Option : EAU SOL ET AMENAGEMENT

ETUDE ET DIMENSIONNEMENT D'UNE STATION
D'EPURATION DES EAUX USEES DE
L'AGGLOMERATION URBAINE DE SFISEF
(WILAYA DE SIDI BEL ABBES)

Présenté par: BOUASSABA Fatima Zohra

DEVANT LES MEMBRES DE JURY:

Mme: ADJIM F
Mr: ROUISSAT B
Mme: BOUCHELKIA F
Mr: BOUMEDIEN M

Président.
Examineur.
Examineur.
Encadreur.

Année universitaire:2012-2013



Remerciement

En premier lieu, je remercie Dieu qui nous a procuré ce succès.

À travers ce modeste travail, je tiens à remercier vivement mon promoteur Mr BOUMEDIEN pour avoir honoré en acceptant de m'encadrer et pour ses précieux conseils et orientations, ainsi que sa confiance tout au long de la préparation de ce projet.

J'exprime également ma gratitude à tous les professeurs et les enseignants qui ont collaboré à ma formation depuis mon premier cycle d'étude jusqu'à la fin de mon cycle universitaire.

Sans omettre bien sûr de remercier profondément tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

Enfin, et bien avant tout, que mes chers parents et familles, trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus sincères et les plus profonds en reconnaissance de leurs sacrifices, aides, soutien et encouragement afin de m'assurer cette formation de master dans les meilleures conditions.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes très chers parents qui sont la cause de m'être un jour un cadre qui peut donner quelque chose à sa patrie, qui n'ont jamais cessé de me soutenir matériellement et moralement pour que je puisse finir mes études et avoir une bonne formation et surtout être la meilleure et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitudes. Merci encore mille fois.

À mes chers sœurs : Keltoum, Imoun.

À mes chers frères : Sid ahmed, Mohamed, Houari, Sofiane.

À mon neveu Dalouch.

À mes chères cousins et cousines

À mes tante.

À toute la famille BOUASSABA.

À tous mes enseignants qui nous donnent le maximum durant nos études.

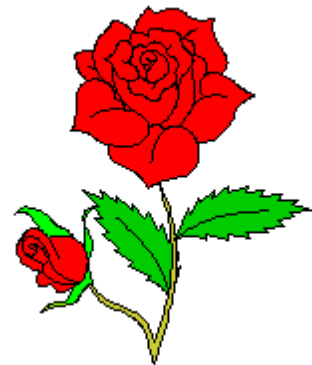
À mon cher future époux HAMZA et sa famille.

À tous mes amis: Sarah, Khadîdja, Hamza, Djalal

À tous ceux qui m'ont aidé durant ma vie universitaire.

À tous ceux que j'aime.

✂️ *BOUASSABA FZ.*



Introduction générale

L'eau est la ressource naturelle la plus précieuse, son importance pour la vie et comme composant de l'écosystème mondiale n'est pas à démontrer. Cette ressource, qui répond aux besoins fondamentaux de l'homme, est un élément clé pour le développement de toute société [1].

L'eau dans le monde a un impact fondamental sur l'économie. Elle est au centre des intérêts stratégiques. Elle est indispensable à l'être humain et c'est aussi un élément de production de richesse, un facteur de déstabilisation pour les pays des régions déshéritées [2].

La question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante et cela pour plusieurs raisons : la démographie galopante et la sécheresse qui s'est accrue sont parmi les raisons de ce problème [2].

En 2002, 1,5 milliards d'être humains n'ont pas accès à l'eau potable et 2,5 milliards d'individus dans le monde ne bénéficient d'aucun service d'assainissement [2]. La disponibilité annuelle de l'eau en Algérie est de 600 m³/habitant/an, donc l'Algérie se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques au regard du seuil de rareté fixé par la banque mondiale qui est de l'ordre de 1000 m³/hab/an [2].

L'Algérie dispose de 53 barrages qui offrent une capacité de 5,8 milliards de m³ et seulement 2,56 milliards de volume régularisé annuellement. Cet apport non négligeable reste insuffisant par rapport aux besoins croissants. Les nappes phréatiques sont exploitées à plus de 90 %, alors que les ressources superficielles ne sont mobilisées qu'à 32 %, soit 2,28 milliards et les pertes dues essentiellement à la vétusté des réseaux et à la mauvaise gestion de la distribution sont évaluées à 45 % [3]. L'Algérie est un pays riche en ressources naturelles telles que les ressources fossiles et les minerais de phosphates et de fer. Cependant, elle accuse un important déficit en ressources hydriques [4]. Le volume des eaux usées collectées est de plus de 35 Hm³ chaque année pour atteindre environ 689 Hm³ en 2010 [5]. Actuellement, les eaux usées ne sont épurées qu'environ 40 % [6] et rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe dans milieu naturel.

Face à la pénurie de l'eau, due essentiellement à la baisse régulière du volume des précipitations depuis ces dernières décennies, et dans un souci de préservation des ressources d'eau encore saines et de protection de l'environnement et de la santé publique, l'Algérie adopte alors, un programme riche en matière d'épuration des eaux usées par la mise en service, à l'horizon 2010, de 194 stations d'épuration [7]. Grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques, ces stations ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme de résidus appelés boues, valorisable en agriculture et de rejeter une

eau épurée répondant à des normes bien précises, qui trouve quant à elle, une réutilisation dans l'irrigation, l'industrie et les usages municipaux [2].

Les procédés d'épuration utilisés en Algérie, dont l'objectif principal est d'éliminer la pollution organique sont à: 54 % procédé à boues activées; 36 % lagunage naturel et 10 % lagunage aéré [2]. Notre travail d'étude qui a été axé dans ce cadre se présente en deux parties:

- Une partie bibliographique qui regroupe deux chapitres :

- ✓ Le premier chapitre est consacré, d'une part, à la connaissance de la constitution et l'origine des eaux usées, et aux normes de rejets appliquées en Algérie.
- ✓ Le second chapitre expose les divers procédés de traitement que doivent subir les eaux usées avant d'être rejetées en milieu naturel, les différents usages possibles des eaux usées traitées et enfin l'état général de l'épuration en Algérie.

- Une partie expérimentale qui présente les calculs de dimensionnement d'une STEP pour la localité de Sfifef située dans la wilaya de Sidi Bel Abbès. Cette partie regroupe deux chapitres:

- ✓ le troisième chapitre dans lequel on a fait une présentation de la zone d'étude, ainsi que des conditions climatiques qui influent sur le bon fonctionnement des systèmes d'épuration (lagunage ou boues activées).
- ✓ le quatrième chapitre est consacré aux calculs de dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées de l'agglomération de Sfifef. Deux variantes ont été proposées : la variante boues activées et la variante lagunage.

Au terme de ce travail, une conclusion générale a été donnée.

Plan de travail

Introduction Générale

Introduction Générale.....1

Chapitre I : Généralités sur Eaux Usées Urbaines

I. Introduction.....3

I.1. Définition des eaux usées.....3

I.2. Origine et composition des eaux usées.....3

 Les eaux usées domestiques.....4

 Les eaux industrielles.....4

 Les eaux agricoles.....4

 Les eaux pluviales.....4

I.3. Définition de la pollution.....5

I.4. Les différents types de pollution.....5

 La pollution physique.....5

 La pollution chimique.....5

 La pollution biologique.....5

I.5. Origine de la pollution.....5

 a) La pollution domestique.....6

 b) La pollution par matière en suspension.....6

 c) La pollution par les substances chimiques.....6

 d) La pollution urbaine.....6

 e) La pollution agricole.....6

 f) La pollution industrielle.....7

I.6. Normes de rejets des eaux usées.....7

 I.6.1. Normes internationales.....7

 I.6.2. Normes de rejet appliquées en Algérie.....8

I.7. Conclusion.....10

Chapitre II: Différents Procédés d'Épuration des Eaux Usées

| | |
|--|----|
| II.1. Introduction..... | 11 |
| II.2. Les étapes de traitement des eaux usées..... | 11 |
| II.2.1. Les prétraitements..... | 11 |
| Le dégrillage..... | 12 |
| Le dessablage..... | 12 |
| Le dégraissage - déshuilage..... | 13 |
| II.2.2. Le traitement primaire..... | 13 |
| La Coagulation floculation..... | 13 |
| La décantation..... | 13 |
| La filtration..... | 14 |
| II.2.3. Le traitement secondaire (biologique)..... | 14 |
| traitement anaérobies..... | 15 |
| Traitement aérobie..... | 16 |
| Les lits bactériens..... | 16 |
| Les boues activées..... | 16 |
| A/ Paramètres de fonctionnement..... | 17 |
| La charge massique C_m | 17 |
| La charge volumique C_v | 17 |
| Recyclage des boues..... | 17 |
| Indice de MOLHMAN..... | 17 |
| Décantabilité des boues biologiques..... | 18 |
| B/ Avantages et inconvénient des boues activées..... | 19 |
| Le lagunage..... | 19 |
| Lagunage naturel..... | 20 |
| Lagunage aéré..... | 21 |
| Lagunage à microphytes..... | 22 |

| | |
|---|----|
| Lagunage à macrophytes..... | 23 |
| II.2.4. Les traitements tertiaires..... | 23 |
| L'élimination de l'azote..... | 23 |
| L'élimination du phosphore..... | 24 |
| La désinfection..... | 25 |
| II.3. Conclusion..... | 26 |

Chapitre III: Présentation et description de la région d'étude

| | |
|---|----|
| III.1. Introduction..... | 27 |
| III.2. Situation géographique de la zone d'étude..... | 27 |
| III.3.Choix du site de la station d'épuration..... | 28 |
| III.4. Caractéristique du site d'implantation..... | 29 |
| III.5. Etude climatique..... | 29 |
| A) Intensité des pluies..... | 29 |
| Pluie maximale de 24 heures..... | 29 |
| Détermination des intensités pluviales..... | 30 |
| B) Température..... | 30 |
| C) Vent..... | 31 |
| III.6. Géologie du site d'étude..... | 31 |
| III.7. Conclusion..... | 32 |

Chapitre IV: Dimensionnement d'une Station d'Epuration

| | |
|--|----|
| IV.1. Introduction..... | 33 |
| IV.2. Estimation de la population..... | 33 |
| IV.3. Estimation des rejets..... | 34 |
| A) Débit journalier en eau potable..... | 34 |
| B) Volume journalier rejeté en eau usée..... | 34 |
| Débit moyenne horaire journalier..... | 35 |
| Débit de pointe de temps sec..... | 35 |
| IV.4. Calcul des charges polluantes..... | 35 |
| A) Charge en DBO ₅ | 35 |

| | |
|--|----|
| B) Charge en MES..... | 35 |
| IV.5. Calcul des ouvrages de prétraitements..... | 36 |
| IV.5.1. Calcul du dégrilleur..... | 36 |
| a) Largeur pour une grille fine..... | 36 |
| b) Pertes de charge..... | 37 |
| c) Longueur de la chambre des grilles..... | 37 |
| d) Calcul du volume des déchets retenus..... | 38 |
| IV.5.2. Calcul du déssableur..... | 38 |
| a) Surface horizontale de dessablage..... | 38 |
| b) Longueur (L)..... | 38 |
| c) Largeur (l)..... | 38 |
| d) Calcul du débit d'air injecter..... | 38 |
| IV.5.3. Calcul du déshuileur..... | 38 |
| a) Volume du déshuileur..... | 39 |
| b) Surface horizontale..... | 39 |
| c) Hauteur d'eau..... | 39 |
| d) Longueur du déshuileur..... | 39 |
| e) Quantité d'air injecter..... | 39 |
| f) Quantitatif des résidus du déshuileur (QDesh)..... | 39 |
| IV.6. Traitement biologique..... | 39 |
| IV.6.1. Dimensionnement de la variante «boues activées»..... | 39 |
| 1) Bassin d'aération | 39 |
| a) Volume du bassin d'aération..... | 39 |
| b) Masse de boue dans le bassin d'aération..... | 40 |
| c) Dimension du bassin d'aération..... | 40 |
| Surface du bassin..... | 40 |
| Largeur..... | 40 |
| d) Temps de séjour..... | 40 |
| e) Qualité de l'effluent à la sortie..... | 40 |
| a/ Pour le débit moy horaire..... | 40 |
| b/ Pour le débit de pointe..... | 41 |
| f) Besoins en oxygène..... | 41 |
| g) Calcul de l'aérateur à installer..... | 41 |

| | |
|---|----|
| 2) Dimensionnement du clarificateur (décanteur secondaire)..... | 42 |
| a) Surface du décanteur..... | 42 |
| b) Volume du décanteur..... | 42 |
| c) Hauteur du décanteur..... | 42 |
| d) Diamètre du décanteur..... | 42 |
| e) Temps de séjour..... | 42 |
| IV.6.2. Dimensionnement de la variante «lagunage aéré»..... | 42 |
| 1) Bassins d'aérations..... | 42 |
| a/ Correction de la constante d'épuration..... | 42 |
| b/ Estimation du temps de séjour..... | 42 |
| c/ Volume du bassin d'aération..... | 43 |
| d/ Surface du bassin d'aération..... | 43 |
| e/ Conception de l'étage d'aération..... | 43 |
| f) Besoins en O ₂ | 44 |
| g) Temps d'aération..... | 44 |
| h) Système d'aération..... | 44 |
| Puissance d'aérateur..... | 44 |
| 2) Bassin de finition..... | 44 |
| a) Volume du bassin..... | 45 |
| b) Surface du bassin..... | 45 |
| IV.7. Traitement complémentaire..... | 45 |
| IV.7.1. Bassin de désinfection..... | 45 |
| a) Quantité de Chlore actif..... | 45 |
| b) Débit de la pompe doseuse (Qd)..... | 45 |
| c) Volume et Surface du bassin..... | 46 |
| IV.7.2. Bassin de stockage..... | 46 |
| IV.7.3. Lits de séchage des boues..... | 46 |
| IV.8. Conclusion..... | 48 |
| Conclusion Générale | |
| Conclusion générale..... | 50 |

Chapitre I : Généralités sur Eaux Usées Urbaines

I. Introduction

Les cours d'eau ont une capacité naturelle d'autoépuration. Celle-ci a pour effet de consommer de l'oxygène; ce qui n'est donc pas sans conséquences sur la faune et la flore aquatiques. Lorsque l'importance d'un rejet excède cette capacité, la détérioration de l'environnement peut être durable. Il est donc indispensable d'épurer les eaux usées avant de les rejeter en milieu naturel. En effet, les zones privées d'oxygène entraînent la mort de la faune et de la flore ou créent des barrières infranchissables, empêchant notamment la migration des poissons. La présence excessive de phosphates, en particulier, favorise le phénomène d'eutrophisation; c'est-à-dire, la prolifération d'algues qui nuit à la faune aquatique, peut rendre la baignade dangereuse et perturbe la production d'eau potable [4].

Les eaux de surfaces constituent un écosystème où règne une communauté d'êtres vivants qui établissent des relations et interactions entre eux et leur milieu. Dans ce système fragile, un seul facteur de l'écosystème qui est modifié: c'est l'équilibre qui est perturbé.

C'est ainsi que la présence ou la surabondance d'un élément dans un écosystème dont il est normalement absent constitue une pollution. Nos eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants. Ces polluants s'ils se retrouvent directement dans les milieux naturels, perturbent les écosystèmes. Face à cette situation, les eaux usées nécessitent d'être traitées avant leur évacuation dans le milieu récepteur [8].

I.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux qui parviennent dans les canalisations d'eaux usées et dont les propriétés naturelles ont été transformées par les utilisations domestiques, les entreprises industrielles, agricoles et autres. On englobe, aussi, les eaux de pluie qui s'écoulent dans ces canalisations [9].

I.2. Origine et composition des eaux usées

Les eaux usées résultent de la pollution tant physico-chimique que bactériologique des eaux de consommation de bonne qualité, du fait des activités humaines, qu'elles soient domestiques, industrielles ou agricoles [10]. Ces eaux proviennent de quatre sources principales : - Les eaux usées domestiques; - Les eaux industrielles; - Les eaux agricoles; et - Les eaux pluviales.

*** Les eaux usées domestiques:**

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. et en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux [11].

La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à :

- de 70 à 90 grammes de matières en suspension.
- de 60 à 70 grammes de matières organiques.
- de 15 à 17 grammes de matières azotées.
- 4 grammes de phosphore.

*** Les eaux industrielles:**

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées,

Dans certains cas, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux industrielles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels. Elles ne sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution [12].

