



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles

THEME :

**Conception d'une station d'épuration des eaux usées
d'une industrie de papier FADERCO (W.SETIF)**

Présenté par :

GHERSI Abdelhalim

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. KAHLERRAS Djillali	M.C.A	Présidente
Mme. KHALED HOULI Samia	M.A.A	Membre
Mme. MEDJDOUB LEULMI Sonia	M.A.A	Membre
Mme. SALHI Chahrazed	M.A.A	Promotrice

Session Septembre 2021

Dédicace :

Du fond du cœur, je dédie ce modeste travail à :

*Celle qui est plus cher que mon âme et mon sang, la lumière de mon chemin, à
ma chère mère.*

Mon cher père OMER, je ne trouve pas de mots qui expriment fierté.

*Aux sources de l'espoir dans ma vie, mes frères et sœurs : HAMID, SOUFIANE,
YACINE, SARA, ASSIA*

*A mes chers amis : ABDOU, AYOUB, ISLEM, AMINE, SIDALI,
ABDELHAMID, BADRO, BILEL, LARBI, ISSAM....*

À toute ma famille

GHERSI Abdelhalim

Remerciements :

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu, de m'avoir octroyé les moyens pour être où j'en suis aujourd'hui.

Je tiens à remercier mon cher père et ma mère qui ont fait les efforts les plus profonds pour réussir ce voyage scientifique, ainsi que tous les membres de ma famille.

*Mes grands remerciements pour mon promotrice Mme, **SALHI Chahrazed** pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.*

Mes plus grands remerciements :

Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail

Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au cycle universitaire.

Un merci à tous mes amis à l'école chacun avec son nom.

Merci à tous

Merci pour tout

GHERSI Abdelhalim

ملخص

يتضمن عملنا هذا، القيام بإنشاء محطة لمعالجة النفايات الصناعية السائلة من طرف مصنع منتجات التنظيف بالمنطقة الصناعية لولاية سطيف.

هذه الدراسة تهدف الى تجنب رميها مباشرة في الطبيعة والمحافظة على المياه الجوفية والبيئة وحماية الصحة العمومية من جهة وأيضا من أجل إعادة استعمال المياه المعالجة في التنظيف أو التبريد أو سقي المساحات الخضراء من جهة ثانية.

Résumé

Notre travail se concentre sur la conception d'une station de traitement des déchets liquides de l'usine de produits d'hygiène dans la zone industrielle de Sétif, afin d'éviter le rejet direct dans la nature dans le but de préserver les nappes phréatiques, le milieu naturel et de protéger la santé publique, aussi pour la réutilisation des eaux épurées dans le nettoyage, le refroidissement ou l'irrigation des espaces verts.

Abstract

Our work focuses on the design of a liquid waste treatment station from the hygiene products factory in the industrial zone of Sétif, in order to avoid direct discharge into nature, preserve the water tables and the natural environment, and to protect public health. It is also aimed to reuse the treated water in the cleaning, cooling or irrigation of green spaces.

Sommaire :

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

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction.....	3
I.1 Présentation de l'unité de Faderco.....	3
I.2 Situation géographique.....	3
I.3 La géologie	4
I.3.1 Les formations anté-nappes.....	5
I.3.1.1 La nappe numidienne.....	5
I.3.1.2 Nappe du flysch mauritanien.....	5
I.3.1.3 Nappe du flysch massylien.....	5
I.3.1.4 Les nappes telliennes.....	6
I.4 Caractéristiques sismiques	6
I.5 Le climat.....	6
I.6 Le réseau hydrographique.....	7
I.7 La végétation.....	7
I.8 Procédés de fabrication de la pâte écrue	7
I.9 L'eau dans l'industrie du papier.....	8
I.10 Eaux résiduelles de l'industrie du papier.....	8
I.11 Les activités de l'usine	8
I.12 Les différents types des effluents de l'industrie.....	9
Conclusion.....	10

Chapitre II : généralité sur les eaux usées industrielle

Introduction	12
II.1 Définition des eaux usées industrielles.....	12
II.2 Origine et nature des rejets industriels.....	12
II.2.1 Eaux de fabrication.....	12
II.2.2 Eaux des circuits de refroidissement	13

II.2.3 Eaux de lavage des sols et des machines.....	13
II.2.4 Rejets des services généraux.....	13
II.3 Les caractéristiques des eaux usées industrielles.....	13
II.3.1 Paramètres physiques.....	13
II.3.1.1 Les matières en suspension (MES).....	13
II.3.1.2 Température.....	13
II.3.1.3 La Conductivité Electrique (CE).....	14
II.3.1.4 La couleur.....	14
II.3.1.5 Les odeurs.....	14
II.3.1.6 Turbidité.....	14
II.3.2 Paramètres chimiques.....	14
II.3.2.1 Le potentiel Hydrogène (pH).....	14
II. 3.2.2 Demande biochimique en oxygène (DBO5).....	15
II.3.2.3 La demande chimique en oxygène (DCO).....	15
II.3.2.4 L'Oxygène Dissous.....	16
II.3.2.5 Le COT (Carbone Organique Total).....	16
II.3.2.6 Eléments traces métalliques (ETM).....	16
II.3.2.7 L'azote.....	16
II.3.2.8 Le Phosphore.....	17
II.3.2.9 Nitrates (NO ₃ ⁻) et Nitrites (NO ₂ ⁻).....	17
II.3.2.10 Azote ammoniacal.....	17
II.3.2.11 Le sulfate.....	17
II.3.3 Paramètres microbiologiques.....	17
II.3.3.1 Les bactéries.....	18
II.3.3.2 Les virus.....	18
II.3.3.3 Les helminthes.....	18
II.3.3.4 Les protozoaires.....	18
II.4 La pollution des eaux industrielles.....	18
II.4.1 Pollution physique.....	19

II.4.2 Pollution par les substances chimiques.....	19
II.4.3 pollution microbiologique.....	19
II.4.4 Pollution par le phosphore.....	19
II.4.4 pollution par l'azote	19
II.4.5 Pollution organique.....	20
II.5 Impacts de la pollution des eaux.....	20
II.5.1 Sur le sol et les cultures.....	20
II.5.2 Sur les eaux superficielles.....	20
II.5.3 Sur la santé humaine.....	20
II.6 Normes des rejets des eaux usées industrielle.....	21
II.6.1 Normes internationales.....	21
II.6.2 Normes de rejets Algérienne.....	21
Conclusion.....	22

Chapitre III : Les procédés d'épuration

Introduction.....	24
III.1 Choix de procédé de traitement.....	24
III.2 Conception de la station.....	24
III.2.1 Des bassins d'orage	24
III.2.1 station de relevage.....	24
III.2.3 Des bassins d'homogénéisation.....	24
III.1.4 Des bassins de sécurité.....	25
III.3 Les prétraitements.....	25
III.3.1. Le dégrillage.....	25
III.3.2 Tamisage.....	26
III.3.3 Séparateur à tambour.....	26
III.3.4 Le dessablage.....	27
III.3.5 Le dégraissage-déshuilage.....	27
III.3.6 Neutralisation.....	27
III.3.7 Refroidissement.....	28

III.4 Traitement Physico-Chimique (traitement primaire).....	28
III.4.1 La décantation primaire.....	28
III.4.2 Les procédés chimiques	28
III.4.2.1 La coagulation.....	28
III.4.2.2 La floculation.....	29
III.4.3 La flottation.....	29
III.5 Traitement biologique (secondaire).....	31
III.5.1 Les différents procédés biologiques.....	31
III.5.1.1 Lit bactérien (culture fixe).....	31
III.5.1.2 Disque biologique (culture fixe).....	31
III.5.1.3 procédé à boue activée.....	32
III.5.1.4 Moving bed biofilm reactorMBBR.....	33
III.5.1.4.1 Avantages du MBBR.....	35
III.6 Les traitements tertiaires ou complémentaires.....	35
III.6.1 La déphosphatation.....	35
III.6.2 Traitement de l'azote.....	36
III.7 Traitement des boues.....	36
III.7.1 Le filtre presse à bande.....	37
Conclusion.....	37

Chapitre IV : dimensionnement des ouvrages de la station

Introduction.....	39
IV.1 Résultats des analyses.....	39
IV.1.1 biodégradabilité et la nature de rejet.....	39
IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement.....	40
IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station.....	41
IV.3.1 Le prétraitement.....	41
IV.3.1.1 le dégrilleur.....	41

IV.3.1.2 Séparateur à tambour.....	44
IV.4 le traitement physico – chimique.....	45
IV4.1 Bassin de coagulation.....	45
IV 4.2 Bassin de floculation.....	45
IV 4.3 Bassin de flottation I.....	46
IV 4.3.1 Lasurface horizontaledel’ouvrage.....	47
IV 4.3.2 volumeminimaldegaz d’air.....	47
IV.4.4 Calcul de la charge polluante éliminée par le flotteur primaire.....	47
IV.5 Traitement secondaire (biologique).....	50
IV.5.1 bioréacteur à li mobile.....	50
IV.5.2 L’étude des variantes.....	50
IV.5.2.1 Étude de la variante 1 (BAC).....	50
IV.5.2.2 Étude de la variante 2 (MBBR).....	52
IV.5.3 Comparaison entre les variantes.....	54
IV.5.4 Calcul de la charge polluante éliminée par le bassin MBBR.....	54
IV 5.5 Bassin de flottation II.....	55
IV 5.5.1 Lasurface horizontaledel’ouvrage.....	55
IV 5.5.2 volumeminimaldegaz d’air.....	55
IV.6 Traitement de la boue.....	57
IV.6.1 Fonctionnement.....	57
IV.6.2 Performances Les filtres-presses.....	57
Conclusion.....	57

Chapitre V : Calcul hydraulique

Introduction.....	59
V.1 Dimensionnement du déversoir d’orage.....	59
V.2 Le puisard.....	59
V.3 Relevage.....	59
V.3.1 Le volume du bassin.....	59
V.3.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement.....	60

V.3.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe.....	60
V.4 Choix de la pompe.....	61
V.5 Profile hydraulique.....	62
V.6 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages.....	62
V.6.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques.....	63
Conclusion.....	67

Chapitre VI : Gestion et entretien de la station

Introduction.....	69
VI.1 Exploitation.....	69
VI.2 les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station.....	69
VI.3 Contrôles de fonctionnement.....	70
VI.3.1 Contrôle journalier.....	70
VI.3.2 Contrôles périodiques.....	71
VI.4 Entretien des ouvrages.....	71
VI.4.1 Les prétraitements.....	71
VI.4.1.1 Séparateur à tambour.....	71
VI.4.2 le traitement primaire.....	71
VI.4.2.1 Flotteur.....	71
VI.4.3 le traitement biologique.....	71
VI.4.3.1 bioréacteur à lit fluidisé.....	71
VI.4.4 presse à bande.....	72
VI.5 La sécurité et l'hygiène.....	72
VI.5.1 Les risque.....	72
VI.5.2 L'infection.....	72
VI.5.3 produits dangereux.....	73
VI.5.4 Danger mécanique.....	73
VI.5.5 Danger électrique.....	73
VI.5.6 Gaz.....	74
VI.5.7 Danger H ₂ S.....	74
Conclusion.....	75

Chapitre VII : Organisation de chantier et Estimation du cout de projet

Introduction.....	77
VII.1 les étapes de réalisation du projet.....	77
VII.1.1 : Avant –projet sommaire.....	77
VII.1.2 L’avant –projet détaillé.....	77
VII.2 Travaux de réparations et installation de chantier.....	77
VII.2.1 Installations destinées aux personnels.....	77
VII.2.2 Installations destinées au stockage des matériaux	78
VII.2.3 Installations destinées à la réparation des engins.....	78
VII.3 Moyens des travaux de chantier.....	78
VII.3.1 Moyens humains.....	78
VII.3.2 Moyens matériels.....	78
VII.4 Planification.....	79
VII.5 Devis quantitatif et estimatif.....	79
VII.6 Estimation du cout total de la réalisation de la station.....	79
Conclusion.....	80
Conclusion générale.....	82

Liste des tableaux

Tableau I.1 : la valeur des différentes caractéristiques des effluents (source : laboratoire de l'unité de Faderco – date : 28/07/2021).....	10
Tableau II.1 : Classification des eaux d'après leur Ph.....	15
Tableau II.2 : coefficient de biodégradabilité.....	15
Tableau II.3 : Les différentes formes du carbone.....	16
Tableau II.4 : Normes de rejets internationales.....	21
Tableau II.5 : Normes de rejets dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).....	22
Tableau IV.1 : résultats des analyses de rejets.....	39
Tableau IV.2 : Espacement et épaisseurs des barreaux.....	41
Tableau IV.3 : les valeurs de β	43
Tableau IV.4 : les résultats de dimensionnement du bassin de coagulation.....	48
Tableau IV.5 : les résultats de dimensionnement du bassin de floculation.....	49
Tableau IV.6 : les résultats de dimensionnement du flotteur primaire.....	49
Tableau IV.7 : le choix entre les deux (2) variantes.....	54
Tableau IV.8 : les résultats de dimensionnement du bassin MBBR.....	56
Tableau V.1 : Les valeurs de K , m et β	61
Tableau V.2 : cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.....	62
Tableau V.3 : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages de la STEP.....	63
Tableau V.4 : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.....	66

Liste des figures

Figure I.1: Situation géographique de l'usine, e =1/100 (Source : Google earth).....	4
Figure I.2 : Carte géologique du nord algérien.....	5
Figure I.3 : Carte-de-zonage-sismique-du-nord-d'Algérie-adoptée-dans-le-RPOA.....	6
Figure I.4: Reliefs de la région de Sétif (DSA.2010).....	7
Figure I.5 : Réseau hydrographique de la région de Sétif (DHW. 2006).....	8
Figure III.1 : schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP.....	25
Figure III.2.1 : GRILLE MANUELLE GMI.....	26
Figure III.2.2 : DEGRILLEUR A CABLE MANUEL DCM.....	26
Figure III.2.3 : PANIER DE DEGRILLAGE.....	26
Figure III.3 : Séparateur à tambour.....	27
Figure III.4: Dessablage/Dégraissage.....	27
Figure III.5 : phases de la coagulation.....	29
Figure III.6: phases de la floculation.....	29
Figure III.7 : schématisation de l'action de la flottation.....	30
Figure III.8 : flottation à air dissous.....	31
Figure VI.1 : Photomètre DCO/eaux usées, avec lecteur de code-barres.....	70
Figure VI.2 : l'étiquette d'information D'hydrogène sulfuré (H ₂ S).....	74

Liste des planches

Planche 01 : vue en plan de la station

Planche 02 : profile hydraulique

Planche 03 : ouvrage de la station

Planche 04 : profile hydraulique de collecteur d'entrée

Introduction générale

Introduction générale :

« L'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel. »

Directive Cadre européenne sur l'Eau, 2000

L'eau est la vie sur la terre. Donc, l'eau est quelque chose de spécial. Chaque chose vivante sur terre (micro-organismes, plantes, animaux, êtres humains et même notre Cerveau) consiste principalement en eau. Le monde contient aussi beaucoup d'eau. Plus que 70% de la totalité de l'eau contenue sur terre, seulement une petite partie qui est Convenable pour la consommation humaine ou l'usage agricole.

Cette source de vie, constitue l'une des ressources naturelles les plus sensibles à la pollution, elle demeure largement gaspillée et polluée à l'échelle planétaire, peu à peu, elle se raréfie et sa qualité diminue.

L'industrie de l'hygiène génère produit chaque année plusieurs milliers de tonnes de matières résiduelles dont l'impact n'est pas minime sur l'environnement. La transformation industrielle en tous genres il nécessite une énorme quantité d'eau et qui génère des eaux usées très polluées. La maîtrise du traitement des eaux usées issues des activités des entreprises dans le secteur industriel constitue un enjeu majeur. En effet, plusieurs lois et règlements mettent la pression sur les entreprises afin de les obliger à traiter leurs eaux usées riches en matières organiques issues de leurs différentes activités.

Les eaux usées qu'elles soient industrielles ou ménagères ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent. Par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un petit volume d'un résidu, les boues, et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques.

L'objectif essentiel de notre contribution consiste à dimensionner une station d'épuration destinée à traiter les eaux usées de l'unité de production du papier et du produit d'hygiène dans le but de réutilisation des eaux épurées dans le nettoyage, le refroidissement ou l'irrigation des espaces verts.

Ce travail a été réalisé au niveau de l'usine de fadenco dans la zone industrielle de la ville de Sétif.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Introduction

Le traitement des eaux usées industrielles décrit les procédés utilisés pour traiter les eaux usées produites par les industries en tant que sous-produits indésirables. Après traitement, les eaux usées industrielles (ou effluents) transformées peuvent être réutilisées ou rejetées dans un égout sanitaire ou une eau de surface dans l'environnement.

La plupart des industries produisent des eaux usées. Les tendances récentes ont été de minimiser une telle production ou de recycler les eaux usées traitées dans le processus de production.

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'usine de faderco nous étudierons aussi la production du papier et les produits hygiène de l'usine de faderco et connaissons les caractéristiques de l'eau produite par cette usine.

I.1 Présentation de l'unité de faderco

Faderco est une entreprise papetière algérienne spécialisée dans la fabrication de produits d'hygiène, en particulier hygiène des bébés, de hygiène papier et protection de l'incontinence pour adultes. Faderco est le leader des produits d'hygiène corporelle en Algérie

Faderco est créée en 1986, elle est dirigée et détenue par la famille Habès. En 2015, Faderco inaugure à Sétif la première unité de production de bobines mères de papier à partir de fibres de cellulose en Algérie baptisée WARAK, d'une superficie de 35 000 m², permet à l'entreprise d'atteindre un taux d'intégration de 100 %.

I.2 Situation géographique

Faderco principalement est une usine de fabrication de produits d'hygiène qui s'étale sur une Superficie de 35000 m² Située à la zone industrielle dans la Sud de la wilaya de Sétif.

La zone d'étude est repérée par les coordonnées géographiques suivantes :

•X (Latitudes) : 36.1547466

•Y (Longitudes) : 5.402610



Figure I.1 : Situation géographique de l'usine, e =1/100 (Source : Google earth)

I.3 La géologie

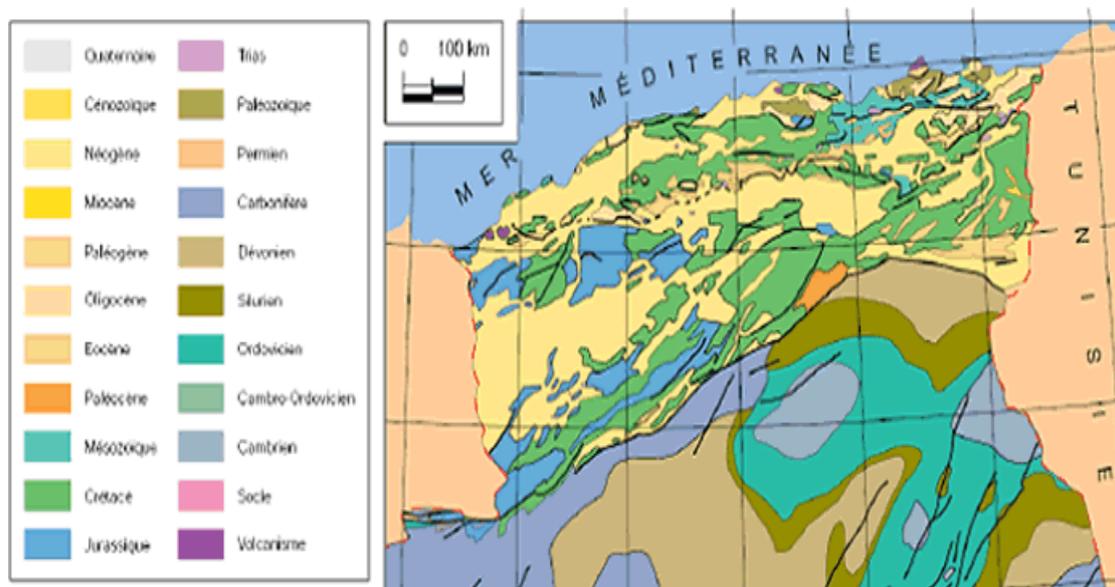
Elle est envisagée comme terrains autochtones à parautochtones, associé à celles du Môle néritique constantinois.

