



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور بالجلفة

Université ZIANE Achour de Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des sciences de la nature et de la vie

قسم العلوم الفلاحية و البيطرية

Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : EAU ET ENVIRONNEMENT

THÈME :

*Impact des indicateurs de performance sur la gestion de la
Station d'épuration de la ville Djelfa*

Présenté par : SAHARA Mekki & HARICHE Salah

Soutenu publiquement le 11 juillet 2019, devant le jury composé de :

<u>Président :</u>	Mr. BAKHTI Mohamed	MA(A) - Univ Djelfa
<u>Promoteur :</u>	Mr. KAREF Salah	MC(B) - Univ Djelfa
<u>Co-Promoteur :</u>	Mr. AZLAOUI Mohamed	MC(B) - Univ Djelfa
<u>Examineur :</u>	Mme. KHADRI Samira	MC(B) - Univ Djelfa
<u>Examineur :</u>	Mr. REBHI Abdelghani Elmahdaoui	MC(B) - Univ Djelfa

Année Universitaire 2018 – 2019

REMERCIEMENT

*Nous tenons tout d'abord à remercier **Dieu** le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

A l'issue de la rédaction de ce mémoire, nous sommes convaincus que le mémoire est loin d'être un travail solitaire. En effet, nous n'aurons jamais pu le réaliser sans le soutien d'un grand nombre de personnes dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt se sont manifestés à l'égard de notre travail.

Á travers ce modeste travail :

*Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Monsieur le Docteur **KAREF Salah**, nous le remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. S'il est mené à terme, c'est grâce à son aide et soutien.*

*Nous tenons aussi à exprimer notre très vive reconnaissance envers Le Docteur **AZLAOUI Mohamed** pour l'aide qu'il nous a apportée au cours de ce travail. Nous tenons à le remercier pour sa patience et ses qualités de scientifique qui nous ont été d'une grande utilité.*

*C'est un grand honneur d'avoir comme président du jury, Monsieur **BAKHTI Mohamed Zaid**, en lui exprimant toute notre grande reconnaissance pour avoir accepté de valoriser et présider le jury de ce mémoire.*

*Nos profonds remerciements vont également à Madame la Docteure **KHADRI Samira** pour ses encouragements, son aide et pour nous avoir honorée en acceptant de valoriser ce travail. Monsieur le Docteur **REBHI Abdelghani El Mahdaoui** nous fait l'honneur d'accepter de juger ce travail. Nous leur présentons nos vifs remerciements.*

Nos remerciements s'adressent également à tous nos enseignants pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve.

*Nous tenons à remercier également les ingénieurs du laboratoire de la STEP de Djelfa, en particulier Madame **Younsi Amina**, Responsable du Laboratoire et Madame **Chettir Messaouda** Ingénieur de laboratoire pour leurs généreux accueils, aides et assistance.*

*Monsieur **Kacem Abdelhakim**, Coordinateur d'exploitation et maintenance au niveau de la STEP de Djelfa est également à remercier pour son aide et sa disponibilité.*

Enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

DEDICACES

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

À mes très chères sœurs

À mes très chers frères

À mon prof Dr. Karef S, à qui revient l'expression :

« Il ne faut pas avoir peur de la Science »

*À ma chère collègue BenDjeddou Aicha qui m'a vraiment encouragé,
pour son soutien moral et tous ses efforts*

À Mes camarades de la spécialité Hydraulique Promotion 2016/2017

À tous mes amis avec lesquels, je partage tous les souvenirs inoubliables.

*Je dédie ce modeste mémoire,
fruit de longues années d'études*

SAHARA Mekki

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*A mes chers parents pour la
Compréhension, la patience et le soutien
Moral et financier.*

A mes chères frère et sœurs

A ma fiancée

A mes amies et à tous mes camarades

A mes oncles et mes tantes.

A toute la famille HARICHE

*A mon encadreur et tous mes
enseignants.*

HARICHE Salah

Sommaire

Introduction générale	01
-----------------------------	----

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre I : Composition des eaux usées

Introduction	03
I.1. Les matières en suspension (MES).....	03
I.1.1. Les matières volatiles en suspension (MVS).....	03
I.1.2. Les matières minérales (MM)	04
I.2. La demande biologique en oxygène (DBO5)	04
I.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	04
I.4. Les matières azotées.....	04
I.5. Les matières phosphorées.....	06
I.6. Les métaux lourds.....	06
I.7. Les micro-organismes pathogènes	06
I.7.1. Les virus	07
I.7.2. Les bactéries.....	07
I.7.3. Les protozoaires	08
I.7.4. Les helminthes	08
I.7.5. Facteurs de la pathogénicité chez les microorganismes.....	08
I.7.5.1. Physiologie du microorganisme.....	08
I.7.5.2. Physiologie de l'hôte infecté : notion de DMI.....	09
Conclusion	10

Chapitre II: Les filières de traitement des eaux usées

Introduction	11
II.1. Collecte des eaux usées	11
II.2. Généralités sur les filières de traitement	12
II.2.1. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées....	12
II.2.2. Rôle des stations d'épuration.....	13
II.3. Prétraitements	13
II.3.1. Dégrillage	14
II.3.2. Dessablage- Déshuilage	14
II.4. Traitement primaire	14
II.5. Traitement secondaire ou biologique	15
II.5.1. Les procédés biologiques intensifs	15
II.5.1. 1. Les procédés d'épurations biologiques à culture fixe	15
II.5.1. 1.1. Le lit bactérien.....	15
II.5.1. 1.2. Disque biologique	16
II.5.1. 2. Les Procédés d'épurations biologiques à culture libre.....	17
II.5.1. 2.1. Les boues activées	17
II.5.2. Les procédés biologiques extensifs.....	20
II.5.2.1. Les cultures fixées sur support fin.....	20
II.5.2.1.1. L'infiltration-percolation	20
II.5.2.1.2. Les filtres plantés à écoulement vertical.....	21
II.5.2.1.3. Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal.....	22
II.5.2.2. Les cultures libres.....	22
II.5.2.2.1. Le lagunage naturel.....	22

II.5.2.2.2. Le lagunage aéré.....	23
II.6. Le Traitement tertiaire.....	23
II.6.1. L'élimination de l'azote	23
II.6.2. L'élimination du phosphore	24
II.6.3. Elimination et traitement des odeurs	24
II.6.4. La désinfection	25
II.7. Traitement des boues.....	25
II.7.1. Généralités	25
II.7.2. Définition et objectifs	26
II.7.3. Système de traitement des boues.....	27
II.7.3.1. Réduction de la teneur en eau des boues.....	28
II.7.3.2. Traitement de stabilisation.....	29
II.7.3.3. Les traitements d'hygiénisation.....	31
II.7.4. Désignation des différents types de boues.....	32

Deuxième partie : Etude expérimentale

Chapitre III: Description de la station d'épuration de Djelfa

Introduction.....	35
III.1. Présentation de la zone d'étude	35
III.1.1. Situation géographique	35
III.1.2. Situation topographique	35
III.1.3. Situation climatique.....	35
III.1.3.1. Pluviométrie.....	35
III.1.3.2. La température.....	36
III.1.3.3. Les vents.....	36
III.1.4. Situation géologique.....	36
III.1.5. Alimentation de la ville de Djelfa en eau potable.....	36
III.2. Le site de la station d'épuration de Djelfa.....	37
III.3. Base de dimensionnement et caractéristiques de l'eau brute.....	38
III.4. Description du procédé de fonctionnement de la station d'épuration	38
III.4.1. Ligne d'épuration des eaux.....	40
III.4.1.1. Prétraitement mécanique.....	40
III.4.1.1.1. Dégrillage grossier.....	40
III.4.1.1.2. Chenal de comptage d'eau brute	40
III.4.1.1.3. Dégrillage fin automatique.....	41
III.4.1.1.4. Chenal d'échantillonnage d'eau brute	42
III.4.1.1.5. Dessablage déshuilage	42
III.4.1.1.6. Ouvrage de Répartition / Ecrêtage.....	43
III.4.1.2. Première file (File existante).....	44
III.4.1.2.1. Traitement primaire.....	44
III.4.1.2.2. Traitement secondaire.....	45
III.4.1.2.2.1. Bassin d'aération	45
III.4.1.2.2.2. Décantation secondaire	46
III.4.1.2.2.3. Ouvrage de pompage et de recirculation des boues.....	47
III.4.1.2.3. Désinfection et comptage de l'eau épurée.....	47

III.4.1.2.3.1. Canal de comptage et d'échantillonnage.....	47
III.4.1.2.3.2. Bassin de chloration.....	47
III.4.1.3. Deuxième file (Nouvelle file)	48
III.4.1.3.1. Traitement primaire.....	48
III.4.1.3.2. Traitement secondaire.....	49
III.4.1.3.2.1. Bassin d'aération	49
III.4.1.3.2.2 Décantation secondaire	50
III.4.1.3.2.3. Ouvrage de pompage et de recirculation des boues.....	50
III.4.1.3.3. Désinfection et comptage de l'eau épurée.....	51
III.4.1.3.3.1 Canal de comptage et d'échantillonnage.....	51
III.4.1.3.3.2. Bassin de chloration.....	51
III.4.1.3.3.3. Station de chloration	51
III.4.2 Ligne de traitement des boues.....	51
III.4.2.1. Epaissement des boues.....	52
III.4.2.2. Stabilisation de boue.....	52
III.4.2.3. Déshydratation.....	53
III.4.2.3.1. Préparation du Polymère.....	54
III.4.2.3.2. Évacuation et stockage des boues déshydratées	54
III.4.3. Bâtiment d'exploitation	55
Conclusion	55

Chapitre IV : Méthodes et moyens d'analyse

Introduction	56
IV.1. Mesure des débits	56
IV.2. Echantillonnage	56
IV.3. Détermination des matières en suspension MES	57
IV.4. Mesure de La demande chimique en oxygène (DCO)	58
IV.5. Mesure de la Demande biochimique en Oxygène (DBO ₅)	60
IV.6. Mesure de l'ammonium NH ₄ ⁺	61
IV.7. Dosage des Nitrates NO ₃ ⁻	62
IV.8. Dosage des orthophosphates PO ₄ ³⁻	62
IV.9. L'azote NTK.....	64

Chapitre V : Etude des indicateurs de performance

Introduction	67
V.1. Evolution de la charge hydraulique	67
V.2. Evolution de la charge polluante	69
V.2.1. Suivi du traitement de l'azote	69
V.2.2. Suivi du traitement du phosphore	70
V.2.3. Equilibre nutritionnel.....	71
V.2.4. Suivi du traitement des charges organiques.....	71
V.2.5. Les ratios.....	72
V.3. Energie électrique consommée.....	74

Conclusion générale et perspectives..... 75

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES



Liste des figures

Figure II.1	: Le réseau unitaire	11
Figure II.2	: Le réseau séparatif.....	11
Figure II.3	: Système pseudo-séparatif.....	12
Figure II.4	: étapes d'une filière de traitement des eaux usées.....	13
Figure II.5	: Lit bactérien.....	16
Figure II.6	: Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques.....	17
Figure II.7	: Traitement secondaire (biologique)	18
Figure II.8	: Infiltration-percolation étanchée et drainée.....	21
Figure II.9	: Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical.....	21
Figure II.10	: Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal.....	22
Figure II.11	: Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel.....	23
Figure II.12	: Principales filières de traitement des boues.....	27
Figure III.1	: Station d'épuration de la ville de Djelfa.....	37
Figure III.2	: Schéma général représentatif de la STEP de Djelfa.....	39
Figure III.3	: Dégrilleur grossier automatique.....	40
Figure III.4	: Débitmètre électromagnétique.....	41
Figure III.5	: Dégrillage fin automatique.....	41
Figure III.6	: Préleveur d'échantillons automatique.....	42
Figure III.7	: Dessaleur/Déshuileur.....	43
Figure III.8	: Répartiteur	43
Figure III.9	: Décanteur primaire file existant.....	44
Figure III.10	: Bassin d'aération file existant.....	45
Figure III.11	: Décanteur secondaire (clarificateur) file existante.....	46
Figure III.12	: Station de chloration file existante.....	48
Figure III.13	: Décanteur primaire nouvelle file.....	48
Figure III.14	: Bassin d'aération nouvelle file.....	49
Figure III.15	: Décanteur secondaire nouvelle file.....	50
Figure III.16	: Station de chloration nouvelle file.....	51
Figure III.17	: Epaisseur des boues.....	52
Figure III.18	: Tables et presses à bandes.....	53
Figure III.19	: Bâtiment d'exploitation.....	55
Figure IV.1	: Débitmètre électromagnétique.....	56
Figure IV.2	: Préleveur d'échantillon.....	57
Figure IV.3	: Etuve	58
Figure IV.4	: Papier filtre.....	58
Figure IV.5	: Réacteur DCO mètre	59
Figure IV.6	: Spectrophotomètre DR3900.....	59
Figure IV.7	: DBO mètre	61
Figure IV.8	: Flaçon à DBO.....	61
Figure V.1	: Rapport du débit par rapport à la capacité nominale -2016.....	67
Figure V.2	: Variations du débit et des % de dépassement des MES par rapport à la capacité nominale.....	70
Figure VII.5	: Variations des rapports EE/DBO ₅ éliminée et EE/DCO éliminée.....	73



Liste des tableaux

Tableau I.1	: Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes.....	09
Tableau I.2	: DMI moyennes des agents pathogènes présents dans les eaux usées.....	09
Tableau II.1	: Influence de la charge massique sur les paramètres d'exploitation.....	19
Tableau II.2	: Les opérations de traitement des boues et leurs objectifs.....	27
Tableau II.3	: Tableau récapitulatif des étapes de traitement des boues techniques, avantages inconvenients, siccité obtenues et types de station adaptés.....	34
Tableau III.1	: Pluviométrie moyenne mensuelle 2016.....	36
Tableau III.2	: Besoin en eau domestique et équipements.....	36
Tableau III.3	: Base de dimensionnement et caractéristiques de l'eau à traiter.....	38
Tableau III.4	: Dimension du bassin dessableur/déshuileur.....	42
Tableau III.5	: Dimension de décanteur primaire file existant.....	44
Tableau III.6	: Dimension de bassin d'aération file existant... ..	46
Tableau III.7	: Dimensions de décanteur secondaire file existante.....	46
Tableau III.8	: Paramètres entrée clarificateur file existante.....	46
Tableau III.9	: Dimension du bassin de chloration.....	47
Tableau III.10	: Dimension de décanteur primaire nouvelle file.....	49
Tableau III.11	: Dimension de bassin d'aération nouvelle file	49
Tableau III.12	: Dimensions de décanteur secondaire nouvelle file.....	50
Tableau III.13	: Dimension du bassin de chloration.....	51
Tableau III.14	: Dimension de l'épaississeur des boues	52
Tableau III.15	: Dimension de stabilisateur de boue.....	52
Tableau III.16	: Paramètre fonctionnement Tables et Presses a bandes.....	54
Tableau III.17	: Paramètre préparation du polymère.	54
Tableau V.1	: Débits max enregistrés.....	66
Tableau V.2	: Calcul et évolution du taux de dilution.....	68
Tableau V.3	: Résultats de l'azote de l'entrée à la sortie de la STEP.....	69
Tableau V.4	: Résultats de Phosphore de l'entrée à la sortie de la STEP.....	69
Tableau V.5	: Résultats des MES, DCO et DBO ₅ des eaux usées brutes et épurées (2016).....	70
Tableau V.6	: Relation entre les paramètres de pollution	71



Liste des abréviations

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques.

DRE : Direction des Ressources en Eau

CE : Conductivité Electrique.

Cm : charge massique.

Cv : charge volumique.

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DMI : Dose Minimale Infectieuse.

EH : Equivalant Habitant.

IM : Indice de MOHLMAN.

MES : Matières En Suspension.

MM : Matières Minérales.

MS : Matières Sèche.

MVS : Matières Volatiles en Suspension.

NTK : Azote Total Kjaldal.

OMS : Organisation Mondial de la Santé.

ONA : Office National d'Assainissement.

pH : potentiel d'Hydrogène.

STEP : station d'épuration.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'assainissement est une démarche visant à améliorer la situation sanitaire globale de l'environnement dans ses différents composants. Il comprend la collecte, le traitement et l'évacuation des déchets liquides, des déchets solides et des excréments.

En dépit de l'ampleur des retombées générées par les eaux usées sur la dégradation du milieu environnemental, sur la pénurie d'eau et par voie de conséquence sur la santé publique, en Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration (Hartani, T, 2004). En effet, seules 22.8 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées, contre une couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85%, (Medkour M, 2003), D'après un rapport publié par l'Office national d'Assainissement (ONA) en 2019, l'Algérie compte 153 stations d'épuration qui produisent un volume de 21 millions de mètres cubes par mois d'eaux usées épurée (ONA-dz.org). Toutefois ce volume reste très réduit par rapport aux grandes quantités d'eaux usées produites et qui sont toujours déversées dans les différents milieux naturels (Dafri A, 2008).

Par le passé, la politique de l'eau en Algérie n'a pas accordé beaucoup d'intérêt à la gestion des réseaux d'assainissement par rapport à celle de l'eau potable malgré l'importance de ce secteur. Actuellement, l'Algérie s'est tournée vers ce secteur pour rattraper ce flagrant retard.

Depuis les années 80, l'Algérie a engagé un vaste programme de réalisation, de stations d'épuration. Cependant, une grande partie de ces stations fonctionne avec des rendements épuratoires souvent faibles si elles ne sont pas déjà à l'arrêt.

Les problèmes d'assainissement demeurent une préoccupation majeure et nécessitent une prise en charge conséquente par des mesures appropriées dans une optique de sauvegarde et de respect de l'environnement (Kettab A et al, 2008). Cet état de fait nous oblige à donner de l'importance et améliorer les performances en localisant les défaillances dans le système d'assainissement par la recherche des indicateurs de performance, qui peuvent également être mobilisées pour analyser la viabilité du service d'assainissement. La mise en place de ces indicateurs de performances constitue donc un outil d'aide à la gestion améliorée des stations d'épuration et des systèmes de collecte des eaux (Karef S et al, 2017).

Selon Cherrared et al, (2010), la gestion des systèmes d'assainissement doit faire face à plusieurs réalités telles que la dégradation physique des infrastructures, pour cause de vieillissement ou de défaut de maintenance et la pollution des milieux naturels par les rejets directs ou indirects provenant de l'assainissement urbain qui commence à devenir très inquiétant.

Dans ce contexte de maîtrise du système d'assainissement, nous avons cherché à obtenir et à valoriser le maximum de données disponibles concernant l'hydraulique et le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de pollution. Les résultats doivent permettre de détecter les insuffisances et de proposer des solutions techniques pour une meilleure gestion et amélioration des performances en localisant les défaillances dans le système d'assainissement de la ville de Djelfa, par la recherche des indicateurs de performance.

Pour ce faire, le présent travail comporte deux parties; la première est une synthèse bibliographique constituée de deux chapitres, relatifs à la composition des eaux usées ainsi que les différentes filières de traitement des eaux usées. Une deuxième axée autour d'une étude expérimentale structurée en trois chapitres, présentant la station d'épuration (STEP) de Djelfa, les méthodes et les moyens d'analyses effectuées, ensuite les résultats et les interprétations.

Enfin, une conclusion dans la quelle seront exposés les principaux résultats de ce travail et les recommandations y afférentes.

PREMIERE PARTIE :

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I :

COMPOSITION DES EAUX USEES

INTRODUCTION

Une eau usée est une eau polluée chargée de substances minérales et organiques, issues de l'activité humaine provoquant, sous une concentration anormale, une dégradation de la qualité de l'eau naturelle du milieu récepteur.

On distingue trois grandes catégories d'eaux usées :

- les eaux usées domestiques : Eaux vannes (WC) et les eaux sanitaires et ménagères,
- les eaux industrielles : Eaux de process, eaux de refroidissement,...
- les eaux pluviales : Provenant du ruissellement des eaux de pluie.

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes :

- les matières en suspension,
- les micro-organismes,
- les éléments traces minéraux ou les éléments organiques,
- les substances nutritives.(Baumont et al. 2004).

I.1. Les matières en suspension (MES) :

Selon REJSEK (2002), la pollution particulaire est due à la présence de particules de grande taille, supérieure à $10\mu\text{m}$, en suspension dans l'eau, et que l'on peut assimiler aux matières en suspension (MES). En fait, les matières en suspension ne sont des particules solides véritablement en suspension que dans des conditions moyenne d'écoulement des effluents correspondant à une vitesse minimale de 0,5 m/s. En fonction de la taille des particules, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieur à $100\mu\text{m}$) et les matières en suspension. On peut également prendre en compte une partie des matières colloïdales, de dimension inférieure, qui constituent la limite entre la phase solide et la phase dissoute (entre 1 et $10^{-2}\mu\text{m}$)

I.1.1. Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation, séchées à 105°C , puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (g/l). Elles sont ensuite chauffées à $500-600^{\circ}\text{C}$, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l). (Rodert T, 1981).

I.1.2. Les matières minérales (MM) :

Elles représentent la différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS) et correspondent à la présence de sel, et de silice.

I.2. La demande biologique en oxygène (DBO₅) :

Pratiquement, la demande biochimique en oxygène devrait permettre d'apprécier la charge du milieu considéré en substances putrescibles, son pouvoir auto-épurateur et d'en déduire la charge maximale acceptable, principalement au niveau des traitements primaires des stations d'épuration. (RODIER, 2005).

Selon REJSEK (2002), la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon est la quantité d'oxygène consommé par les microorganismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques. La détermination de la Demande Biochimique en Oxygène est une façon indirecte d'évaluer la quantité de matières biodégradables essentiellement organiques contenues dans l'eau.

L'effet principal des matières biodégradables sur le milieu récepteur est l'appauvrissement en oxygène dissous de ce milieu qui résulte de leur dégradation (OIE, 2007).

I.3. La demande chimique en oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables dans des conditions opératoires définies. En fait la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau quelque soit leur origines organique ou minérale.

La DCO étant fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives, des possibilités de l'oxydation. (RODIER, 2005). Elle représente la concentration, exprimée en mg.l⁻¹, d'oxygène équivalente à la quantité de dichromates consommée par les matières dissoutes et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans des conditions définies par la norme. (REJSE K, 2002).

I.4. Les matières azotées :

L'azote peut se présenter dans les eaux aussi bien sous forme minérale qu'organique. En général, s'agissant des eaux naturelles, ce sont les formes minérales qui sont de loin les plus importantes.

Un certain nombre de termes doivent être précisés :

➤ Azote total :

L'azote total comprend l'ensemble des formes azotées, aussi bien minérales qu'organiques.

➤ Azote KJELDAHL

L'azote KJELDAHL correspond à celui qui se trouve sous la forme de composés azotés organiques et d'ammonium. Il ne comprend donc pas des composés oxydés de l'azote tels les nitrates et nitrites, ni certaines autres formes, oximes, hydrazine, hétérocycles.

L'expression « azote KJELDAHL » trouve son origine dans le nom de celui qui a mis au point la méthode universelle utilisée pour doser les fractions azotées concernées.

➤ Azote minéral

L'azote minéral est constitué par l'ammoniaque (N- NH_4^+), les nitrites (N- NO_2^-), les nitrates (N NO_3^-).

➤ Azote organique

L'azote organique est essentiellement formé par des protéines, des polypeptides, de l'urée, des acides aminés.

➤ Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal représente l'azote sous la forme NH_4^+ .

Compte tenu des définitions ci dessus, il existe les relations suivantes entre les différentes fractions azotées :

$$\text{N-total} = \text{N-organique} + \text{N-minéral} \quad (1)$$

$$\text{N-KJELDAHL} = \text{N-organique} + \text{N-NH}_4^+ \quad (2)$$

$$\text{N-minéral} = \text{N- NH}_4^+ + \text{N-NO}_2^- + \text{N NO}_3^- \quad (3)$$

La relation (2) permet ainsi de déterminer l'azote organique à partir de la mesure de l'azote KJELDAHL et de l'azote ammoniacal.

