الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Institut de Technologie

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة أكلي محند أولحاج
- البويرة -
معهد التكنولوجيا

Département de Génie de l'Eau
Rapport de soutenance
En vue de l'obtention du diplôme
de Licence professionnelle en :
Hydraulique

Thème :

Evaluation des performances du traitement biologique au niveau de la STEP de Thénia (W.Boumerdes)

Réalisé par :

- MERIEM Siham
- HADDADI Djouher Ahlem
- BRAHIMI Nour El Houda

Encadré par :

- Mme SIFOUN Naima — MCB / Institut de Technologie, Université de Bouira
- Mme MEZGHICHE Imane — Laboratoire de la Station de Thénia/ ONA

Soutenu devant le jury *:*

- M .YAHIAOUI Abdelhakim — MCA/ Institut de Technologie, Université de Bouira
- Mme. ANOUCHE Karima — Pr / Institut de Technologie, Université de Bouira
- M. DJAFAR KHODJA Hakim — MCA/ Institut de Technologie, Université de Bouira
- Mme. REZIG Amina — MCA/ Institut de Technologie, Université de Bouira

Année Universitaire : ***2025/2026***

Remerciements

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 travail.

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant Madame **SIFOUN Naima**, pour l'orientation, la confiance, la patience et ses bonnes explications qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port.

Nous remerciement Madame **MEZGHICHE Imane**, pour les informations qu'elle nous a données.
Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci Infiniment.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mon cher père, Aucun mot ne saurait exprimer pleinement mon profond respect, mon amour éternel et ma considération pour tous les efforts, les conseils, et son encouragement tout au long de mon parcours.
À ma chère mère, l'amour de ma vie, que Dieu la protège, lui accorde santé, bonheur et longue vie, pour son amour infini, ses sacrifices et son soutien inconditionnel.
À mes frères, Mahdi et Brahim.
À ma sœur, Amina.
A tous les membres de ma famille.
À mes chères amies, celles qui ont toujours été pour moi un soutien et une source de force :
Brahimi Nour El Houda et sa famille, ainsi que Haddadi Djouher Ahlem et sa famille.
A ma meilleure amie, Milissa

Siham

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mon père, que le destin m'a arraché bien trop tôt, que Dieu lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis. Son souvenir demeure à jamais gravé dans mon cœur.

À ma très chère mère, que Dieu la protège, lui accorde santé, bonheur et longue vie, pour son amour infini, ses sacrifices et son soutien inconditionnel.

À mon second père, mon cher oncle Abdelkader, cet homme exceptionnel qui a toujours veillé à notre bien-être et œuvré pour que nous vivions dans le confort et la sérénité.

À ma seconde mère, son épouse, ce précieux cadeau de Dieu dans ma vie, ma bien-aimée, mon amie, envers qui les mots ne sauraient exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance.

À mes merveilleux frères, au cœur pur, qui ont partagé avec moi mes joies comme mes peines
Amine, Adam, Aboubaker, Aïssa et sa famille, Samir et sa famille, ainsi que Mourad.

À ma petite sœur, la fleur de ma vie et ce que j'ai de plus précieux, Wouroud, ainsi qu'à **mes sœurs** Razika, Hayat, Fadila et Djamila, et à leurs familles.

À ma grande famille, à mes deux grand-mères bien-aimées, mes deux trésors et mes deux roses Djouher et El Ward, ainsi qu'à mes tantes :
Massouda et sa famille, Djamila et sa famille et à mes oncles :
Azzedine et sa famille, Mohamed et sa famille, Rabah et sa famille.

Aux familles, Afroun, Dab, Haddadi, Meriem, Brahimi.

À ma cousine, ou plutôt ma sœur, Malak.

À mes chères amies et partenaires, celles qui ont toujours été pour moi un soutien et une source de force :
Mariam, Siham et leur famille, ainsi que Brahimi Nour El Houda et sa famille.

Djouher Ahlem

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

À mon père, cet homme exceptionnel qui a toujours veillé à notre bien-être et œuvré pour que nous vivions dans le confort et la sérénité

À ma très chère mère, que Dieu la protège, lui accorde santé, bonheur et longue vie, pour son amour infini, ses sacrifices et son soutien inconditionnel.

À mon père spirituel, mon cher père EL HASSEN, dont les prières exaucées ont éclairé et protégé mon chemin. Puisse Dieu te préserver, toi mon guide, mon soutien et mon soleil qui ne s'éteint

À ma seconde mère, son épouse, ce précieux cadeau de Dieu dans ma vie, ma bien-aimée, mon amie, envers qui les mots ne sauraient exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance.

À mes merveilleux frères, au cœur pur, qui ont partagé avec moi mes joies comme mes peines
Walid, Khaled, Chouaib, Abd el hak, Abd el djaber, Bilel, Abd el rahim, Aziz.

À ma petite sœur, la fleur de ma vie et ce que j'ai de plus précieux, Sadjida, ainsi qu'à **mes sœurs** Leila, Chiraz, Djana, Radia, Hadjira, et **mes autres sœurs** bien aimées.

Aux familles, Brahimi, Azouzi, Ramdani, Haddadi, Meriem.

À mes chères amies et partenaires, celles qui ont toujours été pour moi un soutien et une source de force :
Meriem Siham et sa famille, ainsi que Haddadi Djouher Ahlem et sa famille.

Nour el Houda

Table des matières

Remerciements
Dédicaces
Table de matières
Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations
Résumé
الملخص
Abstract
Introduction générale ……1
Chapitre I : Généralités sur les eaux usées urbaines et leur traitement
I.1 Introduction 2
I.2 Définition de la pollution des eaux usées 2
I.3 Différents types de pollution 2
I.3.1 Pollution chimique....2
I.3.2 Pollution physique 2
I.3.3 Pollution biologique 3
I.4 Définition des eaux usées 3
I.5 Origines des eaux usées....3
I.5.1 Eaux usées domestiques 3
I.5.2 Eaux industrielles 3
I.5.3 Eaux agricoles....4
I.5.4 Eaux pluviales 4
I.6 Caractéristiques des eaux usées urbaines 4
I.6.1 Paramètres organoleptiques....4
I.6.2 Odeur 4
I.6.3 Paramètres physico-chimiques 5
I.6.4 Paramètres chimiques....6
I.6.5 Paramètres biologiques....7
I.7 Etapes de traitement des eaux usées 7
I.7.1 Prétraitement....8
I.7.2 Traitement primaire 9
I.7.3 Traitement secondaire (biologique)....9
I.7.4 Clarification (décantation secondaire)....12
I.7.5 Traitements tertiaires 13
I.8 Normes de rejet dans le milieu récepteur 14
I.9 Conclusion....15
Chapitre II: Généralités sur le traitement biologiques par boues activées
II.1 Introduction 16

II.2 Définition et historique 16
II.3 Composition et caractéristiques des boues activées 16
II.4 Paramètres de fonctionnement 17
II.5 Schéma de fonctionnement d'une station à boues activées 19
II.5.1 Bassin d'aération 20
II.5.2 Système d'aération 20
II.5.3 Clarificateur 21
II.5.4 Recyclage des boues 21
II.5.5 Evacuation des boues en excès 22
II.6 Élimination des polluants 22
II.6.1 Élimination de la matière organique 22
II.6.2 Nitrification 22
II.6.3 Dénitrification 23
II.6.4 Élimination du phosphore 23
II.7 Paramètres de contrôle et d'exploitation de traitement biologique 23
II.7.1 pH 24
II.7.2 Température 24
II.7.3 Indice de Molhman 24
II.7.4 Surveillance microbiologique 25
II.8 Dysfonctionnements et problèmes d'exploitation 25
II.8.1 Moussage 25
II.8.2 Boues filamenteuses (bulking) 25
II.8.3 Flottation des boues 25
II.8.4 Solutions et actions correctives 26
II.9 Conclusion 26
Chapitre III: Présentation de lieu de stage
III.1 Introduction 27
III.2 Présentation de l'unité d'assainissement de Boumerdès 27
III.3 Présentation de la station de Thénia 28
III.4 Organigramme de la station 29
III.5 Caractéristiques des eaux usées à l'entrée de la STEP de Thénia 30
III.5.1 Caractéristiques hydrauliques 30
III.5.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'effluent 30
III.6 Présentation de la filière de traitement de la STEP 30
III.7 Filière eau 31
III.7.1 Prétraitement 31
III.7.1.1 Dégrillage 31
III.7.1.2 Dessablage-dégraissage 32

III.7.2 Traitement primaire 33
III.7.3 Traitement secondaire 33
III.7.4 Traitement tertiaire 35
III.8 Filière boue 35
III.8.1 Epaississement 35
III.8.2 Déshydratation 36
III.9 Analyses réalisées dans la STEP 37
III.10 Conclusion 38
Chapitre IV: Matériel et méthodes
IV.1 Introduction 39
IV.2 Echantillonnage des eaux analysées 39
IV.3 Techniques d'analyse 40
IV.3.1 Mesure de pH 40
IV.3.2 Mesure de la température 41
IV.3.3 Détermination de la matière en suspension (MES) 41
IV.3.4 Conductivité 43
IV.3.5 Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) 43
IV.3.6 Demande biochimique en oxygène DBO_5 45
IV.3.7 Test de décantation : 47
IV.3.8 Indice de Mohlman 48
IV.3.9 Vue microscopique 49
IV.3.10 Calcul du rendement opératoire 50
IV.4 Conclusion 50
Chapitre V : Résultats et discussion
IV.1 Introduction 51
IV.2 Suivi de pH 51
IV.3 Suivi de la température 53
IV.4 Suivi de la conductivité 55
IV.5 Suivi des MES 56
IV.6 Suivi de la DCO 57
IV.7 Suivi de la DBO_5 58
IV.8 Rendements d'épuration 60
IV.9 Suivie de l'indice de boues 61
IV.10 Suivi de l'observation microscopique 63
IV.11 Conclusion 63
Conclusion générale 64
Références bibliographiques 65

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées urbaines

Figure I.1 : Filière d'épuration des eaux usées urbain ……..……8
Figure I.2 : Schéma explicatif d'un disque biologique……..… 10
Figure I.3 : Lit bactérien……...10
Figure I.4 : Schéma le lagunage…….. 11
Figure I.5 : Schéma de procédé a boues activées ……...….12
Figure I.6 : Clarificateur……...12
Figure I.7 : Elimination biologique de l'azote…….13
Figure I.8 : Déphosphatation biologique……..…14

Chapitre II : Généralité sur le traitement biologique des eaux usée par boue activées

Figure II.1: Boue activée……..…..17
Figure II.2: Schéma globale d'un procédé par boues actives……..... 19
Figure II.3 : Bassin d'aération……..…20
Figure II.4 : Système d'aération……..….21
Figure II.5 : Clarificateur ……..……..21

Chapitre III : présentation de lieu de stage

Figure III.1 : Station de Thénia par Google Maps …….….29
Figure III.2 : Organigramme de la STEP de Thénia……..…….…….29
Figure III.3 : Schéma global du traitement au niveau de la station de Thénia……. ..31
Figure III.4:Dégrilleur automatique……..……...32
Figure III.5 : Dégrilleur manuel……....32
Figure III.6 : Décanteur primaire vide…….33
Figure III.7 : Bassin d'aération…….....34
Figure III.8 : Acti-Rotor……...34
Figure III .9 : Clarificateur……...35
Figure III.10: Epaississeur……...36
Figure III.11 : Chambre de polymère……...37
Figure III.12 : Presse de déshydratation……...37
Figure III.13 : Gâteau de Boues……...37

Chapitre IV : Matériel et méthodes

Figure IV. 1 : Schéma explicatif pour l'échantillonnage des eaux analysées et boues……...40
Figure IV. 2: pH-mètre utilisé……..41
Figure IV. 3: Balance……...43

Figure IV. 4: Filtration sous vide…….……43
Figure IV. 5 : Spectrophotomètre…….44
Figure IV. 6: Thermoréacteur……..44
Figure IV. 7 : Kit DCO 21258_51……..44
Figure IV. 8: Schéma représentatif du mode opératoire pour la mesure de la DCO……..45
Figure IV. 9: Dispositif de DBO_5-mètre……..46
Figure IV. 10 : Test de décantation……..48
Figure IV. 11 : Microscope optique…….49
Chapitre V : Résultats et discussion
Figure V.1 : Variation de pH pour les eaux EB et EE ……53
Figure V.2 : Variation de la température pour les eaux EB et EE……..55
Figure V.3 : Variation de la conductivité pour les eaux EB et EE…….....56
Figure V.4 : Variation des MES pour les eaux EB et EE ……..57
Figure V.5 : Variation de la DCO pour les eaux EB et EE……..…….. 58
Figure V.6 : Variation de la DBO_5 pour les eaux EB et EE……..…….....59
Figure V.7 : Vue microscopique de la boue dans le bassin d'aération ……63

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralités sur les eaux usées urbaines

Tableau I.1 : Normes de rejets dans un milieu récepteur…….15

Chapitre II : Généralités sur le traitement biologique des eaux usées par boues activées

Tableau II.1 : Classification des procédés par boues activées……..…18

Chapitre III : Présentation de lieu de stage

Tableau III.1:Stations d'épuration appartenant à l'unité de Boumerdès …….…….....28

Tableau III.2 : Caractéristiques hydrauliques de la STEP de Thénia…….…..30

Tableau III.3: Caractéristiques de rejet de STEP…….……30

Tableau III.4: Dimensions de dégrilleur moyenne……...32

Tableau III.5: Caractéristiques de bassin d'aération…….34

Tableau III.6 : Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles de l'épaississeur……...35

Tableau III.7 : Dimensions de bassin de déshydratation…….……..36

Tableau III.8 : Fréquences des analyses faites……..……....38

Chapitre IV : Matériel et méthodes

Tableau IV.1 : Détermination de volume de l'échantillon…….……..47

Chapitre V : Résultats et discutions

Tableau V.1: Résultats de suivi de pH …….51

Tableau V.2: Résultats de suivi de température (°C) ……..…….....53

Tableau V.3 : valeurs de la conductivité (µS/cm) …….....55

Tableau V.4: Valeurs de MES (mg/l) ……..56

Tableau V.5 : Valeurs de la DCO mesurées (mg O_2/l)…….57

Tableau V.6 : Valeurs de DBO_5 mesurées (mg O_2/l)……...58

Tableau V.7 : Valeurs de rapport DCO/DBO_5 calculés …….…….59

Tableau V.8 : Rendement d'épuration en termes de MES……..……60

Tableau V.9 : Rendement d'épuration en termes de DCO……..……60

Tableau V.10 : Rendement d'épuration en termes de DBO_5 ……..……61

Tableau V.11: Valeurs d'I_M de la boue dans le bassin d'aération……61

Tableau V.12: Valeurs d'I_M de la boue dans le clarificateur ……..……61

Liste des abréviations

A : Age de boues

C_h : Charge Hydraulique

C_m : Charge massique

C_v : Charge volumique

DBO_5 : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

EB : Eau brut

EE : Eau épurée

EH : Equivalent habitant

I_M : Indice de boue

MES : Matières en suspension

MVS : Matières volatiles sèches

N_2 : Diazote

NH_3 : Ammoniac

NH_4^+ : Ammonium

NO : Monoxy de d'azote

NO_2^- : Nitrite

NO_3^- : Nitrate

NTK : Azote total Kjeldahl

NTU : Néphélométrie turbidité unit

ONA : Office nationale assainissement

OUR : Consommation d'oxygène

PO_3^{-4} : Phosphate

P_s : Poids sèche

P_v : Poids vide

$Q_{moy\,j}$: Débit moyenne journalier

STEP : Station d'épuration

TCBS : Thiosulfate citrate bile saccharose

t_s : Temps de séjour

V_{30} : volume de boues après 30 min de décantation

الملخص:
تهدف هذه الدراسة إلى تقييم فعالية المعالجة البيولوجية في محطة معالجة مياه الصرف الصحي الحضرية بمدينة الثنية، الواقعة في ولاية بومرداس. وقد دخلت هذه المحطة حيز التشغيل في جويلية 2002 وتبلغ طاقتها الاستيعابية 30000 نسمة. يتم المعالجة البيولوجية بواسطة الحمأة المنشطة التي تعمل بحمل منخفض ($Cv = 0.409\ KgDBO_5/m^3.j$; $Cm = 0.07\ KgDBO_5/m^3.j$)

ويستند التحقق من كفاءة المعالجة البيولوجية للفترة من 15 فيفري2026 حتى 20 أفريل2026 إلى متابعة المؤشرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للمياه الخام والمعالجة، مثل :MES، pH، T ,DCOو DBO_5 . كما تم إجراء اختبار ترسيب الحمأة والمراقبة المكروبيولوجية ولا سيم متابعة مؤشر مولمان (IM). تُظهر النتائج التي تم الحصول عليها فأن مياه الصرف الصحي المعالجة تتوافق مع معايير التصريف الجزائرية.وتبلغ كفاءة المعالجة حوالي 81٪ بالنسبة DCO، و85٪ بالنسبة DBO_5 و91٪ بالنسبة .MESوفيما يتعلق بمتابعة الحمأة، أظهر مؤشر مولمان (I_M) قيمًا مرتفعة في حوض التهوية وحوض التصفية، مما يعكس سوء ترسيب الحمأة.
الكلمات المفتاحية: محطة معالجة؛ المعالجة البيولوجية، الحمأة المنشطة، المؤشرات الفيزيائية والكيميائية؛ المؤشرات البيولوجية.

Résumé :

L'objectif de cette étude est de suivre l'efficacité du traitement biologique au niveau de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Thénia, située dans la wilaya de Boumerdès. Cette station, mise en service en juillet 2002, possède une capacité de 30 000 EH. Le traitement biologique est assuré par le procédé des boues activées fonctionnant à faible charge (C_m=0,07 kg DBO_5/kg MVS.j; C_v= 0,409 kg DBO_5/m^3.j). Le contrôle de l'efficacité du traitement biologique, pour la période allant du 15 février 2026 au 20 avril 2026, est basé sur le suivi de plusieurs paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux brutes et épurées, tels que la DBO5, la DCO, les MES, le pH et la température. Des tests de décantation des boues ainsi que des observations microbiologiques ont également été réalisés, notamment le suivi de l'indice de Mohlman (I_M). D'après les résultats obtenus, les eaux usées épurées respectent les normes algériennes de rejet. Les rendements épuratoires sont de l'ordre de 81% pour la DCO, 85% pour la DBO_5 et 91% pour les MES. Concernant le suivi des boues, l'I_M a présenté des valeurs élevées dans le bassin d'aération et le clarificateur, traduisant une mauvaise décantation des boues.

Mots clés : Station d'épuration ; Epuration biologique, Boues activées, Paramètres physico-chimiques ; Paramètre biologiques.

Abstract:

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of the biological treatment process at the urban wastewater treatment plant in the town of Thénia, located in the Wilaya of Boumerdès. This plant, which came into operation in July 2002, has a capacity of 30,000 p.e. Biological treatment is carried out using the activated sludge process operating at a low loading rate (Cm = 0.07 $kgBOD_5/m^3.d$; C_v = 0.409 $kgCOD/m^3.d$). Monitoring of the effectiveness of biological treatment, for the period from 15 February 2026 to 20 April 2026, is based on the monitoring of several physico-chemical and biological parameters of raw and treated water, such as BOD_5, COD, suspended solids, pH and temperature. Sludge settling tests and microbiological observations were also carried out, notably monitoring of the Mohlman Index (I_M). According to the results obtained, the treated wastewater complies with Algerian discharge standards. Treatment efficiencies are approximately 81% for COD, 85% for BOD_5 and 91% for suspended solids.With regard to sludge monitoring, the I_M showed high values in the aeration tank and clarifier, indicating poor sludge settling.