A l'exception des Djebels de qui apparaissent en fenêtre sous la nappe de Djemila, les formations allochtones sud sétifiennes présentent une grande homogénéité méridienne d'Ain Taghrouit à l'Ouest et Ain M'lila à l'Est. Elles forment d'Ouest en Est et du Nord au Sud des alignements de reliefs de Koudiat Della, des Djebels Zdim, Youssef, Braou et Tnoutit, un peu plus au Sud les Djebels Sekrine, Kalaoun, Tella et Tafourer à la bordure Nord du Hodna , Agmérrouel, Zana , Hammamam , Messaouda, Mestaoua , Azraouat, Tizourirt-Guedmane, et Hamouda au Nord des monts du Belezma.

Elle comporte des séries argilo-marneuses, dolomitiques, calcaro-dolomitiques, de calcaires massifs et marneuses dont l'âge va du Lias à l'Eocène, la limite Jurassique-Crétacé est signalé par un Hard-aux-grounds Les massifs de cette organisation présentent trois types de relations structurelles :

- Au Sud, ils recouvrent anormalement les plis emboutis de l'autochtone.
- Dans les Hautes Plaines Sétifiennes, ils présentent des accidents tangentiels internes jalonnés de Trias ; ce sont les écailles Sétifiennes.
- Au Nord, les Djebels Guergour et Anini apparaît en fenêtre sous la nappe de Djemila.

À l'Est, les séries sétifiennes s'intercalent entre l'unité néritique constantinoise et les écailles atlastiques des Sellaoua.[01]



Géologie simplifiée du domaine nord algérien

Figure I.2 : Carte géologique du nord algérien.(Histoire de la géologie de l'Algérie.ANEP 2012).

I.3.1 Les formations anté-nappes

I.3.1.1 La nappe numidienne

La nappe Numidienne est présente dans la moitié septentrionale du niveau de Dj. Megriss et chouf Karoun, elle est composée d'argile verdâtre à la base et d'une alternance de grès grossiers et d'argile dans sa partie supérieure.

I.3.1.2 Nappe du flysch mauritanien

Le Flysch mauritanien est localisé à l'extrême Ouest du niveau de Ras El Fedh et Ras El Reil, il est composé par des dépôts de flysch d'âge Crétacé à Lutétien et de grès micacés du Priabono-Oligocène.

I.3.1.3 Nappe du flysch massyien

Il se composer de trois termes qui sont limités à de petits affleurements.

- A la base, des pélites et des argiles alternant avec des bancs centimétriques à décimétriques de grès quartzites fins vert- olive.
- En position médiane, mal visible car tous les contacts sont tectoniques, des Phtanites stratifiés en petits bancs qui sont associés à des microbrèches claires.
- Le terme supérieur le plus développé paraît atteindre une centaine de mètres de puissance. C'est une série d'argiles plus ou moins marneuses à calcaires détritiques et à microbrèches en plaquettes ou n'est daté que le Sénonien supérieur.

I.6 Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est organisé autour du dispositif montagneux de la région, la moitié Nord envoie ses eaux de surface vers le bassin méditerranéen par les réseaux de l'Oued Bou Sellam qui rejoint la Soummam, de l'Oued Agrioun, de l'Oued el Kebir, bou Selah et de l'Oued Rhumel. Ces réseaux d'Oueds alimentent les barrages et autres retenues collinaires de la région. Le reste possède une hydrographie endoréique centrée sur les Chotts. [01]

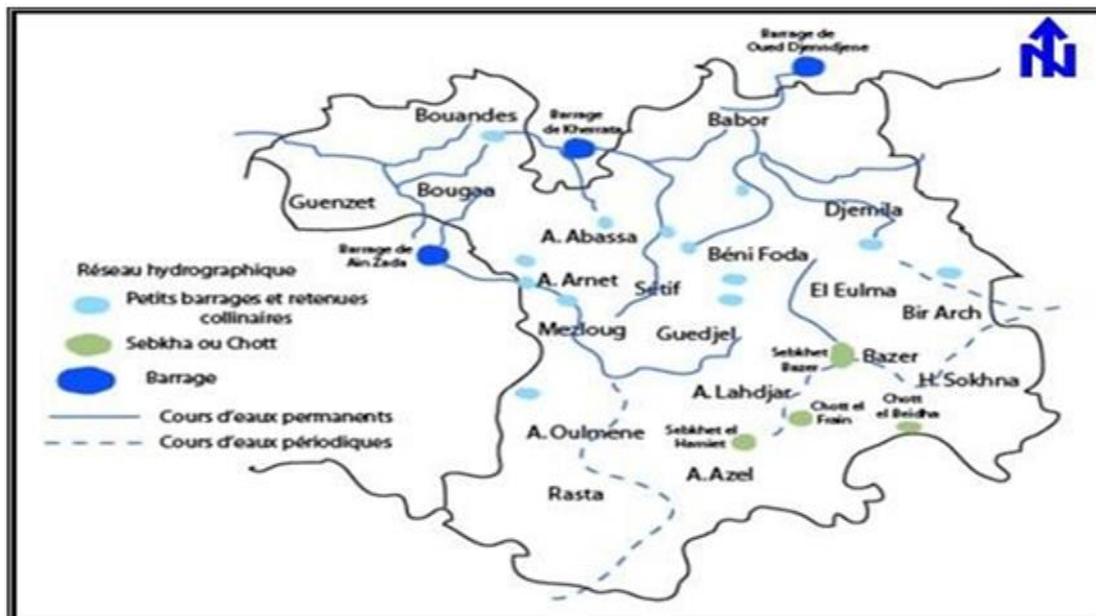


Figure I.5 :Réseau hydrographique de la région de Sétif (DHW. 2006).

I.7 La végétation

La végétation est conditionnée par le climat et les précipitations. La position géographique et l'altitude sont également des éléments importants pour la localisation des différentes espèces. La barrière climatique des reliefs septentrionaux et l'altitude accentuent les contrastes et diversifient la végétation. On distingue sur les monts les forêts d'Alep de cèdre, le sapin de Numidie, le cyprès et le chêne vert et le chêne-liège. Par ailleurs, la zone montagneuse demeure une région de l'arboriculture notamment l'olivier et le figuier.

I.8 Procédés de fabrication de la pâte écrue

La pâte à papier est fabriquée à partir des fibres de cellulose contenues dans le bois mais dans cette unité la fabrication se fait à partir des cartonne et de déchets.

I.9 L'eau dans l'industrie du papier

Les papetières consomment de grandes quantités d'eau, à savoir entre 20 et 60 m³ en moyenne pour une tonne de papier produit et environs 15 m³ pour une tonne de carton. Cette consommation d'eau est néanmoins fonction du type d'industrie papetière et de son procédé.

I.10 Eaux résiduaires de l'industrie du papier

Les eaux et les lessives résiduaires de l'industrie du papier comptent à la fois par leur qualité et leur composition parmi les plus dangereuses de toutes les eaux résiduaires industrielles. Dans une usine moderne on distingue quatre origines d'effluents :

condensats de cuisson et d'évaporation ; - lavage et vidanges ; - préparation des bois (écorçage, coupe, presse) ; - blanchiment. Les effluents résultants présentent les caractéristiques suivantes : - débit très important : entre 15 m³ .t-1 et 150 m³ .t-1 ; - pollution insoluble importante (fibres et fibrilles, CaCO₃, argiles) caractérisée par une teneur non négligeable en matières en suspension « indécantables » (de l'ordre de 10 à 30 % de MES) ; - pollution soluble variable selon les procédés : DBO₅ entre 100 et 1 000 mg/L ; DCO entre 300 et 4000 mg/L (biodégradabilité très dépendante de la nature du bois : pins, feuillus) ; couleur : importante et réfractaire aux procédés biologiques. - Pollution minérale en solution : sulfate, carbonate, chlore, chlorure de sodium, bisulfite de sodium et en quantité moindre des sels de calcium

Remarque : La DCO de ces effluents est, en général, deux à trois fois plus importante que la DBO₅.

I.11 Les activités de l'usine

La production sera assurée par 10 lignes de production :

- 5 lignes production Hygiène infantile
- 1 ligne production hygiène adulte
- 4 lignes production hygiène papier

Hygiène infantile

Faderco est fabriqué trois marques pour la sécurité et le confort des enfants distinctes : Bimbies, Dada et Bimbo.

Hygiène adulte

Ils sont créés les marques Uni-form et Viva pour rendre leur des personnes à mobilité réduite ainsi que des personnes âgées.

Hygiène papier

Faderco répond à toute la famille avec ses collections Coty'lys et Cotex.

Coty'lys est aujourd'hui la marque leader sur le marché de l'hygiène familiale en Algérie. Leur variété va des cotons-tiges classiques aux cotons-tiges pour bébés, en passant par les comprimés démaquillants.

Cotex propose une large gamme d'essuie-tout pour tous les usages à la maison ou à l'extérieur avec des essuie-tout, du papier toilette, des serviettes et des serviettes en papier.

I.12 Les différents types des effluents de l'industrie

Généralement, les processus de production utilisent de l'eau pour de nombreux objectifs : incorporation au produit final, lavage d'appareils, nettoyage des installations, réfrigération...etc. Par conséquent, on obtient un effluent liquide pollué qui doit être traité avant d'être rejeté tout en respectant les normes à caractère environnementale ou être réutilisé. La composition de l'effluent et le profil de sa production décideront de la sélection des différentes solutions qui peuvent s'avérer être efficaces et viables. Cinq grandes catégories de rejet peuvent être distinguées dans l'industrie de la papeterie :

- **Les effluents de fabrication :**

La plupart des procédés industriels engendrent des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides. Ces rejets sont soit continus, soit discontinus. La présence de bassins d'homogénéisation est donc indispensable.

- **Les effluents particuliers :**

Certains effluents sont susceptibles d'être ségrégés afin de subir un traitement spécifique. La récupération de matières premières et/ou d'eau en fabrication est alors possible. Dans un second cas, ces effluents sont dirigés vers un bassin de stockage pour être réinjectés à débit pondéré dans le circuit de traitement, après avoir subi au besoin un prétraitement. C'est le cas des bains de décapage et galvanoplastie ; soudes usées ; eaux ammoniacales de cokerie ; condensats de papeterie, « eaux mères » des industries agroalimentaires et chimiques ; rejets toxiques et rejets concentrés.

- **Les effluents des machines :**

Ce sont les fluides qui découlent des cuves et tuyauteries comme les eaux de vannes, les eaux de chaufferie comme les purges de chaudière ou de réfrigération, ou encore les boues du traitement des eaux d'appoint.

- **Les rejets occasionnels :**

Il s'agit de tout fluide qui survient suite à une fuite accidentelle de produits lors de la manutention ou du stockage des eaux de lavage de sols ou d'outils de production par exemple ; mais aussi des eaux polluées.

▪ **Les effluents des services généraux :**

Ce sont essentiellement les eaux usées de l'usine issues des sanitaires et du réfectoire, et qui présentent des caractéristiques similaires aux eaux usées urbaines classiques.

Tableau I.1 : la valeur des différentes caractéristiques des effluents

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode de mesure
Débit	M ³ /j	720	Instrumental
Température	°C	25	Multi paramètre
Ph	-	6.5	-
MES	Mg/l	750	ISO 11923 :1997
DCO	Mg/l	1780	ISO 6060 :1989
DBO ₅	Mg/l	800	Instrumental
Azote global	Mg/l	16	ISO 5663 :1984
Phosphore	Mg/l	4.5	ISO 5663 :1984

(Source : laboratoire de l'unité de Faderco – date : 28/07/2021).

Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté la localisation géographique de l'usine concernée par notre étude, et les activités de l'usine de fabrication du produit hygiène qui a ensuite permis de bien caractériser la qualité des différents effluents de rejet d'eau qui sont très chargés en matières organiques .

Chapitre II

Généralité sur les eaux usées
Industrielle

Chapitre II : généralité sur les eaux usées industrielle

Introduction

Les eaux usées industrielles sont générées en conséquence de l'activité industrielle. La diversité des eaux usées industrielles peut être très importante (eaux de procès, de nettoyage, de réfrigération, etc.), car elles peuvent contenir des polluants de natures très différentes

Les eaux usées ainsi produites peuvent plus être rejetées dans l'environnement. Elles doivent auparavant être traitées avant de pouvoir être rejetées dans les égouts ou en milieu naturel, ou encore être réutilisées.

II.1 Définition des eaux usées industrielles

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de cette eau, provoquée par l'ajout de substances indésirables qui perturbent les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique. [02]

Les eaux usées industrielles regroupent toutes les eaux qui sont en principe rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement. de façon générale, elles se composent des :

- eaux de fabrication.
- eaux des circuits de refroidissement.
- eaux de lavage des sols et des machines.
- rejets des services généraux.

II.2 Origine et nature des rejets industriels

Les eaux usées industrielles englobent toutes les eaux rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement.

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement changées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un danger réel, donc doit subir un prétraitement avant d'être rejetée soit dans le milieu naturel ou en vue de leur réutilisation. [03]

Les eaux résiduaires industrielles (ERI) se différencient, en fonction de l'utilisation de l'eau, en différentes catégories :

II.2.1 Eaux de fabrication

La plupart des procédés conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides .Dans l'industrie d'hygiène, alimentaire celle des pâtes et papier qu'on trouve l'essentielle de la pollution organique dissoute.

II.2.2 Eaux des circuits de refroidissement

Ce sont des eaux abondantes et généralement non pollués, car elles n'ont pas de contact avec les produits fabriqués. Elles peuvent être recyclées, comme les eaux chaudes (issue des circuits de refroidissement des centrales thermiques).

II.2.3 Eaux de lavage des sols et des machines

Les eaux de lavage des sols et des machines sont principalement polluées par des détergents, des matières en suspension comme l'huile, des lubrifiants, des micro-organismes ou des métaux lourds. Il est nécessaire de les traiter spécifiquement avant de les rejeter ou de les réutiliser, afin de limiter tout risque de pollution. La production et le degré de pollution de ces effluents résiduels sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine et des périodes de congés. [04]

II.2.4 Rejets des services généraux

Représente les eaux usées domestique d'usines avec qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradables.

II.3 Les caractéristiques des eaux usées industrielles

Les eaux usées se caractérisent par leur composition physique, chimique et biologique. Selon le niveau de polluants et les réglementations locales, les caractéristiques des eaux usées varient considérablement d'une industrie à l'autre. Par conséquent, les caractéristiques particulières détermineront les techniques de traitement qui seront utilisées pour répondre aux exigences de libération ou de conformité, en raison du grand nombre de polluants. Le niveau de la pollution présente dans les effluents, parmi ces paramètres on cite les plus importants :

II.3.1 Paramètres physiques

II.3.1.1 Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (M.E.S) représentent la fraction solide de la pollution, elles comportent des matières organiques et des matières minérales. Les teneurs en M.E.S sont obtenues après séchage à 105°C d'un volume connu d'échantillon. Elles sont des matières ni solubilités ni colloïdales. On peut considérer qu'elles représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable poussières de charbon et les particules minérales du type mucilagineux elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. [05]

II.3.1.2 Température

Il est primordial de connaître la température de d'une eau, en effet elle joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz et la concentration de l'oxygène dissout, et dans la détermination du pH. La mesure de la température est très utile puisqu'elle agit aussi un facteur physiologique agissant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes. En effet plus la température de l'eau s'élève, plus sa quantité maximum d'oxygène dissout diminue. [06]

II.3.1.3 La Conductivité Electrique (CE)

La conductivité est la capacité d'une solution, métal ou gaz - en d'autres termes, toutes les substances à laisser passer un courant électrique.

La conductivité électrique est peut-être la plus simple et la plus importante pour le contrôle de la qualité des eaux usées. La conductivité est fonction de la concentration des espèces ionisées. Il est exprimé en Siemens/cm.

II.3.1.4 La couleur

La coloration est un contributeur majeur à la pollution, car elle peut être d'origine naturelle, certaines eaux riches en minéraux contiennent des substances humiques fortement colorées, eutrophisation, efflorescences algales ou bactéries qui colorent l'eau en vert ou en rouge.

Aussi le rôle principal réside dans la couleur des effluents industriels. Cette coloration est due à la présence de substances organiques dissoutes ou de colloïdes par des composés chimiques solubles et colorés.

II.3.1.5 Les odeurs

L'odorat peut être défini comme : toutes les sensations par l'organe olfactif lors de l'inhalation rapide d'une substance, et la qualité de cette sensation de soi sont causées par chaque substance. En effet, toutes les odeurs sont le signe d'une contamination ou de la présence de matière organique en décomposition, de matière organique en fermentation ou de matière colloïdale.

II.3.1.6 Turbidité

La turbidité constitue l'un des paramètres physiques descriptifs de l'eau c'est l'obstruction à la pénétration de la lumière dans l'eau, due à la présence de particules solides en suspension. Elle est reliée à la masse de ces particules en suspension (MES), tels que ; les argiles, limons, grains de silice et matière organique.

II.3.2 Paramètres chimiques

II.3.2.1 Le potentiel Hydrogène (pH)

L'eau peut être acide, neutre ou alcaline, et son caractère est représenté par le pH du milieu, ce paramètre joue un rôle primordial dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) et dans les processus biologiques, dont certains exigent dans limités de PH très étroit. Les microorganismes tolèrent une gamme de PH entre 5 et 9 allant avec une zone optimale de 6 à 8. [06]

Tableau II.1 : Classification des eaux d'après leur pH

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

II. 3.2.2 Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Il s'agit de la quantité d'oxygène (donnée en mg/l) que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO2 des substances organiques dans l'eau, en un temps donné, à l'aide de leur système enzymatique.

La DBO mesure la teneur en substances biochimiquement dégradables, plus la quantité en composés biochimiquement oxydables est importante, plus la valeur de la DBO est élevée .En composés sont dégradés en 5 jours.

II.3.2.3 La demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO correspond à la quantité d'oxygène qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau .La DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriels elle est exprimée el mg de O2/L.

➤ **Relation entre DBO5 et DCO**

Le rapport DCO/BDO5 est utilisé comme indice de biodégradabilité des eaux usées, la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactérie, champignons.). On distingue trois cas qui sont cités dans le tableau suivant :

Tableau II.2 : coefficient de biodégradabilité

Rapport DCO/DBO5	Biodégradabilité
1<DCO/DBO5<2	Facilement biodégradable
2< DCO/DBO5<3	Moyennement biodégradable
DCO/DBO5>3	Mauvaise biodégradable

II.3.2.4 L'Oxygène Dissous

L'oxygène est nécessaire pour la grande majorité des créatures vivantes. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène varie avec la température de l'eau et de la pression atmosphérique. Ainsi, l'eau froide peut contenir une concentration plus d'oxygène dissous que l'eau chaude.[06]

II.3.2.5 Le COT (Carbone Organique Total)

Il peut être intéressant de déterminer quel est le carbone de la matière organique présente dans l'eau, et donc dans les composés organiques. Les composés organiques sont en termes de protéines et de graisses, les glucides et les substances humiques et d'autre part, la matière organique carbonique. Il est développé ou utilisé par les industries chimiques, pharmaceutiques, pétrolières, etc. On distingue les différentes formes ou types de carbone décrites dans le tableau :

Tableau II.3 : Les différentes formes du carbone.

Forme du carbone	Sigle
Carbone total	CT
Carbone organique total	COT
Carbone organique dissous	COD
Carbone organique particulaire	COP
Carbone organique volatile	COV (ou COP)
Carbone organique purgeable	COP (ou COV)
Carbone inorganique total	CIT

II.3.2.6 Eléments traces métalliques (ETM)

Ceux sont des substances toxiques regroupant les métaux lourds et d'autre composés inorganiques non biodégradables les plus contrôlés sont : chrome, cuivre, plomb, zinc ...etc.

II.3.2.7 L'azote

L'azote se trouve dans l'eau lacustre sous forme organique et sous forme minérale (nitrique, nitreuse en ammoniacale), ses sources d'enrichissement naturel sont l'atmosphère par les précipitations ; il est également fixé par certaines bactéries est certaines algues bleues, l'azote organique se trouve minéralisé puis oxydé (nitrification) mais en même temps une partie de cet azote disparaît par le phénomène inverse de dénitrification. [07].

II.3.2.8 Le Phosphore

Le phosphore, élément essentiel au développement de tout être vivant, doit être naturellement présent en très faible quantité dans le sol et dans l'eau, de plus, il constitue une pollution en dégradant le milieu aquatique.