On a en effet :

$$\text{N-organique} = \text{N-KJELDAHL} - \text{N-NH}_4^+ \quad (4) \quad (\text{Cheick T, 2007})$$

L'élimination complète de l'azote est possible par sa transformation en azote gazeux (N-gaz) qui se dégage alors dans l'atmosphère. Cette transformation s'effectue en plusieurs étapes, dans des conditions très différentes :

L'azote organique se transforme en azote ammoniacal avec ou sans oxygène dissous, en station ou dans les réseaux d'assainissement : **l'ammonification**.

La transformation de l'azote ammoniacal en nitrite puis en nitrate s'effectue en présence d'oxygène sous l'action de bactéries nitrifiantes (autotrophe).

Cette transformation est appelée : **la nitrification**.

La transformation des nitrates en azote gazeux est réalisée en absence d'oxygène dissous sous l'action des bactéries dénitrifiantes (hétérotrophes) : C'est **la dénitrification**. (OIE, 2007).

La présence d'azote organique ou ammoniacal se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et par une entrave à la vie des poissons. (GAÏD .A ,1993).

L'azote ammoniacal est toxique pour les poissons, à dose très faible (moins de 5 mg/l pour certaines espèces). Sa transformation par les bactéries nitrifiantes présentes dans les cours d'eau consomme l'oxygène des rivières, au détriment des autres formes de vie. En effet l'oxydation biologique d'un kilo d'ammonium utilise cinq à six fois plus d'oxygène que la dégradation d'un kilo de matière organique exprimée en DBO₅. (Pascale H, 2002).

I.5. Les matières phosphorées :

Le phosphore P est un élément indispensable pour les organismes vivants, il entre dans la constitution des cellules, des enzymes, des os et joue un rôle important dans les mécanismes énergétiques ; il est utilisé comme engrais pour favoriser la croissance des plantes. (Jean .L.L, 1993).

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes, en particulier :

- le phosphore organique noté P-orga,
- les orthophosphates notés PO₄.

L'ensemble des formes phosphorées représente le Phosphore Total noté P_T. Dans l'eau usée urbaine, le phosphore total provient pour moitié des rejets humains et pour moitié des phosphates contenus dans les lessives. Les concentrations sont de l'ordre de 15 à 25 mg/l.

Au cours du traitement, la quasi totalité du phosphore est transformée en orthophosphate, que l'on devra éliminer par traitement spécifique de DEPHOSPHATATION si la protection du milieu naturel l'exige (OIE, 2007). Élément indispensable à la vie des algues, la présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation du cours d'eau ou du lac, c'est-à-dire que celui-ci peut se voir envahi par un développement excessif de la population algale (GAÏD .A ,1993).

I.6. Les métaux lourds :

Sont essentiellement le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le plomb l'argent (Ag), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le zinc (Zn). Ces éléments, bien qu'ils puissent avoir une origine naturelle (roches du sous-sol, minerais), proviennent essentiellement de la contamination des eaux par des rejets d'activités industrielles diverses. Ils ont la particularité de s'accumuler dans les organismes vivants ainsi que dans la chaîne trophique (Keck et al, 2000).

I.7. Les micro-organismes pathogènes :

Les micro-organismes jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration, aussi bien en station que dans le sol. Il en existe une très grande variété mais seul une infime partie est

pathogène. On les classe parmi les virus, les bactéries, les protozoaires, les champignons et les helminthes. La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité duquel elle provient : les eaux provenant d'abattoirs ou de toutes industries traitant de produits d'animaux sont plus largement contaminées. Utilisés uniquement par les grosses stations d'épuration, les procédés d'hygiénisation (traitement thermique et chaulage des boues) permettent d'éliminer totalement tous les germes pathogènes connus (Karef S et al, 2017).

Parallèlement, les phytopathogènes présents naturellement et les pathogènes apportés par les déjections des animaux sont aussi une source de micro-organismes pathogènes dans les sols. Selon des études scientifiques, les pathogènes des sols ne pénètrent pas dans les végétaux et ont une population qui décroît rapidement dans les sols. (TEDJANI K, 2017).

I.7.1. Les virus :

Les virus sont des parasites intracellulaires de très petite taille (10 à 350 nm) qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule *hôte*. Leur concentration dans les eaux usées urbaines est comprise entre 10^3 et 10^4 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.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination intramusculaire contre la poliomyélite par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. Le mode d'infection est, dans la majorité des cas, l'ingestion mais il peut également exister des cas d'inhalation.

Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries et que leurs faibles dimensions soient à l'origine de leurs possibilités de dissémination. (Karef S ,2012)

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 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. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les retrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A (Asano, 1998).

I.7.2. 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 de bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries/g (Asano, 1998).

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10^6 à 10^7 bactéries/100 ml dont 10^5 proteus et entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridiums. Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonellas dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants (Faby, 1997).

I.7.3. 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, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte. 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 (Baumont et al, 2004). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia* (Asano, 1998).

I.7.4. 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 10^3 œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata* (CSHPF, 1995).

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. (Faby, 1997).

Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées (Baumont et al, 2004).

I.7.5. Facteurs de la pathogénicité chez les microorganismes :

Les microorganismes présents dans l'environnement ou dans l'eau ne vont pas déclencher systématiquement une maladie s'ils sont absorbés. La pathogénicité dépend de plusieurs facteurs qui peuvent être regroupés sous deux catégories : la physiologie du microorganisme et celle de l'hôte infecté (Catherine B, 2009).

I.7.5.1. Physiologie du microorganisme :

La latence est la durée nécessaire pour qu'un pathogène devienne infectieux. Elle diffère selon les microorganismes. Ainsi, elle est faible (de nulle à 48 h) pour la majorité des virus, des bactéries et des protozoaires qui sont immédiatement infectieux dès qu'ils pénètrent dans l'hôte. En revanche, elle peut atteindre plusieurs semaines pour les helminthes en raison

de la nécessaire maturité des œufs ou de leur passage imposé dans un hôte intermédiaire non humain (Catherine B, 2009).

Par ailleurs, dans des conditions favorables (pH, température, ensoleillement, ...) et suivant la nature du microorganisme (tableau I.1), les pathogènes peuvent survivre plusieurs semaines, voire plusieurs mois sur le sol, sur les plantes ou dans l'eau, ce qui présente un risque pour la santé publique non négligeable (OMS, 1989).

Tableau I.1 : Caractéristiques épidémiologiques de quelques agents pathogènes

Agents	Quantité excrétée par g de fèces	Latence	Survie	Dose infectante DI 50 ⁸ (unité)
VIRUS				
Entérovirus	10 ⁷	qq heures	3 mois	< 100
Hépatite A	10 ⁶ ?	0	?	?
Rotavirus	10 ⁶ ?	0	?	?
BACTERIES				
Coliformes	10 ⁸	0	3 mois	+ /- 10 ⁹
Salmonella typhi	10 ⁸	0	2 mois	10 ⁷
Autres Salmonelles	10 ⁸	0	2-3 mois	10 ⁶
Shigella	10 ⁷	0	1 mois	10 ⁴
PARASITES				
Amibe dysent	10 ⁷	0	25 jours	10 à 100
Giardia lamblia	10 ⁵	0	25 jours	10 à 100
Ascaris	10 ⁴	qq jours	> 1 an	quelques unités
Taenia	10 ⁴	qq jours	9 mois	1

Source : Catherine B, 2009

I.7.5.2. Physiologie de l'hôte infecté : notion de Dose Minimale Infectieuse DMI :

La DMI correspond à la quantité de pathogènes qui doit être absorbée pour que des symptômes de la maladie se manifestent chez quelques sujets au moins. Les DMI sont très variables selon le type biologique de l'agent (tableau I.2).

Tableau I.2 : DMI moyennes des agents pathogènes présents dans les eaux usées

Microorganisme	Dose Minimale Infectieuse (unité)
Bactéries	10 ² – 10 ⁶
Virus	10 ²
Protozoaires	10 ¹ – 10 ²
Helminthes	1 – 10 ¹

Source : Catherine B, 2009

La DMI est différente aussi en fonction des individus et de leur réaction physiologique face à la contamination. La réponse de l'hôte est extrêmement variable, elle dépend des caractéristiques des individus exposés aux pathogènes, comme l'âge, le sexe, voire l'activité : c'est la variabilité interindividuelle. Enfin, il peut y avoir une contamination entre individus.

La contamination peut avoir lieu à cause d'individus malades, mais les pathogènes peuvent également être transportés par des porteurs sains, c'est-à-dire, des sujets infectés mais non malades, qui excrètent l'agent pathogène autour d'eux sans que des signes d'alerte en permettent le diagnostic (Catherine B, 2009).

Conclusion :

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, et agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant le rejet dans les milieux naturels récepteurs. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ces polluants sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels. La dépollution des eaux usées urbaines nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs. Le traitement des eaux usées est une alternative susceptible de résoudre les différents problèmes de pollution des milieux aquatiques récepteurs.

CHAPITRE II :

LES FILIERES DE TRAITEMENT DES

EAUX USEES

INTRODUCTION :

A travers ce chapitre nous allons présenter les techniques d'épuration des eaux usées qui constituent un effluent très chargé en matières polluantes, nuisibles aussi bien au milieu récepteur qu'aux utilisateurs.

II.1. Collecte des eaux usées :

Lorsqu'elles sont rejetées par des habitations groupées au sein d'une agglomération, les eaux usées sont prises en charge par un assainissement collectif, équipement indispensable à la salubrité publique en zone urbaine.

Il comprend un dispositif de collecte et d'évacuation des eaux résiduelles, le réseau d'égouts, qui aboutit au dispositif de traitement, la station d'épuration.

Aux eaux usées domestiques s'ajoutent les eaux collectives rejetées par les hôpitaux, commerces... Des industries peuvent également être raccordées au réseau d'égouts si la capacité de la station d'épuration le permet et si la nature des eaux usées est compatible avec le traitement (Bessedik M ,2015).

Il existe trois grands types de réseaux d'assainissement :

- a- Le réseau unitaire : qui reçoit et évacue, en mélange, les eaux usées et les eaux pluviales. C'est celui qui équipe la plupart des centres villes et qui représente la partie la plus fragile du système (Bessedik M ,2015).



Figure II.1 : Le réseau unitaire (Bessedik M ,2015)

- b- Le réseau séparatif : qui est composé de deux collecteurs séparés, (un pour les eaux pluviales, un pour les eaux usées) (Bessedik M ,2015).



Figure II.2 : Le réseau séparatif (Bessedik M ,2015)

- c- Système pseudo-séparatif : Les eaux météoriques y sont divisées en deux parties :
- D'une part, les eaux provenant des surfaces de voiries qui s'écoulent par des ouvrages conçus à cet effet : caniveaux, fossés, etc...
 - D'autre part, les eaux des toitures, cours, jardins qui déversent dans le réseau d'assainissement à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques.
- (Bessedik M ,2015).

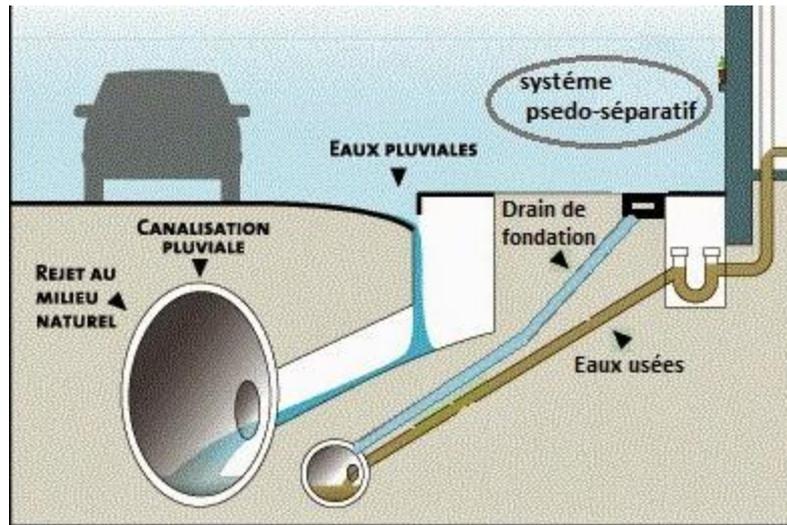


Figure II.3 : Système pseudo-séparatif (Bessedik M ,2015)

II.2. Généralités sur les filières de traitement :

Selon Saggai M M (2004), en assainissement, l'épuration constitue le processus visant à rendre aux eaux résiduaires rejetées la qualité répondant aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter une pollution de l'environnement et non de produire de l'eau potable.

II.2.1. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement des eaux Usées :

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des exigences du milieu récepteur.
- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matières en suspension...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (coût de réalisation et d'exploitation).
- Des facilités d'exploitations, de gestion et d'entretien. (Bekkouche M et al. 2004).

II.2.2. Rôle des stations d'épuration :

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger l'environnement.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement (Banzaoui N et al. 2009).

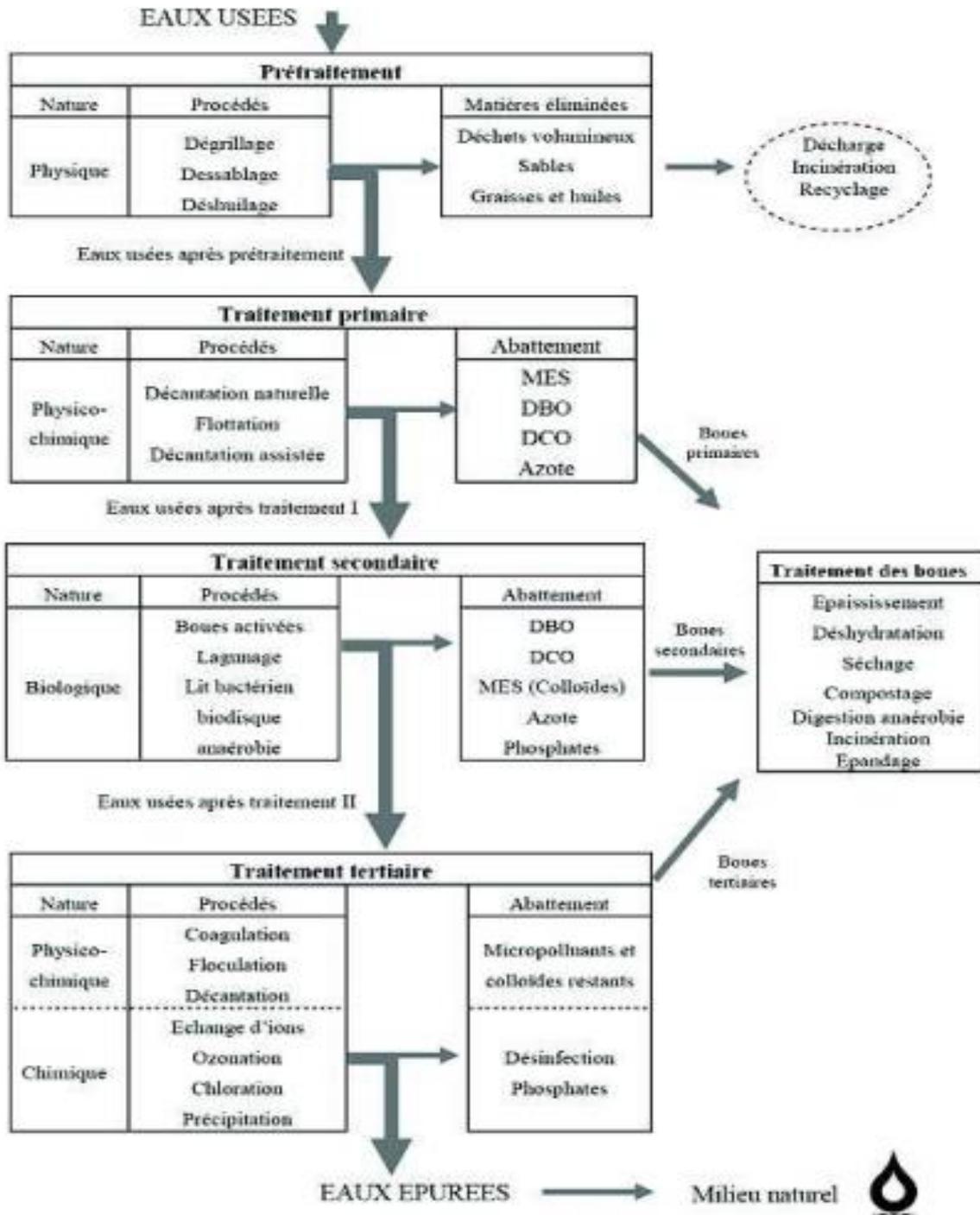


Figure II.4 : étapes d'une filière de traitement des eaux usées (Bassompre C, 2007)

II.3. Prétraitement :

Les effluents doivent subir avant le traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations à caractère physique ou mécanique. Le but est dans ce cas d'extraire et d'éliminer de l'eau les éléments solides en suspension ou en flottation et qui pourraient constituer une gêne pour les traitements ultérieurs (Libes Y, 2010).

II.3.1. Dégrillage :

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses. Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent les éléments grossiers. Après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels. (Tekfi K, 2006).

Parmi l'espacement des barreaux en distingue :

- Un pré dégrillage : espacement 30 à 100mm
- Un dégrillage moyen : espacement 10 à 25mm
- Un dégrillage fin : espacement 3 à 10mm

II.3.2. Dessablage- Déshuilage :

- **Dessablage** : c'est un procédé qui consiste à l'élimination des sables présents dans l'effluent brute et indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage (GAÏD A, 1984).
- **Déshuilage - dégraissage** : Les huiles et les graisses en principe flottent car leurs densités sont inférieures à celle de l'eau. On utilise souvent une aération sous forme de bulles d'air qui augmentent la vitesse de montée des particules grasses dont la récupération s'effectue dans une zone de tranquillisation.

Les déshuileurs sont en général dimensionnés pour des vitesses ascensionnelles voisines de 15 m/h, et il en existe de différents types : des déshuileurs indépendants installés après un dessableur ou des ouvrages combinés dessableur- déshuileur (Adler E, 2005).

II.4. Traitement primaire :

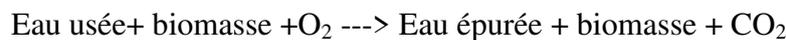
Lorsqu'il est nécessaire, le traitement primaire permet d'éliminer les matières particulaires (essentiellement les MES) par des procédés physiques ou physico-chimiques. Parmi les technologies habituellement rencontrées à ce stade de l'épuration, on trouve le décanteur primaire pour les procédés physiques et la coagulation-floculation-décantation primaire en tant que procédé physico-chimique (Catherine B., 2009). La décantation primaire est chargée d'éliminer la fraction la plus grossière des matières décantables des eaux usées .40

à 60 % des matières en suspension sont ainsi éliminés et, avec elles, de 25 à 40% des matières organiques. Des traitements de coagulation et de floculation permettent, grâce à l'addition des réactifs chimiques, de séparer les fines particules en suspension et une partie de la fraction colloïdale. Ces procédés permettent d'obtenir des abattements de 50 à plus de 90 % des MES. La charge polluante organique est réduite dans des proportions bien supérieures à ce que procure une simple décantation primaire (Faby, 1997).

II.5. Traitement secondaire (biologique) :

Selon Bessedik M (2015), l'objectif principal de l'épuration biologique est d'éliminer le plus possible les polluants biodégradables et non décantables contenus dans l'eau usée.

La technique utilise l'activité des bactéries présentes dans l'eau, elle consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne active en présence d'oxygène.



La masse bactérienne va se nourrir de la matière organique (qui contient de l'hydrogène H, du carbone C, de l'azote N, de l'oxygène O et du phosphore P) et la consommer pour :

- En extraire l'énergie et les éléments nécessaires à leur développement (anabolisme).
- Synthétiser de nouvelles cellules vivantes (catabolisme).

II.5.1. les procédés biologiques intensifs :

L'épuration biologique peut être effectuée de deux façons, soit par des procédés d'épurations biologiques à culture libre, ou à culture fixe.

II.5.1.1. Les procédés d'épurations biologiques à culture fixe :

Dans ce cas, la culture bactérienne "cultures fixées" appelée aussi "biofilm", "film biologique" ou "biomasse") se présente fixée sur un support. Les systèmes à biomasse fixée possèdent un potentiel épuratoire bien plus important que ceux en biomasse libre. Cela est dû au fait que la sélection des espèces et leur concentration dans le réacteur biologique se fait naturellement par accrochage sur le matériau au support. Ce processus permet de sélectionner une biomasse active accrochée en quantité plus importante que celle développée en boues activées, pour un même volume de réacteur (Bessedik M, 2015).

Parmi ces procédés, on trouve :

II.5.1.1.1 Le lit bactérien :

Ce procédé a été le premier système biologique développé dès la fin du 19^e siècle en Grande Bretagne (Canler J P, 2013).

Il est le plus souvent utilisé pour les eaux très chargées provenant d'industries agroalimentaires. Ce sont des réacteurs biologiques à cultures fixes non immergées

(Abdelghani N, 2010). Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler par gravité les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs, de surface spécifique comprise entre 50 et 200 m²/g. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Ce film comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux (Brodart E et al, 1989 ; M.D.E, 1994 ; Edeline F, 1988).

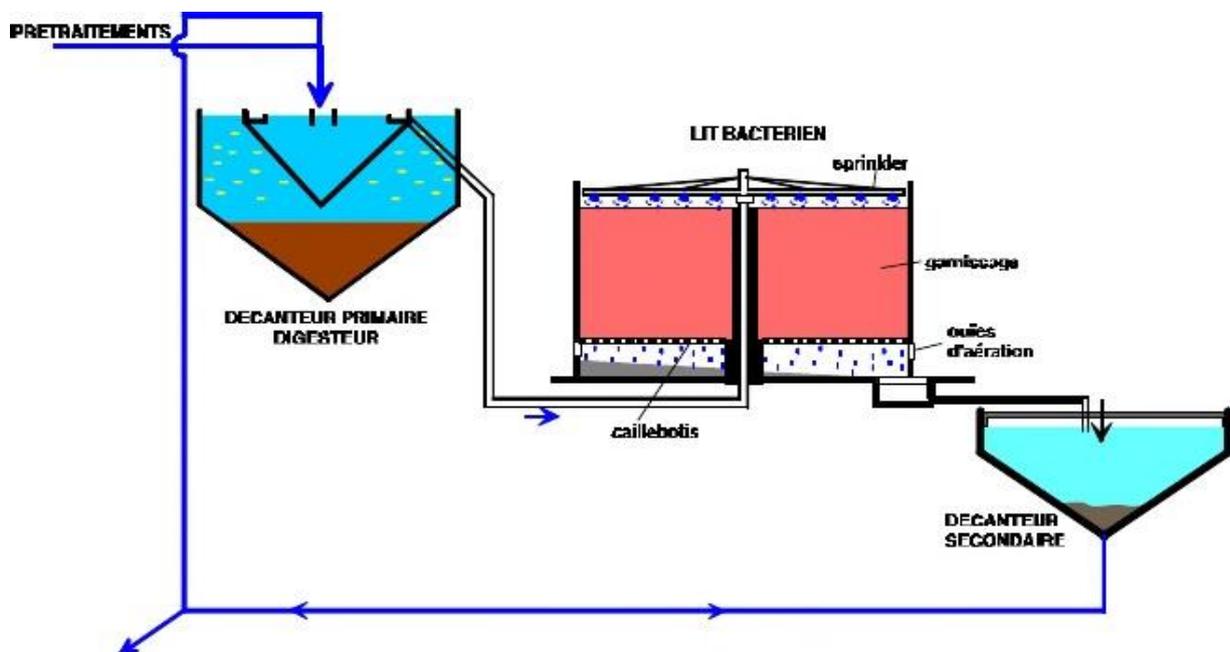


Figure II.5 : Lit bactérien (Allaoui K, 2009)

II.5.1.1.2 disque biologique :

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹. Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (Boumediene A, 2013).