*** Les eaux agricoles:**

L'agriculture est une source de pollution des eaux qui n'est pas du tout négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses [13]. Les épandages d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures [11].

*** Les eaux pluviales:**

Elles peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), puis, en ruisselant, des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus et métaux lourds...) [13].

I.3. Définition de la pollution

La pollution est une dégradation d'un milieu naturel par des substances chimiques et des déchets industriels [14]. Une eau polluée est une eau qui a subi, du fait de l'activité humaine, directement ou indirectement ou sous l'action d'un effet biologique ou géologique, une modification de son état ou de sa composition qui a pour conséquence de la rendre impropre à l'utilisation à laquelle elle est destinée [15].

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme le sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les modalités de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes [8]. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources en produits agricoles, en eau, et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il détient, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature [8].

La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques [16].

I.4. Les différents types de pollution

- **La pollution physique:** On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [8].
- **La pollution chimique:** Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités de substances chimiques dont certaines sont non dégradables [8].
- **La pollution biologique :** Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, efflorescences planctoniques, etc.) [8].

I.5. Origine de la pollution

Selon l'origine de la pollution, on distingue quatre catégories: pollution urbaine, domestique, agricole et pollution industrielle [8].

a) La pollution domestique:

Les matières organiques que nous rejetons dans les eaux usées proviennent principalement de nos excréments (urines et matières fécales) évacués par les eaux de vannes (eaux des toilettes). Elles contiennent de nombreux micro-organismes, plus ou moins pathogènes. Les pollutions qu'elles engendrent sont doublement problématiques : en raison de leur impact en matière de santé publique et parce qu'elles perturbent les écosystèmes [8].

Cette pollution présente un danger pour les écosystèmes aquatiques. Dans l'eau, en présence d'oxygène, les micro-organismes dits aérobies dégradent la matière organique en composés minéraux, en consommant au passage cet oxygène, par le processus d'oxydation. Ainsi, lorsqu'une eau usée, très riche en matières organiques, est rejetée sans traitement préalable dans les eaux de surface, les micro-organismes aérobies utilisent alors une grande partie de l'oxygène dissous dans l'eau, provoquant la diminution de la quantité d'oxygène disponible pour les autres organismes aquatiques. Or, la vie aquatique dépend de la teneur en O₂ dissous dans l'eau [8].

b) La pollution par matière en suspension:

L'ensemble des particules minérales et organiques en suspension dans l'eau constitue les MES. L'augmentation des MES dans les eaux superficielles provoque l'obscurcissement du milieu : la lumière y pénètre moins bien, et cette perte de luminosité entraîne une diminution de l'activité de photosynthèse. De plus, les MES contiennent des matières organiques qui favorisent, comme on l'a vu, l'activité des micro-organismes aérobies [8].

c) La pollution par les substances chimiques:

On trouve aussi dans les eaux usées domestiques diverses substances chimiques plus ou moins nocives. Ces substances proviennent des différents produits que nous utilisons [8]. La pollution chimique constitue une réelle menace pour la santé et la survie des espèces. Les techniques d'épuration pour ces produits impliquent des coûts prohibitifs [1].

d) La pollution urbaine:

Ce sont les eaux usées des habitations et des commerces entraînent la pollution urbaine de l'eau. Les polluants urbains sont représentés par les rejets domestiques, les eaux de lavage collectif et de tous les produits dont se débarrassent les habitants d'une agglomération notamment des rejets industriels rejetés par de petites entreprises. Le flux déversé est très variable en fonction de l'importance de l'agglomération et de son activité [8].

e) La pollution agricole:

L'agriculture, l'élevage, l'aquaculture et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surface et souterraines [8].

Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés ou azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux, notamment des nitrates [8].

f) La pollution industrielle:

Les rejets liquides industriels véhiculent une importante pollution organique et toxique. Il s'agit de différents déchets provenant des industries diverses qui sont principalement installées au niveau du rivage à la fois pour se débarrasser des déchets directement et pour faire refroidir leurs machines [8]. Ce type de pollution peut avoir un effet toxique sur les organismes vivants et nuire au pouvoir d'autoépuration de l'eau, ou causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire [8].

L'impact des rejets industriels sur la qualité de l'eau est fonction de leur affinité avec l'oxygène, de la quantité de solides en suspension, et de leurs teneurs en substances organiques et inorganiques. Dans le meilleur des cas, une première étape d'épuration se fait sur le site même de production, le reste des eaux usées étant ensuite dirigé vers les systèmes de traitement municipaux. Malheureusement, pour de nombreuses unités de production, les eaux usées retournent dans un cours d'eau sans traitement préalable, ou insuffisamment assainies [8].

I.6. Normes de rejets des eaux usées:**I.6.1. Normes internationales:**

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépassée ou une limite inférieure à respecter. Un critère donné est rempli lorsque la norme est respectée pour un paramètre donné Une norme est fixée par une loi, une directive, un décret loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé respective pour les eaux usées [8].

Tableau I.1: Normes des rejets internationales [8].

| Caractéristique | Normes utilisées (OMS) |
|---|------------------------|
| PH | 6.5-8.5 |
| DBO ₅ | < 30 mg/l |
| DCO | < 90 mg/l |
| MES | < 20 mg/l |
| NH ₄ ⁺ | < 0.5 mg/l |
| NO ₂ ⁻ | 1 mg/l |
| NO ₃ ⁻ | < 1 mg/l |
| P ₂ O ₄ ³⁻ | < 2 mg/l |
| Température T | < 30 °C |
| Odeur | Incolore |
| Couleur | Incolore |

I.6.2. Normes de rejet appliquées en Algérie

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire [8]. Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides, définit un rejet comme tout déversement, écoulement, jets, dépôts directs ou indirects d'effluents liquides dans le milieu naturel [17]. Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006.

Tableau I.2: Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur [17]

| Paramètres | Unités | Valeurs limites |
|-----------------------------|--------|-----------------|
| Température | °C | 30 |
| pH | - | 6,5 à 8,5 |
| MES | mg/l | 35 |
| DBO ₅ | mg/l | 35 |
| DCO | mg/l | 120 |
| Azote Kjeldahl | mg/l | 30 |
| Phosphates | mg/l | 02 |
| Phosphore total | mg/l | 10 |
| Cyanures | mg/l | 0,1 |
| Aluminium | mg/l | 03 |
| Cadmium | mg/l | 0,2 |
| Fer | mg/l | 03 |
| Manganèse | mg/l | 01 |
| Mercure total | mg/l | 0,01 |
| Nickel total | mg/l | 0,5 |
| Plomb total | mg/l | 0,5 |
| Cuivre total | mg/l | 0,5 |
| Zinc total | mg/l | 03 |
| Huiles et Graisses | mg/l | 20 |
| Hydrocarbures totaux | mg/l | 10 |
| Indice Phénols | mg/l | 0,3 |
| Composés organiques chlorés | mg/l | 05 |
| Chrome total | mg/l | 0,5 |
| (*) Chrome III + | mg/l | 03 |
| (*) Chrome VI + | mg/l | 0,1 |
| (*) Solvants organiques | mg/l | 20 |
| (*) Chlore actif | mg/l | 1,0 |
| (*) Détergents | mg/l | 2 |
| (*) Tensioactifs anioniques | mg/l | 10 |

(*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993.

I.7. Conclusion:

Collectées par le réseau d'assainissement, les eaux usées contiennent de nombreux éléments polluants, provenant de la population, des activités commerciales, industrielles et agricoles et des phénomènes naturels [4]. Les eaux usées se caractérisent par des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, qui permettent de déterminer leur éventuelle origine et de connaître l'importance de leur charge polluante [4].

Avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu naturel et ne le dégradent, elles doivent impérativement obéir à des normes établies pour protéger les milieux récepteurs contre la pollution. Pour cela, elles sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent plusieurs phases de traitement [4].

Chapitre II: Différents Procédés d'Épuration des Eaux Usées

II.1. Introduction

Le traitement biologique des eaux usées est le procédé qui permet la dégradation des polluants grâce à l'action de micro-organismes. Ce processus existe spontanément dans les milieux naturels tels que les eaux superficielles suffisamment aérées. Une multitude d'organismes est associée à cette dégradation selon différents cycles de transformation. Parmi ces organismes, on trouve généralement des bactéries, des algues, des champignons et des protozoaires. Cette microflore, extrêmement riche, peut s'adapter à divers types de polluants qu'elle consomme sous forme de nourriture (substrats). Il est ainsi possible d'utiliser systématiquement cette microflore dans un processus contrôlé pour réaliser l'épuration des eaux résiduaires [18].

Les différents procédés biologiques d'épuration sont :

- les boues activées;
- les lits bactériens;
- le lagunage [18]

II.2. Les étapes de traitement des eaux usées

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum, d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée [4].

Selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, plusieurs niveaux de traitements sont définis : les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire. Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible [4].

II.2.1. Les prétraitements

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Il s'agit principalement des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) [19].

A/ Le dégrillage: Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants ou en compliquer leur exécution. Le dégrillage permet aussi de protéger la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation. Les éléments retenus sont, ensuite, éliminés avec les odeurs ménagères [19].



Figure II.1: Photo d'un dégrilleur [19]

B/ Le dessablage: Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements suivants. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage [19].

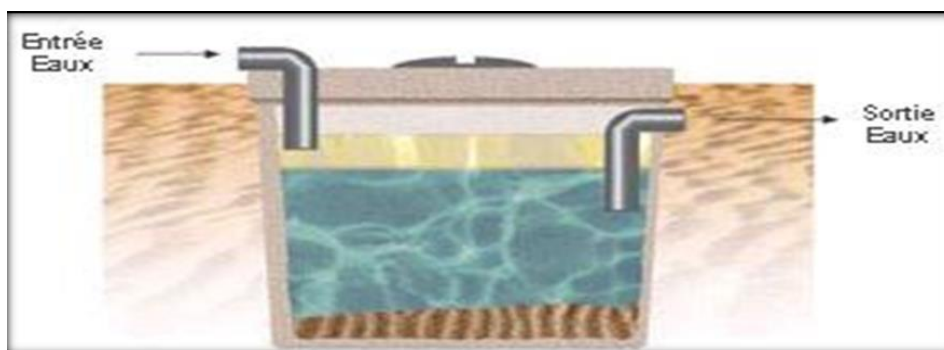


Figure II.2: Photo d'un dessableur [21]

C/ Le dégraissage - déshuilage: Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide-liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite [19].



Figure II.3: Photo d'un dégraisseur-déshuileur [22]

II.2.2. Le traitement primaire

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation- floculation :

A/ La Coagulation floculation: La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales. Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, puisque leur concentration est très stable, ces dernières n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour les éliminer, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation.

* La coagulation a pour but principale de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques : sels minéraux cationiques.

* La floculation 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 et de filtration [8].

B/ La décantation: La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la

densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules.

Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage. L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules. La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable [19].

C/ La filtration: La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide, qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension, ainsi retenus par le milieu poreux, s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation-floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs [8].

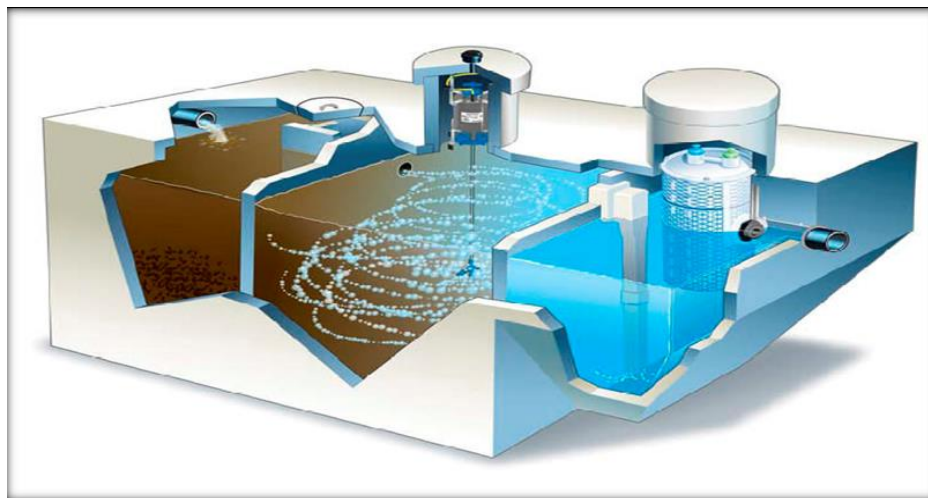


Figure II.4: Système de la filtration [23]

II.2.3. Le traitement secondaire (biologique)

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonées et azotées s'appuie sur des procédés de nature biologique, basés sur la croissance de micro-organismes aux dépens des matières organiques "biodégradables" qui constituent pour eux des aliments [4]. Les micro-organismes, les plus actifs, sont les bactéries qui conditionnent en fonction de leur modalité propre de développement, deux types de traitements [4]:

A/ traitement anaérobies: Les traitements anaérobies font appel à des bactéries n'utilisant pas de l'oxygène, en particulier, aux bactéries méthanogènes qui conduisent, comme leur nom l'indique, à la formation du méthane à partir de la matière organique, et à un degré moindre de CO₂ [8]. Ce type de fermentation est appelé digestion en hydrologie. C'est une opération délicate qui demande une surveillance importante. En effet, la température doit être maintenue à un niveau très stable et suffisamment élevé. Il faut aussi éviter les écarts brutaux de pH et les substances inhibitrices du développement bactérien, à titre d'exemple : les cyanures, les sels de métaux lourds et les phénols [8].

Ce système est davantage utilisé pour le traitement des effluents urbains, que pour le traitement des effluents industriels généralement toxiques pour les bactéries [8]. Cette technologie engendre de nombreux bénéfices pour l'environnement et pour la réduction des coûts notamment:

- Économie substantielle d'énergie;
- Réduction de la masse des boues à disposer;
- Utilisation potentielle des boues pour la valorisation [24].

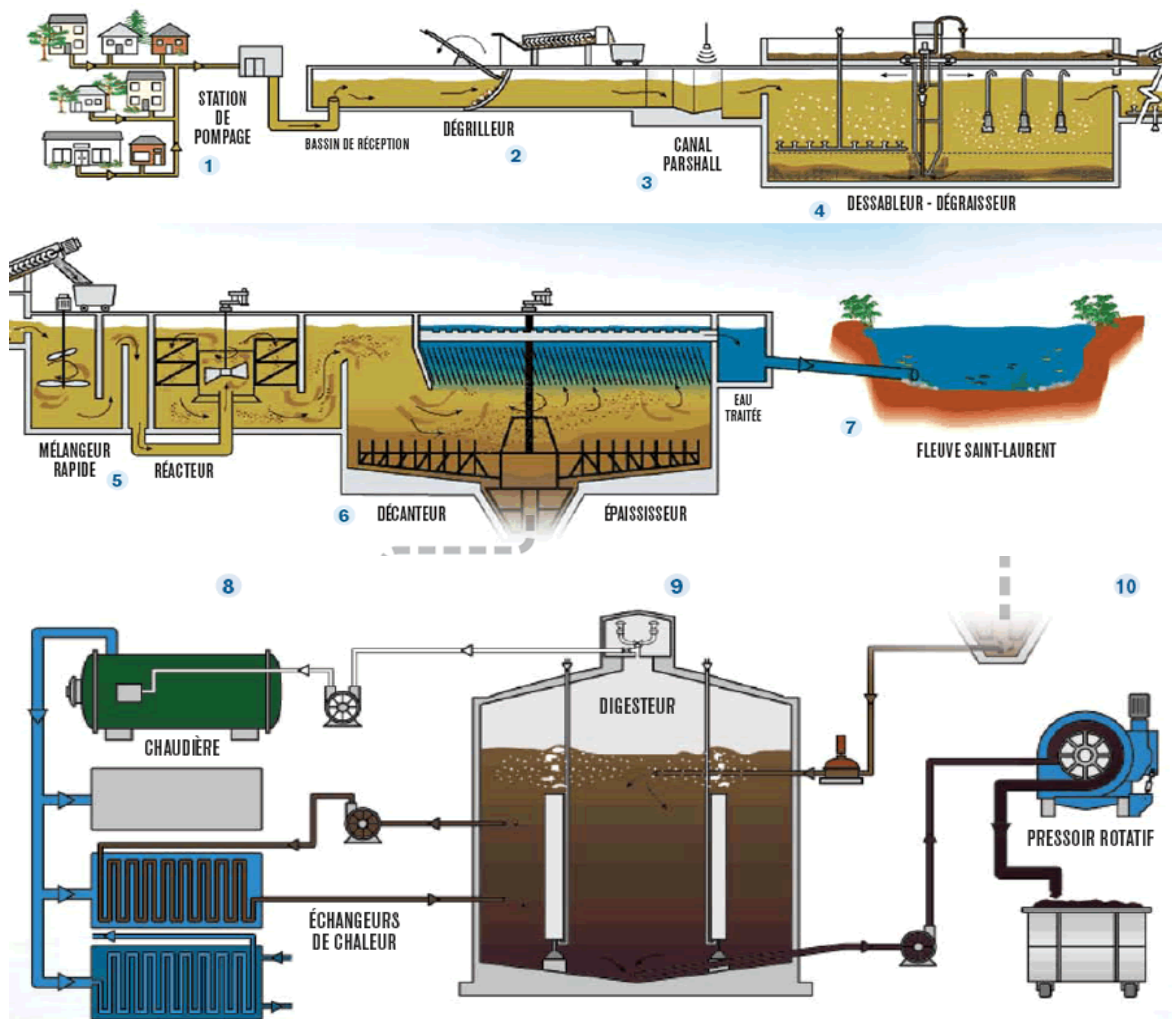


Figure II.5: Types de station d'épuration par voie anaérobie [24]

B/ Traitement aérobic: Les bactéries utilisées exigent un apport permanent d'oxygène. On distingue trois méthodes essentielles [4]:

- Les lits bactériens:

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien, quelques fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur, consiste à faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement décantée, sur une masse de matériau de grande surface spécifique servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y forment un feutrage ou un film plus ou moins épais, sous lequel une couche anaérobie peut se développer si son épaisseur est importante [19].