La présence importante de phosphate dans l'eau est anormale. La majeure partie du phosphore actuellement dans les cours d'eau provient des rejets d'eaux usées, en particulier des rejets urbains, industriels, tels que les matières fécales humaines et la matière organique en décomposition, et les polyphosphates dans les détergents.

II.3.2.9 Nitrates (NO₃⁻) et Nitrites (NO₂⁻)

Les nitrates et les nitrites se trouvent naturellement dans le milieu naturel. Les nitrites sont présents en quantité infime. Par contre, il est courant de trouver des nitrates viennent de, agricole rejeté (engrais) déchets ménagers et industriels il est constituent le stade final de l'oxydation de l'azote.

Le nitrite se forme lors de l'oxydation de l'ammonium (dans un bassin d'aération, par exemple, lors du processus de nitrification). Il est très toxique car il perturbe l'absorption d'oxygène, surtout lorsque le pH est inférieur à 7.

II.3.2.10 Azote ammoniacal

La présence d'ammoniaque en quantité importante est l'indice d'une contamination par des rejets d'origine domestique ou industrielle. Les urines humaines ou animales contiennent en effet de grandes quantités d'urée qui se transforment rapidement en ammoniaque. L'ammoniaque présente une forte toxicité pour tous les organismes d'eau douce sous sa forme non ionisée (NH₃). La proportion de NH₃ augmente en fonction croissante du pH et de la température.

II.3.2.11 Le sulfate

Le sulfate est un composé chimique naturellement présent dans presque toutes les eaux naturelles. Il provient de l'oxydation des minerais sulfites (sulfate de sodium), et dus aux rejets d'ateliers, antes blanchissantes (laine, soie, etc.), cellulose (pulpe, etc.) et d'unités de dé-chloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous.

L'effet des sulfates sur notre santé est très important, car de nombreuses zones industrielles utilisent leurs dérivés. À certaines concentrations, il peut être nocif pour nous.

II.3.3 Paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques font références à la présence et la quantité des organismes biologiques pathogènes. Principalement l'Escherichia Coli, les streptocoques, les salmonelles, les virus, et les parasites. Ces paramètres doivent être

tenu en compte et éliminés, afin d'assurer la désinfection des eaux, et limiter ainsi un danger pour la santé publique. [08].

Vu leur rôle dans le processus, il nous a paru utile l'étude de quelques bactéries les plus rencontrées :

II.3.3.1 Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne des bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries / g. [09]

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries /100 ml dont 10⁵ proteas et entérobactéries, 10³ à 10⁴ streptocoques et 10² à 10³ clostridium [10].

II.3.3.2 Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10³ et 10⁴ particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

II.3.3.3 Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs / l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*.

II.3.3.4 Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites. Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées [11].

II.4 La pollution des eaux industrielles

Les causes de la pollution se sont étendues avec l'accroissement de la population et le développement accéléré des techniques industrielles, on peut classer qualitativement la pollution en plusieurs catégories en fonction de sa nature, de sa nocivité et de ses effets. On distingue :

II.4.1 Pollution physique

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). 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).

II.4.2 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. On répertorie sur le marché 100.000 substances chimiques différentes, en quantité très faible, mais en nombre de molécules important. Ces produits combinés les uns aux autres constituent de véritables « cocktail » de molécules à effets inconnus. Les seuils de toxicité définis par la réglementation s'appliquent aux substances isolées, mais ne prennent pas en compte ces effets du cocktail.

II.4.3 pollution microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes [11].

II.4.4 Pollution par le phosphore

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire [12]. Sa présence en abondance dans les milieux hydrauliques superficiels est une problématique. Les phosphates sont des substances nutritives, l'apport exagéré dans les eaux de surface augmente la production des algues et des plantes aquatiques. Plus il y a d'algues, moins il y a d'oxygène dans l'eau, et les conditions de vie deviennent difficiles pour la flore et la faune des milieux aquatiques. Ce phénomène provoque l'eutrophisation.

II.4.4 pollution par l'azote

L'élément azote existe principalement sous forme ionique (ammonium NH_4^+ , nitrite NO_2^- et nitrate NO_3^-) ainsi que sous forme gazeuse (N_2). L'origine de ces polluants est l'utilisation massive des engrais, le développement industriel et le rejet des eaux résiduaires urbaines.

Nos eaux usées contiennent de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Ces ions se

transforment en milieu acide faible en ions nitrites qui sont toxiques pour l'organisme humain, puis en nitrates qui constituent aussi un agent fertilisant susceptible de favoriser le développement excessif des algues dans le milieu aquatique.

II.4.5 Pollution organique

Les contaminants organiques sont des molécules chimiques issues des activités humaines et qui ont un effet nocif sur l'environnement. Parmi les plus connues, on peut citer les PCB, les hydrocarbures, les pesticides, les dioxines, le TBT, les solvants chlorés, les dérivés du benzène ou encore les médicaments.

II.5 Impacts de la pollution des eaux

II.5.1 Sur le sol et les cultures

Cette pollution chimique provient entre autres des engrais de synthèse et des pesticides utilisés par l'agriculture et des rejets toxiques de l'activité industrielle et minière. Le ruissellement des pluies et les infiltrations dans le sol. Le sol devient impropre à la culture car la présence de métaux lourds absorbés par les racines des plantes conduit à la baisse de la production agricole, en plus de l'accumulation de minéraux lourds dans les cultures fourragères qui sont transportées aux animaux et de là à l'humain.

II.5.2 Sur les eaux superficielles

En raison du contexte géologique et de la vigueur de l'activité urbaine, industrielle et agricole qui ne cesse de se développer, la minéralisation de l'eau est principalement causée par l'homme. . Liés au rejet des eaux usées, au stockage de produits industriels et à l'utilisation de produits chimiques en agriculture. Tous ces apports entraînent une pollution chimique qui entraîne une augmentation de la concentration d'éléments chimiques dans les eaux de surface et souterraines, ce qui entraîne une détérioration de leur qualité.

II.5.3 Sur la santé humaine

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites).
- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides).
- Le choléra, du aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées.
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées).

- les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant.

Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre.....etc. Présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leur nature, ces pathologies peuvent être très graves, voir mortelles.

II.6 Normes des rejets des eaux usées industrielle

II.6.1 Normes internationales

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser 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 de loi. Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé pour les eaux usées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau II.4 : Normes de rejets internationales

Caractéristiques	Unité	Normes Utilisées (OMS)
Ph	-	6,5-8,5
DBO5	mg /l	< 30
DCO	mg /l	< 90
MES	mg /l	< 20
NH ₄ ⁺	mg /l	< 0,5
NO ₂	mg /l	1
NO ₃	mg /l	1
P ₂ O ₅	mg /l	2
Température	°C	30
Couleur	-	Incolore
Odeur	-	Incolore

II.6.2 Normes de rejets Algérienne

Selon les normes Algériennes les valeurs limites maximales de rejet d'effluents sont regroupées dans le tableau suivant : [13]

Tableau II.5 : Normes de rejets dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.)

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6,5-8,5
MES	mg /l	35
DBO ₅	"	35
DCO	"	120
Azote Kjeldahl	"	30
Phosphates	"	02
Phosphore total	"	10
Aluminium	"	3
Cadmium	"	0,2
Fer	"	3
Manganèse	"	01
Mercure total	"	0,01
Nickel total	"	0,5
Plomb total	"	0,5
Cuivre total	"	0,5
Zinc total	"	03
Huiles et Graisses	"	20
Composés organiques chlorés	"	05

Conclusion

Les eaux usées industrielles ont des caractéristiques et des sources différentes. Afin d'exprimer l'intérêt pour son épuration, nous avons présenté dans ce chapitre la source et les caractéristiques des eaux usées et leur impact sur l'environnement. Ce n'est qu'ainsi que nous pouvons connaître un traitement efficace.

Chapitre III

Les procédés
d'épuration

Chapitre III : Les procédés d'épuration

Introduction

Pourtraitement des effluents industriels il existe plusieurs procédés qui varient en fonction de l'importance de la charge polluante à traiter avant rejets dans le milieu récepteur, qui a pour objectif la protection des milieux naturels et la sante public.

III.1 Choix de procédé de traitement

Pour le choix de procédé d'épuration en tient compte de :

- La qualité du milieu récepteur et les usages de l'eau.
- La pollution : en fonction du type de pollution, différents types de procédés peuvent être utilisés.
- La concentration des charges polluantes.
- Les caractéristiques du terrain : emplacement, topographie, surface disponible.

III.2 Conception de la station

Tout d'abord, lorsque le débit d'eau et la pollution sont très importants, ils doivent être ajustés. Variables, à travers :

III.2.1 Des bassins d'orage

Ouvrage souterrain destiné à stocker, lors des orages, une partie des eaux (majoritairement pluviales, quelque peu mélangées aux eaux usées) qui circulent dans les égouts. Il permet de soulager de manière temporaire le réseau d'assainissement et d'éviter sa saturation et ses débordements. Les eaux sont ensuite rejetées progressivement dans les égouts, vers les stations d'épuration.

III.2.2 Station de relevage

La station de relevage, également appelée poste de relevage, est la protection de l'ensemble de l'appareillage. Le transport des eaux usées dans le collecteur se fait généralement par gravité avec leur poids. La station de relevage permet de livrer l'eau à la station Lorsque ce dernier atteint en dessous Décontamination. Cette opération de relevage d'eau s'effectue à l'aide d'une pompe Spirale submersible ou d'Archimède.

III.2.3 Des bassins d'homogénéisation

Ils agitent et stockent toutes les eaux usées produites par une unité ou une installation entière pendant plusieurs heures ou jours, et ils permettent de programmer le fonctionnement de l'appareil.

III.1.4 Des bassins de sécurité

Ils sont conçus pour stocker les effluents pendant un jour ou deux. En cas de caractéristiques anormales (toxicité), ou en cas d'arrêt de l'étape d'épuration située en aval, l'effluent est stocké lors du traitement. Ces deux fonctions peuvent être combinées dans un bassin.

III.3 Les prétraitements

Le Prétraitement a pour objectif de séparer les matières les plus grossières et les éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend le dégrillage pour retenir les déchets volumineux, le dessablage, pour obtenir une meilleure décantation, le dégraissage et le déshuilage pour éviter l'encrassement de la station par des corps gras [14].

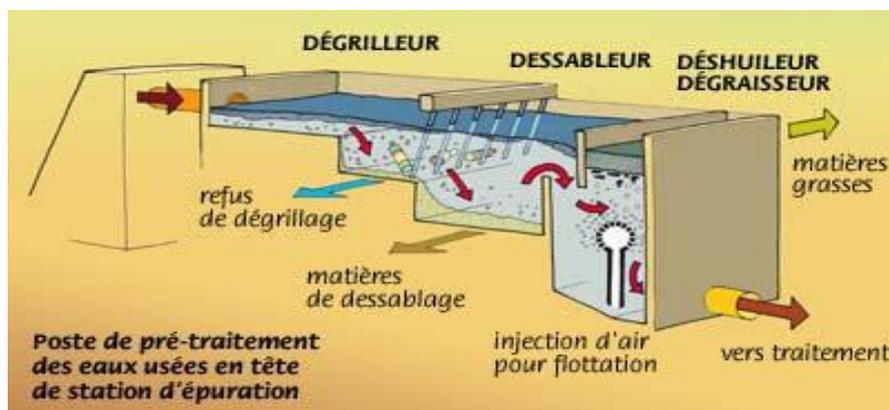


Figure III.1 : schéma d'un traitement préliminaire d'une STEP [15]

III.3.1. Le dégrillage

Cette opération consiste à faire passer l'effluent entre les barreaux d'une grille, dont on retire ainsi de l'eau les fragments de dimension supérieure à l'écartement de la grille, le dégrillage permet de protéger les ouvrages en aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation [20]. Il rend également plus efficace les traitements suivants car ils ne sont pas gênés par ces matières grossières. Le dégrillage est classé en 03 catégories selon l'écartement entre barreaux de grille :

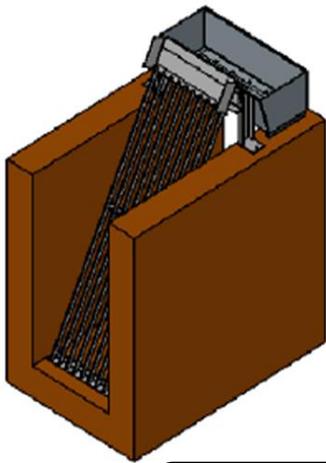
- Le dégrillage grossier, pour un écartement $e = 50-100$ mm
- Le dégrillage moyen pour un écartement $e = 10$ à 25 mm
- Le dégrillage fin pour un écartement $e = 3$ à 10 mm

Il y a plusieurs types de grilles selon la nature d'effluent à traiter en mentionnons le plus important :

- **Grilles mécaniques** : A contrario des grilles manuelles, les dégrilleurs à câble(s) sont entièrement automatiques et conçus pour la séparation des liquides et des solides dans la phase de pré-traitement dans les stations de

traitement des eaux usées (et effluents) et les stations de pompage, la filtration d'eaux urbaines et industrielles, la protection de postes de pompage, les prises d'eau, etc...

- **Grilles manuelles** : Le dégrilleur manuel est généralement utilisé dans des canaux de by-pass ou en amont d'un dégrilleur fin il est souvent incliné par rapport l'horizontale (60° à 80°). Il peut se présenter sous trois formats différents :
 - une grille manuelle
 - un dégrilleur à câble manuel
 - un panier de dégrillage



**Figure III.2.1 : GRILLE
MANUELLE GMI**



**Figure III.2.2 : DEGRILLEUR
A CABLE MANUEL DCM**



**Figure III.2.3 : PANIER
DEGRILLAGE**

III.3.2 Tamisage

Un tamis peut être une bonne solution pour certaines branches industrielles. Les particules solides de petite taille (comme le sable, les pellets plastiques et autres particules), ainsi que les particules plus grandes n'ayant pas été retenue par un éventuel traitement de dégrillage préalable peuvent être éliminées de l'eau usée à l'aide d'un tamisage. Un nettoyage périodique (automatique ou non) se déroule à l'aide de balais durs, d'air comprimé ou d'eau sous pression.

III.3.3 Séparateur à tambour

La fonction du séparateur à tambour est de prétraiter des eaux usées et de séparer les matières solides du liquide. Le séparateur à tambour des eaux usées toutes les particules plus larges que les trous du tamis. Cet équipement peut également séparer le sable, la graisse et les longues fibres des eaux usées. Le séparateur à tambour est de construction fermée, ce qui le rend beaucoup plus facile à placer et éviter le désagrément attiré par les odeurs et les éclaboussures. Le séparateur à tambour est facile à nettoyer et entretenir en raison de sa construction simple.

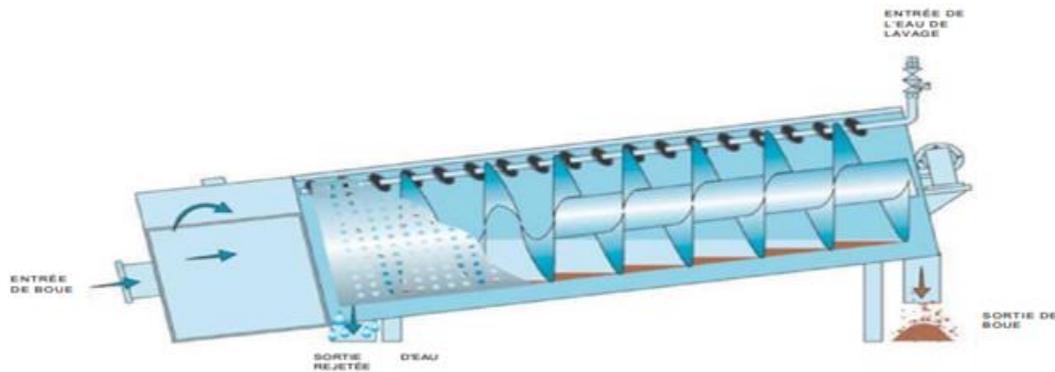


Figure III.3 :Séparateur à tambour

III.3.4 Le dessablage

Le dessablage consiste à retirer de l'effluent les sables et les particules minérales plus ou moins fines, afin de protéger les conduites et les pompes contre la corrosion et éviter même le colmatage des canalisations par les dépôts à la cour de traitement, la technique classique du dessableur consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse d'environ de 0.3m/s qui permet le dépôt d'une grande partie des sables [16].

III.3.5 Le dégraissage-déshuilage

Le dégraissage -déshuilage vise à éliminer la présence des graisse et les huiles dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. Le dégraissage s'effectue par flottation, l'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées. [17]

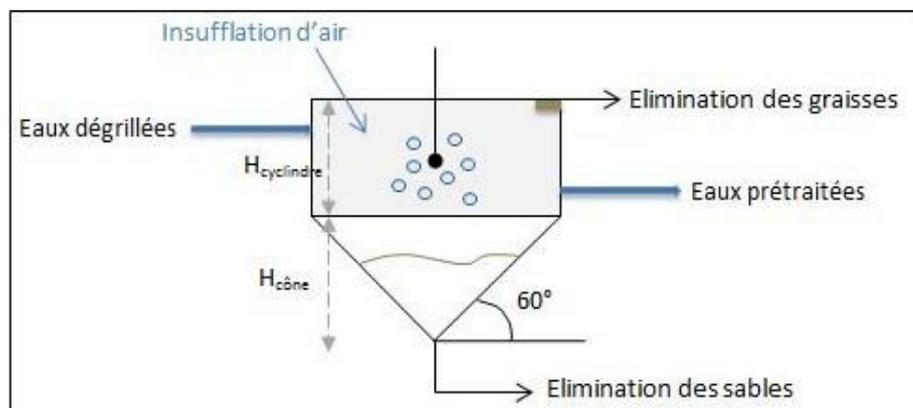


Figure III.4: Dessablage/Dégraissage

III.3.6 Neutralisation

La neutralisation ou neutralisation acidobasique est une réaction chimique où un acide réagit avec une base de façon à former de l'eau et un sel. Elle est couramment

utilisée pour réguler le pH des milieux aqueux³ (eaux usées, cours d'eau). Le pH après la neutralisation dépend de la force de l'acide en présence. [18]

Il existe plusieurs groupes de procédés de neutralisation, qui sont couramment employés :

- L'utilisation du pouvoir tampon du milieu récepteur.
- Le mélange des eaux résiduaires acides avec des eaux résiduaires alcalines.
- L'adjonction de réactifs chimiques.
- La filtration par matériau filtrant neutralisant.

III.3.7 Refroidissement

Il est nécessaire pour protéger une épuration biologique ou satisfaire les normes de rejet : cokerie, pétrochimie, chimie, pâtes et papier.

III.4 Traitement Physico-Chimique (traitement primaire)

Il s'agit le plus souvent d'une décantation qui permet d'alléger les traitements biologiques ou chimiques ultérieurs, en éliminant une partie des solides en suspension. L'efficacité du traitement dépend du temps de séjour et de la vitesse ascensionnelle (qui s'oppose à la décantation). La décantation primaire permet d'éliminer, pour une vitesse ascensionnelle de 1,2 m/h, 40 à 60 % de MES, soit 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires [19].

En utilisant des procédés physiques ou physico-chimiques visant la décantation poussée des matières en suspension dans l'eau. On distingue :

III.4.1 La décantation primaire

Les eaux résiduaires prétraitées contiennent encore des matières organiques et minérales sédimentables, la décantation primaire permet d'éliminer 30 à 35 % de la DBO₅, 60 % de MES. Il est possible d'ajouter à l'effluents des agents coagulants et floculants pour favoriser la décantation des particules en suspension et dans ce cas le traitement primaire (physico-chimique) permet d'éliminer 75 % de la DBO₅ et la DCO et 90 % de MES.

La matière décantable va se déposer au fond du bassin et être récupérée sous forme de boue primaire (boue physico-chimique).

Il est nécessaire de provoquer la déstabilisation des particules colloïdales dans les eaux résiduaires industrielles afin de favoriser leur agglomération et permettre leur séparation de la phase liquide.

III.4.2 Les procédés physiques et chimiques

L'élimination de la pollution colloïdale suppose l'agglomération mutuelle des particules qui nécessite :

III.4.2.1 La coagulation

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par addition d'un réactif chimique (sels minéraux) dits le coagulant. L'efficacité coagulante des sels minéraux s'explique uniquement par une diminution du potentiel zêta, due à un compactage de la double couche ionique et à l'adsorption préférentielle, à l'interface solide-liquide, des cations qui assurent l'annulation des charges électriques répulsives c'est-à-dire leur potentiel zêta.