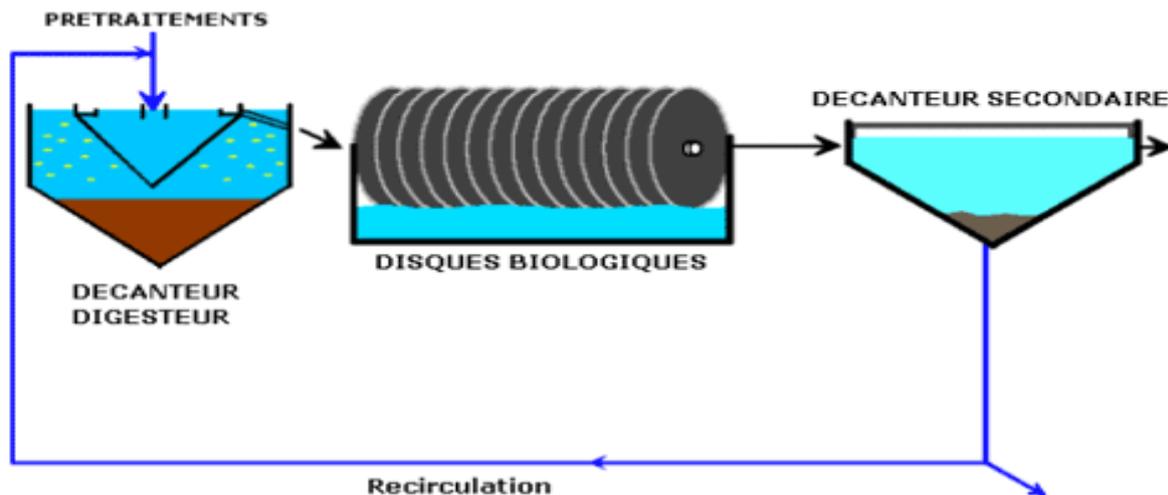


Figure II.6 : Schéma de principe d'une filière type de disques biologiques (Allaoui K, 2009)

II.5.1. 2. Les Procédés d'épurations biologiques à culture libre :

Cette technologie est employée par la quasi-totalité des agglomérations de plus de 5000 habitants et par certaines activités industrielles. A raison de plusieurs grammes par litre, les micro-organismes évoluent dans une solution maintenue en agitation et alimentée en oxygène par brassage ou insufflation. L'eau usée est amenée en continu et le temps de séjour dans le réacteur biologique varie de quelques heures à quelques jours (Bessedik M ,2015).

Parmi ces procédés, on trouve l'épuration biologique par boue activée :

II.5.1. 2.1. Les boues activées :

a) Principe :

Selon Bessedik M (2015), le procédé d'épuration par boue activée est celui qui représente, actuellement et encore durablement, le meilleur compromis technico-économique pour attendre une qualité satisfaisante d'effluents épurés.

Le principe du procédé consiste à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un bassin alimenté en eau à épurer en brassant suffisamment le milieu pour éviter la décantation des floccs d'une part et fournir l'oxygène nécessaire au développement des bactéries et mettre en contact les micro-organismes avec le substrat d'autre part.

Le bassin d'aération peut être précédé d'un décanteur primaire et sera toujours suivi d'un décanteur secondaire (clarificateur) qui permet la séparation solide liquide. Le clarificateur est muni d'un système de raclage des boues. Une partie de ces boues sera recyclée à la tête du bassin d'aération pour maintenir la concentration bactérienne au niveau du réacteur constante, tandis que la partie de boue en excès sera orienter vers le traitement des boues.

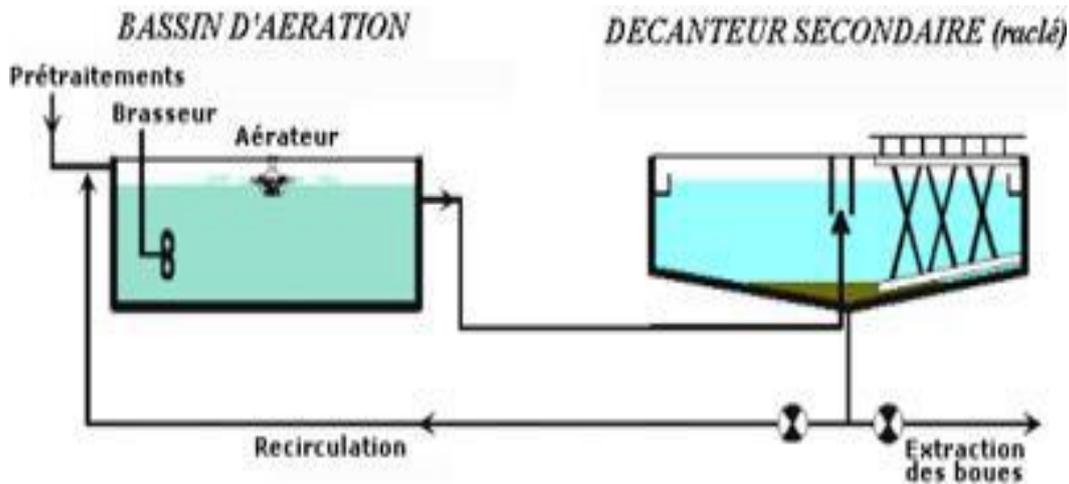


Figure II.7 : Traitement secondaire (biologique) (Allaoui K, 2009)

b) Paramètres de fonctionnement des stations à boues activées :

Le procédé à boues activées est défini par les paramètres suivants :

1. La charge massique (C_m) :

Un des critères fréquemment utilisés pour caractériser les différents systèmes de boues activées est la charge massique C_m qui traduit le rapport entre la masse journalière de pollution à éliminer et la masse des bactéries épuratoires mises en œuvre.

$$C_m = \frac{Q[DBO_5]}{V_b[MVS]} = \frac{\text{quantité de } DBO_5 \text{ (en kg/jour)}}{\text{masse des matières organiques (en kgMVS)}}$$

On distingue ainsi des systèmes :

- à forte charge massique : $C_m > 0,5$ kg DBO_5 /kg de boues/jour ;
- à moyenne charge massique : $0,2 < C_m < 0,5$;
- à faible charge massique : $0,07 < C_m < 0,2$;
- à aération prolongée : $C_m < 0,07$.

Chacun de ces systèmes présente des caractéristiques bien particulières (rendement, production de boues en excès, consommation énergétique, ...) résumées schématiquement dans le tableau II.1 (Ces chiffres donnés à titre indicatif s'entendent pour une eau résiduaire urbaine moyennement chargée ($DBO_5 = 250$ mg/l) sans apports industriels, comportant une parfaite clarification finale) (Audic J. M, 2002).

Tableau II.1 : Influence de la charge massique sur les paramètres d'exploitation (Audic J. M, 2002)

Paramètre d'exploitation \ C_m	C_m < 0,07 Aération prolongée	0,07 < C_m < 0,2 Faible charge	0,2 < C_m < 0,5 Moyenne charge	C_m > 0,5 Forte charge
Rendement d'épuration sur la DBO ₅ (%)	95 %	95 %	90 %	85 %
Nitrification (oui = +, non = -)	+	+	-	
Production de boues biologiques en excès (kg boues/kg DBO ₅ éliminée)	0.8	0.9	0.9 - 1.1	> 1,2
Concentration maximale en boues admissible en aération (g/l)*	5	4 - 5	3 - 4	2
Temps de séjour de l'eau dans le bioréacteur (heure)	17 - 18	10 - 15	4 - 8	5
Consommation d'O ₂ en aération (kg d'O ₂ /kg DBO ₅ éliminée)	1.5 - 1.7**	1.3 - 1.5	0.9 - 1	0.7 - 0.8

* Cette concentration dépend de la conception générale de l'installation (clarificateur, ligne de traitement des boues) et des caractéristiques de décantation.

** La nitrification peut conduire à des consommations spécifiques d'oxygène plus importantes.

2. La charge volumique (C_v) :

Elle correspond à la quantité journalière de DBO₅ (en kg/j) à dégrader dans le volume V (m³) de l'ouvrage. Elle s'exprime en kg DBO₅ / (j . m³) (Belhani et al., 2008).

$$C_v = \frac{Q[DBO_5]}{V_b} = \frac{\text{quantité de DBO}_5 \text{ (en kg/jour)}}{\text{volume du bassin d'aération (en m}^3\text{)}}$$

C_v est exprimé en kg DBO₅ / m³.j.

3. Age des boues :

L'âge des boues est la durée d'aération subie par la boue avant son élimination. L'âge des boues est défini comme étant le rapport entre la masse des boues présentes dans le réacteur (Belhani et al., 2008).

$$A = \frac{[MS]_v \cdot V_b}{[MS]_{ext} \cdot Q_{ext}}$$

Age : âge des boues (h).

C_{b.t} : concentration en solide (ou solide volatil) de la liqueur mixte (mg/l).

C_{b.ex} : concentration en solide (ou solide volatil) des boues (mg/l). L'âge des boues est inversement proportionnel à la charge massique.

4. Indice des boues :

Selon Rodier J (2005), l'indice de MOHLMAN se définit comme le volume occupé après décantation de 30 minutes d'un échantillon de boues correspondant à 1mg de matières sèche.

L'indice de MOHLMAN est représenté par le rapport :

$$IM = \frac{\text{boues décantées en ml/l}}{\text{masse de la matière sèche mg/l}}$$

5. Besoins en oxygène

A fin de garantir aux micro-organismes des conditions satisfaisantes de croissance tout en assurant un fonctionnement normal ; il faudrait maintenir la concentration en oxygène dans le bassin d'aération supérieur à 0.5 et 2 mg/l en tout temps et quelque soit la charge (Dégrémont, 1972).

II.5.2. Les procédés biologiques extensifs :

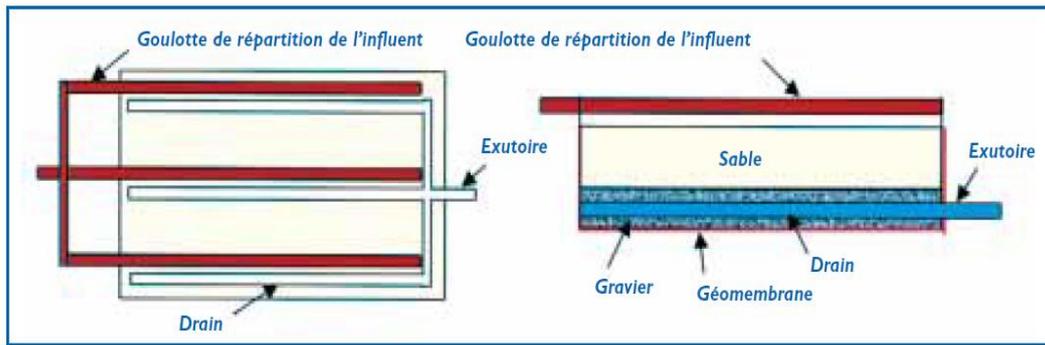
Les techniques dites extensives sont des procédés qui réalisent l'épuration à l'aide de cultures fixées sur support fin ou encore à l'aide de cultures libres mais utilisant l'énergie solaire pour produire de l'oxygène par photosynthèse. Le fonctionnement de ce type d'installation sans électricité est possible, excepté pour le lagunage aéré pour lequel un apport d'énergie est nécessaire pour alimenter les aérateurs ou les matériels d'insufflation d'air.

II.5.2.1. Les cultures fixées sur support fin :

II.5.2.1.1. L'infiltration-percolation :

L'infiltration-percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin. L'eau est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. L'eau à traiter est uniformément répartie à la surface du filtre qui n'est pas recouvert. La plage de distribution des eaux est maintenue à l'air libre et visible.

Une autre variante intéressante de l'épuration par le sol est constituée par les filtres à sable horizontaux ou verticaux enterrés. Ces techniques utilisées, avant tout, pour les situations relevant de l'assainissement autonome restent intéressantes pour l'assainissement autonome regroupé concernant quelques centaines d'équivalents-habitants. Pour un filtre à sable vertical enterré, un dimensionnement de 3,5 m² / hab est nécessaire et une alimentation basse pression recommandée (OIE, 2001).



Source : (OIE, 2001)

Figure II.8 : Infiltration-percolation étanchée et drainée

II.5.2.1.2. Les filtres plantés à écoulement vertical :

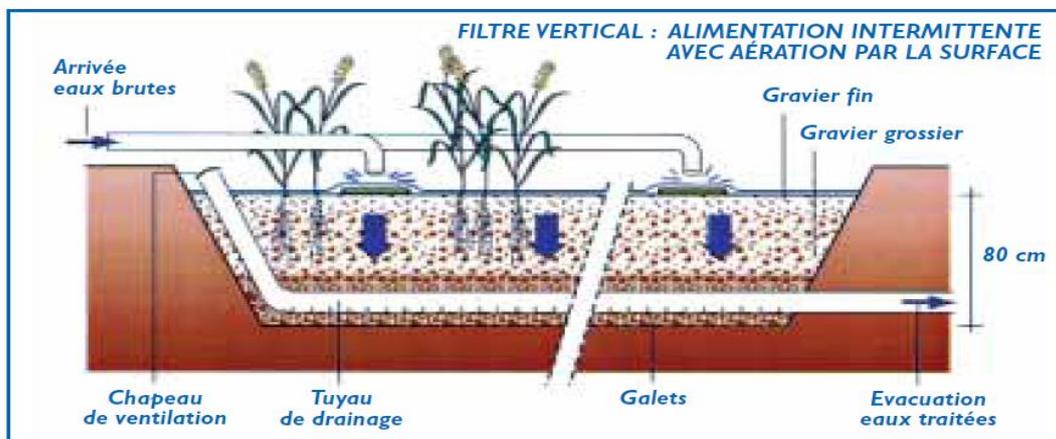
Les filtres sont des excavations, étanchées du sol, remplies de couches successives de gravier ou de sable de granulométrie variable selon la qualité des eaux usées à traiter.

Contrairement à l'infiltration-percolation précédemment évoquée, l'influent brut est réparti directement, sans décantation préalable, à la surface du filtre. Il s'écoule en son sein en subissant un traitement physique (filtration), chimique (adsorption, complexation...) et biologique (biomasse fixée sur support fin). Les eaux épurées sont drainées. Les filtres sont alimentés en eaux usées brutes par bâchées. Pour un même étage, la surface de filtration est séparée en plusieurs unités permettant d'instaurer des périodes d'alimentation et de repos.

Le principe épuratoire repose sur le développement d'une biomasse aérobie fixée sur un sol reconstitué. L'oxygène est apporté par convection et diffusion. L'apport d'oxygène par les racelles des plantes est, ici, négligeable par rapport aux besoins.

La filière se compose :

- d'un dégrillage ;
- d'un premier étage de filtres verticaux ;
- d'un second étage de filtres verticaux (OIE, 2001).



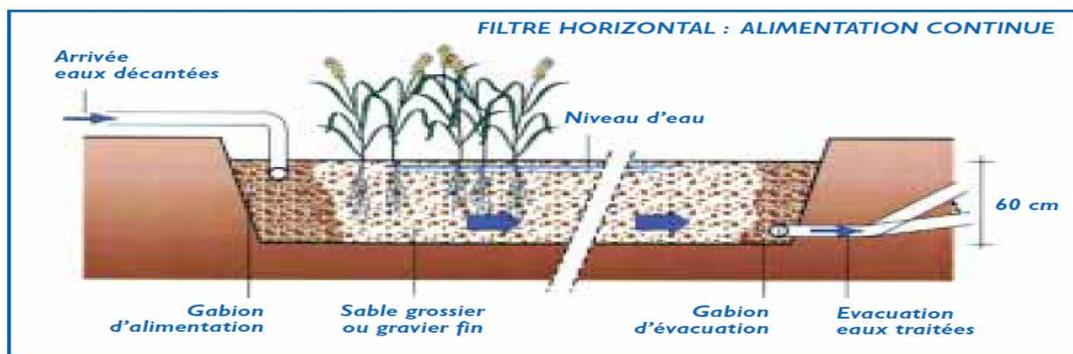
Source : (OIE, 2001)

Figure II.9 : Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical

II.5.2.1.3. Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal :

Dans les filtres à écoulement horizontal, le massif filtrant est quasi-totalement saturé en eau. L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur situé à une extrémité du bassin ; il s'écoule ensuite dans un sens principalement horizontal au travers du substrat. La plupart du temps, l'alimentation s'effectue en continu car la charge organique apportée est faible.

L'évacuation se fait par un drain placé à l'extrémité opposée du lit, au fond et enterré dans une tranchée de pierres drainantes. Ce tuyau est relié à un siphon permettant de régler la hauteur de surverse, et donc celle de l'eau dans le lit, de façon à ce qu'il soit saturé pendant la période d'alimentation. Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau. En effet, l'eau ne doit pas circuler au-dessus de la surface pour ne pas court-circuiter la chaîne de traitement ; il n'y a donc pas d'eau libre et pas de risque de prolifération d'insectes (OIE, 2001).



Source : (OIE, 2001)

Figure II.10 : Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal

II.5.2.2. Les cultures libres :

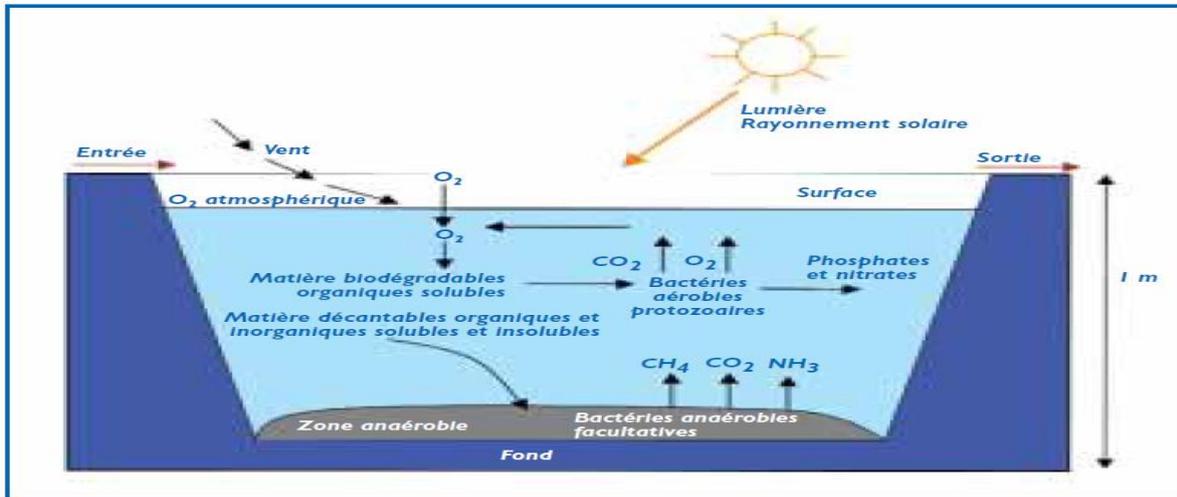
II.5.2.2.1. Le lagunage naturel :

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est de 3. Cependant, utiliser une configuration avec 4 voire 6 bassins permet d'avoir une désinfection plus poussée. Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique.

Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées

“microphytes”. Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

En fond de bassin, où la lumière ne pénètre pas, ce sont des bactéries anaérobies qui dégradent les sédiments issus de la décantation de la matière organique. Un dégagement de gaz carbonique et de méthane se produit à ce niveau (OIE, 2001).



Source : (OIE, 2001)

Figure II.11 : Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel

II.5.2.2.2. Le lagunage aéré :

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO₅ éliminée) (OIE, 2001).

II.6. Le traitement tertiaire :

Selon Franck R (2002), certains rejets d'eaux traitées sont soumis à des réglementations spécifiques concernant l'élimination d'azote, de phosphore ou des germes pathogènes, qui nécessitent la mise en œuvre de traitements tertiaires. Il regroupe toutes les opérations physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires.

II.6.1. L'élimination de l'azote :

Les stations d'épuration n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées, par les traitements de nitrification – dénitrification. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des procédés physiques et physico-chimiques complémentaires permettent l'élimination de l'azote par : électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "strippage" de l'ammoniaque, mais ces traitements ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement et de coût (Franck R, 2002).

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique en deux étapes importantes.

-La nitrification : La nitrification est un processus se déroulant sous l'action de certains micro-organismes spécifiques et qui conduit à la transformation de l'ammoniac (ou de l'ammonium) en nitrate en 2 étapes : - Nitrosation : sous l'action de bactéries nitreuses aérobies (Nitrosomonas) . - Nitrification : par les bactéries nitrifiantes aérobies (Nitrobacter). La nitrification est une des étapes du traitement d'une eau usée qui vise la transformation de l'ammonium (NH_4) en nitrate (NO_3). Cette transformation est réalisée par des bactéries, en milieu aérobie (Dahou A ; Brek A, 2013).

-La dénitrification : est un processus anaérobie par lequel les nitrates sont réduits en azote et en oxydes d'azote. Les micro-organismes utilisent les nitrates comme source d'oxygène et en présence d'une source de carbone organique qui doit être apportée dans le milieu (Dahou A ; Brek A, 2013).

II.6.2. L'élimination du phosphore :

L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues (Franck R, 2002).

II.6.3. Elimination et traitement des odeurs :

Selon Gaid A (1984), les eaux usées, chargées en matières organiques particulières et dissoutes, peuvent induire directement ou indirectement, par l'intermédiaire de leurs sous-produits d'épuration (graisses, boues), la formation d'odeurs désagréables suivant un processus de fermentation. Les odeurs provenant des STEP sont dues aux gaz, aérosols ou vapeurs émises par certains produits contenus dans les eaux usées ou dans les composés se formant au cours des différentes phases de traitement.

Les sources les plus importantes d'odeurs sont :

- Les prétraitements
- Les boues et leur traitement.

Pour éviter ces nuisances, les ouvrages sensibles seront couverts et munis d'un système de ventilation ainsi que d'une unité de traitement biologique des odeurs.

On distingue généralement deux types de traitement biologique des odeurs : les bio-filtres et les bio-laveurs. Dans les premiers, la biomasse est supportée par un plancher spécifique et

l'air traverse le massif (souvent de la tourbe). Les seconds réalisent un deuxième filtre grâce à une suspension. La biomasse est libre, et l'épuration se produit dans un réacteur.

II.6.4. La désinfection :

Selon Franck R (2002), un abaissement de la teneur des germes, parfois exigé pour les rejets dans des zones spécifiques (zones de baignade, zones de conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, il sera réalisé par des traitements de désinfection chimique par :

- **Le chlore** : est un oxydant puissant qui réagit à la fois avec des molécules réduites et organiques, et avec le micro-organisme. Les composés utilisés dans le traitement des eaux usées sont : le chlore gazeux (Cl_2), l'hypochlorite de sodium (NaClO) appelé communément "eau de Javel", l'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), le chlore de chaux ($\text{CaCl}_2 \cdot \text{OCl}_2$) et le chlorite de sodium (NaClO_2).

- **L'ozone (O_3)** : est un oxydant puissant, la désinfection par l' O_3 est utilisée aux États-Unis, en Afrique du Sud et au Moyen Orient essentiellement. Il permet l'élimination des bactéries, des virus et des protozoaires. C'est le seul procédé vraiment efficace contre les virus. Les tests de toxicité effectués sur des poissons, des crustacés et des algues n'ont pas permis de mettre en évidence une quelconque toxicité

Il existe aussi des traitements physiques tel que :

-**Les rayons ultraviolets** : qui consistent à utiliser des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées.

-**La filtration** : est un procédé physique qui permet de retenir les microorganismes par rétention à l'aide d'un filtre. Qu'elle soit réalisée sur sable ou sur membrane, cette technique exige une épuration secondaire préalable garantissant une élimination assez poussée des matières en suspension. L'élimination des virus, des bactéries et des protozoaires est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée.

II.7. Traitement des boues :

II.7.1. Généralités :

Le processus de dépollution des eaux usées produit d'un côté de l'eau épurée, de l'autre des sous-produits en grande quantité : les boues. Au même titre que les eaux débarrassées de leur pollution retournent en permanence dans le milieu naturel, les boues qui représentent chaque jour un volume considérable, doivent trouver une destination en continu. C'est pour

ces raisons que se développent des techniques de traitement des boues de plus en plus poussées. Le but de cette filière "boues" est de transformer un déchet produit au sein de la station en un produit stabilisé et valorisable (Delphine., 2008).