Keywords: Wastewater treatment plant; Biological treatment; Activated sludge; Physico-chemical parameters; Biological parameters.

Introduction générale

L'eau constitue l'élément essentiel à toute forme de vie. Elle assure la survie des êtres vivants, aide la croissance de la végétation et contribue à l'équilibre de l'environnement. Cependant, sous l'effet des activités humaines, cette ressource précieuse peut causer diverses formes de pollution, l'utilisation de l'eau potable entraine sa transformation en eau usée. La qualité des eaux usées est généralement déterminée à travers l'analyse de leurs caractéristiques physico-chimiques et biologique, qui permettent d'avoir le degré de pollution et de suivre l'efficacité des procédés de traitement [1].

Afin de protéger l'environnement et les êtres vivants ainsi de limiter les impacts de cette pollution, il devient nécessaire de mettre en œuvre des procédés de traitement adaptés. Parmi les méthodes réalisées au sein d'une station d'épuration, les plus efficaces est le traitement biologique par boues activées qui se réalise exactement dans un bassin biologique, où l'activité des micro-organismes assure la dégradation de la matière organique et l'amélioration de la qualité des eaux usées avant leur rejet au milieu naturel [2].

Ce travail est réalisé au niveau de la station d'épuration de la ville de Thénia wilaya de Boumerdès qui est mise en service en juillet 2002 avec une capacité 30000EH. Ce travail a pour but de suivre l'efficacité du traitement biologique pour assurer la qualité de l'eau épurée avant son rejetée dans l'oued Boufroune. Pour cela, quelques paramètres physico-chimiques tel que : la température, le pH, et biologiques comme la DCO et DBO_5 de l'eau à l'entrée et sortie de traitement secondaire de la STEP, ainsi des paramètres de contrôle de boues activées ont été suivi.

Ce rapport est décomposé comme suit :

- Premier chapitre : consacré à une la présentation des généralités sur les eaux usées urbaines et leur traitement ;

- Deuxième chapitre : des généralités sur le traitement biologique par boues activés ont été présenté ;

- Troisième chapitre : une présentation du lieu de stage, qui est la STEP de Thénia a été détaillée ;

- Quatrième chapitre : consacré à la présentation du matériel et méthodes utilisés dans ce travail ;

- Cinquième chapitre : dans lequel les résultats expérimentaux obtenus ont été présentés et discutés.

Et, on termine avec une conclusion générale.

Chapitre I :

Généralités sur les eaux usées urbaines et leur traitement

I.1 Introduction

Les eaux usées sont un problème majeur dans les zones urbaines, car elles peuvent avoir des impacts sur la sante publique et l'environnent. Ces eaux sont chargées de polluants, provenant essentiellement des activités humaines domestique, industrielle, agricoles, … etc.

Dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités sur les eaux usées urbaines en présentant leurs différentes caractéristiques ainsi que leurs origines, et les différents types de pollution qu'ils contiennent. À la fin, nous présenterons les différentes méthodes de leur traitement.

I.2 Définition de la pollution des eaux usées

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique, provoquée par les activités humaines. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatiques ; elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu naturel.

Cette contamination résulte principalement du déversement d'eaux usées provenant de nos activités quotidiennes (nettoyages, évacuation des excréments, etc.), ainsi que des rejets liés aux secteurs industriel et agricole, indispensables à la production des biens et denrées alimentaires dont nous dépendons [3].

I.3 Différents types de pollution

I.3.1.1 Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est un problème majeur, causé par les rejets industriels et l'utilisation d'engrais et de pesticides en agriculture. Les principaux polluants incluent les métaux lourds, les nitrates, les phosphates, les hydrocarbures et divers produits chimiques issus des industries et des ménages. Cette contamination affecte les sources d'eau et les nappes souterraines, mettant en danger la santé et l'environnement [4].

I.3.1.2 Pollution physique

Elle est due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau). Elle regroupe la pollution mécanique (effluents solides), la pollution thermique (réchauffement de l'eau par des usines) et la pollution atomique (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires)[5].

I.3.1.3 Pollution biologique

Cette pollution est d'origine humain ou animale, elle comprend des espèces micro-organismes pathogènes. Ces micro-organismes proviennent essentiellement des rejets domestiques, et peuvent être responsables de nombreuses maladies hydrique telle que la cholera et l'hépatite [6].

I.4 Définition des eaux usées

Les eaux usées sont des eaux chargées de la pollution à cause de l'activité humaine. Ces eaux sont généralement un mélange dispersé ou dissout dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés, c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles) [2].

Ces eaux résiduaires sont collectées et transporter vers les stations d'épuration pour les traiter avant leur rejet final vers le milieu naturel.

I.5 Origines des eaux usées

Les eaux usées proviennent principalement des activités humaines domestique, industrielles, agricoles et le ruissellement des eaux de pluie.

I.5.1 Eaux usées domestiques

Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se divisent en deux catégories :

- Eaux ménagères : issue des salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de savons de graisses, de solvants, de différents débris organiques, … etc.
- Eaux vannes : il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées [7].

I.5.2 Eaux industrielles

Elles présentent des caractéristiques très distinctes des eaux usées domestiques. Leur composition varie considérablement selon le secteur industriel. Outre les matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont souvent chargées de diverses substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle, elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage) ;

- des hydrocarbures (raffineries) ;
- des métaux (traitements de surface, métallurgie) ;
- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries) ;
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques).

Avant d'être déversées dans les réseaux d'assainissement, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations [8].

I.5.3 Eaux agricoles

L'agriculture est une source majeure de pollution de l'eau car elle apporte aux sols des engrais et des pesticides. Elle est une cause primordiale de pollution généralisée.

Les eaux agricoles issues de terres cultivées d'engrais nitratés et phosphatés, sous une forme ou en quantité, telle qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues. Parmi les polluants d'origine agricole, il faut tenir compte aussi des détergents se dispersant lors des applications de traitement des cultures [9].

I.5.4 Eaux pluviales

Les eaux pluviales peuvent, elles aussi, constituer une source de pollution importante des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielle). Puis, en ruisselant, elle entraine des résidus déposés sur les toits et les chaussées des villes (huiles de vidange, carburants résidus de pneus et métaux lourds…) [5].

I.6 Caractéristiques des eaux usées urbaines

I.6.1 Paramètres organoleptiques

I.6.2 Odeur

Les eaux d'usée fraîches normales ont une odeur de moisi qui n'est normalement pas gênante, mais après un délai de 3 ou 4 heures, tout l'oxygène dissous présent dans les eaux d'usée est épuisé et il commence à se dégager une mauvaise odeur dus au sulfure d'hydrogène et à d'autres composés de soufre produits par les micro-organismes anaérobies [5].

I.6.2.1 Couleur

La couleur des eaux usées est grise en vieillisse, et elle devient noire par l'activité bactérienne en milieu anaérobie. L'élimination de la couleur s'accompagne également de l'élimination de certaines matières organiques indésirables [11].

I.6.3 Paramètres physico-chimiques

I.6.3.1 Conductivité

Une valeur de conductivité élevée traduit une forte concentration en sels minéraux dissous dans l'eau, ce qui peut être un facteur limitant pour la croissance de certaines bactéries, partant de leur efficacité dans le traitement des eaux usées [10]. La conductivité varie entre 700 à 1500 µS/cm.

I.6.3.2 Turbidité

C'est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, débris de roche, micro-organismes, …) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux), mais aussi pollutions qui troublent l'eau. La mesure de la turbidité fait par la méthode normalisée NTU (Néphélométrie Turbidité Unit) par spectrométrie avec un turbidimètre [13] :

- NTU < 5 => eau claire ;
- NTU < 30 => eau légèrement trouble ;
- NTU > 50 => Eau trouble.

I.6.3.3 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg O_2/l [12]. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg O_2/l [7].

I.6.3.4 Matières en suspension (MES)

La mesure MES dans les eaux usées est un paramètre essentiel. Ce sont les matières non dissoutes de diamètre supérieur à 1µm contenues dans l'eau. Dans le milieu récepteur, les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale. De plus, ces MES peuvent être de nature organique et entraîner les nuisances associées aux molécules organiques [14]. La valeur de MES varie entre 200 et 500 mg/l [15].

I.6.3.5 Température

Il est essentiel de mesurer la température de l'eau, car elle influence plusieurs paramètres importants tels que la solubilité des sels et des gaz et les processus biologiques. Elle est exprimée en °C [16].

Le fonctionnement de certains ouvrages d'épuration est très sensible à des températures trop élevées, ainsi tout rejet doit être inférieur à 30 °C [2].

I.6.3.6 Potentiel hydrique pH

Il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Ce paramètre joue un rôle primordial :

- Dans les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- Dans les processus biologiques, dont certains exigent des limites de pH très étroitesse situent entre 6,5 et 8,5

La détermination de la valeur du pH des eaux d'égout est importante puisque certains modes de traitement sont sensibles à la valeur du pH pour leur fonctionnement. Parfois, la chaux est ajoutée pour créer l'état alcalin [17].

I.6.4 Paramètres chimiques

I.6.4.1 Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La DCO est un paramètre clé dans l'évaluation de la qualité de l'eau usée. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement la matière organique et certains composés inorganiques présents dans l'eau. Cette oxydation totale est réalisée par voie chimique en employant un oxydant très fort à 148 °C durant 2 heures et elle est exprimée en mg d'O_2/l [18].

Généralement la valeur de la DCO est :

- = 1,5 à 2 fois DBO : pour les eaux usées urbaines ;
- = 1 à 10 fois DBO : pour tout l'ensemble des eaux résiduaires,
- > 2,5 fois DBO : pour les eaux usées industrielles [2].

I.6.4.2 Demande Biochimique en Oxygène (DBO_5)

La DBO_5 constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la dégradation des matières organiques présentes dans l'eau usée. La DBO_5 est mesure la consommation d'oxygène d'un effluent après cinq jours d'incubations à 20 °C. La durée de 5 jours est suffisante pour assurer l'oxydation biologique des matières organiques carbonées

jusqu'à 80 %. Elle s'exprime par mg d'O_2/l[19]. La valeur de la DBO_5varie entre 150 à 400 mg/l [15].

I.6.4.3 Azote

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^+)[5].

Les formes de l'azote dans les eaux usées sont [3] :

- L'azote total de Kjeldahl (NTK) (L'azote Kjeldahl=Azote ammoniacal + azote organique) ;
- Les nitrates (NO_3^-) ;
- Les nitrites (NO_2^-).

I.6.4.4 Phosphore

Dans les eaux résiduelles, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphate, polyphosphate) mais aussi sur forme de composer organique. Ces différentes composées sont soit solubilisés, soit fixée sur les matières en suspension. Ils pourront donc être dosées sur l'échantillon total et sur la phase soluble après séparation de phosphore insoluble par filtration sur membrane 0,45µm [20].

I.6.5 Paramètres biologiques

Bactéries : Sont des micro-organismes vivants présentes dans les eaux usées, ont une structure intérieure la plus simple de toutes les espèces vivantes. Ces cellules représentent la plus importante population de la communauté microbienne [21].

Protozoaires : Ce 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 [16].

Virus : Les eaux usées contiennent également des virus, qui sont des agents pathogènes extrêmement petits visibles seulement au microscope électronique et qui ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivant [16].

I.7 Etapes de traitement des eaux usées

L'épuration des eaux usées passe par plusieurs étapes de traitement présentées par la figure I.1. Ces étapes ont pour objectif d'éliminer les différents types de pollution contenus dans les eaux usées.

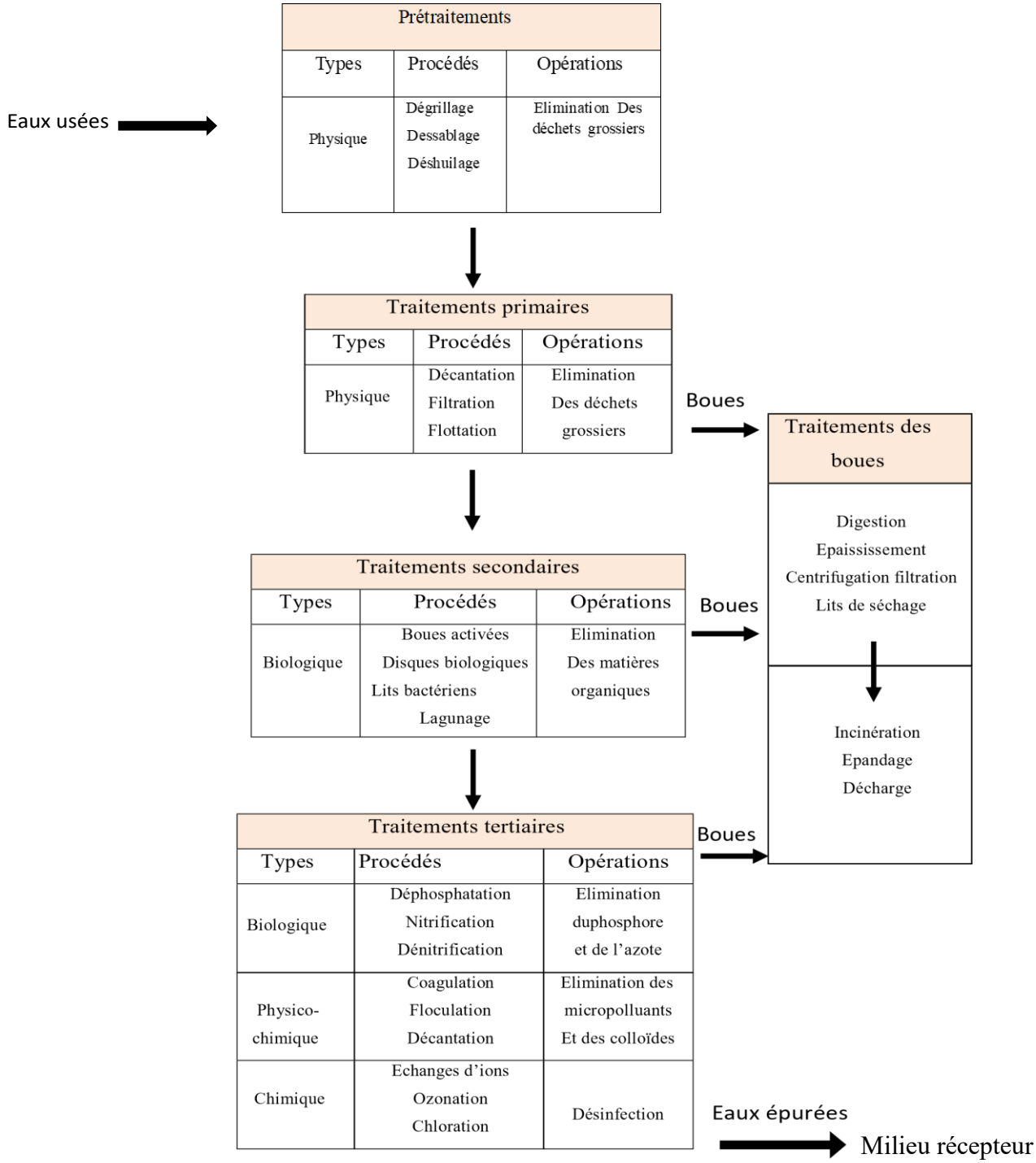

Figure I.1: Filière d'épuration des eaux usées urbaines [22]

I.7.1 Prétraitement

Le prétraitement est une étape physique vise à éliminer les déchets volumineux, les sables, les huiles.

I.7.1.1 Dégrillage

Le dégrillage est une étape essentielle dans le traitement des eaux usées. Cette méthode consiste à éliminer les déchets grossiers qui pourraient causer des problèmes aux équipements de traitement ou réduire l'efficacité du système global. L'objectif principal du dégrillage est de protéger les équipements et d'assurer un fonctionnement optimal de la station, tout en facilitant les étapes suivantes du processus de traitement des eaux [23].

I.7.1.2 Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et particules minérales plus moins faines, ainsi que les filasses de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduits, à protéger les pompes et d'autres appareils contre l'abrasion [24].

I.7.1.3 Dégraissage et déshuilage

Les opérations de dégraissage et de déshuilage consistent à séparer des produits de densité légèrement inférieure à l'eau, par effet de flottation, naturelle ou assistée dans une enceinte liquide de volume suffisant [24].

I.7.2 Traitement primaire

Le traitement primaire est une étape qui vise à compléter les prétraitements. Il s'agit le plus souvent d'une décantation, qui permet d'éliminer les matières minérales et organiques en suspension qui se déposent au fond de bassin par raclage. À l'issue du traitement primaire classique, seules 50 à 60 % de MES sont éliminées [25]. Dans les eaux usées, la décantation se fait dans des bassins appelés décanteurs primaires où l'eau est maintenue au repos pendant un temps suffisant afin de permettre la sédimentation des matières en suspension sous l'effet de la gravité.

I.7.3 Traitement secondaire (biologique)

Le traitement biologique est le procédé qui permet la dégradation des matières organique grâce aux micro-organismes naturellement présente dans les eaux. Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont :

I.7.3.1 Procédés à cultures fixes

a) Procédé à disque biologique

Les disques biologiques ou biodisques sont une filière de traitement biologique aérobie. Les supports de la microflore épuratrice sont des disques partiellement immergés dans l'effluent à traiter et animés d'un mouvement de rotation lequel assure à la fois le mélange et

l'aération. Lors de la phase immergée, la biomasse absorbe la matière organique qu'elle dégrade par fermentation aérobie grâce à l'oxygène atmosphérique [26].

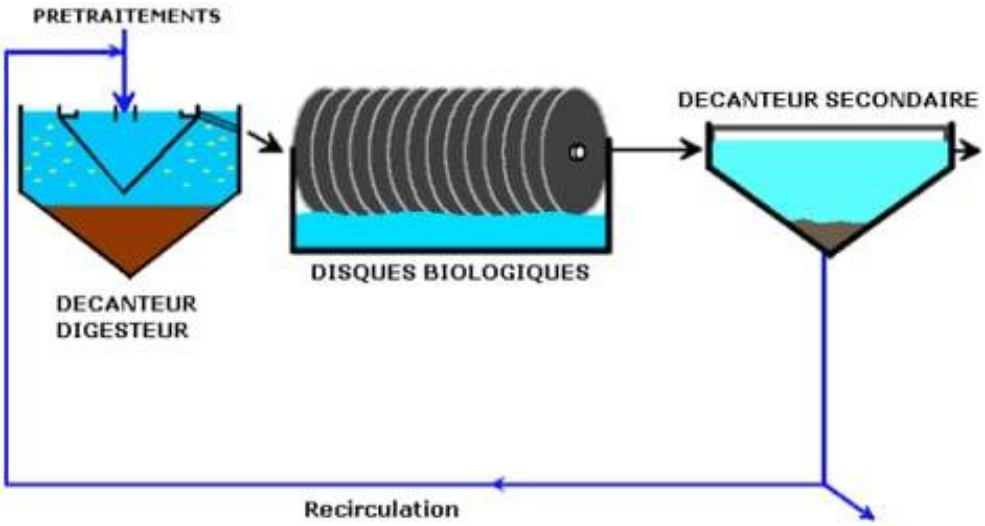

Figure I.2: Schéma explicatif d'un disque biologique

b) Procédé à lit bactérien

Le lit bactérien est un procédé d'épuration biologique aérobie. Les eaux usées sont admises par relèvement sur le support au sommet du lit. Un bras rotatif répartit uniformément les effluents à traiter à la surface du lit. Les bactéries présentes assurent ainsi la dégradation de la pollution. La circulation de l'air s'effectue naturellement et apporte l'oxygène nécessaire aux bactéries pour dégrader cette pollution [27].