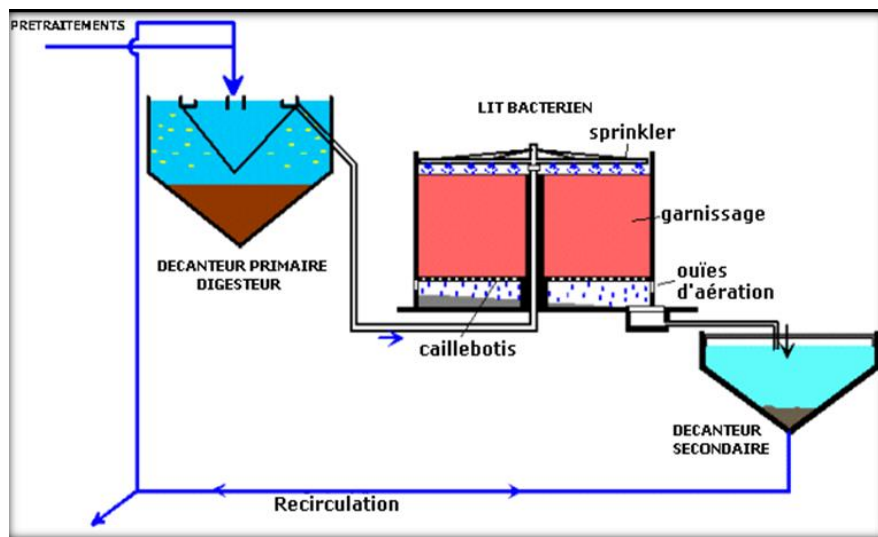


Figure II.6: Schéma de principe d'une station d'épuration par lit bactérien [25]

- Les boues activées:

Les boues activées constituent le traitement biologique aérobic le plus répandu. Le procédé consiste à provoquer le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons (boues activées), dans un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) et alimenté en eau à épurer. Dans ce bassin, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser le mélange des flocons bactériens et de l'eau usée (liqueur mixte) ; l'aération peut se faire à partir de l'oxygène de l'eau, du gaz enrichi en oxygène, voire même d'oxygène pur, a pour but de dissoudre ce gaz dans la liqueur mixte, afin de répondre aux besoins des bactéries épuratrices aérobies [26].

Après un temps de contact suffisant, la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur appelé parfois décanteur secondaire, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Ces dernières sont recyclées dans le bassin d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices [26].

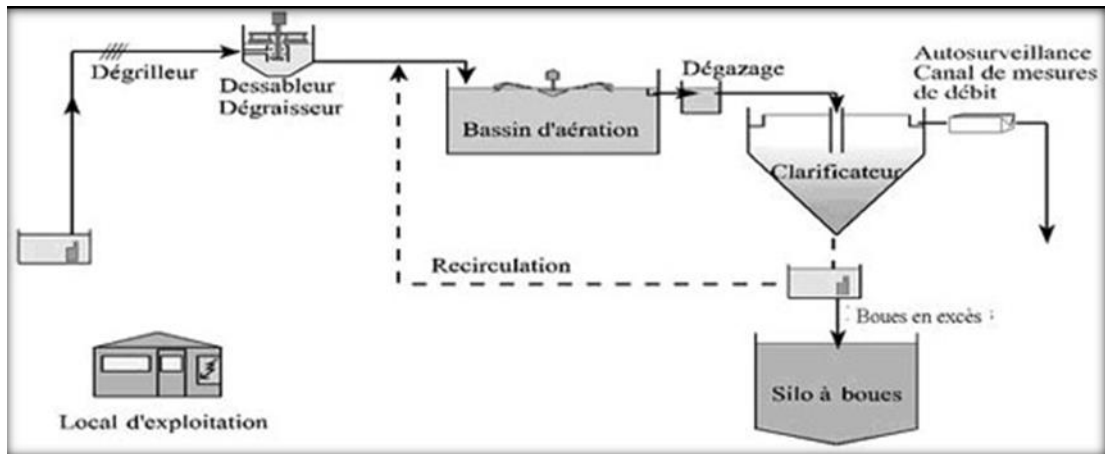


Figure II.7: Schéma de principe d'une station d'épuration à boues activées [27]

L'excédent (boues secondaires en excès) est extrait du système et évacué vers le traitement des boues [19].

A/ Paramètres de fonctionnement:

• **La charge massique Cm:**

C'est le rapport entre le flux journalier de pollution (exprimé en kg de DBO₅ par jour) entrant dans l'aérateur et la masse de boues contenues dans ce réacteur de volume V [28].

$$C_m = Q \cdot L_0 / V \dots \dots \dots (1).$$

Selon la valeur de Cm, on définit le type de charge. On distinguera la forte (0.4 < Cm < 1.2), moyenne (0.15 < Cm < 0.4), faible (0.07 < Cm < 0.15) et très faible (Cm < 0.07) [29].

• **La charge volumique Cv:**

C'est le rapport entre le flux journalier de pollution et le volume de l'aérateur [28].

$$C_v = Q \cdot L_0 / V \dots \dots \dots (2).$$

• **Recyclage des boues:**

Pour augmenter la masse de microorganismes dans le bassin d'aération, il est nécessaire d'assurer le recyclage des boues activées après leur décantation dans le clarificateur [28].

Procédé faible charge → Recyclage des boues: 10 à 50 %

Procédé moyenne charge → Recyclage des boues: 50 à 100 %

Procédé forte charge → Recyclage: jusqu'à 300 % [29]

• **Indice de MOLHMAN:**

Il mesure la décantabilité de la boue. C'est le volume occupé par un gramme de boue après 1/2 heure de décantation. Il est donné par la formule suivante[29]:

$$I_m \text{ (ml/g)} = V/P \dots \dots \dots (3).$$

Généralement, les boues sont bien décantables pour $80 < I_m < 150$ [29].

Si $I_m < 80$; la décantation est très bonne mais les boues sont difficilement pompables.

Si $I_m > 150$, la décantation est très lente.

Les variations de l'indice de Mohlman en fonction de la charge massique pour une température de 20°C, indique qu'il existe toujours un point de fonctionnement pour lequel cet indice atteint sa valeur minimale garantissant un fonctionnement convenable de la station.

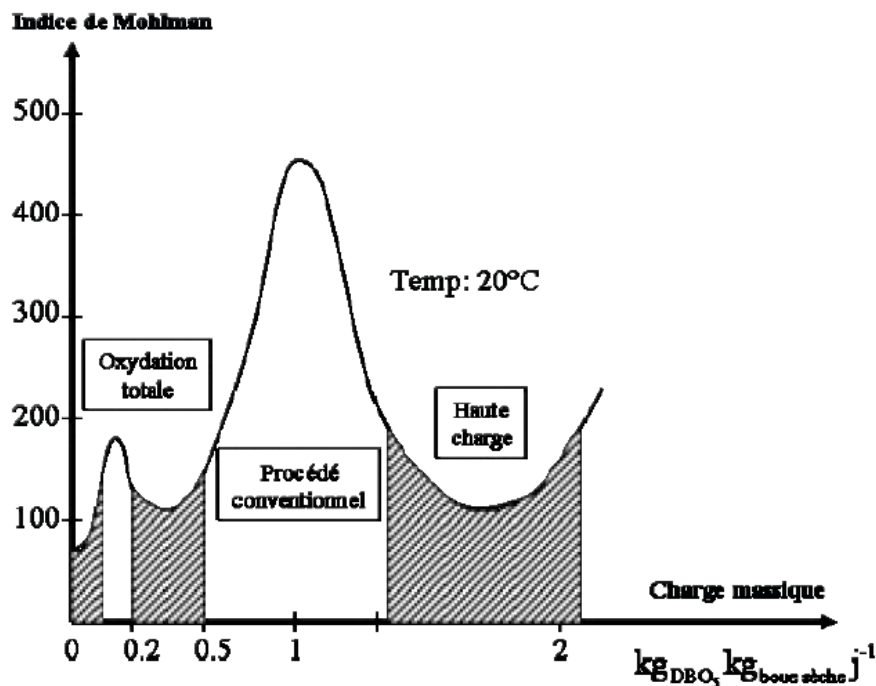


Figure II.8: Variation de l'indice de MOHLMAN en fonction de la charge organique spécifique appliquée [29]

• Décantabilité des boues biologiques:

Les boues biologiques sont séparées dans un clarificateur. Si $I_m > 200$ les boues sont malades. Il peut se produire un phénomène de "bulking" qui empêche la décantation normale des floes [29]. Plusieurs raisons sont à l'origine de ce problème, on peut citer:

- La croissance exagérée de bactéries filamenteuses due à la trop grande richesse de l'effluent en substrat facilement dégradable;
- L'arrivée de toxiques qui réduit l'activité biologique et détruit le floc;
- L'excès ou l'insuffisance d'O₂ dans le bassin d'aération;
- La mauvaise vitesse de décantation dans le clarificateur secondaire [29].



Figure II.9: Photo de boues flottantes [29]

B/ Avantages et inconvénient des boues activées:

Les avantages et les inconvénients des boues activées sont résumés dans le tableau suivant [30]:

Tableau II.1: Avantages et les inconvénients de boues activées [30].

| Filière | Avantages | Inconvénients |
|--------------|---|--|
| Boue activée | <ul style="list-style-type: none"> - Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites); - Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution (MES, DCO, DBO₅, N par nitrification et dénitrification) ; - Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles ; - Boues légèrement stabilisées ; - Facilité de mise en œuvre d'une déphosphatation simultanée. | <ul style="list-style-type: none"> - Coûts d'investissement assez importants ; - Consommation énergétique importante ; - Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière ; - Sensibilité aux surcharges hydrauliques ; - Décantabilité des boues pas toujours aisée à maîtriser ; - Forte production de boues qu'il faut concentrer. |

- Le lagunage:

Le lagunage est un système biologique d'épuration, qui consiste à déverser les eaux usées dans plusieurs bassins successifs de faible profondeur, où des phénomènes naturels de dégradation font intervenir la biomasse qui transforme la matière organique. La matière polluante, soustraite aux eaux usées, se retrouve en grande partie dans la végétation et les sédiments accumulés, et en faible partie dans l'atmosphère sous forme de méthane et d'azote gazeux [31]. Il existe plusieurs types de lagunage:

- **Lagunage naturel:**

Le lagunage naturel est le procédé se rapprochant le plus du procédé d'autoépuration naturelle présent dans les rivières. Après prétraitements, les eaux usées transitent par une succession de 3 bassins peu profonds.

En surface, l'oxygène de l'air permet le développement des microorganismes aérobies (vivant en présence d'oxygène) et la lumière favorise le développement des algues qui enrichissent également le milieu en oxygène grâce au phénomène de photosynthèse. Les matières solides les plus lourdes décantent dans le fond des bassins et sont transformées par des microorganismes anaérobies (vivant en absence d'oxygène). La microfaune et la flore qui se développent, contribuent à la dégradation de la pollution organique en favorisant la formation de boues minéralisées piégées dans le fond des ouvrages, ce qui nécessite un curage des bassins au bout d'une dizaine d'années environ.

La qualité des rejets est conditionnée dans nos régions par les saisons puisque l'ensoleillement impacte le développement des algues et contribue à la destruction des bactéries pathogènes [32].

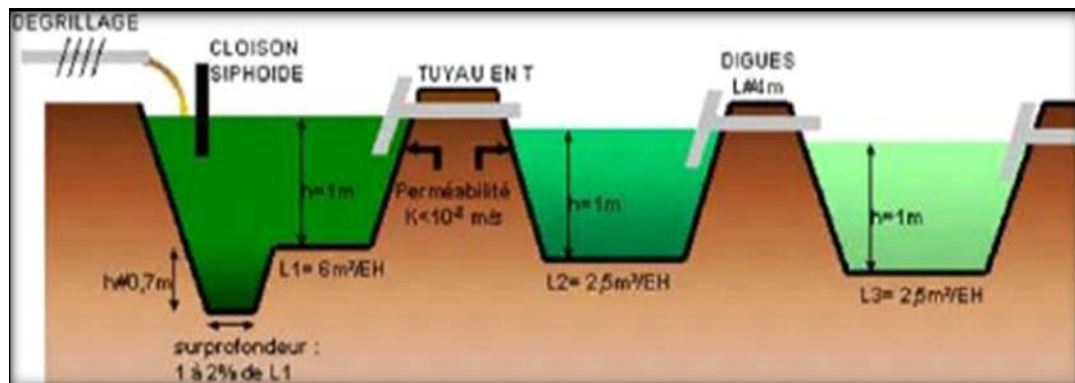


Figure II.10: Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constituée de trois bassins [8]

Le tableau II.2 présente les avantages et les inconvénients du lagunage naturel.

Tableau II.2: Avantages et les inconvénients de lagunage naturel [33]

| Filière | Avantages | Inconvénients |
|------------------|---|---|
| Lagunage naturel | <ul style="list-style-type: none"> - Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable - L'exploitation reste légère mais, si le curage global n'est pas réalisé à temps, les performances de la lagune chutent très sensiblement ; - Elimine une grande partie des nutriments: phosphore et azote. - Faibles rejets et bonne élimination des germes pathogènes en été ; - S'adapte bien aux fortes variations de charge hydraulique ; - Pas de construction "en dur", génie civil simple ; - Bonne intégration paysagère ; - Bon outil pour l'initiation à la nature ; - Absence de nuisance sonore ; - Les boues de curage sont bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin. | <ul style="list-style-type: none"> - Forte emprise au sol (10 à 15 m²/EH) ; - Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune ; - Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui est moins néfaste qu'une matière organique dissoute pour l'oxygénation du milieu en aval ; - Qualité du rejet variable selon les saisons ; - La maîtrise de l'équilibre biologique et des processus épuratoires reste limitée. |

• **Lagunage aéré:**

Le lagunage aéré est un grand réacteur, extérieur, aérobic et mélangé. Les aérateurs mécaniques fournissent l'oxygène et maintiennent les organismes aérobies suspendus et mélangés avec l'eau usée pour atteindre un taux élevé de dégradation de la matière organique et d'élimination des nutriments [34].

Le mélange et l'aération accrues des unités mécaniques signifient que les bassins peuvent être plus profonds et tolérer des charges organiques beaucoup plus élevées qu'un lagunage simple. L'aération accrue favorise une meilleure dégradation organique et élimination des microbes pathogènes. Aussi, parce que l'oxygène est apporté par les unités

mécaniques et non pas par la photosynthèse, les bassins peuvent fonctionner dans les climats plus nordiques. Les eaux à traiter devraient être contrôlées et prétraitées pour enlever les ordures et les particules grossières pouvant endommager les aérateurs [34].

