

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences - Département de Chimie
Domaine : Science de la matière
Filière : Chimie
Spécialité : Chimie d'environnement

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Présenté par

MESSAADAA KAHINA

&

NAMOUNI FERIEL

Thème

Influence des paramètres opératoires sur l'efficacité
d'épuration des eaux usées, cas de foisonnement des
bassins d'aérations.

Soutenu le 06 Juillet 2022 devant le jury composé de :

Mme T. AKSIL	Maître de conférences A	FS-UMBB	Présidente
Mme H. IRINISLIMANE	Maître de conférences B	FS-UMBB	Promotrice
Mme D. TARTAG	Ingénieur Exploitation	SEAAL	Co-Promotrice
Mme N. BOUDIEB	Maître de conférences B	FS-UMBB	Examinatrice
Mme L. BENSADALLAH	Maître de conférences B	FS-UMBB	Examinatrice

ملخص

تعتبر بحيرة الرغاية ذات أهمية دولية وتشكل خزاناً للتنوع البيولوجي يهدده تصريف المياه الصناعية، كجزء من إعادة تأهيل هذه المساحة وحماية التراث الطبيعي الذي تزخر به، وهو جزء من دراستنا بهدف لإظهار تأثير ظاهرة الحمأة على جودة التفريغ، وكذلك دراسة المطابقة والأداء لمحطة المعالجة الحديثة سيضمحل التحكم في مراقبة الاختلافات في جميع المعلمات الفيزيائية والكيميائية والعملية على سلسلة من البيانات الشهر لمدة 2 أشهر من التشغيل (أبريل، مايو 2022)

الكلمات المفتاحية : المعالجة محطة ، التفريغ جودة ، الحمأة

Résumé

Le lac de Réghaïa est d'une importance internationale, et constitue un réservoir de biodiversité que menacent les rejets des eaux industriels, Dans le cadre de la requalification de cet espace et la protection du patrimoine naturel qu'il regorge, que s'inscrit notre présente étude avec objectif de montrer l'impact du phénomène de foisonnement sur la qualité de rejet, Ainsi que l'étude de la conformité et rendement de la nouvelle station d'épuration (T2). Le contrôle de la STEP comportera le suivi des variations de l'ensemble des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et de processus sur une série de données mensuelles de 2 mois d'exploitation (Avril, Mai 2022).

Mots clés : Foisonnement, qualité de rejet, STEP

Abstract

The lake of Réghaïa is of international importance and constitutes a reservoir of biodiversity which threatens the industrial water discharges, Within the framework of the requalification of this space and the protection of the natural heritage which it abounds, that our present study with objective of show the impact of the bulking phenomenon on the rejection quality as well as the study of the conformity and output of the new waste water treatment plant (T2) is registered. The control of the WWTP will include the follow-up of the variations of all the physicochemical and process parameters on a series of monthly data of 2 months of exploitation (April, May 2022).

Keywords : Bulking, rejection quality, WWTP

Dédicace

Je dédie ce modeste travail comme un témoignage d'affection de respect et d'admiration :

A mes très chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être, je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours, que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez,

Puisse Dieu, le Très Haut, vous accordez santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

A mon frère et ma sœur

Qu'ils puissent trouver dans ce modeste mémoire l'expression de mon attachement et de ma profonde reconnaissance.

Puisse Dieu vous donne santé, bonheur, courage et surtout réussite.

A toute ma famille et à tous mes ami(e)s

Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de mon profond respect et reconnaissance.

A tous mes camarades de promotion

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment

KAHINA

Dédicace

Je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents

Pour tout l'amour que vous m'avez entourée, pour tout ce que vous avez fait pour moi, je ferais de mon mieux pour rester un sujet de fierté à vos yeux, j'espère toujours rester fidèle aux valeurs morales que m'avez apprises.

A ma sœur et mon frère

Pour l'amour qu'ils me réservent, je leur souhaite une vie pleine du bonheur et de succès

*A mon soutien moral et source de joie et de bonheur, **mon mari** pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordée*

A mon cher petit fils Mouhamed Nazim

A ma famille Namouni et ma belle-famille Madjour

A toutes les personnes que je porte dans le cœur et qui se reconnaîtront car elles en font autant

A tous ceux qui m'ont aidé durant ma vie universitaire

A tous ceux qui me sont chers

FERIEL

Remerciements

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

*On remercie fortement monsieur **KARIM YAHIAOUI** pour avoir proposé ce thème, pour son aide ses conseils avisés.*

*Un grand merci à notre promotrice **M^{me} H. IRINISLIMANE** pour sa grande disponibilité, ses compétences technique et scientifique, sa patience et son soutien permanent qui nous ont permis de mener à bien notre étude.*

*On tient à exprimer nos plus vifs remerciements à notre co-promotrice **M^{me} D. TARTAG** pour tous ces efforts, son savoir, ses idées, sa confiance et son encouragement. Cela a été privilège pour nous, de travailler sous sa direction.*

*Nous tenons à remercier **M^{me} T. AKSIL** Maître de conférences à l'Université de Boumerdes, pour avoir accepté de présider le jury.*

*Nous remercions également **M^{me} N. BOUDIEB** et **M^{me} L. BENSADALLAH**, Maîtres de conférences à l'Université de Boumerdes pour l'honneur qu'elles nous ont fait en acceptant d'examiner le présent travail.*

Il n'est jamais facile pour un étudiant de trouver un stage, c'est pourquoi nous remercions tous le personnel de la station d'épuration de Reghaia pour la confiance qu'elle nous a accordée, son accueil chaleureux et son intégration.

Je voudrai remercier également tout le personnel de la station d'épuration de Reghaia pour leurs collaborations en mettant à notre disposition toutes les données nécessaire.

Notre dernier remerciement, mais non le moindre s'adresse à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

MERCI A TOUS.

Liste des abréviations

STEP	: Station d'Épuration.
H₂S	: Hydrogène sulfureux.
g/cm³	: grammes par centimètres cube.
nm	: Nano mètre.
µm	: micro mètre.
ml	: millilitre.
pH	: Potentiel d'hydrogène.
CE	: Conductivité électrique.
µS/	: micro Siemens par cm.
mS/cm	: milli Siemens par cm.
MES	: Matière en suspension.
NTU	: Nephelométric Turbidity Unit.
FTU	: Formazin Turbidity Unit.
DCO	: Demande chimique en oxygène
K₂Cr₂O₇	: Bichromate de potassium.
DBO₅	: Demande biologique en oxygène pendant 5 jours.
°C	: Degré Celsius.
OD	: Oxygène dissous.
mg/	: milligrammes par litre.
MVS	: Matière volatile en suspension.
MC	: Matière colloïdale.
COT	: Carbone organique total.
CO₂	: Dioxyde de Carbone.
NT	: Azote total.
NO²⁻	: Les ions nitrites.
NO³⁻	: Nitrates.
NH₃	: Ammoniac.
NH⁴⁺	: Ammonium.
PT	: Phosphore total.
EH	: Equivalent d'habitant.
MO	: Matière oxydable.
MA	: Matière azoté.
MP	: Matière phosphorés.
OMS.	: Organisation Mondiale de la Santé.
UNICEF	: United Nation International Children's Emergency Fund.
mm	: milli mètre.
m/s	: mètre par second.
m/h	: mètre par heure.
c-a-d	: c'est-à-dire.
O₂	: Oxygène dissous.
Cm	: Charge massique.
Q₀	: Le débit journalier d'eaux résiduaires à épurer.
L	: La concentration moyenne en DBO5 de l'eau à traiter.
Q₀.L	: La charge polluante journalière traitée.
S_t	: La concentration en matière sèche des boues.

V	: Le volume du bassin d'aération.
C_v	: La charge volumique.
PBA s	: Procédés par boues activées.
A	: Age de boue.
am	: Un coefficient qui correspond à la masse de cellules formée par masse de DBO ₅ éliminée.
b	: Un coefficient correspond au besoin en oxygène relatif à la matière volatile.
X_v	: La concentration en matières volatiles dans le bassin d'aération.
ERU	: Eau Résiduaire Urbaine.
IB	: Indice de boue.
ml/g	: millilitre par gramme.
O₃	: Ozone.
UV	: Ultra- violet.
Cm	: Centimètre
CH₄	: Méthane
SEAAL	: Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.
SPA	: Société par Action.
Km	: Kilomètre.
RN	: Route National.
m	: mètre.
ETM	: Elément Trace Métallique.
T1	: Tranche 1.
T2	: Tranche 2.
m³/j	: mètre cube par jour.
T/	: Tonnes par jour.
EB	: Eau brute.
EE	: Eau épurée.
OH⁻	: Ion d'hydroxyde.
FeCl₃	: Chlorure ferrique.
NaH₂PO₄	: Dihydrogénophosphate de sodium.
FePO₄	: Diphosphate ferrique.
NaCl	: Chlorure de sodium.
HCl	: Acide chlorhydrique.
g/l	: gramme par litre.
mV	: milli Volt.
F	: Le flux.
C	: Concentration.
(MS) BA	: Concentration des boues activées en matière sèche.
QE	: Débit journalier (m ³ /j) d'extraction des boues.
(MS) E	: Concentration des boues en excès en matière sèche.
IM	: Indice de Mohlman.
V30	: Volume décante après 30 minutes.
V30 Dilué	: Volume dilué décante après 30 minutes.
Cl₂	: Dichlore.

Liste des figures

Figure I.1: Nature de la pollution des eaux	5
Figure II.1: Etapes d'une filière de traitement des eaux	19
Figure II.2: Les étapes de prétraitement.....	20
Figure II.3: Traitement physico-chimique.....	22
Figure II.4: Illustration graphique des procédés aérobie et anaérobie.....	24
Figure II.5: Lit bactérien.....	25
Figure II.6: Disques biologiques.....	25
Figure II.7: Biomasse fixée – filtration.....	27
Figure II.8: Processus des boues activées.....	29
Figure II.9: Représentation d'un floc de boue activée.....	31
Figure II.10: Décantation secondaire.....	35
Figure II.11: Schéma général de la nitrification-dénitrification.....	36
Figure III.1: Plan de situation de la station d'épuration de REGHAIA.....	40
Figure VI.1: LOGO de la station d'épuration des eaux usées de Reghaia.....	44
Figure VI.2: Image des échantillons prélevés	45
Figure V.1: La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	47
Figure V.2: La variation de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP ...	48
Figure V.3: La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	49
Figure V.4: La variation de DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	50
Figure V.5: La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	50
Figure V.6: La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	51
Figure V.7: La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	52
Figure V.8: La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	53
Figure V.9: La variation de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP ...	53
Figure V.10: La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	54
Figure V.11: La variation de DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	55
Figure V.12: La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	55
Figure V.13: La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	56
Figure V.14: La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	57

Figure V.15: Valeurs des D 30min et concentrations des bassins d'aérations (Avril 2022).....	57
Figure V.16: Valeurs des D 30min et concentrations des bassins d'aérations (Mai 2022).....	58
Figure V.17: La variation de rendement en MES (Avril 2022).....	60
Figure V.18: La variation de rendement en DBO ₅ (Avril 2022).....	61
Figure V.19: La variation de rendement en DCO (Avril 2022).....	61
Figure V.20: La variation de rendement en NT (Avril 2022).....	62
Figure V.21: La variation de rendement en PT (Avril 2022).....	63
Figure V.22: La variation de rendement en MES (Mai 2022).....	63
Figure V.23: La variation de rendement en DBO ₅ (Mai 2022).....	64
Figure V.24: La variation de rendement en DCO (Mai 2022).....	65
Figure V.25: La variation de rendement en NT (Mai 2022).....	65
Figure V.26: La variation de rendement en PT (Mai 2022).....	66
Figure V.27: La variation de l'âge de boue (Avril 2022-Mai 2022).....	69
Figure V.28: La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	72
Figure V.29: La variation de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	73
Figure V.30: La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	74
Figure V.31: La variation de DBO ₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	74
Figure V.32: La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	75
Figure V.33: La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP.....	76
Figure V.34: La variation de PT à l'entrée et à la sortie de STEP.....	77
Figure V.35: Valeurs des D 30min et concentrations des bassins d'aérations (Année 2021).....	77
Figure V.36: Les bactéries filamenteuses.....	78
Figure V.37: Le phénomène de foisonnement des boues activées.....	79
Figure V.38: Principe de la zone de contact.....	80
Figure V.39: Zone de contact avant BA mélange intégral.....	80
Figure V.40: Recirculation boues dans zone de contact.....	80
Figure V.41: STEP de Valenton (poste fixe pour chloration).....	81
Figure V.42: Les différents types des bactéries filamenteuses.....	82

Liste des tableaux

Tableau I.1: Les virus dans les eaux usées.	8
Tableau I.2 : Bactéries pathogènes dans les eaux usées.	9
Tableau I.3 : Les protozoaires pathogènes dans les eaux usées	9
Tableau I.4 : Classification des eaux d'après le pH.....	10
Tableau I.5 : Normes définies par l'arrêté du 22 juin 2007.....	14
Tableau I.6 : Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne , 2006)	14
Tableau II.1 : Les avantages et inconvénients des lits bactériens.....	24
Tableau II.2 : Les avantages et inconvénients des disques biologiques.....	25
Tableau II.3 : Les avantages et les inconvénients de la filtration.....	26
Tableau II.4 : Les avantages et inconvénients de lagunages.....	28
Tableau II.5 : Les avantages et inconvénients des boues activées.....	28
Tableau III.1 : Paramètres à l'entrée de la station.....	41
Tableau III.2 : Paramètres à l'entrée et à la sortie de la station.....	41
Tableau V.1 : Valeurs d'extraction des boues (Avril 2022-Mai 2022).....	58
Tableau V.2 : Valeurs de la charge organique (Avril 2022 – Mai 2022).....	67
Tableau V.3 : Valeurs de charge massique et volumique (Avril 2022- Mai 2022).....	68
Tableau V.4 : Variations des charges massiques et volumiques.....	68
Tableau V.5 : Valeurs de l'âge de boues (Avril 2022-Mai 2022).....	69
Tableau V.6: Valeurs de l'indice de Mohlman et l'indice de boue (Avril 2022 - Mai 2022).....	71

Sommaire

Dédicace	i
Remerciements	iii
Liste des abréviations	iv
Liste des figures.....	vi
Liste des tableaux	viii
Introductions générale.....	1

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

I.1. Définition.....	3
I.2. Nature et origine.....	3
I.2.1. Les eaux usées domestiques.....	3
I.2.2. Les eaux usées industrielles.....	3
I.2.3. Les eaux usées agricoles.....	4
I.2.4. Les eaux usées pluviales.....	4
I.3. Pollution de l'eau.....	5
I.3.1. Définition.....	5
I.3.2. Origine de facteurs de pollution des eaux	5
I.3.3. Les différents types de la pollution des eaux.....	5
I.3.3.1. Pollution chimique.....	5
I.3.3.2. Pollution physique.....	7
I.3.3.3. Pollution microbiologique.....	8
I.4. Les paramètres de pollution.....	9
I.4.1. Paramètres organoleptiques.....	9
I.4.1.1. Odeur.....	9
I.4.1.2. Couleur.....	9
I.4.2. Paramètres physicochimiques.....	10
I.4.2.1. Température.....	10
I.4.2.2. Le potentiel d'hydrogène pH.....	10
I.4.2.3. Conductivité électrique (CE).....	10
I.4.2.4. Turbidité.....	10
I.4.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO).....	11
I.4.2.6. Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	11
I.4.2.7. Oxygène dissous (OD).....	11
I.4.2.8. La matière en suspension MES.....	11
I.4.2.9. La biodégradabilité.....	12
I.4.2.10. Carbone total organique (COT).....	12
I.4.2.11. Azote total (NT).....	12
I.4.2.12. Le phosphore total (PT)	13
I.4.3. Paramètres bactériologiques.....	13
I.5. Estimation des rejets d'eaux usées.....	13
I.5.1. Équivalent d'habitant (EH).....	13
I.6. Normes de rejet.....	13

I.6.1. Les normes françaises.....	14
I.6.2. Les normes algériennes.....	14
I.7. Impact des eaux usées.....	15

Chapitre II : Les procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Introduction.....	16
II.2. Les déversements d'eaux usées dans le milieu naturel.....	16
II.3. La nécessité d'épuration.....	16
II.4. Définition de l'épuration.....	17
II.5. Définition d'une station d'épuration STEP.....	17
II.6. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement.....	17
II.7. Rôle des stations d'épuration.....	17
II.8. Etapes de traitement des eaux usées.....	18
II.8.1. Prétraitement.....	19
II.8.2. Traitement primaire (Décantation primaire).....	21
II.8.2.1. Procédés de décantation physique.....	21
II.8.2.2. Procédés de décantation physicochimiques.....	22
II.8.2.3. La filtration	22
II.8.3. Traitement secondaire (biologique).....	23
II.8.3.1. Les différents procédés d'épuration biologique.....	24
A. Technologie de traitement par des cultures bactériennes fixes.....	24
A.1. Lits bactériens.....	24
A.2. Disques biologiques.....	25
A.3. Filtration / percolation.....	26
B. Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres.....	27
B.1. Lagunage.....	27
B.2. Boues activées.....	28
1. Les boues primaires.....	29
2. Les boues secondaires.....	30
3. Les boues physico-chimiques.....	30
4. Les boues mixtes.....	30
II.8.3.2. Facteurs liés à l'épuration biologique.....	31
A. Charge massique.....	31
B. Charge volumique.....	31
C. L'âge de boue.....	32
D. Besoin en oxygène.....	33
II.8.3.3. Perturbation opératoires dans les systèmes à boues activées.....	33
II.8.4. Décantation secondaire.....	34
II.8.5. Traitement tertiaire.....	35
II.8.5.1. Elimination de l'azote.....	35
II.8.5.2. Elimination du phosphore.....	36
II.8.5.3. La désinfection.....	36
II.8.5.4. Traitement des odeurs	36

II.8.5.5. Traitement des boues.....	37
A. Traitement de l'épaississement et de concentration des boues.....	37
B. Stabilisation.....	37
C. Déshydratation.....	38
D. Séchage.....	38
E. Destination finale des boues.....	38

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude STEP de REGHAIA

III.1. Introduction.....	39
III.2. Présentation de SEAAL.....	39
III.3. Localisation de la STEP.....	39
III.4. Coordonnées géographiques de la station.....	39
III.5. Station d'épuration de REGHAIA.....	39
III.6. Principe de fonctionnement.....	40
III.7. Caractéristiques techniques de la Station d'Epuration de REGHAIA.....	41

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Introduction.....	44
IV.2. Période et lieu de stage.....	44
IV.3. Données utilisées.....	44
IV.4. Conditionnement et transport des échantillons.....	45
IV.5. Prélèvement et échantillonnage.....	45
IV.6. Appareillages.....	46

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1. Résultats des analyses physico-chimiques et des eaux usées brutes et épurées de la STEP.....	47
VI.. Filière eau.....	47
V.2.1. Evolution de potentiel d'hydrogène (pH).....	47
V.2.2. Evolution de la conductivité spécifique.....	48
V.2.3. Evolution de matière en suspension (MES).....	48
V.2.4. Evolution de la demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	49
V.2.5. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO).....	50
V.2.6. Evolution de l'azote total (NT).....	51
V.2.7. Evolution de phosphore total (PT).....	52
V.3. Filière eau.....	52
V.3.1. Evolution de potentiel d'hydrogène (pH).....	52
V.3.2. Evolution de la conductivité spécifique.....	53
V.3.3. Evolution des matières en suspension (MES).....	54
V.3.4. Evolution de la demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	54
V.3.5. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO).....	55
V.3.6. Evolution de l'azote total (NT).....	56

V.3.7. Evolution de phosphore total (PT).....	56
V.4. Filière boue.....	57
V.4.1. D 30min et concentration des bassins d'aération (Année 2022).....	57
V.4.2. Extraction des boues (Année 2022).....	58
V.5. Le rendement épuratoire de la station.....	59
V.5.1. Les matières en suspension (MES)	60
V.5.2. La demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	61
V.5.3. La demande chimique en oxygène (DCO).....	61
V.5.4. L'azote total (NT).....	62
V.5.5. Le phosphore total (PT).....	62
V.5.6. Les matières en suspension (MES).....	63
V.5.7. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	64
V.5.8. La demande chimique en oxygène (DCO).....	64
V.5.9. L'azote total (NT).....	65
V.5.10. Le phosphore total (PT).....	66
V.6.Détermination des paramètres (étude de cas).....	66
V.6.1. La charge organique de la station.....	67
V.6.2. La charge massique Cm.....	67
V.6.3. La charge volumique Cv.....	67
V.6.4. L'âge des boues A.....	68
V.6.5. Calcule l'indice de Mohlman et l'indice de boue.....	70
V.7. Filière eau.....	72
V.7.1. Evolution de potentiel d'hydrogène (pH).....	72
V.7.2. Evolution de la conductivité spécifique.....	73
V.7.3. Evolution des matières en suspension (MES).....	73
V.7.6. Evolution de demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	74
V.7.5. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO).....	75
V.7.6. Evolution de l'azote total (NT).....	76
V.7.7. Evolution de phosphore total (PT).....	76
V.8. Filière boue.....	77
V.8.1. D 30min et concentration des bassins d'aération (Année 2021).....	77
V.8.2. Vue microscopique (Année 2021).....	78
Conclusion générale	83
Références bibliographique	85
Annexe	92

A decorative horizontal scroll with a light blue to dark red gradient. It has a dark red vertical bar on the left and a small dark red circle with a white number '1' on the right.

Introduction générale

Introduction générale

Au cours des dernières années, les enjeux de l'eau se sont déplacés : on est passé d'une logique quantitative à une logique qualitative. L'eau est un bien précieux qu'il faut protéger. C'est un service sensible, essentiel pour la santé publique et le confort des populations. L'eau potable n'est pas celle qui tombe du ciel naturelle et gratuite. C'est l'eau du sous-sol où elle est stockée ; il faut alors aller la chercher puis la traiter. L'eau est ensuite distribuée, exploitée et utilisée par le consommateur pour être en partie rejetée [1].

L'accroissement et l'urbanisation des populations ont entraîné une forte augmentation de la consommation et de la pollution des eaux domestiques. Une fois rejetée l'eau est dite «usée» et passe par un cycle d'assainissement. Le traitement rend l'eau adaptée à un rejet dans le milieu naturel.

En fonction de leur source, la composition des eaux usées est très variable (industrielle, domestique, etc.). Ils peuvent contenir une variété de produits chimiques, qu'ils soient solides ou liquides, ainsi qu'une variété de micro - organismes. Ces composés peuvent être divisés en quatre groupes en fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et de risque pour la santé : micro-organismes, matières en suspension, oligo-éléments ou éléments organiques et substances contenant des nutriments [2].

Le traitement ou l'épuration des eaux usées a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent. Par conséquent elles devraient être dirigées vers des stations d'épuration dont le rôle est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous la forme d'un petit volume de résidu, les boues et de rejeter une eau épurée répondant à des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques ou biologiques [3].

Les procédés de traitement des eaux qui recueillent ces eaux usées sont composés de plusieurs phases, chacune traitant un type particulier de pollution (organique, chimique, minérale) [4].

Parmi ceux-ci, le traitement des eaux usées urbaines par boues activées est largement utilisé. Il résulte d'un processus de dégradation biologique des polluants en présence des micro-organismes et d'oxygène. Après décantation des boues, l'eau épurée est ensuite séparée des floccs bactériens et rejetée vers le milieu naturel (rivière ou mer)[5].

L'utilisation de matériel biologique vivant implique que certains paramètres soient difficiles à maîtriser. Ainsi dans certains cas, les boues vont subir des épisodes de foisonnement filamenteux, aussi appelés bulking. Ce problème fait partie des désordres les plus fréquemment rencontrés dans les stations d'épuration à boues activées, puisqu'il touche près de 25% des installations. Cela se traduit par une augmentation du volume des boues et une importante altération de leur capacité de décantation. Les boues ne pouvant plus sédimenter correctement, elles vont être rejetées avec l'eau épurée et contaminer le milieu naturel avec de la matière organique et des bactéries. Des pertes massives de boues peuvent donc perturber gravement l'équilibre écologique du cours d'eau récepteur, pouvant conduire dans les cas les plus graves à une eutrophisation du milieu [6].

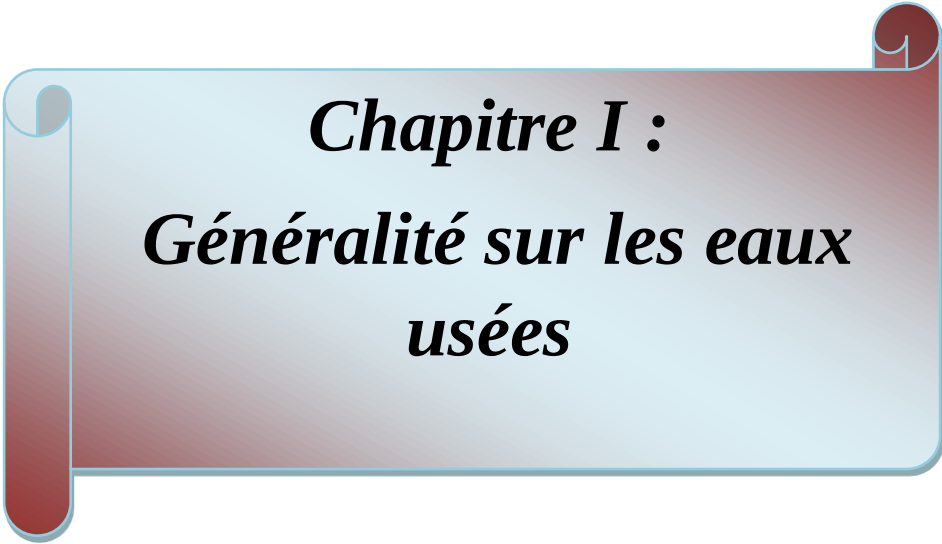
Le foisonnement filamenteux a été l'objet de nombreuses études. De ce fait le présent travail porte sur l'influence des paramètres opératoires sur l'efficacité d'épuration des eaux usées, cas de foisonnement des bassins d'aérations.

Le présent mémoire est constitué de deux parties principales:

La première partie, c'est la partie bibliographique qui se divise en trois chapitres. Le premier chapitre comporte des généralités sur les eaux usées (origine, composition, types des paramètres de pollution, normes de rejet et leurs impacts) et dans le deuxième chapitre on s'intéresse aux différents procédés d'épuration des eaux usées que doivent subir avant d'être rejetées dans le milieu naturel, et dans le troisième est consacré à la description et au fonctionnement de la STEP de REGHAIA.

La deuxième partie, c'est la partie expérimentale qui comportera une introduction qui traite la problématique, suivie de la méthodologie expérimentale, et dernièrement l'ensemble des résultats expérimentaux ainsi que leurs interprétations.

Enfin, les principaux résultats obtenus au cours de cette étude sont récapitulés dans une conclusion générale.

A decorative graphic of a scroll with a light blue to dark red gradient. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

Chapitre I : Généralité sur les eaux usées

I.1. Définition

Une eau usée, également appelée eau résiduaire ou eau effluente, est une eau qui s'est dégradée après avoir été utilisée. Dans son sens le plus large, la pollution de l'eau est définie comme « toute modification défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les origines sont directement ou indirectement liées aux activités humaines » [7].

Les eaux résiduelles fraîches ont l'aspect d'un liquide gris foncé avec une odeur typique bien que faible. Ces eaux changent de couleur et dégagent une odeur d'œufs pourris lors du transport, indiquant la présence d'hydrogène sulfureux (H_2S), dangereux pour les gouttiers et corrosif pour le béton et les aciers d'égout. Un tiers du contenu est en suspension, tandis que le reste est en solution [8].