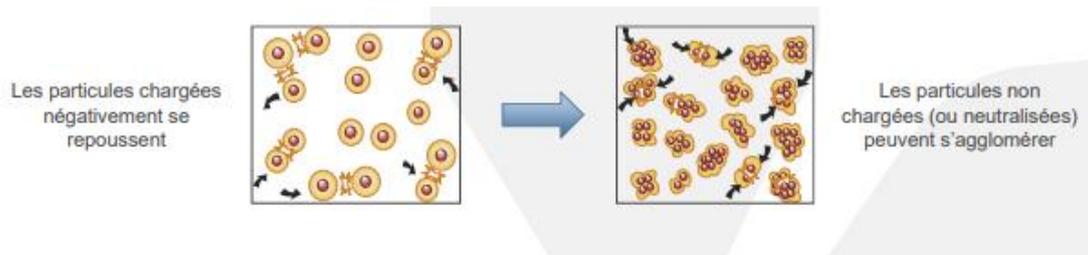


Figure III.5 : phases de la coagulation

III.4.2.2 La floculation

Les particules déstabilisées par le coagulant s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact les unes avec les autres. Leur taux d'agglomération dépend de la probabilité de rencontre et de l'efficacité du coagulant. Un mélange lent favorise la floculation des particules qui s'agglutinent pour former des floccs décantables.

Les réactifs de floculation sont des polymères généralement synthétiques de structure linéaire et de haute masse moléculaire. Le plus souvent, les chaînes macromoléculaires en solution portent périodiquement des groupements chimiques ionisés positifs (cationique), négatifs (anionique) ou neutre (non-ionique).

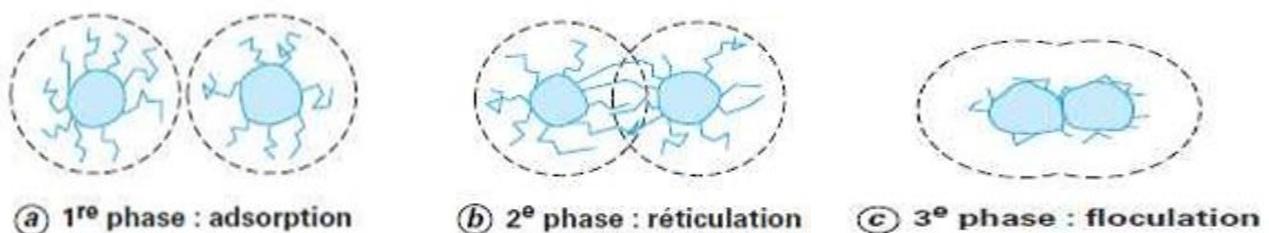


Figure III.6: phases de la floculation

III.4.3 La flottation

La flottation est un procédé de séparation liquide-solide, basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 400 μm .

La technologie retenue par les flotteurs est celle de la flottation à air dissous (DAF). Cette technologie est basée sur un procédé physico chimique qui consiste à séparer les

particules solides des particules liquides peuvent être améliorées par l'ajout de coagulants et flocculant.

La particularité de la flottation à air dissous réside dans l'utilisation de microbulles d'air pour séparer les matières en suspension ou les huiles contenues dans l'eau. Les microbulles ont habituellement un diamètre compris entre 30 et 70 μm : cette petite taille est essentielle à l'efficacité de l'unité de flottation car elle facilite leur adhésion aux particules.

Les microbulles sont créées par dissolution d'air dans l'eau sous pression. Lorsque cette eau saturée d'air est mélangée à l'eau brute, on observe la formation de très fines bulles qui lui donnent un aspect laiteux, d'où son appellation d'eau "blanche". Les bulles d'air ainsi formées se fixent sur les particules solides et les font flotter.

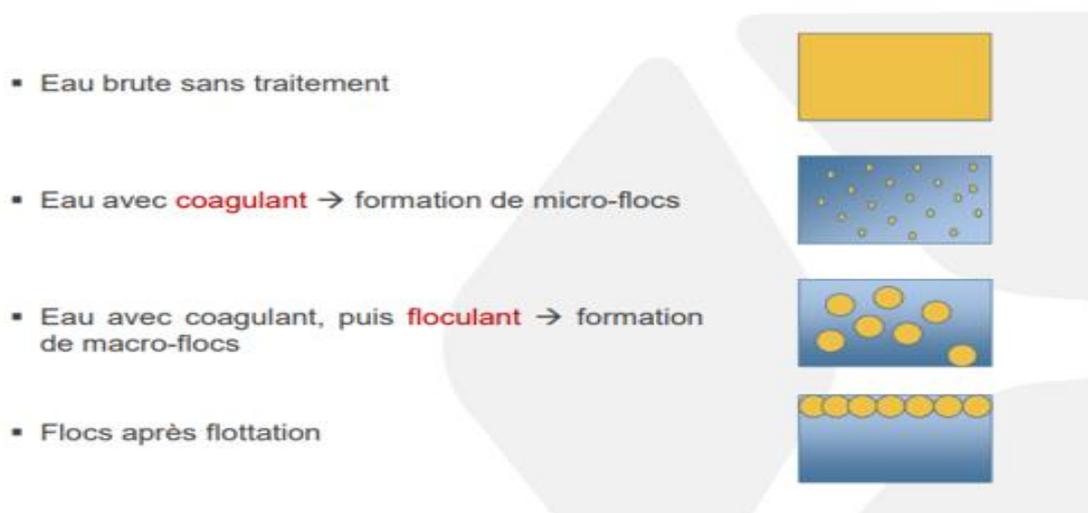


Figure III.7 : schématisation de l'action de la flottation

En surface, les particules flottantes accumulées dans l'épaisseur sont alors raclées et déclenchées vers une trémie d'évacuation. Les particules lourdes qui ne peuvent flotter décantent pour former des sédiments au fond du flotteur qui seront ensuite évacués vers une vanne de soutirage ou un extracteur à vis sans fin.[20]

L'eau claire, alors libérée des particules, est évacuée via une surverse en partie haute.

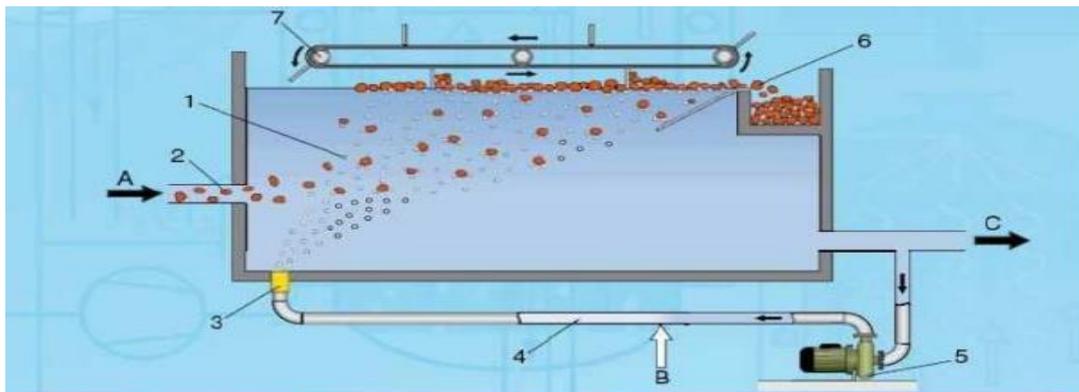


Figure 4 : Principe général de fonctionnement d'un flottateur à air dissous (ABABOU et al)

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1 : Micro-bulles d'air | A : Eau brute (préalablement floculée) |
| 2 : Particules solides | B : Apport d'air comprimé |
| 3 : Soupape (système de détente) | C : Eau clarifiée |
| 4 : Eau sous pression | |
| 5 : Unité de pressurisation | |
| 6 : Boues flottées | |
| 7 : Racleur | |

Figure III.8 : flottation à air dissous

III.5 Traitement biologique (secondaire)

Les traitements biologiques sont des simulations dans des conditions optimisées du processus naturel de biodégradation. Ils se font généralement suivant deux voies : soit une biodégradation en présence d'oxygène (aérobie) ou soit une biodégradation en absence d'oxygène (anaérobie). Ces traitements sont, généralement, précédés par des prétraitements comme l'enlèvement des gros déchets organiques et inorganiques et l'ajustement du pH et de la température de l'effluent pour éliminer les chocs qui affectent l'efficacité des systèmes de traitement biologique. Dans ce domaine de traitement biologique, plusieurs procédés utilisés dans les secteurs urbain et industriel sont rencontrés. Parmi ceux-ci, il y a : les boues activées, les bassins d'aération les bioréacteurs à disques, les lits bactériens etc.

III.5.1 Les différents procédés biologiques

III.5.1.1 Lit bactérien (culture fixe)

L'épuration sur lit bactérien est le plus ancien procédé biologique. Des bactéries sont cultivées sur un substrat neutre, comme de la pierre concassée, de la pouzzolane (sable volcanique), du mâchefer ou du plastique. On fait passer l'effluent sur le substrat. La difficulté consiste à trouver la bonne vitesse du flux d'eau, qui ne doit pas être trop rapide (pour permettre la dégradation bactérienne) ni trop lente (pour une bonne évacuation de MES en excès). Une épuration sur lit bactérien est plus efficace qu'un traitement à boues activées car elle élimine non seulement les virus et les bactéries (respectivement 30 à 40 % et 50 à 95 %) mais aussi les œufs d'helminthes (20 à 90 %) et les kystes de protozoaires (83 à 99 % des kystes d'*Entamoeba histolytica*) [21]

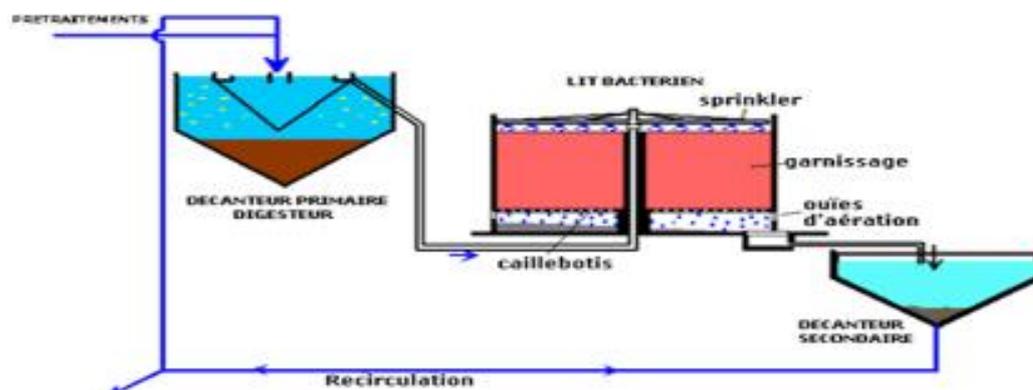


Figure III.9 : Schéma de principe d'une filière de traitement par lit bactérien [22].

III.5.1.2 Disque biologique (culture fixe)

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe horizontal sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent. Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée. Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées [23].

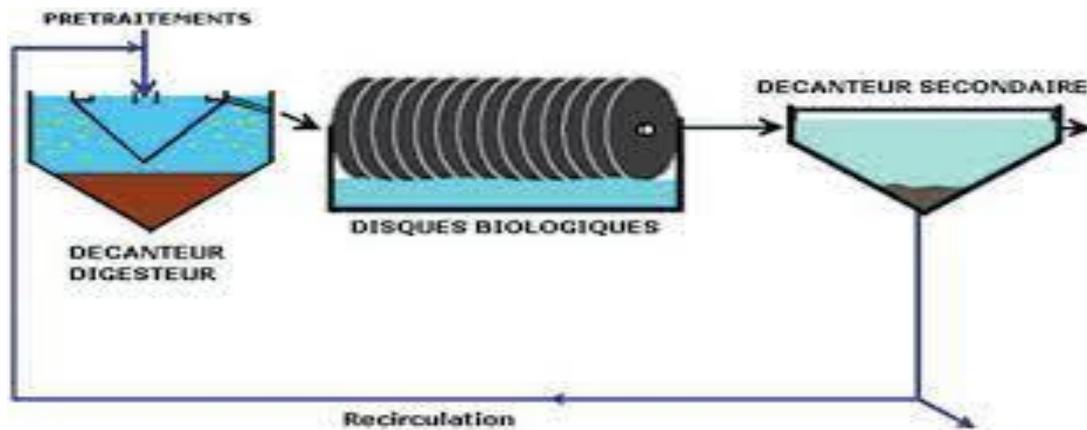


Figure III.10 : Schéma d'un disque biologique [23].

III.5.1.3 procédé à boue activée

Toutes les technologies existantes visant l'épuration des eaux usées impliquent une production indirecte des boues. L'augmentation du nombre de stations d'épuration au niveau des agglomérations et les nouvelles restrictions environnementales, de plus en plus sévères, provoquent ainsi une augmentation des boues produites. Dû aux exigences environnementales et aux coûts d'investissement qu'il suppose, le traitement des boues est de nos jours devenu aussi indispensable et important que le traitement des eaux usées [24].

Le procédé à boue activée est une technique biologique d'épuration des eaux. Il représente une alternative efficace et relativement écologique (sans utilisation de produits chimiques) aux techniques d'épuration les plus couramment utilisées. Il consiste à revaloriser les eaux usées en y introduisant un concentré de bactéries diverses. On ajoute à ce mélange un brassage mécanique qui permet l'oxygénation du tout, nécessaire au bon fonctionnement des bactéries et à la dégradation des matières. Ces dernières « mangent » les substances polluantes et les transforment en boue [25].

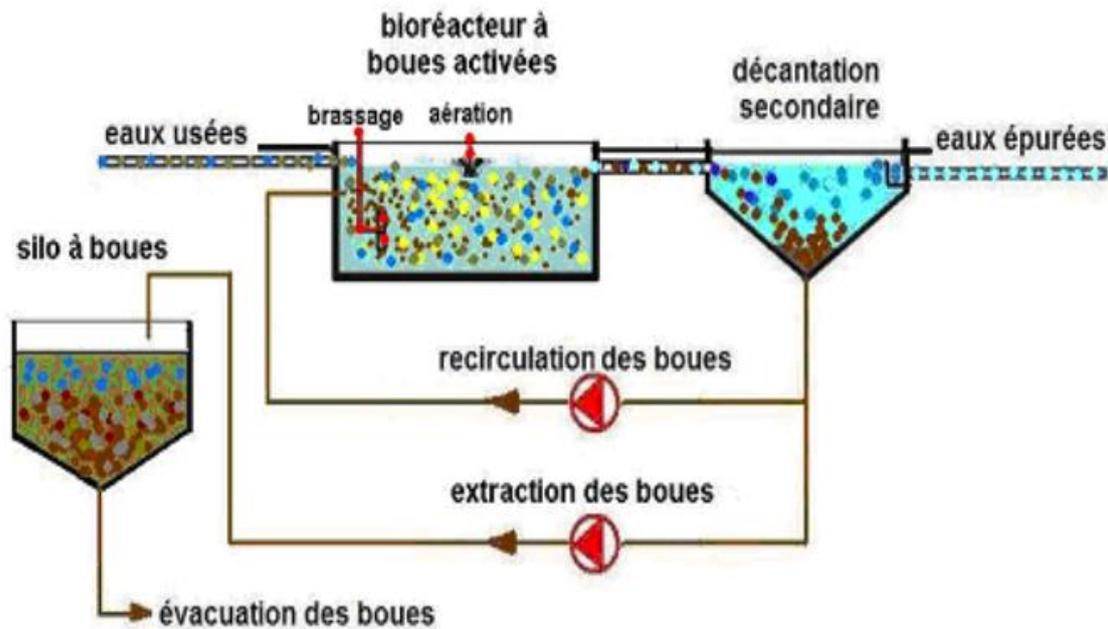


Figure III.11 : Schéma d'un procédé à boues activées [23].

Dans cette unité nous utilisons une nouvelle technique qui s'appelle Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) en français Bioréacteur à lit fluidisé.

III.5.1.4 Moving bed biofilm reactor (bioréacteur à lit mobile) MBBR

La technologie MBBR met en œuvre des supports bactériens, appelés MBBR, des immeubles à médias en quelque sorte. Ces « immeubles » se déplacent dans l'eau à épurer, pour mettre en contact le plus grand nombre de bactéries avec la plus grande quantité de pollution. Tout cela se résume avec l'acronyme MBBR : « Moving Bed Biofilm Reactor » soit en français « bioréacteur à lit fluidisé ».

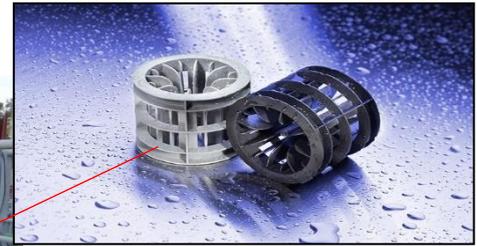


Figure III.3 Les supports média

Figure III.4 : Bioréacteur à lit fluidisé.

Le système MBBR se compose d'un réservoir d'aération (semblable à un réservoir à boues activées) avec des supports en plastique spéciaux qui fournissent une surface où un biofilm peut se développer. Les supports sont constitués d'un matériau de densité proche de la densité de l'eau (1 g/cm^3). Un exemple est le polyéthylène haute densité (PEHD) qui a une densité proche de $0,95 \text{ g/cm}^3$. Les porteurs seront mélangés dans le réservoir par le système d'aération et auront ainsi un bon contact entre le substrat dans les eaux usées entrantes et la biomasse sur les porteurs. [26] Pour éviter que les supports plastiques ne s'échappent de l'aération il est nécessaire d'avoir un tamis à la sortie de la cuve. Pour obtenir une concentration plus élevée de biomasse dans les bioréacteurs, des systèmes hybrides MBBR ont également été utilisés où la biomasse en suspension et attachée coexistent, contribuant à la fois aux processus biologiques. [27]

La principale caractéristique des configurations de réacteur biologique à lit mobile (MBBR) est qu'il n'y a pas de recyclage des boues provenant d'un clarificateur secondaire. MBBR est essentiellement un processus simple, à passage unique, où toute l'activité biologique a lieu sur les porteurs de biomasse. Le MBBR est généralement suivi d'un système de séparation des solides tel qu'un clarificateur secondaire ou DAF, afin de séparer les biosolides produits dans le processus de l'effluent final. Le principal avantage du MBBR est la réduction robuste et simple des polluants solubles (DBO ou DCO soluble, NH_4^+ , etc.), avec une complexité de processus minimale, en utilisant une empreinte nettement plus petite par rapport aux méthodes de traitement aérobies conventionnelles. Le MBBR est généralement utilisé pour des applications industrielles à forte charge ou pour des installations municipales robustes et simples à utiliser.

III.5.1.4.1 Avantages du MBBR

Le traitement des eaux usées par le réacteur à biofilms à lit mobile ou le réacteur MBBR comprenait un système opérationnel simplifié qui rend la propreté de l'eau plus agréable que les cadres de traitement des eaux usées habituels. Elle est devenue la technologie de traitement biologique privilégiée en raison de ses nombreux avantages par rapport au processus de purification de l'eau par boues activées classiques (ASP) et voici les avantages fondamentaux. Regarde :

- **Efficace et pratique** : Tout en épurant les eaux usées, ce système produit moins de matières solides sans aucune utilisation de polymère, ce qui le rend plus efficace et réduit les coûts opérationnels par rapport aux systèmes de traitement de l'eau habituels.
- **Petite dimension** : Tandis que différents systèmes de traitement d'eau exigent un grand espace, les systèmes d'épuration des eaux usées MBBR sont compatibles avec un faible encombrement, ce qui correspond à la plupart des systèmes 1 / 3 de l'espace requis par les autres systèmes d'épuration.
- **Rapport coût-efficacité** : Par rapport aux autres systèmes de traitement des eaux usées, le traitement des eaux usées par MBBR est relativement raisonnable et correspond à des dépenses d'exploitation et de maintenance abordables.
- **Pratique à utiliser** : L'ensemble du système est assez flexible et facile à utiliser. Ses systèmes d'exploitation sont flexibles et contrôlables sans aucun problème de congestion des supports.