Puisque les unités d'aération mélangent le bassin, un bassin de décantation est exigé pour séparer l'effluent des solides. Le faible besoin en surface (comparée à une lagune de maturation) signifie qu'il est approprié pour le milieu rural et péri-urbain. Le bassin devrait être construit avec une profondeur de 2 à 5 m, et devrait avoir un temps de rétention de 3 à 20 jours [34].

Pour empêcher l'infiltration dans le sol, le bassin devrait avoir un revêtement qui peut être de l'argile, de l'asphalte, de la terre compactée ou tout autre matériel imperméable. On peut utiliser le déblai pour construire une digue de protection du bassin contre les ruissellements et l'érosion [34].

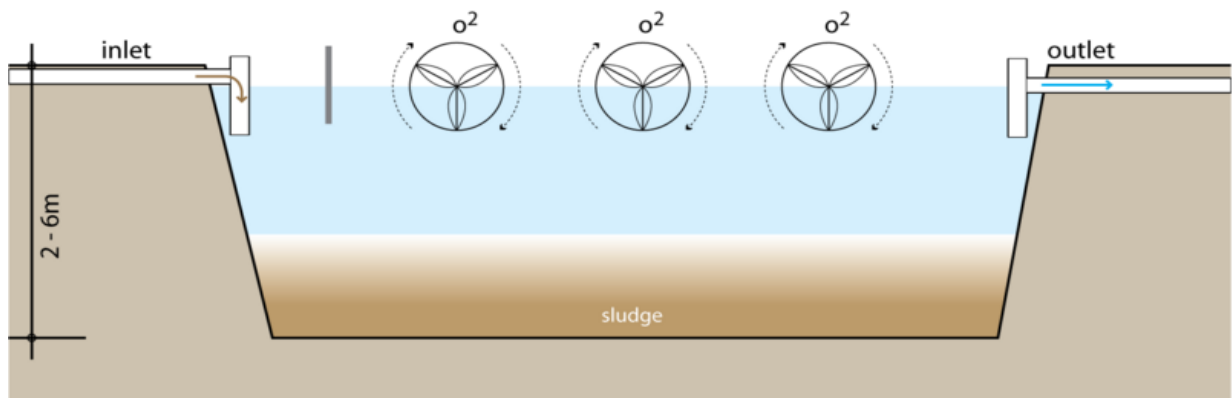


Figure II.11: Photo d'une lagune aérée [34]

- **Lagunage à microphytes :**

C'est le plus couramment utilisé et le plus simple à mettre en œuvre. En effet il suffit de créer un bassin de faible profondeur où l'eau va stagner pendant une période plus ou moins longue permettant aux microphytes (les algues planctoniques) de se développer en consommant la pollution azotée et phosphatée. Dans la plupart des cas un certains nombres d'espèces de végétaux aquatiques parviennent à se développer sur les berges permettant ainsi une épuration plus poussée. Toutefois un nombre incalculable de bactéries se développent dans ce bassin et la minéralisation de la matière organique est favorisée. Les UV du soleil leur servent de source d'énergie et elles se développent ainsi. Des bactéries capables de faire la photosynthèse sont appelées cyanobactéries. Elles sont toxiques pour l'homme. Le lagunage à microphytes est souvent le premier bassin d'une station de lagunage car ce traitement est insuffisant et nécessite un lagunage à macrophyte [35].

- **Lagunage à macrophytes:**

Ce type de lagunage est un bassin de faible profondeur également de 30 à 50 cm. Il est planté de macrophytes comme des roseaux ou autres et en général on y dispose des épis rocheux permettant à l'eau de faire un circuit sinusoïdal avant de retourner au milieu récepteur par une surverse. Toute espèce vit dans ce lagunage: bactéries, algues filamenteuse, gourmandes en nutriments (phosphore et azote), elles deviennent d'ailleurs de très bon engrais naturel par la suite, algues microscopiques, invertébrés, etc [35].

Dans les deux cas il faut que le temps de rétention soit assez long, environ une vingtaine de jours, c'est pourquoi les bassins sont dimensionnés à raison de 10 m²/EH [35].

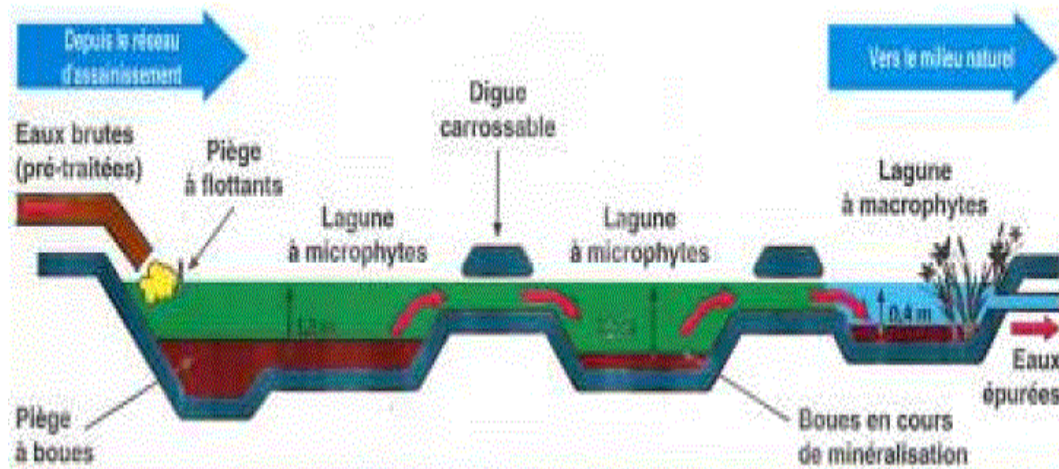


Figure II.12: lagunage macrophytes [37].

II.2.4. Les traitements tertiaires

Les traitements tertiaires regroupent tous les traitements complémentaires visant à affiner la qualité de l'effluent ayant subi les traitements physiques, physico-chimiques et biologiques [21].

Les traitements tertiaires englobent, principalement, l'élimination de l'azote, l'élimination du phosphore et la désinfection, mais aussi le traitement des odeurs [21].

A/ L'élimination de l'azote: Les stations d'épuration classiques, prévues pour éliminer les matières carbonées, n'éliminent que des quantités réduites d'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place [38]. L'élimination de l'azote est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification" [38].

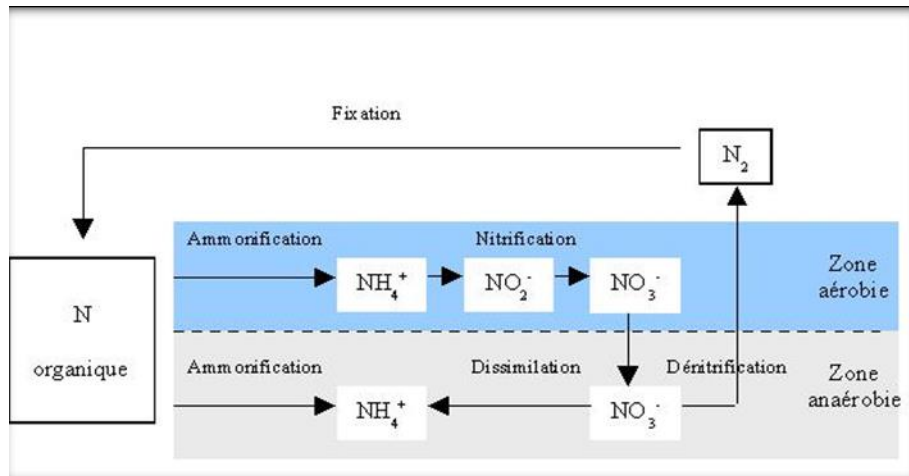


Figure II.13: Principe d'Élimination de l'azote [39]

Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût [38].

B/ L'élimination du phosphore:

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques [40]. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques engendrent une importante production de boues [40].

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une dé-phosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis [36].

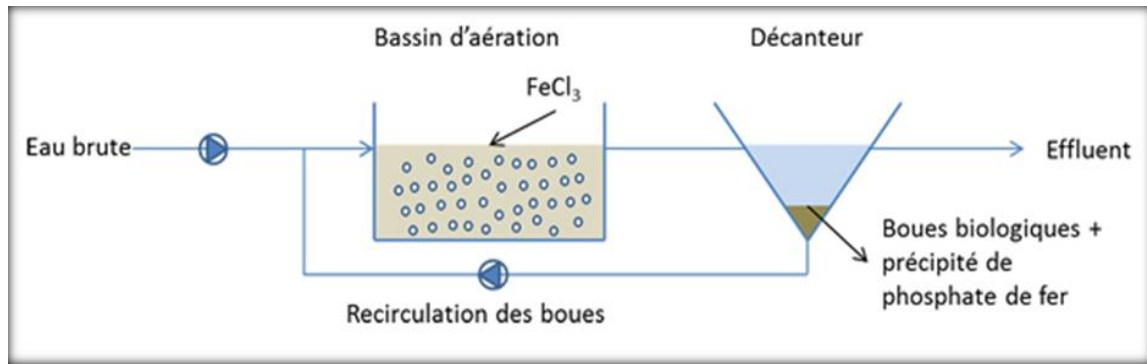


Figure II.14: Principe d'Elimination de phosphore au moyen de chlorure ferrique dans une station d'épuration biologique [40].

C/ La désinfection :

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. C'est pourquoi, la désinfection de l'eau s'impose [8].

La désinfection est un traitement qui permet de détruire ou d'éliminer les micro-organismes susceptibles de transmettre des maladies; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné [8].

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique, doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore (Cl_2), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone (O_3), le brome (Br_2), l'iode (I_2) et le permanganate de potassium ($KMnO_4$) [8].

On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultrasons, ultraviolets (UV) ou rayon gamma [8].

Les ultraviolets sont de plus en plus utilisés, car ils présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection. Cependant, ils nécessitent un investissement important [8].

II.3. Conclusion

Les eaux usées sont toutes les eaux qui sont de nature à contaminer les milieux dans lesquelles elles seront déversées. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux, des traitements sont réalisés sur ces effluents (collectés par le réseau d'assainissement). Ces derniers sont débarrassés de leurs plus grands déchets, au cours des prétraitements, jusqu'aux infimes polluants, au cours des traitements tertiaires [4].

Les traitements secondaires biologiques, boues activées, lagunage naturel et aéré sont les traitements les plus fréquemment utilisés en Algérie [4].

Le recours aux traitements tertiaires reste minoritaire et réservé aux traitements poussés des effluents, du fait qu'il présente de nombreux inconvénient, à savoir:

- Des coûts d'investissement importants ;
- Les ultraviolets (UV) ne sont applicables que pour de faibles quantités d'eau ;
- La sur-chloration peut s'avérer cancérigène [4].

Chapitre III: Présentation et description de la région d'étude

III.1. Introduction

Les eaux usées de la commune de SFISEF sont actuellement rejetées, sans aucun traitement préalable, dans l'oued. Cette pratique porte préjudice notamment sur la santé publique et le milieu environnant mais aussi sur les réserves hydriques de la région.

La réalisation d'une station d'épuration pour cette agglomération permettra non seulement une protection de l'environnement mais aussi de fournir des quantités supplémentaires d'eau de qualité pour l'irrigation.



Figure III.1: Rejet des eaux usées domestiques dans l'oued

III.2. Situation géographique de la zone d'étude

La commune de SFISEF relevant de la wilaya de Sidi Bel Abbès, se situe à 35 km à l'est du chef lieu de wilaya. Elle est limitée:

- Au nord par les communes de AIN ADDEN et BOUDJEBHA EL BORDJ;
- A l'ouest par la commune de MOSTAPHA BEN BRAHIM;
- Au sud par la commune de MCID;
- A l'est par la commune de BOUHNIFIA (wilaya de Mascara).

III.3.Choix du site de la station d'épuration

Le choix du site d'implantation de la future station d'épuration (STEP) de SFISEF est basé sur une série de critères. Le choix est fondé sur un compromis entre les objectifs et les contraintes suivantes:

- ❖ meilleure protection de l'environnement;
- ❖ possibilités d'une réutilisation des effluents pour l'irrigation;
- ❖ contraintes budgétaires, surtout en termes d'investissement et d'exploitation;
- ❖ zone non inondable;
- ❖ la superficie de l'assiette;
- ❖ la distance par rapport à la ville;
- ❖ la distance du site avec les points de rejets

Dans cette étude, nous avons étudié le milieu environnemental où le site sera implanté. En effet, le site de la future station d'épuration de SFISEF retenu, se trouve au sud-est du chef lieu de la commune, à distance de celui-ci d'environ 2 km.



Figure III.2: Futur site de la STEP [41]

↔ : Distance de la STEP par rapport à la ville (environ 2 km).
● : Site de la future STEP projeté

Les coordonnées Lambert du site sur la carte topographique de SFISEF (Echelle : 1/25000) sont: X= 1308, Y= 351365, Z= 525 [42].

III.4. Caractéristique du site d'implantation

Le site de la future STEP présente une morphologie relativement plate et inclinée, étendue sur une superficie d'environ 10 ha.

III.5. Etude climatique

A) Intensité des pluies

Nous avons déterminé l'intensité des pluies maximales aux fréquences 1 %, 5 %, 10 % et 20 %. Ces intensités ont été calculées à différents temps: 5, 15, 20, 30 et 60 minutes.

Au préalable, nous avons déterminé la pluie maximale de 24 h [42].

- **Pluie maximale de 24 heures:**

A partir de la station la plus représentative pour notre cas qui est la station météorologique de Sidi Bel-Abbès (code: 04.04.14), les résultats sur une série de pluies maximales traitées sur 50 ans sont indiqués dans tableau III.1 suivant:

Tableau III.1: Calcul de la pluie maximale journalière sur une série de pluies maximales

| Station | Altitude | Pluie moy. annuelle | Pluie max. journalière | b | Cv | Période |
|---------|----------|---------------------|------------------------|------|------|---------|
| SFISEF | mètre | mm/an | mm/j | | | Ans |
| | 525 | 491 | 52.4 | 0.33 | 0.42 | 50 |

Les pluies maximales fréquentielles à 1%, 5%, 10% et 20% ont été calculées à partir de la formule de la loi logarithmique normale suivante :

$$P_{j\%} = \frac{P_{j\max \text{ en } 24h}}{\sqrt{(cv^2+1)}} x e^{u \cdot \sqrt{\ln(cv^2+1)}} \dots\dots\dots(4).$$

Avec $P_{j\%}$: pluie journalière fréquentielles en mm.

$P_{j \max \text{ en } 24 h}$: pluie maximale journalière en mm.

Cv: Coefficient de variation.

u: variable de Gauss.

Les résultats des calculs sont présentés sur le tableau III.2 suivant :

Tableau III.2: Calcul des pluies maximales fréquentielles à 1%, 5%, 10% et 20%

| Station | $P_{j \max}$ en 24h | période | Cv | $P_{j \ 1\%}$ | $P_{j \ 5\%}$ | $P_{j \ 10\%}$ | $P_{j \ 20\%}$ |
|---------|---------------------|---------|------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| SFISEF | mm/j | années | | U=2.327 | U=1.65 | U=1.26 | U=0.86 |
| | 52.4 | 50 | 0.42 | 123.42 | 93.95 | 80.28 | 68.33 |

- **Détermination des intensités pluviales:**

Pour la détermination des intensités pluviales en zone urbaine, on a utilisé la loi intensité, durée, fréquence relative à la zone nord-ouest et mise au point par l'ANRH en 1981.

$$I\% = P^{24h}(t/24)^{0.33} \dots\dots\dots(5).$$

Avec I% : intensité fréquentielle en mm

P^{24h} : pluie maximale journalière à la fréquence considérée.

t : temps d'averse en heures.