I.2. Nature et origine

I.2.1. Les eaux usées domestiques

Les effluents domestiques sont un mélange d'eau contenant des excréments humains telles que l'urine, les matières fécales (vannes) et les eaux de toilette et de vaisselle (eaux ménagères). Ces eaux sont majoritairement constituées de matières organiques non biodégradables et de matières minérales, dispersées ou en suspension dans l'eau. Ils sont principalement constitués de vanne d'évacuation de toilette eaux, les eaux d'évacuation de la cuisine, ainsi que les eaux d'évacuation de la salle de bain. Ils sont principalement constitués de :

- Solutions aqueuses de qualité alimentaire comprenant des minéraux en suspension provenant du lavage des légumes, des composés organiques de qualité alimentaire (glucides, lipides et protéides) et des détergents à vaisselle qui provoquent la solubilisation des grains.
- Les détergents sont principalement présents dans les eaux de lessive.
- Eau de bain contaminée par des produits d'hygiène personnelle, principalement des matières organiques à base d'hydrocarbures.
- Des eaux de vanne qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme [9].

I.2.2. Les eaux usées industrielles

La qualité et le niveau de contamination de ces eaux usées sont largement déterminés par des déchets et d'effluents industriels. Les établissements industriels utilisent une grande

quantité d'eau qui, bien que nécessaire à leur fonctionnement, n'est consommée que pendant un petit pourcentage du temps, le reste étant rejeté.

Cependant, une classification des principales émissions industrielles en fonction de la nature des nuisances qu'elles engendrent est nécessaire :

- Pollution causée par les suspensions minérales (lavage de charbon de bois, exploitation minière, tamisage de sable et de gravier, fabrication d'engrais phosphatés, etc.).
- La pollution causée par les minéraux en solution (usines de décapsulag, usines de galvanisation, etc.)
- Pollution causée par les matières organiques et herbacées (industries agricoles, équarrissages, papeterie...)
- Pollution par diverses émissions d'hydrocarbures et de produits chimiques (raffineries de pétrole, porcheries, produits pharmaceutiques, etc.)
- Les émissions toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents de l'industrie nucléaire ...) polluent l'environnement.

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement lié au type d'industrie considéré. Qu'ils soient chargés de polluants organiques ou minéraux, ils peuvent présenter des caractéristiques de toxicité uniques liées aux produits chimiques transportés [10].

I.2.3. Les eaux usées agricoles

L'agriculture est la principale source de contamination de l'eau .Elle englobe à la fois ceux qui s'occupent de la culture et ceux qui s'occupent de l'élevage.Les activités agricoles sont particulièrement impliquées dans l'azote et ses dérivés, nitrates et nitrites, qui sont abondants dans l'engrais [11].

I.2.4. Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).L'eau qui ruisselle sur les toits , les cours, les jardins, les espaces verts , la voie publique et les marchés produit divers déchets minéraux et organiques, parmi lesquels de la terre, des limons, des déchets végétaux et d'autres micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc.) ainsi qu'une variété de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents, etc.) [12].

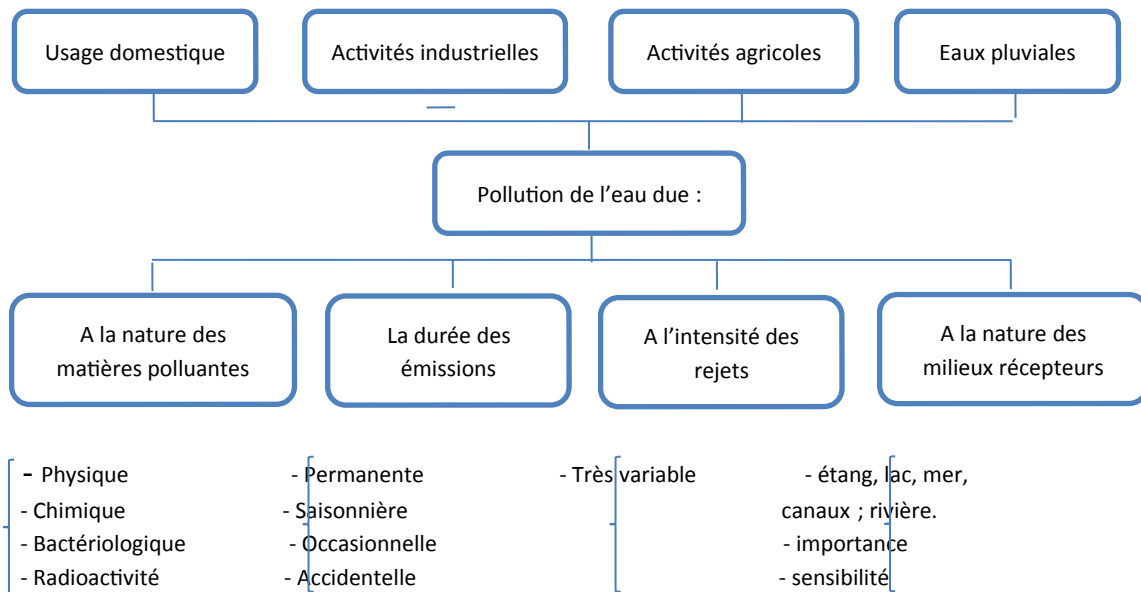


Figure I.1 : Nature de la pollution des eaux [13].

I.3. Pollution de l'eau

I.3.1. Définition

La pollution ou la contamination de l'eau peut être définie comme la dégradation de cette substance en altérant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques par des rejets directs ou indirects, des rejets ou des dépôts de corps étrangers ou de substances indésirables telles que des micro-organismes, des produits chimiques toxiques et déchets industriel [14].

I.3.2. Origine de facteurs de pollution des eaux

La source de pollution de l'eau peut être naturelle ou artificielle [15]. Les principaux facteurs qui influencent la qualité physico-chimique et bactérienne de l'eau sont les activités humaines, le contexte hydrogéologique et le climat [16]. L'agriculture, largement répandue sur le territoire, l'industrie qui produit une large gamme d'émissions souvent localisées, et les activités domestiques qui émettent des eaux usées ou des rejets sont les principales sources de pollution d'origine humaine [17].

I.3.3. Les différents types de la pollution des eaux

I.3.3.1. Pollution chimique

La pollution chimique de l'eau est due essentiellement au déversement des polluants organiques, des sels et de métaux lourds par les unités industrielles. Ainsi que l'enrichissement des sols pour intensifier l'agriculture, par diverses catégories d'engrais et de

pesticides, est à l'origine de la pollution chimique des sources et des nappes souterraines [18].

1. Pollution minéral

La pollution minérale de l'eau peut perturber la croissance des plantes ou causer des problèmes physiologiques chez les animaux. Les principales sources de pollution minérale sont les métaux lourds et les éléments nutritifs-minéraux [19].

A. Métaux lourds

Les métaux lourds, également appelés oligo-éléments, sont des éléments dont la densité est supérieure à 3,5 g/cm³ et dont la concentration est inférieure à 1 % dans les organismes vivants ; certains sont indispensables à la vie, comme les oligo-éléments [20].

B. Les éléments nutritifs

Les nutriments sont abondants dans l'eau utilisée et constituent un critère de qualité important pour maximiser la valeur de ces eaux dans l'agriculture et la gestion du paysage [21]. Les éléments les plus courants trouvés dans l'eau potable sont l'azote, le phosphore et le potassium, ainsi que le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments peuvent être trouvés en quantité variée, mais dans des proportions très variables, que ce soit dans l'eau purifiée ou non. De plus, la présence de matières organiques sous diverses formes dans les eaux usées (solides en suspension, éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut contribuer à la fertilité à long terme du sol ainsi qu'à sa stabilité structurale [22].

2. Pollution organique

Ce type de pollution peut être considéré comme le résultat d'activités diverses (urbaines, industrielles, artisanales et rurales) et constitue souvent la plus grande proportion. Pour les eaux urbaines, on distingue les matières organiques communes « protéides, glucides, lipides », détergents, huiles et goudron [14].

A. Les détergents

Ce sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans l'eau est due aux rejets d'eaux usées urbaines et industrielles. Voici quelques - uns des problèmes causés par l'utilisation de détergent :

- ✓ L'émergence d'une saveur de savon.
- ✓ La création d'une mousse qui arrête le processus de purification naturel ou artificiel.
- ✓ Réduction du taux de transport et de dissolution de l'oxygène dans l'eau [24].

B. Les pesticides

Les pesticides sont classés comme produits agricoles à conséquences défavorables, et leurs droits sont liés aux caractéristiques suivantes :

- Rémanence et stabilité chimique entraînent une accumulation de nourriture.
- Rupture de l'équilibre naturel [24].

C. Les hydrocarbures

Parce qu'ils proviennent des industries du pétrole et des transports, et parce qu'ils sont insolubles dans l'eau et difficiles à biodégrader, leur densité dans l'eau les fait flotter. Ils génèrent un revêtement en surface qui perturbe les échanges gazeux atmosphériques [25].

I.3.3.2. Pollution physique

C'est une pollution qui se manifeste par la présence d'une large gamme de tailles de particules et de matériaux dans l'eau, lui conférant un caractère gênant. Il existe également des matériaux décantés (plus lourds que l'eau), des matériaux flottables (plus légers que l'eau) et des matériaux non séparables (de même densité que l'eau) [18].

1. Pollution mécanique

Elle est le résultat des rejets de déchets et de particules solides des eaux usées industrielles ainsi que des eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit des éléments plus lourds, du sable, soit des matériaux en suspension MES [26].

2. Pollution radioactive

C'est celle qui est causée par une éventuelle radioactivité artificielle des émissions issues de l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (mines d'uranium, traitement des déchets nucléaires, etc.). Les éléments radioactifs sont incorporés dans les molécules des organismes vivants [27].

3. Pollution thermique

Les émissions d'eau chaude des systèmes de refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires, notamment, sont à l'origine de ce nouveau type de pollution. Ces eaux chaudes provoquent une baisse de la teneur en oxygène dissous de l'eau, ce qui peut avoir des effets négatifs sur la faune [28].

I.3.3.3. Pollution microbiologique

Tous les micro-organismes excrétés avec des matières d'origine fécale se retrouvent dans les eaux usées. Cette flore intestinale saine s'accompagne d'organismes pathogènes. Les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes sont les quatre principaux groupes d'organismes qui peuvent être classés par ordre croissant de taille [29].

1. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 35 nm). Le virus est présent dans l'intestin, soit intentionnellement (après vaccination), soit accidentellement (chez un individu infecté) [30].

Tableau I.1: Les virus dans les eaux usées [31].

AgentsPathogène	Symptômes, maladie
Virus l'hépatite A	Hépatite A.
Coronavirus	Vomissement, diarrhée
Poliovirus	Paralysie, méningite, fièvre
Coxsackie A	Méningite, fièvre, pharyngite, maladie respiratoire
Echovirus	Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, rash, diarrhée, fièvre

2. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires qui n'ont pas de noyau. Leur taille varie de 0,1 à 10 μm . Le nombre moyen de bactéries par gramme de matières fécales est d'environ 10^{12} bactéries/g [31]. Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées[32]. Dans les eaux urbaines, on compte environ 10^6 à 10^7 bactéries pour 100 ml dont la majorité sont des protées et des entérobactéries, 10^3 à 10^4 streptocoques et 10^2 à 10^3 clostridiums. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10^4 germes/l. Les salmonelles, y compris celles qui causent la typhoïde, la paratyphoïde et les problèmes gastro-intestinaux, sont parmi les plus courantes. Les coliformes thermotolérants sont des bactéries qui agissent comme indicateurs de pollution fécale et sont couramment utilisées pour contrôler la qualité de l'eau [33].

Tableau I.2 : Bactéries pathogènes dans les eaux usées [31].

Agent Pathogène	Symptômes, Maladie
Salmonella	Salmonellose
Shigella	Dysenterie bacillaire
E. coli	Gastro-entérite
Vibrio	Choléra
Mycobacterium	Tuberculose

3. Les protozoaires

Au cours de leur cycle vital, les protozoaires développent des kystes, un type de résistance qui peut être endommagé par une eau contaminée. Ces parasites sont assez persistants. En conséquence, selon l'environnement, ils peuvent survivre plusieurs semaines, voire plusieurs années [34]. Plusieurs protozoaires pathogènes ont été découverts dans l'eau [35].

Tableau I.3: Les protozoaires pathogènes dans les eaux usées [31].

Agent Pathogène	Symptômes, maladie
Balantidium coli	Diarrhée bénigne, ulcère du colon
Toxoplasma gondii	Toxoplasmose : ganglions, faible fièvre
Cyclospora	Diarrhée, légère fièvre, perte de poids
Microsporidium	Diarrhée

I.4. Les paramètres de pollution

I.4.1. Paramètres organoleptiques

I.4.1.1. Odeur

L'eau usée a une odeur moisie. Toute odeur est un indicateur de pollution causée par la présence de matière organique en décomposition [36].

I.4.1.2. Couleur

Lorsque de l'eau pure est observée sous une source lumineuse transmise sur une distance de plusieurs mètres, elle émet une couleur bleu clair parce que de courtes longueurs d'onde sont mal absorbées, alors que de grandes longueurs d'onde (rouge) sont rapidement absorbées [9].

I.4.2. Paramètres physicochimiques

I.4.2.1. Température

La température de l'eau a un impact sur une variété d'autres facteurs. C'est notamment le cas de l'oxygène dissous (dioxygène), indispensable à la vie aquatique et notamment à la respiration des poissons. En effet, à mesure que la température de l'eau augmente, la quantité maximale d'oxygène dissoute diminue [38].

I.4.2.2 Le potentiel d'hydrogène (pH)

L'échelle de pH mesure la quantité d'ions hydrogène dans l'eau. Il convertit ensuite l'équilibre acido-basique en une échelle de pH allant de 0 à 14. Ce paramètre caractérise une large gamme d'équilibres physico-chimiques et est influencé par un certain nombre de variables, dont la source d'eau.

A l'aide d'un pH-mètre ou d'une colorimétrie, le pH doit être mesuré régulièrement [38].

Tableau I.4 : Classification des eaux d'après leur pH [38]

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

I.4.2.3. Conductivité électrique (CE)

La mesure en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ou mS/cm (micro ou milli Siemens par cm) de la conductivité électrique d'une eau s'effectue à l'aide d'un conductimètre. La mesure de la conductivité est une méthode relativement simple pour détecter une anomalie indiquant la présence éventuelle d'une pollution, en comparant la valeur mesurée à la valeur à laquelle on devrait s'attendre [37].

I.4.2.4. Turbidité

C'est un paramètre indiquant la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sols, ou des matières particulières issues de la dégradation de la matière animale et végétale [39]. Elle est exprimée généralement en NTU (Néphelométric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit) [40].

I.4.2.5. Demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation de toutes les matières minérales et organiques d'un milieu donné, qu'elles soient biodégradables ou non. Il s'agit donc à la fois de matériaux chimiquement oxydables et de matériaux biochimiquement oxydables [41]. La détermination de la DCO repose sur l'utilisation d'un oxydant fort tel que le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$).

I.4.2.6. Demande biologique en oxygène (DBO₅)

Indiquez la quantité d'oxygène nécessaire à la décomposition ou à la dégradation de la matière organique présente dans l'eau usée par les micro-organismes de l'environnement. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées [42].

I.4.2.7. Oxygène dissous (OD)

Oxygène dissous est un paramètre important. Il est nécessaire à la survie des organismes hétérotrophes pour respirer. La concentration d'oxygène gazeux dans l'eau est mesurée en milligrammes par litre (mg/l). Le dioxygène dissous provient majoritairement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et plantes aquatiques. La solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg/l à 20°C) limite la quantité d'oxygène dissous disponible [43].

I.4.2.8. La matière en suspension (MES)

Le terme « matière en suspension » désigne toute matière minérale ou organique non soluble dans l'eau. La pesée est obtenue après filtration ou centrifugation et séchage à 105°C. Elles sont mesurées en milligrammes par litre (mg/l) [14].

➤ Les matières volatiles en suspension (MVS)

Les matières volatiles des suspensions sont ceux qui peuvent être volatilisées lors d'un essai en laboratoire à une température de 550°C. Les MVS sont couramment assimilées aux matières organiques en suspension. Les MVS sont mesurées en milligrammes par litre [30].

➤ Les matières colloïdales (MC)

Ce sont des éléments présents dans l'eau sous un état intermédiaire entre un état dissous et un état solide. Il s'agit de très petites particules solides qui ne sont pas visibles à

l'œil nu mais qui ont des charges électriques à leur surface qui se repoussent et déterminent la turbidité [44].

I.4.2.9. La biodégradabilité

La capacité d'un effluent à être décomposé ou oxydé par des micro-organismes qui participent à l'épuration biologique de l'eau est appelée biodégradabilité. Le rapport DCO/DBO₅ donne une évaluation préliminaire de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent. Les limites suivantes sont généralement acceptables [45] :

- DCO/DBO₅ < 2 : l'effluent est facilement biodégradable ;
- 2 < DCO/DBO₅ < 3 : l'effluent est biodégradable ;
- DCO/DBO₅ > 3 : l'effluent n'est pas ou très peu biodégradable.

I.4.2.10. Carbone organique total (COT) :

Déterminer les propriétés variables du carbone organique dissous et spécifique, du carbone organique dérivé de produits chimiques volatils et du carbone minéral dissous. Après combustion catalytique à haute température de l'échantillon, celle-ci est mesurée à l'aide d'un analyseur de CO₂ à infrarouge [6].

I.4.2.11. Azote total (NT)

Exprimé en mg/l, ce paramètre devient de plus en plus important. C'est la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJELDAHL et l'azote des formes oxydées (NO²⁻, NO³⁻) [29].

Une forte concentration d'azote Kjeldahl peut être utilisée pour déterminer les niveaux de pollution [7].

- **L'azote ammoniacal** se trouve sous deux formes : l'ammoniac NH³⁺ et l'ammonium NH⁴⁺. L'ammonium est transformé en nitrite puis en nitrate dans un milieu oxygéné [46].
- **L'azote organique** : l'activité de la microflore aérobie et anaérobie du sol, des acides uriques et des protéines libère progressivement l'azote contenu dans les déjections animales, et plus généralement dans les matières organiques mortes [47].
- **Les nitrites** constituent le stade intermédiaire entre les ions nitrates (NO³⁻) et l'ammonium (NH⁴⁺) peu stables en rivière. On les rencontre lorsqu'il y'a un déséquilibre au niveau de l'oxydation et de la flore bactérienne de l'eau [48].

- **Les nitrates** sont le siège de l'oxydation de l'azote; s'ils sont organiques, ils indiquent que les cours d'eau sont le lieu d'auto-épuration naturelle; sinon, elles sont la source d'engrais, des déchets domestiques et industriels [49].

I.4.2.12. Le phosphore total (PT)

Le phosphore peut également se trouver sous forme de minéral (provenant de lessives ou de déchets industriels) ou de composé organique. La présence de phosphore, indispensable à la survie des algues, entraîne le risque d'eutrophisation d'un cours d'eau ou d'un lac [50].

I.4.3. Paramètres bactériologiques

Les bactéries sont courantes dans la nature puisqu'elles seraient parmi les premiers organismes vivants apparus sur la planète (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont adaptées à l'homme: la plupart sont inoffensives voire bénéfiques, étant commensales et faisant partie de la flore cutanée, intestinale, buccale et génitale ; certains sont pathogènes, opportunistes ; et un petit pourcentage sont régulièrement pathogènes [51].

I.5. Estimation des rejets d'eaux usées

I.5.1. Équivalent d'habitant (EH)

Un équivalent habitant est la quantité de pollution émise quotidiennement par une seule personne. Tout le monde comprend la nécessité d'utiliser une certaine quantité d'eau chaque jour.

La pollution quotidienne d'une personne est estimée à 57 g de matières oxydables(MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA) et 4 g de matières phosphorées (MP)[52].

I.6. Normes de rejet [53]

Les normes de rejet à respecter sont très variables,

- Les paramètres de pollution sont de plus en plus nombreux et spécifiques à chaque industrie.
- Les effluents peuvent être rejetés directement dans le milieu naturel ou dans les zones urbaines à proximité des stations biologiques où ils ne gêneront pas leur fonctionnement.
- Si l'usage actuel impose des limites de concentration dans l'effluent, l'imposition de quantités maximales à rejeter par jour ou par unité de produit fabriqué devient plus courante.

Les moyennes et maximums mensuels sont également pris en compte. Parfois, des tolérances sont intégrées à la mise en œuvre des normes si le strict respect entraîne une impossibilité

économique. La sensibilité des méthodes de dosage et des options de traitement doit être prise en compte dans les normes.

II.6.1. Les normes françaises

Les normes de rejet des eaux urbaines sont décrites dans l'arrêté du 22 juin 2007. Elles sont résumées dans le tableau ci-après [54].

Tableau I.5: Normes définies par l'arrêté du 22 juin 2007 [54].

Paramètre	Concentration
DBO ₅ (mg/l)	25
DCO (mg/l)	125
MES (mg/l)	35
Azote global (mg/l)	15
Phosphore total (mg/l)	2

II.6.2. Les normes algériennes

Le décret exécutif n° 93-160 du Juillet 1993 réglemente les procédures de rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel et rappelle que tout rejet d'effluents de type industriel est soumis à une autorisation préalable, délivrée par le Ministère chargé de l'environnement, ce décret précise également les valeurs limites maximale des paramètres de rejets des installations de déversement d'effluents liquides industriels [55].

Tableau I.6: Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006) [56].

Paramètres	Valeurs Limites	Paramètres	Valeurs Limites
Température (°C)	30	Zinc total (mg/L)	03
pH	6,5 à 8,5	Huiles et Graisses (mg/L)	20
MES (mg/L)	35	Hydrocarbures totaux (mg/L)	10
DBO ₅ (mg/L)	35	Hydrocarbures totaux (mg/L)	10
DCO (mg/L)	120	Indice Phénols (mg/L)	0,3
Azote Kjeldahl (mg/L)	30	Fluor et composés (mg/L)	15
Phosphates (mg/L)	02	Étain total (mg/L)	02
Cyanures (mg/L)	10	Chrome total (mg/L)	0,5
Aluminium (mg/L)	0,1	(*) Chrome III + (mg/L)	03
Cadmium (mg/L)	03	(*) Chrome VI + (mg/L)	0,1
Fer (mg/L)	0,2	(*) Solvants organiques (mg/L)	20
Manganèse (mg/L)	03	(*) Chlore actif (mg/L)	1,0
Mercure total (mg/L)	0,01	(*) PCB (mg/L)	0,001
Nickel total (mg/L)	0,5	(*) Détergents (mg/L)	2
Plomb total (mg/L)	0,5	Composés organiques chlorés (mg/L)	05
Cuivre total (mg/L)	0,5		

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

I.7. Impact des eaux usées

Les eaux qui sont rejetées dans les milieux aquatiques sans être traitées peuvent causer des dommages irréversibles à la santé des êtres vivants et aux écosystèmes.

➤ *Sur l'environnement*

Le rejet direct des eaux usées dans l'environnement présente de nombreux risques pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Des quantités excessives d'azote et de phosphore, par exemple, provoquent l'eutrophisation, qui favorise la croissance des plantes tout en réduisant la quantité d'oxygène disponible, entraînant la mort à long terme de nombreux organismes aquatiques (poissons, crustacés, etc.).

En raison de leur toxicité même à des faibles niveaux, les métaux tels que le mercure et l'arsenic présents dans ces eaux peuvent avoir un impact négatif sur les organismes vivants les plus vulnérables, provoquant des dysfonctionnements et des problèmes dans leurs fonctions physiologiques (nutrition, respiration et reproduction).

La qualité des eaux phréatiques peut également être altérée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, ce qui permet aux polluants contenus dans les eaux usées de migrer vers les zones humides voisines.

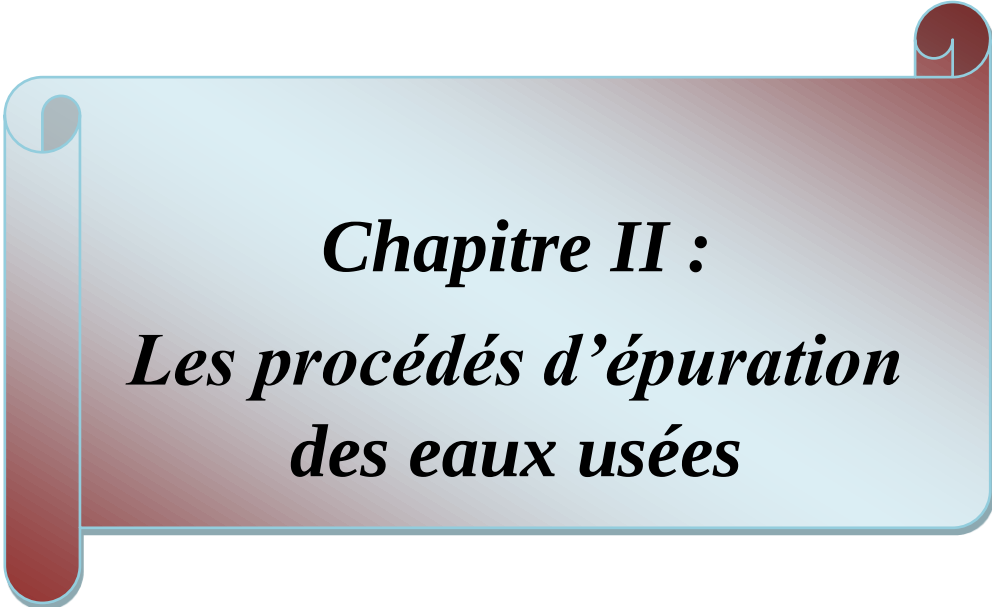
➤ *sur la santé humaine*

L'eau est un élément essentiel de la vie humaine. De nombreuses maladies sont causées par un manque ou une mauvaise qualité de l'eau dans le monde, en particulier dans les pays en développement, où 80 % des maladies sont causées par l'eau.

Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus);
- Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau;
- Maladies causées par un organisme aquatique invertébré;
- Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le manque d'accès à l'eau potable cause 4 milliards de cas de diarrhée chaque année, ainsi que des millions d'autres maladies. Chaque année, environ 1,7 million de personnes meurent des suites de diarrhée, la majorité d'entre elles étant des enfants de moins de cinq ans. La santé humaine est gravement atteinte par les maladies liées à l'eau, ainsi que par la pollution causée par les déchets chimiques rejetés dans l'environnement à la suite de diverses activités humaines. Selon l'UNICEF, 60 % de la mortalité néonatale dans le monde est causée par des maladies infectieuses ou parasitaires, dont la majorité sont liées à la contamination de l'eau [57].

A decorative graphic of a scroll with a light blue to dark red gradient. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

Chapitre II :

Les procédés d'épuration des eaux usées

II.1. Introduction

L'objectif du traitement des eaux usées est de fournir une eau pure qui répond aux normes légales de rejet sans présenter de risque pour la santé humaine ou l'environnement [58].

L'épuration de l'eau est un ensemble d'approches visant à épurer l'eau, soit pour recycler l'eau utilisée dans le milieu naturel, soit pour transformer l'eau inutilisable en eau consommable.

Les stations d'épuration sont une autre méthode d'évacuation des eaux usées car elles subissent une série de traitements avant d'être rejetées dans le milieu naturel [59].

II.2. Les déversements d'eaux usées dans le milieu naturel

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel perturbe l'équilibre aquatique en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution a le potentiel de provoquer l'extinction de toute vie. Pour avoir le moins d'impact possible sur la qualité de l'eau en milieu aquatique naturel, il est nécessaire d'éliminer au maximum les déchets des eaux usées avant de les rejeter dans le milieu [60].

Lorsque les eaux usées industrielles utilisées ou récupérées ne sont pas épurées avant d'être rejetées dans le milieu naturel, les déséquilibres qui en résultent ont non seulement des effets immédiats sur l'utilisation de l'eau, mais aussi des effets à long terme, souvent irréversibles, sur la vie humaine [61].