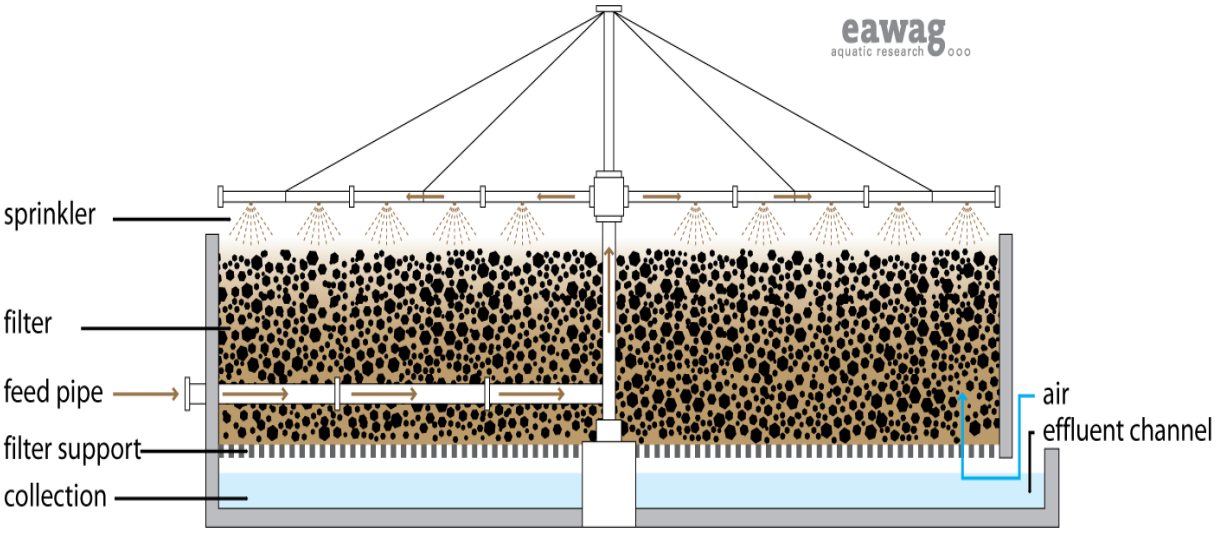

Figure I.3: Lit bactérien

I.7.3.2 Procédé à culture libre

a) Lagunage

Le traitement par lagunage est constitué d'une série de bassins artificiels, ou étangs, formés de digues, imperméabilisés, dans lesquels les eaux usées déversées et passent successivement et naturellement d'un bassin à l'autre, par gravitation. Ces bassins fonctionnent comme des écosystèmes avec des relations de symbiose entre les différentes populations composées des bactéries, de champignons, de protozoaires, algues, de poissons, de plantes. Ces différents organismes interviennent afin d'éliminer la charge polluante contenue dans l'eau usée [28].

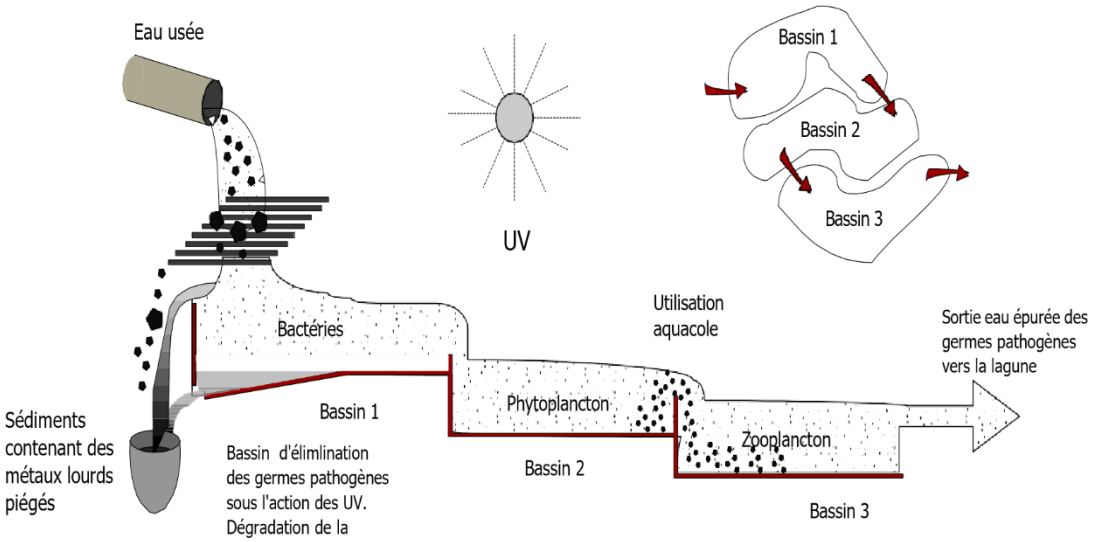

Figure I.4: Schéma de lagunage

b) Boues activées

Le procédé à boues activées est le procédé d'épuration biologique des eaux usées le plus couramment utilisé. La biomasse se trouve sous la forme de boues activées en suspension dans le bassin d'aération qui est traversé en continu par des eaux usées. C'est ici aussi qu'a lieu l'aération des eaux usées, laquelle assure l'alimentation en oxygène des micro-organismes. Ces boues activées doivent ensuite être séparées des eaux usées épurées dans un décanteur secondaire. Une partie de ces boues est réacheminée jusqu'au bassin d'aération (boues de retour)[29].

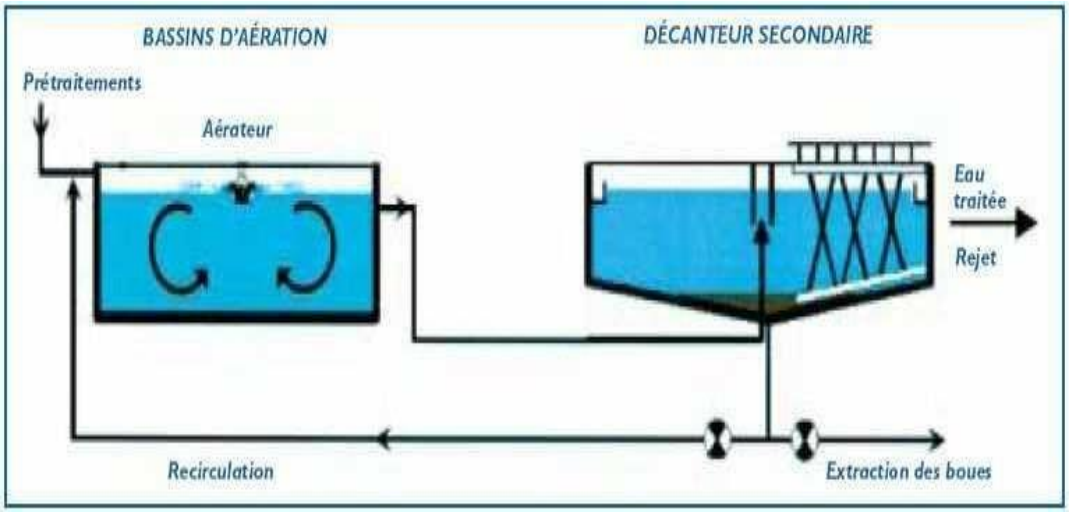

Figure I.5 : Schéma de procédé à boues activées

I.7.4 Clarification (décantation secondaire)

La clarification permet de séparer par décantation l'eau épurée des boues issues du traitement biologique. Cette décantation se fait dans des ouvrages spéciaux, le plus souvent circulaires, appelés clarificateurs ou décanteurs secondaires. Une partie des boues est évacuée en aval vers le traitement des boues ; l'autre partie est recyclée vers le bassin biologique. Dans la plupart des cas, l'effluent peut être rejeté dans le milieu naturel après la clarification et ne nécessite pas une désinfection [2].

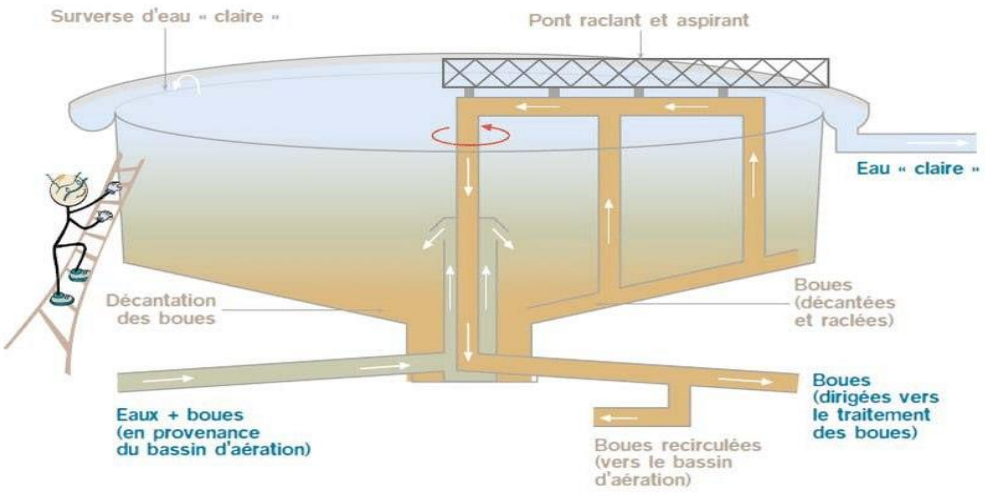

Figure I.6: Clarificateur

I.7.5 Traitements tertiaires

Le traitement tertiaire est un traitement complémentaire, pour éliminer les substances nutritives comme le phosphore et l'azote.

I.7.5.1 Elimination de l'azote

L'élimination de l'azote se fait généralement selon un processus biologique :

• **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 micro-organismes autotrophes spécialises, en milieu aérobie.

• **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'oxydante à la place de l'oxygène et en présence d'une source d'un carbone organique qui doit être apportée dans le milieu[30].

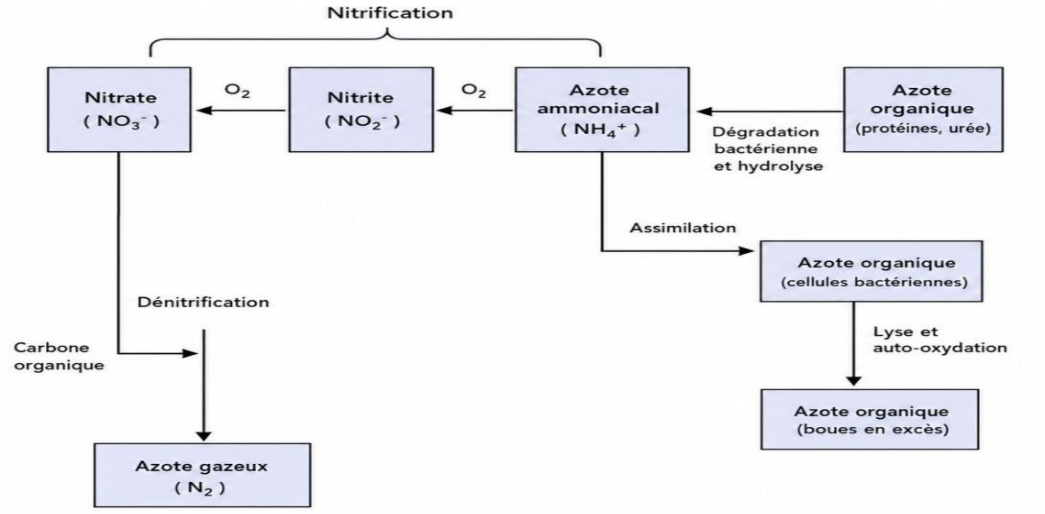

Figure I.7: Elimination biologique de l'azote [20]

I.7.5.2 Déphosphoration

L'élimination du phosphore, peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. Les mécanismes de la déphosphoration biologique sont relativement complexes, et leur rendement variable Dans les grosses in stations d'épuration, en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées [22].

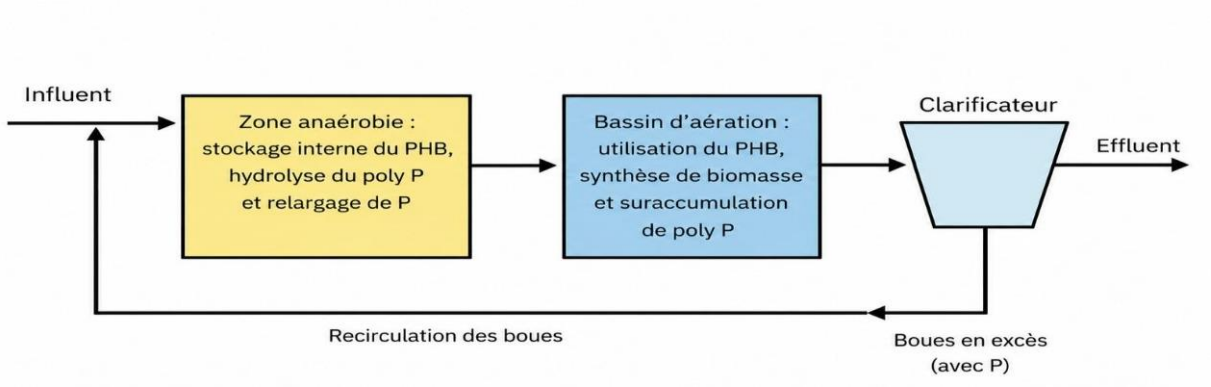

Figure I.8 : Déphosphatation biologique [20]

I.7.5.3 Désinfection

En général, les techniques d'épuration, même les plus sévères laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables, et échappent à la meilleure décantation. Ainsi même après un traitement secondaire, l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants. La principale méthode utilisée est la désinfection. Il existe de nombreuses techniques de désinfection. On trouve :

- Désinfection par l'ozone ;
- Désinfection par rayonnement ultra-Violet ;
- Désinfection utilisant le chlore [16].

I.8 Normes de rejet dans le milieu récepteur

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire (Tableau I.1).

Tableau I.1 : Normes de rejets dans un milieu récepteur [31]

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO_5	Mg O_2/l	35
DCO	mg O_2/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté les différentes caractéristiques et origines des eaux usées. Ces eaux sont fortement polluées avec les matières organiques et ne peuvent pas être rejetées dans le milieu naturel sans traitement d'où l'importance d'installer des stations d'épuration pour protéger l'environnement et les ressources hydriques.

Chapitre II :

Généralité sur le traitement biologique par boues activées

II.1 Introduction

Les stations de traitement des eaux usées jouent un rôle crucial en traitement des eaux usées pour les réutiliser, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement et de ses alentours [16]. Il existe plusieurs types différents de procédés de traitement des eaux usées. Le procédé de traitement le plus utilisé est le procédé biologique. Des micro-organismes sont utilisés pour décomposer la matière organique présente dans les eaux usées [1]. Par ailleurs, en termes de technologie de traitement, celle par boues activées reste à l'heure actuelle la technologie de référence des stations d'épuration modernes de grande capacité en raison de son efficacité stable, de sa fiabilité et de sa capacité d'adaptation.

Ce chapitre est consacré à la présentation de la technique d'épuration des eaux usées urbaines par le traitement biologique à boues activées.

II.2 Définition et historique

Le procédé par boues activées est une technique d'épuration biologique des eaux usées qui utilise des micro-organismes en suspension (cultures libres) dans un milieu aérobie pour dégrader la matière organique. Il est principalement utilisé comme traitement secondaire dans les stations d'épuration, intervenant après un prétraitement mécanique [48].

Cette appellation provient du fait qu'il produit une biomasse activée de micro-organismes capables de stabiliser, en conditions aérobies, la matière organique des eaux usées [21].

Ce procédé a été mis au point à la station expérimentale Lawrence, dans le Massachusetts (États-Unis), par Clark et Gage en 1913 (Metcalf et Eddy, 2003), puis par Ardern et Lockett 1914 à la station d'épuration de Manchester, en Angleterre [21]. Ces chercheurs ont présenté un compte rendu de leurs travaux, intitulés « Expériences sur l'oxydation des eaux d'égout sans intervention de filtres », devant la Société de chimie industrielle de Londres [38].

II.3 Composition et caractéristiques des boues activées

Le procédé à boues activées est un système fonctionne en continu. Des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usées pour consommer la matière organique (Figure II.1). L'oxygène est injecté pour permettre à ces bactéries de respirer et d'assurer l'épuration [33]. Elles constituent une culture microbienne hétérogène composée de bactéries, de protozoaires, de rotifères et de champignons. Dans ce processus, la qualité des flocs (taux

de MVS) dépend de la typologie des eaux d'entrée, notamment de la fraction des MVS sur les MES [43].

Alors que les bactéries sont responsables de la décomposition de la matière organique, tandis que les protozoaires et les rotifères contribuent à l'élimination des bactéries dispersées qui, autrement, s'échapperaient de l'effluent du réacteur, ainsi, une boue activée est un milieu très évolué dont l'équilibre biologique est complexe [32].



Figure II.1: Boues activées

II.4 Paramètres de fonctionnement

Un réacteur biologique se caractérise par les paramètres suivants :

a) Charge massique C_m

La charge massique représente la masse de nourriture entrant quotidiennement dans le réacteur par rapport à la masse de boue présente dans ce réacteur. Elle s'exprime habituellement en $\boldsymbol{kgDBO_5/kg\ MVS.J}$.

$$\boldsymbol{C_m = \frac{Q_{moyj} \times [DBO_5]}{V_{BA} \times [MVS]}} \ldots\ldots\ldots (\mathbf{1})$$

Avec :

- Q_{moyj} : Débit moyen journalier des eaux à traiter (m^3/j)
- V_{BA} : Volume des boues (m^3)
- [DBO_5] : Concentration massique de DBO_5 ($kgDBO_5/m^3$)
- [MVS] : Concentration massique de la matière en suspension volatile (kg MVS/m^3).

b) La charge volumique C_v

C'est le rapport entre le flux journalier de pollution et le volume de l'aérateur :

$$C_v = \frac{Q_{moyj} \times [DBO_5]}{V_{BA}} \quad \ldots\ldots (2)$$

c) Temps de séjour t_s

Il correspond au rapport du volume du bassin sur le débit de l'effluent entrant.

$$t_s = \frac{V_{BA}}{Q_{moyj}} \quad \ldots\ldots (3)$$

Le tableau II.1 illustre la classification de traitement biologique par boues activées selon les valeurs de $C_m; C_v \; et \; t_s$.