En fonction des processus de traitement d'épuration des eaux usées, 3 grandes catégories de boues peuvent être distinguées : les boues de traitement primaire, les boues de traitement physico-chimique et les boues de traitement biologique (Ademe, 2001) :

- **Les boues de traitement primaire** sont produites par simple décantation des matières en suspension (MES) contenues dans les eaux usées.
- **Les boues de traitement physico-chimique**, , sont issues de l'agglomération des matières organiques particulaires ou colloïdales contenues dans les eaux par l'addition d'un réactif coagulant dont les plus courants sont les acides et les bases, les sulfates d'aluminium ou de fer, les chlorures ferreux ou ferriques, etc. Les boues sont ensuite séparées par décantation. 90% des matières en suspension peuvent ainsi être captés. Ces boues sont essentiellement produites dans des stations balnéaires ou de montagnes qui sont conçues pour traiter des variations saisonnières importantes de la charge polluante (Céline, 2003).
- **Les boues de traitement biologique** sont essentiellement formées par les résidus de bactéries « cultivées » dans les ouvrages d'épuration. Ces bactéries se nourrissent des matières organiques contenues dans les eaux usées et les digèrent. La plupart des procédés font appel à des microorganismes anaérobies facultatifs et hétérotrophes qui ont un métabolisme aérobie en présence d'oxygène et un métabolisme anaérobie en absence d'oxygène et utilise le carbone organique à la fois comme source d'énergie et pour leur synthèse cellulaire. Ces traitements sont essentiellement réservés aux eaux usées chargées en matières organiques (Céline, 2003).

Comme il peut y' avoir à partir de ces catégories :

- **Les boues mixtes** : constituées d'un mélange de boues primaires et biologiques, elles proviennent de la plupart des stations de traitement.
- **Les boues d'aération prolongée**, obtenues sans décantation primaire avec des matières polluantes intensivement aérées. Les boues sont peu concentrées, moins organiques et donc moins susceptibles de produire des nuisances.

II.7.2. Définition et objectifs :

Le traitement des boues est défini comme l'ensemble des opérations visant à modifier les caractéristiques des boues en excès afin de rendre leur destination finale fiable et sans nuisance. Les boues résiduelles en excès sont, au moment de leur extraction du système d'épuration des eaux, un produit :

- peu concentré donc occupant un grand volume
- Fermentescible du fait de la forte teneur en matière organique.

Ces deux caractéristiques sont gênantes quelle que soit la destination des boues et imposent la mise en place d'une filière de traitement.

Tableau II.2 : Les opérations de traitement des boues et leurs objectifs

Opération	But
Stabilisation	Réduire la fermentescibilité des boues pour atténuer ou supprimer les mauvaises odeurs
Concentration	Eliminer une partie de l'eau interstitielle afin d'éviter son transport
Stockage	Assurer une capacité tampon harmonisant les besoins d'extraction et les possibilités d'évacuation à l'extérieur
Homogénéisation	Donner au destinataire finale un produit connu et relativement constant
Conditionnement	Modifier les caractéristiques de la boue afin de faciliter la séparation des phases solides et liquides
Déshydratation	Augmenter la siccité afin de rendre le produit solide ou pâteux

Source : Duchene, 1990

II.7.3. Système de traitement des boues :

Telle quelle apparaissent au cours du traitement des eaux usées, les boues d'épuration nécessitent un traitement préalable et ce dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction des matières organiques facilement décomposables (Brame et Lefevre, 1977).

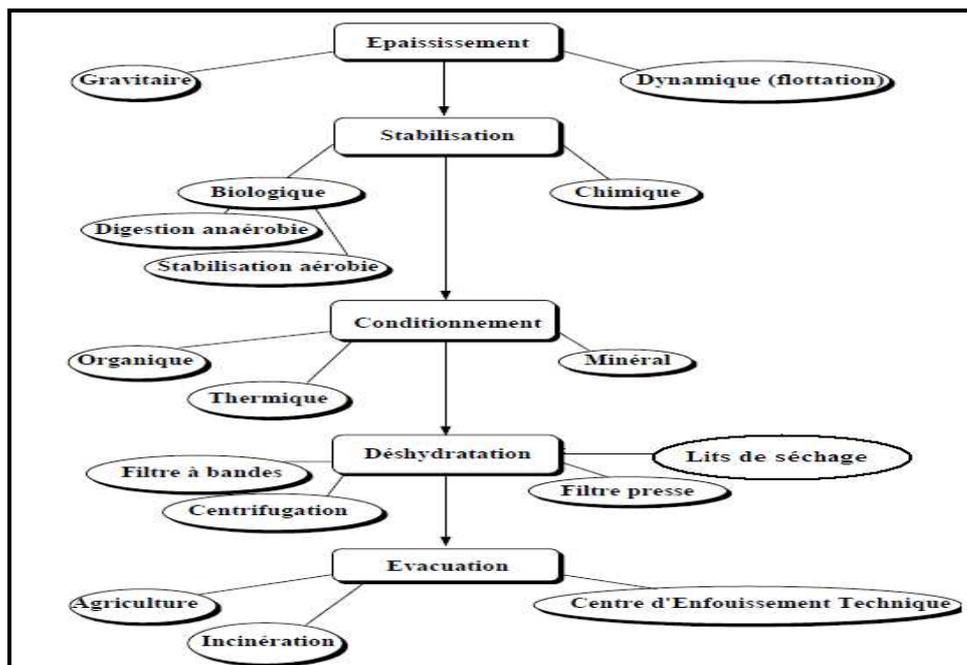


Figure II.12 : Principales filières de traitement des boues (P Grulois , 2002)

II.7.3.1. Réduction de la teneur en eau des boues :

Pour réduire les volumes à manipuler, différents procédés sont mis en œuvre comprenant, par ordre croissant d'efficacité et de coût, l'épaississement, la déshydratation et le séchage (Ademe, 1996). En amont de ces procédés, des traitements dits de conditionnement :

a) - Le conditionnement

Est souvent utilisé pour favoriser la séparation liquide-solide. Il utilise des flocculants organiques de synthèse (appelés poly-électrolytes) ou minéraux (chaux, sels de fer ou d'aluminium). Le conditionnement peut aussi se faire par voie thermique (autoclavage) et consiste en une cuisson des boues à 180 - 220 °C pendant une demi-heure à deux heures pour casser les liaisons colloïdales propres à la rétention d'eau. Ce procédé est toutefois rarement utilisé en raison des difficultés d'emploi et d'un coût prohibitif.

b) - L'épaississement

La première étape du traitement des boues d'épuration est l'épaississement et permet de diminuer le volume des boues à traiter ou à disposer, en plus d'améliorer le rendement de digestion et de déshydratation (Blais et Sasseville, 1996).

Il vise donc à augmenter la siccité (teneur en matière sèche) des boues (Anred, 1988), sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue.

Cet épaississement peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation). La siccité des boues épaissies ne dépasse pas usuellement 7 % en moyenne et se situe plutôt vers 5 à 6 %. Généralement, les boues épaissies gravitairement ne sont pas conditionnées et leur siccité plafonne à 3 ou 3,5 %.

Ce procédé est fréquent en zone rurale et concerne les petites stations d'épuration, de taille inférieure à 2 000 équivalents habitants. L'épaississement dynamique (ou mécanique) devient plus fréquent pour les stations de taille comprise entre 2000 et 5000 équivalents habitants.

Les intérêts de l'épaississement sont multiples.

-A capacité égale, augmentation du temps de séjour dans les cuves de stockage des digesteurs aérobie et anaérobies.

-Amélioration de la sécurité d'exploitation, en particulier dans les installations d'eaux résiduaires urbaines, les boues des décanteurs primaires peuvent être pompées très liquide.

-Amélioration de la production des dispositifs de déshydratation, lits de séchage, filtre sous vide, filtre presse, centrifugeuse, (Degrement, 1972 ; Thomann, 1983).

c)- La déshydratation

Cette technique a pour but l'élimination de la majeure partie de l'eau contenue dans la boues et l'obtention d'un déchet solide facilement manutentionnable et de volume réduit (Nakib,1986). On a alors :

-Séchage par des procédés mécaniques : soit par des filtres à bandes et les centrifugeuses qui donne des boues plutôt pâteuses en raison de performances de déshydratation qui plafonnent à 18-20% de siccité pour la première famille de matériels, et 20-25% de siccité pour la seconde ;

Soit par des filtres presses qui produisent par contre des boues de structure solide (30 à 35 % de siccité) car conjuguant un conditionnement au lait de chaux et des pressions élevées. Ces matériels sont réservés aux installations les plus importantes, car plus coûteuses et contraignantes d'emploi que les filtres à bande et les centrifugeuses.

-Séchage sur lit : se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine évaporation naturelle et drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable et de graviers. L'emprise au sol est de 1 m² pour 4 à 5 habitants raccordés.

Ce système extensif donne des boues solides à 35 - 40 % de siccité mais reste fort dépendant des conditions météorologiques. La boue sèche ainsi obtenue est pelletée, elle contient plus de 50% de matière sèche et peut-être utilisée pour l'agriculture. Il arrive souvent qu'un début de végétation croisse au cours de séchage (Jamonet, 1987).

-Séchage thermique : permet une élimination quasi-totale de l'eau (siccité d'environ 95 %). Les boues obtenues sont pulvérulentes ou en granulés. En raison des coûts énergétiques, ce procédé reste peu utilisé, malgré son intérêt manifeste sur la réduction des volumes à manipuler. Le séchage thermique devrait connaître un nouveau développement dans les années à venir car les autres filières de traitement des boues, dont l'incinération, se renchérissent sous l'effet des nouvelles conditions réglementaires et économiques.

II.7.3.2. Traitement de stabilisation :

Ce mode de traitement consiste soit à forcer l'évolution des boues jusqu'à une minéralisation assez poussée c'est la digestion ; soit une interruption de la vie au sein des boues, il s'agit de la stabilisation physico- chimique (Blondeau, 1985).

La notion de stabilisation renseigne sur le niveau d'odeur de la boue (absence d'odeur, ou odeur faible, moyenne, forte). A noter qu'une boue peut être traitée, tout en n'étant pas stabilisée au sens défini ci-dessus. Les traitements de stabilisation utilisés sont de type biologique, chimique ou thermique. Ils s'appliquent aux boues mixtes fraîches, aux boues

secondaires ou à l'ensemble des boues afin de réduire leur fermentescibilité, et limiter voire annuler, les nuisances olfactives (Koller, 2004).

a) - Stabilisation biologique :

Elle réduit la teneur des boues en matières fermentescibles. La stabilisation biologique se fait soit par : Voie aérobie (en présence d'oxygène) dans les bassins d'aération, jusqu'à l'obtention des boues à teneur non négligeable en oxygène et biologiquement stable. La consommation d'énergie de ce procédé ne permet pas d'envisager son utilisation de manière systématique pour les boues d'origine urbaines (Alexandre, 1979) ; soit par voie anaérobie (absence d'oxygène) dans des digesteurs avec production d'un biogaz riche en méthane et on obtient des boues « digérées », encore appelées « Anaérobies » ou « stabilisées anaérobies ». Pour maintenir l'activité biologique de la station à un bon niveau, une partie de la masse des bactéries ou « biomasse en excès » doit être prélevée soutirée régulièrement, entrants ainsi la dynamique de reproduction bactérienne (CNB ,2001).

b)- Le compostage :

Le compostage constitue un procédé particulier de stabilisation biologique aérobie. Il se réalise de préférence sur des boues déjà déshydratées de façon à économiser l'approvisionnement en support de compostage, les boues n'étant pas auto-compostables. Les boues compostées ont un aspect de « terreau » et présentent une structure solide ; elles sont stables. On constate actuellement un fort regain d'intérêt pour cette technique en raison des nouvelles données réglementaires et économiques concernant la gestion des déchets. Le compostage se pratique dans des stations de moyenne taille et ne représente que 2% des tonnages des boues (O.P.E.C.S.T ; 2001).

c)- La stabilisation chimique :

Elle bloque simplement l'activité biologique, et donc l'évolution de la boue, par adjonction d'une quantité importante de chaux (10 à 50 % de la matière sèche, en général 30 %) élevant le pH au-delà de 12 (Koller, 2004).

Ce traitement apporte un appoint en calcium qui peut être bénéfique, si la boue sera valorisée (Gamrasni, cité dans Nakib, 1986).

Le chaulage suppose généralement une déshydratation préalable des boues, sauf dans le cas du filtre-pressé où un lait de chaux est mélangé aux boues liquides. Les boues chaulées obtenues sont de structure pâteuse ou solide.

La stabilisation par chaulage connaît un développement soutenu depuis plusieurs années en raison de son efficacité vis à vis de la maîtrise des nuisances olfactives et de l'intérêt des boues pour le chaulage des sols acides.

L'inconvénient majeur est le coût de ce traitement, il faut en effet environ 100g de CaO par Kg de matière sèche, pour diminuer les frais, on ajoute souvent du chlorure ferrique qui améliore la floculation des boues et par conséquent, leur aptitude à la décantation ou à la filtration (Webb, 1984).

Pour être précis, il est utile de souligner que souvent chaulage et compostage se pratiquent sur des boues déjà stabilisées biologiquement en station d'épuration.

Ils constituent en quelque sorte un traitement complémentaire de stabilisation.

Toutefois, pour des boues primaires ou physico-chimiques, ce sont les uniques modes de stabilisation.

D'autres techniques chimiques, basées sur le blocage de l'activité biologique, commencent à être proposées (exemple : procédé de traitement aux nitrites à pH acide).

d)- Le séchage thermique :

Le séchage thermique des boues revêt un effet temporaire de stabilisation (par absence d'eau), persistant aussi longtemps que les boues ne sont pas réhumectées.

Le séchage fait intervenir deux techniques :

- soit par action du soleil sur des boues placées sous serre, préalablement déshydratées mécaniquement. Ce procédé concerne surtout les usines d'épuration de petite et moyenne capacité.

- soit par action de la chaleur de manière directe, indirecte ou mixte, selon le type de sécheur. Ce traitement est plutôt réservé aux usines d'épuration de plus grande capacité. (SPDE, 2006). L'intérêt du séchage (réduction des volumes, réduction des odeurs, meilleure manutention) est d'élargir l'éventail des solutions pour les boues et d'en faciliter leur utilisation et l'accès aux filières agronomiques.

II.7.3.3. Les traitements d'hygiénisation :

Les boues hygiénisées sont des boues qui ont subi un traitement qui réduit à un niveau non détectable les agents pathogènes présents dans les boues. Certains traitements déjà évoqués, détruisent les germes pathogènes contenus dans les boues : **le chaulage** en élevant le pH au-dessus de 12. **Le compostage** peut détruire les germes pathogènes par les températures élevées (jusqu'à 70°C) atteintes lors du compostage et la sélection de microorganismes saprophytes.

Le séchage thermique est certainement le moyen le plus sûr de détruire les germes pathogènes grâce aux hautes températures et à l'augmentation de la siccité à plus de 95% ,tout comme le conditionnement thermique (autoclavage, 195°C à haute pression) (Armel G, 2001).

II.7.4. Désignation des différents types de boues :

D'après M. Guy Atlan, 2003, l'appellation des différents types de boues intègre un certain nombre de critères ayant trait notamment à la nature des traitements mis en œuvre. En résumant les situations les plus fréquemment rencontrées les principales boues produites sont les suivantes :

- boues liquides issues des traitements aérobies ;
- boues pâteuses issues des traitements aérobies et anaérobies ;
- boues chaulées, pâteuses ou solides ;
- boues physico-chimiques, il s'agit le plus souvent de boues chaulées ;
- boues de lits de séchage ;
- boues de lagunage (catégorie particulière de boues liquide ; le traitement de ces boues se fait de façon extensive, selon un mode anaérobie, au fond des bassins ;
- boues compostées.

Tableau II.2 : Tableau récapitulatif des étapes de traitement des boues, techniques, avantages et inconvénients, siccité obtenues et types de station adaptés (Amorce, 2012)

Traitement		Avantages	Inconvénients	Siccité atteinte	Station adaptée		
Épaississement	gravitaire	décantation + drainage	- exploitation simple - peu coûteuse	- faible performance avec les boues biologiques - temps de séjour très long	2-10%	Tout type de station	
	dynamique	égouttage (drainage)	- simple et efficace - peu coûteux - performante		4,5-6%	petite et moyenne station	
		centrifugation	- rapide et compact	- consommateur d'énergie - très sensible à la qualité des boues	4-6%		
		flottation	- bien adapté aux boues biologiques - rapide	- forte demande énergétique - investissement élevé - fonctionnement délicat	3,5-5%	grande station	
Stabilisation - Hygiénisation	chimique	chaux	- augmentation du pH des boues (>12) - réduction de la contamination fécale et des germes d'origine fécale - pas d'odeur indésirable, augmentation de la siccité et de la valeur agronomique - facilite le transport et le stockage des boues	- manipulation délicate (chaux vive le plus souvent)	25-35%		
		traitement aux nitrites	- efficace contre la plupart des germes fécaux - augmentation de la siccité - réaction rapide			petite station	
	biologique	digestion aérobie	compostage	- siccité atteinte élevée - pH neutre, produit stable - facilite le transport et le stockage des boues - logique « produit » possible		35-70%	Moyenne et grosse station
		digestion anaérobie	méthanisation	- réduction jusqu'à 50% du volume - facile à transporter et stocker - production de biogaz	- pas efficace pour l'élimination des germes pathogènes	20-30%	grande station
		stabilisation aérobie thermophile (SAT)		- solution alternative à la méthanisation - faible temps de séjour - moins d'investissement - boues sorties peuvent directement être épandues - nuisance olfactive réduite	- moins performant que la méthanisation - consomme plus d'énergie que la méthanisation	22%	tout type de station

Désydratation	filtre presse	centrifugation	<ul style="list-style-type: none"> - fonctionnement en continu - totalement automatisé et fermé, plus compact que filtre presse 	<ul style="list-style-type: none"> - coût élevé - nécessite un contrôle de la nature des boues 	20 (jusque 30% si chaulage préalable)	tout type de station
		à bande	<ul style="list-style-type: none"> - lavage régulier - performante pour boues biologique - grande productivité - fonctionnement en continu 	<ul style="list-style-type: none"> - incapacité de traiter les boues fibreuses - technique abandonnée 	25%	petite et moyenne station
		à plateaux	<ul style="list-style-type: none"> - entretien limité - tout type de boues (préalablement épaissies) 	<ul style="list-style-type: none"> - inadapté pour les boues collantes - investissement élevé - automatisation possible 	>30%	grande station
		à membrane	<ul style="list-style-type: none"> - augmentation de siccité par rapport au filtre à plateaux - 40% de productivité en plus que le filtre à plateaux 			peu répandue
		à vis	<ul style="list-style-type: none"> - bien adapté aux boues fibreuses - fonctionnement en continu - peu d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> - siccité limitée 	20%	peu répandue
Séchage	lit de séchage	solaire	<ul style="list-style-type: none"> - séchage rapide pour une quantité importante, forte réduction des volumes à gérer - hygiénisation des boues par la chaleur 	<ul style="list-style-type: none"> - demande en surface importante - nuisance olfactive 	60-80%	moyenne station
		lagune de séchage	<ul style="list-style-type: none"> - procédé rustique et peu onéreux 	<ul style="list-style-type: none"> - temps de séjour très long (1-3 ans) - risque de contamination de la nappe phréatique - grande surface 	10-40%	
		au sable	<ul style="list-style-type: none"> - siccité atteinte élevée : réduction de volumes importante, rustique - procédé peu onéreux 	<ul style="list-style-type: none"> - nécessite une surveillance rigoureuse 	≤80%	
		à macrophyte	<ul style="list-style-type: none"> - boues prélevées directement du bassin de STEP - temps de séjour d'environ 28 jours 		10-20%	petite et moyenne station
	thermique	indirect (total)		<ul style="list-style-type: none"> - coût très élevé - consommateur d'énergie 	90-95%	
	direct (partiel)	<ul style="list-style-type: none"> - bonne élimination des micro-organismes - pas d'odeur indésirable 	<ul style="list-style-type: none"> - difficultés d'exploitation liées à l'entretien (arrêt) du sécheur 	<70%		

DEUXIEME PARTIE :

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE III :

DESCRIPTION DE LA STATION

D'EPURATION DE DJELFA

Introduction :

La station d'épuration de Djelfa a été construite en 1984, seulement en 1986 qu'elle a été mise en exploitation par les services de l'APC, par manque de main d'œuvre spécialisée, elle a été soumise aux arrêts jusqu'à son inauguration après réhabilitation et extension en 2014. Les travaux de réhabilitation et extension ainsi que les équipements de la station d'épuration ont été réalisés par BUTEC en Joint Venture avec OTV, Veolia par supervision des services de l'ONA.

Dans ce chapitre on va expliquer détaillée des différentes installations et étapes de traitement de la STEP de Djelfa.

III.1. Présentation de la zone d'étude**III.1.1. Situation géographique**

La ville de Djelfa occupe une situation géographique stratégique et située dans la partie centrale de l'Algérie du Nord, à égale distance des frontières Est et Ouest qui fait d'elle un véritable carrefour d'échanges entre les différentes régions du pays. Elle est comprise entre 2° et 5° de longitude Est et entre 33° et 35° de latitude Nord.

La ville de Djelfa, chef lieu de wilaya est situé à 300 km de la capitale, elle est limitée par :

- Au nord les communes de Ain Maabad et Darchioukh
- Au sud la commune de Ain El Bel et Zaccar
- A l'est la commune de Moudjbara
- A l'ouest la commune Zaafrane

III.1.2. Situation topographique

La région de la ville de Djelfa est formée de petites plaines dont l'altitude varie entre 900 m et 1600 m. La partie haute de la dépression est constituée de la chaîne montagneuse des Ouled Naïl. Cette chaîne est orientée Sud-Ouest et Nord-Est et est formée des principaux monts de la Wilaya qui sont le "Djebel Senalba", le Djebel "Azreg" et le Djebel "Zerga" dont l'altitude est comprise entre 1200 m et 1600m.

III.1.3. Situation climatique**III.1.3.1. Pluviométrie**

Le climat de la ville de Djelfa est nettement semi-aride à aride avec une nuance continentale. Il est semi-aride dans les zones situées dans les parties du Centre et du Nord de la Wilaya avec une moyenne de 200 mm à 350 mm d'eau de pluie par an et aride dans toute la zone située dans la partie Sud de la Wilaya et qui reçoit moins de 200 mm d'eau de pluie en moyenne par an.

Tableau III.1 : Pluviométrie moyenne mensuelle 2016

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept
Moy (mm/j)	1,51	1,32	1,64	1,45	6,58	0,13	0,5	0,16	2,25	1,45	0,36	0	1,51

Source : ANRH Djelfa

III.1.3.2.La température

Le climat de la région est du type semi-aride caractérisé par un été sec et chaud et un hiver relativement humide, des écarts journaliers, saisonniers et interannuels. Ainsi, il est enregistré un écart de 33°C entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid. La température minimale absolue enregistrée durant les mois de décembre, janvier, février et mars, est inférieure à 0°C. Les mois les plus chauds sont juin, juillet et août avec un maximum pour ce dernier.

III.1.3.3.Les vents

Les vents sont caractérisés par leur intensité et leur fréquence, d'origine désertique, chaude et sèche, dont la durée peut varier de 20 à 30 jours par an. Pendant l'hiver, les vents viennent surtout de l'ouest et du nord-ouest, ils amènent la pluie et peuvent être très violents. Pendant l'été les vents sont surtout issus du sud et du nord / ouest.

III.1.4. Situation géologique

En se basant sur les observations faites sur les cartes géologiques de la région et sur le terrain, les environs de la station d'épuration sont constitués en grandes parties par des marnes en bancs de (0.2-0.5) m avec intercalation des argiles et des argiles feuilletées limoneuses.

III.1.5.Alimentation de la ville de Djelfa en eau potable

La ville de Djelfa est alimentée par un champ captant de sorte que :

- 75% de la population sont alimentés à partir du champ captant Oued S'dar (9forages).
- 22 % à partir du champ captant nord (4forages).
- 3% à partir du champ ouest (7forages).