II.3. La nécessité d'épuration

La purification de l'eau est un ensemble d'approches visant à épurer l'eau, soit pour recycler l'eau utilisée dans le milieu naturel, soit pour transformer l'eau inutilisable en eau consommable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur de manière incompatible avec les exigences de santé et de sécurité publiques ainsi qu'avec les exigences des différents usages ou activités (alimentation humaine et animale, usage agricole ou industriel, production piscicole ou conchylicole, navigation et baignade) [62].

II.4. Définition de l'épuration

L'assainissement consiste à purifier les boues d'épuration pour répondre aux exigences du milieu récepteur. Il s'agit donc d'éviter la pollution de l'environnement et non de production de l'eau potable [63].

II.5. Définition d'une station d'épuration STEP

C'est un système d'épuration des eaux usées domestiques et industrielles, ainsi que des eaux de surface, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le but du traitement est d'éliminer les composés indésirables de l'eau pour l'environnement récepteur.

Une station d'épuration est souvent située à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle peut utiliser une variété de principes physiques et biologiques. La plupart du temps, le processus est biologique puisqu'il s'agit de bactéries capables de dégrader les matières organiques. La taille et le type d'appareils requis sont déterminés par le niveau de contamination des eaux usées à traiter.

Une station d'épuration est composée d'une série d'appareils destinés à séparer les différents polluants présents dans l'eau à différentes étapes. Les polluants collectés dans la station d'épuration se transforment en boues [64].

II.6. Paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement

Voici les paramètres essentiels à prendre en compte lors de la sélection d'une technologie de traitement :

- Caractéristiques des eaux utilisées (demande en oxygène biochimique, demande en oxygène chimique, matières en suspension, etc.).
- Conditions climatiques (température, évaporation, vent, etc.).
- L'accessibilité du site.
- Conditions économiques (coût de production et d'exploitation).
- Installations d'exploitation, de gestion et de maintenance [65].

II.7. Rôle des stations d'épuration

Ce rôle peut se résumer dans les points suivants :

- Traiter les eaux
- Protéger la santé publique.
- Il est possible d'ajouter de la valeur à l'eau purifiée et aux déchets issus du processus de traitement [66].

II.8. Etapes de traitement des eaux usées

La station d'épuration est constituée d'une série de mécanismes de traitement des eaux usées, chacun de ces dispositifs est conçu pour collecter un ou plusieurs polluants. La purification devrait être en mesure d'éliminer la majorité de la pollution par le carbone [67].

Chaque étape du traitement est planifiée pour réduire les niveaux de polluants :

- **Prétraitement** pour l'élimination des pollutions en suspension (granulés MES, grains, huile, sable, argiles et gravillons);
- **Épuration physico-chimique** pour l'élimination des contaminations colloïdales (fines MES), des hydrocarbures dans les émulsions mécaniques et chimiques;
- **Épuration biologique** pour l'élimination des contaminants nocifs qui est également biodégradable;
- **L'épuration tertiaire** pour améliorer l'élimination de l'azote, du phosphore et des mauvaises odeurs, ainsi que pour répondre aux normes de rejet (MES, DCO, DBO, pH, azote et phosphore) dans les milieux biologiques [68].

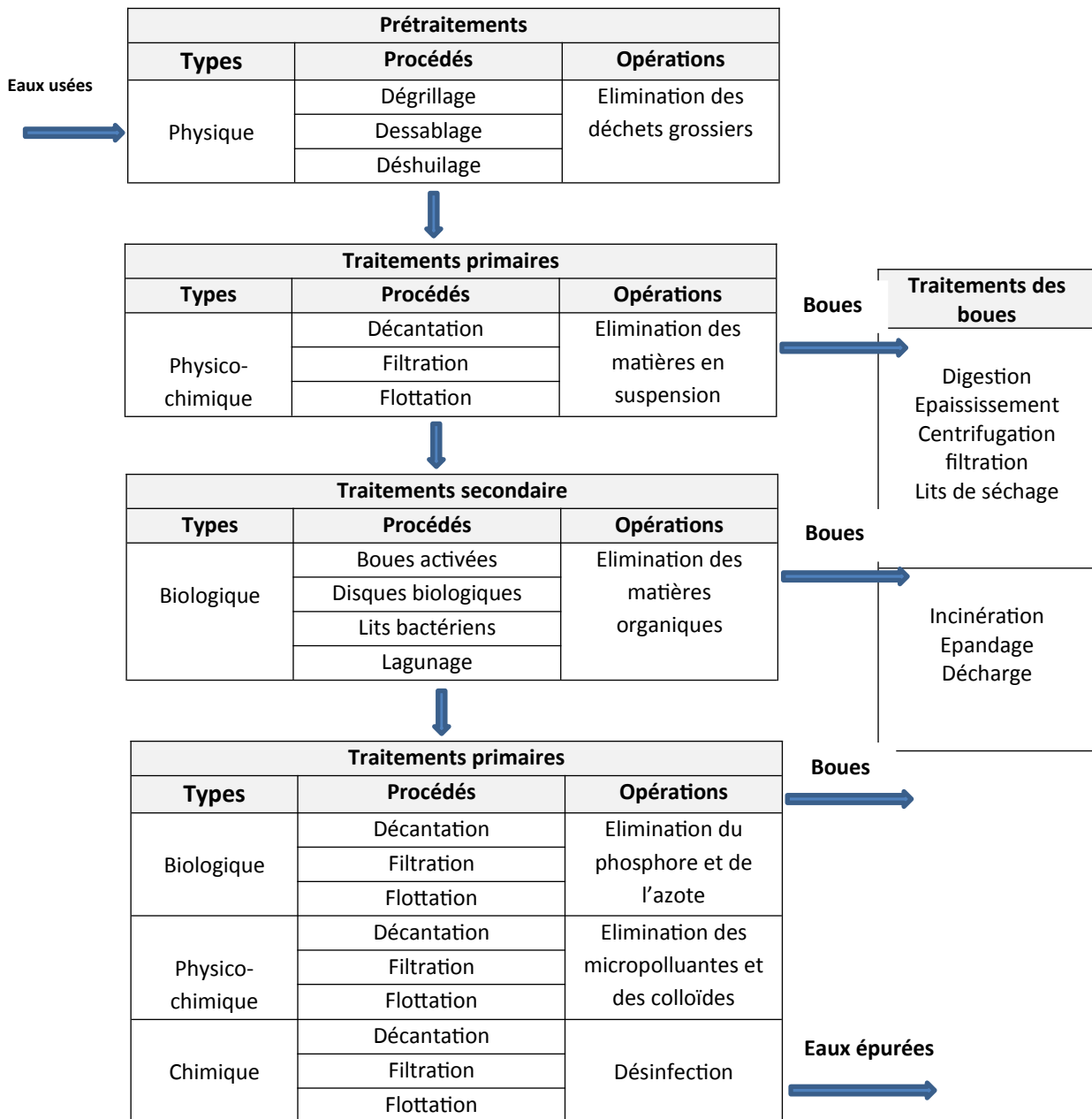


Figure II.1: Etapes d'une filière de traitement des eaux [69].

II.8.1. Prétraitement

Le prétraitement est un ensemble d'opérations physiques et mécaniques visant à extraire l'eau brute. Ils ont pour but l'élimination des éléments les plus dangereux. Il s'agit des encombrants (dégraissage-déshuilage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) [70].

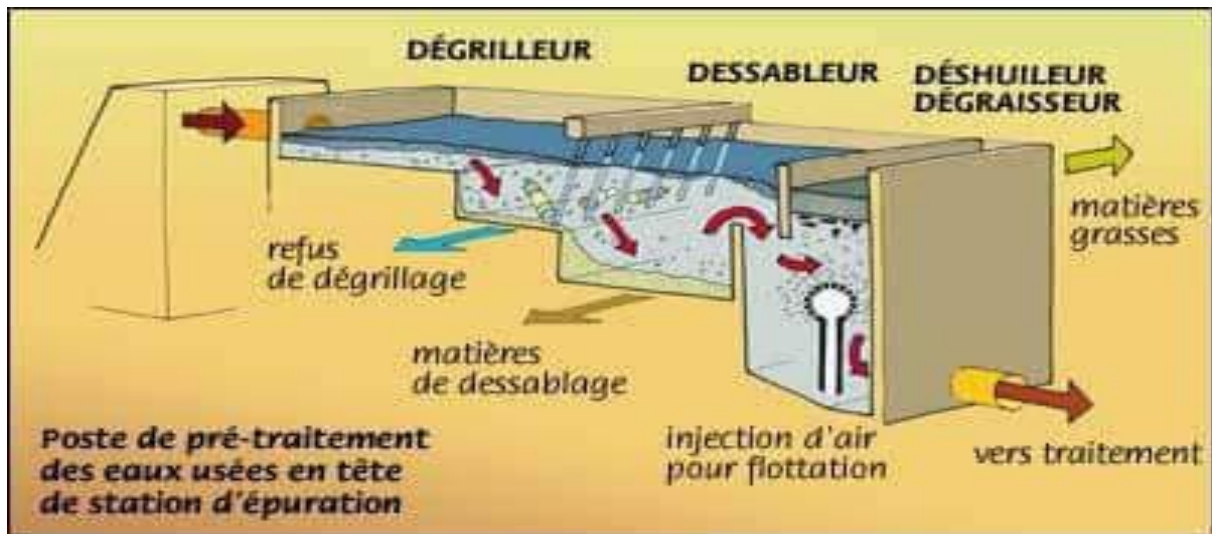


Figure II.2 : Les étapes de prétraitement [71].

II.8.1.1. Le dégrillage

Il est nécessaire d'éliminer les éléments volumineux présents dans l'eau brute (chiffons, plastiques, etc.) qui pourraient perturber le fonctionnement hydraulique de la STEP. Pour ce faire, placez une grille entre les barres avec une différence centimétrique entre elles [72].

- **Un dégrillage grossier**: l'eau brute passe à travers une première grille qui permet l'élimination des matières de diamètre supérieur à 50mm.
- **Un dégrillage fin** : après la recirculation de l'eau à travers quatre pompes (chacune d'une capacité de 1250m³/h), elle passe à travers deux grilles de câbles constituées de barreaux verticaux ou inclinés positionnés à 60 à 80° sur l'horizontale, la vitesse moyenne de passage entre eux est comprise entre 0,6 et 1 m/s [73].

II.8.1.2. Le dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sables et fines particules minérales afin d'éviter les dépôts dans les conduites et canalisations, ainsi que de protéger les pompes et autres équipements de l'abrasion et d'éviter de surcharger les installations de traitement en aval, notamment les réacteurs biologiques.

Le lent écoulement de l'eau dans un bassin appelé «dessableur» facilite leur décantation au fond de l'ouvrage. Les sables aspirés sont ensuite essorés et lavés avant d'être rejetés ou réutilisés, selon la qualité du lavage [74].

II.8.1.3. Le déshuilage et dégraissage

Le déshuilage est une séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une séparation solide-liquide (si la température de l'eau est suffisamment basse pour permettre de retrouver les graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, ce qui peut compromettre l'efficacité du traitement biologique qui suit [75].

Lorsque la température est inférieure à 30°C, environ 80% de la matière enherbée est retenue [46].

II.8.2. Traitement primaire (Décantation primaire)

Le traitement primaire consiste en une simple décantation. Il permet d'accélérer les processus biologiques et physico-chimiques en éliminant une partie des matières en suspension. L'efficacité du traitement est déterminée par la durée du séjour et le taux d'ascension (par opposition à la décantation) [76].

II.8.2.1. Procédés de décantation physique**1. Décantation**

La décantation est un procédé utilisé dans presque toutes les stations d'épuration et de traitement de l'eau. Son but est d'éliminer les particules de densité supérieure à celle de l'eau par gravitation. La vitesse de décantation est déterminée par la vitesse de chute des particules, qui est déterminée par un certain nombre d'autres facteurs, notamment la taille et la densité des particules [45].

Pour une vitesse de 1,2 m/h, la décantation primaire peut éliminer 40 à 60 % des MES, soit 40 % des matières organiques, 10 à 30 % des virus, 50 à 90 % des helminthes et moins de 50 % des kystes de protozoaires, ainsi qu'une partie des micropolluants [77].

2. Flottation

La flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique est inférieure à celle du liquide dans lequel elles sont contenues [78]. Pour l'extraction des particules en suspension, des procédés tels que la clarification et l'épaississement par insufflation d'air sont utilisés. Les bulles d'air s'accrochent aux petites particules à éliminer en les écrasant contre la surface de l'eau [79]. Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension et réduit DBO₅ et DCO d'environ 30 % [80].

II.8.2.2. Procédés de décantation physicochimiques

1. Coagulation

Le sel d'aluminium ou de fer, ajouté à l'eau, neutralise les charges électriques répulsives en surface, permettant leur agglomération. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère, une macromolécule à longue chaîne qui encapsule colloïdalement les agglomérées dans de volumineux flocons qui se déposent par gravité [12].

2. Flocculation

Le but de la flocculation est la formation d'un floc en facilitant le contact entre particules destabilisées à l'aide d'un milieu à mélange lent. Ces particules s'agglutinent pour former un floc facilement éliminable grâce aux techniques de décantation. Un procédé de coagulation-flocculation suivi d'un procédé de décantation utilisé pour l'eau domestique permet d'éliminer jusqu'à 90 % des MES et de 40 à 65 % de DBO₅ [12].

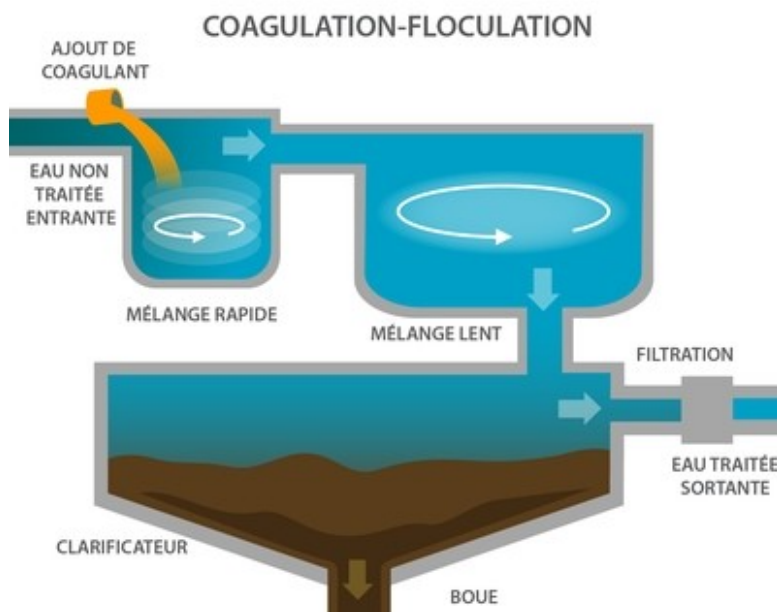


Figure II.3: Traitement physico-chimique [81].

II.8.2.3. La filtration

La filtration est un procédé physique de clarification d'un liquide contenant des solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux. Les solides en suspension, maintenus en place par le milieu poreux, s'accumulent ; il est donc nécessaire de nettoyer cet environnement de manière régulière ou intermittente.

La filtration, qui est généralement précédée de traitements de coagulation-floculation et de déminéralisation, permet une élimination complète des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certaines saveurs et odeurs [45].

II.8.3. Traitement secondaire (biologique)

L'objectif principal du traitement secondaire est l'élimination des composés organiques solubles. De même, la floculation de la biomasse permet de récupérer les matières en suspension issues du traitement primaire.

Le principe de traitement est de mettre en contact la matière organique de l'eau avec une population bactérienne. Le dispositif permet de localiser les phénomènes de transformation et de dégradation de la matière organique qui se produisent dans les milieux naturels sur des surfaces plus réduites, c-a-d la création d'un écosystème simple et sélectionné dans lequel une microflore bactérienne et une microfaune protozoaire et métazoaire jouent un rôle [4].

Les méthodes de traitement secondaire reposent sur la digestion microbiologique en présence ou non d'oxygène pour réduire la concentration en matières organiques [82].

Les micro-organismes les plus actifs étant les bactéries, qui se conditionnent selon leurs propres modalités de développement, les procédés de traitement biologique peuvent être divisés en deux catégories : les aérobies et les anaérobies [83].

- **Traitement anaérobie**

Les réactions qui ont lieu à l'abri de l'air, dans un environnement réduit, et après décomposition, le carbone organique se retrouve sous forme de CO₂, de méthane et de biomasse dans ce cas la méthode, dite " digestion anaérobie", ce traitement n'est utilisée que pour les effluents industriels à forte concentration en pollution carbonique (basserie, sucrerie, conserverie ...)

- **Traitement aérobie**

C'est le chemin qui se forme spontanément dans les eaux suffisamment aérées, l'oxygène est inclus dans les réactions. Le carbone organique peut être trouvé sous forme de CO₂ et de biomasse [84].

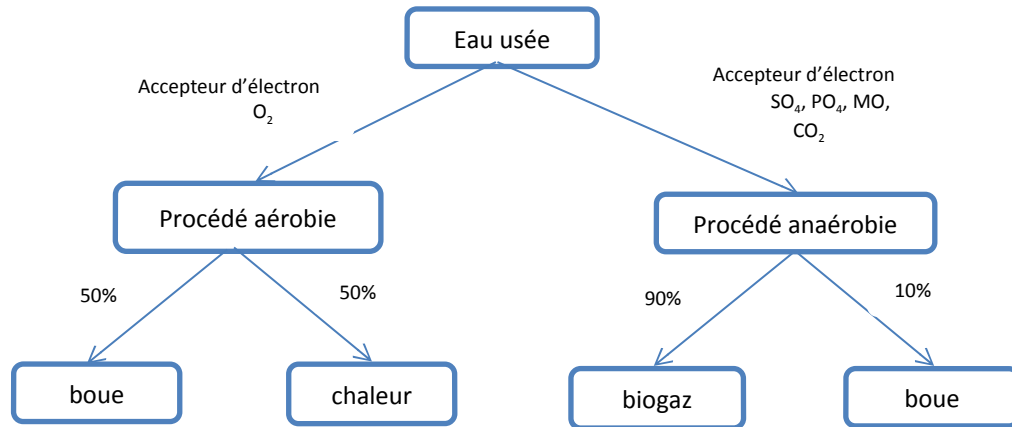


Figure II .4: Illustration graphique des procédés aérobie et anaérobie [85].

II.8.3.1. Les différents procédés d'épuration biologique

A. Technologie de traitement par des cultures bactériennes fixes

Le traitement par cultures bactériennes fixées englobe tous les procédés dans lesquels la biomasse de l'épuration est fixée sur un support solide et passée dans l'eau à traiter [86].

A.1.Lits bactériens

Tableau II.1: Les avantages et inconvénients des lits bactériens [87].

Avantages	Inconvénients
• Occupation au sol relativement faible ; • Bonnes performances en terme de réduction de la DBO, de la DCO et des MES. • Faible consommation en énergie.	• Coût d'investissement élevé • Ne supporte pas les variations de débit et de concentration des effluents ; • Nécessite un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre importante) ; • Pollution olfactive ; • Nuisances par le développement des insectes

Le principe de base d'un lit bactérien est de faire recirculer les eaux usées préalablement décantées sur une masse poreuse ou caverneuse servant de substrat à l'épuration des microorganismes (bactéries).

L'aération peut être réalisée par ventilation naturelle ou ventilation forcée .Il est nécessaire de fournir l'oxygène nécessaire au maintien en bon état de fonctionnement des bactéries aérobies [14].

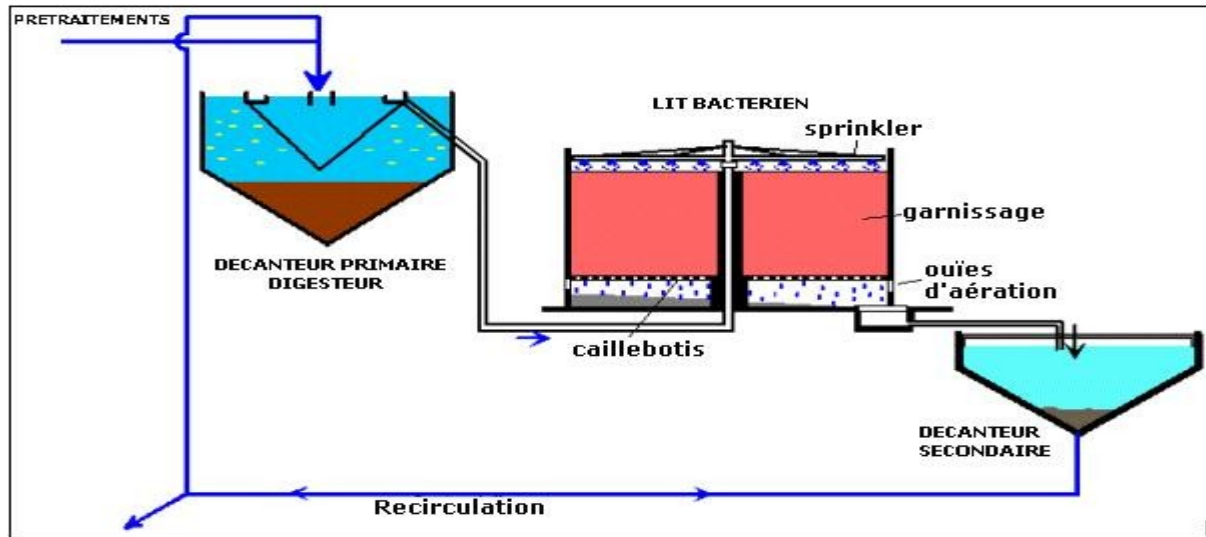


Figure II.5: Lit bactérien [88].

A.2. Disques biologiques

Tableau II.2 : Les avantages et inconvénients des disques biologiques [87].

Avantages	Inconvénients
• Très bonne réactivité en cas de surcharges par rapport aux boues activées; • Moins d'équipement électromécanique : un seul moteur par file. • Consommation électrique faible	• Limitation de la capacité de la STEP à 100000 EH; • Possibilité de la pollution olfactive.

Les disques biologiques, qui font référence à des cultures fixées, sont constitués de disques biologiques rotatifs sur lesquels poussent des micro-organismes et un film biologique purificateur se forme à la surface. Les disques sont semi-immergés et leur rotation permet d'oxygéner la biomasse fixée [89].

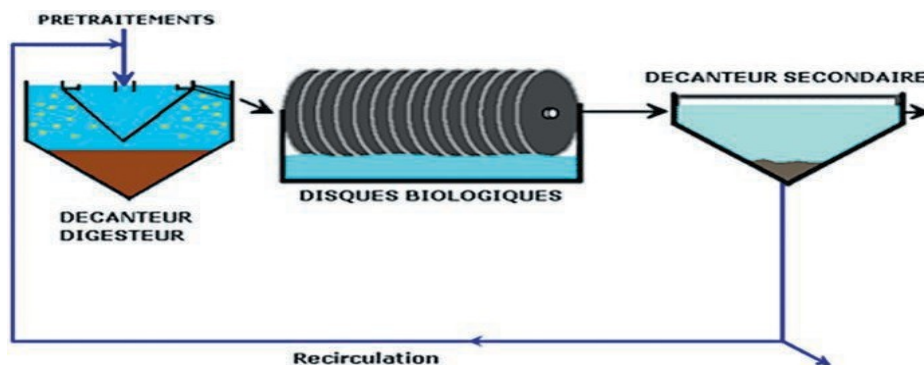


Figure II.6 : Disques biologiques [90].

A.3. Filtration / percolation

Tableau II.3 : Les avantages et les inconvénients de la filtration [87].

Avantages	Inconvénients
• Emprise au sol faible par rapport au procédé boues activées; • Absence de clarificateurs secondaires; • Grande stabilité vis-à-vis des variations de charge; • Possibilité à traiter des eaux faiblement concentrées et froides; • Intégration architecturale aisée;	• Coût d'exploitation légèrement plus élevé qu'une boue activée, en cas de charge entrante régulière toute l'année ; • Performance d'épuration moindre que pour une boue activée sur la DBO5 en cas de traitement poussé (<10 mg/l).

La filtration, également connue sous le nom de percolation, est le processus de traitement de l'eau par l'utilisation de terre ou d'un grand filtre [91]. Les effluents sont filtrés à raison de quelques centaines de litres d'effluents par mètre carré de massif filtrant et tous les jours. Deux mécanismes sont en jeu :

1) Filtration du MES : Au fur et à mesure que le sable devient plus grossier, la fixation du MES deviendra plus en profondeur. Le MES se termine par l'effondrement du filtre. Pour lutter contre le colmatage de la filtration, il est nécessaire d'alterner les phases de filtration et de séchage. L'élimination du MES élimine également les micro-organismes qui y sont fixés ;

2) L'adsorption des bactéries libres par les grains de sable du filtre entraîne la formation d'un film biologique contaminé, notamment dans la partie supérieure du filtre, qui permet la dégradation microbiologique des matières organiques et autres produits chimiques de l'effluent (phosphates, nitrates ...). Parce que cette dégradation consomme de l'O₂ et produit du CO₂, il est nécessaire de repositionner régulièrement le film pour éviter l'asphyxie environnementale.

Les procédures de filtration/percolation permettent d'éliminer les « gros » micro-organismes (protozoaires et helminthes) par filtration/adsorption au début du processus de filtration. L'élimination des virus et bactéries est dépendante du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée [77].

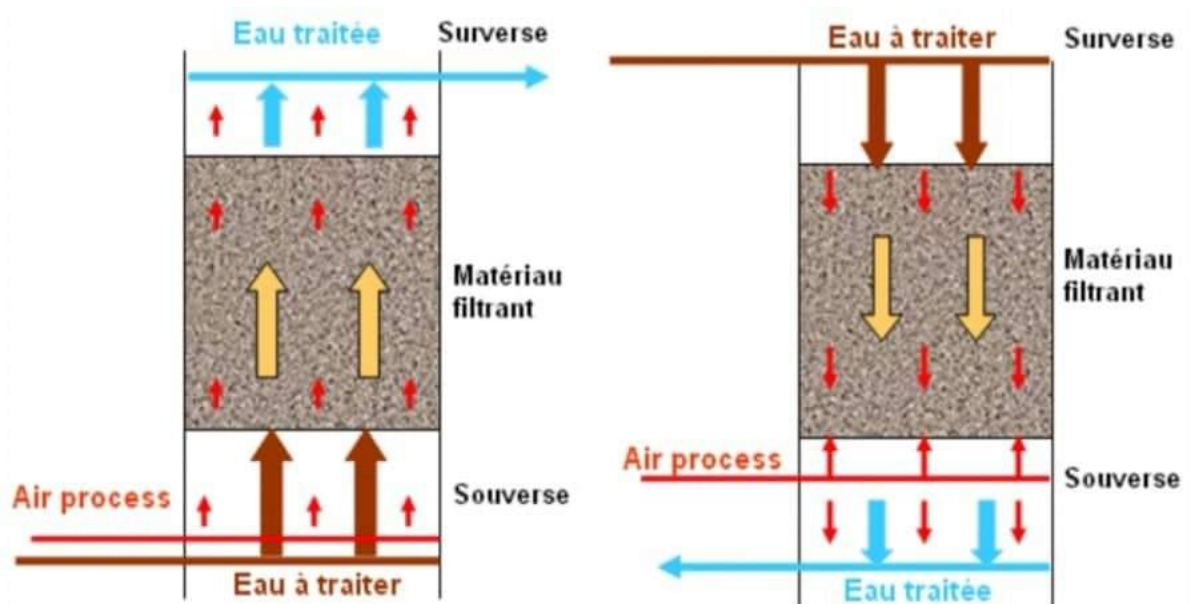


Figure II.7 : Biomasse fixée – filtration [92].

B. Technologie de traitement par des cultures bactériennes libres

Le traitement par cultures bactériennes libres, utilisé jusqu'à présent, utilise des micro-organismes qui sont maintenus en suspension sous forme de floes à l'intérieur du liquide à traiter [86].