III.6 Les traitements tertiaires ou complémentaires

La sensibilité de certains milieux récepteurs, peuvent exiger des traitements épuratoires encore plus poussés.

Donc Les traitements tertiaires sont des traitements complémentaires qui sont effectués après un traitement primaire physico-chimique et un traitement secondaire biologique sur des eaux résiduaires industrielles [26]. Il s'agit notamment d'éliminer la pollution azotée et phosphorée responsable de nuisances particulières (eutrophisation, désoxygénation de l'eau,...).

III.6.1 La déphosphatation

L'élimination du phosphore concerne les traitements de déphosphatation, soit physico- chimique soit biologique. La déphosphatation biologique, de développement récent, est basée sur la succession de phases anaérobies et aérobies au cours du traitement biologique mais son rendement est en générale moins bon que celui de la déphosphatation physico- chimique [28].

La déphosphatation réalisée par précipitation physico-chimique en présence de sels minéraux comme le sulfate d'ammonium ou le chlorure ferrique s'effectue soit simultanément aux réactions biologiques dans le bassin de boues activées, soit en traitement final [29].

III.6.2 Traitement de l'azote

Dans les milieux aqueux, les composés azotés sont présents généralement sous forme organique mais aussi sous diverses formes minérales (ion ammonium, nitrites, nitrates.), voire gazeux (ammoniac dissout). L'élimination conventionnelle de l'azote par voie biologique passe par l'étape d'ammonification, puis à travers la nitrification et la dénitrification, elles-mêmes pouvant se diviser en sous étapes intermédiaires. La mise en œuvre de l'activité bactérienne est due à l'action de populations de microorganismes et des activités enzymatiques spécifiques aux formes azotées en solution. Dans le cas des systèmes intensifs à cultures en suspension, la mise en œuvre de l'opération repose sur l'utilisation soit de deux réacteurs biologiques en série, l'un aérobie pour oxyder les formes réduites en nitrates, l'autre anoxie pour réduire les formes oxydées produites en azote gazeux, soit d'un seul réacteur biologique alternant des phases aérée et anoxie, soit d'un mixage des deux systèmes avec un réacteur anoxie et un réacteur en alternance aéré/anoxie, notamment en cas de limitation de matière organique. On distingue :

- **L'ammonification** : C'est la première étape de la dégradation de produits organiques azotés présents dans les effluents. Elle permet la transformation des formes organiques de l'azote en ion ammonium.
- **La nitrification** : C'est le processus de transformation dans les eaux usées de l'azote ammoniacal en nitrate. La nitrification s'opère en deux étapes : la nitrification qui oxyde l'ammonium en nitrites et la nitrification qui convertit les nitrites en nitrates. Ces deux processus sont réalisés en milieu aéré par des microorganismes spécifiques. La nitrification se fait par les bactéries autotrophes appelées nitritantes ou encore Ammonia Oxidizing Bacteria (AOB).
- **La dénitrification** : C'est le processus biologique qui se déroule en condition d'anoxie, soit en teneur en oxygène dissout nulle et un potentiel d'oxydo-réduction positif mais inférieur à 100 mV. Il permet la réduction des ions nitrates en azote gazeux en passant par des stades intermédiaires de composés oxydés d'azote, de nitrite, d'oxyde nitrique, d'oxyde nitreux notamment. Les microorganismes intervenant au cours de la dénitrification sont les bactéries hétérotrophes anaérobies facultatives. Ces bactéries utilisent l'oxygène intégré dans les ions nitrites et nitrates comme accepteurs d'électrons et la matière organique comme source de carbone et d'énergie.

III.7 Traitement des boues

Les boues d'épuration (urbaines ou industrielles) sont les principaux déchets produits par une station d'épuration à partir des effluents liquides, dans cette unité on a utilisé La déshydratation par le filtre presse à bande.

La déshydratation a pour but d'augmenter la siccité des boues (libération d'une grande partie de l'eau constituant l'essentiel du volume des boues) pour réduire les temps et coûts de stockage, les coûts de transport et les coûts d'élimination, Les boues

sont ensuite, selon leur toxicité ou degré d'innocuité pour l'environnement, valorisées (épandage) ou stockées ou brûlées.

III.7.1 Le filtre presse à bande

Un filtre à bande est conçu pour la déshydratation mécanique des boues industrielles ou municipales.

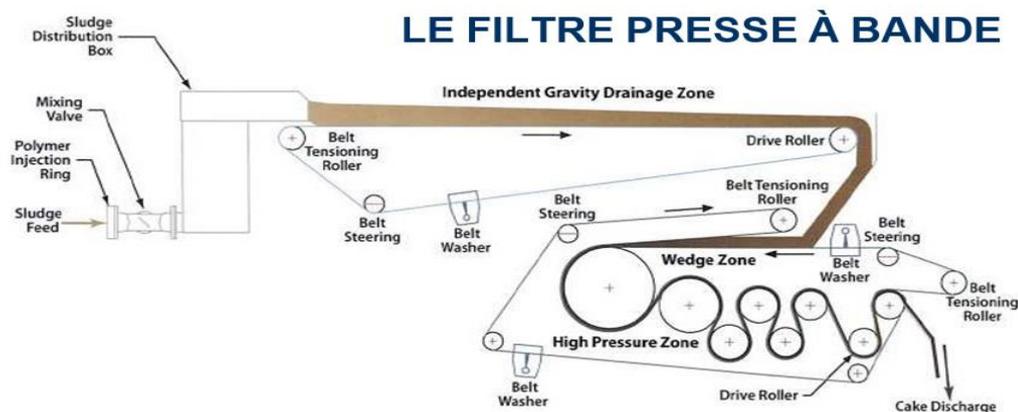


Figure III.4 : filtre presse à bande

La combinaison de bandes filtrantes se déplaçant sur plusieurs rouleaux permet de comprimer les boues entre les bandes au fur et à mesure de leur déplacement, le filtre à bande peut être divisé en 3 zones :

- Zone de filtration par gravité où l'eau est drainée à travers une bande poreuse
- Zone cunéiforme où le diamètre des rouleaux permettra d'augmenter progressivement la pression sur la boue,
- Zone de pressage où des pressions moyennes puis élevées sont appliquées sur la boue

Une vis sans fin est souvent présent en sortie de la presse à bande. Classiquement, un filtre à bande fonctionne avec une concentration d'entrée de 1 à 4% en élément solide et permet d'obtenir un produit final contenant de 20 à 35% d'élément solide.

Conclusion

Les eaux usées de différentes compositions et de diverses origines constituent un problème pour la nature lors du rejet sans subir de traitements au préalable. Afin de montrer l'intérêt de leur épuration, nous avons présenté dans ce chapitre, les différentes méthodes utilisées pour l'épuration de ces eaux.

Chapitre IV

Dimensionnement des
ouvrages de la station

Chapitre IV : dimensionnement des ouvrages de la station

Introduction

La station d'épuration est un outil fondamental pour la protection des milieux naturels, Le dimensionnement d'une station d'épuration dépend de la charge à l'entrée, qui est fonction du débit, et des concentrations moyennes des paramètres de pollution (DBO₅, MES...). Dans ce présent chapitre nous sommes appelés à dimensionner les différents ouvrages constituant la future station d'épuration.

IV.1 Résultats des analyses

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses effectuées au niveau de laboratoire sur les eaux usées de l'industrie de l'unité de Faderco Sétif(date : 28/07/2021).

Tableau IV.1 : résultats des analyses de rejets

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode de mesure
Débit	M ³ /j	720	Instrumental
Température	°C	25	Multi paramètre
Ph	-	6.5	-
MES	Mg/l	750	ISO 11923 :1997
DCO	Mg/l	1780	ISO 6060 :1989
DBO ₅	Mg/l	800	Instrumental
Azote global	Mg/l	16	ISO 5663 :1984
Phosphore	Mg/l	4.5	ISO 5663 :1984

IV.1.1 biodégradabilité et la nature de rejet

Pour calculer le coefficient de biodégradabilité on doit calculer le rapport (DCO/DBO₅) comme suivant :

$$\frac{DCO}{DBO_5} = \frac{1780}{800} = 2.225 \dots \dots \dots \text{(IV.1)}$$

La valeur ci-dessus fait ressortir que le rapport (DCO/DBO₅) est d'environ 2 ce qui indique que nous sommes en présence d'une eau usée industrielle chargée en matières organiques de bonne biodégradabilité.

IV.2 Calcul de base pour le dimensionnement

a) Calcul du débit de rejet industrie

D'après les données du projet réaliser le débit de rejet industriel égal :

$$Q_{rej} = 720 \text{ m}^3 / j = 8.33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

$$Q_{rej} = 8.33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

b) La charge moyenne journalière en DBO₅

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5] \cdot Q_{rej} \dots\dots\dots (IV.2)$$

Avec :

- (DBO₅)₀ : charge moyenne journalière en DBO₅.
- [DBO₅] : concentration journalière en DBO₅.
- Q_{rej} : débit de rejet industriel.

$$(DBO_5)_0 = 800 \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 576 \text{ Kg/j}$$

$$(DBO_5)_0 = 576 \text{ Kg/j}$$

c) la charge moyenne journalière en MES

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(MES)_0 = [MES] \cdot Q_{rej} \dots\dots\dots (IV.3)$$

Avec :

- (MES)₀ : charge moyenne journalière en MES.
- [MES] : concentration journalière en MES.

$$(MES)_0 = 750 \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 540 \text{ Kg/j}$$

$$(MES)_0 = 540 \text{ Kg/j}$$

a) la charge moyenne journalière en DCO

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(DCO)_0 = [DCO] \cdot Q_{rej} \dots\dots\dots (IV.4)$$

Avec :

- (DCO)₀ : charge moyenne journalière en DCO.
- [DCO] : concentration journalière en DCO.

$$(DCO)_0 = 1780 \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 1281.6 \text{ Kg/j}$$

$$(DCO)_0 = 1281.6 \text{ Kg/j}$$

IV.3 Dimensionnement des ouvrages de la station

IV.3.1 Le prétraitement

IV.3.1.1 le dégrilleur

Pour dimensionner un dégrilleur, on doit déterminer la surface de la grille qui a pour rôle d'éliminer les déchets solides relativement volumineux. La formule est donnée par KIRCHMER :[18]

$$S = \frac{Q_{rej}}{a * V_e * C} \text{ (m}^2\text{)} \dots \dots \dots \text{ (IV. 5)}$$

Tel que :

- S : surface de la grille.
- V_e : Vitesse de l'écoulement à travers la grille (m/s) ; tel que $V_e = (0,6 \text{ à } 1,4)$ m/s.
- a : Coefficient de passage libre donné par la relation suivante :

$$a = \frac{d}{d + e} \dots \dots \dots \text{ (IV. 6)}$$

- d : diamètre des barreaux de la grille.
- e : espacement entre les barreaux.

Tableau IV.2 : Espacement et épaisseurs des barreaux. [30]

Paramètre	Grilles grossières	Grilles fines
d (cm)	2,00	1,00
e (cm)	5 à 10	0,3 à 1

C : Coefficient de colmatage dépendant de la qualité de l'eau et du système de reprise des résidus, Généralement :

C = 0,25 si le dégrillage est manuel.

C = 0,5 si le dégrillage est automatique. [30]

✓ Dans notre cas on prend la grille automatique donc : C = 0,5

a) Pour le dégrilleur grossier

a.1) calcul de la surface de la grille

- $Q_{rej} = 720 \text{ m}^3/\text{j} = 8.33 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

- $a = \frac{d}{d+e} = \frac{2}{2+7} = 0.22$

- C= 0.5

- V_e : Vitesse de l'écoulement à travers la grille (m/s), sa valeur est comprise en générale entre 0,50 m/s et 1 m/s. Cette vitesse peut atteindre 1 à 1,20 m/s au débit maximal. On prend $V_e=0,8$ m/s

Donc : $S = \frac{Q_{rej}}{a \cdot V_e \cdot C} = \frac{8.33 \cdot 10^{-3}}{0.22 \cdot 0.8 \cdot 0.5} = 0.095 \text{ m}^2$

S=0.095 m²

a.2) calcul de la largeur de la grille

On doit déterminer la largeur de la grille qui fait le rôle d'éliminer les déchets solides relativement volumineux, La formule est donnée par KIRCHMER : [30]

$$L = \frac{S * \sin\alpha}{h_{max}(1 - a)C} \dots \dots \dots (IV. 7)$$

Tel que :

- S : surface de la grille
- h_{max} : hauteur maximum d'eau dans le canal ; et $h_{max} = (0,2 \text{ à } 1,4)$ m.
- α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60°.
- S=0.095m²
- a= 0.22
- $h_{max}= 0.8$
- C= 0.5
- $\alpha= 60^\circ$

Donc : $L = \frac{0.095 * \sin 60^\circ}{0.8(1-0.22)0.5} = 0.12 \text{ m}$

L= 0.26 m

a.3) calcul des pertes de charges

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirchmer : [30]

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \sin\alpha \left(\frac{v^2}{2g}\right) \dots \dots \dots (IV.8)$$

- d : diamètre des barreaux (cm).
- e : espacement entre les barreaux (cm).
- α : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal = 60°.
- β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux

(Forme rectangulaire $\beta = 2.42$).

- V : vitesse d'écoulement dans la grille ;(m/s).

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IV.3 : les valeurs de β . [30]

Type de barreau	B
Section rectangulaire	2,42
Section rectangulaire en semi-circulaire à l'amont	1,83
Section rectangulaire avec arrondi semi-circulaire à l'amont et à l'aval	1,67
Section circulaire	1,79
Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont	0,76

Alors :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \sin\alpha \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 2.42 \left(\frac{2}{7}\right)^{\frac{4}{3}} \sin 60^\circ \left(\frac{0.8^2}{2*9.81}\right) = 0.013$$

$$\Delta H = 0.013 \text{ m}$$

b) Pour la grille fine

b.1) calcul de la surface de grille

On utilise la même méthode pour le calcul de la surface

$$S = \frac{Q_{rej}}{a * v_e * C} \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{ (IV.9)}$$

Tel que : $a = \frac{d}{d+e}$ avec : d =1cm et e = 0,5 (pour la grille fine).

$$a = \frac{1}{1 + 0.5} = 0.66$$

Donc: $S = \frac{8.33 * 10^{-3}}{0.66 * 0.8 * 0.5} = 0.03 \text{ m}^2$

$S = 0.03 \text{ m}^2$

b.2) calcul de la largeur de la grille

On utilise la même méthode pour le calcul de la largeur

$$L = \frac{S * \sin\alpha}{h_{max}(1-a)C} \dots\dots\dots (IV.10)$$

$$L = \frac{S * \sin\alpha}{h_{max}(1-a)C} = \frac{0.03 * \sin 60^\circ}{0.8(1-0.66)0.5} = 0.19 \text{ m}$$

L=0.19m

b.3) calcul de la perte de charge

On utilise la même méthode pour le calcul de la perte de charge

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^{\frac{4}{3}} \sin\alpha \left(\frac{v^2}{2g}\right) = 2.42 \left(\frac{1}{0.5}\right)^{\frac{4}{3}} \sin 60^\circ \left(\frac{0.8^2}{2g}\right) = 0.17 \text{ m}$$

$\Delta H = 0.17 \text{ m}$

REMARQUE :

À cause de les résultats de digrilleur est petit on a changé cette dernier par séparateur à tambour

IV.3.1.2 Séparateur à tambour

DONNÉES TECHNIQUES(Faderco)

Tamis à tambour fonctionnant en continu 600/2500

- capacité d'alimentation 30 m3/h
- matériel, cadre SS 304
- matériel, tambour SS 304
- buse de matériau Laiton
- diamètre du tambour 600 mm
- longueur du tambour 2500 mm
- ouverture du tamis en tambour perforé 2,0 mm
- longueur unitaire, env. 3500 mm
- raccord d'entrée DN 125, bride lâche
- raccordement eau de rejet DN 200, bride lâche
- raccord de refoulement blindés DN 200, bride lâche

IV.4 le traitement physico – chimique

IV4.1 Bassin de coagulation

La coagulation est un procédé chimique qui augmente le rendement de décantation physique la flottation, Cette étape se fait à l'aide de différents composés tels que les hydroxydes métalliques, polymères synthétiques...etc. qui favorisent l'agglomération et la séparation des particules colloïdales de l'eau. [31]

Le fonctionnement de procédé nécessite une agitation rapide à 80 tr/m pendant 1 à 5 minutes, puis une agitation lente de 40 tr / min pendant 15 minutes, Le bassin doit être équipé par un agitateur et un régulateur de pH. [31]

a)Le volume de bassin de coagulation

$$V_{BC} = Q_{rej} * T_c \dots\dots\dots(IV.11)$$

Tel que :

V_{BC} : le volume de bassin de coagulation

Q_{rej} : le débit de rejet,

T_c : le temps de contacte

par application numérique :

$$V_{BC} = 8.33 * 10^{-3} * 20 * 60 = 10 \text{ m}^3$$

$$V_{BC} = 10 \text{ m}^3$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2 m

b) La surface du bassin est de :

$$S = \frac{V_{BC}}{H} = \frac{10}{2} = 5 \text{ m}^2$$

$$S = 5 \text{ m}^2$$

c) Le diamètre de bassin est de :

$$D = \sqrt{\frac{S * 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{5 * 4}{\pi}} = 2.52$$

$$D = 2.52 \text{ m}$$

IV 4.2 Bassin de floculation

Le but de la floculation est de favoriser l'agglomération des floes formés dans l'étape de coagulation pour accélérer le processus de flottation ultérieure Le floculant est ajouté sous agitation rapide à 80 tr / min pendant 45 secondes, puis ralentissez à 40 tr / min pendant 20 minutes, Le temps de contacte (t_c) est de 20 minutes minimum, pour

le dimensionnement de volume de bassin de floculation (V_{BF}) le temps de contact est habituellement de 25 minutes. [31]

a) Le volume de bassin de floculation

$$V_{BF} = Q_{rej} * tc = 8.33 * 10^{-3} * 25 * 60 = V_f = 12.5m^3$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2 m

b) La surface du bassin

$$S = \frac{V_{BF}}{H} = \frac{12.5}{2} = 6.25 m^2$$

c) Le diamètre du bassin

$$D = \sqrt{\frac{S * 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{6.25 * 4}{\pi}} = D = 2.82 m$$

IV 4.3 Bassin de flottation I

Le dimensionnement des ouvrages de flottation se fait en prenant en considération des paramètres importants à savoir :

- ✓ la vitesse d'ascension des bulles d'air injectées, cette vitesse est calculée par la formule de Stokes et sa valeur optimale est comprise entre 4 et 6 m/h.

$$v = \frac{g}{18\mu} * (\rho_l - \rho_g) d^2 \dots\dots\dots (IV.12)$$

Dans laquelle :

- g = accélération de la pesanteur,
- d = diamètre de la bulle : (30 μm à 70 μm)
- ρ_g = masse volumique du gaz (l'air)
- ρ_L = masse volumique du liquide
- μ = viscosité dynamique

- ✓ volume minimal de gaz pour assurer la flottation : Le volume minimal V_g de gaz, de masse volumique ρ_g , nécessaire pour assurer la flottation d'une particule de volume V_s et de masse volumique ρ_s , dans un liquide de masse volumique ρ_L , généralement de 4 à 6 % par rapport le volume des floes, est donné par la relation suivante :

$$\frac{V_G}{V_S} = \frac{\rho_s - \rho_L}{\rho_L - \rho_g} = (\rho_s - 1) \dots\dots\dots (IV.13)$$

V_g : Le volume minimal V_g de gaz [m^3]

V_s : volume de la particule[m³]

P_s :massevolumiquedelaparticule

P_L : massevolumiquedel'eau

✓ La surface horizontaledel'ouvrage : $S_H = \frac{Q_h}{V_{as}}$ (IV.14)

Q_h =débit horaire

V_{as} =lavitesse d'ascension, en prendre $V_{as}=4$ m/h

IV 4.3.1 La surface horizontaledel'ouvrage

$$S_H = \frac{Q_h}{V_{as}} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m}^2$$

S=7.5 m²

$S=L*b$, en prendre $L=2b$

Donc :

$L= 3.75$ m et $b=2$ m

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2 m

$$V_{BF}=7.5*2=15 \text{ m}^2$$

V_{BF}=15 m²

IV 4.3.2 volumeminimaldegaz d'air

Pour remonter les MES on a besoin d'unequantité d'aire insufflée entre 1 et 1.5 d'air/m³ :

$$q_{air}=Q*V_{air}$$

Avec :

V_{air} : volume d'air à injecter (m³), on prend $V_{air}=1.5$

$$q_{air} = 8.33 * 10^{-3} * 1.5 = 0.013 \text{ m}^3 \text{ d'air/s} = 46.8 \text{ m}^3 \text{ d'air/h}$$

IV.4.4 Calcul de la charge polluante éliminée par le flotteur primaire

La flottation avec coagulation-floculation permet d'éliminer 75 % de la DBO5 et DCO, 90% de MES.