Nous avons obtenu alors, pour chaque fréquence aux différents temps considéré, les résultats consignés dans le tableau III.3 suivant:

Tableau III.3: Calcul des intensités pluviales pour chaque fréquence

| Temps d'averse en (mm) | | 5 min | 15 min | 20 min | 30 min | 60 min |
|------------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fréquences% | | | | | | |
| 1% 123.42 | I (mm/t) | 19.04 | 27.37 | 30.09 | 34.40 | 43.24 |
| | I (mm/h) | 228.48 | 109.48 | 90.27 | 68.80 | 43.24 |
| | I (l/s/ha) | 634.66 | 304.11 | 250.75 | 191.11 | 120.11 |
| 5% 93.95 | I (mm/t) | 14.50 | 20.83 | 22.91 | 26.19 | 32.92 |
| | I (mm/h) | 174.00 | 83.32 | 68.73 | 52.38 | 32.92 |
| | I (l/s/ha) | 483.33 | 231.44 | 190.92 | 145.50 | 91.44 |
| 10% 80.28 | I (mm/t) | 12.40 | 17.8 | 19.57 | 22.38 | 28.13 |
| | I (mm/h) | 148.80 | 71.20 | 58.71 | 44.76 | 28.13 |
| | I (l/s/ha) | 413.33 | 197.78 | 163.08 | 124.33 | 78.14 |
| 20% 68.33 | I (mm/t) | 10.54 | 15.15 | 16.66 | 19.05 | 23.94 |
| | I (mm/h) | 126.48 | 60.60 | 49.98 | 38.10 | 23.94 |
| | I (l/s/ha) | 351.33 | 168.33 | 138.83 | 105.83 | 66.50 |

B) Température:

La température est un facteur très important pour le bon fonctionnement d'une station d'épuration à traitement biologique. L'activité bactérienne en dépend. Les observations recueillies à la station de Sidi Bel Abbès sur la dernière décennie, ont pu situer la température moyenne annuelle de la région autour de 16.12 °C.

Le tableau III.4 donne la répartition mensuelle des températures moyennes de la région de Sidi Bel Abbès sur la période 1999 - 2010.

Tableau III.4: Répartition mensuelle des températures moyennes de la région de Sidi Bel Abbès sur la période 1999 - 2010 (source: station météorologique de Sidi Bel Abbès).

| Mois | Sep | Oct. | Nov. | Déc. | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Mai. | Jui. | Juil. | Aout. |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| T(°C) | 22.7 | 18 | 12.5 | 8.1 | 7.2 | 9.5 | 10.7 | 12.3 | 16.8 | 22.1 | 26.3 | 27.3 |

C) Vent :

Selon la rose des vents de la station météorologique de Sidi Bel-Abbes, les vents dominants de la région sont principalement du secteur sud et ouest, avec des vitesses respectivement de 31 et 17 m/s. La station d'épuration sera projetée dans le contre sens des vents dominants, soit à l'aval de la ville.

III.6. Géologie du site d'étude

Selon une description géologique effectuée lors de la réalisation d'un forage d'eau à Sfifef (figure III.3), le site de la future STEP projeté est un ancien terrassement, relativement plat, formé jusqu'à une profondeur de 17 m par des grès argileux avec des passages de grains de quartz, suivi de couches de sable argileux, sable à graviers calcaire, de marnes argileux et de marne grise, de sable très fins et de marnes. Selon cette description, et afin de préserver les ressources hydriques souterraines contre toutes formes de contamination, on propose une étanchéisation des bassins de lagunage de la STEP par une géo-membrane.

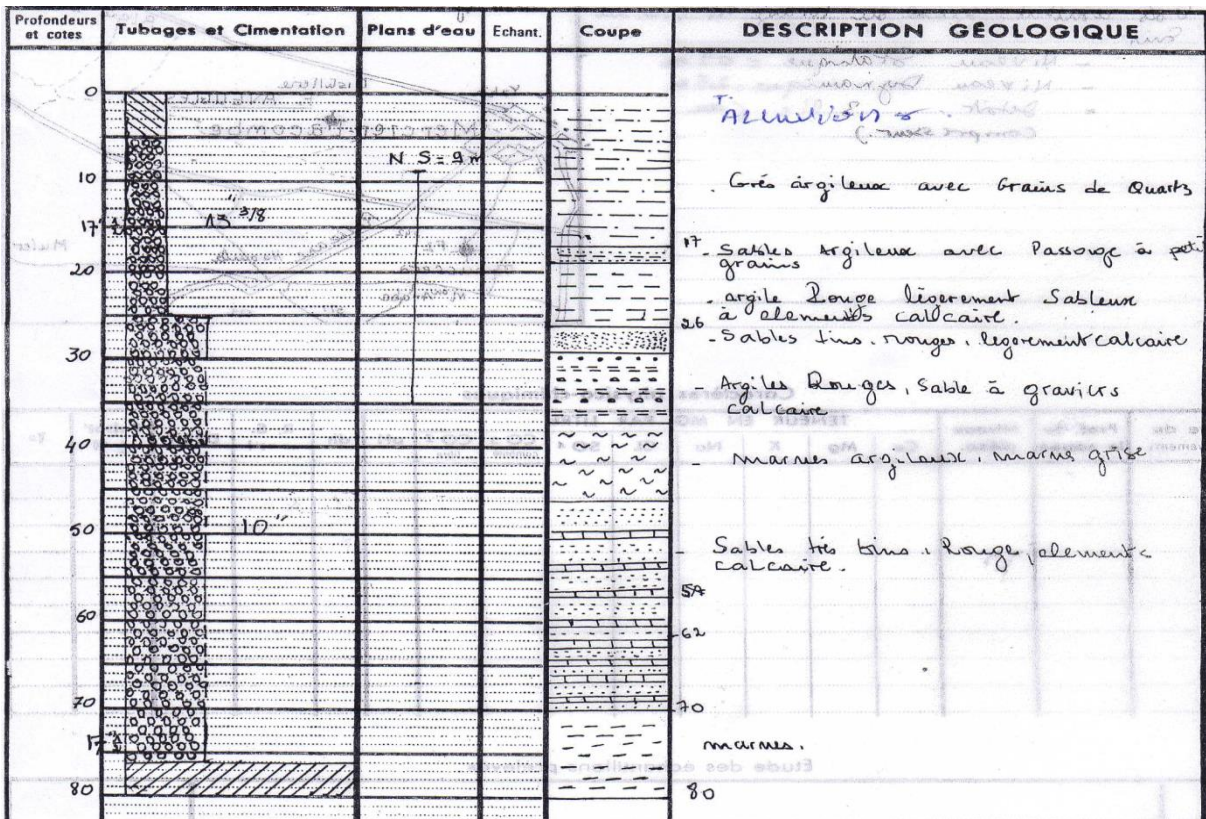


Figure III.3: Coupe géologique d'un forage d'eau à Sfifef [42].

III.7. Conclusion

Cette phase d'étude nous a permis de décrire le milieu physique intervenant dans le dimensionnement de la station d'épuration de la ville de SFISEF. Le site d'implantation de la future STEP a été désigné. Par la suite, on a effectué à une étude climatologique en analysant les principaux facteurs entrant dans le dimensionnement et le choix du site de la STEP. Une description de la géologie de la région a été également donnée à la fin de ce chapitre.

Chapitre IV: Dimensionnement d'une Station d'Épuration

IV.1. Introduction

Le dimensionnement d'une station d'épuration est toujours précédé par la détermination des rejets des eaux usées et de la quantité des eaux pluviales. Des données sur le milieu physique de la région sont également nécessaires [43]. En outre, l'analyse des eaux usées et le calcul des charges polluantes sont une phase très importante pour la conception d'une station d'épuration [44].

IV.2. Estimation de la population:

Les données du dernier recensement de 2013 indique que la population de SFISEF est de 30700 hab avec un taux d'accroissement de 1.56 % [45]. L'évolution future de la population à différents horizons est déterminée par la formule suivante:

$$P=P_0*(1+t_x)^n \dots\dots\dots(6).$$

Avec: P : population future

P_0 : population résidente à l'année considérée comme référence.

n : nombre d'années séparant l'année de référence et l'année prise en compte.

t_x : taux d'accroissement.

L'évolution de la population jusqu'à l'horizon 2030, fixée arbitrairement dans cette étude, est résumée dans le tableau IV.1 suivant:

Tableau IV.1: Données sur l'évolution de la population de Sfifef jusqu'à l'horizon 2030

| Horizons | 2013 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Population | 30700 | 31665 | 34213 | 36966 | 39941 |

La population avec laquelle la STEP sera dimensionnée, dans cette présente étude, est celle de 2030 soit $P = 40000$ habitants.

IV.3. Estimation des rejets:

Le débit des eaux usées est estimé à 80% des besoins en eaux de la population. Sachant que la dotation hydrique pour la ville de Sfisef est de 180 l/j/hab, le débit de consommation est donnée par [42]:

$$Q_c = q * N \dots\dots\dots(7).$$

Avec:

Qc: Débit de consommation (m³/j)

q : Dotation hydrique (l/j/hab)

N : Nombre d'habitants

Le Tableau résume les calculs de l'évolution des besoins en eau de consommation pour la ville jusqu'à l'horizon 2030

Tableau IV.2: Evolution des besoins en eau pour la ville de Sfisef jusqu'à l'horizon 2030

| Année | 2013 | 2015 | 2020 | 2025 | 2030 |
|---|-------|--------|---------|---------|-------|
| Population P (hab) | 30700 | 31665 | 34213 | 36966 | 40000 |
| Débit moy de consommation Q _C (m ³ /j) | 5526 | 5699.7 | 6158.34 | 6653.88 | 7200 |

Le débit des eaux usées (Q_{EU}) est estimé 80% du débit d'alimentation:

$$Q_{EU} = 80\% Q_C \dots\dots\dots(8).$$

Pour le dimensionnement d'une STEP nous devons calculer les débits suivants:

❖ le débit horaire de rejet (Q_H): $Q_H = Q_{EU} / 24 \dots\dots\dots(9).$

❖ le débit de pointe de temps sec (Q_P): $Q_P = C_p * Q_{EU} \dots\dots\dots(10).$

avec $C_p = 1.5 + 2.5 / \sqrt{Q_{EU}} \dots\dots\dots(11).$

A) Débit journalier en eau potable:

Le débit journalier en eau potable de l'agglomération sera donné par la somme des consommations obtenues pour chaque type de consommateur et pour chaque usage.

Débit de consommation journalier en m³/j :

$$Q_c = \frac{\text{dotation} * \text{nombre de consommateur}}{1000} \dots\dots\dots(12).$$

La dotation = 180 l/ha/j, le nombre de consommateur = 40000 hab d'où :

$$Q_c = (180 * 40000) / 1000 = \mathbf{7200 \text{ m}^3/j}$$
 pour l'horizon **2030**

B) Volume journalier rejeté en eau usée:

Connaissant les consommations en eau potable et en tenant compte des taux de raccordement au réseau d'assainissement et de réduction, il est possible d'estimer le débit

d'eau usée qui sera admis à la station d'épuration. Le taux de réduction est habituellement estimé à 80 %, ce qui conduit à un coefficient global de réduction: $r = 0,80$.

Le Débit journalier d'eaux usées rejetées sera:

$$Q_{rej} = 7200 \times 0.8 = \mathbf{5760 \text{ m}^3/\text{j}}$$
 pour l'horizon **2030**

- **Débit moyenne horaire journalier:** Il est donné par la relation suivante:

$$Q_H = \frac{\text{Débit total journalier}}{24 \text{ heure}} = \frac{Q_j}{24} \dots\dots\dots(13).$$

D'où $Q_H = \frac{5760}{24} = \mathbf{240 \text{ m}^3/\text{h}}$ pour l'horizon 2030

- **Débit de pointe de temps sec:** il est donnée par la relation suivant:

$Q_p = C_p \cdot Q_m$ Avec: C_p : coefficient de pointe donné par la formule suivante :

$$C_p = 1.5 + \left(\frac{2.5}{\sqrt{Q_m}} \right)$$

$Q_H = 240 \text{ m}^3/\text{h} = 66.66 \text{ l/s}$ D'où $C_p = 1.5 + (2.5 / \sqrt{66.66}) = 1.80$

Alors: $Q_p = 1.8 \times 240 = 432 \text{ m}^3/\text{h}$

IV.4. Calcul des charges polluantes:

A) Charge en DBO₅:

A défaut d'analyses d'échantillons représentatifs sur les rejets d'eaux usées brutes, la charge polluante apportée par jour et par habitant est estimée à 54 g/hab/j. La charge polluante en DBO₅ admise à la station sera égale à:

$54 \text{ g/hab/j} \times 40000 \text{ hab} = 2160 \text{ kg DBO}_5/\text{j}$ pour l'horizon 2030.

D'où la concentration en DBO₅ est :

$$[\text{DBO}_5] = \frac{\text{charge polluants}}{\text{débit total}} \dots\dots\dots(14).$$

$= (2160 \times 10^6) / (5760 \times 10^3) = 375 \text{ mg/l}$ pour l'horizon 2030.

B) Charge en MES:

La teneur en matières en suspension par habitant et par jour pour un réseau séparatif est de 70 g/hab/j.

La Charge en MES = $70 \cdot 10^{-3} \times E.H$

$= 70 \cdot 10^{-3} \times 40000 = 2800 \text{ kg MES/j}$ pour l'horizon 2030.

D'où la concentration en MES est :

$$[\text{MES}] = \frac{\text{charge polluants en MES}}{\text{débit total}} \dots\dots\dots(15).$$

$= (2800 \times 10^6) / (5760 \times 10^3) = 486 \text{ mg/l}$ pour l'horizon 2030

Tableau IV.3 : Récapitulatif des données de bases de la STEP pour l'horizon 2030

| Paramètres | Unités |
|---|-----------|
| Type de réseau | Séparatif |
| Equivalent d'habitant | 40000 |
| Débit total journalier m ³ /j | 5760 |
| Débit moyenne horaire m ³ /h | 240 |
| Débit de pointe de temps sec m ³ /h | 432 |
| Charges polluantes | |
| La teneur en DBO ₅ (g/hab/j) | 54 |
| La teneur en MES (g/hab/j) | 70 |
| Charges en DBO ₅ (kgDBO ₅ /j) | 2160 |
| [DBO ₅] (mg/l) | 375 |
| Charges en MES (kg MES/j) | 2800 |
| [MES] (mg/l) | 486 |

Dans ce travail, on propose les calculs de dimensionnement de (02) variantes d'épuration des eaux :

- ✓ La variante boues activées
- ✓ La variante lagunage aéré

Le dimensionnement des ouvrages de prétraitement demeure identique pour les deux variantes proposées.

IV.5. Calcul des ouvrages de prétraitements

IV.5.1. Calcul du dégrilleur [25]:

a) **Largeur pour une grille fine:** La largeur de la grille est donnée par la formule suivante:

$$l = \frac{S \cdot \sin \alpha}{H_{max} \cdot (1 - \beta) \delta} \dots \dots \dots (16).$$

Avec: β : Fraction de surface occupée par les barreaux,

δ : Coefficient de colmatage de la grille (= 0,5 pour une grille mécanique, 0,25 pour une grille manuelle).

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal (compris généralement entre 60° et 80, on prend $\alpha = 60^\circ$).

S : Section mouillée de la grille $S = Q_p/V$ (m²).

Q_p : débit de pointe en temps sec (m³/s), $Q_p = 432 \text{ m}^3/\text{h} = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$.

V : Vitesse d'écoulement de l'effluent en (m/s) entre les barreaux (Elle peut varier de 0,5 m/s à 1,5 m/s, on prend dans ce cas V= 1 m/s).

Hmax: Hauteur maximale d'eau admissible sur la grille (compris généralement entre 0,15 et 1,5 m, on prend Hmax = 0.5 m).

D'autre part on a: $\beta = \frac{e}{e+d}$ (17),,

e: espacement des barreaux = 1cm,

d: épaisseur des barreaux (de 0.3 à 1 cm, on prend d = 0.5 cm).

Les calculs donnent :

$$\beta = \frac{1}{1+0.5} = 0.66, Q_p = 432 \text{ m}^3/\text{h} = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = Q_p/V = 0.12/1 = 0.12 \text{ m}^2.$$

D'où $l = \frac{0.12 \times 0.86}{0.5 \times (1 - 0.66) \times 0.25} = 2.43 \text{ m}$ (On prend l = 2.5 m)

b) Pertes de charge: elles sont calculées par la formule suivante:

$$\Delta h = \frac{\beta \cdot d^{4/3}}{e^{4/3}} \frac{V^2}{2g} \sin \alpha \text{(18).}$$

Avec :

Δh : Perte de charge en mètre d'eau (m),

d : Largeur maximale d'un barreau (m),

e : Espacement entre les barreaux (m),

V : Vitesse d'approche ou vitesse de l'eau devant la grille (m/s),

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale

β : Coefficient de forme des barreaux (= 2,42 pour des barreaux rectangulaires; 1,75 pour des barreaux ronds, on prend $\beta = 1.75$).

g : Accélération de la pesanteur (m/s²).