B.1. Lagunage

Le lagunage est un système d'épuration biologique qui repose sur la présence d'une population équilibrée d'aérobies dans les cultures libres et les algues. La seule façon d'obtenir l'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est que les plantes utilisent des mécanismes photosynthétiques en présence de lumière visible [93].

▪ Lagunage naturelle

Les eaux usées dans un lagunage naturel sont dégradées par un écosystème composé essentiellement d'algues microscopiques, de bactéries aérobies et anaérobies et d'une microfaune. Seuls les mécanismes photosynthétiques en présence de rayonnement solaire produisent l'oxygène dissout nécessaire à la respiration bactérienne [94].

▪ Lagunage aérée

Le lagunage aéré consiste à relancer l'activité aérobie par un apport artificiel d'oxygène assuré par des aérateurs flottants ou fixes, ou à insuffler de l'air avec une longue période de rétention des effluents dans des bassins pour parvenir à une épuration poussée [95].

Tableau II.4 : Les avantages et inconvénients de lagunages [87].

Avantages	Inconvénients
• Procédé naturel sans aucune consommation d'énergie; • De bonnes performances épuratoires relativement meilleures sur le plan microbiologique à celles des procédés intensifs; • coût d'investissement relativement faible • Coût d'exploitation faible; • Forte résistance aux variations des charges aussi Bien hydraulique qu'organique; • Simplicité de fonctionnement.	• Forte occupation au sol; • Dégagement des odeurs à partir des bassins anaérobies (si mauvaise conception ou orientation des bassins) • Temps de séjour relativement long comparé aux procédés intensifs.

B.2. Boues activées

Tableau II.5 : Les avantages et inconvénients des boues activées [87].

Avantages	Inconvénients
• Emprise au sol réduite ; • Grande performance d'élimination de la DBO, la DCO et des MES.	• Coût d'investissement élevé ; • Sensibilité aux variations de charges hydraulique et organique ; • Nécessité d'un entretien fréquent des ouvrages (main d'œuvre qualifiée) ; • Coût d'exploitation (énergétique) élevé; • Faibles performances en matière d'élimination des agents pathogènes.

La méthode des boues actives a été découverte à Manchester en 1914. Cette méthode utilise l'épuration biologique dans le traitement des eaux usées. Il s'agit d'une méthode de purification utilisée par les cultures libres. Le processus d'activation des boues est l'un des traitements secondaires d'une filière d'eau-traitement.

Le processus d'épuration par les boues actives consiste à mettre en contact les eaux usées avec un mélange riche en bactéries puis à les brasser pour dégrader les matières organiques en suspension. Il y a une aération importante pour permettre l'activité bactérienne et la dégradation de ces matériaux, suivie d'une décantation à partir de laquelle les boues riches en bactéries sont envoyées vers le bassin d'aération [44]. Il existe quatre applications principales pour le procédé boues actives :

- La pollution par le carbone (matières organiques) est éliminée.
- La contamination par l'azote est éliminée.
- Elimination biologique du phosphore ;
- Stabilisation des boues : processus appelé aération prolongée ou digestion aérobie [44].

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas :

- Un bassin d'aération dans lequel l'eau épurée entre en contact avec la masse bactérienne épuratrice,
- Un clarificateur dans lequel l'eau épurée et la culture bactérienne sont séparées,
- Un dispositif de recirculation qui assure le retour des boues biologiques récupérées dans le clarificateur vers le bassin d'aération. Cela permet de maintenir dans le bassin la quantité (ou concentration) de microorganismes nécessaire pour maintenir le niveau d'épuration souhaité.
- Un système d'extraction et d'élimination des boues en excès, c'est -à -dire des boues en surplus culture bactérienne synthétisée indéfiniment à partir d'un substrat,
- Dans le bassin d'aération, il y a un dispositif pour fournir de l'oxygène à la masse bactérienne.
- Un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'améliorer le contact entre les cellules bactériennes et les aliments [84].

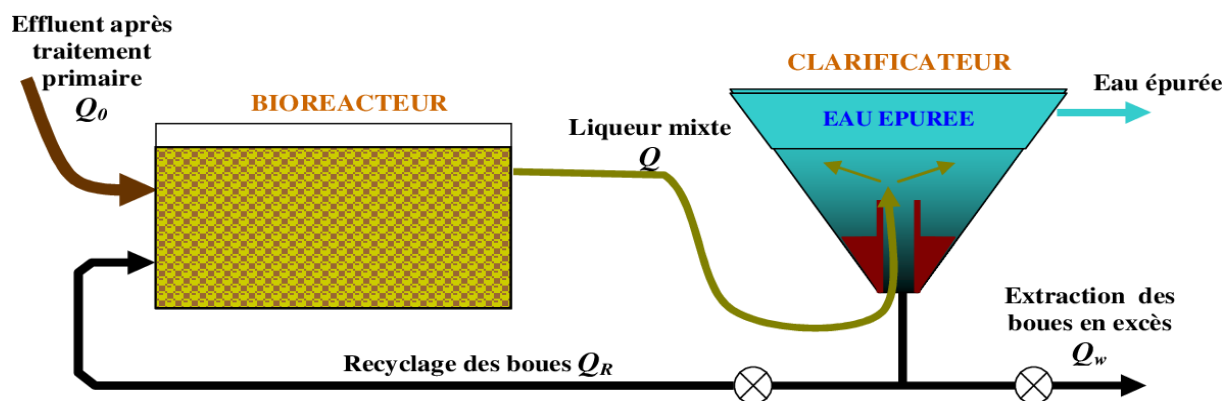


Figure II.8 : Processus des boues activées [4].

❖ Différents types des boues

1. Les boues primaires

Récupérées par simple décantation des eaux usées n'ayant pas subi de traitement, elles sont très hétérogènes, riches en matières minérales (micro- sables, terres) et contiennent de 65

% à 70 % de matières organiques putrescibles et susceptibles d'évolution [96]. Elles sont riches en eau ; environ 90 à 95 %, et présentent une odeur fétide [97, 98].

2. Les boues secondaires

Ce sont les boues produites par les clarificateurs ou les décanteurs après traitement biologique, que ce soit en culture libre (boues activées) ou en culture fixée (lits bactériens, disques biologiques).

Elles sont constituées majoritairement de corps de bactéries et de leurs sécrétions, ont une couleur foncée, sont plus organiques (75%) que les boues de première génération, et ont une odeur plus douce que les boues de première génération [96, 98].

3. Les boues physico-chimiques

Différents types de boues primaires sont fabriqués en associant des matériaux réactifs (aciers de fer, aluminium) afin de coaguler la fraction colloïdale des matériaux présents dans l'eau. Ils ont des concentrations élevées, nécessitent une stabilisation et posent des problèmes spécifiques de destination finale dus à l'ajout de réactifs, notamment de métaux [96].

4. Les boues mixtes

C'est le nom donné à l'association des boues secondaires et primaires. Les boues mixtes sont celles qui résultent d'une quasi-totalité de filières complètes de traitement.

Les boues sont soumises à diverses étapes de traitement visant à réduire leur volume, à les stabiliser et à faciliter leurs manutentionnaires pour leur évacuation de la station d'épuration. Avant ces traitements, elles étaient connues sous le nom de boues fraîches, mot qui fait référence à la relation entre les boues primaires et secondaires [99].

Deux grandes familles peuvent être distinguées en fonction de la qualité d'épuration de l'eau et du mode de traitement utilisé :

- Les boues de forme minérale ;
- Les boues de forme organique ;

La stabilisation conduit aux boues digérées soit aérobies soit anaérobies, [99].

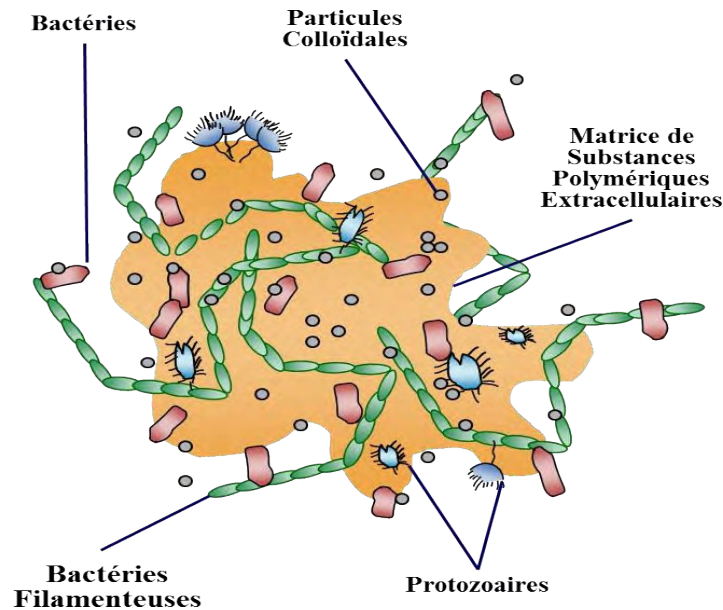


Figure II.9 : Représentation d'un floc de boue activée [100]

II.8.3.2. Facteurs liés à l'épuration biologique

A. Charge massique [6]

On appelle charge massique (C_m) le rapport entre la masse de substrat polluant, généralement exprimée en terme de DBO_5 , entrant quotidiennement et la masse de boues contenues dans le réacteur, elle est exprimée en $\text{kg DBO}_5/\text{kg}$ de matière sèche par jour).

La charge massique C_m est définie par la formule suivante :

$$C_m = \frac{C_v}{S_t} = \frac{Q_0 \cdot L}{V \cdot S_t} \quad (1)$$

avec :

C_m : la charge massique ($\text{kgDBO}_5 \cdot \text{kg.MS}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$)

Q_0 : le débit journalier d'eaux résiduaires à épurer ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$).

L : la concentration moyenne en DBO_5 de l'eau à traiter

$Q_0 \cdot L$: la charge polluante journalière traitée ($\text{kgDBO}_5 \cdot \text{j}^{-1}$)

S_t : la concentration en matière sèche des boues ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

V : le volume du bassin d'aération (m^3).

B. Charge volumique [4]

Encore appelée charge organique, elle représente la masse de pollution arrivant chaque jour sur la station par unité de volume de réacteur. Son expression est :

$$C_v = \frac{Q_0 \cdot DBO_5}{V} (2)$$

Avec :

C_v : la charge volumique ($\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{j}^{-1}$)

Q_0 : le débit journalier d'eau brute à traiter ($\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$)

DBO_5 : la Demande Biologique en Oxygène de l'effluent à cinq jours. ($\text{kgO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$)

V : le volume du réacteur (m^3).

La charge organique détermine le "régime" des micro-organismes dans les PBAs. Elle aura un impact direct sur la croissance de la biomasse, qui est responsable du développement des flocs. Lorsque la charge organique est faible, la croissance de certaines bactéries, principalement celles du type « flocculant », est restreinte. Cependant, si la charge est trop élevée, la croissance des bactéries, en particulier des bactéries filamenteuses, est accélérée et des cas d'infection peuvent survenir [101]

C. L'âge de boue [6]

L'âge de boue (A) est le rapport entre la masse de boue présente dans le réacteur et la masse journalière de boue extraite de la station.

On calcule l'âge de boue grâce à la relation suivante :

$$A = \frac{1}{a_m \cdot DBO_{5\text{éliminée}} - b \cdot X_v \cdot V} (3)$$

Avec :

A : l'âge de boue

a_m : un coefficient qui correspond à la masse de cellules formée par masse de DBO_5 éliminée; **$a_m = 0,6 \text{ kg} \cdot \text{j}^{-1}$ de DBO_5** pour une épuration biologique d'ERU à moyenne charge.

b : un coefficient correspond au besoin en oxygène relatif à la matière volatile ;

$b = 0,005 \text{ kg} \cdot \text{j}^{-1}$ par kg de matière pour une épuration biologique d'ERU à moyenne charge.

X_v : la concentration en matières volatiles dans le bassin d'aération

V : volume du bassin d'aération.

L'âge de boue est donc inversement proportionnel à la charge massique. L'âge de boue traduit l'état physiologique des microorganismes. Il conditionne aussi la présence ou l'absence de microorganismes nitrifiants.

L'effet de l'âge des boues, également appelé temps passé par les floccs dans le bassin d'aération, sur la morphologie des agrégats a été largement étudié, notamment parce qu'il s'agit d'un des paramètres opératoires pouvant affecter la dynamique de la structure des floccs .

Bisogni et Lawrence (1971) ont publié l'une des premières études sur l'effet de l'âge de la boue sur les caractéristiques des floccs .Ils ont travaillé sur des réacteurs à l'échelle du laboratoire, faisant varier l'âge de la boue dans une fourchette de 0,25 à 12 jours. Leurs études microscopiques les ont amenés à la conclusion que les floccs avec un âge de boue de 0,25 à 2 jours avaient une croissance dispersée, et ceux entre 2 et 9 jours avaient une taille moyenne et une densité adéquate .Ceux âgés de 9 à 12 jours, en revanche, avaient des formes très irrégulières et laxistes, indiquant une propension à la défloculation.

Lovett et al. (1983) ont fait varier l'âge de naissance de leur système entre 4 et 20 jours dans une autre étude. Lorsque l'âge de la boue est inférieur à 8 jours, ils obtiennent un résultat similaire à Bisogni et Lawrence (1971). Cependant, lorsque l'âge de la boue était d'environ 20 jours, ils n'ont pas pu détecter une tendance à la défloculation, mais ils ont constaté une diminution de la quantité de matériaux dispersés.

D. Besoin en oxygène

L'aération est une grandeur essentielle pour les procédés aérobies d'épuration biologique. Elle représente 60 à 80 % de la consommation énergétique d'une station d'épuration par boues activées, soit une part majeure du coût d'assainissement. De plus elle peut influencer la qualité des floccs et leur aptitude à décanter perturbant ainsi le fonctionnement du décanteur secondaire [5].

II.8.3.3. Perturbation opératoires dans les systèmes à boues activées

Le développement de micro-organismes est une condition nécessaire au bon fonctionnement d'une station d'épuration activée par les boues. Bien que nécessaire, ce critère est insuffisant ; les caractéristiques de la biomasse ont un impact direct sur la structure des floccs, leur densité et, la capacité de comptage des boues.

Cette situation n'est pas nouvelle; les premiers articles traitant des questions biologiques remontent à 1932, lorsque DONALDSON compara les micro- organismes

filamenteux aux mauvaises herbes du jardin et découvrit que leur présence en grand nombre limitait la quantité de décomposition.

Comme mentionné précédemment, afin de garantir le bon fonctionnement d'un système à boues activées, il est nécessaire de trouver un juste équilibre entre bactéries «floculantes» et bactéries filamenteuses. Les principales perturbations de fonctionnement observées sont le moussage et le foisonnement des boues. Ces perturbations sont soit identifiées par l'observation directe du phénomène, soit quantifiées par la mesure de l'indice de Boue (IB) [101].

Le phénomène de foisonnement est fréquemment lié à une diminution de la qualité du rejet due à la présence de MES, ainsi que de l'azote et du phosphore associés. Les boues seront rejetées dans le milieu naturel avec les eaux usées, qu'elles soient bonnes ou mauvaises. Dans les cas extrêmes, les boues suivront même les bassins hors de l'eau [6].

Le foisonnement filamenteux est caractérisé par un indice de boue ≥ 200 ml/g et une structure de boue filamenteuse. Il touche essentiellement les stations d'épuration en aération prolongée. On distingue différents types de microorganismes filamenteux spécifiques des conditions de fonctionnement des stations [102].

II.8.4. Décantation secondaire

Le clarificateur est un bassin circulaire avec une pointe racleur. La liqueur mixte est séparée en eau distillée et boues biologiques par la deuxième chambre de séparation. La recirculation des boues contenant l'épuratrice bactérienne est assurée par siphonnage des boues avec une pompe à vide. Une partie des boues sera acheminée à la première chambre du répartiteur. L'autre moitié sera transmise au flotteur afin de maintenir la concentration de biomasse requise dans ce bassin [103].



Figure II.10 : Décantation secondaire [103].

II.8.5. Traitement tertiaire

Certains rejets d'eau traitée font l'objet de réglementations spécifiques sur l'élimination de l'azote, du phosphore ou des bactéries pathogènes, qui nécessitent le recours à des traitements tertiaires [104]. Il englobe toutes les procédures physiques et chimiques qui complètent les traitements primaires et secondaires [105].

II.8.5.1. Elimination de l'azote

Les stations d'épuration destinées à éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans l'eau. Des traitements complémentaires doivent être mis en place afin de respecter les normes d'émission dans les zones sensibles.

L'azote organique est converti en azote ammoniacal (NH_4^+) dans les eaux usées. La méthode la plus courante d'élimination de l'azote ammoniacal consiste à utiliser des traitements biologiques de « nitrification-dénitrification ». La nitrification est le processus de conversion de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3), une forme oxydée de l'azote, à l'aide de cultures bactériennes. La procédure est complétée par une seconde phase, la dénitrification. Sous l'influence de bactéries « dénitrifiantes », les nitrates se transforment en azote gazeux. Ce gaz s'échappe ensuite dans l'atmosphère sous forme de CO_2 , qui est produit par la décomposition de matériaux à base de carbone.

Ces procédés sont aujourd'hui les plus rentables et les mieux adaptés, car ils peuvent être combinés avec la réduction des émissions de carbone, par exemple. Il suffit que le volume des bassins et les systèmes d'aération soient suffisants pour cela [50].

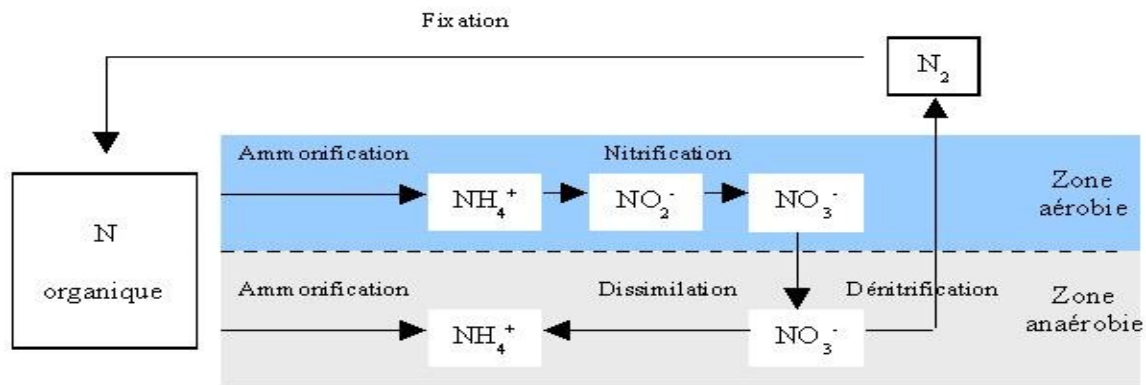


Figure II.11: Schéma général de la nitrification-dénitrification [106].

II.8.5.2. Elimination du phosphore

L'élimination du phosphore, également connue sous le nom de "déphosphatation", peut être réalisée par des moyens physico-chimiques ou biologiques. Lorsqu'il s'agit de traitements physico-chimiques, l'ajout de matières réactives telles que le fer ou l'aluminium permet la précipitation des phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces procédés, qui sont aujourd'hui les plus largement utilisés, éliminent entre 80 et 90 % du phosphore tout en produisant une quantité importante de déchets [107].

II.8.5.3. La désinfection

Une diminution de la ténacité des germes, souvent nécessaire pour le rejet dans des zones spécifiques (zones baignades, zones conchylicoles) ou dans le cadre d'une réutilisation, est obtenue par des méthodes chimiques de désinfection telles que le chlore, l'ozone (O_3) et les rayons UV [108].

II.8.5.4. Traitement des odeurs

Les boues et leurs traitements, ainsi que les chantiers de prétraitement, sont les principales sources de mauvaises odeurs. Des systèmes de désodorisation, chimiques et biologiques, ont été installés pour y parvenir. La désodorisation chimique est la méthode la plus courante.

Les gaz qui causent les odeurs sont capturés et envoyés à travers des "tours de lavage", ou un déodorant liquide est pulvérisé. Ces lavages peuvent contenir des substances telles que la soude, l'acide et/ou l'hypochlorite de sodium, qui sont des substances réactives qui absorbent ou neutralisent les odeurs nauséabondes [45].

II.8.5.5. Traitement des boues

À la fin du processus de traitement des eaux usées, un liquide contenant entre 1 % et 4% de matières en suspension est appelé « boues ». L'élimination des boues, qui représente une part importante de l'investissement (30 à 50 %), est généralement une partie de l'opération encore plus importante (50 % en moyenne):

- D'empêcher la putréfaction,
- D'en réduire le volume.

Le traitement des boues diffère sensiblement entre les petites et les grandes stations. Les procédures que nous allons parcourir dans un premier temps sont plus spécifiquement réservées aux grandes gares [109].

A. Traitement de l'épaississement et de concentration des boues

La première étape pour réduire le volume des boues tout en augmentant la concentration pour permettre la déshydratation est l'épaississement. Le fonctionnement d'un concentrateur statique comporte deux étapes : La clarification permet un mauvais surnageant en suspension, l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur, et la teneur des boues en suspension progresse sous l'influence de la pesanteur [110].

B. Stabilisation

Le but de la stabilisation est de maintenir une qualité constante des baies, exemptes de fermentation incontrôlable, en minéralisant les matières organiques résiduelles et complexes. L'expression « stabilisation aérienne » fait référence au processus d'apport d'oxygène à des ballons via des turbines ou des insufflateurs de type vibrai afin de favoriser l'oxydation de la matière organique des boues.

La stabilisation anaérobie, la fermentation méthanique ou la génération de biogaz ($\text{CO}_2 + \text{CH}_4$) sont tous des exemples de stabilisation anaérobie [111].

C. Déshydratation

Les procédés de déshydratation visent à convertir une boue liquide en une consistance plus ou moins solide, qui doit bien sûr répondre aux exigences de la destination finale [67].

D. Séchage

Le séchage a pour but d'éliminer par évaporation l'eau interstitielle présente dans les boues. En cas de séchage à 100 % , le produit final est quasiment réduit en matière sèche .Elle est réalisée par l'utilisation d' un lit de séchage , constitué d' un matelas de 30 à 40 cm de sable reposant sur un matelas de gravier. Au début, les boues sont déposées à la surface du sable et l'eau interstitielle s'infiltre rapidement à travers le sable. Un système de drainage peut recueillir l'eau et la transporter vers le bassin d'aération. Les boues restent à la surface du lit de sable et sèchent avec le temps. Ces boues sèches peuvent être enrôlées manuellement ou mécaniquement [112].

E. Destination finale des boues

E.1. Epandage agricole : Il s'agit d'une méthode de valorisation des sous-produits qui consiste à replanter des arbustes riches en engrais dans un champ.La teneur en phosphore, azote et matières organiques des boues est influencée par le procédé de traitement de la station .Le rendement des cultures est augmenté une fois les boues épuisées .Ils contiennent des éléments nutritifs pour les plantes et agissent comme des amendements organiques et calciques pour améliorer les propriétés physiques et chimiques du sol.

E.2. Incinération : Il est capable de détruire toute matière organique dans les boues et, à l'occasion, génère de la vapeur ou de l'électricité.

E.3. La méthanisation : Il s'agit d'un processus anaérobie biologique qui entraîne la création de dioxyde de carbone et de méthane.

E.4. Mise en décharge : Elle est considérée comme le dernier recours en cas d'évacuation des boues; elle doit être encadrée et traitée comme un poste de secours [113].

Chapitre III :
Présentation de la zone d'étude
STEP de REGHAIA

III.1. Introduction

La région d'étude sera présentée dans ce chapitre. Il est essentiel de comprendre la zone d'étude afin de déterminer sa localisation géographique et de fournir des conditions d'exploitation ainsi que des informations sur les différents procédés de traitement des eaux usées.

III.2.Présentation de SEAAL

La SEAAL, Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger est une société publique par action (SPA) ,100% algérienne, en charge du service des eaux et de l'assainissement sur l'ensemble de la wilaya d'Alger.

Parmi les nombreux objectifs qui lui sont fixés, figure le fonctionnement des services de l'assainissement dans l'exploitation de la station d'épuration, dont la station de REGHAIA.

SEAAL assure le service auprès de 680000 clients (ménages, administrations, commerces, industriels et sites touristiques) et le nombre de ses salariés s'élève à 6 202 SEAAL est née en 2006 de la volonté politique des autorités algériennes d'améliorer rapidement la qualité et le cadre de vie des citoyens, en particulier dans la capitale [114].

III.3. Localisation de la STEP

La station d'épuration de REGHAIA situé environ 35 km au sud d'ALGER, elle est limitée au Nord par Lac de REGHAIA; Au Sud par un terrain agricole et la route national RN24, REGHAIA; A l'Est par une zone d'habitation (Cité Djafer Chebcheb) et A l'Ouest par une zone d'habitation (Cité H'raoua).

III.4. Coordonnées géographiques de la station

- Altitude moyenne : 16 m
- Latitude : 36°45'31.7'' Nord
- Longitude : 3°20'16.3'' Est.

III.5. Station d'épuration de REGHAIA

La station d'épuration de REGHAIA a pour but d'épuration des effluents domestiques et industriels issue des différentes communes raccordées et différents activités industrielles. Ces dernière, génère des effluents aqueux chargés en éléments métalliques toxiques à des concentrations variables, et rejetés quelque fois sans traitement. Ainsi, la pollution des eaux par les métaux lourds suscite actuellement une grande inquiétude quant à la qualité de l'eau et

de l'environnement. Notre travail consiste à étudier la performance de la STEP à éliminer la pollution carbonée, azotée, phosphatée ainsi que la capacité d'élimination des ETM aux niveaux des eaux traitées. Et évaluer leur concentration dans les boues générées.

III.6. Principe de fonctionnement

La station d'épuration de REGHAIA a été construite en deux (02) parties, la première relative au traitement primaire réalisée par le DEGREMET et mise en service en 1997 et la seconde partie a complété le traitement par une filière biologique et un traitement tertiaire, mise en service en 2008 pour traiter un débit moyen de 80 000 m³/j. La station d'épuration de REGHAIA est de type boues activées fonctionnant en faible charge associée à une dénitrification en tête et à une déphosphatation simultanée par injection du chlorure ferrique, prévue pour 400 000 équivalents habitants [114].



Figure III.1 : Plan de situation de la station d'épuration de REGHAIA

File Eau

Tranche 01

1. Entrée / Bassin d'orage
2. Prétraitement
3. Décantation primaire (deux décanteurs)
4. Bassin biologiques (deux bassins d'aération)
5. Clarification (trois clarificateurs)
6. Filtration (Dix filtres)

Tranche 02

10. Entrée / Bassin d'orage
11. Prétraitement
12. Décantation primaire (quatre décanteurs)

- 13. Bassin biologiques (Quatre bassins d'aération)
- 14. Clarification (trois clarificateurs)
- 15. Filtration (quatre filtres)

File bouesTranche 01

- 7. Epaissement (deux épaisseurs)
- 8. Stockage des boues (deux bâches)
- 9. Déshydratation (04 centrifugeuses)

Tranche 02

- 16. Epaissement (deux épaisseurs)
- 17. Bio filtres
- 18. Déshydratation (05 Filtres à Bandes) suivi d'un chaulage
- 19. Aires de stockage des boues déshydratées

III.7.Caractéristiques techniques de la Station d'Epuration de REGHAIA**Tableau III.1 : Paramètres à l'entrée de la station.**

Paramètres	Entrée		Entrée total
	T1	T2	
Débit nominal (m ³ /j)	80000	72000	152000
Débit moyen horaire (m ³ /h)	3333	3000	6333
Débit de pointe de temps sec (m ³ /h)	5022	4500	9522
Débit de pointe de temps de pluie (m ³ /h)	8118	7500	15618

Tableau III.2 : Paramètres à l'entrée et à la sorties de la station.