Tableau II.1: Classification des procédés par boues activées [20]

Type	Charge massique [Kg DBO_5/kg MVS.j]	Charge volumique [Kg $DBO_5/m^3.j$]	Temps de séjour moyen (h)
Forte charge	0,5 à 1,5	1,5 à 3	2 – 4
Moyenne charge	0,25 à 0,6	0,7 à 1,5	4 – 6
Faible charge	0,1 à 0,25	0,3 à 0,7	8 – 10
Très faible charge	<0,1	<0,3	>20

d) Consommation d'oxygène

Vu que le traitement biologique par boues activées se fait en aérobie, il est essentiel de calculer la consommation journalière d'oxygène pour dimensionner les stations d'épuration. La consommation d'oxygène se calcule comme suit [24] :

$$OUR(kg\ O_2/j) = O_2\ synthèse + O_2\ endogène \ldots\ldots (4)$$
$$= a' L_e + b' X_t$$

Avec :
a' : Relative à la DBO_5;
b' : Relative à la masse de matière volatile ;
L_e: Quantité de DBO_5 éliminée (kg DBO_5/j) ;
X_t : Masse de matière vivante MVS dans le bassin d'aération.

e) Production de boues

La production de boues est la quantité (boues d'épuration) générées lors du traitement des eaux usées dans une STEP. Les boues proviennent principalement de la décantation (boues primaires) et du traitement biologique (boues biologiques ou secondaires). Elles sont

constituées de matières organiques, minérales et de micro-organismes [47]. Dans le traitement biologique, la quantité de boues produites se calcule par la formule [24] :

$$\Delta X_t(kgMVS/j) = a_m \times L_e - b \times X_t + X_{min} + X_{dur} - X_{eff} \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Avec :

X_{min} : Boues minérales présentant 20% de MES à l'entrée de bassin d'aération ;

X_{dur} : Boues difficilement biodégradable présentant 20% de MVS (les MVS présentent 80% de MES à l'entrée) ;

X_{eff} : Fuite de MES d'avec l'effluent (dépend des normes de rejet).

f) Age de boues 'A'

Il représente le temps de rétention moyen des bactéries dans le réacteur biologique, et se calcule par le rapport suivant [52] :

$$A(j) = \frac{X_t}{\Delta X_t} \ldots\ldots (6)$$

II.5 Schéma de fonctionnement d'une station à boues activées

Une station d'épuration par boues activées est constituée de plusieurs étapes, qui sont schématisées par la figure II.2.

L'eau passe par le prétraitement, puis subit un traitement primaire, suivi d'un traitement secondaire biologique.

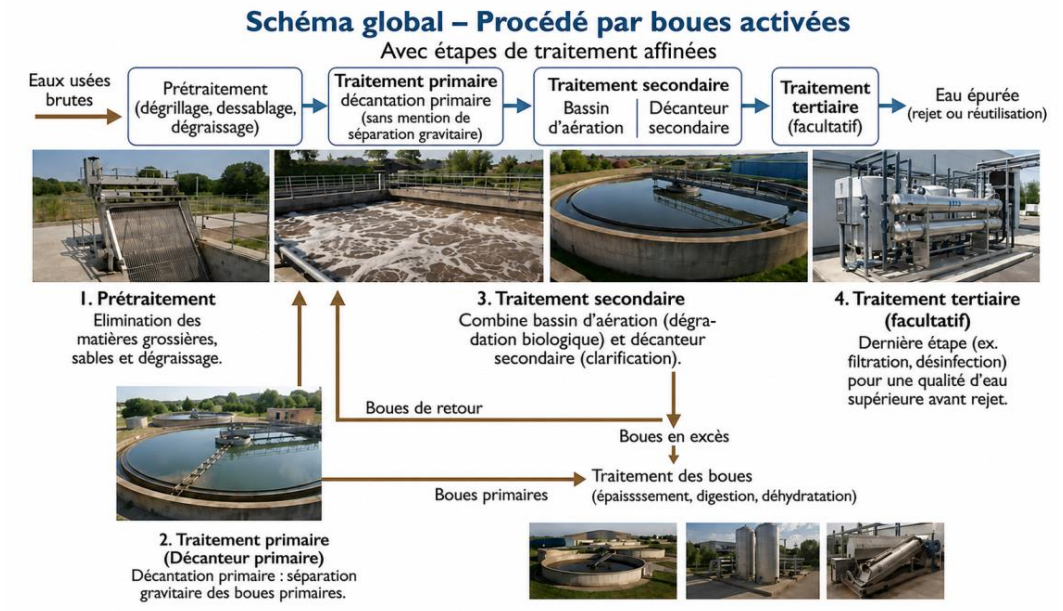

Figure II.2: Schéma globale d'un procédé par boues activées

II.5.1 Bassin d'aération

Les bassins d'aération constituent les réacteurs biologiques centraux où les micro-organismes assurent la transformation de la pollution organique dissoute en gaz et en biomasse (Figure II.3).



Figure II.3 : Bassin d'aération

II.5.2 Système d'aération

Les bassins d'aérations sont équipés de systèmes d'aération qui remplissent deux fonctions critiques :

Ils introduisent une quantité précise d'oxygène nécessaire à l'oxydation de la pollution et à la respiration endogène (autodestruction) de la masse bactérienne ;

Ils assurent le brassage continu de la suspension de boues activées pour garantir l'homogénéité du mélange et éviter tout dépôt de matière au fond du bassin [35].

Les systèmes d'aération qui peuvent être utilisés sont principalement les aérateurs de surface, les systèmes à fines bulles par diffusion et les turbines à oxygénation hyperbare (Figure II.4).

Les aérateurs de surface : Ils agissent à la surface du bassin en brassant l'eau et en l'oxygénant par agitation mécanique [44].

L'aération à fines bulles par diffusion : Elle utilise des diffuseurs immergés au fond, libérant de microbulles pour un transfert optimal d'oxygène [45].

Les turbines à oxygénation hyperbare : Elles injectent de l'air sous haute pression via un effet Venturi, créant un mélange puissant air-eau adapté aux charges polluantes élevées [46].





Figure II.4: Systèmes d'aération

II.5.3 Clarificateur

Le bon fonctionnement d'une station d'épuration par boues activées exige de bien séparer l'eau traitée de la masse de boue activée de manière à produire un effluent clarifié conforme aux normes de rejet. Cette séparation solide-liquide est traditionnellement réalisée par sédimentation gravitaire dans un décanteur secondaire ou clarificateur (Figure II.5), même si d'autres procédés, tels que la flottation, sont également applicables (mais plus coûteux). Le clarificateur est un composant fondamental d'un système à boues activées [24].



Figure II.5 : Clarificateur

II.5.4 Recyclage des boues

Pour assurer une épuration efficace, la quantité de biomasse doit rester constante et stable dans le bassin d'aération. Comme les boues biologiques se déposent au fond du clarificateur, leur recirculation vers le réacteur biologique est indispensable pour éviter toute fermentation dans cet ouvrage non aéré. Ce recyclage a pour but principal de maintenir une

concentration précise de la liqueur mixte, permettant ainsi de respecter la charge massique de fonctionnement choisie ou, par extension, de garantir un âge de boue bien défini [36].

II.5.5 Evacuation des boues en excès

Les boues excédentaires s'accumulent dans l'étage biologique, il est donc impératif de les extraire à partir du clarificateur. À ce stade, la concentration des boues est maximale, ce qui permet de réduire le volume à extraire. Ce volume est estimé en fonction de la concentration nominale en MES définie par le constructeur pour garantir le fonctionnement optimal de l'installation [37].

II.6 Élimination des polluants

II.6.1 Élimination de la matière organique

En présence d'oxygène dissous, les bactéries utilisent l'oxygène comme accepteur final d'électrons pour oxyder la matière organique :

$$Matière\ organique\ + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + boues\ (biomasse) + énergie$$

Ce type de réaction domine dans le bassin d'aération du procédé de boues activées pour éliminer la pollution carbonée et faire la nitrification [42]. L'efficacité de ce traitement se mesure principalement par la réduction de la DBO_5et de la DCO [39].

II.6.2 Nitrification

La nitrification est un procédé biologique effectué par des micro-organismes autotrophes spécialisés, qui se déroule en deux étapes successives :

Oxydation de NH_4^+ en nitrites NO_2^- : Cette première étape est réalisée principalement par des bactéries du genre Nitrosomonas, selon la réaction suivante :

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 4H^+ + 2H_2O$$

Oxydation de NO_2^- en nitrates NO_3^- : La deuxième étape est assurée majoritairement par des bactéries du genre Nitrobacter, selon la réaction :

$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$$

En combinant ces deux réactions, on obtient la réaction d'oxydation totale de l'azote ammoniacal en nitrates :

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow 2NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

À partir de ce bilan, la quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation complète de l'azote ammoniacal est de 4,57 $O_2/g\ N$ en excluant l'azote utilisé pour la synthèse cellulaire)[38].

En plus de l'élimination de matières organiques carbonatées et la nitrification qui peut se passée de façon automatique en fable charge, le traitement biologique au niveau des stations d'épuration des eaux usées urbaines peut assurer aussi la dénitrification et la déphosphatation mais dans des bassins séparés autre que le bassin d'aération.

II.6.3 Dénitrification

Dénitrification est le processus par lequel certaines bactéries réduisent les nitrates en azote gazeux. La dénitrification biologique constitue un volet essentiel de l'élimination biologique de l'azote, réalisée en aval de l'étape de nitrification dans le but de respecter la norme de rejet en azote total.

Deux modes de réduction des nitrates peuvent intervenir dans les systèmes biologiques :

- La voie assimilative : qui consiste à intégrer l'azote dans la biomasse bactérienne.
- La voie dissimilative : qui vise à éliminer l'azote sous forme gazeuse.

La réduction des nitrates s'effectue à travers une série de réactions successives, que l'on peut schématiser de la manière suivante :

$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2$$

C'est un procédé anoxie qui a lieu en absence d'oxygène mais en présence de forme oxydée de l'azote [38].

II.6.4 Élimination du phosphore

Déphosphatation biologique, le phosphore de l'eau brute est incorporé dans la biomasse cellulaire puis évacué du système avec les boues en excès. Certaines bactéries, connues collectivement comme organismes accumulant le phosphate ont la caractéristique intéressante de concentrer le phosphore sous forme de granules de polyphosphates lorsqu'elles sont soumises à des alternances de conditions anaérobie et aérobie [38].

II.7 Paramètres de contrôle et d'exploitation de traitement biologique

Pour assurer un bon fonctionnement de traitement biologique par boues activées, il faut contrôler quelques paramètres de suivi pour les eaux et les boues.

II.7.1 pH

Un pH trop acide ou trop basique peut inhiber ou tuer une partie des micro-organismes utiles au traitement. Quand le pH s'éloigne de la neutralité, la vie biologique devient plus difficile et les rendements d'épuration diminuent. Les pH élevés peuvent aussi modifier la forme de certains composés comme l'ammoniac, ce qui peut augmenter la toxicité pour les organismes [40].

II.7.2 Température

La température influence la rapidité des processus biologiques : une chaleur optimale dynamise l'activité microbienne, tandis qu'un froid excessif freine considérablement l'efficacité du traitement [41]. Les basses températures aident à la survie de certains germes pathogènes, ce qui risque de compromettre la qualité sanitaire des ressources en eau [24].

À l'inverse, une chaleur trop intense peut fragiliser les écosystèmes aquatiques (flore et faune) et diminuer les performances biologiques [24].

II.7.3 Indice de Molhman

L'indice de Mohlman, appelé aussi indice de boues, constitue un paramètre clé pour évaluer l'aptitude à la décantation des boues activées. Son utilité est double : d'une part, il sert de base technique pour le calcul des dimensions des clarificateurs, d'autre part, il fait office d'indicateur opérationnel permettant d'ajuster le traitement en cas de dégradation de la structure des boues (phénomène de foisonnement) [38].

Dans le bassin d'aération, cet indice renseigne sur la santé globale du floc bactérien. Une valeur élevée indique souvent une prolifération de bactéries filamenteuses ou un manque d'oxygène ;

Dans le clarificateur : s'il est trop élevé, il empêche les boues de couler efficacement vers la trémie d'extraction. Cela peut nécessiter des ajustements, comme l'ajout de réactifs (ex: chlorure ferrique) pour les lester, ou la modification du taux de recirculation des boues [50].

Il s'exprime en ml/g, et son interprétation est comme suit [51]:

- $I_M < 100$ ml/g : conditions idéales. Les boues sédimentent facilement ;
- $100 < I_M < 150$ ml/g : bonne décantabilité ;
- $I_M > 150$ ml/g : Difficultés possibles de décantation liées le plus souvent à la prolifération de bactéries filamenteuses. C'est le phénomène de foisonnement (bulking).

II.7.4 Surveillance microbiologique

La surveillance repose sur un échantillonnage régulier dans le cadre de l'auto-surveillance, ainsi que sur des analyses en laboratoire utilisant notamment le milieu TCBS pour la recherche de vibrio et d'autres milieux sélectifs. Elle inclut aussi le suivi des tendances afin d'adapter les traitements en conséquence [41].

II.8 Dysfonctionnements et problèmes d'exploitation

II.8.1 Moussage

Le moussage des boues activées se manifeste par la formation d'une mousse brune stable et visqueuse (mousse au chocolat) à la surface du bassin d'aération, qui se transfère au clarificateur puis s'évacue avec l'effluent. Il est principalement causé par deux bactéries filamenteuses : Nocardia spp et Microthrix parvicella, identifiables au microscope, qui préfèrent les huiles et graisses, des températures supérieures à 18 °C et un âge de boues supérieurs à 9 jours, avec accumulation de Nocardia en surface même à âges plus courts. Le flottement de Nocardia résulte de sa membrane cellulaire hydrophobe, et son élimination chimique est difficile (eau chlorée temporaire), tandis que les meilleures solutions consistent à supprimer les graisses et à concevoir des bassins sans pièges à mousse, comme des puits de dégazage [24].

II.8.2 Boues filamenteuses (bulking)

Les boues filamenteuses sont une cause majeure dysfonctionnements biologique dedans les stations à boues activées. Elles sont des boues volumineuses, peu denses avec I_M élevé, en provoquant une mauvaise décantation, ce qui entraîne des pertes de boues dans l'effluent, des débordements et des rejets non conformes. Le procédé devient instable, plus sensible aux variations de charge ou de température, et la boue filamenteuse est plus difficile à épandre, épaissir ou déshydrater, ce qui complique la gestion des boues et augmente les coûts d'exploitation [24].

II.8.3 Flottation des boues

Il arrive que des stations d'épuration rencontrent un problème de remontée ou de flottation des flocs à la surface du clarificateur, et ce, même avec des boues ayant initialement une bonne aptitude à la décantation. Ce phénomène est principalement causé par une

dénitrification involontaire**.** Lorsque la concentration de microbulles de gaz devient critique, celles-ci s'accrochent aux matières en suspension et entraînent les flocs vers la surface [37].

II.8.4 Solutions et actions correctives

Optimisation de la recirculation : Augmenter le débit de recirculation des boues afin de réduire leur temps de séjour dans le clarificateur, limitant ainsi le temps disponible pour la formation de gaz.

Réglage de l'âge des boues : Réduire l'âge de boue pour freiner le développement des bactéries nitrifiantes et empêcher ainsi la production de nitrates à la source [37].

II.9 Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter les principes de fonctionnement du procédé à boues activées, ainsi que les ouvrages qui composent ce type de station d'épuration. Nous avons également vu les principaux paramètres de fonctionnement et les dysfonctionnements et problème d'exploitation susceptibles d'apparaître dans le procédé à boues activées.

Chapitre III :

Présentation de lieu de stage

III.1 Introduction

Notre stage pratique a été effectué dans la station d'épuration des eaux usées de Thénia. Dans ce chapitre en va présenter les différentes étapes de traitement qui existent dans cette STEP, et qui sont divisés en deux filières : 'filière eau' et 'filière boues'. Cela va permettre de comprendre le processus de traitement.

III.2 Présentation de l'unité d'assainissement ONA de Boumerdès

L'unité d'assainissement de Boumerdès a été créée en juillet 2004 par décision N°250/ONA/ARA/KH/2004 du 18juillet 2004.

Elle composée de :

a) Une direction :

b) Quatre départements :

- ❖ Département des ressources humaines
- ❖ Département de finances et de comptabilité
- ❖ Département d'administration des moyens
- ❖ Département d'exploitation et de maintenance

c) Cinq centres d'assainissement répartis à travers le territoire de la wilaya englobant les 32 communes couvrant environ 2391km linéaire de réseau d'assainissement :

- ❖ Centre de Boumerdès
- ❖ Centre d'Isser
- ❖ Centre de Boudouaou
- ❖ Centre de Khemis El Kechna
- ❖ Centre de Baghlia

d) Trois stations d'épuration : Thénia, Boumerdès et Zemmouri. Le tableau III.1 présente quelques informations sur ces STEP données par l'unité de Boumerdès.

Tableau III.1: Stations d'épuration appartenant à l'unité de Boumerdès

Station d'épuration	Boumerdès	Thénia	Zemmouri
Date de mise en service/ date de transfert à l'ONA	Janvier 2001 / Octobre 2005	Juillet 2002 / Octobre 2005	Janvier 2001 / Octobre 2005
Procédés	Boues activées à faible charge	Boues activées à faible charge	Boues activées à faible charge
Capacités en EH	75000	30000	25000
Débit nominal (m^3/j)	15000	6000	5000
Lieu de rejet	Oued Tatareg vers la mer	Oued Boufroune vers la mer	Oued Arar vers la mer

III.3 Présentation de la station de Thénia

La station d'épuration des eaux usées de Thénia est située à la wilaya de Boumerdès. Cette STEP est localisée au nord de la ville de Thénia comme le montre la figure III.1. Elle constitue un maillon essentiel du système de traitement des eaux usées urbaines de cette ville. Elle est réalisée par l'entreprise Hydro Technique et mise en service en juillet 2002. Cette installation s'étend sur une superficie d'environ 2,578 hectares et elle à une capacité de 30000 EH.

Dans la station il y a un bloc administratif qui contient des bureaux des employeurs et un laboratoire pour assurer les analyses de suivi la qualité des eaux et des boues.

Elle relève de la maîtrise d'ouvrage de DHW (direction de l'hydraulique de wilaya) de Boumerdès et est exploitée par l'ONA depuis son transfert en octobre 2005. Le déversement des eaux usées épurées se fait au niveau d'oued Boufroune.



Figure III.1 : Station de Thénia par Google Maps

III.4 Organigramme de la station

L'organisme qui définit la structure administrative de la STEP de Thénia est montré par la figure III.2, allant de la direction générale jusqu'aux équipes opérationnelle et la maintenance.

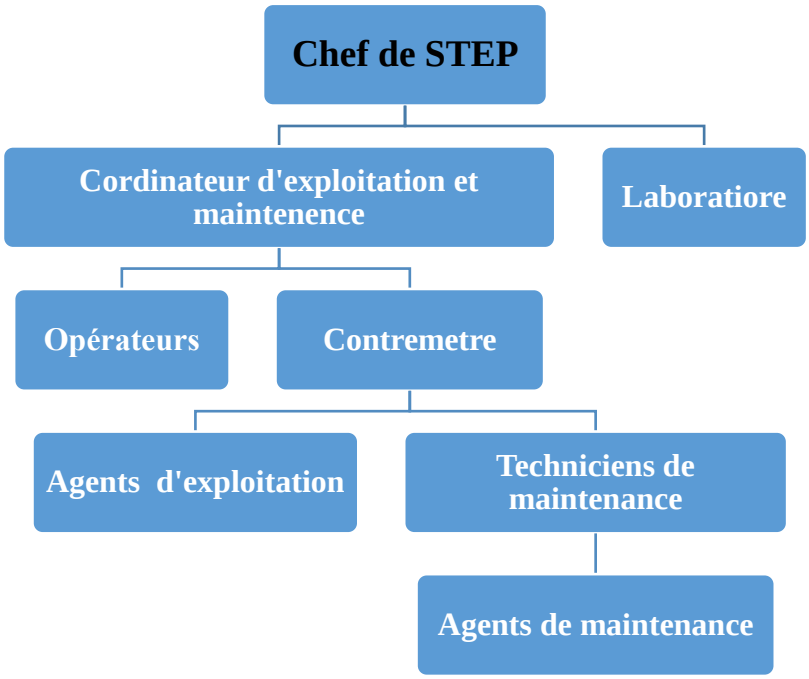

Figure III.2 : Organigramme de la STEP de Thénia

III.5 Caractéristiques des eaux usées à l'entrée de la STEP de Thénia

III.5.1 Caractéristiques hydrauliques

La STEP de Thénia traite un effluant urbain avec un volume journalier de 6000 m^3/j. Cette station se fonctionne à faible charge. Les caractéristiques hydrauliques sont présentées par le tableau III.2.