❖ **Les charges de pollution à l'entrée du flotteur sont :**

$$DBO_5=576 \text{ Kg/j} \quad , [DBO_5]=800 \text{ mg/l}$$

$$MES=540 \text{ Kg/j} \quad , [MES]=750 \text{ mg/l}$$

$$DCO=1281.6 \text{ Kg/j} \quad , [DCO]=1780 \text{ mg/l}$$

❖ Les charges éliminées par le flotteur primaire sont donc :

$$\text{DBO}_{5\epsilon} = 0.75 * 576 = 432 \text{ Kg/j} \quad [\text{DBO}_{5\epsilon}] = 600 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES}_{\epsilon} = 0.9 * 540 = 486 \text{ Kg/j} \quad [\text{MES}_{\epsilon}] = 675 \text{ mg/l}$$

$$\text{DCO}_{\epsilon} = 0.75 * 1281.6 = 961.2 \text{ Kg/j} \quad [\text{DCO}_{\epsilon}] = 1335 \text{ mg/l}$$

❖ Les charges à la sortie du flotteur primaire sont donc :

$$\text{DBO}_{5s} = 0.25 * 576 = 144 \text{ Kg/j} \quad [\text{DBO}_{5s}] = 200 \text{ mg/l}$$

$$\text{MES}_s = 0.1 * 540 = 54 \text{ Kg/j} \quad [\text{MES}_s] = 75 \text{ mg/l}$$

$$\text{DCO}_s = 0.25 * 1281.6 = 320.4 \text{ Kg/j} \quad [\text{DCO}_s] = 445 \text{ mg/l}$$

- les résultats de dimensionnement du traitement physico-chimique.

Tableau IV.4 : les résultats de dimensionnement du bassin de coagulation

Désignation	Unité	Résultat
Bassin de coagulation		
Surface horizontale	m ²	5
Volume	m ³	10
Hauteur	M	2
Diamètre	M	2.52

Tableau IV.5 : les résultats de dimensionnement du bassin de floculation

Désignation	Unité	Résultat
Bassin de floculation		
Surface horizontale	m ²	6.25
Volume	m ³	12.5
Hauteur	M	2
Diamètre	M	2.82

.

Désignation	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)
flotteur primaire			
Débit	m ³ /s	8.33*10 ⁻³	-
Surface horizontale	m ²	7.5	-
Volume	m ³	15	-
Hauteur	m	2	-
Longueur	m	3.5	-
Largeur	m	2	-
volume d'air	m ³ /h	46.8	-
DBO ₅ entrés	Kg/J	576	800
MES entrés	Kg/J	540	750
DCO entrés	Kg/J	1281.6	1780
DBO _{5é}	Kg/J	432	600
MES _é	Kg/J	486	675
DCO _é	Kg/J	961.2	1335
DBO _{5s}	Kg/J	144	200
MES _s	Kg/J	54	75
DCO _s	Kg/J	320.4	445

IV.5 Traitement secondaire (biologique)

IV.5.1 bioréacteur à lit mobile

Les eaux sortant de traitement primaire sont encore pollués et nécessitent un traitement secondaire.

Dans ce traitement on opte pour un bioréacteur à lit mobile qui permet la facilité d'utilisation d'un traitement biologique et il ne nécessite généralement pas d'additifs chimiques et le média peuvent durer des années sans nécessiter de remplacement.

Nous allons proposer deux variantes de traitement dont une est le traitement par boue activée conventionnelle et l'autre est le type de bioréacteur à lit mobile MBBR qui a prouvé un bon efficacité dans le traitement des eaux usées puis nous allons comparer les résultats obtenus.

IV.5.2 L'étude des variantes

IV.5.2.1 Étude de la variante 1 : bassin d'aération à boue activé

T_b : 10 j X : 5 gMES/l

1. Rendement de production de boues (Y)

$$Y = \frac{Y_H}{1+(T_b * K_d)} \dots \dots \dots (IV.15)$$

Y_H : Concept de décès = 0.44 gMVS/gDCO. [32]

K_d : est un coefficient cinétique dépend de l'activité des microorganismes hétérotrophe et la température de milieu. [33]

$$K_d (T) = K_d(20^\circ C) * e^{K(T-20)} \dots \dots \dots (IV.16)$$

T : la température de l'effluent selon les analyses de l'eau est à l'ordre de °C

$K_d(20^\circ C)$: le taux de croissance maximal des bactéries hétérotrophe en 20°C est à l'ordre de 0.06 j⁻¹

T_b : l'âge des boues

K : est un constant de température et vaut 0.08

$$K_d (25) = K_d(20^\circ C) * e^{0.08(25-20)} = 0.089 j^{-1}$$

$$Y = \frac{Y_H}{1+(T_b * K_d)} = \frac{0.44}{1+(10 * 0.089)} = 0.23 KgMVS/KgDCO.$$

$Y = 0.23 KgMVS/KgDCO.$

2. La production des boues

$$m_{\text{boue}} = Y * Q * (\text{DCO}_{\text{entrée}} - \text{DCO}_{\text{sortie}}) \dots\dots\dots(\text{IV.17})$$

- m_{boue} : la quantité des boues produit

- Q : Débit à l'entrée de réacteur des eaux usées.

- Y : Rendement de production de boues.

$$m_{\text{boue}} = Y * Q * (\text{DCO}_{\text{entrée}} - \text{DCO}_{\text{sortie}}) = 0.23 * 720 * (445 - 90) * 10^{-3} = 58.788 \text{ Kg/j}$$

3. Calcul le débit de purge des boues

$$\frac{Q_p}{Q} = \frac{Y * (S_e - S)}{X} \dots\dots\dots(18)$$

$$Q_p = \frac{Q * Y * (S_e - S)}{X} = \frac{m_{\text{boue}}}{X} = \frac{58.788}{5} = 11.75 \text{ m}^3/\text{j}$$

Q_p : le débit de purge des boues

S_e : Concentration de la DCO entrée (mg/l).

S : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

4. Calcul le volume de bassin d'aération

-Pour moyenne charge

$$V = \frac{L_0}{C_V}$$

$$V = \frac{L_0}{C_V} = \frac{144}{0.8} = 180 \text{ m}^3$$

V : le volume (m^3).

L_0 : charge polluante (kg DBO5/j).

C_V : Charge volumique (kg DBO5/ m^3 .j) $C_V = (0,6_1,5) \text{ Kg DBO5/ m}^3/\text{j}$.

5. Le temps de séjour hydraulique (TH)

-Pour moyenne charge

$$TH = \frac{V}{Q}$$

$$TH = \frac{V}{Q} = \frac{180}{30} = 6 \text{ h}$$

6. La quantité d'oxygène nécessaire (Q (O₂))

$$Q(O_2) = Q * (Se - S) - Q_p * X * 0,8 * 1,44 \dots \dots \dots (IV.19)$$

Q_p : le débit de purge des boues

Se : Concentration de la DCO entrée (mg/l).

S : Concentration de la DCO dans le perméat (mg/l).

$$Q(O_2) = 720 * (445 - 90) * 10^{-3} - 11.75 * 5 * 0,8 * 1,44 = 187.92 \text{ Kg/j}$$

$$V(O_2) = 139.06 \text{ m}^3/\text{j}$$

IV.5.2.2 Étude de la variante 2 : Bioréacteur a lit fluidisé MBBR [34]

Pour le dimensionnement de bassin MBBR il faut tout d'abord connaitre les charges entrantes aussi que la surface spécifique du média et le taux de remplissage de leur support :

✓ **Surface requise de média** = $\frac{DBO_5}{SALR} \dots \dots \dots (IV.20)$

- DBO₅ : (g /j)
- SALR : charge spécifique par unité de surface en g/m²/j = 15 (moyenne charge)

$$\text{Surface requise de média} = \frac{144000}{15} = 9600 \text{ m}^2$$

Surface requise de média = 9600 m²

✓ **Volume du média** = $\frac{\text{surface requise de média}}{\text{surface spécifique du média}} \dots \dots \dots (IV.21)$

$$\text{Surface spécifique du média} = 380 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

**Superficie totale 380
m²/m³**

**Dimensions D 44mm x H
37mm**



$$\text{Volume du média} = \frac{9600}{380} = 25.3 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume du média} = 25.3 \text{ m}^3$$

$$\checkmark \quad \text{Volume de bassin} = \frac{\text{Volume de média}}{\text{taux de remplissage}} \dots \dots \dots \text{(IV.22)}$$

Taux de remplissage : 20/30 %, en prend T=25%

$$\text{Volume de bassin} = \frac{25.3}{0.25} = 101.2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume de bassin} = 101.2 \text{ m}^3$$

La hauteur généralement entre (1 et 6)m.

On prend : H=3 m

Donc :

$$S = \frac{V}{H} = \frac{101.2}{3} = 33.73 \text{ m}^2$$

S=L*b, en prendre L=2b

Donc :

L=8.2 m et b=4.10 m

$$L = 8.2 \text{ m}$$

$$b = 4.10 \text{ m}$$

$$\checkmark \quad V_{d'eau} = \text{volume de bassin} - (\text{volume de média} * (1 - \text{taux de vide})) \dots \text{(IV.23)}$$

$$\text{Volume d'eau} = 101.2 - (25.3 * (1 - 0.75)) = 94.9 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume d'eau} = 94.9$$

$$\checkmark \quad \text{Temps de rétention} = \frac{\text{Volume d'eau}}{Qh}$$

$$\text{Temps de rétention} = \frac{94.9}{30} = 3.16 \text{ h}$$

$$T_{\text{rét}} = 3.16 \text{ h}$$

- ✓ Le temps de séjour hydraulique (TH) :

$$TH = \frac{V}{Q}$$

$$TH = \frac{Vb}{Q} = \frac{101.2}{30} = 3.37 \text{ h}$$

- ✓ Demande d'oxygène= DBO₅ journalier *Kg O₂ par Kg DBO

Kg O₂ consommé par Kg DBO en moyenne charge entre 0.6 et 1 kgO₂/kgDBO₅ [35]

On prend : 1 kgO₂/kgDBO₅

Demande d'oxygène=144*1=144 kg/j

$$VO_2 = 106.56 \text{ m}^3 / j$$

- ✓ Débit d'Aire = demande d'oxygène /densité d'oxygène *21%*13%[36]

$$Q_{air} = \frac{144 \text{ (kg/j)}}{1.21 \text{ (kg/m}^3\text{)} * 0.13} = 915.45 \text{ m}^3 / j$$

IV.5.3 Comparaison entre les variantes

Tableau IV.7 : le choix entre les deux(2) variantes

	Volume (m ³)	TH (h)	Q (O ₂) (Kg/j)	Qualité d'eau sortie
Variante 1 (BAC)	180	6	139.06	
Variante 2 (MBBR)	101.2	3.37	106.56	+

- Nous remarquons que le volume du bassin DE MBR est inférieur au volume du procédé biologique à boues activée conventionnel, ce qui conduit à des réacteurs plus petits et donc un gain d'espace pour l'industrie.
- le temps de séjour hydraulique de MBBR est moins important que pour le bassin biologique traditionnel.
- Le MBBR nécessite une quantité d'oxygène moins élevée par rapport au procédé biologique par boue activée ce qui un cout mois.
- Et même la qualité d'eau sortie dans le MBBR est préférée que le BAC.

IV.5.4 Calcul de la charge polluante éliminée par le bassin MBBR

Le bassin MBBR permet d'éliminer 95% de la DBO₅, 85% de la DCO et 96 % de la MES.[34]

- ❖ Les charges de pollution à l'entrée du bassin MBBR sont :

$$\begin{aligned} DBO_5 &= 144 \text{ Kg/j} & [DBO_5] &= 200 \text{ mg/l} \\ MES &= 54 \text{ Kg/j} & [MES] &= 75 \text{ mg/l} \\ DCO &= 320.4 \text{ Kg/j} & [DCO_s] &= 445 \text{ mg/l} \end{aligned}$$

❖ Les charges éliminées par le bassin MBBR sont donc :

$$DBO_{5\epsilon} = 0.95 * 144 = 136.8 \text{ Kg/j} \quad [DBO_{5\epsilon}] = 190 \text{ mg/l}$$

$$MES_{\epsilon} = 0.96 * 54 = 51.84 \text{ Kg/j} \quad [MES_{\epsilon}] = 72 \text{ mg/l}$$

$$DCO_{\epsilon} = 0.85 * 320.4 = 272.34 \text{ Kg/j} \quad [DCO_{\epsilon}] = 378.25 \text{ mg/l}$$

❖ Les charges à la sortie du bassin MBBR sont donc :

$$DBO_{5s} = 0.05 * 144 = 7.2 \text{ Kg/j} \quad [DBO_{5s}] = 10 \text{ mg/l}$$

$$MES_s = 0.04 * 54 = 2.16 \text{ Kg/j} \quad [MES_s] = 3 \text{ mg/l}$$

$$DCO_s = 0.15 * 320.4 = 48.06 \text{ Kg/j} \quad [DCO_s] = 66.75 \text{ mg/l}$$

IV 5.5 Bassin de flottation II

À la sortie de bassin de MBBR il y a une grande quantité des bactéries mortes se forme de boue secondaire et aussi il y a des bactéries vivantes nous pouvons encore les utiliser, donc il faut ajouter un bassin de flottation secondaire pour :

1. éliminer les bactéries mortes sorties du bassin MBBR (boue secondaire)
2. pour recyclage des bactéries vivantes et utilisation dans le bassin MBBR

Le dimensionnement de flotteur secondaire est le même que le flotteur primaire donc :

IV 5.5.1 La surface horizontale de l'ouvrage

$$S_H = \frac{Q_h}{V_{as}} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ m}^2$$

$$S = 7.5 \text{ m}^2$$

$S = L * b$, en prenant $L = 2b$, donc :

$$L = 3.75 \text{ m et } b = 2 \text{ m}$$

On fixe la hauteur de bassin (H) à 2 m

$$V_{BF} = 7.5 * 2 = 15 \text{ m}^3$$

$$V_{BF} = 15 \text{ m}^3$$

IV 5.5.2 volume minimal de gaz d'air

Pour remonter les bactéries on a besoin d'une quantité d'air insufflée inférieure à un flotteur primaire donc on prend $V_{air} = 1 \text{ m}^3$:

$$q_{air} = Q * V_{air}$$

Avec :

V_{air} : volume d'air à injecter (m^3), on prend $V_{air} = 1.5 \text{ m}^3$

$$q_{air} = 8.33 * 10^{-3} * 1 = 8.33 * 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ d'air/s} = 30 \text{ m}^3 \text{ d'air/h}$$

- les résultats de dimensionnement du traitement biologique.

Tableau IV.8 : les résultats de dimensionnement du bassin MBBR

Désignation	Unité	Résultat	Concentration (mg/l)	Norme de rejet (mg/l)
Bassin MBBR				
Débit	m ³ /s	8.33*10 ⁻³	-	-
Surface requise de média	m ²	9600	-	-
Volume du média	m ³	25.3	-	-
Volume de bassin	m ³	101.2	-	-
Hauteur	M	3	-	-
Longueur	M	8.20	-	-
Largeur	M	4.10	-	-
Volume d'eau	m ³	94.9	-	-
Volume des média	m ³	25.3	-	-
Temps de rétention	H	3.16	-	-
Demande d'oxygène	m ³ /j	106.56	-	-
Débit d'air	m ³ /j	915.45	-	-
DBO5 entrées	Kg/J	144	200	-
MES entrées	Kg/J	54	75	-
DCO entrées	Kg/J	320.4	445	-
DBO5é	Kg/J	136.8	190	-
MESé	Kg/J	51.84	72	-
DCOé	Kg/J	272.34	378.25	-
DBO5s	Kg/J	7.2	10	35
MESs	Kg/J	2.16	3	35
DCO _s	Kg/J	48.06	66.75	120

IV.6 Traitement de la boue

IV.6.1 Fonctionnement

La déshydratation a pour but d'augmenter la siccité des boues (libération d'une grande partie de l'eau constituant l'essentiel du volume des boues) pour réduire les coûts de stockage, les coûts de transport et les coûts d'élimination.

Les filtres-presses à bandes sont des filtres continus équipés de toiles filtrantes rotatives. Ils réalisent la filtration en deux phases. La première phase est une filtration par simple gravité, la deuxième phase est une compression de la boue préalablement égouttée entre deux toiles filtrantes guidées au moyen de rouleaux. La disposition des rouleaux ainsi que leur diamètre sont d'une extrême importance pour obtenir un parfait résultat de déshydratation. C'est dans cette optique que le FluX-Press a été conçu. Une combinaison optimisée des rouleaux a pour effet d'augmenter progressivement la pression sur le gâteau.

Classiquement, un filtre à bande fonctionne avec une concentration d'entrée de 1 à 4% en éléments solides et permet d'obtenir un produit final contenant de 20 à 35% d'éléments solides.

IV.6.2 Performances Les filtres-presses

Sont entièrement automatisés, mais le procédé de déshydratation mécanique reste discontinu (succession de phases de déshydratation et de débâtissage). La toile filtrante doit également être nettoyée régulièrement pour éviter tout colmatage de la toile. Ils permettent d'obtenir les siccités les plus élevées : jusqu'à 35% avec un conditionnement minéral (chlorure ferrique + chaux) et environ 25% avec un conditionnement mixte (chlorure ferrique + polyélectrolytes de synthèse). La tenue en tas des boues produites est bonne. Ce type de déshydratation est plutôt adapté aux stations de traitement des eaux usées de taille importante. En effet, ces performances en matière de siccité permettent de réduire les volumes de boues de façon importante en comparaison des autres procédés. [37]

Conclusion

Dans ce chapitre on a dimensionné les différents parti de la station d'épuration des eaux usées provenant de l'industrie de papier FADERCO.

Nous choisissons le traitement biologique par bioréacteur à lit fluidisé car il présente les avantages suivants :

- simple utilisable et efficace pour l'épuration des eaux jusqu'à 95%
- il ne nécessite généralement pas d'additif chimique et le média et le biofilm peuvent durer des années sans nécessiter de remplacement

Chapitre V

Calcul hydraulique

Chapitre V : Calcul hydraulique

Introduction

Dans ce chapitre, nous allons procéder au calcul des ouvrages qui assurent la circulation de l'eau d'un bassin à un autre, Ces calculs auront pour but le dimensionnement des différentes conduites de rejet, conduites reliant les ouvrages ainsi que le déversoir d'orage et les cotes de radier des différents ouvrages pour assurer le bon fonctionnement de la station de point de vue hydraulique.

V.1 Dimensionnement du déversoir d'orage

Le déversoir d'orage c'est un régulateur de débit a pour but de limiter le débit entrant dans la station d'épuration en temps de pluie et d'évacuer les excès vers le milieu naturel.

Remarque

Le débit pluvial dans l'usine est très faible donc pas nécessaire pour faire un déversoir d'orage.

V.2 Le puisard

Un puisard est un ouvrage de protection qui est simplement une excavation située au niveau le plus bas des caves et dont la fonction est de recueillir l'eau afin de la pomper en cas d'inondation. C'est pourquoi une pompe est en général positionnée au fond du puisard. Le dimensionnement de puisard est basé sur un temps de séjour de 10 min avec une hauteur entre 2 et 5 m.