Paramètres	Entrée					Sortie		
	Concentration (mg/L)		Flux (T/j)			Concentration (mg/L)	Flux (T/j)	Flux (T/j)
	T1	T2	T1	T2	Total	T1 et T2	T1	T2
MES	249,5	388,9	20,0	28,0	48,0	20	2	1,4
DBO ₅	197,5	277,8	15,8	20,0	35,8	15	1	1,1
DCO	357	666,7	28,6	48,0	76,6	50	4	3,6
Azote	23,7	55,6	1,9	4,0	5,9	10	1	0,7
Phosphore global	6,25	13,9	0,5	1,0	1,5	3	0	0,2
MES - Filtration						20		1,4
DBO ₅ - Filtration						15		1,1
DCO - Filtration						50		3,6

Chapitre IV :
Matériels et méthodes

Problématique

Le traitement biologique des eaux usées par boues activées est le plus répandu, représentant plus de 80 % du réseau national de stations d'épuration.

Cet état de fait est principalement dû à la facilité d'adaptation du procédé et à ses hautes performances d'épuration.

Au cours des dernières décennies, des avancées technologiques importantes ont été réalisées afin d'améliorer les règles de conception et de dimensionnement des stations d'épuration. Cependant, de nombreuses installations connaissent des problèmes de fonctionnement dont les causes sont fréquemment attribuées à des déséquilibres biologiques et /ou hydrauliques. Ces déséquilibres peuvent perturber gravement la décantation secondaire et rendre difficile, voire impossible la séparation gravitaire des boues et de l'eau épurée.

Parmi ces problèmes, le foisonnement des boues est le plus fréquent. Il en résulte du développement excessif de microorganismes filamenteux [115].

Les bactéries filamenteuses peuvent notamment affecter la décantation des boues, et donc dégrader la qualité de l'effluent rejeté et comme elles peuvent provoquer aussi des déversements de boues avec l'effluent purifié. Leur contrôle est donc un élément essentiel pour l'efficacité du traitement, la conformité du rejet ainsi que pour la protection du milieu récepteur [116].

Le rejet de la STEP de REGHAIA déverse directement dans le Lac de Reghaia, ce dernier est un patrimoine universel et protégé par la convention de RAMSAR, c'est dans cette optique que s'inscrit cette présente étude avec objectif de montrer l'impact du phénomène de foisonnement sur la qualité de rejet.

Les conditions de développement de ces microorganismes commencent à être bien connus, et des solutions efficaces existent pour la plupart des cas [116].

Comme il a été décrit précédemment, les bactéries filamenteuses sont à l'origine de la plupart des dysfonctionnements d'ordre biologique des stations d'épuration à boues activées.

Une quarantaine de micro-organismes filamenteux différents ont été recensés dans l'écosystème boues activées des stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines (Eikelboom, 1975) et industrielles (Eikelboom, 2006). Leur identification et leur classification

sont basées en très grande partie sur les travaux d'Eikelboom (1975) et sur les modifications apportées par Jenkins et al. (1984) [6].

Les problèmes liés aux bactéries filamenteuses sont courants, notamment le foisonnement (ou bulking), qui dégrade la qualité de l'effluent rejeté. Les filaments dépassent alors des limites du floc, et peuvent même créer des ponts entre les floes. On obtient alors une boue avec des teneurs en eau très élevées (Indice de Mohlman $> 200 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$), c'est-à-dire une mauvaise décantation. Le surnageant et l'eau interstitielle sont de très bonne qualité, mais il risque de se produire des débordements de boues vers le milieu récepteur, surtout lorsque le clarificateur a été dimensionné de façon trop juste. En outre, les boues retirées contiennent beaucoup d'eau. Elles sont donc difficiles à sécher [102].

À partir des connaissances acquises, une liste des principaux facteurs favorisant le foisonnement peut être dressée, elle concerne :

- La nature de la pollution à traiter (composition de l'eau résiduaire, évolution dans le temps, carences ou déséquilibres nutritionnels).
- La concentration de la boue biologique très élevée dans le bassin d'aération.
- La concentration trop faible en oxygène dissous dans le bassin d'aération.
- La septicité des eaux résiduaires.
- Les séjours prolongés des boues en fond de clarificateur.
- Effluent d'origine d'Abattoirs
- Température très élevée
- Présence d'un taux élevé des graisses
- Mauvaise conditions d'exploitations de la station tels que : Arrêt de la déshydratation des boues extractions faible des boues et taux de recirculation trop élevé des boues recirculées vers le bassin d'aération.

Les principaux mécanismes de développement des germes filamenteux s'expliquent par :

- Leur morphologie particulière qui permet de meilleurs échanges avec le liquide interstitiel contenant le substrat et l'oxygène nécessaires au métabolisme,
- Leur taux de croissance favorisé par des concentrations en substrat et en oxygène limitant,
- Leur métabolisme particulier dans des cas spécifiques (effluents riches en composés soufrés ou en substrats facilement assimilables [102].

IV.1. Introduction

Dans chaque station d'épuration des eaux usées, des bilans des eaux brutes et traitées sont nécessaires pour déterminer les différents paramètres physico-chimiques et bactériens permettant d'évaluer les niveaux de pollution à chaque étape de traitement.

L'employeur garantit le respect des normes d'émission et des contrôles quotidiens , ainsi que le bon fonctionnement des installations et la mise en œuvre des mesures d'hygiène et de sécurité .Cette vérification s'effectue au niveau du laboratoire , avec une série d'analyses réalisées selon des méthodes et modes opératoires spécifiques , les résultats étant comparés à la valeur nominale du STEP.

IV.2. Période et lieu de stage

Le stage a été réalisé pendant la période de 03/04/2022 à 01/06/2022 dans la STEP de Réghaia.



Figure IV.12 : LOGO de la station d'épuration des eaux usées de Reghaia

IV.3. Données utilisées

Nous avons enregistré un ensemble de valeurs des paramètres lors de notre stage pratique au STEP de Réghaia. Ces résultats s'appliquent à la fois aux eaux entrantes (brutes) et sortantes (traitées) et la vue microscopique.

Une partie de ces paramètres sont analysés quotidiennement et l'autre partie hebdomadairement.

IV.4. Conditionnement et transport des échantillons

Tous les échantillons de flacons doivent être clairement étiquetés, identifiés et accompagnés d'informations (origine, nature de l'eau et date de prélèvement).

La concentration initiale de micro -organismes dans l'eau peut changer après le prélèvement, c'est pourquoi l'analyse des échantillons doit être effectuée le plus tôt possible.



Figure IV.13: Image des échantillons prélevés.

IV.5. Prélèvement et échantillonnage

L'extraction d'un échantillon d'eau est un procédé délicat qui demande le plus grand soin ; elle affecte les résultats analytiques ainsi que l'interprétation qui en sera donnée.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans altérer les propriétés physico - chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) [51]

Les flacons utilisés pour le prélèvement doivent être propres et assurer une protection complète contre toute contamination éventuelle.

Les prélèvements doivent être placés dans des récipients en polyéthylène soigneusement nettoyés et rincés à l'eau avant utilisation.

❖ Prélèvement des boues

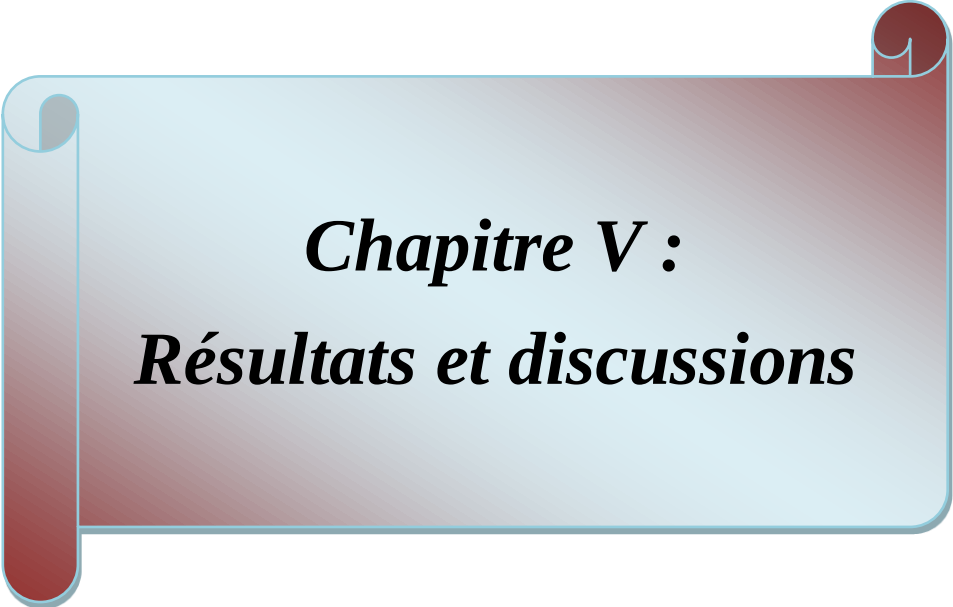
Ce mode opératoire a pour objet de définir :

- La gestion de collecte des échantillons de boues d'épuration issues du process des stations d'épuration, pour effectuer des analyses au laboratoire.

- La transmission des échantillons au laboratoire et leur conservation.

IV.6. Appareillages

1. Lame porte-objets et lamelles.
2. Becher de 100 ml.
3. Micropipette à volume variable.
4. Microscope photonique.
5. Flacon en polyéthylène.

A decorative graphic of a scroll with a light blue to dark red gradient, featuring rolled-up ends. The chapter title is centered on the scroll.

Chapitre V :

Résultats et discussions

V.1. Résultats des analyses physico-chimiques et des eaux usées brutes et épurées de la STEP

Les différentes analyses réalisées physico-chimiques sur les eaux de la STEP de Reghaia nous ont révélé les résultats illustrés dans (**Annexe**).

La réception de la STEP a été faite avec des réserves notamment au niveau des équipements de la salle de déshydratation. Le levé de ces réserves se fait au fur à mesure (en cour).

➤ Etude des caractéristiques physicochimiques

Cette partie de l'expérimentation se repose sur l'évaluation des paramètres suivant :

Résultats d'analyses obtenus au mois d'avril 2022

V.2. Filière eau

V.2.1. Evolution de potentiel d'hydrogène (pH)

L'évolution de pH des échantillons prélevés à l'entrée et à la sortie de la station de Réghaia sont représentés dans la figure suivante

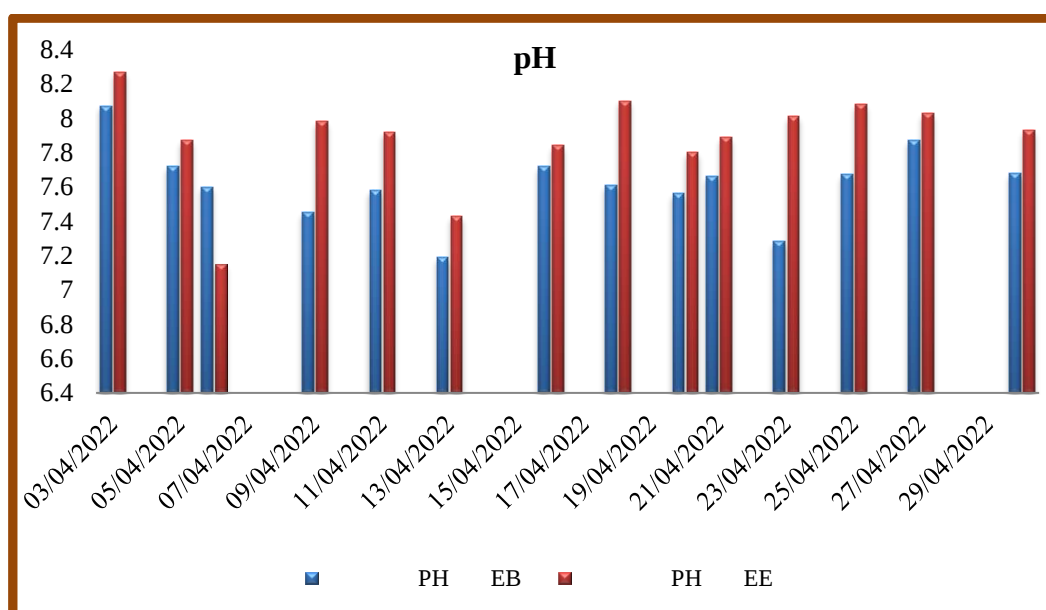


Figure V.1 : La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

Le pH est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitements [10].

On constate que ces résultats enregistrés de pH varient entre 8,07 et 7,19 avec une valeur moyenne de 7,61 pour les eaux brutes. Ces des valeurs conformes aux valeurs limites de la station (6,5 - 8,5). Et pour les eaux épurées, compris entre 8,27 et 7,15 avec une moyenne de 7,87.

Cette augmentation du pH à la sortie est due à l'augmentation des OH^- formés lors de la dégradation de la matière organique dans les bassins d'aération.

V.2.2. Evolution de la conductivité spécifique

Les conductivités spécifiques mesurées au cours des essais sont illustrées dans la figure suivante :

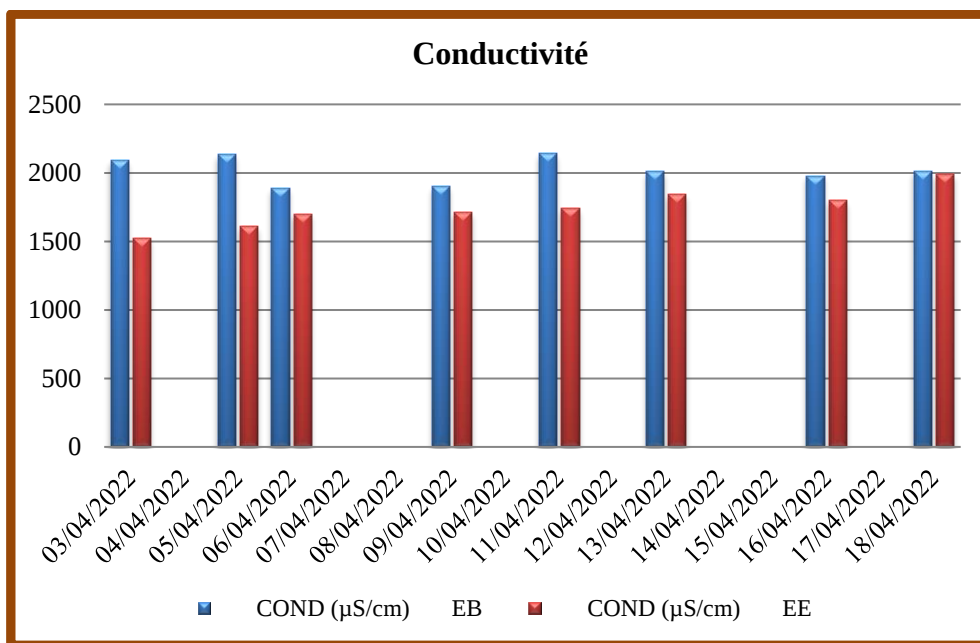
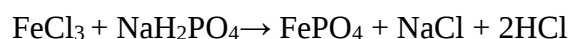


Figure V.2 : La variation de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP

Ces valeurs montrent que la conductivité spécifique des eaux usées de la station oscillent entre 2140 µS/cm et 1886 µS/cm pour l'entrée avec une moyenne de 2019,25 µS/cm tandis que les eaux épurées ont des valeurs de conductivité qui sont limitées entre 1987 µS/cm et 1524 µS/cm avec une valeur moyenne de 1739,62 µS/cm.

D'après ces résultats on constate une minéralisation importante expliquée par l'élimination du phosphore au niveau du bassin d'anoxie par le chlorure ferrique FeCl₃.

La réaction :



Les valeurs de la conductivité de l'eau traitée sont inférieures à 3000 µS/cm, norme exigée à la fois pour les eaux destinées à l'irrigation que pour leurs rejets directs dans le milieu récepteur.

V.2.3. Evolution de matière en suspension (MES)

Les différents résultats des essais de la matière en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP sont illustrés dans la figure suivante :

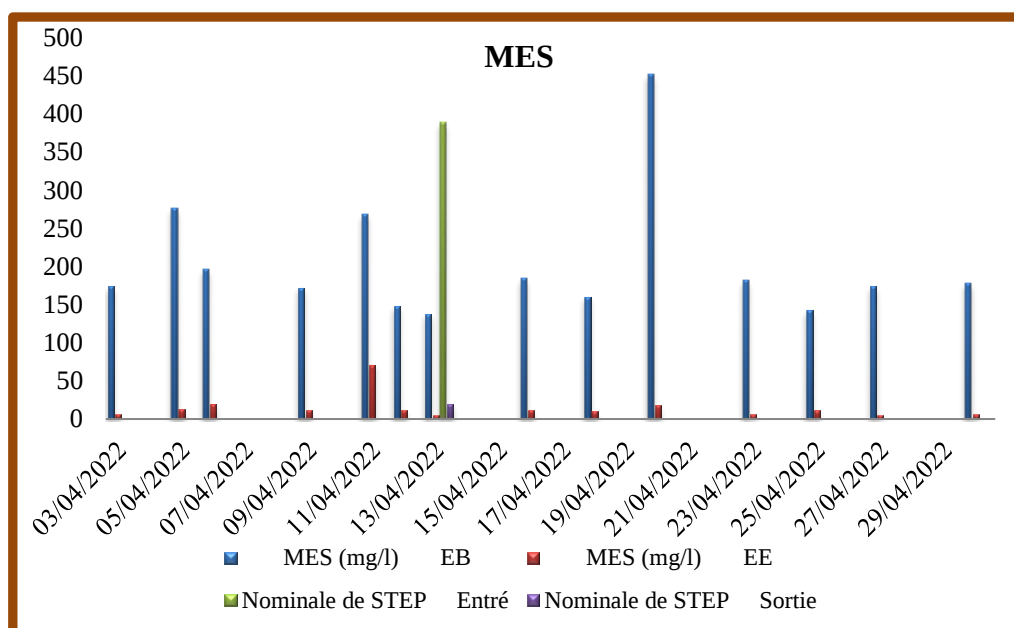


Figure V.3 : La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.

D'après les résultats enregistrés au cours de notre travail, l'analyse des MES révèle une variation des valeurs à l'entrée qui sont comprise entre 452 mg/l (maximum) et 138 mg/l (minimum) avec une moyenne de 203,14 mg/l

On constate que la station a enregistré un pic qui est de 452 mg/l le 20 avril 2022, c'est une valeur qui dépasse le nominale de la STEP (**388,9 mg/l**) de 14%. Pour les eaux épurées les valeurs varient entre 71 mg/l et 5mg/l avec une valeur moyenne de 14,85 mg/l.

Le 11 avril 2022 la station a enregistré un dépassement à la sortie de la STEP en terme de MES de 71,8%. Ce dépassement est dû au dépassement de la valeur nominale de la station de 14%. Ce résultat des MES (71 mg/l) ne répond pas au performance de l'installation (**<20 mg/l**). La moyenne du mois d'avril de l'eau épurée 14, 92 mg/l répond aux objectifs de l'installation

V.2.4. Evolution de la demande biologique en oxygène (DBO₅)

L'évolution de la DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans la figure ci-dessous :

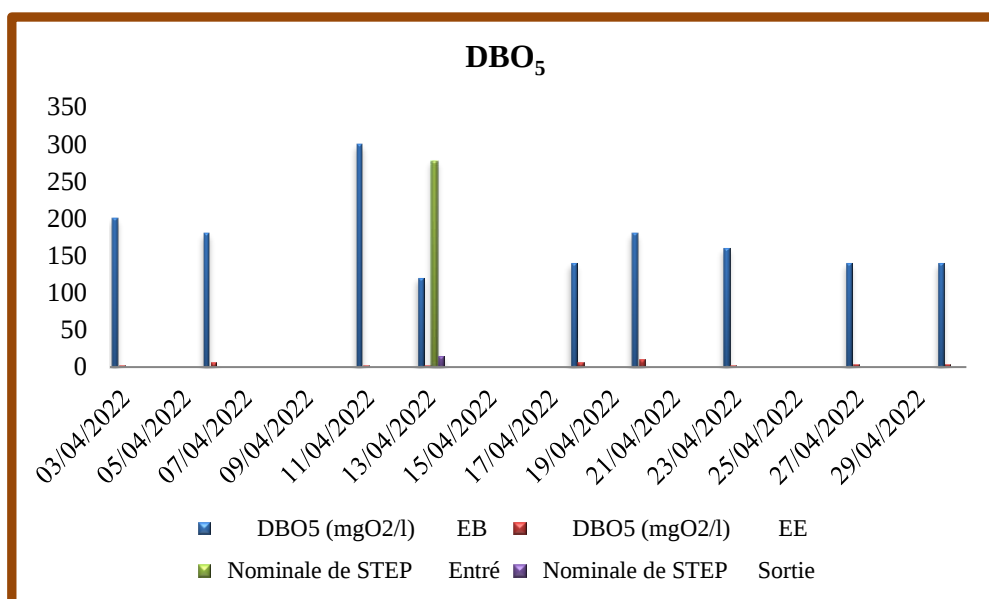


Figure V.4 : La variation de DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP

La figure montre que les valeurs de la DBO₅ à l'entrée de la station de traitement varient entre 300 mg/l d'O₂ et 120 mg/l d'O₂ avec une moyenne de 173,33 mg/l d'O₂. Un pic en DBO₅ a été enregistré par la station le 11 avril 2022 qui est de 300 mg/l, c'est une valeur qui dépasse le nominale de la station (**277,8 mg/l**).

En revanche, à la sortie de la STEP les teneurs en DBO₅ varient entre 10 mg/l et 2 mg/l d'O₂ avec une valeur moyenne de 4,22 mg/l d'O₂.

Le rejet de la station d'épuration de moi d'avril en terme de DBO₅ est donc conforme (<15 mg/l).

V.2.5. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO)

L'évolution de la DCO à l'entrée et à la sortie de la station est présentée dans la figure suivante :

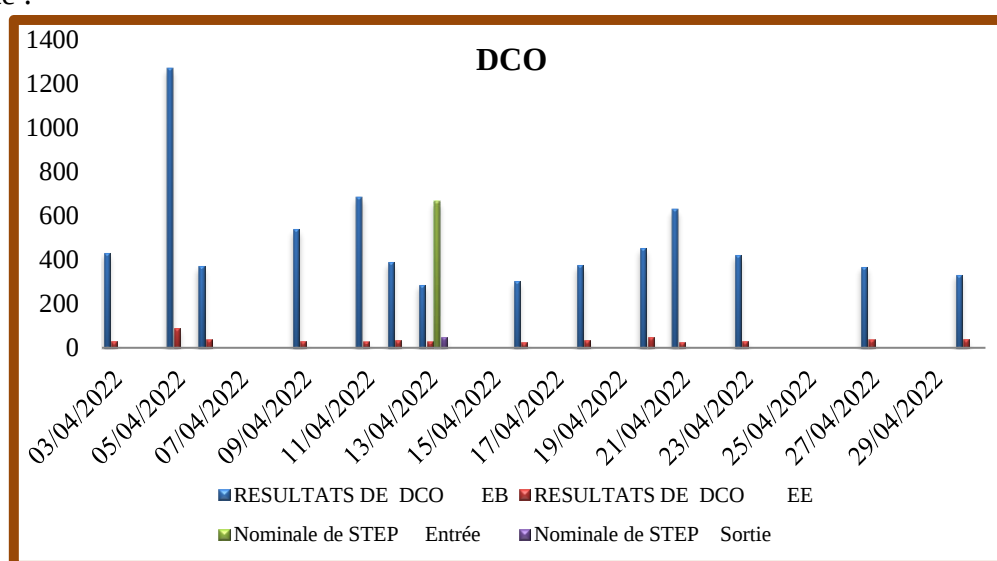


Figure V.5 : La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP

Les valeurs de la DCO varient entre 1270 mg/l en maximum et 286 mg/l d'O₂ en minimum avec une moyenne de 516,64 mg/l pour l'eau brute.

On constate que le 05 avril 2022 la station a enregistré un pic en DCO qui est de 1270 mg/l, c'est une valeur qui dépasse le nominale de station de 47,5%, cela explique qu'il y'a une entrée d'un rejet industriel dans la station.

Concentrant l'effluent épuré, les teneurs enregistrées de la DCO sont varient entre 86,7 mg/l d'O₂ et 24,8 mg/l d'O₂ avec une moyenne de 36,69 mg/l.

La moyenne du mois d'avril est de 39,69 mg/l c'est une valeur qui répond au performance de la station (**<50 mg/l**).

On remarque que le 05 avril 2022 la valeur enregistrée est de 86,7 mg/l valeur qui dépasse le seuil exigé par le constructeur, ce dépassement à la sortie de la station est due au dépassement de la valeur nominale de la DCO à l'entrée de la station.

Ni au moins, le rejet au mois d'avril est conforme (**39,73 mg/l <50 mg/l**).

V.2.6. Evolution de l'azote total (NT)

La figure suivante montre l'évolution des teneurs en azote total des eaux brutes et épurées.

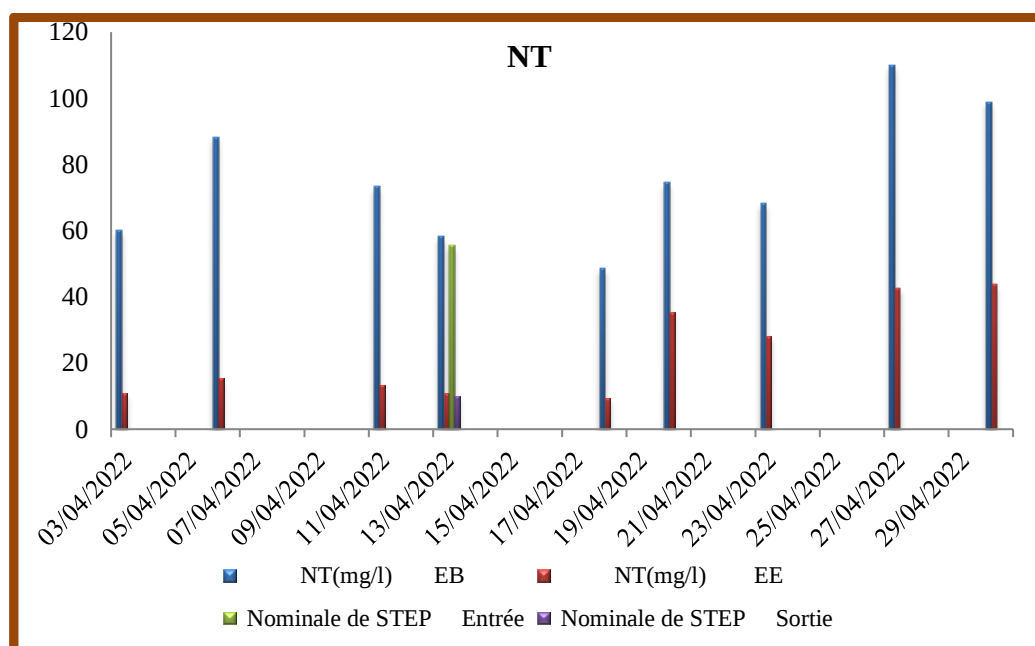


Figure V.6 : La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP

Selon les résultats donnés dans la figure on remarque que les valeurs de l'azote total varient entre 110 mg/l et 48,60 mg/l pour l'eau brute.

On constate que les concentrations de l'azote total à l'entrée dépassent le nominale de la station, la moyenne enregistrée durant le mois d'avril est de 75,56 mg/l c'est une valeur qui dépasse le nominale de la station de 33,5%

Un pic a était enregistré à l'entrée de la STEP qui est de 110 mg/l.

Pour les eaux épurées, les concentrations varient entre 43,80 mg/l et 09,43 mg/l.

La moyenne de la valeur à la sortie de la STEP est de 23,29 mg/l, valeur qui dépasse le seuil de la station (**10 mg/l**) de 57,06%.