Le calcul de Δh donne :

$$\Delta h = \frac{1.75 \cdot (0.005)^{4/3}}{(0.01)^{4/3}} \frac{1^2}{2 \cdot 9.81} \sin 60 = 0.03 \text{ m (soit 3 cm)}$$

c) Longueur de la chambre des grilles [43]:

Elle est donnée par la formule suivante: $L = L_1 + L_2 + L_{cr}$ (19).

Avec : L_{cr} : longueur de la chambre de réception = 1.5 m.

L_1 : longueur d'élargissement

L_1 est donné par la relation suivante: $L_1 = \frac{l-\phi}{2tg\phi}$ (20).

avec l: largeur de la grille

Pour un diamètre $\phi = 600$ mm, $L_1 = \frac{1.33-0.6}{2tg20} = 3.65$ m

D'autre part : $L_2 = (\frac{1}{2})L_1 = (\frac{1}{2})3.65 = 1.825$ m

D'où : $L = 3.65 + 1.825 + 1.5 = 6.975$, soit $L = 7$ m

d) Calcul du volume des déchets retenus:

Les volumes des déchets retenus seront estimés comme suite :

$$V(m^3/j) = \frac{\text{nombre d'habitants} \times \text{volume retenu} \times 10^{-3}}{365j} \dots\dots\dots(21).$$

Le volume retenu est: 5 à 10 l/hab/an pour une grille fine et
2 à 5 l/hab/an pour une grille grossière

Donc:

$$V_{\min}(m^3/j) = \frac{40000 \times 5 \times 10^{-3}}{365} = 0.54 \text{ m}^3/j$$

$$V_{\max}(m^3/j) = \frac{40000 \times 10 \times 10^{-3}}{365} = 1.09 \text{ m}^3/j$$

IV.5.2. Calcul du déssableur [25]:

On prend une vitesse de chute des particules sableuses de 17 m/h.

a) Surface horizontale de dessablage:

La surface du dessableur est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$S = Q_p/v \dots\dots\dots(22).$$

$$S = 432/17 = 25.41m^2$$

b) Longueur (L): on fixe une longueur de dessablage $L = 15$ m.

c) Largeur (l): La largeur du dessableur se déduit de l'équation suivante :

$$S = L * l \text{ d'où } l = S/L \dots\dots\dots(23).$$

A.N : $l = 25.41/15 = 1.69$, soit $l \cong 2$ m.

On prend un temps de séjour 8 minutes; le volume du bassin de dessablage est

$$V(m^3) = Q_p * t_s \dots\dots\dots(24).$$

$$V(m^3) = \frac{432 * 8}{60} = 57.6 \text{ m}^3$$

Alors la hauteur d'eau dans le dessablage est: $He = V/S = \frac{57.6}{25.4} \dots\dots\dots(25).$

$He = 2.26$ m, soit $h = 2.5$ m

d) Calcul du débit d'air injecter:

Une quantité d'air étant nécessaire pour assurer l'aération, et la remontée des huiles en surface. Le débit d'air à injecter varie de 1 à 1,5 m³/m³ d'eau à traiter (on prend 1.2 m³/m³).

$$D'où \quad q_{air} = 1.2 \times Q_p \dots\dots\dots(26).$$

$$q_{air} = 1.2 \times 432 = 518.4 \text{ m}^3/\text{h}$$

IV.5.3. Calcul du déshuileur [25]

Les caractéristiques du déshuileur sont:

- Le temps de séjour (Ts) variant de 5 à 20 min (on prend ts = 13 min).
- La vitesse ascensionnelle des huiles qui varie de 15 à 20 m/h (on prend Vasc = 17 m/h).

a) Volume du déshuileur:

Il est calculé par la formule suivante :

$$V(\text{m}^3) = Q_p \cdot T_s \dots\dots\dots(27).$$

$$V(\text{m}^3) = 432 \times (13/60) = 93.6 \text{ m}^3$$

b) Surface horizontale:

Elle est donnée par la relation suivante:

$$S_h = \frac{Q_p}{V_{asc}}, \dots\dots\dots(28).$$

$$S_h = 432/17 = 25.41 \text{ m}^2$$

c) Hauteur d'eau:

Elle se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$H_e = \frac{V}{S_h}, \dots\dots\dots(29).$$

$$H_e = 93.6/25.41 = 3.68 \text{ m}$$

d) Longueur du déshuileur:

Elle se déduit de l'expression suivante: $L = \frac{S_h}{l} \dots\dots\dots(30).$

$$L = 25.41/4 = 6.35 \text{ m pour une largeur du désuileur } l_{\text{Désuileur}} = 4\text{m} \quad (2\text{m} < l_{\text{Désuileur}} < 6\text{m})$$

e) Quantité d'air injecter: Elle est évaluée à 5 m³/h/m³ de volume

$$\text{Quantité d'air injectée par heure} = 5 \times 93.6 = 468 \text{ m}^3/\text{h}$$

f) Quantitatif des résidus du déshuileur (Q_{Desh}):

La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 g/m³ (on prend 50 g/m³). D'où: $Q_{desh} = \frac{50 \times 5760}{1000} = 288 \text{ kg/j}$

IV.6. Traitement biologique:

IV.6.1. Dimensionnement de la variante «boues activées»:

1) Bassin d'aération [25]

On suppose un rendement d'épuration $R = 90 \%$

$$R = \frac{l_0 - l_s}{l_0}, \text{ d'où } l_s = (l_0 - R \cdot l_0) \dots\dots\dots(31).$$

Avec: l_0 : la charge organique en DBO₅ à l'entrée du bassin d'aération (kg/j)

l_s : la charge organique en DBO₅ à la sortie du bassin d'aération (kg/j)

$$l_s = (l_0 - R \cdot l_0) = (2160 - 0.9 \times 2160) = 216 \text{ kgDBO}_5/\text{j}$$

D'où la charge organique à éliminée $l_e = l_0 - l_s = 2160 - 216 = 1944 \text{ kgDBO}_5/\text{j}$.

a) Volume du bassin d'aération:

Il est calculé par l'équation suivante : $V_{ba}(m^3) = \frac{l_0}{C_v} \dots\dots\dots(32).$

C_v : charge volumique appliquée (on prend $C_v = 1 \text{ kgDBO}_5/m^3/\text{j}$, moyenne charge)

$$\text{D'où } V_{ba}(m^3) = \frac{2160}{1} = 2160 \text{ m}^3$$

b) Masse de boue dans le bassin d'aération:

Elle est déterminée par l'expression suivante: $M_b = \frac{L_0}{C_m} \dots\dots\dots(33).$

Avec C_m : Charge massique appliquée (on prend $C_m = 0.4 \text{ kgDBO}_5/\text{kgMVS}/\text{j}$)

$$\text{D'où } M_b = \frac{2160}{0.4} = 5400 \text{ kg}$$

D'où la concentration en boues dans le bassin d'aération: $C_b = \frac{M_b}{v} = \frac{5400}{2160} = 2.5 \text{ g/l}$

c) Dimension du bassin d'aération:

- **Surface du bassin:** On fixe une hauteur $h = 5 \text{ m}$, la surface sera:

$$S_b = \frac{V}{h} \dots\dots\dots(34).$$

$$S_b = \frac{2160}{5} = 432 \text{ m}^2$$

- **Largeur:** Prenons une longueur de 24 m , la largeur sera:

$$l = \frac{S_b}{L} \dots\dots\dots(35).$$

$$l = \frac{432}{24} = 18 \text{ m}$$

d) Temps de séjour: les temps de séjour dans le bassin d'aération sont:

a/ pour le débit moy journalier: $T_s = \frac{V}{Q_{moy}} \dots\dots\dots(36).$

$$T_s = \frac{2160}{240} = 9 \text{ h}$$

b/ pour le débit de pointe par temps sec: $T_s = \frac{V}{Q_p} \dots\dots\dots(37)$

$$T_s = \frac{2160}{432} = 5 \text{ h}$$

e) Qualité de l'effluent à la sortie:

Pour une appréciation de l'effluent épuré à la sortie du bassin d'aération, on utilisera la formule suivante :

$$S_{fb} = \frac{S_0}{1+k \cdot [C'a] \cdot T_s \cdot (1,02)^{T^\circ - 20}} \dots\dots\dots(38).$$

S₀: la concentration de DBO₅ à l'entrée.

K: coefficient cinétique de dégradation (K = 0.4 pour une eau usée domestique).

[C'a]: concentration en matière actives dans le bassin d'aération (soit 50% de la concentration en boue[C_b]).

$$[C'a] = \frac{[C_b]}{2} = \frac{2.5}{2} = 1.25 \text{ mg/l}$$

T_s: temps de séjour (h) et T°: la température moyenne d'eau = 30°C.

Les calculs de S_{fb} donnent :

a/ Pour le débit moy horaire:

$$S_{fb} = \frac{375}{1+0.4 \cdot 1.25 \cdot 9 \cdot (1.02)^{30-20}} = \frac{375}{6.485} = 57.82 \text{ mg/l,}$$

$$\text{Soit un rendement de: } N\% = \frac{375 - 57.82}{375} = 0.8458 = 84.58 \%$$

b/ Pour le débit de pointe:

$$S_{fb} = \frac{375}{1+0.4 \cdot 1.25 \cdot 5 \cdot (1.02)^{30-20}} = \frac{375}{4.047} = 92.65 \text{ mg/l,}$$

$$\text{Soit un rendement de : } N\% = \frac{375 - 92.65}{375} = 0.753 = 75.3 \%$$

f) Besoins en oxygène:

Les besoins en oxygène pour le bassin d'aération sont donnés par la formule suivante:

$$q(O_2) = a' \cdot I_e \cdot Q \dots\dots\dots(39). \text{ avec } a' = 0.53 \text{ (constante)}$$

Les calculs donnent :

a/ Pour le débit moy horaire: $q(O_2) = 0.53 \cdot (375 - 37.5) / 1000 \cdot 240 \cdot 24 = 1030.32 \text{ kg/j}$

b/ Pour le débit de pointe: $q(O_2) = 0.53 \cdot (375 - 37.5) / 1000 \cdot 432 \cdot 24 = 1854.09 \text{ kg/j}$

g) Calcul de l'aérateur à installer:

On a le volume du bassin V_b = 2160 m³, h = 5 m et S_b = 432 m²

On choisit une puissance absorbée par m² de bassin d'aération Pa = 80 w/m²

a/ La puissance de brassage pour toute la surface du bassin sera alors de:

$$W_m = S_b \cdot P_a \dots\dots\dots(40).$$

$$W_m = 432 \cdot 80 = 34560 \text{ w} = 34.56 \text{ kw}$$

b/ La quantité totale d'oxygène transférée par unité de surface est donnée par l'expression:

$$N_0 = 1.98 * 10^{-3} * P_{a+1}$$

$$= 1.98 * 10^{-3} * 80 + 1 = 1.158 \cong 1.16 \text{ kgO}_2/\text{kw.h}$$

c/ Coefficient de transfert d'oxygène N: il est donné par la formule suivante :

$$N = \frac{Nb(\beta * [O2]_s - [O2] * \alpha * \theta^{T-20})}{[O2]_s} \dots\dots\dots(41).$$

$$= \frac{1.16(0.9 * 9.2 - 1.5) * 0.9 * (1.02)^{30-20}}{9.2} = 0.94 \text{ kgO}_2/\text{kw}$$

d) besoin en énergie de l'aérateur:

En fonctionnement normal, l'apport spécifique en énergie des aérateurs (Es) est de 1.5 à 1.8 kgO₂/kw.h, on prend Es = 1.8 kgO₂/kw.h

Les besoins en oxygène des aérateurs sont évalué à: q(O₂) = 445.09 kgO₂/h

L'énergie à fournir sera:

$$E = \frac{Q(O_2)}{E_s} \dots\dots\dots(42).$$

$$E = \frac{445.09}{1.8} = 247.27 \text{ kw}$$

e/ La puissance nécessaire à l'aération sera: $W_a = \frac{Q(O_2)}{N} \dots\dots\dots(43).$

$$W_a = \frac{445.09}{0.94} = 473.5 \text{ kw}$$

f/ Nombre d'aérateurs pour le bassin: $n = \frac{W_a}{W_m} \dots\dots\dots(44).$

$$n = \frac{473.5}{34.56} = 13.7 \text{ (soit } n \cong 14.)$$

2) Dimensionnement du clarificateur (décanteur secondaire):

a) Surface du décanteur :

On prend une vitesse de chute des particules dans l'ouvrage Vc = 0.9 m/h. La surface horizontale du décanteur sera calculée par la formule suivante:

$$Sh = \frac{Q_p}{V_c} \dots\dots\dots(45).$$

$$Sh = \frac{432}{0.9} = 480 \text{ m}^2$$

b) Volume du décanteur : Pour un temps de séjour fixé à Ts = 30 min, le volume du décanteur est calculé avec l'expression suivante:

$$V(m^3) = Qp * Ts, V \dots \dots \dots (46).$$

$$V(m^3) = 432 * 0.5 = 216 m^3$$

c) Hauteur du décanteur:

La hauteur du décanteur est tirée de l'équation :

$$H = \frac{V}{S} \dots \dots \dots (47)$$

$$H = \frac{216}{480} = 0.45, \text{ soit } h \cong 0.5m.$$

d) Diamètre du décanteur:

Il est calculé par la formule suivante: $D = \sqrt{4 * Sh / \pi} \dots \dots \dots (48).$

D'où $D = \sqrt{4 * 480 / 3014} = 24.72 m$

e) Temps de séjour:

- Pour le débit moy horaire journalier:

$$Ts = \frac{V}{Qm} \dots \dots \dots (49)$$

$$Ts = \frac{216}{240} = 0.9 h = 54 \text{ min}$$

- Pour le débit de pointe:

$$Ts = \frac{V}{Qp} \dots \dots \dots (50)$$

$$Ts = \frac{216}{432} = 0.5 h = 30 \text{ min}$$

IV.6.2. Dimensionnement de la variante «lagunage aéré»:

2) Bassins d'aérations [43] :

a/ Correction de la constante d'épuration :

La constante de dégradation de la pollution organique par les bactéries dépend de la température. Elle est donnée par l'équation suivante : $K_{T0} = K_{20^\circ} * \theta^{T^\circ - 20^\circ}$

Avec : K_{20° : Constante d'épuration (eaux usées domestique) à $T = 20^\circ C$, $K_{20^\circ} = 2.5 j^{-1}$.

θ : Coefficient de température ($\theta = 1.06$)

Pour $T = 7^\circ C$ (T° min de l'année), $K_{7^\circ} = 2.5 * 1.06^{7-20} = 1.17 j^{-1}$.

b/ Estimation du temps de séjour :

D'après la formule de Marais : $L_e = \frac{L0}{1 + Ke * ts}$ d'où $Ts = \frac{L0 - Le}{Ke * Le} \dots \dots \dots (51)$

Pour un rendement d'épuration supposé égal à 90%, la concentration en DBO₅ (I₀) à la sortie de la lagune est de 37.5 mg/L

$$D'où Ts = \frac{375-37.5}{1.17*37.5} = 7.69, \text{ soit } Ts \cong 8 \text{ jours}$$

c/ Volume du bassin d'aération :

Le volume du bassin d'aération est calculé par la formule suivante :

$$V(m^3) = Q_{moy} \times Ts \dots\dots\dots(52)$$

$$= 5760 * 8 = 46080 m^3$$

d/ Surface du bassin d'aération :

La surface est déduite de la relation : $S = V/H \dots\dots\dots(53)$

Avec : H : hauteur d'eau dans les lagunes (généralement fixée de 2.5 à 4 m, On prend H = 3 m).
D'où : $S = 46080/3 = 15360 m^2$

e/ Conception de l'étage d'aération :

L'efficacité du traitement par lagunage aéré est améliorée en subdivisant le volume total à aérer en 02 bassins disposée en série avec des proportions de 60% pour le premier et de 40% pour le deuxième. Cette configuration favorise la diversité de la biomasse.

Dans les tableaux IV.4, IV.5 et IV.6 sont résumés les caractéristiques des bassins d'aération.