Les besoins ont été estimés à partir de la dotation de l'hydraulique de la wilaya de Djelfa et sont représentées dans le (tableau III.1), environ de 80% de l'eau potable vont au réseau d'assainissement après l'usage.

Tableau III.2 : Besoin en eau domestique et équipements

Horizon	2003	2005	2010	2015	2020
Dotation (l/j/hab)	200	200	200	200	200
Nombre d'habitants	191523	202398	232366	266771	306270
Consommation journalière (m ³ /j)	30643,68	32383,68	37178,56	42683,36	49003,2
Besoins des équipements (m ³ /j)	4596,48	4857,408	5577,12	6402,24	7350,04
Besoin total (m ³ /j)	35240,16	37241,09	42755,68	49085,6	56353,25

Source : DRE Djelfa 2016

III.2. Le site de la station d'épuration de Djelfa

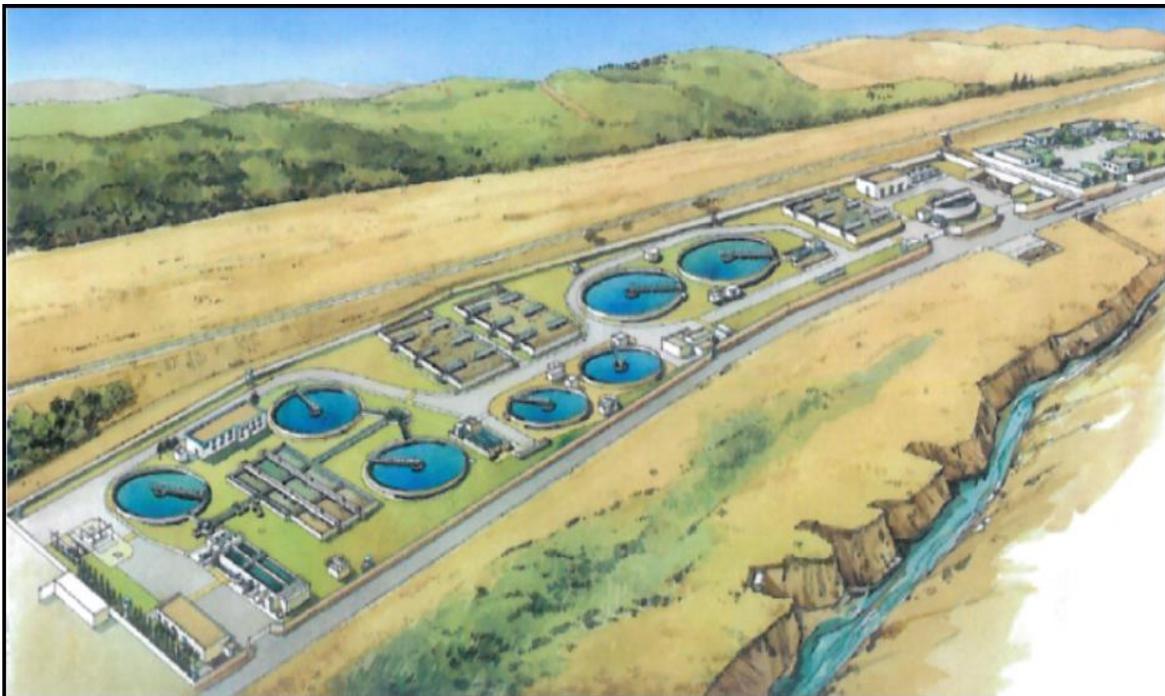
Le site de la station d'épuration est défini par l'étude d'assainissement, qui le mit en aval dans le coté nord de la ville de Djelfa dans le lieu dite Kaf Haouas, à une distance de 3 km du centre ville Djelfa, en côtoyant oued Mellah.

Ainsi limité :

- au Nord : par l'ancienne route nationale N°1 et oued Mellah.
- au Sud : par une butte.
- à l'est : par un abattoir communal.
- à l'ouest : par un terrain nu.

Le site présente les avantages suivants :

- Il se trouve en avale par rapport à la ville ;
- La zone ne se trouve pas dans l'extension de la ville ;
- zone non inondable ;
- facilité d'accès ;
- présence de la ligne électrique à basse et moyenne tension à proximité ;
- à proximité de l'oued Mellah.



Source : ONA Djelfa

Figure III.1 : Station d'épuration de la ville de Djelfa

III.3. Base de dimensionnement et caractéristiques de l'eau brute

La STEP de la ville de Djelfa à été dimensionnée selon les caractéristiques de l'eau brute, données dans le tableau suivant :

Tableau III.3 : Base de dimensionnement et caractéristiques de l'eau à traiter

Paramètre	Unités	Valeur
Capacité de traitement	EH	270000
Débit journalier	m ³ /j	27800
Débit horaire moyenne	m ³ /h	1158
Débit horaire pointe temps sec	m ³ /h	2360
DBO ₅	Kg/j	9090
DCO	Kg/j	23005
MEST	Kg/j	9944
N-Kjehldal	Kg/j	1698
Pt	Kg/j	365

Source : OTV France STEP Djelfa 2014

III.4. Description du procédé de fonctionnement de la station d'épuration

La station d'épuration fonctionne à moyenne charge massique. Par ce procédé, nous obtenons une bonne efficacité d'élimination de la DBO. La stabilisation (minéralisation) des boues s'effectue dans le bassin d'aération.

La station d'épuration de la ville de Djelfa est composée de deux files : une file existante et une nouvelle file, comme le montre le schéma dans la figure III.2. Les deux files partagent une seule entrée de l'eau brute. Tout en sachant que le processus de l'épuration comprend deux lignes de traitement, une ligne d'eau et une ligne de boue.

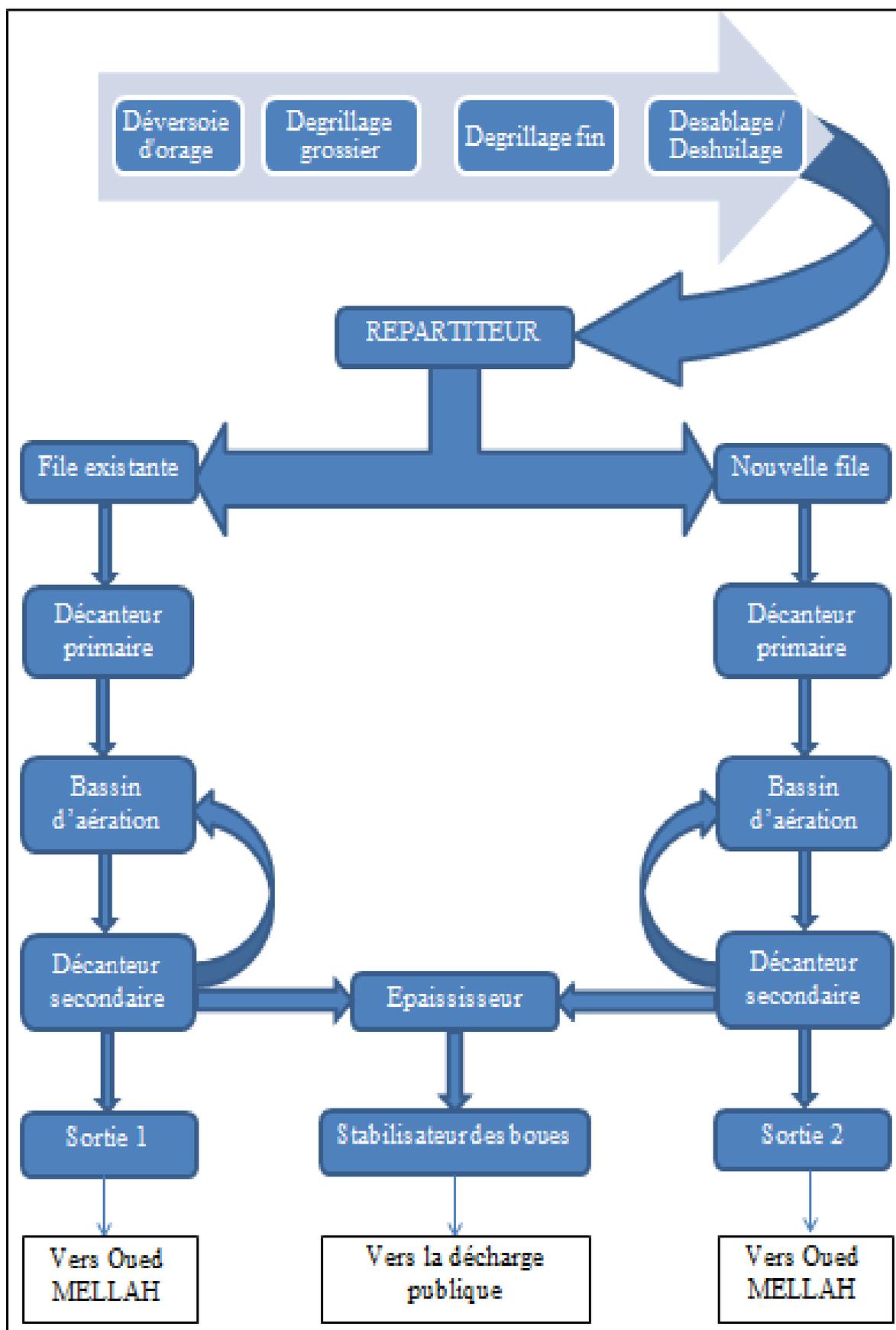


Figure III.2 : Schéma général représentatif de la STEP de Djelfa

III.4.1. Ligne d'épuration des eaux

III.4.1.1. Prétraitement mécanique

III.4.1.1.1. Dégrillage grossier

Les eaux usées sont admises directement au dégrillage grossier constitué d'un canal dans le quel est disposé une grille grossière inclinée, à nettoyage manuel permettant ainsi de retenir et d'enlever les débris volumineux. Ce dégrilleur assure ainsi la protection des équipements électromécaniques et réduit les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration.

L'opérateur remonte les refus de grille à l'aide d'un râteau dans un bac d'égouttage installé à la partie supérieure de la grille, après ils sont repris par une fourche et déposés dans le conteneur de refus de grille.

La grille peut être isolée en amont, par une vanne murale.



Figure III.3 : Dégrilleur grossier automatique

III.4.1.1.2. Chenal de comptage d'eau brute

Le canal de sortie de dégrilleur grossier continue par un canal de mesure de débit de la STEP, le débit d'eau est mesuré par un débitmètre électromagnétique. (Figure III.4)

Le champ magnétique avec une puissance constante est généré par deux bobines magnétiques situées des deux côtés du tube de mesure. Perpendiculairement à cela, deux électrodes montées sur la paroi interne de la conduite mesurent la tension produite lors du passage du fluide. La tension induite est proportionnelle à la vitesse d'écoulement et de ce fait au débit volumique.



Figure III.4 : Débitmètre électromagnétique

III.4.1.1.3. Dégrillage fin automatique

La station d'épuration est équipée par trois dégrilleurs fin, chaque dégrilleur d'une capacité de 1700 m³/h, a pour fonctionnalité le traitement des effluents par la séparation et l'évacuation des macro-déchets > 10 mm et divise ainsi les matières grossières dans une benne.

Cet atelier combine les fonctions suivantes :

- Dégrillage mécanique ;
- Transport des refus ;
- Compactage des refus.



Figure III.5 : Dégrillage fin automatique

III.4.1.1.4. Chenal d'échantillonnage d'eau brute

Les échantillons d'eau sont prélevés par un préleveur automatique situé entre le dégrillage fin et le bassin de dessablage-déshuilage.



Figure III.6 : Préleveur d'échantillons automatique

III.4.1.1.5. Dessablage déshuilage

Par un débit par ouvrage de $1700 \text{ m}^3/\text{h}$, les eaux dégrillées alimentent gravitairement les deux dessaleurs-déshuileurs, les dimensions des bassins sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Dimension du bassin dessableur/deshuileur

Dimension	Unité	Valeur
Longueur	m	28
Largeur	m	6
Hauteur	m	10.12
Nombre de bassins	/	2
Volume	m^3	3400

Source : OTV France STEP Djelfa

Chaque bassin est équipé par 3 aérateurs immergés, ainsi permettent la flottation des graisses et décantation des produits denses, les sables se déposent dans le fond de l'ouvrage d'où ils seront extraits par deux pompes d'extraction des sables, qui sont installées au niveau de chaque trémie dessableur et refoulés vers le traitement de sable (laveur de sable). Les graisses et flottants sont raclés et récupérés dans une bache à graisses et ensuite vers le décharge public.



Figure III.7 : Dessableur/Déshuileur

III.4.1.1.6. Ouvrage de Répartition / Ecrêtage

Après prétraitements, les effluents sont admis dans un ouvrage de répartition permettant d'orienter les flux suivants :

- 2360 m³/h vers le traitement biologique répartis pour 42% vers la file existante (991 m³/h), et 58 % vers la nouvelle file (1369 m³/h),
- 1040 m³/h en by pass.

La régulation des débits est assurée par des lames déversantes calibrées pour les admissions en biologie, et une vanne basculante automatique asservie à une sonde de mesure de niveau pour les effluents by-passés.

Il est par ailleurs possible d'isoler la chaîne de traitement existante à partir de cet ouvrage.



Figure III.8 : Répartiteur

III.4.1.2. Première file (File existante)

III.4.1.2.1. Traitement primaire

En amont du traitement biologique chaque ligne de traitement pour une station de moyenne charge comportera une décantation primaire, permettant de limiter l'importance des ouvrages d'épuration en particulier l'ouvrage d'aération dont le fonctionnement retenu est la moyenne charge, et favorisant une meilleure implantation générale vu la configuration du terrain fourni. Ainsi il sépare les matières facilement décantables lourdes qui se déposent au fond du bassin. En effet 90 % des matières en suspension y sont retenus et constituent les boues primaires.

Les corps flottants sont également retenus. Un pont racleur entraîne les boues au centre de l'ouvrage d'où, par pompage, sont régulièrement évacuées vers le bassin d'épaisseur des boues. Les boues primaires sont raclées vers un puits central d'où elles sont aspirées par une pompe et son secours automatique et envoyées en stabilisation. Les pompes installées sont asservies à la mesure de voile de boues et à une horloge.



Figure III.9 : Décanteur primaire file existant

Tableau III.5 : Dimension de décanteur primaire file existant

Dimension	Unité	Valeur
Diamètre au miroir de l'ouvrage	m	30
Hauteur d'eau en zone périphérique de l'ouvrage	m	2.2
Surface utile	m ²	706
Volume utile	m ³	1837

Source : OTV France STEP Djelfa

Les rendements de la décantation primaire pour la file existante sont :

- Un abattement de 30% des charges entrantes de DCO
- Un abattement de 55 % des charges entrantes des MES

Après la décantation primaire les eaux sont dirigées vers les bassins d'aération.

III.4.1.2.2. Traitement secondaire

III.4.1.2.2.1. Bassin d'aération

En provenance du traitement primaire, les eaux arrivent au bassin d'aération. Dans les bassins, une aération efficace est nécessaire à la bonne dégradation de la pollution et à une parfaite maîtrise des coûts de fonctionnement. Aussi, l'aération est réalisée par des turbines de surface. Les apports d'oxygène doivent être modulés en fonction de la charge en entrée. Une régulation à l'aide d'une sonde de mesure de l'oxygène dissous d'optimiser l'aération en fonction de la charge entrante. Un secours sur horloge est prévu. Le volume total disponible (3 bassins) pour le traitement biologique est de 4461 m³ car le bassin de stabilisation est réhabilité en bassin d'aération. Avec un effluent aéré, les bactéries trouvent des conditions favorables pour leur développement : elles disposent d'oxygène et d'un substrat carboné.

Dans les bassins, il se déroule les réactions biologiques suivantes :

➤ Dégradation du substrat organique :

Les bactéries utilisent les matières organiques disponibles comme substrat. Sous l'action des enzymes et en présence d'oxygène, la réaction fournit de l'énergie et des sous produits sous forme de gaz carbonique, d'eau et d'ammoniac.

➤ Synthèse cellulaire :

L'énergie produite par la dégradation du substrat permet aux bactéries de se développer et se multiplier, c'est ce qu'on appelle la synthèse cellulaire. Il convient cependant de réguler la quantité de bactéries présentes dans les bassins. Aussi l'extraction des boues permet de maintenir une biomasse constante.



Figure III.10 : Bassin d'aération file existant

Tableau III.6 : Dimension de bassin d'aération file existant

Dimension	Unité	Valeur
Longueur	m	41
Largeur	m	25
Hauteur	m	4
Volume	m ³	4100
Nombre des bassins	/	1

Source : OTV France STEP Djelfa

III.4.1.2.2.2 Décantation secondaire :

Cette étape du traitement est primordiale, elle assure la séparation entre les boues et l'eau traitée. L'efficacité de la séparation eau/boue dépend de la décantabilité des boues (liée à la nature des effluents) et de la capacité de l'ouvrage à atténuer de fortes variations de charges hydrauliques.

Tableau III.7 : Dimensions de décanteur secondaire file existante

Dimension	Unité	File existant
Diamètre intérieur	m	30
Hauteur d'eau en périphérie	m	2.2
Surface de clarification	m ²	706
Volume de bassin	m ³	1837
Forme	/	Cylindro-conique

Source : OTV France STEP Djelfa

**Figure III.11 : Décanteur secondaire (clarificateur) file existante****Tableau III.8 : Paramètres entrée clarificateur file existante**

Paramètre	Unité	Valeur annuelle moyenne	Valeur pointe temps sec
Débit entrant par ouvrage	m ³ /h	486,4	991,2
Vitesse ascensionnelle	m ³ /m ² .h	0,34	0,70
Temps de passage	h	6,30	3,09

Source : OTV France STEP Djelfa

III.4.1.2.2.3 Ouvrage de pompage et de recirculation des boues :

Il est nécessaire de contrôler la quantité de boues recirculées. Si la quantité de boues recirculées est trop importante, des problèmes d'ordre hydraulique risquent d'apparaître sur le clarificateur par imposition d'une charge au radier trop importante. Si elle est trop faible, cela entraîne un stockage des boues dans le clarificateur. Il y a alors risque d'anoxie prolongée des boues et donc d'une dénitrification dans le clarificateur, provoquant un entraînement des boues vers la surverse. Le débit des pompes de recirculation est contrôlé par l'installation d'une mesure de débit électromagnétique sur la canalisation de refoulement des boues.

Une poire de niveau dans le poste permet la sécurité primaire des pompes.

Un portique de manutention équipé d'un palan permet la manutention des pompes.

III.4.1.2.3 Désinfection et comptage de l'eau épurée

III.4.1.2.3.1. Canal de comptage et d'échantillonnage

A la sortie de la décantation secondaire, les eaux dites épurées sont envoyées ensuite vers les bassins de chloration, via le chenal de mesure intégré à l'ouvrage, le chenal est équipé d'un jaugeur venturi, la hauteur d'eau au niveau du col de ce venturi est mesurée par une sonde ultrasonique, cette sonde est reliée à un transmetteur donnant une mesure locale de la valeur instantanée du débit ainsi que le cumul des volumes traités et qui seront affichés sur le système de gestion de la station. Proportionnellement à la mesure de débit un échantillonneur automatique et une analyse de l'eau épurée délivre les signaux de mesure (MES, CE, pH et T°).

III.4.1.2.3.2. Bassin de chloration :

La désinfection est réalisée par injection d'eau de javel dans un bassin de contact équipé de chicanes qui permet un temps de contact de 15 mn par rapport au débit maximal. Le réactif stocké dans une cuve verticale de 30 m³ est injecté par une pompe doseuse de débit 50 à 150 l/h avec un secours en atelier.

Tableau III.9 : Dimension du bassin de chloration

Dimension	Unité	Valeur
Cotés	m	8.5
Hauteur d'effluents	m	3.7
Volume utile	m ³	250

Source : OTV France STEP Djelfa



Figure III.12 : Station de chloration file existante

III.4.1.3. Deuxième file (Nouvelle file) :

III.4.1.3.1. Traitement primaire :

Avant le traitement biologique les effluents transitent via deux ouvrages de décantation primaire de caractéristiques unitaire, données dans le tableau (Tableau III.9). Actuellement, seulement un décanteur est en service (Figure III.13).

Une trémie de reprise des flottants en inox 304 L est installée sur le décanteur primaire existant ce qui permet de récupérer les flottants grâce au racle de surface. Les flottants partent vers le poste à flottants gravitairement puis sont pompés jusqu'au bassin de stabilisation. Les boues primaires sont raclées vers un puits central, d'où elles sont aspirées pour chaque ouvrage par une pompe et envoyées en stabilisation. Les pompes sont asservies à la mesure de voile de boues et à une horloge.

Après décantation primaire les eaux sont dirigées vers les bassins d'aération.



Figure III.13 : Décanteur primaire nouvelle file

Tableau III.10 : Dimension de décanteur primaire nouvelle file

Dimension	Unité	Valeur
Diamètre au miroir de l'ouvrage	m	25
Hauteur d'eau en zone périphérique de l'ouvrage	m	2.5
Surface utile	m ²	490
Volume utile	m ³	1227
Nombre d'ouvrage	/	2

Source : OTV France STEP Djelfa

Les rendements de la décantation primaire pour la nouvelle file sont :

- Un abattement de 30% des charges entrantes de DCO
- Un abattement de 55 % des charges entrantes des MES

III.4.1.3.2. Traitement secondaire

En aval de la décantation primaire, les effluents transitent par un nouvel ouvrage de répartition qui permet une équi-alimentation des chaînes biologiques, et éventuellement le by-pass d'une chaîne de traitement. Dans ce cas l'ensemble des effluents est admis sur une seule chaîne de traitement.

III.4.1.3.2.1. Bassin d'aération

Pour ces nouvelles lignes de traitement l'aération est effectuée dans deux bassins identiques de volume unitaire 3 208 m³, soit un total de 6 416 m³.



Figure III.14 : Bassin d'aération nouvelle file

Tableau III.11 : Dimension de bassin d'aération nouvelle file

Dimension	Unité	Valeur
Longueur	m	40
Largeur	m	33
Hauteur	m	5
Volume	m ³	6600
Nombre des bassins	/	2

Source : OTV France STEP Djelfa

III.4.1.3.2.2 Décantation secondaire :

La nouvelle file dispose de deux décanteurs secondaires de forme circulaire (Figure III.15). Les dimensions de chaque décanteur sont :

Tableau III.12 : Dimensions de décanteur secondaire nouvelle file

Dimension	Unité	Valeur
Diamètre intérieur	m	36
Hauteur d'eau en périphérie	m	3.8
Surface de clarification	m ²	1017.8
Volume de bassin	m ³	3868
Nombre du bassin	/	2
Forme	/	Cylindro-conique

Source : OTV France STEP Djelfa



Figure III.15 : Décanteur secondaire nouvelle file

Le décanteur est équipé d'un pont racleur pour le raclage des boues déposées au fond de l'ouvrage. La vitesse de rotation est de l'ordre de 1,5 tr/min.

Les eaux clarifiées issues du décanteur sont ensuite envoyées vers la dernière étape de traitement et qui est la désinfection. Une partie des bouées décantées est envoyée en tête du bassin d'aération (recyclage des boues) tandis que l'autre partie elle est envoyée vers l'épaississeur.

III.4.1.3.2.3. Ouvrage de pompage et de recirculation des boues :

La recirculation des boues recueillies dans les clarificateurs a pour objectif de maintenir la concentration en biomasse épuratrice dans les bassins d'aération.

III.4.1.3.3. Désinfection et comptage de l'eau épurée :

III.4.1.3.3.1 Canal de comptage et d'échantillonnage :

La mesure de débit finale permet de connaître les flux traités rejetés dans le milieu naturel. Elle est effectuée pour chaque ligne de traitement par un canal ouvert équipé d'un canal venturi et d'une sonde de type ultrason qui permettent de connaître les flux instantanés transitant par cet ouvrage ainsi que leur totalisation. À ce niveau est présent le préleveur automatique de contrôle des effluents de sortie sur la chaîne existante. Celui-ci est thermostaté à 4 °C, sous abri, ouvert en face avant et est isotherme. Il a asservi au flux d'eau traité (un prélèvement tous les $x \text{ m}^3$).