Le volume de puisard est donc calculé par la formule :

$$V = Q_e * T_s \dots\dots\dots (V.1)$$

$$V = 8.33 * 10^{-3} * 60 * 10 = 4.99 = 5 \text{ m}^3$$

La surface horizontale de puisard est calculée pour une hauteur de 2 m

$$S = V / H$$

$$S = 5 / 2 = 2.5 \text{ m}^2$$

On prend une largeur de 1.5 m

la longueur de puisard est donc :

$$L = S/l = 2.5/1.5 = 1.67 \text{ m}$$

V.3 Relevage

V.3.1 Le volume du bassin

Pour le dimensionnement du bassin d'aspiration de forme rectangulaire on utilise le débit maximal rejetée par l'usine, Donc il faut calculer le volume de bassin :

$$V = \frac{ts * Q_{rejt}}{4 * (N-1)} \dots\dots\dots (V.1)$$

- **Qrej** : Le débit de pointe par temps sec (m³/s).
- **ts** : L'intervalle entre deux démarrages successifs de la pompe qui varie (6-20) mn, ts=10min
- **N** : Nombre de pompe, N=2

$$V = \frac{8,33 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 60}{4 \cdot (2-1)} = 1.25 \text{ m}^3$$

V=1.25 m³

$$S = \frac{V}{H} = \frac{1.25}{1.5} = 0.83 \text{ m}^2$$

S=0.83 m²

L=1 m et b=0.83 m

L=1 m

b=0.83 m

V.3.2 Calcul du diamètre de la conduite de refoulement

Pour le calcul du diamètre de la conduite de refoulement vers l'ouvrage d'entrée le dégrilleur (Séparateur à tambour) sera calculé par la formule de Bonin, $D_{eco} = \sqrt{Q_{rej}}$ (m).

$$Q_{rej} = 8.33 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{s)} \Rightarrow D_{eco} = \sqrt{8.33 \cdot 10^{-3}} = 0.091 \text{ m}$$

Donc le diamètre normalisé est **D = 100 mm**

D = 100 mm

La vitesse d'écoulement est : $V = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \dots \dots \dots (V.2)$$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 8.33 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0.1^2} = 1.06 \text{ m/s}$$

V=1.06 m/s

V.3.3 Calcul de la hauteur manométrique de la pompe

$$H = H_g + \sum h_{p \text{ Lin}} + \sum h_{p \text{ sin}} + P_{exh} \dots \dots \dots (V.3)$$

- **H** : pertes de charge totale dans la conduite sous pression, en (m).
- **Hg** : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur, (m).
- ΔH : $\sum h_{p \text{ lin}} + \sum h_{p \text{ sin}}$: pertes de charge linéaire et singulière $h_{p \text{ sin}} = 0.05 \cdot h_{p \text{ lin}}$.
- **Pexh**: pression an l'exauhre Pexh (1:1.5) m.

Le refoulement se fera avec une conduite de **D = 100 mm** et d'une longueur de **L=10m** ver le Séparateur à tambour.

$$H_g = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (V.4)$$

$$H_g = 1023.5 - 1020 = 4 \text{ m.}$$

Hg=3.5 m

- **Hg** : Hauteur géométrique
- **h1** : côte au niveau de la bache de réception
- **h2** : côte au niveau de l'ouvrage d'entrée (séparateur à tambour).

Nous avons choisi l'acier, comme matériau pour notre conduite car il présente une bonne caractéristique du point de vue dureté, et l'intérêt majeur des aciers réside d'une

part dans le cumul de valeurs élevées dans les propriétés mécaniques fondamentales : résistance aux chocs, résistance à la déformation irréversible et raideur, résistance à la déformation élastique.

Tableau V.1 : Les valeurs de **K**, **m** et **β**. [38]

Tuyau	K	m	β
Acier	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Fonte	0,00179 à 0,001735	5,1 à 5,3	1,9 à 2
Amiante ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,774	1,77

Pour l'acier, on a :

- $K = 0,00179$
- $m = 5,3$
- $\beta = 1,9$

L'expression de perte de charge linéaire s'écrit :

$$\Delta H_{lin} = \frac{k * L * Q^\beta}{D^m} \dots\dots\dots (V.5)$$

- **K** : coefficient de perte de charge ($K = 0.00179$).
- **Q_{tp}** : débit totale pompé.
- **L** : longueur de la conduite.
- **D** : diamètre de la conduite.
- **β** : coefficient dépendant le régime d'écoulement.
- **m** : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite.

$$\Delta H = 1.05 \frac{0.00179 * 10 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{0.1^{5.3}} = 0.42m$$

$$HMT = 3.50 + 0,42 + 1,5 = 5,42 \text{ m}$$

HMT=5,42 m

V.4 Choix de la pompe

On utilise des pompes d'assainissement pour le relevage des eaux usées de puisard vers l'ouvrage d'entrée. Donc pour choisir le type de pompe on utilise le catalogue **Caprari** (logiciel Caprari). Toutes les caractéristiques de la pompe et le moteur sont représentés sur la fiche technique de la pompe choisis. (**Annexe**)

V.5 Profile hydraulique

Le profile hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseignent sur la position de la ligne de charge. Les cotes moyennes du terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées sur le tableau ci-dessous :

Tableau V.2 : cotes moyennes du terrain naturel d'implantation des différents ouvrages de la station.

Désignation des ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Séparateur à tambour	1022.5
Bassin de coagulation	1022.3
Bassin de floculation	1022.2
Bassin de flottation.1	1022
MBBR	1022.2
Bassin de flottation.2	1022.1

V.6 Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages

L'expression de perte de charge est exprimée par la formule de DARCY WEISBACH :

$$\Delta H = \frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB} \dots \dots \dots (V.6)$$

- C_{PA} : cote du plan d'eau au point A
- C_{PB} : cote du plan d'eau au point B

a. Diamètre :

D'après la formule (V.6) le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} \dots \dots \dots (V.7)$$

b. Longueurs des conduites

Dans notre cas on a :

Tableau V.3 : longueurs théoriques supposées des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L théoriques supposées (m)
séparateur à tambour ➡ bassin de coagulation	8
bassin de coagulation ➡ bassin de floculation	6
bassin de floculation ➡ bassin de flottation.1	6
bassin de flotatuin.1 ➡ MBBR	10
MBBR ➡ bassin de flottation.2	10

C. Calculs des cotes piézométriques des différents ouvrages

On calcule les cotes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donné par :

$$P_1/W + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/W + V_2^2/2g + Z_2 + H_{1-2} \dots \dots \dots (V.8)$$

- P_1/W et P_2/W : énergies de pression dans les sections (1) et (2).
- $V_1^2/2g$ et $V_2^2/2g$: énergies cinétiques en (1) et (2).
- Z_1 et Z_2 : cotes des points (1) et (2).
- H_{1-2} : pertes de charges dans le tronçon (1 – 2).

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées il vient :

- $P_1/W + Z_1 = P_2/W + Z_2 + H_{1-2}$
- On pose : $P_1/W = H_1$ et $P_2/W = H_2$

$$\text{Donc : } H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2$$

$$C_{P1} = H_1 + Z_1$$

$$C_{P2} = H_2 + Z_2$$

$$C_{P1}' = C_{P2}' + H_{1-2} \dots \dots \dots (V.10)$$

V.6.1 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les cotes piézométriques :

a. Conduite séparateur à tambour –coagulation

On a :

Cote du radier du séparateur à tambour (A) : 1023.5

D'où : $C_{PA} = C'_{PA} = 1023.5$ m

Cote du radier du bassin coagulation : 1021.5 m

Hauteur d'eau : 2 m

D'où : $C_{PB} = 1021 + 2 = 1023$ m

$L = 8$ m

a.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.3]{\frac{0.00179 * 8 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{1023.5 - 1023}} = 0.091m$$

Le diamètre nominal :

$$D_n = 100 \text{ mm}$$

a.2 Cote piézométrique

$$D'où on aura : C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 1023.5 - \frac{0.00179 * 8 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{0.1^{5.3}}$$

$$C_{PB}' = 1023.18 \text{ m}$$

b. Conduite coagulation –floculation

$$C_{PA}' = 1023.18 \text{ m}$$

Cote de radier du bassin de floculation (B) : 1021 m

Hauteur d'eau : 2 m

$$D'où : C_{PB} = 1021 + 2 = 1023 \text{ m}$$

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

b.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.3]{\frac{0.00179 * 6 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{1023.18 - 1023}} = 0.105m$$

Le diamètre nominal :

$$D_n = 125 \text{ mm}$$

b.2 Cote piézométrique

$$C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 1023.18 - \frac{0.00179 * 6 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{0.125^{5.3}}$$

$$C_{PB}' = 1023.11 \text{ m}$$

C. Conduite floculation –flotateur.1 :

$$C_{PA}' = 1023.11 \text{ m}$$

Cote de radier du bassin de flotation (B) : 1021 m

Hauteur d'eau : 2 m

$$D'où : C_{PB} = 1021 + 2 = 1023 \text{ m}$$

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

C.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.3]{\frac{0.00179 * 6 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{1023.11 - 1023}} = 0.116 \text{ m}$$

Le diamètre nominal :

C.2 Cote piézométrique

$$C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 1023.11 - \frac{0.00179 * 6 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{0.125^{5.3}}$$

$$C_{PB}' = 1023.04 \text{ m}$$

d. flotateur.1 –

D'où : $C_{PB} = 1020.7 + 2 = 1022.75 \text{ m}$

$L = 10 \text{ m}$

e.1 Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K * L * Q^\beta}{C_{PA} - C_{PB}}} = \sqrt[5.3]{\frac{0.00179 * 10 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{1022.92 - 1022.75}} = 0.117 \text{ m}$$

Le diamètre nominal :

$D_n = 125 \text{ mm}$

e.2 Cote piézométrique

$$C'_{PB} = C'_{PA} - \frac{K * L * Q^\beta}{D^m} = 1022.92 - \frac{0.00179 * 10 * (8.33 * 10^{-3})^{1.9}}{0.125^{5.3}}$$

$$C_{PB}' = 1022.80 \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau ci-dessous :

Tableau V.4 : récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

Désignation	Cote du terrain (m)	Cote de radier (m)	Plan d'eau (m)	Cote piézométrique (m)
Séparateur à tambour	1022.5	1023.5	—	1023.5
bassin de coagulation	1022.3	1021.5	2	1023.18
bassin de floculation	1022	1021	2	1023.11
Bassin de flotation.1	1022.2	1021	2	1023.04
MBBR	1022	1019.9	3	1022.92
Bassin de flotation.2	1021.8	1020.7	2	1022.80

Conclusion

Dans ce chapitre on a effectué le calcul hydraulique de la STEP dont le profile hydraulique de la station d'épuration et le dimensionnement des équipements et ouvrages hydrauliques nécessaire pour le fonctionnement de la chaine d'épuration.

Pour une exploitation rationnelle de notre station, il est nécessaire de faire un bon choix des conduites qui le constituent et ceci selon la forme et le matériau par lequel elles sont constituées.

Chapitre VI

Gestion et entretien de
la station

Chapitre VI : Gestion et entretien de la station

Introduction

Le bon fonctionnement et la durée de vie de d'une station d'épuration dépendent fortement de l'entretien de ses ouvrages. Il faut veiller donc au maintien au parfait état de propreté de l'ensemble de la station en nettoyant les rigoles, caniveaux, mûrs, etc...

VI.1 Exploitation

Pour qu'une exploitation efficace en conforme aux prescriptions soit possible, les documents et moyens auxiliaires suivants concernant l'installation doivent être tenus à disposition :

- Plans et description de l'installation livrée.
- Manuel d'utilisation remis par l'entreprise qui a fourni/fabriqué/planifié l'installation.
- Instruction pour l'exploitation.
- Prescription sur la prévention des accidents.
- Plans d'alerte.
- Journal d'exploitation pour la maintenance, le nettoyage et le contrôle.

Tous les évènements importants sont enregistrés dans les rapports d'exploitation. Ces derniers doivent être soigneusement conservés et être mis à disposition lors des contrôles. Les mesures et contrôles doivent être effectués selon les prescriptions de l'autorité cantonale de protection des eaux et les résultats consignés dans les rapports d'exploitation. Les eaux usées stockées ou épurées, les boues d'épuration et les résidus doivent être éliminés conformément aux prescriptions et exigences en vigueur.

VI.2 les paramètres à mesurer et à contrôler dans la station

Un certain nombre de mesures et de contrôle entrant dans le cadre d'exploitation et la gestion de la station doivent être effectués, dont les principaux suivants :

- Mesure de débit.
- Mesure de pH et de la température.
- Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO).
- Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO5).
- Mesure de la quantité d'oxygène dissous.
- Mesure de la quantité des sels nutritifs (azote et phosphore).
- Recherche des substances toxiques.
- Temps de marche journalier des principales machines tournantes (pompes, compresseur d'air).



Figure VI.1 : Photomètre DCO/eaux usées, avec lecteur de code-barres

VI.3 Contrôles de fonctionnement

- La propreté et nettoyage de l'ensemble de la station en nettoyant les rigoles, caniveaux, murs...etc.
- Les ouvrages métalliques doivent être repeints en moyenne tous les cinq ans afin de les protéger contre la corrosion.
- Les ouvrages en béton doivent être régulièrement inspectés. Les vérifications doivent porter sur l'étanchéité, la détection des fissures, les ruptures des joints de dilation.
- Il faut lubrifier et graisser régulièrement tous les équipements mécaniques et électromécaniques et veiller à leur fonctionnement.
- Pour les équipements immergés, une vidange une fois par ans des ouvrages ou lis sont disposés est nécessaire pour leur entretien.
- Nombreuses de sondes et captures sont disposés dans MBBR afin de contrôler (la vitesse d'agitation, volume d'aire injecter, la pression, la température, le pH, la teneur en oxygène dissous, la nature de gaz, la teneur en O2 et CO2 en sortie. Le niveau de la mousse.

Ce qui nous mène à exiger une attention distinctive afin d'assurer de façon continue l'épuration conforme des effluents. Elle doit s'exercer à plusieurs niveaux :

VI.3.1 Contrôle journalier

- Le teste de flottation et de turbidité.
- Les odeurs.
- Les couleurs des boues.
- Le manque d'oxygène se fait sentir par une odeur désagréable, et une couleur de boue grise.
- Contrôle des pompes à injection d'air.
- Contrôle visuel de la présence de bulles d'air dans mbbbr

- Pour les équipements électromécaniques on doit :
 - ✓ Contrôle du système d'alarme.
 - ✓ Maintenance du compresseur et vérification du filtre.
 - ✓ Contrôle des diffuseurs.
 - ✓ Contrôle des pompes à injection d'air.

VI.3.2 Contrôles périodiques

Le but essentiel de ses contrôles est d'attribuer aux résultats détenus préalablement des solutions fiables et d'apporter au maître de l'ouvrage les conseils nécessaires à une bonne exploitation en proposant toutes les améliorations ou rectifications qui s'imposent.

VI.4 Entretien des ouvrages

VI.4.1 Les prétraitements

Le bon fonctionnement des ouvrages de prétraitement est très important pour le fonctionnement global de la station d'épuration car les mauvais prétraitements cause des problèmes important au niveau des traitements en aval.

VI.4.1.1 Séparateur à tambour [39]

- Vérifier le sens de rotation du tambour = dans le sens des aiguilles d'une montre, marqué par la flèche.
- Faites fonctionner l'équipement pendant env. une (1) heure. Pendant ce temps, observez le fonctionnement. L'opération doit être silencieuse et sans vibration.
- Le fonctionnement des soupapes de lavage sera vérifié et réglé
- branchez l'eau en ouvrant la soupape fermée
- vérifiez la pureté des buses et nettoyez si nécessaire.

VI.4.2 le traitement primaire

VI.4.2.1 Flotteur

Les filtrats ont tendance à créer des dépôts et/ou de la boue sur toute surface libre, un nettoyage régulier de l'équipement assure un fonctionnement stable du processus.

- Vérifier la tension du racle de boues inférieures et les chaînes du convoyeur
- Vérifiez la dilution du processus des produits chimiques, vérifiez le dosage
- Le nettoyage du bassin ne doit être effectué qu'à vide
- Vérifiez la quantité et la pression de l'eau de dispersion.

VI.4.3 le traitement biologique

VI.4.3.1 bioréacteur à lit fluidisé

- Jour contrôlé et intervenir pour tous les équipements fonctionnent convenablement
- Noter les paramètres de fonctionnement (débit et oxygène).

- Mesurer et noter quotidiennement la charge en DBO, DCO, MES entrante
- Mesurez la quantité de biomasse sur les supports
- Vérifiez le fonctionnement de l'équipement mécanique et l'entretien nécessaire : Pompes, Moteurs
- Système d'aération :
 - ✓ Documentez les contre-pressions
 - ✓ Inversez le mélange à l'intérieur des bioréacteurs pour quelques heures

VI.4.4 presse à bande [40]

- Inspectez les roulements.
- Inspectez l'huile dans les moteurs à engrenages et les unités d'entraînement.
- Vérifiez les joints d'arbre.
- Vérifiez les tuyaux de lavage et les bus.
- Vérifier les vannes de régulation.
- Vérifiez les roues dentées.
- Vérifiez les interrupteurs d'arrêt d'urgence.
- Vérifier l'huile dans l'unité d'entraînement des vis sans fin.
- Vérifier le joint d'arbre des vis sans fin.
- Vérifiez les mesures en ligne ; nettoyer, calibrer et entretenir au besoin

VI.5 La sécurité et l'hygiène

Tout ouvrage conduite, pompes, digesteur. Usé dans la station d'épuration peut présenter un danger si certaines précautions, souvent élémentaires, ne sont pas respectées.

VI.5.1 Les risque

- Infection
- Produits dangereux
- Danger mécanique
- Danger électrique
- Gaz

VI.5.2 L'infection

Les effluents sont riches en agents pathogènes très dangereux (typhoïde, hépatite, tétanos, méningite, poliomyélite, parasitoses, leptospirose...)

Comment se protéger :

- Avoir une hygiène régulière des locaux,
- Eviter les contacts directs avec les eaux (en particulier les eaux brutes et boues),
- Prendre soin de la propreté des mains et des vêtements après intervention (risque de propagation de l'infection),
- Se laver les mains avec un savon antibactérien,
- Rincer puis laver les vêtements souillés à part.

VI.5.3 produits dangereux

Certaines unités d'intègrent dans leur traitement des produits dangereux (chlorure ferrique, acide sulfurique, polymère.). Par ailleurs, les réactifs utilisés dans les tests analytiques sont souvent très agressifs.

Comment ce protéger :

- Si possible travailler à proximité d'un point d'eau potable
- Lire les étiquettes d'information et respecter les consignes d'utilisation et de stockage.
- Porter les EPI nécessaires.

VI.5.4 Danger mécanique

- Ranger l'outillage correctement
- Fermer les regards après chaque intervention
- Prévoir des carters de protection autour des équipements en mouvement (dégrilleur courbe, pont racleur.)

Lors d'une intervention sur un équipement électromécanique :

- Consigner électriquement l'équipement (ouverture du sectionneur à fusible)
- Attention aux automatismes.

Prévoir des aménagements pour améliorer la sécurité

- Installer des arrêts d'urgence type « coup de poing » près des équipements Électromécaniques.

VI.5.5 Danger électrique

En règle générale, les moteurs utilisés dans le traitement des eaux usées (PR, STEP.) sont alimentés en 400 V (triphase). Les risques d'électrocution mortelle sont donc accrus.

Comment se protéger :

- Veiller au bon état de tous les éléments électriques (câbles, conducteur, boîte de raccordement.)
- Contrôler l'absence d'humidité dans l'armoire électrique
- Vérifier l'efficacité de la prise de terre.
- Toute intervention dans l'armoire électrique doit être réalisée par du personnel habilité : Tout bricolage est à proscrire.
- Pour plus de sécurité, il est impératif de faire contrôler la conformité des équipements électriques (armoire et moteurs) par un organisme agréé et cette une fois par an.

VI.5.6 Gaz

Les gaz émanant des eaux usées peuvent provoquer des incendies, des explosions ou entraîner l'asphyxie du personnel qui y est exposé.

Comment ce protéger :

- Avant d'intervenir dans un réseau d'assainissement (y compris poste de relèvement), penser à bien ventiler au préalable,
- Avant de descendre, utiliser si possible un détecteur de gaz.

VI.5.7 Danger H₂S

- L'hydrogène sulfuré (H₂S) est un gaz incolore, composant naturel du pétrole, à odeur caractéristique d'œufs pourris. Il se dégage des matières organiques en décomposition ou lors de l'utilisation du soufre et des sulfures dans l'industrie chimique. Étant plus lourd que l'air, il s'accumule dans les parties basses non ventilées... [41]

Avant de pénétrer dans des zones où du sulfure d'hydrogène peut être présent :

- ✓ L'aire doit être testée pour le sulfure d'hydrogène à l'aide d'un équipement de détection de gaz. Un détecteur multigaz peut tester la présence et la concentration de H₂S.
- ✓ Si de H₂S présent, l'espace doit être ventilé en permanence pour éliminer le gaz.