Ce dépassement en azote total due au dépassement de la valeur nominale à l'entrée de la STEP
Le rejet est donc de la station à la sortie en terme azote total n'est pas conforme.

V.2.7. Evolution de phosphore total (PT)

La figure suivante présente les différentes teneurs en phosphore de la station à l'entrée et à la sortie.

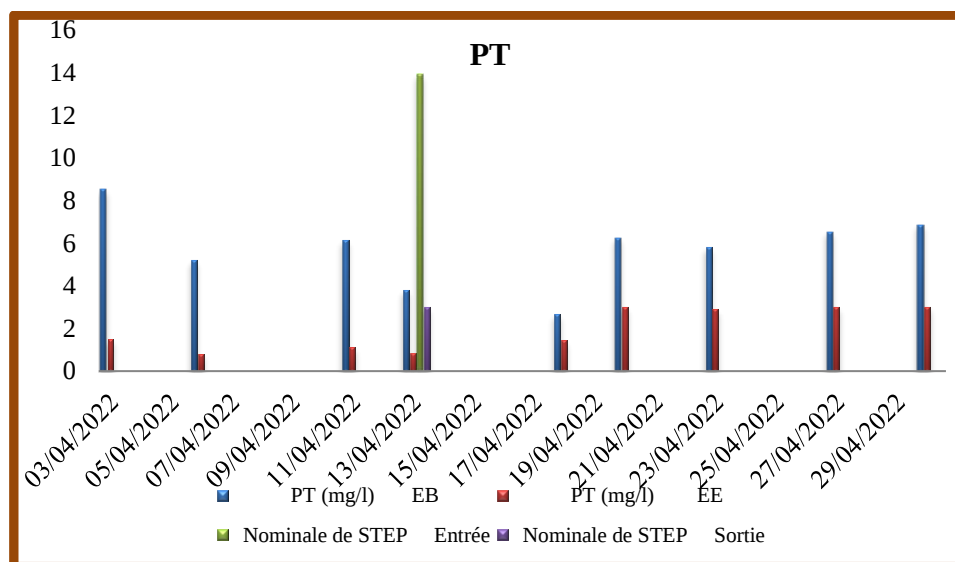


Figure V.7 : La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP

Il découle de cette figure que les concentrations des phosphores varient entre 8,52 mg/l et 2,64 mg/l avec une valeur moyenne de 5,54 mg/l à l'entrée de la station. Et pour les eaux épurées varient entre 3,77 mg/l et 0,82 mg/l avec une moyenne de 1,95 mg/l. D'après ces résultats le rejet est conforme en terme du phosphore.

Résultats d'analyses obtenus au mois de mai 2022

V.3. Filière eau

V.3.1. Evolution de potentiel d'hydrogène (pH)

L'évolution de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP est représentée sur la figure suivante :

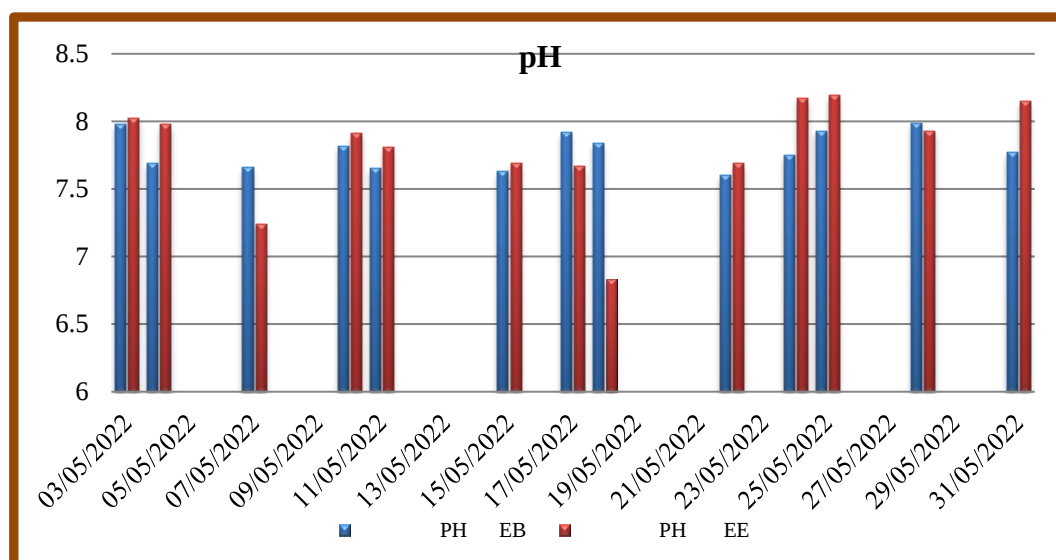


Figure V.8 : La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les valeurs de pH des différents échantillons sont très proches. Elles oscillent entre un maximum de 7,99 et un minimum de 7,6 avec une moyenne de 7,78 à l'entrée. À la sortie, la valeur maximale est de 8,19 et la valeur minimale est de 7,24 avec une moyenne de 7,79. Ces valeurs sont dans l'intervalle recommandé par le constructeur (6,5 - 8,5).

V.3.2. Evolution de la conductivité spécifique

L'évolution de la conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la station est représentée sur la figure suivante :

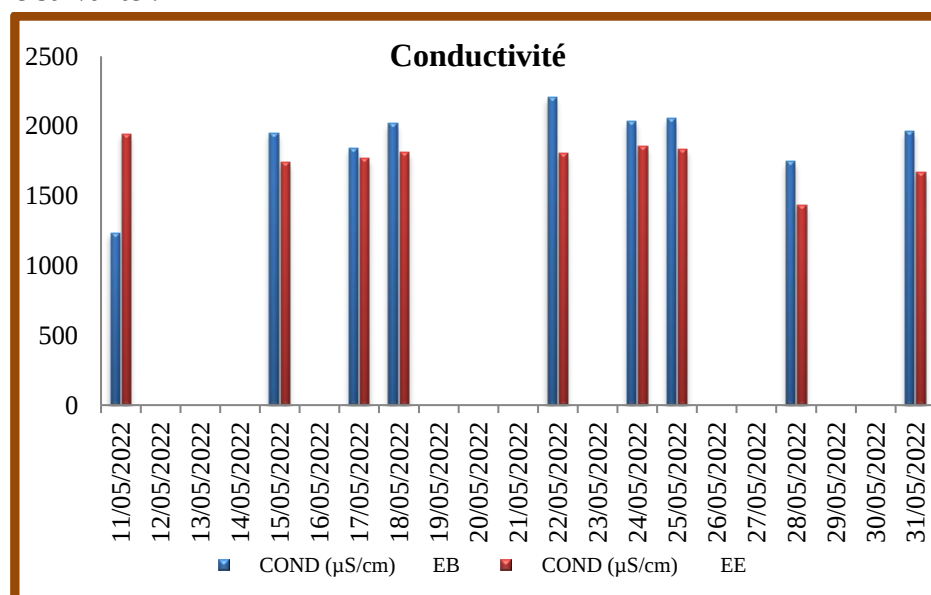


Figure V.9 : La variation de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Selon le graphe ci-dessus, les valeurs des eaux brutes varient entre 2207 $\mu\text{S/cm}$ et 1235 $\mu\text{S/cm}$ avec une moyenne de 1893 $\mu\text{S/cm}$. Concernant les eaux en sortie de la station les valeurs varient entre 1944 $\mu\text{S/cm}$ et 1435 $\mu\text{S/cm}$, avec une valeur moyenne de 1760,77 $\mu\text{S/cm}$.

On constate que la plupart des valeurs à la sortie de la station sont inférieures aux valeurs à l'entrée de la station. Cela explique qu'il n'y pas une bonne minéralisation du phosphore.

Une seule valeur de l'eau épurée le 11/05/2022 qui dépasse la valeur de l'eau brute.

V.3.3. Evolution des matières en suspension (MES)

L'évolution des matières en suspension à l'entrée et à la sortie de la STEP est donnée dans la figure suivante :

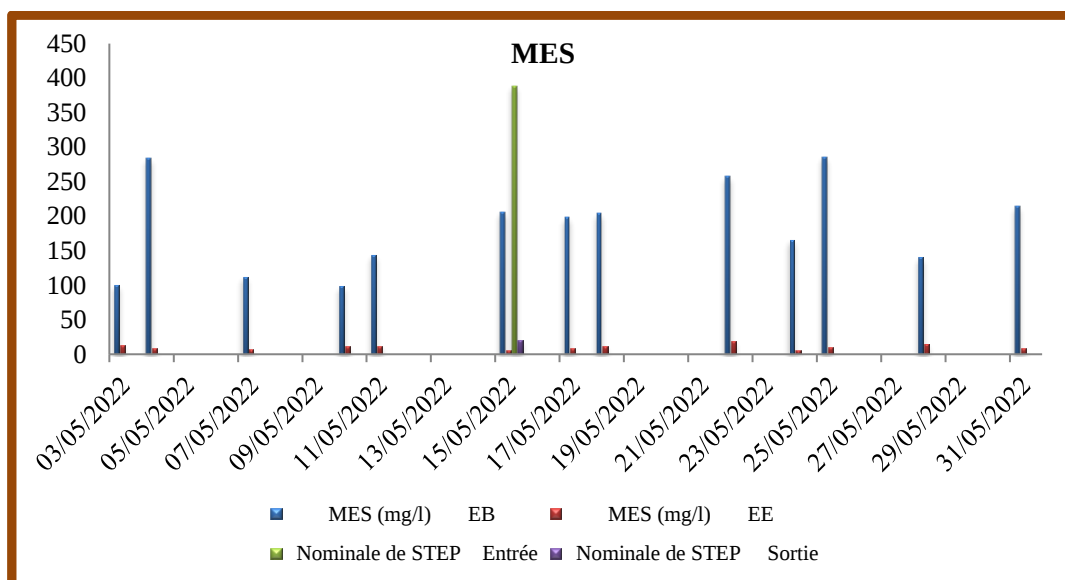


Figure V.10 : La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les résultats enregistrés sur cette figure indiquent que les valeurs des MES varient entre 286 mg/l au maximum et 98 mg/l au minimum, avec une moyenne de 185,38 mg/l pour les eaux brutes. Et pour les eaux à la sortie de la station les valeurs des MES sont comprises entre 15 mg/l et 6 mg/l avec une valeur moyenne de 10,53 mg/l.

Ce sont des résultats qui répondent aux objectifs de la station (<20 mg/l).

Le rejet en mois de mai est donc conforme en terme des MES.

V.3.4. Evolution de la demande biologique en oxygène (DBO₅)

L'évolution de la demande biologique en oxygène à l'entrée et à la sortie de la STEP est illustrée dans la figure suivante :

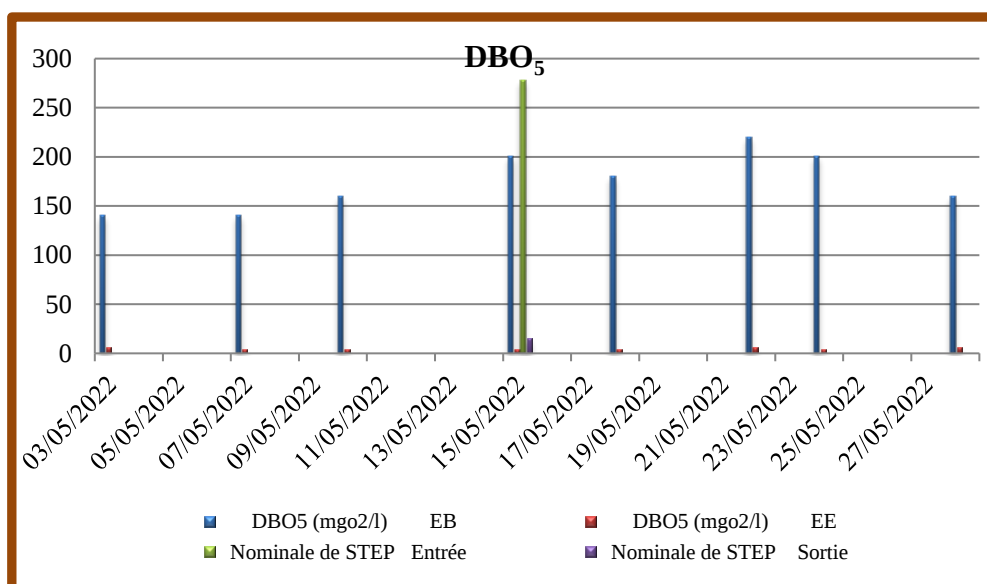


Figure V.11 : La variation de DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.

D'après la figure ci-dessus, les valeurs de la DBO₅ de l'eau brute se situent entre 220 mg/l au maximum et 140 mg/l au minimum, avec une valeur moyenne de 175 mg/l et pour les eaux épurées les valeurs se situent entre 6 mg/l et 4 mg/l, avec une moyenne de 4,75 mg/l.

Les résultats des eaux épurées sont en-dessous du seuil exigé par le constructeur (<15 mg/l). Le rejet est conforme en terme de DBO₅.

V.3.5. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO)

L'évolution de la demande chimique en oxygène à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans la figure suivante :

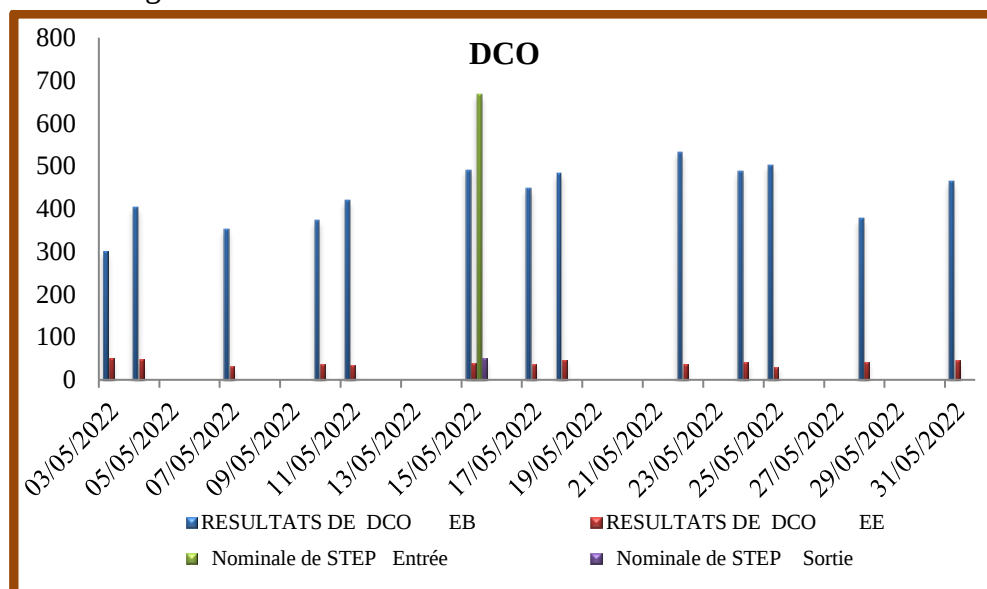


Figure V.12 : La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les valeurs montrent que les eaux brutes varient entre 532 mg/l et 300 mg/l avec une moyenne de 433,2 mg/l. Ces valeurs sont au-dessous du nominale de la STEP (<666,7 mg/l).

On constate que les résultats de la DCO à la sortie varient entre 50,5 mg/l et 27,8 mg/l, avec une moyenne de 39,03 mg/l. Ces résultats des eaux traitées sont inférieurs à **50 mg/l**. Le rejet est conforme en DCO.

V.3.6. Evolution de l'azote total (NT)

L'évolution de l'azote total à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans la figure suivante :

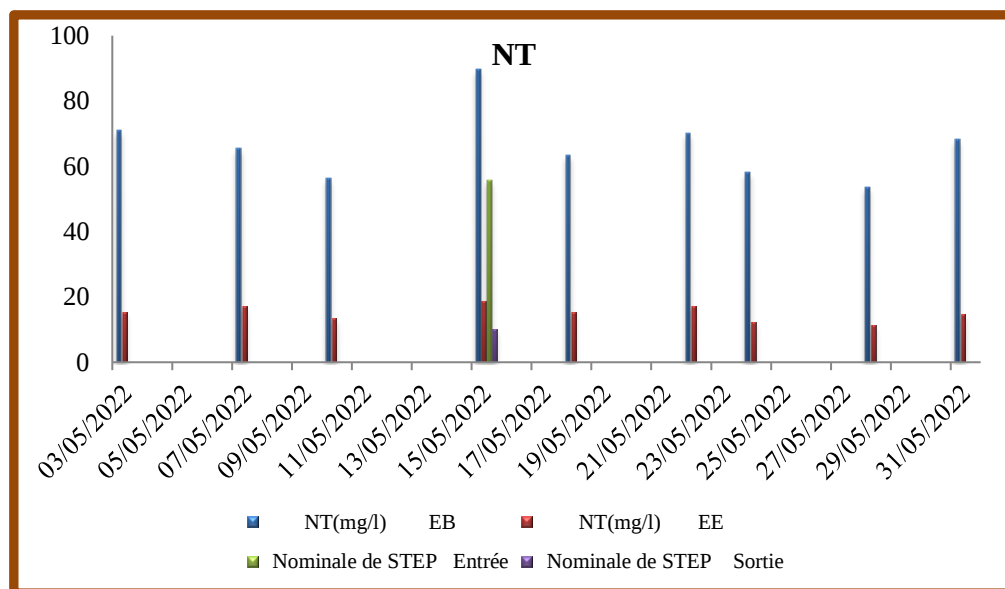


Figure V.13 : La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP.

D'après le graphe, on constate que les teneurs de NT varient entre 71 mg/l et 53,5 mg/l avec une teneur moyenne de 66,15 mg/l pour les eaux brutes. Cette moyenne dépasse la valeur nominale de la station (**55,6 mg/l**). Et concernant les eaux épurées, les teneurs varient entre 18,7 mg/l et 11,3 mg/l avec une moyenne de 15,02 mg/l, les résultats obtenus pour l'eau épurée dépassent les seuils de rejet (**<10 mg/l**).

Ces dépassements sont dus aux dépassements des concentrations entrantes par rapport à la valeur nominale de la station de 33,42 %.

V.3.7. Evolution de phosphore total (PT)

L'évolution du phosphore total à l'entrée et à la sortie de la STEP est illustrée sur la figure suivante :

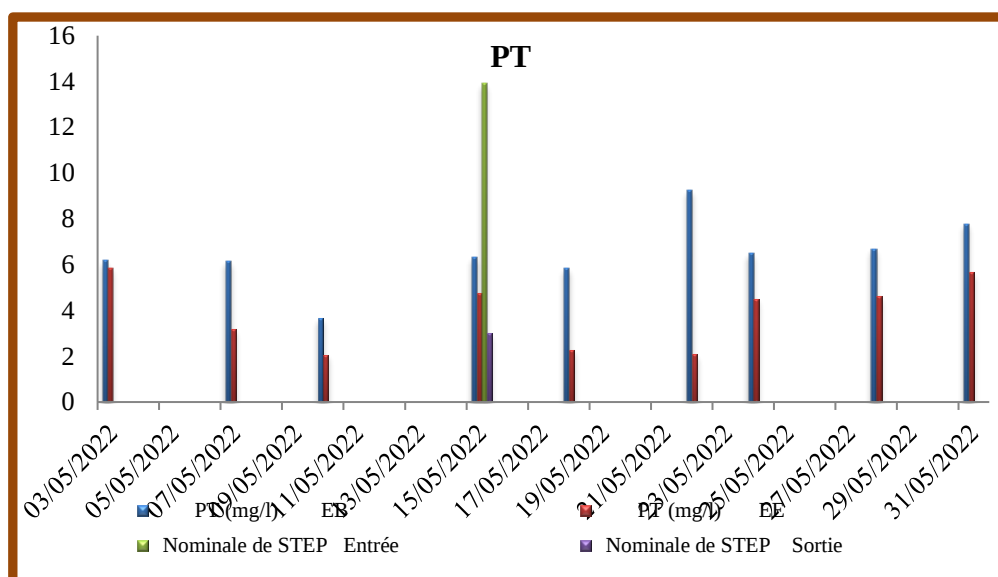


Figure V.14 : La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Les résultats d'analyses des eaux brutes varient entre 9,25 mg/l et 3,65 mg/l avec une moyenne de 6,47 mg/l, on remarque que ces résultats obtenus sont au-dessous des valeurs nominales de la station (**<13,9 mg/l**). Ainsi qu'à la sortie de la STEP, la teneur en phosphore total présente un maximum de 5,85 mg/l et un minimum de 2,05 mg/l avec une moyenne de 3,88 mg/l, des dépassements ont été enregistrés à la sortie de la STEP. Ces dépassements sont dus au nom approvisionnement de la station en produit chlorure ferrique FeCl_3 .

Note : quand la station n'arrive pas à traiter le phosphore biologiquement, un traitement chimique est nécessaire (obligatoire).

En revanche, la valeur moyenne du mois ne répond pas aux performances de la STEP.

V.4. Filière boue

V.4.1. D 30min et concentration des bassins d'aération (Année 2022)

La figure ci-dessous illustre les volumes des D 30min et les concentrations de bassin d'aération pendant le mois d'avril et mai.

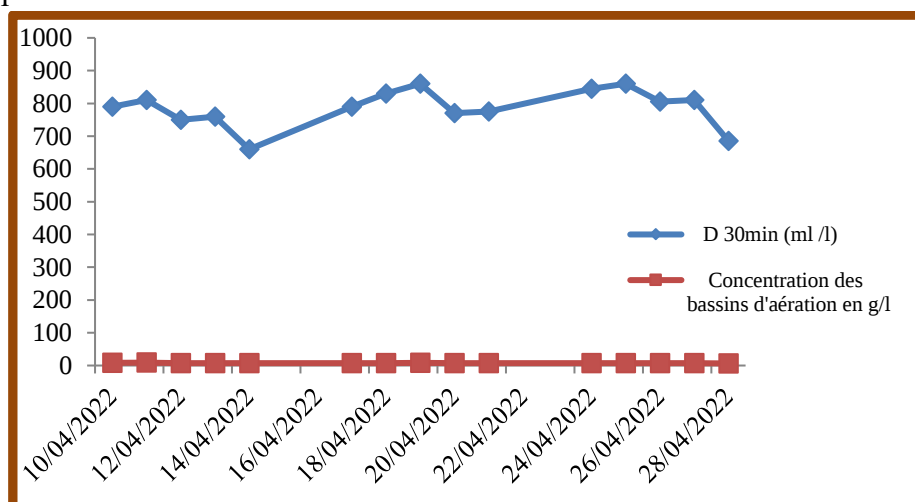


Figure V.15 : Valeurs des D 30min et concentrations des bassins d'aérations (Avril 2022)

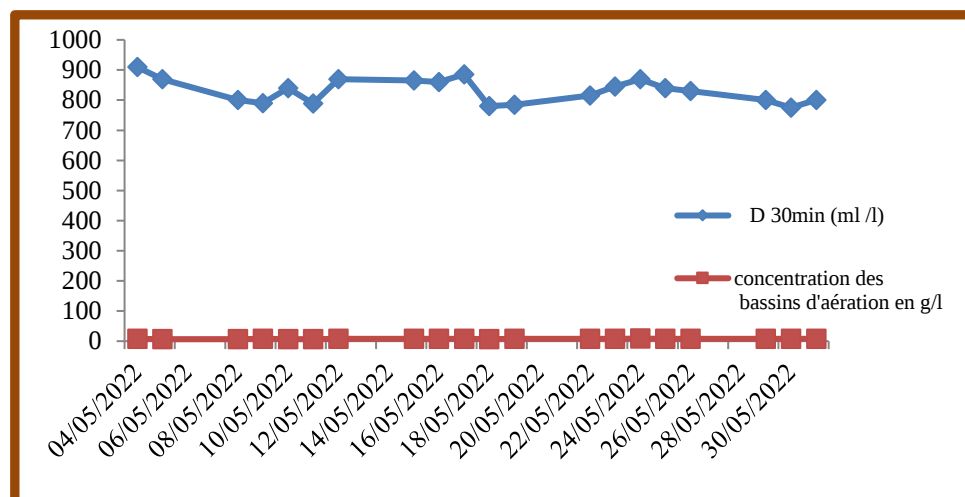


Figure V.16 : Valeurs des D 30min et concentrations des bassins d'aérations (Mai 2022)

Durant le mois d'avril 2022, les volumes des D 30min varient entre le maximum 860 ml/l et le minimum 660 ml/l au moyen 787 ml/l.

Durant le mois de mai 2022, les volumes de D 30min varient entre le Maximum 910 ml/l et le minimum 305 ml/l au moyen 765,5 ml/l

On remarque que les bassins d'aérations sont très chargés leurs concentrations varient au mois d'avril entre 8,8 g/l et 6,3 g/l et au mois de mai varient entre 8,5 g/l et 4,5 g/l.

Ces valeurs dépassent le nominale de la station qui est (4 g/l).

Ces dépassements de concentration sont dues à l'insuffisance de la salle de déshydratation.

V.4.2. Extraction des boues (Année 2022)

Le tableau ci-dessous présente les extractions des boues durant le mois d'avril et mai

Tableau V.1: Valeurs d'extraction des boues (Avril 2022-Mai 2022)

Dates	Extraction des boues		
	Volume d'extraction des boues primaires en (m ³)	Volume d'extraction des boues en excès en (m ³)	Boues de Retour
15/04/2022	387	1000	
16/04/2022	633	1100	
17/04/2022	561,9	900	15
18/04/2022	622,55	1000	18
19/04/2022	436,55	700	15
20/04/2022	572	780	16
21/04/2022	589,04	960	12
22/04/2022	455,24	800	
23/04/2022	400	800	
24/04/2022	559	700	12,9
25/04/2022	529	1060	14
26/04/2022	530	900	11
27/04/2022	487	700	12
28/04/2022	620	800	10
29/04/2022	522,17	700	

30/04/2022	537,83	750	
01/05/2022	547	900	
02/05/2022	592	850	
03/05/2022	588	900	
04/05/2022	505	1000	13
05/05/2022	518	800	11,3
06/05/2022	492	900	
07/05/2022	548	1000	
08/05/2022	525	1000	8
09/05/2022	674	1050	10
10/05/2022	500	850	11
11/05/2022	424,76	900	11
12/05/2022	423,24	1000	12
13/05/2022	382	1000	
14/05/2022	560	900	
15/05/2022	424,91	1100	12
16/05/2022	554,09	1050	14
17/05/2022	468	950	12
18/05/2022	432	1000	11
19/05/2022	380	900	13
20/05/2022	436	900	
21/05/2022	420	1000	
22/05/2022	616	900	13,5
23/05/2022	476	1000	13
24/05/2022	544	950	14
25/05/2022	477	1100	13
26/05/2022	852	1000	12,5
27/05/2022	600	890	
28/05/2022	800	900	
29/05/2022	432	1000	12
30/05/2022	786	900	12
31/05/2022	548	1000	14

Le taux d'extractions de la boue primaire et de la boue en excès est tributaire de la capacité de la salle de déshydratation.

➤ Etude bactériologique

Cette partie repose sur un examen à l'état frais qui mène à l'observation des espèces bactériennes à l'aide d'un microscope (Annexe).

V.5. Le rendement épuratoire de la station

C'est le rapport de la pollution éliminée dans la station sur la pollution reçue. Il définit les performances de la station.

Pour le calcul du rendement on utilise la relation suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{Charge entrante} - \text{charge sortante}}{\text{charge entrante}} \times 100 \quad (4)$$

Le Flux (ou charge) (F), C'est le produit du débit (Q) par la concentration (C) (kg/j)
 $F = C \times Q$ (maintenir des unités identiques : kg/j = kg/m³ x m³/j).

C'est un paramètre important qui renseigne sur la quantité de pollution

On a aussi la charge (flux) qui est égale à :

$$\text{Charge (T/j)} = \text{Débit (m}^3\text{/j)} \times \text{Concentration (mg/l)} \times 10^{-6} \quad (5)$$

Nous avons voulu déterminer l'efficacité de la station en déterminant le rendement épuratoire des différents paramètres de pollution.