Tableau IV.4 : Caractéristiques géométriques de base pour les deux bassins :

| | Proportion | V(m ³) | H(m) |
|------------------|------------|--------------------|------|
| Bassin aéré n°01 | 60 % | 27648 | 3 |
| Bassin aéré n°02 | 40 % | 18432 | 3 |

Tableau IV.5 : Caractéristiques géométriques de base pour le 1^{er} bassin.

| | |
|----------------|----------------------|
| Volume utile | 27648 m ³ |
| Surface miroir | 9216 m ² |
| Longueur | 120 m |
| largeur | 76.8 m |

Tableau IV.6 : Caractéristiques géométriques de base pour le 2^{ème} bassin.

| | |
|----------------|----------------------|
| Volume utile | 18432 m ³ |
| Surface miroir | 6144 m ² |
| Longueur | 90 m |
| largeur | 68.26 m |

f) Besoins en O₂

Comme les systèmes à boues activées, les besoins en oxygène pour les lagunes sont calculés à partir de l'équation suivante :

$$q(O_2) = a' \cdot Le \cdot Q_{moy} \dots\dots\dots(54) \quad (a' \text{ est une constante } a' = 0.53)$$

Le calcul donne pour:

a/ Pour le débit moy horaire: $q(O_2) = 0.53 \cdot (375 - 37.5) / 1000 \cdot 240 \cdot 24 = 1030.32 \text{ kg/j}$

b/ Pour le débit de pointe: $q(O_2) = 0.53 \cdot (375 - 37.5) / 1000 \cdot 432 \cdot 24 = 1854.09 \text{ kg/j}$

a/ Correction des quantités d'oxygène (coefficient de correction 70%) :

$$q'(O_2) = q(O_2) / 0.7 = 247.27 / 0.7 = 353.24 \text{ kg/h}$$

b/ Quantité moyenne d'oxygène $q'm(O_2)$ consommée par 1 kg DBO₅ éliminée :

Elle se détermine de l'équation suivante: $q'm(O_2) = \frac{q'(O_2)}{(L_0 - L_e) \cdot Q_{moy}} \dots\dots\dots(55)$

D'où : $q'm(O_2) = \frac{353.24 \cdot 1000}{(375 - 37.5) \cdot 240} = 4.36 \cong 5 \text{ kg}(O_2) / \text{kgDBO}_5 \text{ éliminée.}$

c/ l'énergie nécessaire pour 1 kg de DBO₅ éliminée: Elle se calcule à partir de l'expression:

$$E = \frac{q'm(O_2)}{\text{apport spécifique}} \dots\dots\dots(56)$$

$$= \frac{5}{1.4} = 3.57 \text{ kw/h/kgDBO}_5$$

d/ L'énergie totale nécessaire pour éliminer la charge en DBO₅ :

Elle se calcule à partir de l'équation: $ET = E \cdot (l_0 - l_f) \cdot Q_{moy} \dots\dots\dots(57)$

$$ET = 3.57 \cdot (375 - 37.5) \cdot 240 / 1000 = 303.75 \text{ kw/h}$$

g) Temps d'aération :

Il est donné par la relation suivante : $T_a = \frac{ET}{P_t} \dots\dots\dots(58),$

D'où $T_a = \frac{303.75}{66} = 4.6 \text{ h} \cong 5 \text{ h}$

h) Système d'aération:

- Puissance d'aérateur:

Elle est comprise entre 5 et 6 w/m³ afin d'assurer une bonne diffusion d'oxygène dans l'eau à traiter et un brassage approprié.

On suppose que la puissance installée sur le premier bassin est de 5.5 w/m³:

$$P_1 = \frac{5.5}{1000} \cdot 27648 = 152.064 \text{ kw}$$

On suppose que la puissance installée sur le deuxième bassin est de 5 w/m³:

$$P_2 = \frac{5}{1000} \cdot 18432 = 92.16 \text{ kw}$$

La puissance totale installée dans les deux bassins est: $P_T = P_1 + P_2 = 244.224 \text{ kw}$

2) Bassin de finition :

Dans bassin de finition, le temps de séjour (Ts) de l'eau peut aller de 2 à 3 jours. On prend dans ce calcul $T_s = 2$ j

a) Volume du bassin:

Le volume du bassin se détermine comme précédemment

$$V(m^3) = Q_{moy} * T_s \dots \dots \dots (59)$$

$$= 5760 * 2 = 11520 \text{ m}^3$$

b) Surface du bassin:

La surface du bassin se déduit de l'équation : $S(m^2) = V(m^3)/H_e \dots \dots \dots (60)$

On fixe une hauteur d'eau $H_e = 1.5$ m doù :

$$S(m^2) = 11520 / 1.5 = 7680 \text{ m}^2$$

On prend une longueur ($L = 120$ m), donc la largeur $l = S(m^2)/L$

$$l = 7680 / 120 = 64 \text{ m}$$

IV.7. Traitement complémentaire

IV.7.1. Bassin de désinfection:

La désinfection des eaux usées est un traitement d'élimination durable des agents pathogène, bactéries et virus, elle peut se pratiquer au chlore (NaClO) ou à l'ozone. Le choix entre les deux types de désinfection est habituellement en défaveur de l'ozone, à cause du cout d'investissement et de maintenance.

Généralement la meilleure désinfection que l'on rencontre est l'eau de javel car ce dernier coûte moins cher. Pour la STEP de Sfifef on propose une désinfection par le Chlore.

Les caractéristiques du bassin de désinfection que nous proposons sont:

- La hauteur d'eau dans le bassin: $H_e = 1$ m
- Temps de contact (t_c) varie entre 15 à 30 min, on prend $t_c = 15$ min

a) Quantité de Chlore actif:

La quantité de chlore actif est donnée par la relation:

$$Q_{cf} = \frac{1.5 * (a * Q_p)}{1000} \dots \dots \dots (61) \quad \text{Avec:}$$

a: dose de chlore actif = 3 g/m^3

Donc: $Q_{cf} = \frac{1.5 * (3 * 432)}{1000} = 1.94 \cong 2 \text{ kg/h}$

b) Débit de la pompe doseuse (Qd):

Sachant que un (1) litre d'eau de javel à 47°C Chlorométrique sous une pression de un 1 bar pèse $47 * 3.17 = 150$ g, le débit de la pompe doseuse est :

$$Q_d = \frac{Q_{cf} * 1000}{150} = \frac{2 * 1000}{150} = 13.33 \text{ l/h.}$$

c) Volume et Surface du bassin:

Le volume du bassin est donné par la relation suivante:

$$V(m^3) = Q_p * t_c \dots\dots\dots(62)$$

$$= 432 * 15 / 60 = 108 \text{ m}^3$$

La surface: $S(m^2) = V(m^3) / H_e$

$$= 108 / 1 = 108 \text{ m}^2$$

Supposons qu'on prend la longueur du bassin $L = 13 \text{ m}$, donc la largeur

$$l = S(m^2) / L(m)$$

$$= 108 / 13 = 8.3 \text{ m} \cong 8.5 \text{ m}$$

IV.7.2. Bassin de stockage:

Pour la réutilisation des eaux épurées, nous proposons un bassin de stockage rectangulaire à ciel ouvert de 300 m^3 , de dimensions:

- Hauteur d'eau $H_e = 1.5 \text{ m}$
- Surface: $S(m^2) = V(m^3) / H_e = 300 / 1.5 = 200 \text{ m}^2$
- Longueur $L = 16 \text{ m}$, Donc la largeur: $l = S(m^2) / L(m) = 200 / 16 = 12.5 \text{ m}$

IV.7.3. Lits de séchage des boues [25]:

Si on adoptera une surface de 1 m^2 pour 14 EH, et vu le climat favorable à la déshydratation des boues dans notre pays, la surface totale des lits de séchage est:

$$S(m^2) = EH / 14 \dots\dots\dots(63)$$

$$= 40000 / 14 = 2857 \text{ m}^2$$

Si on opte pour des lits de dimension unitaire $L = 25 \text{ m}$ et $l = 10 \text{ m}$, soit une surface unitaire $S_u = 25 * 10 = 250 \text{ m}^2$, Le nombre des lits est alors de:

$$N = S / S_u \dots\dots\dots(64)$$

$$= 2857 / 250 = 11 \text{ lits de séchages}$$

Le tableau IV.7 récapitule les calculs obtenus pour cette étude

Tableau IV.7: Résultats récapitulatifs des calculs de dimensionnement d'une STEP pour Sfisef

| Ouvrages | Dimensions |
|----------------------------------|--|
| Ouvrages de prétraitement | |
| Dégrilleur manuelle | L = 7 m, l = 2.5m, He = 0.5 m, Δh = 3cm. |
| Déssableur | L = 15 m, l = 2 m, He = 2.5 m |
| Déshuileur | L = 6.35 m, l = 4 m, He = 3.68 m |
| Traitement biologique | |
| Ouvrages : "Boue activé" | |
| Bassin d'aération | V = 2160 m ³ , S = 432 m ² , L = 24 m, l = 18 m, He = 5 m Temps de fonctionnement des aérateurs: 9 h Nombre d'aérateurs: 14 L'énergie totale: 247.27 kw |
| Décanteur | V = 216 m ³ , S = 480 m ² , He = 0.5 m, D = 24.72 m, Ts = 30 min |
| Ouvrages: Lagune aéré | |
| Bassin d'aération n°:01 | V = 27648 m ³ , S = 9216 m ² , L = 120 m, l = 76.8 m, La puissance des aérateurs: P ₁ = 5.5 w/m ³ soit P ₁ =152.064 kw |
| Bassin d'aération n°:02 | V = 18432 m ³ , S = 6144 m ² , L = 90 m, l = 68.26 m La puissance des aérateurs: P ₂ = 5 w/m ³ soit P ₂ = 92.16 kw L'énergie totale: 303.75 kw/h |
| Bassin de finition | V = 11520 m ³ , S = 7680 m ² , L = 120 m, l = 64 m, He = 1.5 m |
| Ouvrages complémentaires | |
| Bassin de désinfection | V = 108 m ³ , S = 108 m ² , L = 13 m, l=8.5m |
| Bassin de stockage | V= 300 m ³ , S = 200 m ² , L = 16 m, l = 12.5 m, He =1.5 m |
| Lits de séchage | S = 2857 m ² , nombre de lits=1 llis. |

Les schémas du process (sans bassin de stockage) de chaque variante d'épuration proposée sont donnés sur les figures IV.1 et IV.2.

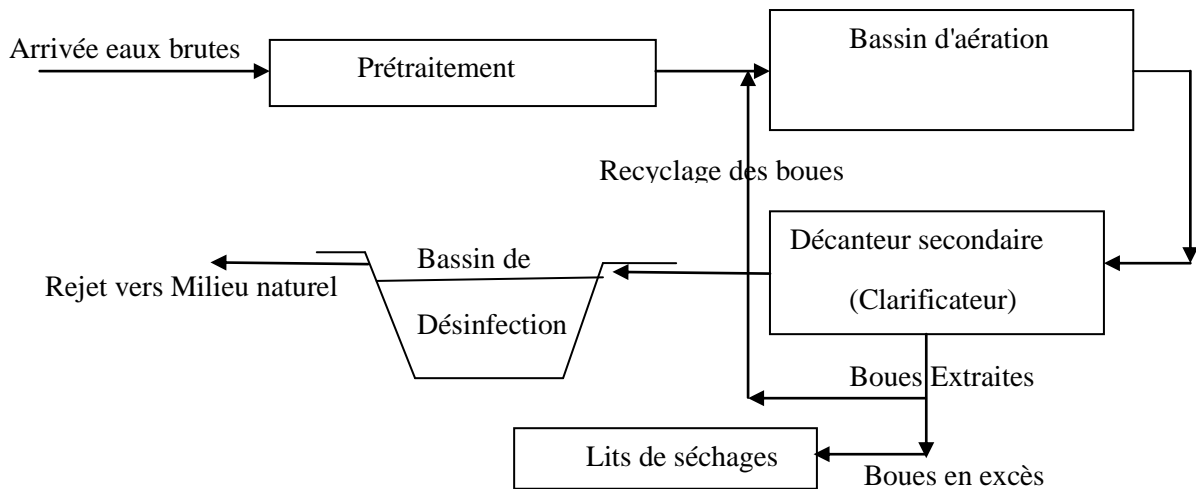


Figure IV.1: Schéma du process proposé pour l'épuration des eaux usées de Sfisef (Variante: boues activées)

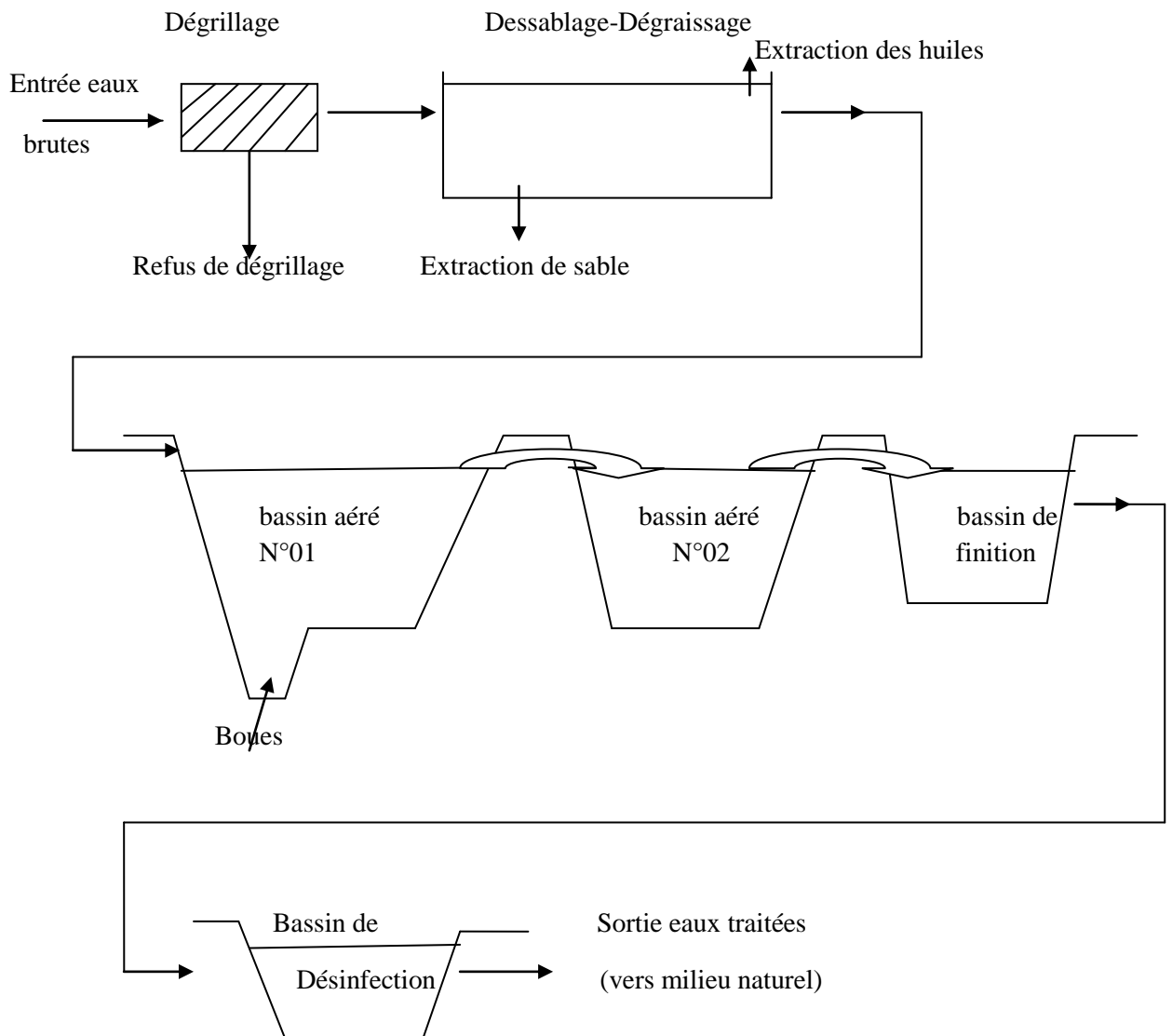


Figure IV.2: Schéma du process proposé pour l'épuration des eaux usées de Sfisef (variante: lagunage aéré)

IV.8. Conclusion

Dans cette étude, on a mené des calculs pour le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées domestiques de l'agglomération de Sfifef (Sidi Bel Abbès). Deux variantes pour l'épuration de ces eaux ont été proposées à savoir:

- la variante : Boues activées;
- la variante: Lagunage aéré

Les calculs des ouvrages de prétraitements et des traitements complémentaires sont communs pour les deux variantes proposées. En tenant compte que du dimensionnement de la partie biologique, il en sort que la première variante (boues activées) exige une superficie de 912 m² alors que la deuxième variante (lagunage aéré) exige une superficie plus importante de 23040 m². En se basant uniquement sur la contrainte surface, il est clairement plus avantageux de choisir la filière boues activées comme technique d'épuration des eaux usées domestique de la ville de Sfifef.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure II.1: Photo d'un dégreilleur..... | 12 |
| Figure II.2: Photo d'un déssableur..... | 12 |
| Figure II.3: Photo d'un dégraisseur-déshuileur..... | 13 |
| Figure II.4: Système de la filtration..... | 14 |
| Figure II.5: Types de station d'épuration par voie anaérobie..... | 15 |
| Figure II.6: Schéma de principe d'une station d'épuration par lit bactérien..... | 16 |
| Figure II.7: Schéma de principe d'une station d'épuration à boues activées..... | 17 |
| Figure II.8: Variation de l'indice de MOHLMAN en fonction de la charge organique spécifique appliquée..... | 18 |
| Figure II.9: Photo de boues flottantes..... | 19 |
| Figure II.10: Schéma de principe d'une station d'épuration par lagunage naturel constituée de trois bassins..... | 20 |
| Figure II.11: Photo d'une lagune aérée..... | 22 |
| Figure II.12: lagunage macrophytes..... | 23 |
| Figure II.13: Principe d'Elimination de l'azote..... | 24 |
| Figure II.14: Principe d'Elimination de phosphore au moyen de chlorure ferrique dans une station d'épuration biologique..... | 25 |
| Figure III.1: Rejet des eaux usées domestiques dans l'oued..... | 27 |
| Figure III.2: Futur site de la STEP..... | 28 |
| Figure III.3: Coupe géologique d'un forage d'eau à Sfisef..... | 31 |
| Figure IV.1: Schéma du process proposé pour l'épuration des eaux usées de Sfisef (Variante: boues activées)..... | 48 |
| Figure IV.2: Schéma du process proposé pour l'épuration des eaux usées de Sfisef (variante: lagunage aéré)..... | 48 |

Liste des symboles

STEP: Station d'épuration.