III.4.1.3.3.2. Bassin de chloration :

Tableau III.13 : Dimension du bassin de chloration

Dimension	Unité	Valeur
Cotés	m	10
Hauteur d'effluents	m	3.7
Volume utile	m^3	350

Source : OTV France STEP Djelfa

III.4.1.3.3.3. Station de chloration :

La désinfection est réalisée par injection d'eau de javel dans un bassin de contact équipé de chicanes qui permet un temps de contact de 15 mn par rapport au débit maximal.

Le réactif stocké dans une cuve verticale de 30 m^3 est injecté par une pompe doseuse de débit 50 à 150 l/h avec un secours en atelier.



Figure III.16 : Station de chloration nouvelle file

III.4.2 Ligne de traitement des boues :

Les boues issues des traitements primaires et secondaires pour les deux files sont dirigées vers une unique filière.

III.4.2.1. Epaissement des boues :

L'épaulement gravitaire permet de concentrer les boues. Cette technologie offre l'avantage d'une consommation électrique très basse. En effet, le seul consommateur d'énergie de ce procédé d'épaulement est la motorisation de la herse qui, par son mouvement circulaire, favorise la séparation de l'eau et de la boue contenue dans celle-ci.

Tableau III.14 : Dimension de l'épaulement des boues

Dimension	Unité	Valeur
Diamètre intérieur	m	20
Hauteur d'eau en périphérie	m	4.1
Volume	m ³	1444

Source : OTV France STEP Djelfa



Figure III.17 : Epaisseur des boues

III.4.2.2. Stabilisation de boue

La stabilisation aérobie des boues a pour but la réduction de matières organiques dans la masse globale des matières à un taux inférieur ou égal à 60%. Les dimensions du stabilisateur de boue sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.15 : Dimension de stabilisateur de boue

Dimension	Unité	Valeur
Longueur	m	37.8
Largeur	m	25.2
Hauteur d'effluents	m	4.85
Volume utile	m ³	4620

Source : OTV France STEP Djelfa

Cette réduction s'effectue par une aération de la boue sans apport de substrat carboné, ceci favorisant une auto-synthèse de la masse cellulaire, donc une dégradation de la masse organique. Les temps de traitement des boues lors d'une stabilisation aérobie sont de 14 jours. L'aération des boues est assurée par 6 turbines verticales dont le rendement d'oxygénation retenu est de 1,85 kg O₂/kW en conditions standards.

III.4.2.3. Déshydratation :

L'atelier de déshydratation a été dimensionné pour un fonctionnement de 16 heures par jour, 6 jours par semaine pour une concentration moyenne de 28,6 g/l. La déshydratation des boues est assurée par filtres à bandes presseuses. Les boues aspirées dans les bassins de stabilisation sont refoulées vers l'atelier de déshydratation. Elles sont floculées par injection d'un polymère en tête de chaque machine, ce qui permet d'améliorer la formation des floccs.

Chaque ligne a une pompe dédiée ainsi que son débitmètre électromagnétique. Une pompe secours est fournie en magasin. En amont des filtres presse une table d'égouttage permet une évacuation facile de la plus grande partie de l'eau. Au niveau du filtre presse, la boue passe entre deux toiles filtrantes à défilement continu en appliquant progressivement une pression allant jusqu'à 1,5 kg/cm². La tension des toiles est maintenue par correction pneumatique. En fin de pressage, les derniers rouleaux ont un rayon plus petit, pour cisailier le gâteau et en faciliter la récupération. Les boues déshydratées sont décollées par racleurs et sont reprises sous chaque filtre par des tapis de convoyage. Les toiles sont nettoyées par des rampes de lavage, alimentée par de l'eau industrielle à 7 bars environ. La production de boues en excès est de 7 513 kg/j par jour calendaire.



Figure III.18 : Tables et presses à bandes

L'atelier de déshydratation devra traiter sur 6 j par semaine un poids de boues de 8765 kg/j sur 2 filtres à bandes presseuses.

Tableau III.16 : Paramètre fonctionnement Tables et Presses a bandes

Paramètre	Unité	Valeur
Filtres	Nombre	2
Durée	j/sem	6
Masse journalière des boues traitées	kg MS/j	8 766
Volume journalier total des boues traitées	m ³ /j	306
Capacité d'un filtre	m ³ /h	17,0
Durée de fonctionnement théorique	h/j	9
Masse horaire des matières traitées par machine	Kg MS/h	487
Capacité nominale d'une machine	Kg MS/h	490
Teneur moyenne en MVS	% kg MV/MS	55 à 60
Siccité des boues déshydratées	%	20
Charge spécifique	kg MS/h/ml	196
Flux total de boues déshydratées	m ³ /h	4,9

Source : OTV France STEP Djelfa

III.4.2.3.1. Préparation du Polymère :

Une centrale de préparation automatique à partir de polymère en poudre est prévue. Le polymère est livré et stocké dans le local polymère. Il est dosé et dilué avec de l'eau de forage. Afin d'assurer une bonne dilution, la préparation automatique est équipée de deux agitateurs pendulaires. Un stockage de 15 jours est prévu. Il y a une pompe de dosage par file. Une plateforme d'accès est mise en place avec garde-corps et escalier d'accès.

Tableau III.17 : Paramètre préparation du polymère.

Polymère	Unité	Valeur
Taux de traitement	kg/tMS	10 +/- 1
Consommation journalière	kg/j	88
Consommation horaire	kg/h	9,8
Concentration de la solution de polymère	g/l	4
Débit horaire par filtre	m ³ /h	1,2

Source : OTV France STEP Djelfa

III.4.2.3.2. Évacuation et stockage des boues déshydratées :

Une vis de convoyage reprend la totalité des boues en sortie des filtres et alimente une pompe gaveuse. Celle-ci envoie les boues déshydratées vers différents points de stockage à travers une canalisation en acier noir revêtu époxy :

- 4 bennes de 15 m³ ;
- deux aires de stockage de 385 m³ chacune ce qui permet un stockage d'une semaine.

Une tuyauterie équipée d'un joint tournant vient alimenter deux bennes. Lorsqu'une benne est vide, la rotation de la tuyauterie permet d'alimenter l'autre benne.

Le volume maximum des boues déshydratées est de 43,8 m³ par jour de travail à 20% de siccité. Des vannes guillotines manuelles permettent de choisir le lieu de refoulement des boues.

III.4.3. Bâtiment d'exploitation :

Il renferme en plus d'un laboratoire, des bureaux, deux salles de réunion et sale de commande.



Figure III.19 : Bâtiment d'exploitation

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu voir une description détaillée de la station d'épuration de la ville de Djelfa et les conditions de fonctionnement de cette dernière. D'une part les différentes étapes de traitement des eaux usées, à savoir : les prétraitements, traitement biologique et décantation et d'autre part, le traitement des boues : l'épaississement, la stabilisation et la déshydratation.

CHAPITRE IV :
METHODES ET MOYENS
D'ANALYSE

Introduction :

Dans toute station d'épuration des eaux usées il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques et bactériologiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivants : DBO_5 , DCO , MES , NO_3^- , NH_4^+ , et PO_4^{3-} .

IV.1 Mesure des débits :

Pour la mesure le débit dans la station il existe un débitmètre électromagnétique après le dégrillage grossier.

D'après le principe d'induction de Faraday, une tension est induite dans un conducteur qui se déplace dans un champ magnétique. Dans le cas du principe électromagnétique, c'est le fluide en mouvement qui représente le conducteur.

Le champ magnétique avec une puissance constante est généré par deux bobines magnétiques situées des deux côtés du tube de mesure. Perpendiculairement à cela, deux électrodes montées sur la paroi interne de la conduite mesurent la tension produite lors du passage du fluide. La tension induite est proportionnelle à la vitesse d'écoulement et de ce fait au débit volumique. (Endress)



Figure IV.1 : débitmètre électromagnétique

IV.2 Echantillonnage :

Un certain volume d'eau usée est prélevé, à l'entrée de la STEP ainsi qu'à la sortie. Les échantillons d'eau sont prélevés automatiquement dans des flacons en polyéthylène, préalablement lavés et rincés avec de l'eau distillée, puis ramenées au laboratoire de la STEP pour analyse. Ils sont réalisés grâce à un système de siphonage alimentant un bilan en continu pendant 24h.

Les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des concentrations de l'échantillon. Ainsi, ils doivent être conservés à une température de 4°C.



Figure IV.2 : préleveur d'échantillon

IV.3 Détermination des matières en suspension MES :

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales pour être filtrés dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure.

D'une façon générale, les matières grossières en suspension doivent être préalablement éliminées par passage sur un tamis.

Méthode par filtration :

Principe :

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

Matériel spécial :

- Dispositif de filtration sous vide
- Disques filtrants en fibres de verre
- Agitateur
- Pipette
- Balance de précision
- Coupelle en aluminium (ou creusets en porcelaine)
- Papier filtre
- Pince à filtre
- Étuve (105°C)



Figure IV.3 : Etuve



Figure IV.4 : papier filtre

Mode opératoire :

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur. Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre. Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 mL d'eau permutée. Faire passer sur le filtre cette eau de lavage. Laisser essorer le filtre, sécher à 105°C pendant 24h. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à masse constante.

Expression des résultats :

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/L) est donnée par l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (M2 - M1) \frac{1000}{V}$$

M1 : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M2 : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V : Volume d'eau utilisée (mL).

IV.4 Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) :

La valeur de la DCO est un indicateur important, avec laquelle on peut caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques. Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables, présentes dans l'eau quelle que soit leur origine, organique ou minérale, biodégradable ou non.

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le bichromate de potassium, $K_2Cr_2O_7$ dans une solution portée à ébullition, à reflux pendant 2 heures en présence d'ions Ag^+ (sulfate d'argent) comme catalyseurs d'oxydation et d'ions Hg^{2+} permettant de complexer les ions chlorures. D'une manière simplifiée, on peut décrire ce phénomène par la réaction suivante :

**Matériel spécial :**

- Réacteur DCO
- Spectrophotomètre
- Bécher
- Micropipette
- Kit n°514 HACH

Mode opératoire :

- Mélanger le contenu pour avoir une solution homogène
- Pipetter 2,0 ml d'échantillon avec précaution
- Fermer la cuve et nettoyer l'extérieur de celle-ci
- Mélanger
- Chauffer dans le thermostat (2h à 148°C)
- Sortir la cuve chaude
- Retourner 2 fois avec précaution
- Laisser refroidir à température ambiante (dans le support de cuve)
- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer



Figure IV.5 : Réacteur DCO mètre.



Figure IV.6 : Spectrophotomètre DR3900.

IV.5. Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

L'effet principale d'un rejet de matières organiques biodégradables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui en résulte. La détermination de la DBO₅ a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'en estimer les effets.



La détermination de la DBO₅ consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à température constante de 20°C, pendant un temps limité, par convention à 5 jours et à l'obscurité à l'aide d'un système de mesure OxiTop (Incubateur). Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentables.

Matériels spécial et réactifs :

- Incubateur (armoire thermostatique),
- Inhibiteur de nitrification
- Hydroxyde de potassium
- Flacons en verre bruns
- Agitateurs magnétiques
- Ballons de débordement (157ml)
- Entonnoir
- Pipette 50ml et 100ml
- Joints caoutchouc
- Sondes DBO

Mode opératoire :

- Bien mélanger l'échantillon selon la norme, laisser reposer un court moment
- Mesurer exactement le volume d'échantillon et verser dans le flacon (s'aider éventuellement d'un entonnoir)
- Ajouter l'inhibiteur de nitrification pour inhiber la nitrification (le dosage optimal en inhibiteur de nitrification dépend de la plage de mesure).
- Placer un agitateur magnétique propre dans chaque flacon et remplir le joint caoutchouc avec 3-4 gouttes de solution d'hydroxyde de potassium
- Placer immédiatement le joint caoutchouc dans le flacon
- Placer les sondes DBO sur les flacons et les viser avec soin
- Puis placer immédiatement les flacons avec les sondes sur le support (dans l'armoire thermostatique).



Figure IV.7 : DBO mètre.



Figure IV.8 : flacon à DBO.

IV.6. Mesure de l'ammonium NH_4^+ :

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature et un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+), la nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitritation par nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitratisation par nitrobacter

Echantillonnage :

Les analyses d'Azote ammoniacal ont été effectuées trois fois par semaine, pour cela, trois points de prélèvement ont été choisis. Un prélèvement de l'eau brute est effectué après l'étape de dégrillage fin. Encore un deuxième et troisième prélèvement de l'eau épurée à la sortie du clarificateur des deux files existantes et extension. Ce prélèvement se fait dans des flacons de 2000 ml

Mode opératoire :

L'analyse d'azote ammoniacal se fait par kit chimique « HACH LANGE » LCK 304 (0,015-2,0 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$ /0,02-2,50 NH_4)

Selon les étapes suivantes :

- Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable
- Dévisser le DosiCap Zip

- Pipeter 5,0 ml d'échantillon
- Visser immédiatement le DosiCap Zip dirigeant le cannelage vers le haut
- Secouer énergiquement
- Attendre 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer dans le spectrophotomètre (DR3900)

IV.7. Dosage des Nitrates NO_3^- :

La méthode de la réduction au cadmium (méthode colorimétrique n°339 HACH) a été appliquée pour la gamme 0,23 à 13,5 mg/L NO_3^- à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR3900. Dans une solution d'acide sulfurique et phosphorique, les ions nitrates réagissent avec le 2,6-diméthylphénol pour donner du 4-nitro-2,6-diméthylphénol.

Echantillonnage :

Les analyses des nitrates ont été effectuées trois fois par semaine. Pour cela, trois points de prélèvement ont été choisis. Un prélèvement de l'eau brute est effectué après l'étape de dégrillage fin, encore un deuxième et troisième prélèvement de l'eau épurée à la sortie de clarificateur des deux files existant et extension. Ce prélèvement se fait dans des flacons de 2000 mL.

Matériels spécial :

- Kit n°339 HACH
- Bécher
- Agitateur magnétique
- Barreau magnétique
- Micropipette (5mL)
- Spectrophotomètre

Mode opératoire :

- Pipetter lentement 1 mL d'échantillon
- Pipetter lentement 0,2 mL de la solution LCK 339 A
- Fermer la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à ce que le mélange soit complet
- Attende 15 minutes, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer

IV.8. Dosage des orthophosphates PO_4^{3-} :

Pour la détermination du phosphore, le dosage a été réalisé selon la méthode colorimétrique n°350 HACH pour des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg/L, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR3900.

Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement sous forme de phosphate. La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate. Les ions phosphate (Orthophosphate) réagissent en solution acide avec les ions molybdate et antimoine pour donner un complexe de phosphore molybdate d'antimoine. Celui-ci est réduit par l'acide ascorbique en bleu de phosphore molybdène.

Echantillonnage :

Les analyses de phosphore ont été effectuées trois fois par semaine. Pour cela, trois points de prélèvement ont été choisis. Un prélèvement de l'eau brute est effectué après l'étape de dégrillage fin, encore un deuxième et troisième prélèvement de l'eau épurée à la sortie de clarificateur des deux files existant et extension. Ce prélèvement se fait dans des flacons de 2000 mL .

Matériels spécial :

- Kit n°350 HACH
- Bécher
- Agitateur magnétique
- Barreau magnétique
- Micropipette (1 mL)
- Réacteur (thermostat 100°C pendant 60 min)
- Spectrophotomètre

Mode opératoire :

L'analyse du phosphore se fait par kit chimique « HACH LANGE » LCK 350 (2,0-20,0 mg/l PO₄-P / 6,0-60,0 PO₄) selon les étapes suivantes :

- Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable
- Dévisser le DosiCap Zip
- Pipeter 0,4 ml d'échantillon
- Visser immédiatement le DosiCap Zip dirigeant le cannelage vers le haut
- Secouer énergiquement
- Chauffer dans le thermostat 60 min à 100°C
- Pipetter dans la cuve une fois refroidie :0,5 ml de réactif B (LCK 350 C)
- Viser un DosiCap C (LCK 350 C) gris sur la cuve
- Mélanger le contenu de la cuve en la retournant plusieurs fois de suite
- Attendre 10 minutes, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer dans le spectrophotomètre (DR3900)

IV.9. Dosage de l'azote Kjeldahl (NTK) :

L'azote Kjeldahl représente les formes réduites de l'azote, soit l'azote organique et l'azote ammoniacal.

Le dosage de l'azote Kjeldahl repose sur la transformation des composés azotés dosables par minéralisation de l'échantillon.

Principe :

L'échantillon est minéralisé à chaud en présence d'acide sulfurique et d'un catalyseur (sélénium) puis distillé, l'ammoniac est recueilli par une solution d'acide borique indicateur.

Dosage de l'ion ammonium du distillat par titrimétrie avec l'acide chlorhydrique.

Réactifs :

L'eau utilisée pour la préparation des réactifs est de l'eau distillée.

- Acide chlorhydrique $\rho=1,18\text{g/l}$
- Hydroxyde de sodium $c(\text{NaOH})=500\text{mg/l}$
- Acide chlorhydrique $c(\text{HCl})=0,1\text{ mol/l}$ (elle se prépare par dilution à partir de l'acide chlorhydrique $\rho=1,18\text{g/l}$)
- Acide chlorhydrique $c(\text{HCl})=0,02\text{ mol/l}$ (elle se prépare par dilution à partir de l'acide chlorhydrique $\rho=1,18\text{g/l}$)
- Bleu de méthylène, solution à $1,5\text{g/l}$
- Rouge de méthyle, solution à $0,5\text{g/l}$
- L'acide borique indicateur (H_3PO_4)

Préparation

- Dissoudre 20g d'acide borique dans de l'eau chaude ;
- Amener à température ambiante ;
- Ajouter 10ml de la solution rouge de méthyle
- Ajouter 2ml de la solution bleu de méthylène ;
- Diluer et compléter à un litre.
- Mélange catalyseur (1000g sulfate de potassium et 10g de sélénium)
- Solution de contrôle acétanilide à 50mg/l

Appareillage :

- Réfrigérateur
- Balance analytique, précision $\pm 0,01\text{g}$
- Un agitateur
- Minéralisation -digesteur
- Distillateurs BUCHI

- Burette

Accessoire et verreries du laboratoire :

- Barreaux magnétiques
- Entonnoir en verre
- Fioles jaugées de 1000ml
- Eprouvettes graduées de 50ml et 100ml

Préparation et conservation des échantillons :

Nature du récipient : matière plastique (exp. polyéthylène) ou bien en verre borosilicate.

Technique de conservation : acidifier à un pH compris entre 1 et 2 avec acide sulfurique ou bien congeler à -20°C.

Durée de conservation : 01 mois.

Mode opératoire :

- Homogénéiser l'échantillon
- Préchauffer l'appareil de digestion sur position 08 (environ 05min)
- Transférer quantitativement l'échantillon mesuré, dans le tube de digestion ou minéralisation (on introduit une prise d'essai de (50ml)
- Faire un blanc (100ml) et solution de control (50ml) avec l'analyse
- Ajouter de 05g de mélange catalyseur (sélénium)
- Ajouter 10ml de l'acide sulfurique pur (d de 1,84)
- Placer les modules d'aspiration avec les joints montés sur support des tubes
- Placer le tube de digestion dans le thermo-réacteur de digestion
- Dès que les fumées blanches apparaissent augmentées la température sur position 09
- Lorsque les fumées disparaissent complètement, et le minéralisât s'éclaircit poursuivre le chauffage pendant 60min
- A la fin minéralisât devient incolore
- Laisser refroidir a la température ambiante

Distillation par entrainement à la vapeur d'eau

- Placer le tube contenant l'échantillon dans le distillateur BUCHI
- Distiller l'échantillon

Titration

- Titrer le distillat avec de l'acide chlorhydrique à 0,1 N

Exploitation et interprétation des résultats :

$$\text{NTK (mg/l)} = (V_1 - V_2) \times 14,01 \times C \times 1000 / V_0$$

V_0 : volume (ml) de la prise d'essai

V_1 : volume (ml) de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage

V_2 : volume (ml) de la solution d'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage du blanc.

C : concentration (mol/l) de la solution chlorhydrique utilisé pour le titrage

14,01 : la masse atomique d'azote

Le résultat peut être exprimé en concentration en masse d'azote ρ_N , en milligrammes par litre, ou en concentration de substance azotée.

CHAPITRE V :

ETUDE DES INDICATEURS DE

PERFORMANCE

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le contexte d'une approche globale de maîtrise du système d'assainissement. Pour disposer de valeurs fiables concernant l'hydraulique et le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de pollution nous avons cherché à obtenir et à valoriser le maximum de données disponibles concernant l'hydraulique et le suivi des principaux paramètres physico-chimiques de pollution. Les résultats doivent permettre d'identifier les insuffisances et de proposer des solutions techniques pour une meilleure gestion des eaux usées. Pour cela nous avons identifié les paramètres physicochimiques les plus significatifs en terme d'impact sur le milieu récepteur par une analyse de 7 variables physicochimiques (NTK , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^- , DCO , DBO_5 , MES). Cette étude définit les valeurs de concentrations moyennes, les ratios et les gammes de variations associées, caractéristiques des eaux usées.

Par la suite, nous avons calculé des ratios indicateurs de pollution qui doivent nous permettre de mettre en évidence les optimisations nécessaires à la station. L'étude a permis d'une part, de déterminer le sens de variation des paramètres de pollution et les différents rapports qui existent entre eux. D'autre part, elle nous a permis de classifier ces paramètres selon deux critères. Le premier repose sur la nature et l'origine des polluants. Le deuxième repose sur le respect et le non respect des normes autorisées. Les résultats des analyses nous ont permis d'identifier les insuffisances afin d'améliorer le rendement des installations d'évacuation et de traitement des eaux usées.

V.1. Evolution de la charge hydraulique :

La station d'épuration de Djelfa a été conçue pour un débit nominal de $27800 \text{ m}^3/\text{j}$. Les dépassements de débits enregistrés pendant quelques jours en Janvier, Mai et Décembre 2016 sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.1 : Débits max enregistrés

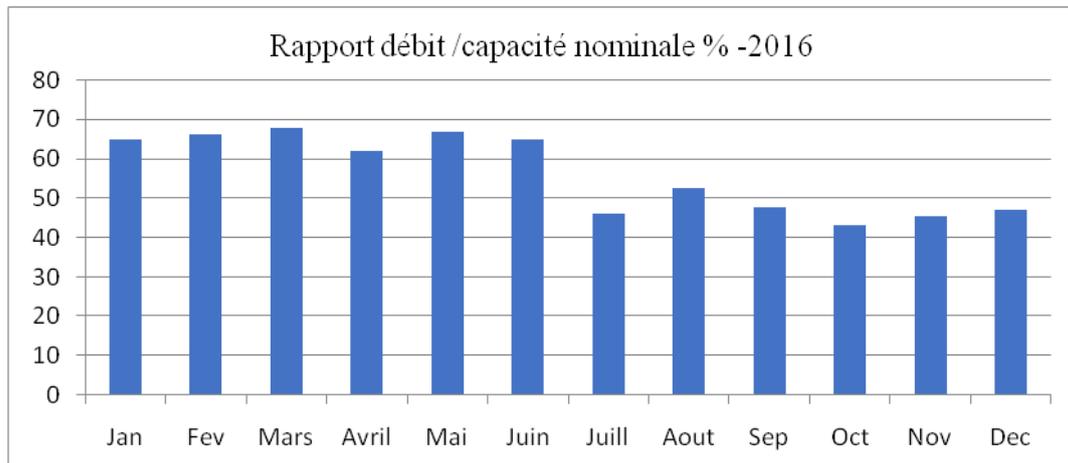
Période	Débit max (m^3/j)	Dépassement/Débit nominal ($27800 \text{ m}^3/\text{j}$)
Janvier 2016	28900	3.96 %
Mai 2016	28600	2.88 %
Décembre 2016	28190	1.4 %

Source: OTV France STEP Djelfa 2016

Les dépassements enregistrés dans le débit représentent la part des eaux claires parasites (ECP) qui sont en nette augmentation pendant les mois de (Janvier, Mai et Décembre). D'après (M. Bernard et al 2012) les eaux claires parasites (eaux de drainage, fontaines, refroidissement,...etc.) surchargent également inutilement le réseau de collecteurs. Elles

diluent les eaux usées avant le traitement. Elles peuvent provoquer l'augmentation des rejets en amont sur le réseau, engendrent une augmentation des coûts d'exploitation des STEP et peuvent empêcher le respect des performances exigées.