Des précautions contre les incendies et les explosions peuvent être nécessaires. Si le gaz ne peut être éliminé, la personne qui pénètre dans l'espace doit utiliser un équipement de protection individuelle approprié, y compris un appareil respiratoire et un détecteur de gaz.



Figure VI.2 : l'étiquette d'information D'hydrogène sulfuré (H₂S)

Conclusion

Gérer et exploiter une STEP reposent essentiellement sur deux (02) critères que l'exploitant doit impérativement respecter et appliquer rigoureusement :

- 1- L'entretien permanent de l'ensemble des ouvrages de la STEP permet d'exploiter la station dans de très bonnes conditions et contribuer ainsi à ses performances et à l'augmentation de sa durée de vie.
- 2- L'hygiène et la sécurité dans le travail est un paramètre important car il y va de la santé et même de la vie de l'ensemble du personnel de la station.

Chapitre VII

Organisation de chantier
et Estimation du cout de
projet

Chapitre VII : Organisation de chantier et Estimation du cout de projet

Introduction

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre des moyens nécessaires pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter avant d'aller sur le chantier et avant le commencement de la réalisation. Aussi la recherche de la rapidité, la qualité et l'économie dans la réalisation de notre projet.

VII.1 les étapes de réalisation du projet

VII.1.1 : Avant –projet sommaire

Il contient les éléments suivants :

- Le plan de la trace de projet
- Les profils en long de la conduite d'entrée à la STEP
- Le type de sol

VII.1.2 L'avant –projet détaillé

L'avant-projet détaillé a pour but, l'étude détaillée du projet en prenant compte de toutes les anomalies rencontrées dans l'avant-projet sommaire en tenant compte des difficultés qu'on doit trouver pendant la réalisation.

VII.2 Travaux de réparations et installation de chantier

Pour avoir une installation convenable du chantier, on doit se disposer d'un terrain vaste et spacieux pour ménager les différentes aires de stockages de matériaux, des pistes de circulation d'engins, les locaux, les postes fixes de travail. On distingue les installations suivantes dans un chantier.

VII.2.1 Installations destinées aux personnels

Dans tout chantier de génie civil on trouve généralement les mêmes installations destinées aux personnels : les dortoirs, les réfectoires, les vestiaires, les sanitaires, infirmerie et les bureaux en nombre suffisant. La base vie doit au minimum être raccordée en : eau potable, assainissement, électricité, et téléphonie. Les circulations piétonnes doivent être matérialisées, celle-ci doivent permettre durant toute la phase de construction les circulations suivantes :

- Base de vie – zone de travail ;
- Base de vie – lieux de stationnement des véhicules de personnels ;
- Zone de travail – centrale à béton ;
- Zone de travail – lieux de stockage de matériaux ;

- Et l'ensemble de cheminements qui seront réalisées par les ouvriers.

VII.2.2 Installations destinées au stockage des matériaux

Les aires de stockage doivent figurer sur le plan d'installation de chantier en précisant le type de matériel/matériau qui y sera stocké, la surface disponible et les mesures prises pour protéger l'environnement (géotextile, surface bétonnée, ...etc.) Le matériau de construction doit être stocké et protégé des facteurs climatiques et des intempéries. Pour les ciments nous utilisons soit des silos métalliques, soit des baraquements en bois ou en métal, les agrégats stockés peuvent être en plein air, on doit cependant prévoir un croisement entre les différents types existants pour éviter leur mélange et faciliter le dosage du béton. Les aciers sont stockés des baraquements ou des hangars.

VII.2.3 Installations destinées à la réparation des engins

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

VII.3 Moyens des travaux de chantier

VII.3.1 Moyens humains

Concernant les moyens humains (en personnels), l'entreprise devra indiquer une personne responsable du chantier et son intérimaire, avec précision des titres et compétences et spécifier leurs rôles et leurs tâches, cela est applicable aussi pour toute personne intervenant dans le chantier. On trouve le personnel compétent pour la réalisation des études préalables tel que les géotechniciens, hydrologues, topographe, ingénieur béton armé, dessinateur, ...etc.

VII.3.2 Moyens matériels

Pour l'ensemble de matériels l'entrepreneur doit mentionner la marque, le type, puissance, rendement et nombre d'engins affectés au chantier ainsi que leur mode d'intervention suivant le phasage des travaux.

- ✓ **Matériels de terrassement** : Le matériel de terrassement comprend les engins de terrassement pour la réalisation des fouilles, l'extraction, et le transport de matériaux de construction, le bétonnage et la finition. Généralement on fait appel aux engins suivant : bulldozer, chargeur, camion benne, pelle hydraulique, décapeuse, camion-citerne, grue à portique, camion malaxeur et autre si nécessaire.
- ✓ **Matériel de bétonnage** : On utilise le plus souvent des bétonnières pour la fabrication du béton nécessaire pour la construction des ouvrages en béton Le matériel lié au bétonnage doit également comprendre les dispositifs de coffrage et les engins nécessaires à la vibration du béton ainsi qu'à son nettoyage et à son repiquage, en vue du traitement des reprises de bétonnage.

VII.4 Planification

Le rôle de la planification est de permettre de chercher la meilleure façon d'exploitation des moyens humains et matériels en assurant une succession correcte des travaux dans les délais programmés avec le moindre coût possible. C'est une méthode consiste en :

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

VII.5 Devis quantitatif et estimatif

Pour aboutir à une valeur de consommation pouvant être considérée comme représentative, l'établissement du cout d'exploitation se basera sur plusieurs paramètres relevant de l'exploitation à savoir énergie électrique, consommables, maintenance ...etc. de ce fait la maîtrise et la connaissance de ces différents postes est primordiale dans le calcul. Le coût des projets est principalement engendré par :

a-Coût d'investissement

- Coût de génie civil : les ouvrage de la station doit supporter et abriter le poids total des différents équipements ;
- Coût de prise d'eau : c'est le coût de pompage de l'eau ;
- Coût des équipements : ces équipements couvrent :
 - ✓ Equipements électriques ;
 - ✓ Canalisations et vannage ;
- Coût du système de contrôle : Toute station est équipée par un système de contrôle automatique central, dans le but de réduire les coûts de maintenance et le maintien de niveau de prétraitement ainsi que celui des performances affectées par le colmatage, d'autre part de contrôler la vitesse et la température et d'avoir le maximum de souplesse et le minimum de risque de panne.
- Cout du transport des équipements et leurs mises en œuvre ;
- Coût auxiliaire : On trouve celui du système de décharge des déchets chimiques et du séchage des boues.

Vu le manque d'information, on a opté pour une estimation approximative du cout total du projet.

VII.6 Estimation du cout total de la réalisation de la station

Le cout total de la réalisation de la station est la somme des éléments qui le constituent, ainsi on note : Les frais d'investissement englobent les coûts des équipements électromécaniques et des travaux de génie civil. [42]

$$I = E + G \dots\dots\dots (VII.1)$$

E : coûts des équipements

G : coût du génie civil

a. Equipements

- ✓ Séparateur à tambour : 1223694 DA ;
- ✓ Bassin de coagulation et floculation : 1215850 DA ;
- ✓ Bassin de flottation : 1019745 DA ;
- ✓ Filtre presse à bande : 1001063 DA ;
- ✓ Les supports média (en plastique : 25.3 m³) :2322980 DA ;
- ✓ Poste de relevage : 1411955 DA ;
- ✓ Les conduites de raccordement (en acier) et équipements électromécaniques : 4894300 DA ;
- ✓ Le transport et la mise en œuvre : 3458810 DA.

Donc :

$$E = 1223694 + 1215850 + 1019745 + 1001063 + 2322980 + 1411955 + 4894300 + 3458810$$

$$E = 16548397 \text{ DA}$$

b. Génie civil

- ✓ Bâti béton armé : 4800000 DA ;
- ✓ Charpente métallique : 1478444 DA ;
- ✓ Décapage et terrassement du sol : 300000 DA

$$G = 6578444 \text{ DA}$$

Donc on trouve :

$$I = E + G = 16548397 + 6578444$$

$$I = 23126841 \text{ DA}$$

Conclusion

Ce chapitre a résumé les différentes procédures à prendre en charge pour la réalisation de notre projet étudié de l'organisation de chantier pour assurer le bon déroulement de la mise en œuvre. Ainsi, nous sommes arrivés à une estimation approximative du cout du projet d'une somme égale **23126841.73 DA**.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif du traitement des eaux résiduaires est l'obtention d'une eau épurée qui répond aux normes de rejets imposées par la législation et pouvant par suite être évacuée sans danger dans le milieu naturel ou bien être utilisée dans le cadre de mesures nécessaires à une bonne gestion de l'eau (recyclage). Dans cette optique, l'objectif de notre travail est la conception d'une station d'épuration des eaux usées d'une unité de fabrication des produits hygiène. Les eaux usées produites par cette industrie sont de moyennement biodégradabilité, notre choix c'est porté sur une comparaison entre unité de traitement avec bioréacteur à lit mobile et l'autre avec boue activé. Nous avons choisi le procédé de MBBR car il est permet d'avoir un gain d'espace considérable avec un bon traitement des eaux.

Mais aujourd'hui, il ne suffit pas de construire des stations d'épuration mais il faut savoir comment les gérer car une station d'épuration sans une bonne gestion ne peut pas tenir longtemps ; car les performances épuratoires sont obtenues par un bon entretien des ouvrages de la station et un contrôle quotidien des équipements, et des paramètres indiquant la qualité d'eau à épurer. Les stations d'épuration nécessitent un personnel qui doit être toujours présent et percevant pour prendre quotidiennement des observations et assurer le bon déroulement des différentes étapes de traitement ; et en contrepartie le personnel doit être protégé contre n'importe quel danger dont il est tout le temps exposé.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [01] : Mémoire de fin d'étude DJEMMAL Samir : Étude des sources thermominérales de la région de Sétif dans leur contexte structural, (Est Algérien) 2018.
- [02] : A, GAID : Epuration biologique des eaux usées, tome 1 et 2, Alger 1984.
- [03] Jean-Claude BOEGLIN. Technique de l'ingénieur : Pollution industrielle de l'eau, G1210 .V2, 2008.
- [04] : Emilian Koller : Traitement de la pollution industrielle.
- [05] Jean-Claude BOEGLIN, Traitements physico-chimiques de la pollution soluble. Techniques de l'ingénieur, 2008.
- [06] : comite de protection de l'eau, du patrimoine, de l'environnement et de sous-sol et des chiroptères CPEPESC 01/01/2015.
- [07] : La pollution des eaux continentales : Incidence sur les biocénoses aquatiques / Pesson, P. (1976)
- [08] : Albert AMSELEM, Montréal, Le 26 Avril 2013 « étude des effets de la minimalisation des boues sur la méthanisation par digestion anaérobique », mémoire présenté à l'école de technologie supérieure, université du Québec.
- [09] :Asano T, (1998), Wastewater reclamation and reuse, Water quality management library
- [10] : Faby J.A, Brissaud F,(1997), L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation.
- [11] :Baumont S, Camard J P, Lefranc A, Franconi A, (2004), Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, pp 220.
- [12] : Rodier J, (2005), L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition, Dunod, paris.
- [13] : Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.
- [14] : Régis Bourrier, Marc Satin, Béchir Selmi,(2010), « Guide technique de l'assainissement » (collecte-épuration-conception-exploitation),4ème édition.
- [15] : Léonard, A, (2002), Etude du séchage convectif des boues de station d'épuration suivi de la texture par micro-tomographie à rayons x, thèse de doctorat, Faculté des sciences appliquées, université de Liège.
- [16] : Haoua Amadou, soutenue (04/05 /2007), « Modélisation de séchage solaire sous serre des boues de station d'épuration urbains », thèse de doctorat, université Louis Pasteur- Strasbourg I Discipline : Sciences pour l'ingénieur .
- [17] :Silman SY :PapaSidy (2002-2003),Etude de réhabilitation de la station d'épuration de saly portudal ,département de génie civil, diplôme d'ingénieur de conception, universite cheikh anta diop de dakar,Senegal

[18] : G. Kroonen, R. Cahay, A. Cornélias, V. Collignon, B. Leyh et R. Wuytack, *Les acides et les bases en solution aqueuse*, Groupe Transition, Université de Liège, 2000.

[19] Ødegaard, Hallvard (2012). Vann- og Avløpsteknikk. Norsk Vann.

[20]: sit web: EMO france.com

[21] : Faby J.A, Brissaud F,(1997), L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.

[22] : Karima Allaoui (2008-2009) « modélisation hydraulique d'un bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées », mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, université d'Annaba.

[23] : Bongiovanni, J.-M, (1998), Traitement des boues résiduaires par l'association en série d'une déshydratation mécanique et d'un séchage thermique, thèse de doctorat, université de Pau et des Pays de l'Adour.

[24] : Satin M, Selmi B, (2006), Agence de l'eau seine-Normandie, Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités, Nanterre

[25] : www.cum.fr/station/mouvtaf.htm, consulté le (29/01/2016).

[26] :Mazioti, Aikaterini A.; Stasinakis, Athanasios S.; Psoma, Aikaterini K.; Thomaidis, Nikolaos S.; Andersen, Henrik R. (February 2017). "Hybrid Moving Bed Biofilm Reactor for the biodegradation of benzotriazoles and hydroxy-benzothiazole in wastewater" (PDF). *Journal of Hazardous Materials*.323 (Pt. A): 299–310. doi:10.1016/j.jhazmat.2016.06.035. PMID 27396311.

[27] :Frechen F-B, Schier W & Wett M (2006) Pre-treatment of municipal MBR applications in Germany—Current status and treatment efficiency| *Water Practice & Technolog*.

[28] : Alain Truc, Traitements tertiaires de l'effluent industriels.10/10/ 2007.

[29] : GROSCLAUDE, (1999), L'eau : usage et polluant, Tome II .4ème Edition. INRA, Paris.

[30] : Abdelkader GAID, épuration biologique des eaux usées urbaines, tome 1. OPU, 2003.

[31] : Abid et Zohri, Etude comparative entre le traitement physico-chimique, des rejets de textile par un bio flocculant et le traitement au niveau d'une station de pré-traitement au sein d'une unité industrielle de textile, *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 21 N°2 (2018) 165 – 17

[32] :A GRASMICK et ali « Bioréacteurs à membranes et traitement des eaux usées » *Techniques de l'ingénieur Procédés de traitement des eaux potables, industrielles et urbaines* 2007

- [33] :J. Cherveau & N . Ferry « étude et gestion des ressources en eau de la haute vallée de Sègre » étude 2007
- [34] :CANLER Jean-Pierre et PRRET Jean-Marc,2012.
- [35] :<http://uved-ensil.unilim.fr/co/dimensionnement.html>
- [36] :SADOWSKI,méthode de calcul d'une filière de traitement.
- [37] : Julian Tosoni, Compréhension des facteurs de contrôle des performances de la déshydratation mécanique des boues résiduaires en filtre-pressé. Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal- Clairmont II, 2016.
- [38] : dimensionnement mécanique de tuyaux, Rapport du Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton 2017.
- [39]: site web: <http://www.directindustry.fr>.
- [40] : site web : <http://www.flottweg.com>
- [41] pouilleute E. (996) H₂S dans les réseaux d'assainissement .Mém.D.U. (Eau et environnement).
- [42] : Alain Maurel, osmose inverse et ultrafiltration, II technologie et applications, Techniques de l'ingénieur Imprimerie Strasbourgeoise, 1996. Paris

ANNEXE

KCVEF 01141NG-E

Caractéristiques requises

Débit	30 m ³ /h
Hauteur de refoulement	5,42 m
Fluide	Eaux usées
Température	290 K
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle
N.be de pompes	2

Caractéristiques de la pompe

Débit	17,5 m ³ /h
Hauteur de refoulement	6,13 m
Puissance absorbée	0,648 kW
Rendement	45,4%
Hauteur manométrique H(Q=0)	7,74 m
Orif. de refoulement	65 mm
Installation	Installation fixe immergée DN80/PN10
Roue	Vortex
Passage libre	55 mm

Caractéristiques moteur

Fréquence	50 Hz
Tension nominale	400 V
Vitesse nominale	1450 1/min
Nombre de pôles	4
Puissance nominale P2	1,3 kW
Courant nominal	3,9 A
Type de moteur	3~
Classe d'isolation	F
Degré de protection	IP 68

Limites opérationnelles

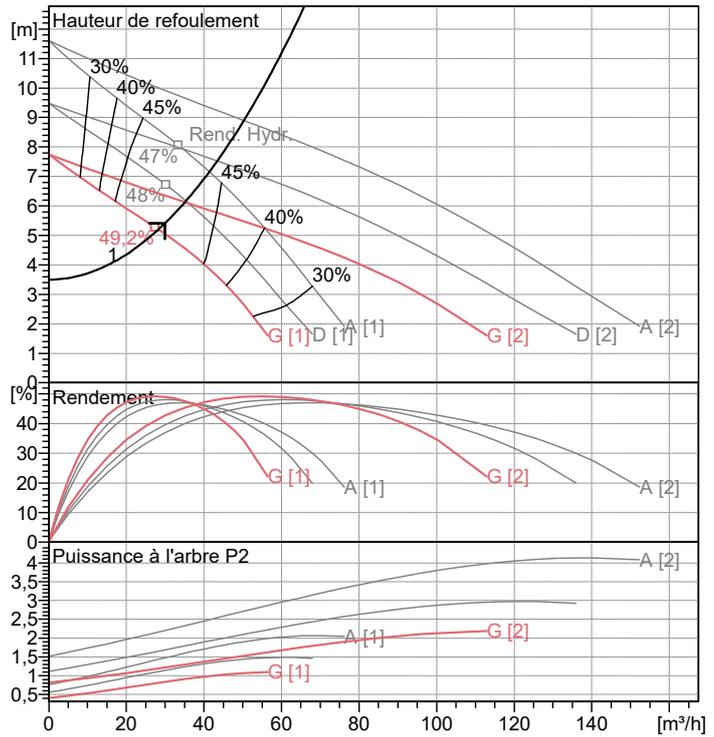
Démarrages / h max.	20
Température maxi. du liquide pompé	313 K
Teneur maximum en matières solides	40 g/m ³
Densité max.	998 kg/m ³
Viscosité maxi.	1 mm ² /s

Caractéristiques générales

Poids	Sur dem. kg
-------	-------------

Matériaux

Corps de pompe	Fonte
Roue	Fonte
Corps d'aspiration	Fonte
Arbre	Acier inox
Garniture méc. côté pompe	Carbure de silicium/Alumine
Enveloppe du moteur	Fonte
Sondes thermiques	Disponible sur demande
Sonde de conductivité	Disponible sur demande
Garniture méc. coté moteur	Graphite/Stéatite
Vis et écrous	Acier inox
Câble d'alimentation	10m



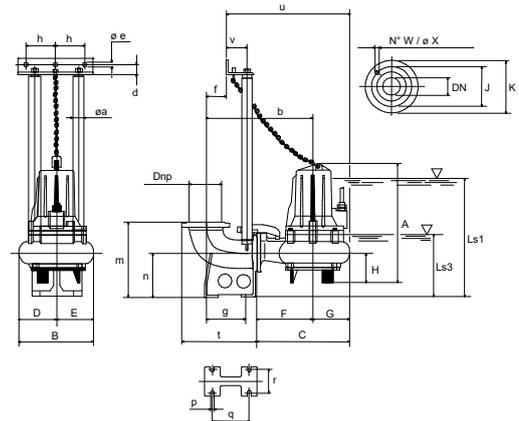
Caractéristiques de fonctionnement

UNI/ISO 2548/C

Q [m ³ /h]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]

Dimensions mm

- A = 485
- B = 296
- b = 445
- C = 373
- D = 148
- d = 35
- DN = PN10
- DNp = PN10
- E = 148
- F = 225
- f = 40
- G = 148
- g = 173
- h = 130
- H = 140
- J = 160
- K = 200
- Ls1 = 425
- Ls3 = 260
- m = 280
- n = 160
- øa" = 2
- øe = 12,5
- øX = 18
- p = 18
- q = 156
- r = 110



Notes:

Date 02/10/2021	Page 1	Offre n°	Pos.N°
--------------------	-----------	----------	--------