Les résultats des rendements durant le mois d'Avril et mai sont illustrés dans l'Annexe.

➤ Résultats obtenus : mois d'avril

V.5.1. Les matières en suspension (MES)

La figure ci-dessous représente la variation du rendement des matières en suspension pour le mois d'avril.

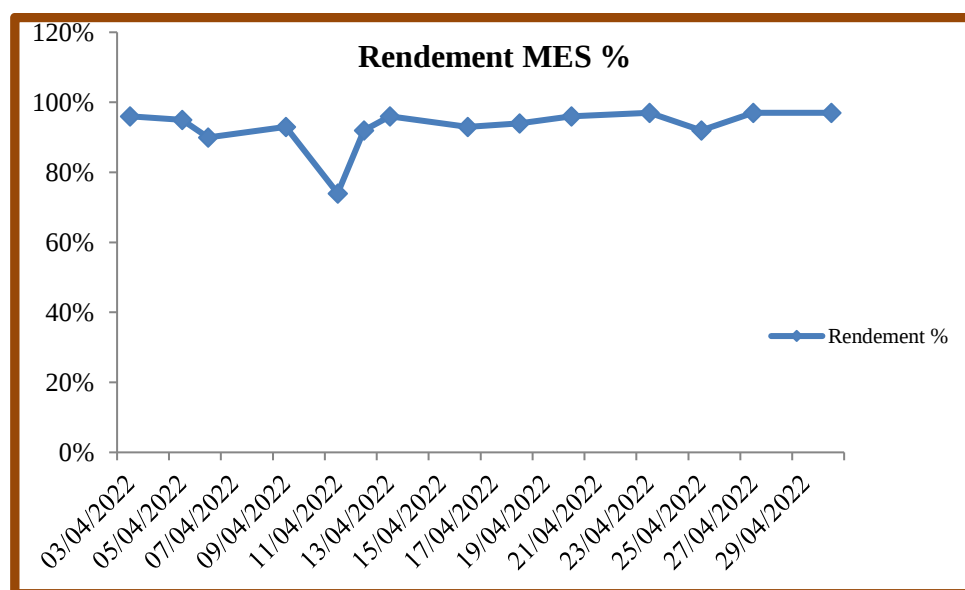


Figure V.17: La variation de rendement en MES (Avril 2022)

La courbe de variation de MES en fonction du temps montre une variabilité des pourcentages du rendement. On constate que les rendements de MES sont au maximum 97% et au minimum 74%.

Selon le graphe, une valeur des rendements a été enregistrée sur le graphe ne répondent pas l'objectif de la station qui est de (>90%), ces mauvais rendements sont dus à l'arrêt technique de la salle de déshydratation.

Le rendement moyen obtenu est de 93% donc l'objectif est atteint pour le mois d'avril.

V.5.2. La demande biologique en oxygène (DBO₅)

La figure suivante représente la variation du rendement de la DBO₅ pour le mois d'avril.

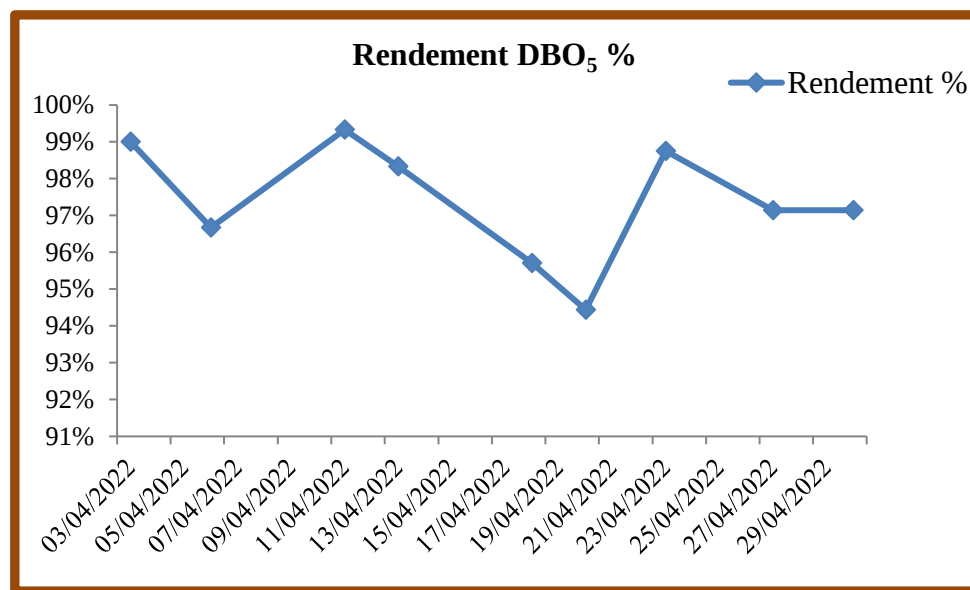


Figure V.18 : La variation de rendement en DBO₅ (Avril 2022)

La courbe de variation de la DBO₅ en fonction du temps montre une variabilité des pourcentages du rendement. On constate que les valeurs du rendement de la DBO₅ sont au maximum 99% et au minimum 94%

Le rendement moyen obtenu est de 97 % donc l'objectif est atteint pour le mois d'avril (> 90%).

V.5.3. La demande chimique en oxygène (DCO)

La figure ci-dessous représente la variation du rendement de la DCO pour le mois d'Avril.

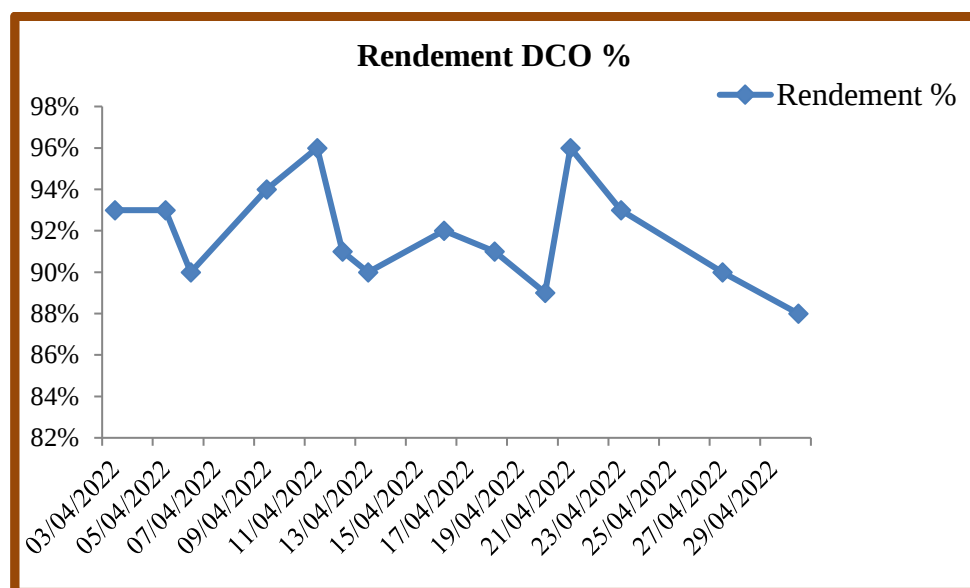


Figure V.19 : La variation de rendement en DCO (Avril 2022)

La courbe de variation de la DCO en fonction du temps montre une variabilité des pourcentages du rendement. On constate que les valeurs du rendement de la DCO sont au maximum 96% et au minimum 86%

Deux rendements sur le graphe ont été enregistrés qui ne répondent pas aux performances de la STEP qui doit être (**>90%**), ces mauvais rendements sont dus à l'arrêt technique de la salle de déshydratation.

Le rendement moyen obtenu est de 92 % donc l'objectif est atteint pour le mois d'Avril.

V.5.4. L'azote total (NT)

La figure suivante représente la variation du rendement de l'azote total pour le mois d'Avril.

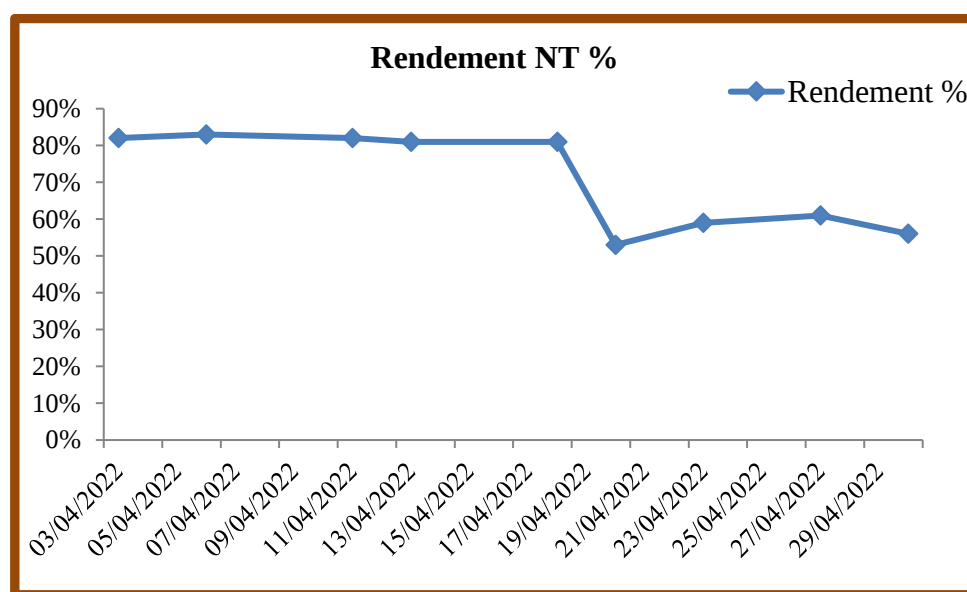


Figure V.20 : La variation de rendement en NT (Avril 2022)

La courbe de variation de l'azote total en fonction du temps montre une grande variabilité des valeurs du rendement. On constate que les valeurs des rendements de l'azote total sont au maximum 83% et au minimum 53%.

Huit valeurs du rendement sur le graphe n'ont pas atteint l'objectif de la station qui doit être supérieur à (**82.5%**),

Le rendement moyen obtenu est de 71% donc l'objectif n'est pas atteint pour le mois d'avril.

Le non atteinte de l'objectif de la station est dû aux dépassements du nominal de la station de 26.41 %,

V.5.5. Le phosphore total (PT)

La figure ci-dessous représente la variation du rendement du phosphore pour le mois d'Avril.

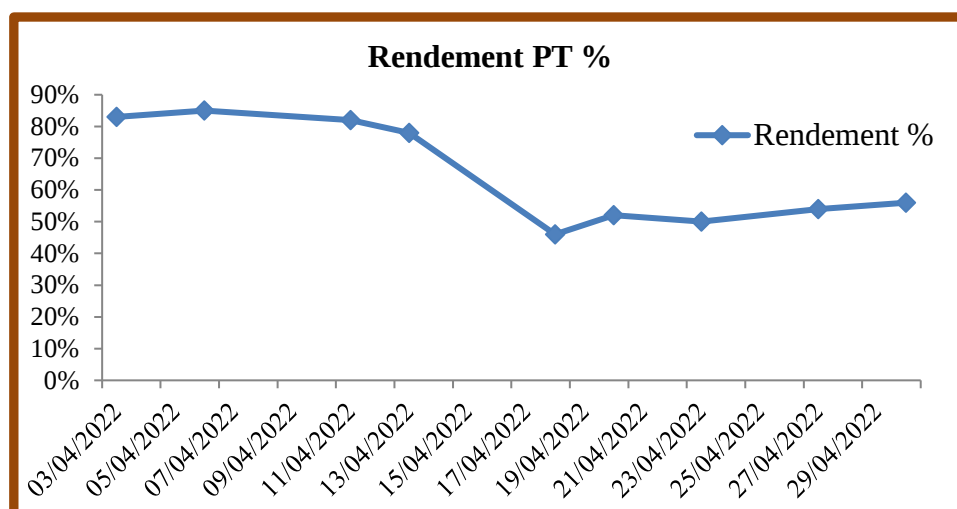


Figure V.21 : La variation de rendement en PT (Avril 2022)

La courbe de variation du phosphore total en fonction du temps montre une grande variabilité des valeurs du rendement. On constate que les valeurs des rendements sont au maximum 85 % et au minimum 46 %.

Six valeurs du rendement sur le graphe n'ont pas atteint l'objectif de la station qui doit être de (>80%).

Le rendement moyen obtenu est de 65 % donc l'objectif n'est pas atteint pour le mois d'avril. Les faibles rendements obtenus du phosphore sont dus à l'insuffisance du traitement biologique par les bactéries déphosphatantes. L'excès du phosphore doit être éliminé chimiquement par le chlorure ferrique FeCl_3 .

➤ Résultats obtenus : mois de mai

V.5.6. Les matières en suspension (MES)

La figure ci-dessous représente la variation du rendement des matières en suspension pour le mois de mai.

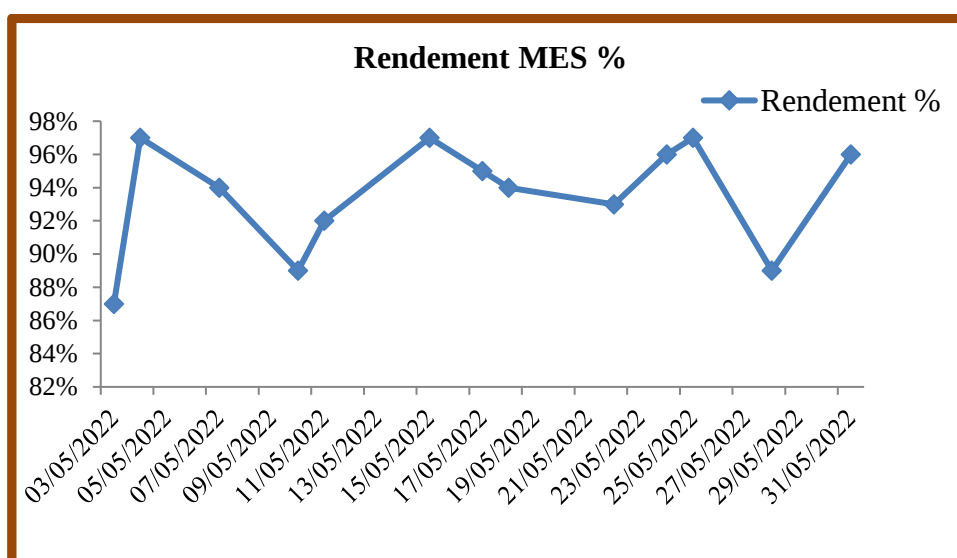


Figure V.22 : La variation de rendement en MES (Mai 2022)

La courbe de variation de MES en fonction du temps montre une variabilité des pourcentages du rendement. On constate que les rendements de MES sont au maximum 97% et au minimum 87%.

Selon le graphe, trois valeurs des rendements sont été enregistrées qui ne répondent pas à l'objectif de la station qui est de ($>90\%$), ces mauvais rendements sont dus à l'arrêt technique de la salle de déshydratation.

Le rendement moyen obtenu est de 94 % donc l'objectif n'est pas atteint pour le mois de Mai.

V.5.7. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La figure ci-dessous représente la variation du rendement de la DBO₅ pour le mois de Mai.

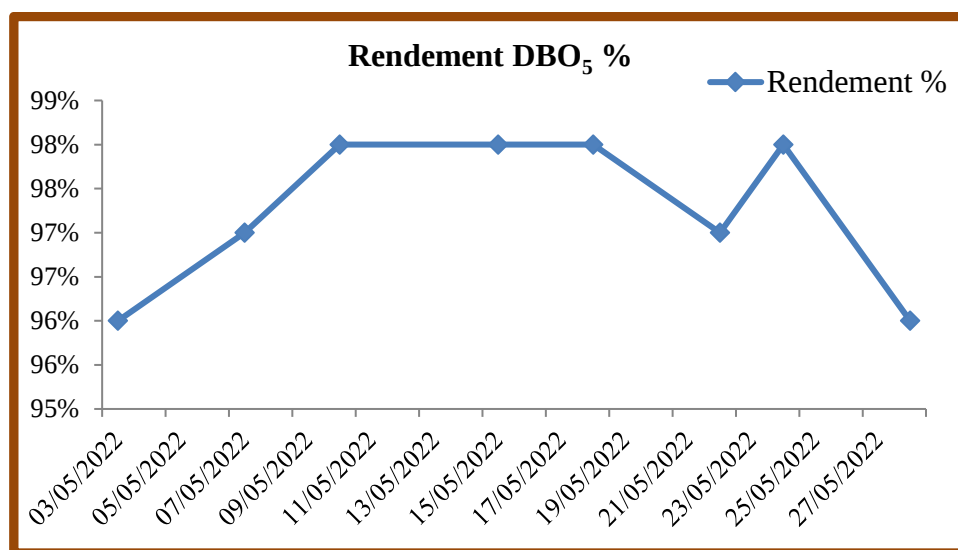


Figure V.23 : La variation de rendement en DBO₅ (Mai 2022)

La courbe de variation de la DBO₅ en fonction du temps montre une variabilité des pourcentages du rendement. On constate que les valeurs du rendement de la DBO₅ sont au maximum 98 % et au minimum 96%.

Tous les rendements enregistrés sur le graphe répondent aux performances de la STEP qui doit être ($>90\%$).

Le rendement moyen obtenu est de 97% donc l'objectif est atteint pour le mois de Mai.

V.5.8. La demande chimique en oxygène (DCO)

La figure suivante représente la variation du rendement de la DCO pour le mois de Mai.

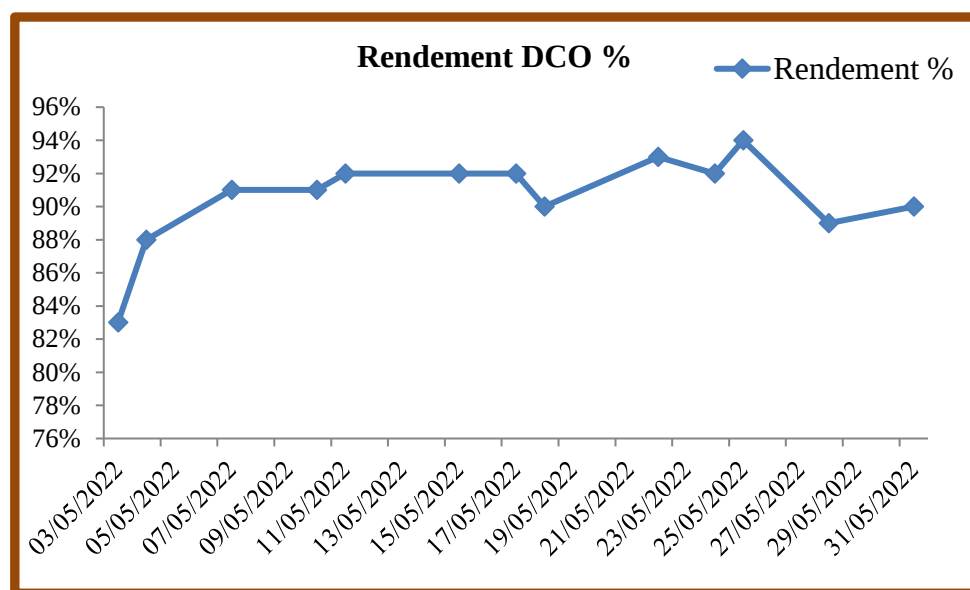


Figure V.24 : La variation de rendement en DCO (Mai 2022)

La courbe de variation de la DCO en fonction du temps montre une variabilité des pourcentages du rendement. On constate que les valeurs du rendement de la DCO sont au maximum 94 % et au minimum 83%.

Trois rendements sur le graphe ont été enregistrés qui ne répondent pas aux performances de la STEP qui doit être ($>90\%$), ces mauvais rendements sont dus à l'arrêt technique de la salle de déshydratation.

Le rendement moyen obtenu est de 91 % donc l'objectif n'est pas atteint pour le mois de mai.

V.5.9. L'azote total (NT)

La figure ci-dessous représente la variation du rendement de l'azote total pour le mois de Mai.

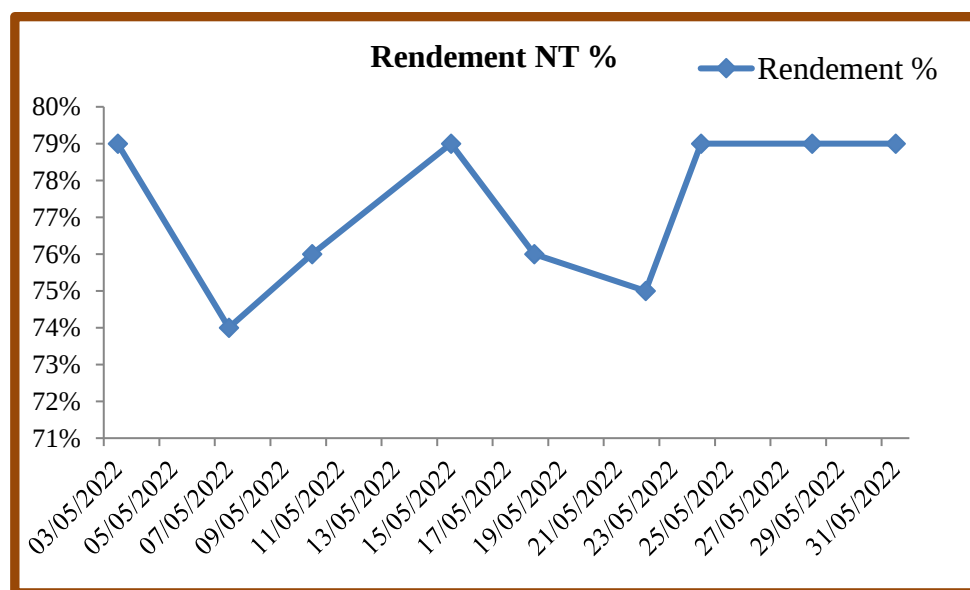


Figure V.25 : La variation de rendement en NT (Mai 2022)

La courbe de variation de l'azote total en fonction du temps montre une variabilité des valeurs du rendement. On constate que les valeurs des rendements de l'azote total sont au maximum 79 % et au minimum 74 %.

Tous les rendements sur le graphe n'ont pas atteint l'objectif de la station qui doit être (>82.5%).

Le rendement moyen obtenu est de 77 % donc l'objectif n'est pas atteint pour le mois de Mai.

Le non atteinte de l'objectif de la station est dû aux dépassements du nominal de la station de 16%, la concentration moyenne enregistrée durant le mois de mai est de 66.1mg/l et le nominal est de (55.6mg/l).

V.5.10. Le phosphore total (PT)

La figure suivante représente la variation du rendement du phosphore pour le mois de Mai

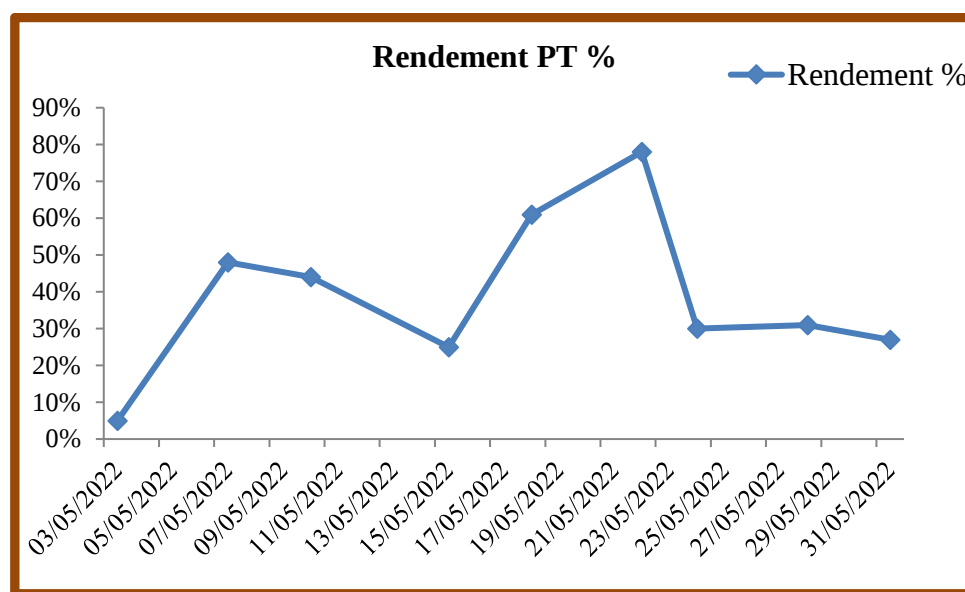


Figure V.26 : La variation de rendement en PT (Mai 2022)

La courbe de variation du phosphore total en fonction du temps montre une grande variabilité des valeurs du rendement. On constate que les valeurs des rendements sont au minimum 5% et au maximum 78%.

Tous les rendements sur le graphe n'ont pas atteint l'objectif de la station qui doit être de (>80%).

Le rendement moyen obtenu est de 39 % donc l'objectif n'est pas atteint pour le mois de mai.

Les faibles rendements obtenus du phosphore sont dus à l'insuffisance du traitement biologique par les bactéries déphosphatantes. L'excès du phosphore doit être éliminé chimiquement par le chlorure ferrique FeCl_3 .

VI.6. Détermination des paramètres (étude de cas)

Pour contrôler le bassin d'aération, il faut contrôler si la station elle a une faible charge ou bien une aération prolongée (il faut calculer la charge massique et volumique et on discute les

résultats obtenus). Si la station est à faible charge ou aération prolongée donc on calcule l'âge de boues et indice de boues si on est dans le cas de dilution il faut calculer l'indice de Mohlman.

V.6.1. La charge organique de la station

C'est le rapport de la pollution reçue sur la capacité nominale de la station elle s'exprime en % du flux nominal en DBO₅.

$$\text{Charge organique} = \frac{\text{la charge polluante}}{\text{capacité nominale de la station}} \quad (6)$$

Le tableau ci-dessous représente le résultat de charge organique durant les mois d'avril et mai :

Tableau V.2 : Valeurs de la charge organique (Avril 2022 – Mai 2022)

Date	Débit (m ³ /j)	DBO ₅ (mgO ₂ /l)		Charge DBO ₅ (kg/j)		CHARGE ORGANIQUE	
		EB	EE	EB	EE	EB	EE
03/04/2022	35782	200	2	7156,4	71,564	36%	0%
06/04/2022	36173	180	6	6511,14	217,038	33%	1%
11/04/2022	37907	300	2	11372,1	75,814	57%	0%
13/04/2022	101368	120	2	12164,16	202,736	61%	1%
18/04/2022	43298	140	6	6061,72	259,788	30%	1%
20/04/2022	45428	180	10	8177,04	454,28	41%	2%
23/04/2022	41594	160	2	6655,04	83,188	33%	0%
27/04/2022	45111	140	4	6315,54	180,444	32%	1%
30/04/2022	39889	140	4	5584,46	159,556	28%	1%
03/05/2022	38492	140	6	5388,88	230,952	27%	1%
07/05/2022	39950	140	4	5593	159,8	28%	1%
10/05/2022	43495	160	4	6959,2	173,98	35%	1%
15/05/2022	36200	200	4	7240	144,8	36%	1%
18/05/2022	52760	180	4	9496,8	211,04	47%	1%
22/05/2022	50991	220	6	11218,02	305,946	56%	2%
24/05/2022	46737	200	4	9347,4	186,948	47%	1%
28/05/2022	48312	160	6	7729,92	289,872	39%	1%

V.6.2. La charge massique Cm

C'est le rapport de la charge en DBO₅ reçue sur la quantité de boues présente dans le bassin d'aération.

$$C_m = \frac{\text{nourriture}}{\text{boues}} = \frac{\text{kg DBO}_5 \text{ reçue}}{\text{QUANTITE DE BOUES}} \quad (7)$$

Quantité de boues = Quantité MVS × Volume de bassin d'aération × MES

Elle caractérise l'équilibre biologique du traitement.