Le débit moyen représente 56% de la capacité nominale (figure V.I), mais on rencontre des dépassements de débit pour quelques jours en Janvier, Mai et Décembre. Tant que la capacité nominale n'est pas atteinte, de telles pointes de charges devraient pouvoir être absorbées sans problème par l'installation.



FigureV.1 : Rapport du débit par rapport à la capacité nominale -2016

La part des eaux claires parasites (ECP) est calculée en évaluant l'effet de la dilution des eaux usées par les eaux claires sur le paramètre DBO_5 , par rapport à de l'eau usée théorique non diluée. Avec un Equivalent Habitant correspond à une charge de pollution journalière de : 60 g de DBO_5 et 150 l/j d'eau consommée (Karef S, 2017).

D'après l'équation trouvée par Karef et al, (2017), on peut calculer le volume des eaux claires parasites, ainsi que le taux de dilution. L'équation trouvée est de la forme : $Y = a - bX$.

Avec Y : le volume journalier d'eaux claires parasites

a : le volume quotidien d'eaux usées

$$b = 150/60 = 2.5$$

X: charge entrante en kg DBO_5 /j

Cette équation est tirée du tableau suivant :

Tableau V.2 : Calcul et évolution du taux de dilution-2016

Mois	Eau brute m ³ /j	Charge entrante Kg DBO ₅ /j	Charge entrante EH (1EH=60g DBO ₅ /j)	Volume EU théorique non dilué m ³ /j (150l /EH/j)	Volume (ECP) m ³ /j	Taux de dilution %
Jan	17990	5746	95647	14347	3643	25%
Fev	18373	5181	86353	12953	5420	42%
Mars	18839	4406	73441	11016	7823	71%
Avril	17229	4736	78933	11841	5388	46%
Mai	18588	5591	93187	13978	4609	33%
Juin	18015	5009	83483	12523	5491	44%
Juill	12750	3495	58245	8737	4013	46%
Aout	14587	3864	64403	9660	4927	51%
Sep	13260	3050	50830	7625	5636	74%
Oct	11933	2325	38743	5811	6122	105%
Nov	12595	3109	51822	7773	4821	62%
Dec	13049	3255	54243	8136	4912	60%

On note un taux de dilution généralement plus important pendant les événements pluvieux.

Le volume d'eau claire parasite est estimé à partir des concentrations de DBO₅ à l'entrée de la station d'épuration. [ECP (DBO₅)]. Il est donné par l'équation trouvée de la forme $Y = a-bX$, ce qui confirme que moins les concentrations mesurées sont élevées, plus la part d'eaux claires parasites est importante.

La part moyenne des eaux claires parasites pour la période d'étude (Janvier- Décembre 2016), avec un volume moyen journalier de 15601 m³/j et une concentration moyenne DBO₅ de 262 mg/l, ce qui donne une charge moyenne journalière de DBO₅ 4152.5 kg/j, elle est estimée à partir de l'équation trouvée par Karef S et al (2017), $Y = a-bX$.

Nous aurons alors $Y = 15601 - 2.5 \times 4152.5 = 5234$ m³/j, représentant 50.27% du volume des eaux usées théoriques non dilués, trouvé de 10367 m³/j.

V.2. Evolution de la charge polluante :

V.2.1. Suivi du traitement de l'azote :

L'azote Kjeldahl NTK, est le paramètre le plus représentatif de la collecte des eaux usées (N. Bettahar et al 2009). Les concentrations moyennes en azote Kjeldahl en entrée et en sortie de la station sont respectivement 50.25 mg/l et 6.05 mg/l, soit 87.96% d'abattement (tableau V.3).

Tableau V.3 : Résultats de l'azote de l'entrée à la sortie de la STEP

Paramètres	Moyenne		MAX		MIN	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
NTK mg/l	50.25	6.05	58	8.12	46	4.6
N-NH ₄ ⁺ mg/l	27.74	3.23	36.73	7.36	20.53	0.7
N-NO ₃ ⁻ mg/l	1.11	10.51	1.5	19.22	0.6	2.34

Source: OTV France STEP Djelfa 2016

Les concentrations moyennes de l'ammoniaque NH₄⁺ varient de 27.74 à 3.23mg/l de l'entrée vers la sortie.

Par contre les concentrations en nitrates NO₃⁻ varient entre 0.6 mg/l et 1.5 mg/l à l'entrée, avec une moyenne de 1.11 mg/l. Leurs teneurs en sortie varient entre 2.34 mg/l et 19.22 mg/l avec une moyenne de 10.51 mg/l. Donc une augmentation de 846.84%, de l'entrée vers la sortie qui est due à la nitrification.

On peut considérer que la nitrification ne fonctionne bien que si la concentration d'azote ammoniacal dans l'eau traitée est inférieure à 1 mg N-NH₄/l. Inversement, si la concentration d'azote nitrique dans l'eau traitée dépasse, par temps sec, 3 à 5 mg N-NO₃/l, il y a lieu de diminuer légèrement la durée journalière d'aération (G. Deronzier et al, 2001).

L'augmentation de la durée journalière d'aération permet d'accélérer le rétablissement de bonnes performances de traitement de l'azote, mais elle n'est pas impérative pour la viabilité de la nitrification (J.M. Choubert et al, 2002). Pour la STEP de Djelfa, il est nécessaire de diminuer la durée journalière d'aération.

V.2.2. Suivi du traitement du phosphore

Ces eaux usées sont caractérisées par des valeurs en orthophosphates oscillant entre 3.35 mg/l et 5.05 mg/l avec une moyenne de 4.27 mg/l en P-PO₄³⁻ (tableau V.4). Les teneurs résiduelles moyennes en orthophosphates sont de 1.65 mg/l. Ces valeurs sont très élevées par rapport à la limite tolérable de 0.1mg/l en phosphore total pour le rejet d'effluents dans un milieu sensible à l'eutrophisation (Ayers et Wescot, 1985).

Par contre elles sont inférieures à 10 mg/l en orthophosphates, comme étant une valeur limite acceptable d'un rejet direct dans le milieu récepteur (JORADP, 1996). Le rendement d'élimination moyen est de 61.35 % .

Tableau V.4 : Résultats de Phosphore de l'entrée à la sortie de la STEP

Paramètres	Moyenne		MAX		MIN	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
PO ₄ ³⁻ mg/l	4.27	1.65	5.05	2.42	3.35	0.97

Source: OTV France STEP Djelfa 2016

V.2.3. Equilibre nutritionnel :

Le métabolisme bactérien s'accompagne de besoins azotés sous forme d'azote ammoniacal et de besoins phosphorés sous forme d'orthophosphates dans les proportions suivantes : $DBO_5/N-NH_4^+/P-PO_4^{3-}$: (100/5/1) (Karef S, et al 2017).

Pour une DBO_5 moyenne de 262 mg/l et pour respecter ce ratio théorique, les concentrations en $N-NH_4$ et $P-PO_4$ doivent être respectivement de 13.1 mg/l et 2.62 mg/l. Or les valeurs moyennes enregistrées (27.74 mg/l en $N-NH_4$ et 4.27 mg/l de $P-PO_4^{3-}$) indiquent une hausse de 111.75% pour $N-NH_4^+$ et une hausse de 62.97% pour $P-PO_4^{3-}$ par rapport aux ratios théoriques respectifs. Ce déséquilibre en nutriments peut constituer un handicap au niveau du traitement biologique.

V.2.4. Suivi du traitement des charges organiques :

Les MES représente 106.5% de la valeur nominale, avec une fréquence de dépassement de 50% et un rendement d'abattement de 91% (tableau V.3).

Tableau V.5 : Résultats des MES, DCO et DBO_5 des eaux usées brutes et épurées (2016)

Paramètres	Moyenne		MAX		MIN		Valeur nominale	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
MES mg/l	405	36.5	603	49.5	272	24	380	35
DCO mg/l	646	110	794	135	530	79	875.5	125
DBO_5 mg/l	262	23	319	58	195	16	347.5	25

Source: TV France STEP Djelfa 2016

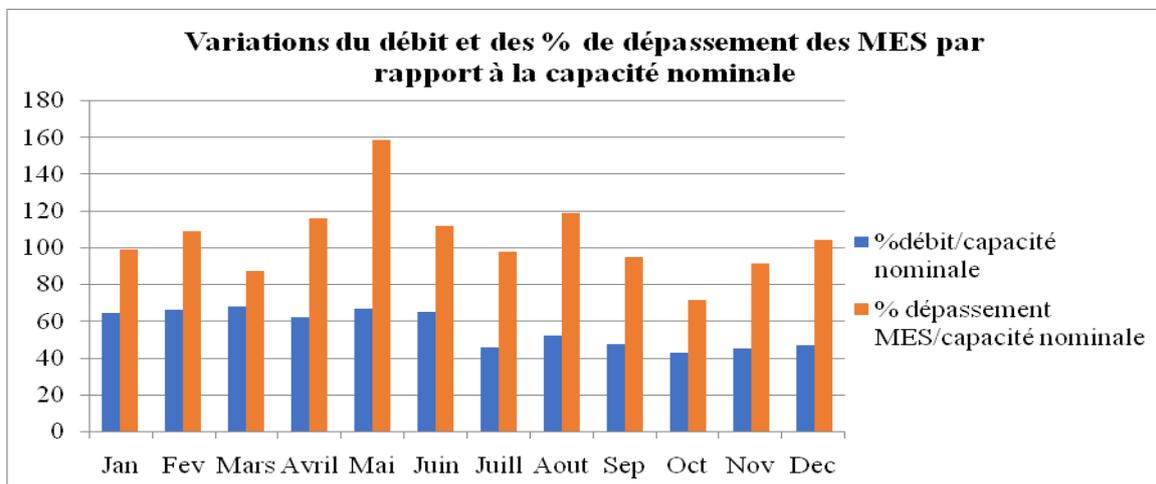


Figure V.2 : Variations du débit et des % de dépassement des MES par rapport à la capacité nominale-2016

La DBO_5 égale à 75.4% de la valeur nominale et aucun dépassement n'a été enregistré. Le rendement d'abattement est de 91.19%.

La DCO égale à 73.78% de la valeur nominale et aucun dépassement n'a été enregistré. Le rendement d'élimination est de 82.97%.

La DCO est d'un rendement de 82.97 %. C'est une forte réduction de la DCO qui selon (M. Achak et al, 2011) est liée à une meilleure oxygénation qui permet aux bactéries aérobies de proliférer et d'assurer en conséquence une meilleure minéralisation ou oxydation de la matière organique.

V.2.5 Les ratios :

L'utilisation de ces paramètres de caractérisation constitue un bon moyen pour donner une image du degré de pollution, ainsi que l'origine des effluents bruts et aussi pour optimiser les paramètres physico chimiques de ces eaux usées afin de proposer un mode de traitement convenable.

Tableau V.6 : Relation entre les paramètres de pollution

Ration	Moyenne	Max	Min
MES/DBO ₅	1,52	2	1.18
DCO/MES	1,65	2.08	1.28
MES/DCO	0,62	0,76	0,43
DCO/DBO ₅ (eau brute)	2,49	2,95	1.96
DCO/DBO ₅ (eau épurée)	5.27	6.62	1.89
DBO ₅ /DCO	0,41	0,51	0,34
DBO ₅ /NTK	5,22	6,13	4.18
DBO ₅ /MES	0,67	0,84	0,49
NH ₄ ⁺ /NTK	0,55	0,75	0.39
NTK/DBO ₅	0.19	0.23	0.16
DCO/NTK	12.92	14.83	10.39
NH ₄ ⁺ /DCO	0.04	0.06	0.03

DCO/DBO₅ : La valeur moyenne du rapport DCO/DBO₅ trouvée de 2.49, est caractéristique d'un effluent domestique moyennement biodégradable (tableau V.6).

A l'issue des contrôles effectués, les résultats montrent une diminution de la part de matières organiques oxydables durant le processus de traitement avec un rapport moyen DCO/DBO₅ en sortie de 5.27 et des valeurs extrêmes oscillant de 1.89 à 6.62.

DBO₅/DCO : On considère souvent le ratio DBO₅/DCO, qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Au niveau du collecteur, le rapport DBO₅/DCO est moyen avec une valeur de 0.41, ce qui confirme que ces eaux sont chargées en matières organiques, mais assez chargées en matières inorganiques. La charge organique rend ces eaux moyennement instables, c'est-à-dire qu'elles évoluent vite vers des formes « digérées » avec le risque de dégagement d'odeur (dans un milieu anaérobie).

DCO/NTK : Le ratio DCO/NTK varie de 10.39 à 14.83 avec une valeur moyenne de 12.92. D'après (A.G. Sadowski, 2002) pour un effluent urbain strict, ce ratio est compris entre 8.8 et

12 et il indique la mixité de l'effluent et a une influence sur la dénitrification. Dans le cas d'une eau usée avec un faible ratio DCO/NTK, la teneur en carbone organique de l'effluent digéré peut être insuffisante pour atteindre une dénitrification complète (N. Bernetet al, 2001). Mais des ratios DCO/NTK trop élevés risquent de perturber la nitrification car selon (J.M. Choubert et al, 2002), DCO/NTK de l'intrant a un effet direct sur la concentration en biomasse autotrophe des boues et donc sur la vitesse maximale de nitrification.

DCO/MES : La valeur moyenne du rapport DCO/MES de 1,65 est supérieur à la valeur 1.64 trouvée par Gromaire,(1998). Ce ratio varie entre 1.28 et 2.08. La valeur maximale est imputable au phénomène de sédimentation – érosion lors des événements pluvieux importants. Ce ratio représente la teneur de la DCO dans les particules.

NH₄⁺/DCO : Le ratio NH₄⁺/DCO est inférieur à 1 (moyenne : 0.04), cette valeur peut être considérée comme caractéristique des eaux usées domestiques.

MES/DCO : Le ratio MES/DCO présente une valeur moyenne égale à 0.62, une valeur élevée par rapport à la valeur moyenne de 0.5, recommandée par Karef et al (2017) qui d'après lui l'augmentation du ratio MES/DCO est un indice qui nous permet de suspecter un phénomène de remise en suspension des dépôts (phénomène de sédimentation- érosion durant le transport en réseau).

NTK/DBO₅ : Le ratio NTK/DBO₅ évolue entre 0,16 et 0.23 avec une valeur moyenne de 0,19, La cinétique de dénitrification dépend de ce ratio.

DBO₅/NTK : Les valeurs enregistrées concernant ce ratio varient entre 4.18 et 6,13 avec 5.22 comme valeur moyenne. Cette dernière dépasse légèrement celles usuellement rencontrées (4 à 5) et montre bien le degré d'abattement de l'azote global.

NH₄⁺/NTK : Le rapport NH₄⁺/NTK indique le degré d'ammonification réalisé durant le transfert de l'effluent dans le réseau (A.G. Sadowski, 2002). L'azote se trouve dans les eaux usées sous ses deux formes réduites (organique et ammoniacale). Le transit dans le réseau modifie leurs proportions en faveur de la forme ammoniacale. Selon le temps de séjour et la température, la proportion d'azote ammoniacal à l'entrée de la station d'épuration varie entre 50 % (réseaux courts) et 75 % (réseaux très longs) (G. Deronzier et al, 2001). Donc, une valeur du ration NH₄⁺/NTK trouvée de 0.55 traduit un écoulement de l'eau brute à travers un réseau relativement court.

DBO₅/MES : Le rapport DBO₅/MES moyen calculé est de 0,67, ce ratio est comparable à celui trouvé par (Gromaire, 1998) (0.78). Les valeurs extrêmes de ce ratio varient entre 0,49 et 0.84 et sont imputables au phénomène sédimentation-érosion dans le réseau.

MES/DBO₅ : Le ratio MES/DBO₅ indique la répartition de la pollution particulaire et de la

pollution dissoute, les valeurs extrêmes de ce ratio varient entre 1.18 et 2. La valeur moyenne est de 1.52 (tableau V.6). Cela indique que la pollution est plutôt granulaire que dissoute, ce qui caractérise un réseau essentiellement unitaire. Ces valeurs sont en accord avec les résultats publiés par (Gromaire et al, 2001) concernant les rejets unitaires de temps de pluie. Les variations enregistrées peuvent être attribuées au phénomène de sédimentation-érosion au sein du réseau.

V.3. Energie électrique consommée :

La valeur moyenne de l'énergie électrique consommée est de 9446,72 kWh/j. La masse de pollution éliminée en termes de DBO₅ et de DCO s'élève respectivement à 3780,74 et 8544,23 kg/j.

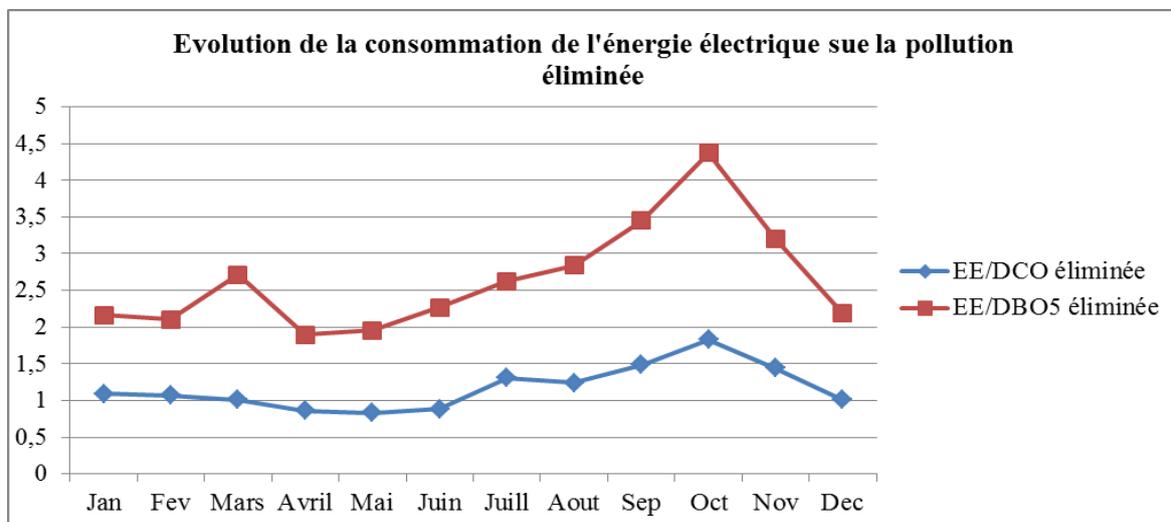


Figure V.3 : Variations des rapports EE/DBO₅ éliminée et EE/DCO éliminée-2016

La quantité d'énergie nécessaire pour éliminer cette pollution s'élève à 2.49 kWh/kg de DBO₅, par contre elle est de 1.10 kWh/kg de DCO. D'après (Karef S, et al 2017) pour la filière Boue activée, les valeurs usuelles de l'Energie E consommée pour l'élimination de la DBO₅ sont généralement < 2 kWh/kg DBO₅ éliminée.

La valeur maximale du rapport EE/DBO₅élim (Énergie Électrique /DBO₅ éliminée) de 4.37 a été enregistrée durant le mois de octobre. Nous avons trouvé durant toute l'année (figure V.3) que les valeurs de l'énergie électricité consommée sont supérieures à 2 kWh/kg sauf pendant les mois Avril et Mai, elles valent respectivement 1.89 et 1.95. On déduit alors, que l'installation et les différents réseaux électriques de la STEP de Djelfa enregistrent une anomalie et une perte d'énergie Il est recommandé, à cause de ces consommations spécifiques élevées, d'effectuer une analyse diagnostic énergétique de l'installation.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

En Algérie, les problèmes d'assainissement demeurent une préoccupation majeure et nécessitent une prise en charge conséquente par des mesures appropriées dans une optique de sauvegarde et de respect de l'environnement. Cet état de fait nous a obligé à donner de l'importance et améliorer les performances en localisant les défaillances dans le système d'assainissement par la recherche des indicateurs de performance. La mise en place de ces indicateurs constitue donc un outil d'aide à la gestion améliorée des stations d'épuration et des systèmes de collecte des eaux.

L'objectif principal de notre travail était la recherche des indicateurs de performances qui permettent d'identifier les insuffisances et de proposer des solutions techniques pour une meilleure gestion des eaux usées, par le suivi des paramètres hydrauliques et de pollution ainsi que les corrélations qui existent entre eux, pendant une période d'étude de 12 mois durant l'année 2016. Ce qui s'est soldé par :

Au niveau hydraulique, malgré que des dépassements de débit aient été enregistrés durant quelques jours en 2016, le débit moyen des eaux usées de 56% de la capacité nominale a été absorbé sans aucun problème par l'installation. Le taux de dilution des eaux usées trouvé de 50.27%, causée par les eaux claires parasites qui peuvent occasionner un dysfonctionnement des ouvrages, nécessite une prise en charge conséquente et un diagnostic permanent au niveau du réseau d'assainissement de la ville de Djelfa. La réinjection de ces eaux claires parasites au milieu naturel doit être privilégiée partout où elle est possible, en amont de la STEP et au niveau des déversoirs d'orage. Ce qui permet d'améliorer les performances du système d'assainissement et réduire les frais d'exploitation. Une bonne gestion de la STEP doit donc passer à l'avenir par une meilleure connaissance et maîtrise du réseau d'évacuation des eaux.

Le traitement de l'azote révèle que les concentrations moyennes de l'ammoniaque $N-NH_4^+$ diminuent de 27.74 à 3.23 mg/l de l'entrée à la sortie. Par contre les nitrates $N-NO_3^-$ augmentent de 1.11 à 10.51 mg/l de l'entrée à la sortie de la STEP, c'est due à la nitrification. Pour un meilleur contrôle et d'atténuation des nitrates à la sortie de la STEP de Djelfa, il y a lieu de diminuer la durée journalière d'aération, en augmentant la durée de dénitrification en anoxie.

Pour le métabolisme bactérien, les valeurs moyennes enregistrées de DBO_5 , N-NH_4^+ et P-PO_4^{3-} indiquent une hausse de 111.75% pour N-NH_4^+ et une hausse de 62.97% pour P-PO_4^{3-} . Ce déséquilibre en nutriments peut constituer un handicap au niveau du traitement biologique.

Au terme de l'évaluation du degré de pollution organique, on peut constater que l'ensemble des paramètres étudiés (en particulier avec la DBO_5 , la DCO et les MES) situent les eaux usées étudiées dans la tranche à concentration élevée, où nous avons enregistré un dépassement concernant les MES par rapport la capacité nominal. A signaler que le rapport moyen DCO/DBO_5 de 2.49 souligne bien le caractère moyennement biodégradable des eaux usées.

En ce qui concerne les ratios, on observe des valeurs moyennes similaires et parfois comparables à celles de la littérature. La particularité vient des valeurs élevées des ratios MES/DCO et MES/DBO_5 trouvées respectivement 0,62 et 1.52, traduisant ainsi une pollution à caractère particulière. Une étude quantitative serait souhaitable pour compléter ces résultats, notamment pour évaluer l'influence des réseaux de collecte sur la qualité des eaux usées domestiques brutes.