Tableau III.2 : Caractéristiques hydrauliques de la STEP de Thénia

Paramètre	Unité	Valeur
Capacité	EH	30000
Volume journalier	m^3/j	6000
Débit moyenne horaire	m^3/h	250
Débit de point à temps sec	m^3/h	551
Débit de point à temps pluie	m^3/h	976
Charge Hydraulique C_H	m/h	0,8
Charge volumique C_V	Kg DBO_5/m^3.j	0,409
Charge massique C_m	Kg DBO_5/Kg .j	0,07

Un by-pass est possible à différents endroits de la station si l'eau acheminée ne présente pas les caractéristiques et les charges requises.

III.5.2 Caractéristiques physico-chimiques de l'effluent

L'eau rejetée en milieu naturel doit rependre aux normes algériennes de rejets selon caractéristiques présentées par le tableau III.3.

Tableau III.3 : Caractéristiques de rejet de STEP

Paramètre	Unité	Valeur
MES	mg/l	30
DBO_5	mg O_2/l	30
DCO	mg O_2/l	90

III.6 Présentation de la filière de traitement de la STEP

Les eaux usées passent par plusieurs étapes de traitement et chaque étape est constituée d'un ou plusieurs procédés d'épuration qui contribuent à leur traitement. Ce schéma englobe la filière eau et la filière boue (Figure III.3).

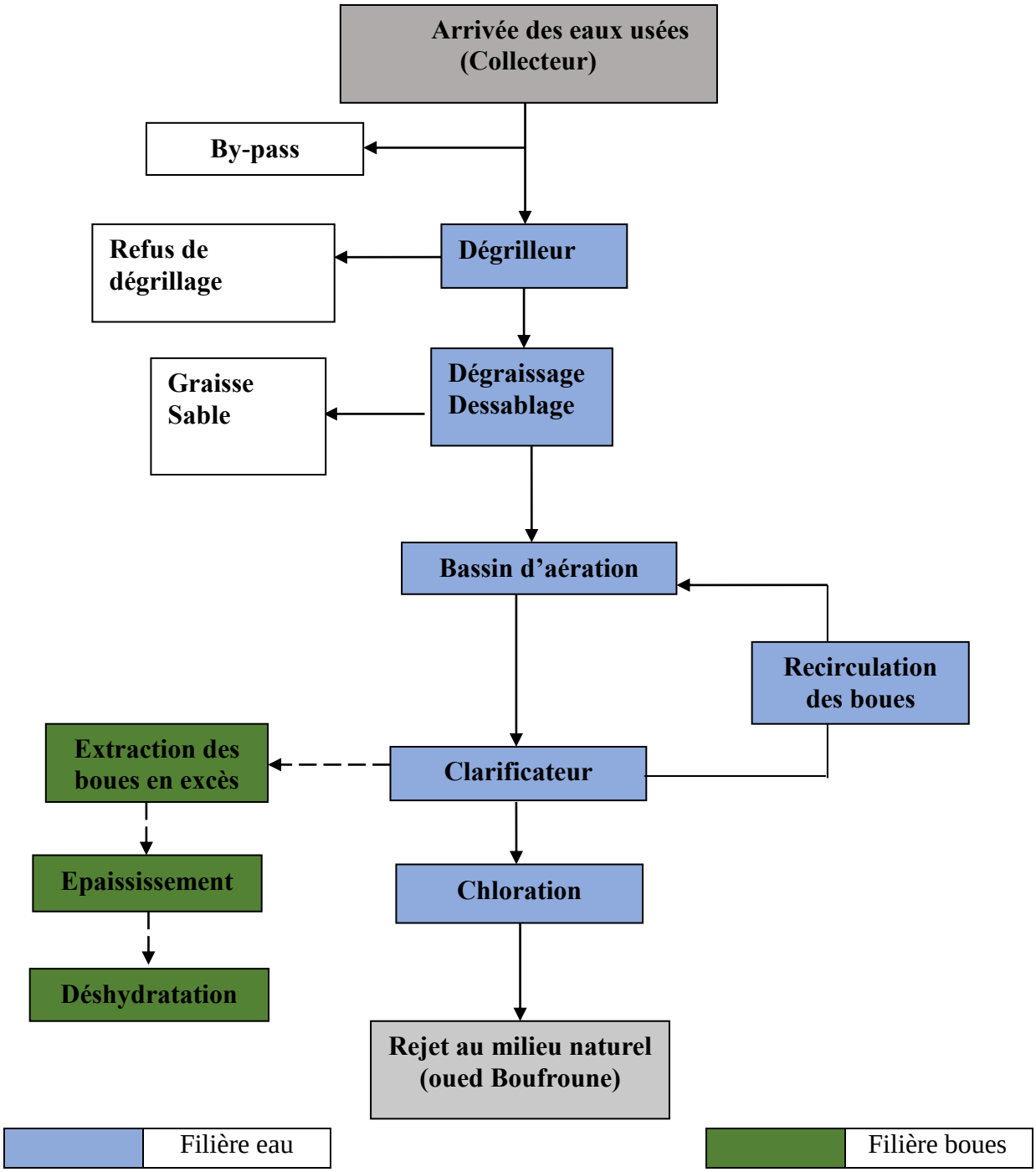

Figure III.3: Schéma global du traitement au niveau de la station de Thénia

III.7 Filière eau

III.7.1 Prétraitement

III.7.1.1 Dégrillage

Dans la STEP de Thénia, il y a deux types dégrillages selon le système de nettoyage : Système automatique : constitué d'un dégrillage moyen de type à champ courbe avec une largeur de grille de 1 m et un espacement entre barreaux 20 mm (Figure III.4).

Système Manuel : En cas d'avarie ou d'entretien sur le dégrilleur automatique, il est prévu un canal de by-pass équipé d'un dégrilleur de secours à nettoyage manuel et espacement entre barreaux 20 mm. Il est isolé par des batardeaux en aluminium à commande manuelle (Figure III.5).

Tous les canaux de dégrillage sont isolables par le même dispositif de batardeaux manuel en aluminium. Les maties solides sont rejetés par un canal qui s'appelle convoyeur d'Archimède dans un autre système de stockage. Les dimensions de dégrilleur moyenne ce présentée dans le tableau III.6.

Tableau III.4: Dimensions de dégrilleur moyen

Paramètre	Valeur	Unité
Rayon	1,5	M
Largueur	1	M
Vitesse de sortie	2,5	trs/min
Débit	0,5 à 1	m^3/h
Vitesse de rotation	2	trs /min



Figure III.4 : Dégrilleur automatique



Figure III.5: Dégrilleur manuel

III.7.1.2 Dessablage-dégraissage

Le dessableur- dégraisseur est de forme cylindrique avec un fond conique de rayon 7 m et un racleur dans la surface. Le dessablage vise à élimine les particules minérales comme les sable et graviers >200 µm par la décantation. Il contribue à protéger les équipements contre la corrosion et l'accumulation de sable au fond des bassins de décantation, et élimine entre 15 à 40 mg/l de sable.

Par contre, le dégraissage permet d'éliminer les graisses et les huiles en surface du bassin entre 5 à 15 mg/l des graisses. Leur débit 60 m^3/h et le débit de classificateur à sable 30 m^3/h.

III.7.2 Traitement primaire

Le traitement primaire est assuré par une décantation primaire qui est un processus de séparation permettant d'éliminer entre 50 et 70 % MES présentes dans les eaux usées à traiter. Le décanteur est circulaire est présenté par la figure III.6.



Figure III.6 : Décanteur primaire vide

III.7.3 Traitement secondaire

C'est l'étape clé dans laquelle des micro-organismes dégradent la pollution organique dissoute.

III.7.3.1 Bassin d'aération

L'eau qui a traversé les autres étapes arrive dans deux bassins et se mélange avec une masse de boues. L'aération se fait par des Acti-Rotor en assurant un traitement par boues activée de type l'aération prolongée. Ces Acti-rotor sont placés en surface des bassins (Figure III.8). Les bassins reçoivent d'autre part la liqueur mixte constituée par la recirculation des boues provenant des clarificateurs finaux. Le tableau III.7 rassemble quelques caractéristiques de bassin d'aération.

Tableau III.5: Caractéristiques de bassin d'aération

Nombre de bassin	02
Volume unitaire	3500 m^3
Profondeur	6 m
Nombre d'aérateur	06 (03 aérateurs dans chaque bassin)
Largeur	15m
Longueur	40 m
Temps de séjour	0,5833 j
Production de boues	910 kg/j
Age de boues	10 j





Figure III.7 : Bassin d'aération **Figure III.8 :** Acti-Rotor

III.7.3.2 Clarification

Le clarificateur situé en aval du traitement biologique. Cet ouvrage assure la séparation de l'eau épurée de la biomasse floculée.

Les eaux issues d'ouvrage d'aération sont dirigées vers 02 clarificateurs ou décanteurs secondaires qui ont un diamètre 21 m. Le dimensionnement a été établi sur la base d'une vitesse 0,8 m/h pour le débit de point de temps sec. Leur surface est 690 m^2 et profondeur 2,6 m. Une partie des boues décantées est recyclée dans le bassin d'aération.



Figure III.9 : Clarificateur

III.7.4 Traitement tertiaire

La désinfection n'est pas faite au niveau de la STEP de Thénia. Dans la station il n'y a pas des bassins spéciaux pour la nitrification –dénitrification, mais la nitrification se fait d'une manière naturelle dans le bassin aérobie, car le traitement par boues activées se fait à faible charge. Le déversement des eaux usées épurées se fait au niveau d'oued Boufroune.

III.8 Filière boue

La filière boues comprend deux étapes principales : l'épaississement et la déshydratation. L'épaississement est effectué au niveau d'un épaississeur, tandis que la déshydratation est réalisée par voie mécanique.

III.8.1 Epaississement

Les caractéristique dimensionnelle et fonctionnelle de l'épaississeur ce représente dans le tableau III.6.

Tableau III.6: Caractéristiques dimensionnelles et fonctionnelles de l'épaississeur

	Paramétré	Valeur	Unité
Caractéristiques dimensionnelles	Diamètre intérieure	11	m
	Surface utile	94	m^2
	Hauteur	2,6	m
Caractéristiques fonctionnelles	Charge massique	30	$Kg/m^2.j$
	Concentration de sortie moyenne	Min : 20	g/l
	V_j à la sortie de l'épaississeur	528	m^3



Figure III.10 : Epaississeur

III.8.2 Déshydratation

La boue qui arrive de l'épaississeur se mélangé avec un polymère avec une quantité entre 6 à 7 kg/j. Le polymère aide à la formation des flocs (Figure III.11), puis elle est pressée dans une supère presse (Figure III.12) pour obtenir une boue déshydratée de bonne qualité (Figure III.13). Le tableau III.7 illustre les dimensions de ce procédé.

Tableau III.7 : Dimensions de bassin de déshydratation

Paramètre	Valeur	Unité
Largeur de la bande	2	m
Capacité unitaire	150	Kg MES/m.h
Temps fonctionnement journalier	13,6	H
Consommation de polymère moyen	20	Kg/j
Siccité des boues déshydratée	15±1	%
Masse journalière de boue produite	4	tonne/j



Figure III.11: Chambre de polymère



Figure III.12 : Presse de déshydratation



Figure III.13 : Gâteau de Boues

III.9 Analyses réalisées dans la STEP

Il existe dans la STEP de Thénia un laboratoire d'analyse des eaux et de boues, qui assurent le suivi de quelques paramètres comme : pH, température,…….etc. Le tableau III.8 ressemble les analyses faites avec leur fréquence.

Tableau III.8 : Fréquences des analyses faites

Analyses	Fréquence d'analyse par mois Catégorie A (capacité ≤ 50000 EH Zone 2 (littorale)		Observations
	Eau brute	Eau épurée	
Température	20	20	
Conductivité	20	20	
MES	4	4	
MVS	4	4	
DCO	–	–	Effectuées uniquement pour les (Besoins équivalents/ Boues décantée des Déshydratation
DBO_5	4	4	Réalisé au niveau du laboratoire de l'unité de Boumerdès
NH_4	4	4	
NO_2	2	2	Réalisé au niveau de laboratoire central
NO_3	2	2	
NTK	2	2	
PO_3^{4-}	2	2	
PT	2	2	

III.10 Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté la station d'épuration des eaux usées de Thénia. Cette STEP assure l'épuration par les étapes suivantes : prétraitement, traitement primaire suivie d'un traitement secondaire par boues activées à faible charge. Ce traitement permet à la STEP de rejeter un effluent en respectant les normes de rejet. Et pour assurer un bon fonctionnement, un control régulier assuré par les analyses est très important.

Chapitre IV :

Matériel et méthodes

IV.1 Introduction

L'objectif de ce travail est de présenter le contrôle de fonctionnement du traitement biologique dans la station d'épuration de Thénia. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'entrée et à la sortie de traitement secondaire. Les paramètres mesurés sont : la température, le pH, les MES, la conductivité, la DCO, la DBO_5 et test de décantation, ainsi une observation microscopique de la boue activée. Les analyses ont été réalisées durant la période allant du 15 Février 2026 jusqu'au 29 Avril 2026. Les résultats du mois de Janvier 2026 ont également été pris en considération afin de compléter l'évaluation du fonctionnement du traitement biologique.

IV.2 Echantillonnage des eaux analysées

Les points de prélèvement des eaux ont été définis à l'entrée du bassin d'aération (point 1) et la sortie du clarificateur (point 2) afin d'évaluer les performances du traitement comme le représente dans la figure IV.1.

Différents échantillons de l'eau brute, ainsi l'eau épurée ont été pris dans des flacons propres. Trois échantillons d'eau de volume de 0,5 litre ont été prélevés avec une fréquence d'une heure entre eux. Les échantillons ont été mélangés pour avoir un échantillon représentatif, puis conservés à 4°C pendant 24 h. L'ensemble des paramètres physico-chimiques (T, pH, conductivité, ….), l'indice de boues et l'observation microscopique ont été réalisé au niveau de laboratoire de la STEP de Thénia. Par contre, la mesure de la DBO_5, DCO ont été réalisé au niveau de laboratoire de la STEP de Boumerdès.

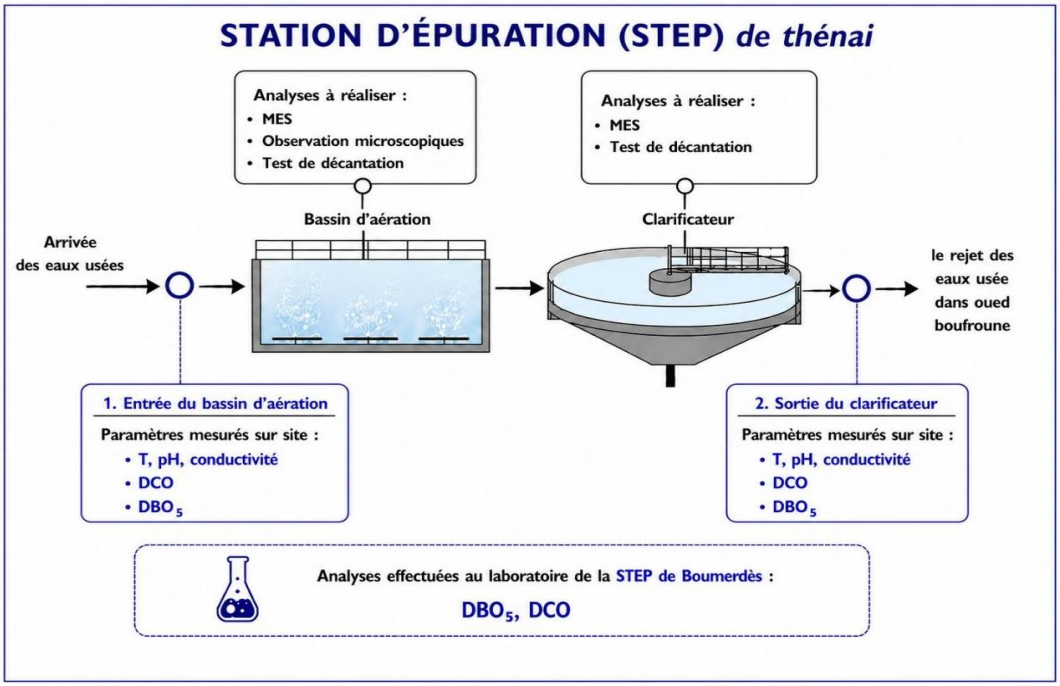

Figure IV.1 : Schéma explicatif pour l'échantillonnage des eaux analysées et boues

IV.3 Techniques d'analyse

Les techniques d'analyse présentées sont celles pratiquées au niveau de la STEP.

IV.3.1 Mesure de pH

Le pH est une caractéristique essentielle de l'eau. La valeur du pH est à prendre en considération lors de la majorité des opérations d'épuration de l'eau. Ce paramètre est contrôlé pour l'échantillon de l'eau brute et épuré.

IV.3.1.1 Matériel utilisé

- pH-mètre de marque WTW (PH 330)
- Béchers

IV.3.1.2 Mode opératoire

- On met dans le bécher une quantité d'eau à analyser (brute ou épuré).
- On allume le pH-mètre.
- On rince la sonde avec l'eau distillée.
- On introduit la sonde dans l'échantillon à analyser et appuyer sur le bouton AR.
- On effectue une lecture de la valeur de pH sur l'écran.



Figure IV.2 : pH-mètre utilisé

IV.3.2 Mesure de la température

La température est un paramètre clé pour avoir le développement bactérien correcte.

IV.3.2.1 Matériel

- Thermomètre
- Bécher

IV.3.2.2 Mode opératoire

- On prend un échantillon de certain volume dans un bêcher.
- On met un thermomètre dans l'échantillon et on lit la température. L'intervalle de température souhaitée 15 à 20 °C.

IV.3.3 Détermination de la matière en suspension (MES)

Pour déterminer la teneur de matières en suspensions, l'eau est filtrée et le poids des matières retenues est déterminé par différence de pesée. Ce paramètre sera aussi déterminé pour les boues.