MES: Matière En Suspension.

PH: Potentiel d'Hydrogène.

DBO₅: Demande Biochimique d'Oxygène pendant 5 jours (mg/l).

DCO: Demande Chimique en Oxygène (mg/l).

NH₄⁺: Ammonium (mg/l).

NO₂⁻: Dioxyde d'azote (mg/l).

NO₃⁻: Nitrate (mg/l).

P₂O₄⁻: Diphosphorous tetroxide (mg/l).

T: La Température (°C).

Cm: la Charge Massique (Kg DBO₅/KgMVS/j).

MVS: Matière Volatile en Suspension (mg/l).

Q: Débit moy (m³/s).

L₀: La charge en BDO₅ à l'entrée (Kg/j).

V: Volume (m³).

Cv: La Charge Volumique (Kg DBO₅/m³/j).

Im: Indice de Molhman (mg/l).

EH: Equivalent Habitant.

UV: Ultra Violets.

Cl₂: Le Chlore.

ClO₂: le dioxyde de chlore.

O₃: l'ozone.

Br₂: le brome.

I₂: l'iode.

KMnO₄: le permanganate de potassium.

Pj% : pluie journalière fréquentielles (mm).

P_j max en 24 h: pluie maximale journalière (mm).

C_v: Coefficient de variation.

u: variable de Gauss.

I_% : intensité fréquentielle (mm).

t : temps d'averse (H).

P : population future.

P₀ : population résidente à l'année considérée comme référence.

n : nombre d'années séparant l'année de référence et l'année prise en compte.

tx : taux d'accroissement.

P: Population.

Q_c: Débit de consommation (m³/j).

q : Dotation hydrique (l/j/hab).

N : Nombre d'habitants.

Q_{EU}: Débit des Eaux Usées (m³/j).

Q_H: Débit Horaire (m³/j).

Q_P: Débit de Pointe de temps sec (m³/j).

C_P: Coefficient de pointe

Q_C: Débit de Consommation (m³/j).

r: Le taux de réduction (%).

Q_{rej}: Débit journalier d'eaux usées rejetées (m³/j).

[DBO₅]: la concentration en DBO₅ (mg/l).

[MES]: la concentration en MES (mg/l).

l: largeur d'un grille (m).

S: Section mouillée d'un drille (m²).

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal.

H_{max}: Hauteur maximale d'eau admissible sur la grille (m).

β: Fraction de surface occupée par les barreaux.

δ: Coefficient de colmatage de la grille.

e: espacement des barreaux (m).

d: épaisseur des barreaux (m).

V : Vitesse d'écoulement de l'effluent entre les barreaux (m/s).

- Δh** : Perte de charge en mètre d'eau (m),
- d** : Largeur maximale d'un barreau (m),
- V** : Vitesse d'approche ou vitesse de l'eau devant la grille (m/s),
- β** : Coefficient de forme des barreaux.
- g** : Accélération de la pesanteur (m/s^2).
- L_{cr}** : longueur de la chambre de réception (m).
- L_1** : longueur d'élargissement (m).
- ϕ** : Diamètre de la conduit (mm).
- V** : Volume des déchets retenues (m^3/j).
- v** : vitesse de chute (m/s).
- L** : la longueur (m).
- H_e** : la hauteur d'eau (m).
- q_{air}** : Débit d'air injectée (m^3/h).
- T_s** : Temps de séjour (min).
- S_h** : Section horizontale (m^2).
- Q_{Desh}** : Quantitatif des résidus du déshuileur (g/m^3).
- R** : Rendement d'épuration (%).
- I_s** : la charge organique en DBO_5 à la sortie (kg/j).
- I_e** : la charge éliminé (Kg/j).
- V_{ba}** : Volume de bassin d'aération (m^3).
- M_b** : La Masse des boues (kg).
- C_b** : La Concentration en boues (g/l).
- S_b** : Surface du bassin (m^2).
- S_{fb}** : Qualité de l'effluent à la sortie (mg/l).
- S_0** : la concentration de DBO_5 à l'entrée .
- K** : coefficient cinétique de dégradation
- $[C'a]$** : concentration en matière actives dans le bassin d'aération (mg/l).
- $q(O_2)$** : quantité d'oxygène (g/h).
- P_a** : puissance absorbée par m^2 de bassin d'aération (w/m^2).
- W_m** : La puissance de brassage (w).
- N_0** : La quantité totale d'oxygène transférée par unité de surface ($kgO_2/kw.h$).
- E_s** : l'apport spécifique en énergie des aérateurs ($KgO_2/kw.h$).
- E** : L'énergie de l'aérateur (kw).

W_a: La puissance de l'aérateur (kw).

n: nombre des aérateurs.

H: Hauteur de décanteur (m).

D: Diamètre de décanteur (m).

K_{20°} : Constante d'épuration (eaux usées domestique) à T = 20°C.

θ : Coefficient de température.

ET: Energie Totale (w/h).

Ta: Temps d'aération (h).

tc: temps de contact (min).

Qcf: Quantité de chlore actif (g/h).

a: dose de chlore actif(g/m³).

Qa: Débit de la pompe doseuse (l/h).

Su: Surface unitaire (m²).

N: Nombre de lit de séchage.

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1: Normes des rejets internationales..... | 8 |
| Tableau I.2: Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur..... | 9 |
| Tableau II.1: Avantages et les inconvénients de boues activées..... | 19 |
| Tableau II.2: Avantages et les inconvénients de lagunage naturel..... | 21 |
| Tableau III.1: Calcul de la pluie maximale journalière sur une série de pluies maximales.... | 29 |
| Tableau III.2: Calcul des pluies maximales fréquentielles à 1%, 5%, 10% et 20%..... | 29 |
| Tableau III.3: Calcul des intensités pluviales pour chaque fréquence..... | 30 |
| Tableau III.4: Répartition mensuelle des températures moyennes de la région de Sidi Bel Abbés sur la période 1999 - 2010..... | 31 |
| Tableau IV.1: Données sur l'évolution de la population de Sfifef(2030)..... | 33 |
| Tableau IV.2: Evolution des besoins en eau pour la ville de Sfifef jusqu'à l'horizon 2030.... | 34 |
| Tableau IV.3 : Récapitulatif des données de bases de la STEP pour l'horizon 2030..... | 36 |
| Tableau IV.4 : Caractéristiques géométriques de base pour les deux bassins..... | 43 |
| Tableau IV.5 : Caractéristiques géométriques de base pour le 1 ^{er} bassin..... | 43 |
| Tableau IV.6 : Caractéristiques géométriques de base pour le 2 ^{ème} bassin..... | 43 |
| Tableau IV.7: Résultats récapitulatifs des calculs de dimensionnement d'une STEP pour Sfifef..... | 47 |

Bibliographie

- [1] BENYAGOUB M, Etude d'un système d'épuration par lagunage aéré à RAS EL MA, Mémoire de Master, université de Tlemcen, Département d'hydraulique, 2011, 134 P
- [2] BENSALÉM Mohamed Bachir, Contribution à l'étude de l'efficacité de l'épuration des eaux usées dans la ville de Sidi Bel Abbés, mémoire de magister, université Djillali Liabes Sidi Bel Abbés, 2008
- [3] Document, Agence national des barrages, Algérie 2001
- [4] TARMOUL Fateh, "Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel "cas de la lagune de béni-messous DEUA Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral 2007, 53P.
- [5] Reconnaissance et collecte des données de base / Établi par la Direction de l'Assainissement et de la Protection de l'Environnement (DAPE)/ Ministère des Ressources en Eau (MRE) : Juillet 2006.
- [6] Schéma directeur/ idem/ idem : Février 2007.
- [7] Rapport : Étude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national, Mission.
- [8] YAHIAÏTENE Sofiane et TAHIRIM El Tiadj," Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran", Mémoire de Licence, Université d'Oran, 2010, 51 P.
- [9] BLIEFERT C., PERRAUD R., Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. Edition de boeck, 200, 477 p.
- [10] RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996. Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition. Edition DUNOD, Paris. 1983p.
- [11] GOMELLA C., GUERREE H., Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées, Ed. Eyrolles, Paris, 1978, 262 p.
- [12] GAUJOUS D., La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1995, 220p.
- [13] BONTOUX J., Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier 1993, 166 p.
- [14] Dictionnaire de Larousse.
- [15] Bulletin Officiel n° 4325 du 24 Rabii II 1416/20 septembre 1995.

- [16] Le Comité Scientifique Officiel de la Maison-Blanche pour la protection de l'environnement en 1965.
- [17] Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.
- [18] Hatem Dhaoudi, Traitement des Eaux Usées Urbaines Les procédés biologiques d'épuration, Université Virtuelle de Tunis 2008.
- [19] DEGREMONT,. Mémento technique de l'eau : 8^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 1978, 1200p.
- [20] Les Systèmes Aérobie de l'Épuration Biologique Théorie et application : Les Stations d'épuration à boues activées.
- [21] Site web : <http://www.hellopro.fr/dessablage-2007363-fr-1-feuille.html> consulté le 04/03/2013.
- [22] site web : <http://www.siacourance.com/popups/popup3.html> consulté le 04/03/2013.
- [23]site web <http://www.archiexpo.fr/prod/norweco/micro-stations-d-epuration-59372-139048.html> consulté le 04/03/2013.
- [24] <http://ville.repentigny.qc.ca/Vie-Citoyenne/Eau/Eaux-usees.aspx> Le 04/03/2013 à 21:28.
- [25] Anonyme, "Technique d'assainissement STEP/LAGUNAGE", document DHW de Sidi Bel Abbes, 54P.
- [26] PNUE / OMS., Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, 1979,168p.
- [27]<http://www.google.fr/search?num=10&hl=fr&tbo=d&biw=1198&bih=633&site=imghp&tbm=isch&spell=1&q=station+d%27%C3%A9puration+par+boue+activ%C3%A9&sa=X&ei> consulté le 23/12/2012.
- [28] Anonyme," Les Systèmes Aérobie de l'Épuration Biologique Théorie et application : Les Stations d'épuration à boues activées", Document DHW de Sidi Bel Abbes, 26p.
- [29] Agence de l'Eau Seine-Normandie, Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre. 1999.
- [30] GROSCLAUDE G., L'eau : usage et polluants. Edition INRA,1999, 210 p.
- [31] Anonyme,"Fiche technique sur l'assainissement collectif n°6 le lagunage naturel" 3P.
- [32] Agences de bassins, Lagunage naturel et lagunage aéré : procédés d'épuration des petites collectivités ,CTGREF d'Aix en Provence, 1979.
- [33] Tilley, E. "Compendium des Systèmes et Technologies d'Assainissement", edition Sandec, the Department of Water and Sanitation in Developing Countries of Eawag, 2008.

- [34] Site web : <http://www.recycleau.fr/fr/lagunage> consulté le 11/06/2013.
- [35] Site web : <http://www.eco-sapiens.com/dossier-72-Epurez-vous-meme-vos-eaux-usees-grace-aux-plantes.html> consulté le 11/06/2013.
- [36] Site web : <http://traitementdeseaux.fr/techniques-traitement/lagunage/> consulté le 11/06/2013.
- [37] BECHAC J.P., BOUTIN P., MERCIER B., NUER P., Traitement des eaux usées. Edition Eyrolles, 1987, 281 p.
- [38] Site web : <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0809/bei/beiere/groupe4/node/285> Le 04/03/2013.
- [39] SATIN M., SELMI B., 1999. Guide technique de l'assainissement, 2^{ème} édition. Edition LE MONITEUR, Paris, 680p.
- [40] Site web : http://www.trevi-env.com/fr/technique_elimination_P.php Le 04/03/2013
- [41] Site web : Google earth le 10/05/2013.
- [42] document, direction d'hydraulique de Sidi Bel Abbes.
- [43] ziouche fatima zohra," étude et dimensionnement d'une station d'épuration par lagunage aéré a Moulay slissen (wilaya de Sidi bel abbes", Masret PFE l'institut d'hydraulique, université de Tlemcen (2011), 67P.
- [44] Saouri abdessamed, Benelmouz Ali, (2006), "choix et dimensionnement d'une station d'épuration de la ville de Béchar", PFE DEUA, département d'hydraulique, université de Tlemcen.
- [45] document, direction de planification et de l'aménagement du territoire Recensement 2008.

Résumé:

L'assainissement des eaux usées est une nécessité pour tout groupement urbain. Le développement des activités humaines s'accompagne inévitablement d'une production croissante de rejets polluants. Sans traitements appliqués, ces polluants détériorent gravement l'environnement, mais aussi entraînent des risques sanitaires. L'assainissement des eaux n'est complet que si celui-ci est accompagné d'une station d'épuration.

Dans ce travail on a essayé de faire un dimensionnement d'une filière d'épuration adéquate pour traiter les eaux usées domestiques de la ville de Sfisef qui sont rejetées actuellement dans l'environnement et sans aucun traitement préalable. Les calculs de deux variantes d'épuration (boues activées, lagunage aéré) ont été proposés.

Mots clés : Sfisef, lagunage aéré, boues activées, épuration, eaux usées

Abstract:

The wastewaters purification is a necessity for all urban grouping. The human activity development accompanies inevitably by an increasing production of polluting dismissals. Without applied treatments, these pollutants can damage the environment seriously, and cause some sanitary risks also. In this work, we have done a dimensionnement of an adequate purification plant to treat the domesticate wastewaters of Sfisef city. These wastewaters are to date rejected currently in the environment and without any previous treatment. Calculations of two variants of purification (activated sludge, aired lagoon) have been proposed.

Key words: Sfisef, aired lagoon, activated sludge, purification, wastewaters.

ملخص:

مياه الصرف الصحي هو ضرورة لأية جماعة حضرية. ويرافق تطور الأنشطة البشرية لا محالة عن طريق زيادة الإنتاج من الانبعاثات. لا علاج تطبيقيها، وهذه الملوثات تتدهور بشكل خطير على البيئة، ولكن أيضا تشكل مخاطر صحية. ومعالجة مياه الصرف الصحي يتم إكمال إلا إذا كان مصحوبا محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي. في هذا العمل حاولنا تقديم تصميم لمعالجة مياه الصرف الصحي الكافية لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلي من مدينة Sfisef صدر حاليا في البيئة من دون أي علاج. وقد اقترحت حسابات الخيارين المعالجة (الحمأة المنشطة، والبحيرات المتألثة).

كلمات البحث: سفيزف، البحيرات الهوائية، تنشيط الحمأة والصرف الصحي ومياه الصرف الصحي