Les valeurs élevées de l'énergie électrique nécessaire pour l'élimination de la pollution, enregistrées durant tous les mois de l'année 2016, sauf pendant les mois Avril et Mai, provoquant des dépassements en consommation spécifique énergétique, nécessitent d'effectuer une analyse de diagnostic sur l'installation.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- ABY J.A, ET BRISSAUD F, 1997- *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation*. Office International de l'Eau, 76 p.
- ACHAK M, OUAZZANI N, MANDI L, 2011- *Organic pollutants removal from olive mill wastewater by a combined system of a sand filter and an aquatic plant system*, Water Sci., 24 (2011) 35–51.
- ADEME, 1996- *La valeur azotée des boues résiduelles de station d'épuration urbaines*. 336 p.
- ADEME, 2001 - *Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture*, Ademe Ed, Paris, 59 p.
- ADLER E, 2005- *Eléments sur l'épuration des eaux usées et la gestion des sous-produits de l'assainissement*, ENTPE, 86 p.
- ALEXANDRE D., 1979- Valorisation des boues, utilisation en agriculture.
- AMORCE.,2012, *Boues de Station d'Épuration : Techniques de traitement, Valorisation et Élimination*, Série Technique DT 51, Novembre 2012.
- ANRED., 1988- *La valorisation agricole des boues de la station d'épuration*. Cahier technique.23.117p.
- Armel G., 2001 - VALEUR FERTILISANTE A COURT TERME DU PHOSPHORE DES BOUES DE STATIONS D'EPURATION URBAINES. Thèse. Doctorat. Inst Nati Polytec. Lorraine, 33 p.
- ASANO T., 1998- Irrigation with reclaimed municipal wastewater : California experiences. CIHEAM Options Méditerranéennes, Bari (Italy), 119-132 p.
- ATTAB S., 2011- *amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local*, Thèse Magister., Univ. Ouaregla.
- AUDIC J. M, 2002- *Présentation des divers éléments des filières de traitement des eaux usées*, Traitement des eaux usées urbaines, Lyonnaise des eaux.
- AYERS R.-S., WESTCOT D.W. 1989- *Water quality for agriculture*, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, No. 29, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Rév. 1, 174 pp.

- BANZAOUI N ET ELBOUZ F., 2009- *Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt*. Mémoire Ingénieur chimie., Univ. Annaba.
- BASSOMPIERRE C, 2007- *Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers de la conception d'un pilote à la validation de modèles*. Thèse. Doctorat. Inst. Nati Polyt. Grenoble.
- BAUMONT S., CAMARD J-P., LEFRANC A., GREMY I (ORS). et FRANCONI A (IAURIF), 2004- *Réutilisation des eaux usées épurées : considérations sanitaires et intérêts pour l'Île-de-France- ORS d'Ile-de-France- Article : Environnement et Santé*, 4 p.
- BEKKOUCHE M, ET ZIDANE F, 2004- *Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Ouargla par lagunage*. Mémoire Ingénieur. Hydraulique saharienne. Univ. Ouargla. 67 p.
- BELHANI, M, BOURGOIS J. ET PONS M-N., 2008- *Analyse du cycle de Vie : Epuration des eaux usées urbaines*. Revue technique de l'ingénieur.
- BERNET N, DELGENES N, DELGENES J.P. ET MOLETTA R, SBR as a relevant technology to combine anaerobic digestion and denitrification in a single reactor, *Water Sci. Technol.*, 43 (2001) 209–214 p.
- BESSEDIK M ,2015- *traitement et épuration de l'eau*.
- BETTAHAR N, BENAMARA A, KETTAB A. ET DOUAOUI A, Potential risk of nitrate pollution of the semi-arid zones: Case of the western Mid-Chelif valley (northern Algeria), *Water Sci.*, 22 (2009) 69–78
- BLAIS J.F. ET SASSEVILLE J.L., 1996 - *Les mesures d'efficacité énergétique électrique dans le secteur de l'eau- État de l'art du traitement et de la disposition ou valorisation des boues d'usines d'épuration municipales*. Rapport de recherche No. 429. INRS-Eau, Université du Québec, Sainte-Foy, Qc.
- BLONDEAU F., 1985- *Le traitement centralisé des boues T.S.M l'eau*, n°6, juin.
- BOUMEDIENE A., 2013- *bilan de suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées : cas de la STEP AIN EL HOUTZ*. Mémoire de licence en hydraulique, Univ. Tlemcen.
- BRAME V, ET LEFEVRE G., 1977- *Aspects qualitatifs de l'utilisation agronomique des boues résiduaires des stations d'épurations*. Bull.d'AFES n°(3).
- BRODART E et al, 1989- *Modélisation statistique d'une usine de traitement de l'eau potable* ». Rencontres Internationales Eau et Technologies Avancées. Montpellier.

- CANLER J-P, « Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions », Document technique FNDAE n° 33, Centres de Lyon et d'Antony.
- CATHERINE B., ALAIN H. et JEAN-M H., 2009- Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final -Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008, 100 p.
- CELINE P., 2003 - *Épandage de boues d'épuration en milieu sylvo-pastoral. Étude des effets in situ et en mésocosmes sur la mésofaune du sol et la décomposition d'une litière de chêne liège (Quercus suber L.)*. Thèse. Doctorat. Univ de Droit d'Economie et des sciences d'Aix Marseille, 8 p.
- CHEICK T., 2007- *Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques* -Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible cout - centre collaborant de l'OMS, 43 p.
- CHERRARED M., ZEKIOUK, T. et CHOCAT, B., 2010- Algerian urban sewer systems durability: Study of the functional aspect of Jijel town's system». 7th International Conference on sustainable techniques and strategies for urban water management in rainy weather, NOVATECH, 27 June - 1 July , Lyon, France, 2010.
- CHOUBERT J.M., 2002- Analysis and Optimization of Nitroge Treatment by Activated Sludge Low Temperature, Doctor Thesis, University Louis Pasteur – Strasbourg I, France.
- Comité National des Boues (CNB) ., 2001-Les boues d'épuration municipales et leurs utilisation en agriculture. Collection « valorisation agricole des boues d'épuration ».Ed. ADEME. France.
- CSHPF., 1995- Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, 22 p
- DAHOU A, et BREK A, 2013- *lagunage aéré en zone aride performance épuratoires cas de (région de Ouaregla)*. Mémoire Master Académique. Univ de Ouaregla.
- Dégrémont. 1972- mémento technique de l'eau, Ed ; Lavoisier, Paris.
- DELPHINE R., 2008- Comparaison des populations microbiennes de digesteurs anaérobies traitant des boues de station d'épuration : analyse moléculaire de la diversité et de l'activité. Thèse de Doctorat. Université D'Evry Val D'Esonne, p.17
- DUCHENE ., 1990- les systemes de traitement des boues des station des petites collectivités pp11.
- EDELINE F, 1988- L'épuration biologique des eaux résiduaires, Technique et Documentation CEBEDOC.

- Endress., 2017- Débitmètres électromagnétiques
<https://www.dz.endress.com/fr/instrumentation-terrain-sur-mesure/debit-mesure-produits/debitmetres-electromagnetiques> .
- EN-NAWAOUÏ A, Mars 2010 -*Dimensionnement d'une STEP à lits bactériens précédés d'étangs anaérobies et Gestion des sous-produits. Cas de la ville de Kalaa de Sraghna*, Mémoire Mastère (MISEAD) ; Rabat- MAROC.
- FABY J.A. et BRISSAUD F., 1997- L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau, 76 p.
- FRANCK R, 2002- Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux.
- G. Deronzier, S. Schérite, Y. Racault, J.P. Canler, A. Liénar A. Héduit. et P. Duchène, Treatment of Nitrogen in the Biologic Treatment Plants of Small Communities, FNDAE N° 2, Technical Paper, Cemagref, 2001.
- GAÏD A ,1993 - *Traitement des eaux usées urbaines*, Techniques de l'Ingénieur, traité Construction, Doc. C 5 220 ,28 p.
- GAÏD A, 1984- *Épuration biologique des eaux usées urbaines* tome I, édition OPU,Alger.
- Gamarasni M A., 1986- Utilisation agricole des boues d'origines urbaines. Source. Paris (F.R).A F E E, 128 p.
- GOMELLA C et GERREE H. « les eaux usées dans l'agglomération ».
- GROMAIRE – METZ .MC, 1998- *La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire. Caractéristiques et origines*. Thèse. doctorat. Ecole nationale des Ponts et chaussée, 506 p.
- GROMAIRE et al. 2001. *Impact des rejets urbains de temps de pluie (RUTP) sur les milieux aquatiques*. Revue des Sciences de l'eau / Journal of Water Science. Volume 20, numéro 2, 2007, p 229 – 239. ISSN: 1718 - 8598 (numérique).
- GRULOIS P, 2002- Les boues résiduaires urbaines, évolution de la production et avenir des différentes filières d'évacuation, traitement des eaux usées urbaines. Lyonnaise des eaux. 334p
- GUY ATLAN M, 2003- *Les boues d'épuration et leurs perspectives de gestion en Île-de-France*, conseil économique et social, Région Ile de France ; 128 pp
- HANAKI K., WANTAWIN C. et OHGAKI S, 1990- *Nitrification at low levels of dissolved oxygen with and without organic loading in a suspended-growth reactor*. Water Research, 24(3), 297-302 p.

- HARTANI T, 2004- La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie, Projet INCO-WADEMED Actes du Séminaire Modernisation de l’Agriculture Irriguée Rabat.
- JAMONET B., 1987 - Le traitement des boues résiduelles .Université des sciences et technique du Languedoc. Montpellier.
- JORADP, 1996- Journal officiel de la République Algérienne. Normes de rejets dans le milieu récepteur, 46, 7-12 pp.
- KAREF S., 2012- *Valorisation des boues et des eaux épurées en agriculture et étude des indicateurs de performance : Cas de la STEP de Médéa.*, Thèse. Magistère, ENP, 6 p
- KAREF S., KETTAB A., LOUDYI D., BRUZZONITI M.C., Del BUBBA M., AIT NOUH F., BOUJELBEN N. et MANDI L., 2017- *Pollution parameters and identification of performance indicators for wastewater treatment plant of Medea (Algeria).* Desalination and Water Treatment, DOI: 10.5004/dwt.20290, vol.65, 192-198 pp.
- KARIMA A, 2009- *Modélisation hydraulique d'une bassin d'aération des stations d'épuration des eaux usées*, Mémoire magister en hydraulique, université Badji Mokhtar - annaba.
- KECK G. et VERNUS E., 2000- Déchets et risques pour la santé, Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2450 p.
- KETTAB A., METICHE, R. et BENNACAR, N., 2008- De l’eau pour un développement durable: enjeux et stratégies, Revue Science de l’Eau, vol. 21, n° (2), 247-256 pp.
- KOLLER E., 2004- *Traitement des pollutions industrielles eau, air, sols, boues.* Ed. Dunod. 424p.
- M BERNARD., P MANGE., D OBRIST., R BAGNOUD. et M. MATHIER., 2012- Balance Sheet of WWTP Functioning of Valais, Department of Transportation, Equipment and the Environment, Water Protection Section, Kanton Wallis.
- Macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla. Mem. Mgister. Univ. Ouargla.64p.
- MEDKOUR M, 2003- Réutilisation des eaux usées épurées, Séminaire sur le secteur de l’eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau. 12 p.
- Ministère de l’Environnement. – Document Techniques d’épuration actuelles et évolution. N° 27 avril 1994.
- NAKIB M., 1986- Contribution à l’étude des possibilités d’utilisation des eaux usées et des boues d’épuration dans l’agriculture Thèse de Magistère. INA, Alger, 81p.

- O.P.E.C.S.T., 2001- (Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques)-Les effet des métaux lourds sur l'environnement et la santé.par Miquel G.Rapport n°(261).
- OIE, 2001- (Office International de l'Eau)- Procèdes extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités, 44p.
- OIE., 2007- (office international de l'eau) : Définition de la pollution et des normes de rejet., 61 p.
- OMS., 1989- L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandations à visées sanitaire Rapport d'un groupe scientifique de l'OMS -Série de rapport technique, 778 Genève, 82 p.
- ONA., <https://ona-dz.org/L-ONA-en-chiffres.html> (consulté23-05-2019)
- PASCALE H., 2002- L'azote dans les effluents industriels : *son origine, ses inconvénients, ses traitements.* - L'eau, l'industrie, les nuisances : Revue mensuelle N°253/2002
- REJSEK F., 2002- *Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques.* Ed. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP), Bordeaux, 358 p.
- ROBERT T., 1981- *Station d'épuration : Eaux potables-Eaux usées.* Ed. Technique et Documentation, Paris.
- RODIER J., BAZIN C., BOURTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 2005- *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.* Ed. Dunod, Paris, 8ème édition, 1383 p.
- SADOWSKI A.G., 2002- *Calculation Method of a Treatment Spinneret, Laboratory SHU ENGEES "Urban Hydraulic Systems", National School of Water Engineering and Environment of Strasbourg, France.*
- SAGGAI M M, 2004- Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes
- SPDE., 2006 -Syndicat professionnel des entreprises de services d'eau et d'assainissement, La gestion intégrée des boues urbaines, Les solutions des délégataires de services d'eau et d'assainissement, pp 11
- TEDJANI K., 2017- L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines 24 janvier 2017.
- THIEM L.T., ALKHATIB E.A, 1988- In situ adaptation of activated sludge by shock loading to enhance treatment of high ammonia content petrochemical wastewater. Journal WPCF, vol.60, n°(7),1245-1252 pp.

- THOMAN C., 1983- Les possibilités d'utilisation des eaux usées en agriculture -technique et documentation.
- Webb LJ, 1984- A study of conditioning sewage sludges with lime.water pollution control, n°2 vol, 73 p.

www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae33.pdf consulté le 17-07-2013.

-

ANNEXES

Tableau A.1 : Suivi mensuel des différents paramètres des eaux brutes à l'entrée de la STEP de Djelfa – 2016

Mois	Debit m ³ /j	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	N-NO ₃ ⁻ mg/l	NTK mg/l	PO ₄ mg/l
Jan	17990	319	626	377	20,53	0,60	52	3,75
Fev	18373	282	586	414	22,35	1,00	50,5	3,35
Mars	18839	234	692	331	21,62	1,11	52	3,94
Avril	17229	275	679	441	22,44	1,19	47,6	4,64
Mai	18588	301	776	603	26,38	1,50	53	4,85
Juin	18015	278	794	426	28,35	1,38	53,5	5,05
Juill	12750	274	617	373	27,45	1,21	46	4,65
Aout	14587	265	669	452	31,56	1,44	49,5	4,74
Sep	13260	230	599	360	33,49	0,93	46	4,2
Oct	11933	195	530	272	30,55	0,80	46,5	3,7
Nov	12595	247	613	348	36,73	1,12	48,5	4,26
Dec	13049	249	603	398	30,47	1,05	58	4,13

Tableau A.2 : Suivi mensuel des différents paramètres des eaux épurées à la sortie de la STEP de Djelfa – 2016

Mois	Debit m ³ /j	DBO ₅ mg/l	DCO mg/l	MES mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	N-NO ₃ mg/l	NTK mg/l	PO ₄ mg/l
Jan	17990	58	110	36	5,37	19,22	6,24	1,075
Fev	18373	23	79	38	0,7	2,4	6,06	1,05
Mars	18839	16	106	33	3,75	4,56	6,24	1,39
Avril	17229	19	114	44	2,64	13,23	5,712	1,93
Mai	18588	17	108	36	2,29	11,46	6,36	1,58
Juin	18015	22	135	30	1,42	7,12	6,42	2,09
Juill	12750	23	114	43	2,7	13,51	4,6	1,77
Aout	14587	19	107	44	3,41	6,49	5,94	2,42
Sep	13260	21	114	34	2,97	14,84	5,52	2,13
Oct	11933	24	122	36	3,33	16,62	5,58	1,80
Nov	12595	17	103	37	7,36	2,34	5,82	1,61
Dec	13049	18	102	28	2,86	14,34	8,12	0,97

Tableau A.3 : Suivi Variations du débit, et des % de dépassement des MES par rapport à la capacité nominale de la STEP de Djelfa

Mois	% débit/capacité nominale	% dépassement MES/capacité nominale
Jan	64,7122302	99,2105263
Fev	66,0899281	108,947368
Mars	67,7651427	87,1731749
Avril	61,9743405	116,105263
Mai	66,8615688	158,641766
Juin	64,8010791	112,105263
Juill	45,8626131	98,098472
Aout	52,4719192	118,947368
Sep	47,6978417	95,2631579
Oct	42,925086	71,5789474
Nov	45,3043165	91,4536341
Dec	46,9376038	104,613003

Tableau A.4 : Suivi de la charge polluante (DCO, DBO5) et l'énergie électrique consommée pour son élimination

Mois	DBO ₅ Entrée kg/j	DBO ₅ Sortie kg/j	DBO ₅ éliminé	DCO Entrée kg/j	DCO Sortie kg/j	DCO éliminé	EE Kwh	EE/DBO ₅ éliminée	EE/DCO éliminée
Jan	5738,81	1043,42	4695,39	11261,74	1978,9	9282,84	10165,5833	2,16501363	1,0950941
Fev	5181,186	422,579	4758,607	10766,578	1451,467	9315,111	9993,66667	2,1001244	1,07284461
Mars	4406,43496	301,419355	4105,01561	13036,9948	1996,90323	11040,0916	11146,2083	2,71526576	1,00961195
Avril	4736,21545	327,348467	4408,86698	11700,1234	1964,0908	9736,03255	8368,70833	1,89815396	0,85956043
Mai	5591,24477	315,987774	5275,257	14423,3129	2007,45174	12415,8612	10306,5	1,95374368	0,83010754
Juin	5009,28758	396,3234	4612,96418	14301,2698	2431,9845	11869,2853	10470,5833	2,26981674	0,88215786
Juill	3494,68082	293,245548	3201,43527	7867,04186	1453,47794	6413,56393	8391,08333	2,62103795	1,30833394
Aout	3864,19463	277,156677	3587,03795	9758,36193	1560,82971	8197,53222	10185,7083	2,83958756	1,24253349
Sep	3049,8	278,46	2771,34	7942,74	1511,64	6431,1	9551,91667	3,44667802	1,4852695
Oct	2324,58228	286,396174	2038,1861	6324,58217	1455,84722	4868,73496	8918,125	4,37552046	1,83171298
Nov	3109,29188	214,1082	2895,18368	7724,26818	1297,2438	6427,02438	9268,79167	3,20145203	1,4421591
Dec	3254,55175	234,875769	3019,67598	7864,61008	1330,96269	6533,64739	6593,79167	2,18360901	1,00920531
Moyenne	4147	365,943364	3780,74665	10248	1703	8544,23538	9446,72222	2,64750027	1,17238257

Tableau A.5 : Suivi des ratios des paramètres de pollution

Mois	DCO/DBO ₅ Entrée	DBO/NTK	NH ₄ /NTK	NTK/DBO ₅	DCO/NTK	NH ₄ /DCO	MES/DBO ₅	DCO/MES	DBO ₅ /MES	DCO/DBO ₅ Sortie	MES/DCO	DBO ₅ /DCO
Jan	1,96	6,13	0,39	0,16	12,03	0,032	1,1818181	1,6604774	0,8461538	1,89	0,60223642	0,50958466
Fev	2,07	5,58	0,44	0,18	11,60	0,038	1,4680851	1,4154589	0,6811594	3,51	0,70648464	0,48122867
Mars	2,95	4,49	0,41	0,22	13,30	0,031	1,4162184	2,0891031	0,7061057	6,49	0,47867431	0,33799469
Avril	2,47	5,77	0,47	0,17	14,26	0,033	1,6049472	1,5392112	0,6230734	5,94	0,6496834	0,40480047
Mai	2,57	5,67	0,49	0,17	14,64	0,033	2,0040750	1,2871896	0,4989833	6,31	0,7768863	0,38765329
Juin	2,85	5,19	0,53	0,19	14,83	0,035	1,5320067	1,8635367	0,6527386	6,27	0,53661404	0,35026873
Juill	2,25	5,96	0,59	0,16	13,41	0,044	1,3600094	1,6552440	0,7352890	4,94	0,60414053	0,4442179
Aout	2,52	5,35	0,63	0,18	13,51	0,047	1,7062834	1,4800171	0,5860690	5,60	0,67566786	0,39598804
Sep	2,60	5	0,72	0,2	13,02	0,055	1,5652173	1,6638888	0,6388888	5,45	0,60100167	0,38397329
Oct	2,72	4,18	0,65	0,23	11,39	0,057	1,3963039	1,9485294	0,7161764	5,17	0,51320755	0,36754717
Nov	2,48	5,09	0,75	0,19	12,64	0,059	1,4076913	1,7647711	0,7103829	5,92	0,5666457	0,40253546
Dec	2,42	4,30	0,52	0,23	10,39	0,051	1,5938366	1,5161501	0,6274168	5,60	0,65956527	0,41382239

ملخص:

يتطلب نظام الصرف الصحي التحكم في شبكة التجميع والمعالجة من خلال البحث عن مؤشرات الأداء ضمن التنقية من أجل تحديد أوجه القصور واقتراح حلول تقنية كافية لإدارة أفضل للمياه العادمة، وهذا من خلال رصد العناصر المقاسة والعلاقات القائمة بينهما. الهدف من هذا العمل هو تحديد مؤشرات الأداء المختارة وفقاً للمشاكل التي تواجه نظام الصرف الصحي لمدينة الجلفة، هاذه المؤشرات تركز على المياه الطفيلية الصافية والترسبات والتآكل في الشبكة. بالنسبة لمحطة التنقية، كان تركيزنا على قدرة المعالجة، والتمثيل الغذائي الجرثوم، وكفاءة العلاج والعلاقة بين معايير التلوث واستهلاك الطاقة. أظهرت النتائج أن معدل التخفيف من المياه العادمة يرجع إلى تسرب المياه الطفيلية الصافية وأن اختلال العناصر الغذائية المرتبطة بعملية تغذية الايض البكتيري قد يكون عائقاً في العلاج البيولوجي، فيما يخص النسب MES/DBO_5 و MES/DCO العالية التي تعكس تلوث جسيماً حيث من الضروري دراسة تأثير شبكات التجميع على جودة المياه العادمة المنزلية. بالنسبة للقيم المفرطة للطاقة الكهربائية المستهلكة، يجب إجراء تحليل تشخيصي للتركيب.

Résumé :

Le système d'assainissement nécessite une maîtrise du réseau de collecte et de traitement via la recherche des indicateurs de performance au sein de l'épuration, afin d'identifier les insuffisances et de proposer des solutions techniques adéquates pour une meilleure gestion des eaux usées. Et ce, à travers le suivi les paramètres mesurés et les relations qui existent entre eux. L'objectif de ce travail est d'identifier les indicateurs de performance retenus en fonction des problèmes rencontrés dans le système d'assainissement de la ville de Djelfa. Ces indicateurs mettent l'accent sur l'eau claire parasite, sur le phénomène de sédimentation et l'érosion dans le réseau. Pour la station d'épuration, nous nous sommes intéressés à la capacité de traitement, au métabolisme bactérien, au rendement épuratoire et au rapport entre les paramètres de pollution, ainsi que la consommation d'énergie. Les résultats ont montré que le taux de dilution des eaux usées est dû à l'infiltration des eaux claires parasites et que le déséquilibre des éléments nutritifs lié au métabolisme bactérien peut constituer un handicap dans le traitement biologique. Pour les ratios élevés MES/DBO_5 et MES/DCO , reflétant une pollution particulière, il y'a lieu d'étudier l'effet des réseaux de collecte sur la qualité des eaux usées domestiques. Pour les valeurs excessives de l'énergie électrique consommée, une analyse diagnostic sur l'installation est à effectuer.

Abstract :

The sanitation system requires a control of the collection and treatment network through the search for performance indicators within the purification, in order to identify the insufficiencies and to propose adequate technical solutions for a better wastewater management. And this, through monitoring the measured parameters and the relationships that exist between them. The objective of this work is to identify the performance indicators selected according to the problems encountered in the sewerage system of the city of Djelfa. These indicators focus on parasitic clear water, sedimentation and erosion in the network. For the treatment plant, we looked at treatment capacity, bacterial metabolism, treatment efficiency and the relationship between pollution parameters and energy consumption. The results showed that the dilution rate of wastewater is due to the infiltration of parasitic clear water and that the imbalance of nutrients related to bacterial metabolism may be a handicap in biological treatment. For the high ratios TSS/BOD_5 and TSS/COD , reflecting particulate pollution, the effect of collection networks on the quality of domestic wastewater should be studied. For excessive values of the electrical energy consumed, a diagnostic analysis of the installation is to be carried out.