IV.3.3.1 Matériel utilisé

- Filtre rapide composé d'un entonnoir et une fiole de 01 litre
- Balance de précision 1/10 en g
- Étuve de séchage de marque Nabertherm

- Eprouvette de 100 ml
- Pompe sous vide
- Papier filtre de diamètre 70 mm
- Capsules
- Pince
- Pompe sous vide

IV.3.3.2 Mode opératoire

- On met un papier filtre dans une capsule et à l'étuve. Le chauffage se fait à 105 °C pendant 2h.
- On fait sortir la capsule contenant le filtre de l'étuve et on la met dans un dessiccateur pour refroidissement.
- On pèse la capsule contenant le filtre et on notre le poids $\mathbf{P_V}$.
- On met le papier filtre vide dans l'entonnoir du filtre sous vide et on fait passer un volume de l'échantillon **V** à analyser à travers ce filtre. Ce volume est de 100 ml pour les eaux brute et épurée et pour les boues est de 20 ml.
- On enlève le filtre à l'aide d'une pince et on le met dans la capsule. Puis on procède au séchage à 105°C pendant 2 h.
- On fait sortir la capsule de l'étuve et la mettre dans un dessiccateur et on pèse la capsule $\mathbf{P_S}$.
- On calcule les MES selon l'équation suivante :

$$MES\ (mg/l) = \frac{\mathrm{Ps} - \mathrm{Pv}}{V}$$

Avec :

P_s : masse de filtre après filtration de séchage (mg)

P_v : masse de filtre vierge avant filtration (mg)

V : volume de l'échantillon filtré (l)



Figure IV 3 : Balance



Figure IV.4 : Filtration sous vide

IV.3.4 Conductivité

IV.3.4.1 Matériel

- Conductimètre

IV.3.4.2 Mode opératoire

- On prend un échantillon de 60 ml de l'eau dans un bécher.
- On rince la cellule de conductimètre et la sonde de température.
- On plonge la sonde dans l'échantillon et on fait la lecture sur l'écran de conductimètre.

IV.3.5 Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO)

La mesure de la DCO nous renseigne sur le bon fonctionnement des bassins biologique, et aussi nous permettant d'estimer la DBO_5. La méthode utilisée c'est ST-DCO (méthode à petite échelle en tube fermé).

IV.3.5.1 Matériel utilisé

- Spectrophotomètre de marque HACH DR2800
- Pipette volumétrique de 2ml
- Thermoréacteur 148°C de marque WTW
- Chronomètre
- Lunette de protection
- Gants

IV.3.5.2 Réactifs

- Kit DCO 21258_51
- Eau distillée



Figure IV.5: Spectrophotomètre



Figure IV.6: Thermoréacteur





Figure IV.7: Kit DCO 21258_51

IV.3.5.3 Mode opératoire

- On homogénéise 100 ml de l'échantillon pendant 30 secondes.
- On active le Thermoréacteur et le préchauffer à 148°C.
- On retire les bouchons des deux tubes de réactif (blanc, échantillon).
- On maintient les tubes positionnés à 45° et on pipete 2 ml de l'eau distillée (blanc) et 2 ml de l'échantillon.
- On ferme hermétiquement les tubes.
- On mélange le contenu des tubes en les tenants par bouchon (réaction exothermique).
- On chauffe les tubes pendant 2 h à 148°C dans le Thermoréacteur préchauffé.
- On retire les tubes, on agite les tubes encore à chaud ensuite on les place dans un support afin qu'ils refroidissent jusqu'à température ambiante.
- On introduit le blanc dans le spectrophotomètre ensuite l'échantillon pour faire une lecture directe de la DCO à une longueur d'onde spéciale de l'appareil : à haute gamme 620 nm, et à basse gamme 420 nm.

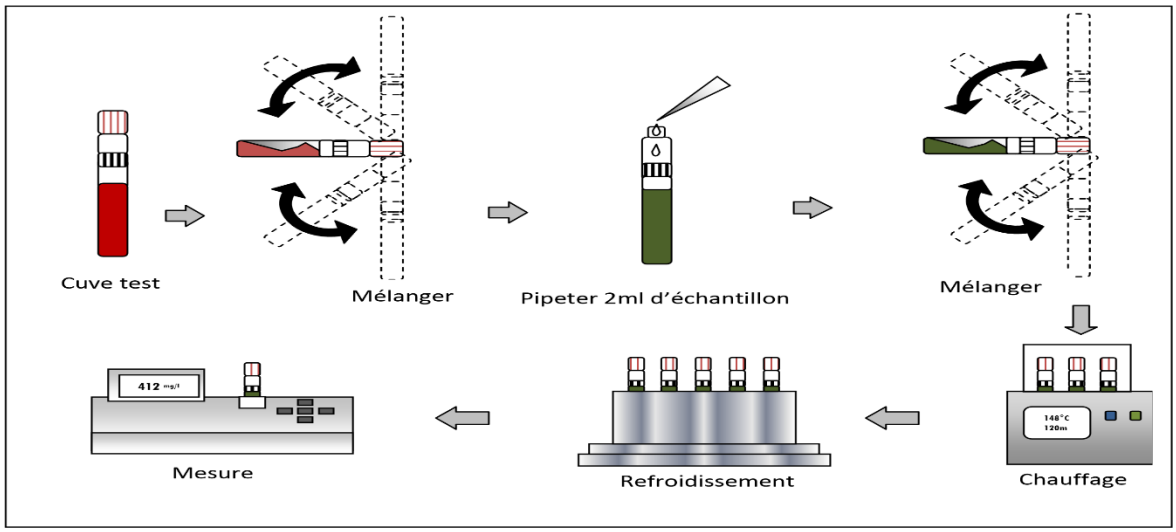

Figure IV.8: Schéma représentatif du mode opératoire pour la mesure de la DCO

IV.3.6 Demande biochimique en oxygène DBO_5

IV.3.6.1 Principe

Mesure de l'oxygène consommé en cinq jours par un échantillon dilué avec une eau saturée en oxygène, ensemencée avec des germes, puis placé dans une enceinte thermostatée à 20°C.

IV.3.6.2 Matériel utilisé

- DBO-mètre de marque WTW avec tête de type « Oxitop » (Figure IV.9)
- Gants
- Barreaux magnétiques.

IV.3.6.3 Réactifs chimiques

- Pastilles de KOH

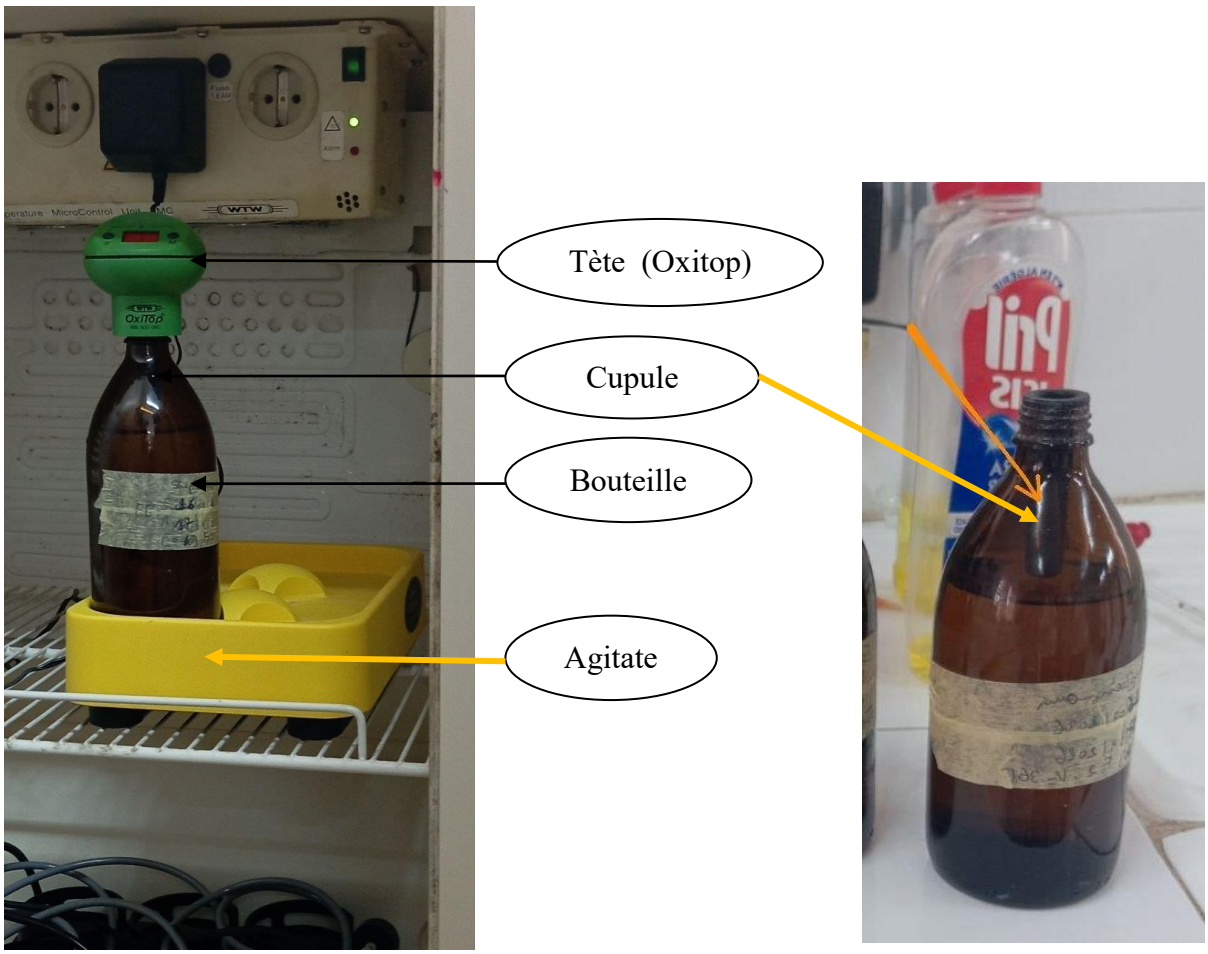

Figure IV.9: Dispositif de DBO_5-mètre

IV.3.6.4 Mode opératoire :

Afin de connaitre le volume d'échantillon d'eau à utiliser pour la mesure de la DBO_5, ainsi le facteur (tableau IV.1) pour l'effluent réel, on doit estimer la valeur théorique de DBO_5 par la formule suivante :

$$DBO_{5,\ estimée}\ (mg\ O_2/l) = DCO_{effluent\ réel} \times 0,8$$

Tableau IV.1 : Détermination du volume de l'échantillon

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure de DBO_5mg O_2/l	Facture
432	0 - 40	1
365	0 - 80	2
250	0 - 200	5
164	0 - 400	10
97	0 - 800	20
43,5	0 - 2000	50
22,7	0 - 4000	100

Par exemple :

Pour une DCO de l'eau égale 28 mg O_2/l, alors la DBO_5 estimée est :

$$DBO_{5,\ estimée} = 28 \times 0,8 = 22,4 \text{ mg } O_2/l$$

D'après le tableau IV.1, cette valeur se situe dans la plage 0-40, donc le volume de l'échantillon à prélever est de 432 ml et le facteur est égal à 1.

- On rince la bouteille et le barreau magnétique avec l'eau à analyser.
- On introduit le volume déterminé par l'étape précédente dans la bouteille.
- On ferme avec la cupule et on introduit deux pastilles de KOH à l'intérieur.
- On ferme hermétiquement la bouteille avec la tête Oxitop.
- On appuie au même temps sur les deux boutons (M et S) de l'Oxitop jusqu'à apparition des deux zéro.
- On introduit la bouteille dans un incubateur DBO_5 à 20°C.
- On vérifie les résultats chaque jour pendant une période de 5 jours en appuyant sur le bouton S et la valeur final sera obtenue dans le 5ème jour (la valeur lue).
- Pour avoir la valeur mesurée de la DBO_5, on multiplie la valeur lue du 5ème jour par le facteur sélectionné :

$$\mathbf{DBO_{5,\ effluent\ réel} = valeur\ lue \times facteur}$$

IV.3.7 Test de décantation :

Ce test concerne la boue, et a comme objectif :

- Mesure l'aptitude de la boue à la décantation ;
- Evaluer la concentration des boues activées ou bien recirculées.

IV.3.7.1 Matériel utilisé

- Cônes d'Imhof
- Minuterie
- Support

IV.3.7.2 Mode opératoire

- On prélève un échantillon de boue homogène est représentatif.
- On pose les cônes d'Imhof sur un support stable.
- On règle la minuterie à 30 min.
- On remplit les cônes d'Imhof avec 1 litre de boues activées et de boues recirculées bien mélangées et on déclenche la minuterie. (Figure IV.10).
- Après 30 min, on note le niveau du voile de boue (interface boue – eau) dans chaque cône.
- On utilise la même méthode pour la boue recirculée



Figure IV.10 : Test de décantation

IV.3.8 Indice de Mohlman

L'indice de Mohlman ($\mathbf{I_M}$), est un test permettant d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation dans les stations d'épuration à boues activées. Il représente le volume de boue après 30 minutes de décantation statique dans une éprouvette d'un litre à paroi transparente graduée. Il est défini par le rapport [49] :

$$I_M = \frac{{V_{30}}'}{[MES]}$$

Avec :

I_M : Indice de boues (ml/g) ;

V_{30}' : Volume de boues après 30 minute de décantation (ml) ;

[MES] : Concentration de matière en suspension (g/l).

IV.3.9 Vue microscopique

L'objectif de cette analyse est de voir les différents composants de la boue soit les caractéristiques des flocs, soit le type de micro-organismes présents.

IV.3.9.1 Matériel utilisé

- Microscopique optique de marque Motic
- Lame
- Lamelles
- Seringue

IV.3.9.2 Mode opératoire

- On prend une goutte de l'échantillon et on pose sur la lame à l'aide de seringue.
- On met soigneusement une lamelle sur cette goutte.
- On effectue une observation sous le microscopique.
- On note les bactéries trouvées en suivent le livre des bactéries.



Figure IV.11: Microscope optique

IV.3.10 Calcul du rendement opératoire

La mesure de rendement permet d'avoir l'efficacité du traitement dans l'élimination des polluants présents dans l'eau usée en termes de DBO_5, DCO et MES. En utilise l'équation suivante :

$$R\ (\%) = \frac{flux_{entrée}\ - flux_{sortie}\ )}{flux_{entrée}} \times\ 100$$

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre, les différents matériel et méthodes utilisés pour la détermination de quelques paramètres physico-chimiques, chimiques, biologiques et ainsi de boues ont été présenté afin de garantir un bon control de traitement biologique au sein de la STEP de Thénia.

Chapitre V :

Résultats et discussions

V.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter et discuter les résultats obtenus des analyses faites dans l'objectif de suivi de traitement biologique par boues activées au niveau de la STEP de Thénia durant 03 mois (de janvier au mars). L'absence d'analyses durant certaines journées durant notre stage, s'explique par la mise en fonctionnement en mode by-pass de la STEP. En plus, aucune analyse n'a été effectuée durant les journées du vendredi et du samedi, en raison de l'arrêt des activités administratives.

V.2 Suivi de pH

Le pH est un paramètre important lors de traitement biologique. Les résultats de suivi de ce paramètre pour l'eau brute à l'entrée de traitement secondaire 'EB' et eau épurée à la sortie de STEP 'EE' sont présentés par le tableau V.1.

Tableau V.1: Résultats de suivi de pH

Mois	Date	EB	EE
Janvier	04/01/2026	7,29	7,18
	05/01/2026	7,2	7,03
	08/01/2026	7,39	7,23
	11/01/2026	7,4	7,31
	13/01/2026	7,49	6,73
	14/01/2026	7,38	7,2
	15/01/2026	7,43	7,35
	18/01/2026	7,36	7,17
	19/01/2026	7,39	6,98
	20/01/2026	7,37	7,18
	25/01/2026	7,23	7,09
	27/01/2026	7,28	7,19
	28/01/2026	7,04	6,89
	29/01/2026	7,41	7,05
Février	01/02/2026	7,04	6,93
	02/02/2026	7,45	6,77
	03/02/2026	7,49	7,04
	04/02/2026	7,47	7,06
	05/02/2026	7,51	7,07
	08/02/2026	7,43	7,36
	09/02/2026	7,04	7,45
	10/02/2026	7,36	7,2
	11/02/2026	7,42	7,31

	Date	EB	EE
Février	12/02/2026	7,36	7,12
	15/02/2026	7,45	7,06
	16/02/2026	7,44	7,2
	17/02/2026	7,42	7,15
	18/02/2026	7,4	7,21
	19/02/2026	7,44	7,09
	22/02/2026	7,62	7,38
	23/02/2026	7,43	7,31
	24/02/2026	7,52	7,46
	25/02/2026	7,37	7,2
	26/02/2026	7,46	7,42
Mars	01/03/2026	7,48	7,32
	02/03/2026	7,67	7,63
	03/03/2026	7,58	7,25
	04/03/2026	7,42	7,34
	05/03/2026	7,25	7,19
	09/03/2026	7,32	7,26
	10/03/2026	7,37	7,24
	12/03/2026	7,41	7,29
	16/03/2026	7,01	6,79
	17/03/2026	7,4	7,05
	18/03/2026	7,47	7,03
	19/03/2026	7,36	7,09
	23/03/2026	7,2	7,19
	24/03/2026	7,46	7,27
	25/03/2026	7,6	7,3
	26/03/2026	7,6	7,53
	29/03/2026	7,55	7,47

D’après ces résultats, les valeurs enregistrées de pH d’EB varient entre 7,01 et 7,67. Tandis que, le pH d’EE varie entre 6,73 et 7,63. Cette légère diminution observée dans EE peut être liée à l’activité biologique et la dégradation de la MO. En plus, ces valeurs sont dans l’intervalle de pH de la norme de rejet (6,5 à 8,5). La figure V.1 illustre bien les valeurs de pH dans la période étudie.

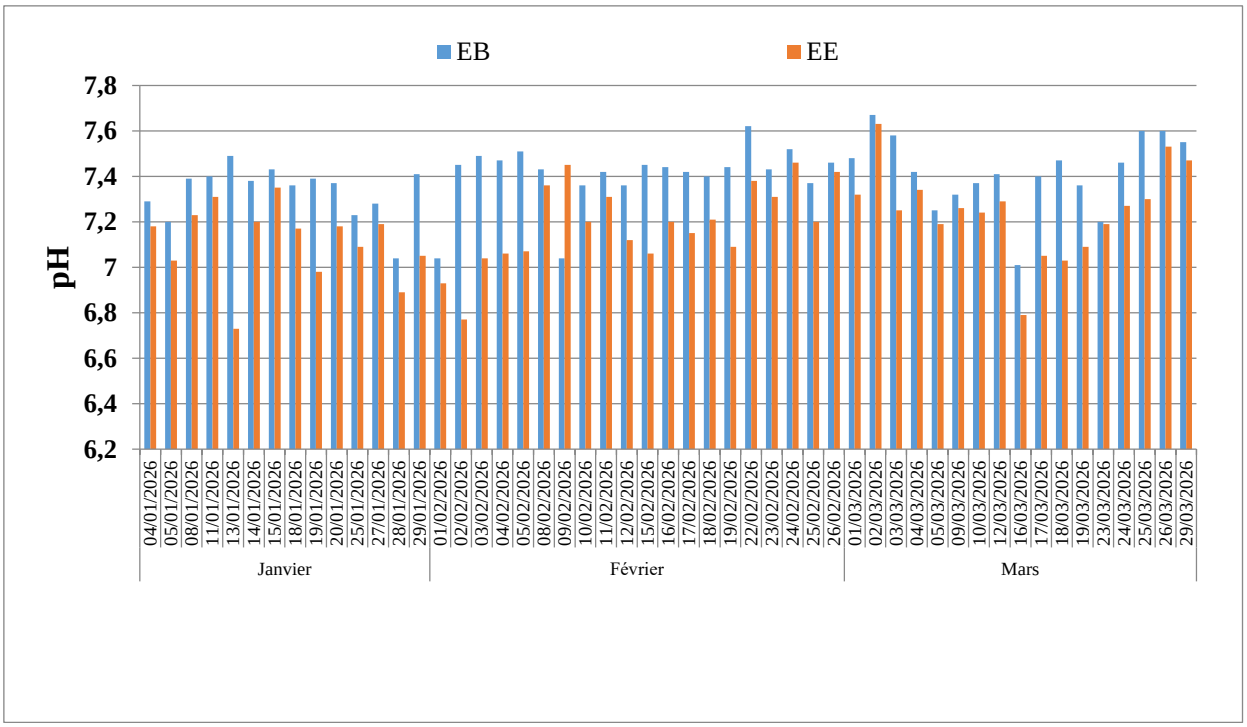

Figure V.1 : Variation de pH pour les eaux EB et EE

V.3 Suivi de la température

La température est un paramètre important lors de traitement biologique. Les résultats de suivi de ce paramètre pour l'eau brute à l'entrée de traitement secondaire 'EB' et eau épurée à la sortie de STEP 'EE' sont présentés par le tableau V.2 et la figure V.2 illustre les valeurs de température dans la période étudiée.

Tableau V.2: Résultats de suivi de température (°C)

mois	Date	EB	EE
Janvier	04/01/2026	16	15
	05/01/2026	16	15
	08/01/2026	16	15
	11/01/2026	16	15
	13/01/2026	17	15
	14/01/2026	15	14
	15/01/2026	15	14
	18/01/2026	16	14
	19/01/2026	14,3	12,66
	20/01/2026	14	13
	25/01/2026	14	13
	27/01/2026	14	13
	28/01/2026	14	13
	29/01/2026	14	13
	01/02/2026	14	13

	Date	EB	EE
Février	02/02/2026	17	17
	03/02/2026	17	17
	04/02/2026	16	16
	05/02/2026	16	16
	08/02/2026	16,30	16
	09/02/2026	16	15
	10/02/2026	16	16
	11/02/2026	15	14
	12/02/2026	16	15
	15/02/2026	16	15
	16/02/2026	15	14
	17/02/2026	15	14
	18/02/2026	18	17
	19/02/2026	17	17
	22/02/2026	15	14
	23/02/2026	15	14
	24/02/2026	15	14
	25/02/2026	16	14
	26/02/2026	15	14
Mars	01/03/2026	17	17
	02/03/2026	18	17
	03/03/2026	18	17
	04/03/2026	18	17
	05/03/2026	19	17
	09/03/2026	15	14
	10/03/2026	15	14
	12/03/2026	15	14
	16/03/2026	17	15
	17/03/2026	17	16
	18/03/2026	17	16
	19/03/2026	17	17
	23/03/2026	17	17
	24/03/2026	18	17
	25/03/2026	18	14,7
	26/03/2026	17	17
	29/03/2026	17	16

Selon les résultats présentés, les valeurs de température d'EB varient entre 14 et 19°C. Cette température est très efficace pour l'activité biologique et le développement des micro-organismes impliqués dans le traitement des eaux usées. Les valeurs de température EE varient entre 12,66 à 17 °C.

On observe qu'il y a une légère diminution de température après le traitement, cela peut s'explique par l'échange thermique avec l'environnement.

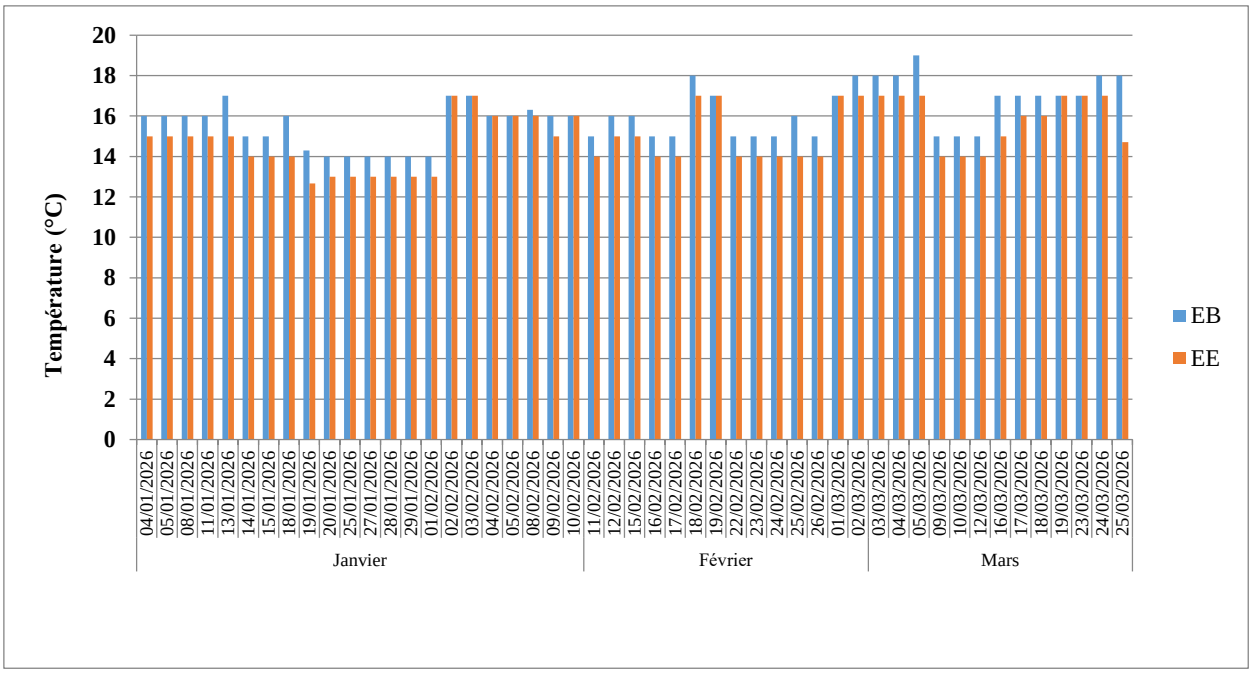

Figure V.2 : Variation de la température pour les eaux EB et EE

V.4 Suivi de la conductivité

Le tableau V.3 représente la variation de la conductivité entre l'entrée et la sortie de la STEP. Ces valeurs sont illustrées par la figure V.3 qui représente les valeurs de conductivité dans la piéride étudie.

Tableau V.3 : Valeurs de la conductivité (µS/cm)

Mois	Date	EB	EE
Janvier	05/01/2026	1628	1070
	13/01/2026	1088	904
	19/01/2026	1113	990
	25/01/2026	817	621
Février	02/02/2026	972	782
	08/02/2026	869	800
	16/02/2026	940	900
	22/02/2026	829	587
Mars	02/03/2026	988	713
	09/03/2026	815	703
	17/03/2026	783	613
	23/03/2026	715	617

On observe que la conductivité des eaux brutes varie entre 1628 et 715 µS/cm, à cause des fluctuations de la charge polluante (mélange domestique/industriel, variations saisonnières …), qui affectent la minéralisation des eaux usées. Après traitement (EE), la conductivité diminue légèrement et elle est entre 1070 et 587 µS/cm.

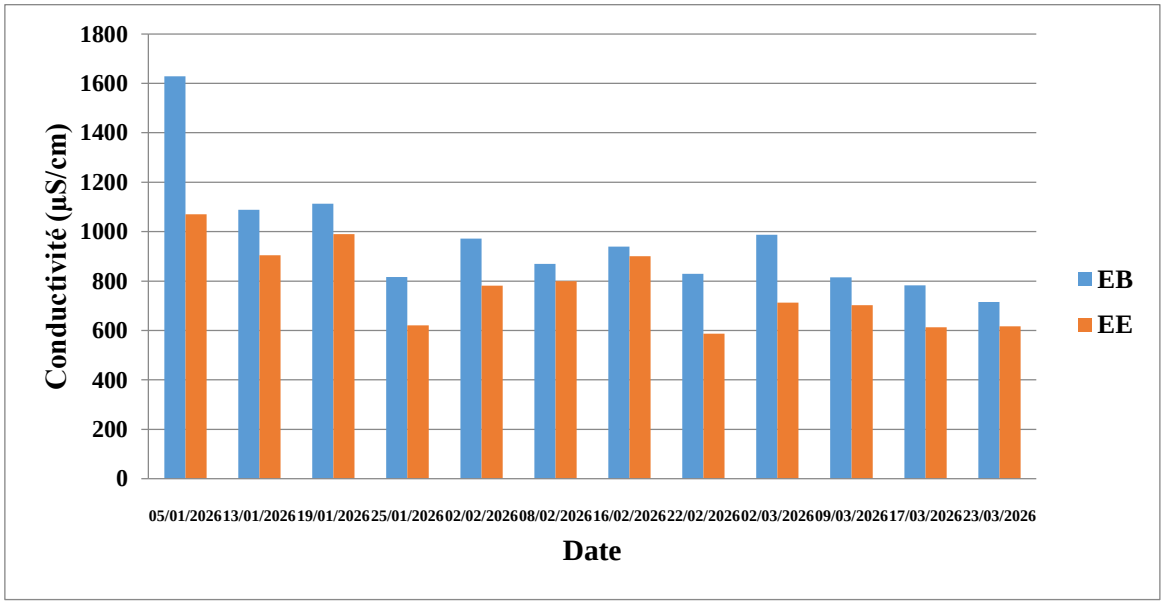

Figure V.3 : Variation de la conductivité pour les eaux EB et EE

V.5 Suivi des MES

Le tableau V.4 montre l'évolution des MES entre l'entrée et la sortie de la STEP durant trois mois (Janvier, février et Mars). Les résultats sont aussi présentés par la figure V.4, qui montre les valeurs de MES dans la période étudiée.

Tableau V.4: Valeurs de MES (mg/l)

Mois	Date	EB	EE
Janvier	05/01/2026	394	4
	13/01/2026	208	9
	19/01/2026	153	2
	25/01/2026	166	14
Février	02/02/2026	168	9
	08/02/2026	198	7
	16/02/2026	314	6
	22/02/2026	189	5
Mars	02/03/2026	260	9
	09/03/2026	166	6
	17/03/2026	145	4
	23/03/2026	100	5

On observe qu'il y a des journées la teneur en MES est élevée telles que : 05/01/2026 et 16/02/2026. Cela peut être dû aux eaux de ruissellement chargées en MES suite aux précipitations. Concernant les eaux épurées les résultats sont optimaux et varient entre 2 et 14 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à la norme de rejet en Algérie qui est 35 mg/l.

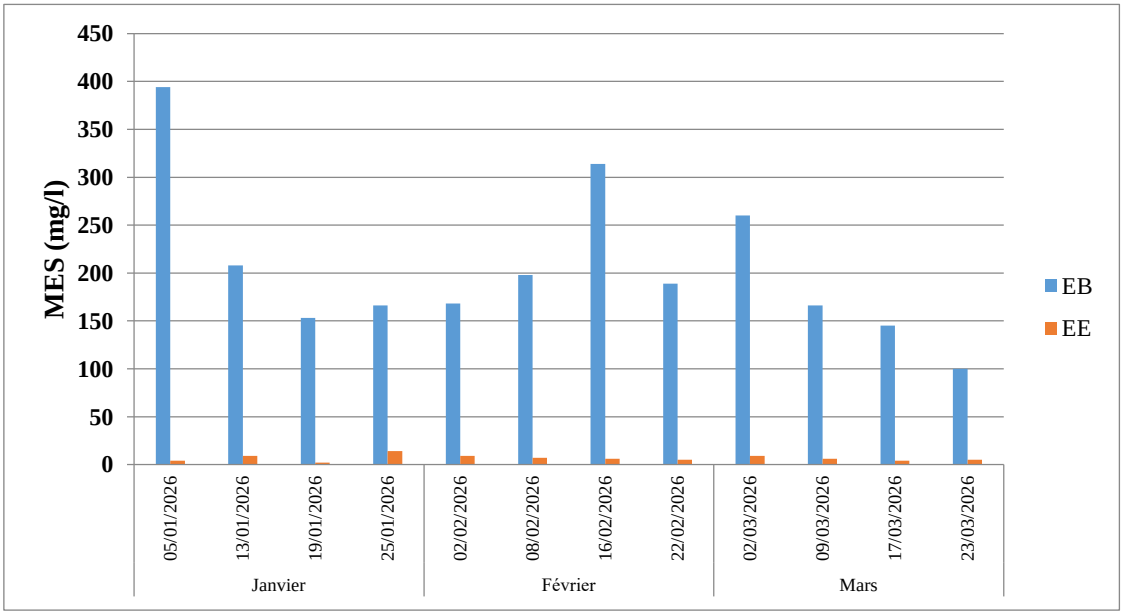

Figure V.4 : Variation des MES pour les eaux EB et EE

V.6 Suivi de la DCO

Le tableau V.5 représente la variation de la DCO de l'eau brute et de l'eau traitée de la STEP. La figure V.5 : illustre la variation de DCO pour EB et EE.

Tableau V.5 : Valeurs de la DCO mesurées (mg O_2/l)

Mois	Date	EB	EE
Janvier	05/01/2026	529	16,6
	19/01/2026	423	20,4
Février	02/02/2026	240	16
	16/02/2026	215	13,90
Mars	02/03/2026	302	59,90
	23/03/2026	**108**	15

Selon les résultats présentés, les valeurs de la DCO varient entre 108 mg/l et 529 mg/l pour l'eau brute. On remarque que pour la journée de 23/03/2026, la valeur est faible. Et pour l'eau épurée on remarque une forte diminution qui varie entre 15 et 59,90 mg O_2/l. Ces valeurs répondent aux normes de rejet en Algérie (120 mg O_2/l).

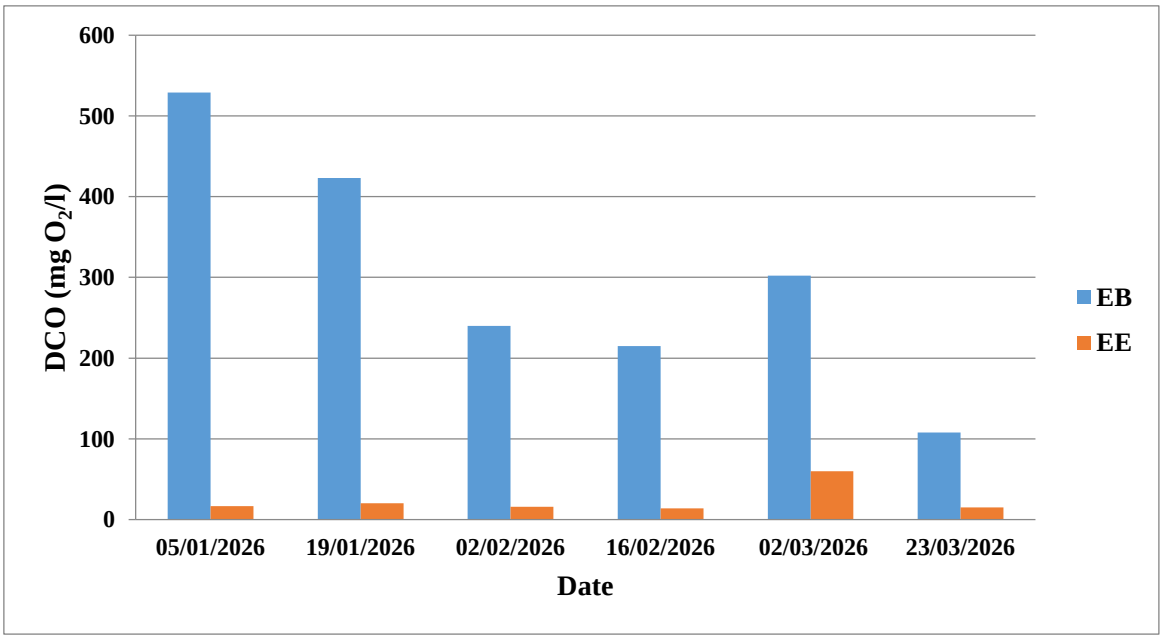

Figure V.5 : Variation de la DCO pour les eaux EE et EB

V.7 Suivi de la DBO_5

Le tableau V.6 représente la variation de la DBO_5 de l'eau brute et de l'eau traitée dans la STEP. De même, ces résultats sont présentés par la figure V.6 montre les valeurs de DBO_5 pour EB et EE.

Tableau V.6 : Valeurs de DBO_5 mesurées (mg O_2/l)

Mois	Date	EB	EE
Janvier	05/01/2026	300	6
	19/01/2026	260	12
Février	02/02/2026	**50**	4
	16/02/2026	120	6
Mars	02/03/2026	200	4
	23/03/2026	**90**	3

Les résultats obtenus varient entre 50 et 300 mg O_2/l pour l'eau brute. On observe une anomalie pour les deux dates du 02/02/2026 et du 23/03/2026, où les valeurs de DBO_5 sont très faibles par rapport aux valeurs normalement attendues pour un effluent urbain. Cela peut être dû soit à des erreurs de mesure ou d'échantillonnage, soit à la présence de substances toxiques ayant inhibée l'activité microbiologique et influencé la mesure de la DBO_5.

Alors, on peut dire que l'effluent à la sortie de la STEP répond aux normes de rejet (35 mg O_2/l).

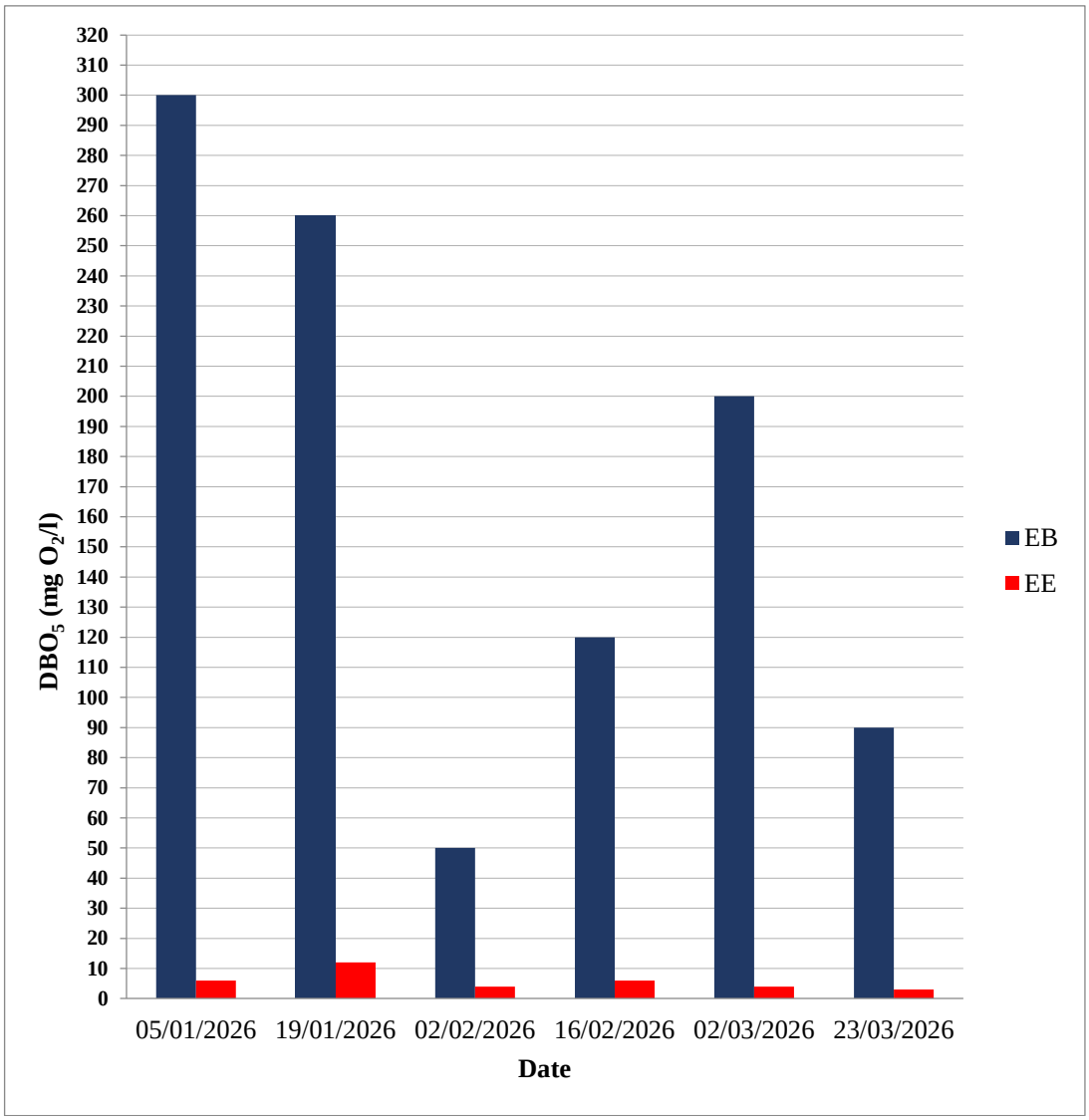

Figure V.6 : Variation de la DBO_5 pour les eaux EE et EB

Pour cette période, on vérifie le rapport DCO/DBO_5 pour EB afin de confirmer si le traitement biologique est faisable. Ce rapport doit être compris entre 1,66 et 2,5.

Tableau V.7 : Valeurs du rapport DCO/DBO_5 calculées

Mois	Date	DCO (mg O_2/l)	DBO_5 (mg O_2/l)	Rapport DCO/DBO_5
Janvier	05/01/2026	529	300	1,763
	19/01/2026	423	260	1,626
Février	02/02/2026	240	**50**	**4,8**
	16/02/2026	215	120	1,791
Mars	02/03/2026	302	200	1,51
	23/03/2026	108	**90**	1,2

Alors d'après le tableau V.7, toutes les valeurs de DCO/DBO_5 sont inférieures à 1,66, alors on peut dire que le traitement biologique était faisable, sauf pour la journée de 02/02/2026, il y a allé un problème dans la valeur de la DBO_5.

V.8 Rendements d'épuration

Les tableaux V.8, V.9, et V.10 présentent les valeurs de flux de DBO_5, DCO et MES à l'entrée et sortie de la STEP ainsi les rendements d'épuration calculés.

Tableau V.8 : Rendements d'épuration en termes de MES

Mois	Date	Flux entrant (kg MES /j)	Flux sortant (kg MES /j)	Rendement (%)
Janvier	05/01/2026	1390,03	13,41	99,036
	13/01/2026	330,97	13,6	95,889
	19/01/2026	540,335	6,71	98,758
	25/01/2026	241,43	19,34	91,988
Février	02/02/2026	292,118	14,867	94,911
	08/02/2026	102,643	3,447	96,641
	16/02/2026	706,5	12,825	98,185
	22/02/2026	510,98	12,842	97,487
Mars	02/03/2026	512,928	16,867	96,712
	09/03/2026	308,362	10,588	96,566
	17/03/2026	293,886	7,702	97,379
	23/03/2026	139,32	6,618	95,25

Tableau V.9 : Rendements d'épuration en termes de DCO

Mois	Date	Flux entrant (Kg DCO/j)	Flux sortant (Kg DCO/j)	Rendement (%)
Janvier	05/01/2026	1866,3	55,636	97,018
	19/01/2026	1493,87	68,442	95,418
Février	02/02/2026	417,312	26,430	93,667
	16/02/2026	483,750	29,711	93,858
Mars	02/03/2026	595,786	112,262	81,157
	23/03/2026	150,466	19,853	86,806

Tableau V.10 : Rendements d'épuration en termes de DBO_5

Mois	Date	Flux entrant (Kg DBO_5 /j)	Flux sortant (Kg DBO_5/j)	Rendement (%)
Janvier	05/01/2026	1058,4	20,11	98,1
	19/01/2026	918,22	40,26	95,62
Février	02/02/2026	86,94	6,607	92,40
	16/02/2026	270	12,825	95,25
Mars	02/03/2026	394,560	7,497	98,10
	23/03/2026	125,388	3,971	96,833

Dans l'ensemble, les rendements d'épuration sont supérieurs à 92 % en termes de DBO_5, 81 % en termes de DCO et 91 % en termes de MES.

V.9 Suivie de l'indice de boues

Les tableaux V.11 et V.12 présentent respectivement les valeurs calculées de l'I_M calculé dans le bassin d'aération et le clarificateur.

Tableau V.11: Valeurs d'I_M de la boue dans le bassin d'aération

Mois	Date	V_{30}' (ml)	[MES] (g/l)	I_M (ml/g)
Janvier	05/01/2026	410	5,55	73,87
	13/01/2026	300	4,3	69,76
	19/01/2026	420	4,2	100
	25/01/2026	240	3,3	72,72
Février	02/02/2026	400	6,5	61,53
	10/02/2026	310	5,20	59,61
	17/02/2026	680	3,40	200
	22/02/2026	840	4,9	171,42
Mars	01/03/2026	830	9,9	83,83
	09/03/2026	840	8,8	95,45
	16/03/2026	500	8,6	58,13
	23/03/2026	730	8,6	84,88

Tableau V.12: Valeurs de I_M de la boue dans le clarificateur

Mois	Date	V_{30}' (ml)	[MES] (g/l)	I_M (ml/g)
Janvier	05/01/2026	800	7,95	100,62
	13/01/2026	490	5,5	89,09
	19/01/2026	700	5,3	132,07
	25/01/2026	400	5,35	74,76
Février	02/02/2026	950	13,15	72,24
	10/02/2026	740	6,35	116,53
	17/02/2026	800	5,20	153,84
	22/02/2026	900	6,20	145,16
Mars	01/03/2026	970	10,30	94,17
	09/03/2026	960	16,15	59,44
	16/03/2026	850	10,20	83,33
	23/03/2026	910	9,66	94,20

D'après le tableau V.11 les valeurs de I_M des boues biologiques sont comprises entre 58,13 et 100 ml/g, indiquant que les boues sont dans une excellent état et bien formées. Par contre, il existe deux valeurs supérieures à 100 ml/g pour les dates 19/01/2026 et 22/02/2026, indiquant que la décantation moyenne à médiocre avec risque de bulking.

Et d'après le tableau V.12, on remarque qu'il y a des journées la teneur en I_M est élevée (> 100 ml/g) ce qui signifie que :

- La décantation devient moins efficace ;
- Le risque d'entraînement des boues vers l'effluent traité augmente ;
- Le clarificateur peut présenter un phénomène de foisonnement des boues.

Les grandes valeurs de I_M, peuvent être expliquées par :

1. Développement de bactéries filamenteuses à cause la plus fréquente du phénomène de bulking ;
2. Manque d'oxygène dissous dans le bassin d'aération ;
3. Variation brusque de la charge polluante ou carence en nutriments (DBO_5/N/P);
4. Age de bous élever,
5. Présence de substances toxiques ou inhibitrices provoqué par les rejets industriels s'il existe dans cette ville ;
6. Variations importantes du pH ou de la température.

V.10 Suivi de l'observation microscopique

Afin d'évaluer la qualité de la boue activée dans le bassin d'aération, une observation microscopique a été réalisée afin d'identifier les différentes espèces présentes. Ces analyses ont été effectuées à raison d'une fois par mois. Cette analyse a été faite une fois lors de notre stage (02 mars 2026). La figure V.7 présente une vue sous microscope, en confirmant la présence d'Aspidisca ainsi que de Vorticella. La présence de ces espèces indique généralement une boue activée en bon état biologique et un meilleur fonctionnement du procédé d'épuration.

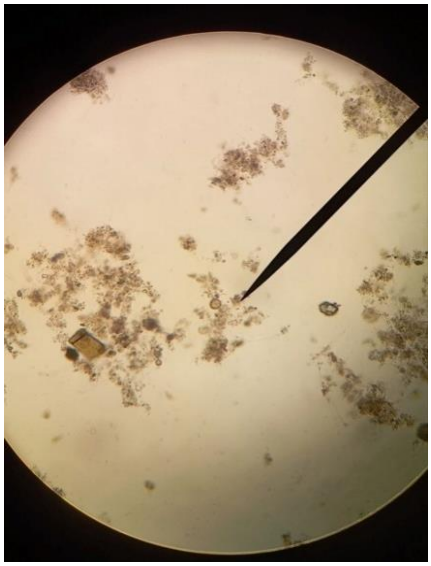

Figure V.7 : Vue microscopique de la boue dans le bassin d'aération

V.11 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté et discuté les résultats de suivi des paramètres physico-chimique (pH, conductivité, température, MES) et chimique (DBO_5, DCO,) des eaux usées et des eaux épurées, ainsi que la vérification de l'indice de boues dans le bassin d'aération et le clarificateur. Ces analyses en été complété par une vue microscopique de la boue activée. L'analyse a montré une conformité des résultats avec les normes algériennes, ce qui confirme l'efficacité biologique et le système de traitement.

Conclusion générale

Le but de l'épuration des eaux usées non seulement la protection de la santé humaine, mais aussi pour protéger les ressources en eaux, et l'environnement.

La STEP du Thénia assure le traitement des eaux usées de la ville par traitement biologique à boues activées à faible charge, et elle fournit des conditions favorables au développement des micro-organismes qui permettent de dégrader divers polluants.

L'objectif de ce travail est de faire un suivi du traitement secondaire au sein de cette STEP, par la mesure des paramètres physico- chimique et biologique des eaux à l'entrée et sortie de traitement secondaire et aussi le suivi de l'état boues dans le bassin d'aération et le clarificateur.

Les résultats obtenus pendant cette période, de Février au Avril, pour ces analyses ont montré que les mesures répondent aux normes de rejet dans l'ensemble :

La température des eaux à épurer est entre 12,66 et 17 °C, ce qui n'influe pas négativement sur l'activité microbienne.

Le pH des eaux épurées est entre 6,73 et 7,63n cela montre qu'il y a un bon développement des micro-organismes.

La conductivité de l'eau épurée varie de 1070 au587 µS/cm, ce qui représente les sels dissous dans l'eau.

Les valeurs de DCO mesurées sont 15 et 59,90 mg O_2/l, ce qui indique une bonne élimination de la matière organique.

La DBO_5 enregistré est entre3 et 12 mgO_2/l, cela donne une activité biologique parfaite.

Les MES de l'eau épurée varie entre 2 et 14 mg/l, ce qui prouve une meilleure clarification de l'eau.

Avec ces résultats nous pouvons dire que la qualité de l'eau épurée répond aux normes de rejets Algérienne pendant notre stage, malgré quelques valeurs anormales pour les dates 02/02/2026 et 23/03/2026, Cela peut être dû soit à des erreurs de mesure ou d'échantillonnage, soit à la présence de substances toxiques ayant inhibée l'activité microbiologique et influencé la mesure de la DBO_5., et elle peut être rejetée dans le milieu naturel sans risque de pollution.

A la fin, nous pouvons dire qu'un bon suivi des paramètres de fonctionnement de chaque procédé assure à la fin l'obtention d'un rejet conforme aux normes en assurant la protection de notre environnement et les ressources hydriques.

Références bibliographiques

[1] : BAKIRI, Z. Mémoire, Traitement Des Eaux Usées Par Des Procèdes Biologiques Classiques : Expérimentation Et Modélisation. Université Ferhat Abbas-Sétif (Algérie), 2007.

[2] : MEHAMMEDIA, A ; TOUATI TLIBA, K. Mémoire de fin d'études, Master 2, Évaluation de l'efficacité de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Guelma. Université de Guelma, 2020.

[3] : Association Intercommunale pour le Démergement et l'Épuration (AIDE), Pollution des eaux.

[4] : HAMIDOUD.S. Thèse de doctorat, Optimisation multi-objectifs du traitement des eaux usées par électrocoagulation. Université de Guelma, 2025/2026.

[5] : BELACEL, TE et ARKOUN, YS. Mémoire, Etude de procédé de traitement des eaux usée d'une station d'épuration. Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, 2020/2021

[6] : GHETTAS, N. Mémoire de fin d'étude, Epuration des Eaux Usées : Cas de la Ville de Touggourt. Université d'Ouargla, 2008/2009.

[7] : Provence Geo Conseils Qu'est-ce que les « eaux usées domestiques » ?

[8] : METAHRI, MS. Thèse de doctorat, Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes : cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Université de Tizi-Ouzou, 2012.

[9] : KECHIT, Z. NEKICHE, F. Mémoire de fin d'étude, Valorisation des eaux usées épurées en agriculture : Impacts sur le sol et la plante. Université de Tizi-Ouzou, 2019 /2020.

[10] : MEHENNI, S. Mémoire de Master, Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels au niveau de l'Entreprise du Bois Panneaux d'Algérie (El Tarf). Université Constantin 1 Frères Mentouri, 2023/2024.

[11] : DJEGHADER, C. REHAI, A. LADAYCAI, W. MESBAH, N. Mémoire de Master, Evaluation des rejets industriels liquides et leur impact sur l'oued safaf (Région de Skikda). Université 20 AOUT 1955- SKIKDA, 2022/2023.

[12] : SAHRI, N. BOUKHAROUBA, NEH. Mémoire de Master, Effet de la nature des rejets sur le fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de GUELMA. Université 8 Mai1945 Guelma, 2020/2021.

[13] : RAZIBAOUENE, S. .Mémoire de fin d'étude, Etude du fonctionnement de la station d`épuration de Thénia (Boumerdes). Université de Boumerdes, 2019/2020.

[14] : GUENOUAI, R.. Mémoire de fin d'étude, Suivi et Etude des procédés d'épurations des eaux usées urbaines au niveau de l'ONA Touggourt /Ouargla et caractérisation par méthode physico-chimiques. Université de Ouargla, 2018 / 2019.

[15]: MEOT, B. ALAMY, Z. BRGM, Rapport R31 588, 1990. Les eaux usées urbaines : réglementation des rejets urbains, traitement de finition par géo-épuration.

[16] : BELMANA. NEH. ZAOUI. A. Mémoire de Master, Redimensionnement des ouvrages de la station d'épuration des eaux usées de la commune de AïnTaghrout à l'horizon 2070. Université Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi, Bordj Bou Arreridj 2024.

[17]: LABBACI, H. BOUMANKER, T. Mémoire de Master, Analyse des anomalies et redimensionnement de la STEP de la Wilaya de SKIKDA. Université Badji Mokhtar Annaba 2018/2019.

[18] : DE LAAT, Joseph (2025). Encyclopédie de l'Environnement, Pourquoi et comment traiter les eaux usées urbaines ?

[19] : KEDDARI.D. Mémoire de Master, Mise au point des techniques de mesure de la DBO5, des formes azotées et des paramètres physiques des eaux superficielles. Université des Frères Mentouri Constantine, 2014/2015.

[20] : RODIER, J. LEGUBE, B. MERLET, N. Cool.L'analyse de l'eau, 9e édition, paris Dunod, 2009.

[21] : BAGUI, A. BENBOUALI, AM. Mémoire de Master, Traitement des eaux usées industrielles. Université d'Oran, 2021/2022.

[22] : AMAOUCHE, I. MALKI, A. Mémoire de Master, Conception d'une station d'épuration des eaux usées dans la commune de Metlili en vue de la réutilisation pour l'irrigation Wilaya de Ghardaïa. Université de Ghardaïa, 2022/2023.

[23] : JC France industrie comprendre le dégrillage des eaux usées : processus et avantages.

[24] : DEGREMONT, S. Memento technique de l'eau (TOME 2) Dixième Edition.

[25] : NATURA-sciences. L'info scientifique de l'urgence écologique Comment fonctionne une station d'épuration ?

[26] : Conseil départemental de Seine-et-Marne, Disques biologiques : fiche technique n°3, Août 2022

[27] : Conseil départemental de Seine-et-Marne, lit bactérien : fiche technique n°2, Août 2022.

[28] : ZOUIDJA, EA. Mémoire de Master, Epuration des eaux usées par lagunage naturel de la région de Ghardaia Evolutions et conditions optimales. Université de Ghardaïa 2013/2014.

[29] : G.U.N.T. GerätebauGmbH. Traintement de l'eau - Technologie durable pour la protection de l'environnement : Traitement biologique de l'eau.

[30] : HOURI.L, MOKHTARI.S. Mémoire de Master 2, Evaluation du traitement Biologique des eaux usées urbaines Par la méthode a boues activées (Station d'épuration de KOLEA. Tipaza). Université Saad Dahlab de Blida1,2017/2018.

[31] : Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.

[32] : HARIR, I. NEDDER, ND. Mémoire de Master, Valorisation des boues de la station d'épuration de Bathioua Oran. Université Larbi Tebessi – Tébessa 2019/2020.

[33] : BOURNENE, ICH. ZAOUIA, I. Mémoire de Master, Étude du fonctionnement de la station d'épuration (STEP) de Aïn Beida à boues activées et son impact sur l'environnement. Université Larbi Ben M'hidi - Oum El Bouaghi 2017/2018.

[34] : BENAYAD, A. Projet de fin d'étude, Traitement des eaux usées par boues activées à la STEP. Université sidi Mohamed ben Abdellah de Fès. Maroc, 2017 / 2018.

[35] : BOUDHANE, N. AHMED AMMAR, I. Mémoire de Master, Optimisation du traitement biologique dans une station d'épuration à boues activées : cas de la STEP de Batna. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen Algérie 2015/2016.

[36] : DJOUAHI, O. LIMANE, Y. Mémoire de Master, Optimisation du traitement biologique dans une station d'épuration à boues activées : cas de la STEP de Touggourt. Université Échahid Hamma Lakhdar d'El Oued (Algérie),2018/2019.

[37] : DEGREMONT, S. Memento technique de l'eau (TOME 1) Dixième Edition.

[38] : Mita water technologies. Élimination de la DBO_5, DCO.

[39]:books. Open Edition. MORIN-CRINI, N. CRINI, G. Eaux industrielles contaminées Réglementation, paramètres chimiques et biologiques & procédés d'épuration innovants. Presses universitaires de Franche- comté. Edition 2017.

[40] : ROUWANE, A. technique de l'ingénieur, continuité normative surveillance microbiologique de l'eau.

[41] : Labo Step 2019, les dysfonctionnements biologiques.

[42] : Veolia water technologies, Traitement anaérobie de l'eau et production de biogaz : transformer les déchets en valeur.

[43] : BOUROUBA, A. OUADI, H. Mémoire de fin d'étude, Valorisation de boues activées issues du traitement des eaux usées. Université ABBES LAGHROUR Khenchela, 2019/2020.

[44] : Dreamstime, Boues activées aérées dans wtp 8. Boues activées aérées à la surface du réservoir d'activation dans la zone de l'installation de traitement des eaux usées.

[45] : Documentation : Eau et biodiversité, Aération en fines bulles : enseignements tirés de 15 ans de pratique.

[46] : Eaux de Vienne, Station d'épuration à boues activées : le bassin aérateur.

[47] : Val-doise. Gou, les boues.

[48] : Wikhydro ; boues activées.

[49] : Sandre eau France, Indice de boues.

[50] : Lyonnaise des eaux, STEP de la BRIDOIRE-AIGUEBELETTE

Note de calcul de la capacité de traitement.
[51] : CANLER, JP.FNDAE n° 33 Document technique, Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions.
[52]: BOUMAHNI, HE. Mémoire de Master, Simulation des performances épuratoires de la STEP d'El- Kala par GPS-X. Université Badji Mokhtar Annaba, 2022/2023.