V.6.3. La charge volumique Cv

C'est le rapport de la charge en DBO₅ reçue sur le volume du bassin d'aération.

$$C_v = \frac{\text{kg DBO}_5 \text{ reçue}}{\text{m}^3 \text{ (bassin d'aération)}} \quad (8)$$

Les valeurs des charges massiques et volumiques des mois avril et mai sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : Valeurs de charge massique et volumique (Avril 2022- Mai 2022)

Date	Volume de bassin d'aération (m ³)	Charge DBO ₅ (kg/j)	MES (g/l)	MVS	Quantité de boues	C _m	C _v
		EB	BA	BA			
Avril 2022	33800	7777,51111	7,59	0,496	127244,832	0,06112241	0,23010388
Mai 2022	33800	7871,6525	7,612	0,448	115263,949	0,06829241	0,23288913
						0,06470741	0,2314965

La charge massique Permet d'estimer la capacité du bassin d'aération :

Des charges massiques et volumiques faibles témoignent d'un ratio nourriture/boues favorable à une élimination poussée de la pollution carbonée et azotée.

On distinguera ainsi 5 classes de boues activées :

Tableau V.4 : Variations des charges massiques et volumiques [117].

	C _v	C _m
Aération prolongée	< 0,36	< 0,1
Faible charge	0,36 à 0,7	0,1 à 0,2
Moyenne charge	0,7 à 1,7	0,2 à 0,5
Forte charge	1,7 à 3	0,5 à 1
Très forte charge	> 3	> 1

D'après les deux valeurs obtenues (C_{v moy} = 0,231 et C_{m moy} = 0,064) on constate que la station et de type aération prolongée.

V.6.4. L'âge des boues A

L'âge des boues représente le temps de séjour des boues dans le bassin d'aération : celui-ci est plus important que le temps de séjour de l'eau à traiter du fait de la recirculation des boues décantées.

Il correspond au rapport de la quantité de boues présentes, en kg MS., dans le bassin d'aération (S) sur la quantité de boues en excès (E) à évacuer par jour, en kg MS/j.

$$A = \frac{S}{E} = \frac{VBA \times (MS) BA}{QE \times (MS) E} \quad (9)$$

- **VBA** : Volume du bassin d'aération (m³).
- **(MS) BA** : Concentration des boues activées en kg / m³ en MS (Matières sèches).
- **QE** : Débit journalier (m³/j) d'extraction des boues.
- **(MS) E** : Concentration des boues en excès en kg/m³ MS.

Un âge des boues élevé témoigne d'une boue bien développée, ce qui est favorable à une bonne élimination de la pollution.

Le tableau suivant représente l'âge des boues durant les mois (Avril 2022– Mai 2022).

Tableau V.5 : Valeurs de l'âge de boues (Avril 2022-Mai 2022)

Mois	VBA (m ³)	BA (kg/m ³)	QE (m ³ /j)	E (Kg/m ³)	Age de boue jours
Avril 2022	33800	0,0068	855	0,013	20.6
Mai 2022	33800	0,007	955	0,012	20.7

Les valeurs de l'âge de boues durant le mois d'avril et mai sont représentées sur la figure suivante :

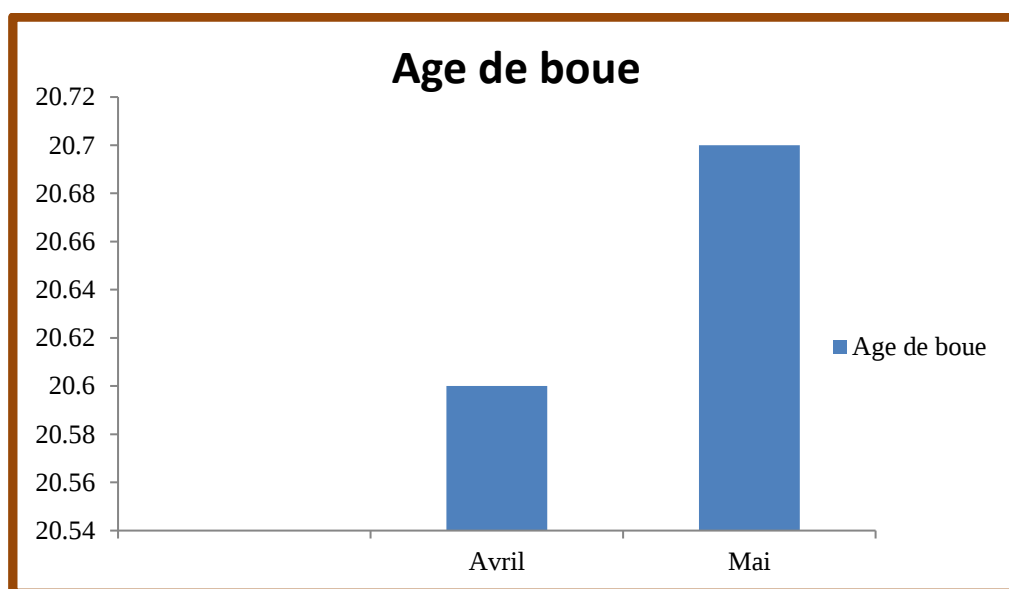


Figure V.27: La variation de l'âge de boue (Avril 2022-Mai 2022)

Pour un bassin d'aération avec Anoxie l'Age de boue doit être :

- 9-15 jours avec un fonctionnement à faible charge âge idéal.

- 15-20 jours avec un fonctionnement aération prolongée
- >20 jours risquent de fermentation et de développement de bactéries filamenteuses.

La courbe d'âge des boues en fonction du temps montre une variabilité des valeurs de l'âge des boues. On constate que les valeurs d'âge de boues sont 20 jours au moyen ce qui explique que la station a fonctionné à aération prolongée

Indice de Mohlman I_M : c'est le volume occupé par un gramme de boue dans une éprouvette de 1000 ml de boue après une décantation de 30 minutes. Cet indice n'est valable que si le volume décanté est inférieur à 300 ml.

I_M permet de traduire la bonne disponibilité ou non, des boues à la décantation [9].

Indice de boue I_B : c'est le volume occupé dans l'éprouvette de 1000 ml par 1 g de boue après une décantation de 30 min. L'indice de boue est représentatif des particules de flocculant dans un milieu dilué.

$(\text{Volume de diluant rajouté} + \text{Volume d'échantillon}) / (\text{Volume d'échantillon})$.

❖ Méthode de détermination de l'indice de boue et de Mohlman

La détermination de l'indice de boue et de l'indice de Mohlman est réalisée immédiatement après le prélèvement de l'échantillon dans un flacon en polyéthylène.

V.6.5. Calcule l'indice de Mohlman et l'indice de boue

$$I_M (\text{ml/g}) = \frac{V_{30}}{\text{MES boues bassin d'aération } (\frac{g}{l})} \quad (10)$$

$$I_B (\text{ml/g}) = \frac{V_{30}(\text{avec dilution pour être } \frac{300\text{ml}}{l})}{\text{MES boues bassin d'aération } (\frac{g}{l})} \times \text{facteur de dilution} \quad (11)$$

Mesurer la concentration des boues activées en MES en g/l.

Ce protocole opératoire décrit la méthode de détermination de l'indice de boue I_B et l'indice de Mohlman I_M .

Domaine d'application : Ce mode opératoire est applicable pour les boues du bassin d'aération

○ Pour l'indice de Mohlman

- une boue qui décante bien présente un indice de mohlman inférieur à 150ml/g.
- s'il dépasse 200 ml/g, la station présente des risques de dysfonctionnement.

L'indice de Mohlman permet à l'exploitant de la station d'épuration de déterminer:

- Le débit de recirculation des boues.
- La concentration des boues recirculées.
- Les conditions de fonctionnement de la filière boue (épaississement, déshydratation)

○ Pour l'indice de boue

- Si $I_B < 120$ ml/g : très bonne décantation.
- Si I_{Best} compris entre 120 et 200 ml/g : bonne décantation mais avec un risque accru de multiplication de bactéries filamenteuses si l'indice va au-delà de 150ml/g.
- Si $I_B > 200$ ml/g : fortes difficultés des boues à décanter. Les boues sont filamenteuses.

Le tableau résume les valeurs de l'indice de Mohlman et l'indice de boue durant les mois (Avril 2022 – Mai 2022):

Tableau V.6 : Valeurs de l'indice de Mohlman et l'indice de boue (Avril 2022 – Mai 2022)

Date	V30 (ml/L)	MES (g/L)	I_M	V30 dilué (ml/L)	Facteur de dilution	I_B
10/04/2022	790	7,8	101,28	130	0,25	25,3
11/04/2022	810	8,8	92,05	190	0,25	23,0
12/04/2022	750	7,4	101,35	120	0,25	25,3
13/04/2022	760	7,6	100,00	80	0,25	25,0
14/04/2022	660	7,2	91,67	100	0,25	22,9
17/04/2022	790	7,4	106,76	130	0,25	26,7
18/04/2022	830	7,6	109,21	165	0,25	27,3
19/04/2022	860	7,8	110,26	170	0,25	27,6
20/04/2022	770	7,7	100,00	160	0,25	25,0
21/04/2022	775	7,3	106,16	90	0,25	26,5
24/04/2022	845	7,5	112,67	180	0,25	28,2
25/04/2022	860	7,3	117,81	205	0,25	29,5
26/04/2022	805	7,3	110,27	145	0,25	27,6
27/04/2022	810	7,4	109,46	155	0,25	27,4
28/04/2022	685	6,3	108,73	105	0,25	27,2
04/05/2022	910	7,45	122,15	145	0,25	30,5
05/05/2022	870	6,65	130,83	135	0,25	32,7
08/05/2022	800	6,9	115,94	115	0,25	29,0
09/05/2022	790	7,75	101,94	120	0,25	25,5
10/05/2022	840	6,89	121,92	135	0,25	30,5
11/05/2022	789	6,8	116,03	120	0,25	29,0
12/05/2022	870	7,4	117,57	140	0,25	29,4
15/05/2022	865	7,75	111,61	155	0,25	27,9
16/05/2022	860	7,9	108,86	115	0,25	27,2
17/05/2022	885	7,7	114,94	115	0,25	28,7
18/05/2022	780	7,2	108,33	105	0,25	27,1

19/05/2022	785	7,4	106,08	125	0,25	26,5
22/05/2022	815	8,1	100,62	110	0,25	25,2
23/05/2022	845	8,1	104,32	115	0,25	26,1
24/05/2022	870	8,5	102,35	125	0,25	25,6
25/05/2022	840	8,3	101,20	140	0,25	25,3
26/05/2022	830	7,8	106,41	80	0,25	26,6
29/05/2022	800	7,9	101,27	135	0,25	25,3
30/05/2022	775	8	96,88	135	0,25	24,2
31/05/2022	800	7,75	103,23	110	0,25	25,8

D'après le tableau ci-dessus on constate que toutes les valeurs de l'indice de Mohlman sont inférieures à 150 ml/g, donc les boues sont bien décantées. Et concernant l'indice de boue on peut conclure d'après les résultats qu'on a une très bonne décantation puisque toutes les valeurs sont < 120 ml/L.

Moi de mai, juin, octobre, novembre de l'année 2021

Les conditions d'exploitation en 2021 sont anormaux suite à l'arrêt de déshydratation. Ci-dessous les résultats durant cette année.

➤ Etude des caractéristiques physico-chimiques

V.7. Filière eau

V.7.1. Evolution de potentiel d'hydrogène (pH)

L'évolution de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans la figure ci-dessous :

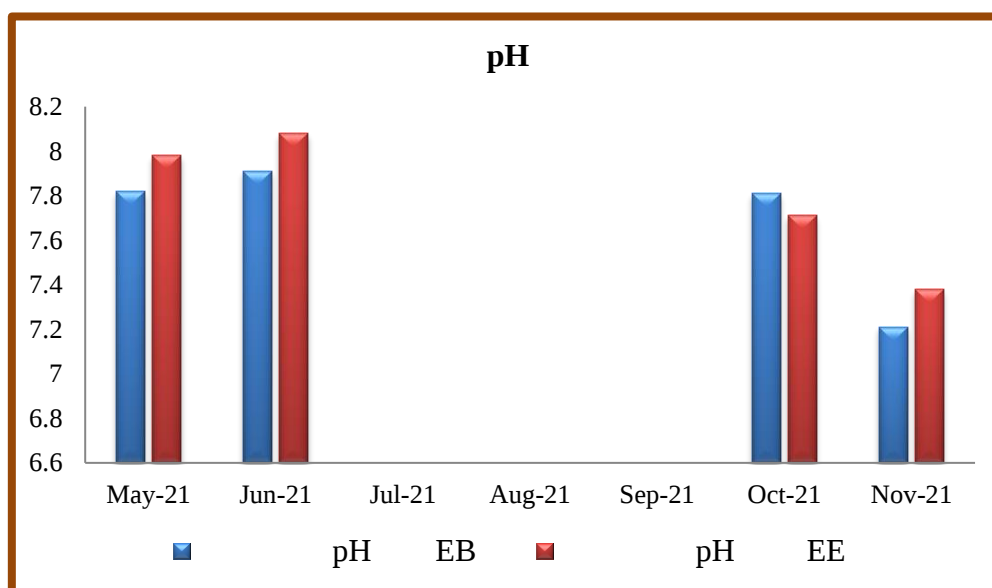


Figure V.28 : La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

La courbe des variations des valeurs du pH durant l'année 2021 montre que les valeurs du pH de l'eau brute varient entre 7,21 en minimum et 7,91 en maximum, c'est des valeurs correspond à l'intervalle idéal du pH pour le bon fonctionnement des bassins d'aération. Et les valeurs de l'eau épurée sont comprises entre 7,38 en minimum et 08,08 en maximum.

V.7.2. Evolution de la conductivité spécifique

L'évolution de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP est illustrée dans la figure suivante :

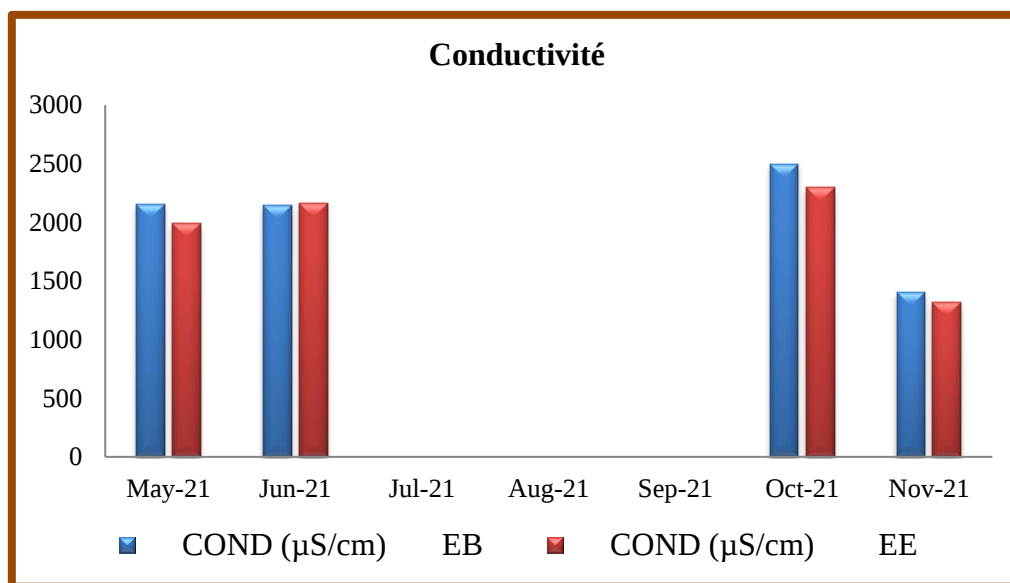


Figure V.29 : La variation de conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP

Selon le graphe, on constate que les teneurs de la conductivité de l'eau brute, elles varient entre 1404 $\mu\text{S/cm}$ le minimum et 2497 $\mu\text{S/cm}$ le maximum et concernant l'eau épurée variée entre 1317 $\mu\text{S/cm}$ le minimum et 2299 $\mu\text{S/cm}$ le maximum. La conductivité explique par le taux des matières minérales contenues dans l'effluent qui entre dans la station d'épuration.

V.7.3. Evolution des matières en suspension (MES)

L'évolution des matières en suspension pour les eaux brutes et épurées de la STEP de Réghaia est exposée dans la figure suivante :

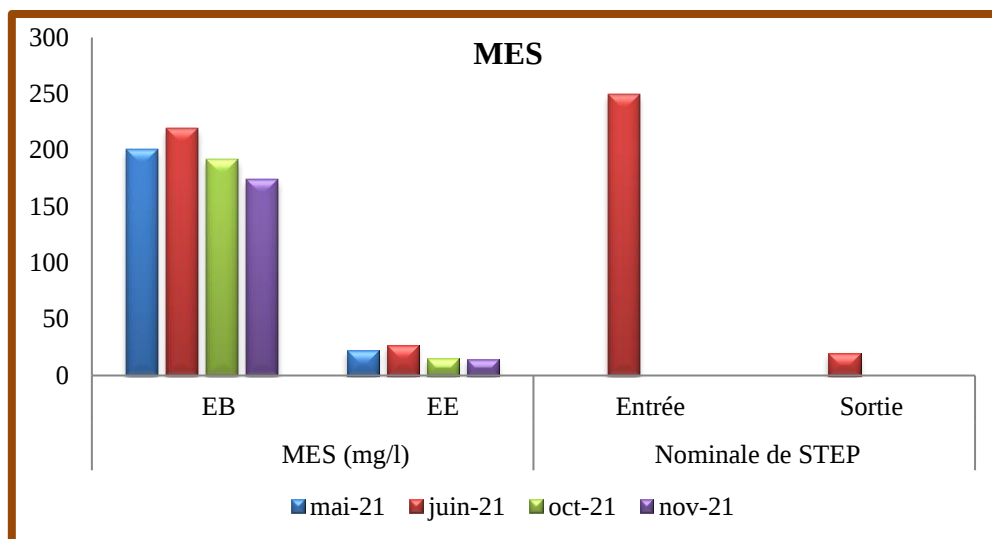


Figure V.30 : La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP

Il découle de cette figure que les valeurs des MES varient entre 219,2 mg/l et 173,85 mg/l avec une valeur moyenne de 196,37 mg/l pour les eaux à l'entré (eaux brutes) durant le mois de mai, juin, octobre, novembre, selon ces résultats on constate que ces valeurs sont au dessous des valeurs nominales de la STEP (< 249,5 mg/l).

Les valeurs des MES de l'eau traitée varient entre 26,87 mg/l et 14,28 mg/l avec une moyenne de 19,63 mg/l. Cette dernière répond aux performances de la STEP (< 20 mg/l) toute fois, la station a enregistré des valeurs en mois mai et juin qui dépassent le seuil de la station (<20 mg/l).

Ces dépassements sont dus au cumul de la boue dans le bassin d'aération suite à l'arrêt technique de la déshydratation.

V.7.6. Evolution de demande biologique en oxygène (DBO₅)

L'évolution du DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans la figure suivante :

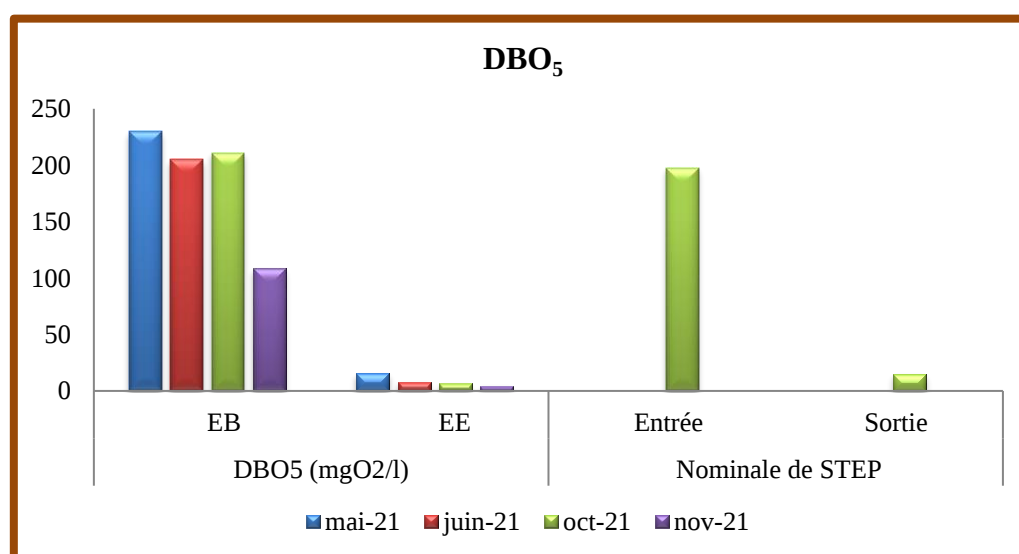


Figure V.31 : La variation de DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Selon le graphe de la DBO₅, on constate que les concentrations de la DBO₅ varient en minimum à l'entrée de la station entre 109 mg/l et 230 mg/l en maximum, c'est des valeurs qui sont conformes au nominale de la STEP qui est de **277,8 mg/l**.

Durant le mois de juin, octobre, novembre les valeurs de la DBO₅ répond au performance de la STEP.

En revanche, en mois de mai la concentration de la sortie de la station de la DBO₅ est de 15,75 mg/l, c'est une valeur qui dépasse le seuil exigé par le constructeur (**<15 mg/l**). Ce dépassement est due au phénomène de foisonnement provoqué par l'arrêt technique de la salle de déshydratation.

L'arrêt de la salle de déshydratation a engendrée le stock de la boue dans les ouvrages, augmentation donc de la concentration biologique.

Par conséquent, il y'a eu une formation des bactéries filamenteuses, mauvaise décantation de la boue, et remonté de la boue sur les clarificateurs.

V.7.5. Evolution de la demande chimique en oxygène (DCO)

L'évolution de la demande chimique en oxygène DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP est présentée dans la figure suivante :

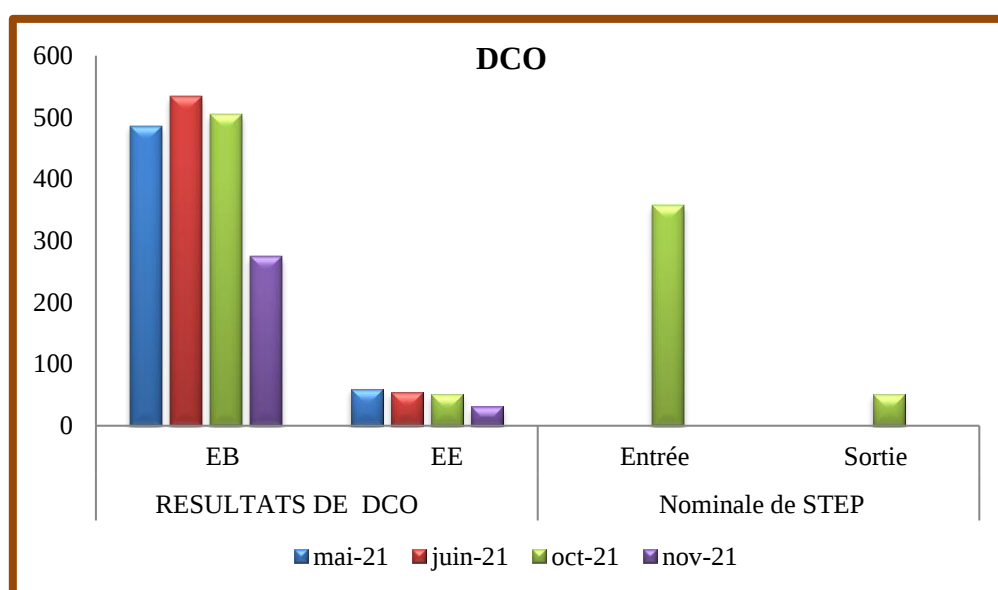


Figure V.32 : La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP

D'après la figure de la DCO, on remarque que les valeurs de la DCO varient entre 533,86 mg/l le maximum et 274,07 mg/l le minimum pour l'eau brute, ces résultats montrent aussi que la totalité des valeurs ne répondent pas aux valeurs contractuelles (**< 357 mg/l**).

On ce qui concernant l'effluent épuré, les valeurs enregistrées de la DCO varient entre 59,75 mg/l en maximum et 30,9 mg/l en minimum.

Le mois de novembre 2021, la concentration moyenne à la sortie de la station de la DCO est 30,9 mg/l. Ce résultat montre que la valeur obtenue est conforme (**<50 mg/l**), et durant les trois mois : mai 2021, juin 2021, octobre 2021.

Les teneurs à la sortie de la station de la station (54,70 mg/l) ce sont des valeurs qui dépassent les seuils de la station donc , elles ne répondent pas aux objectifs de la station .

Ces dépassements sont dus au phénomène de foisonnement survenu à l'augmentation de la concentration des bassins d'aérations et à l'arrêt technique de la déshydratation.

Le rejet en terme de DCO n'est pas conforme.

V.7.6. Evolution de l'azote total (NT)

L'évolution de l'azote total à l'entrée et à la sortie de la STEP est illustrée sur la figure ci-dessous :

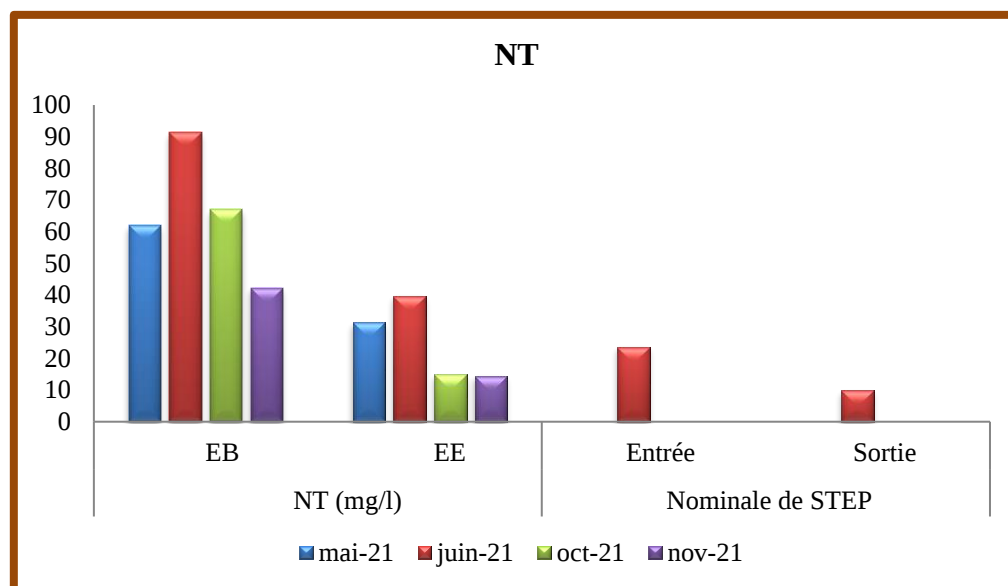


Figure V.33 : La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP

À travers la représentation graphique donnée par la figure ci-dessus, on constate que les teneurs à l'entrée de la station en azote total varient entre 91,31 mg/l et 42,21 mg/l. Ces valeurs ne sont pas des valeurs contractuelles (< 24 mg/l).

D'après les résultats présentés dans la figure ci-dessus, on remarque que les teneurs en NT des différents échantillons à la sortie de la STEP, se situent dans un intervalle qui va entre 39,77 mg/l et 14,87 mg/l.

Ces valeurs ne répondent pas aux performances de la STEP (10 mg/l), suite aux dépassements des concentrations nominales enregistrées à l'entrée de la station de 63,4 %.

Le rejet n'est pas conforme en terme d'azote.

V.7.7. Evolution de phosphore total (PT)

L'évolution du phosphore total à l'entrée et à la sortie de la STEP est représentée dans la figure suivante :

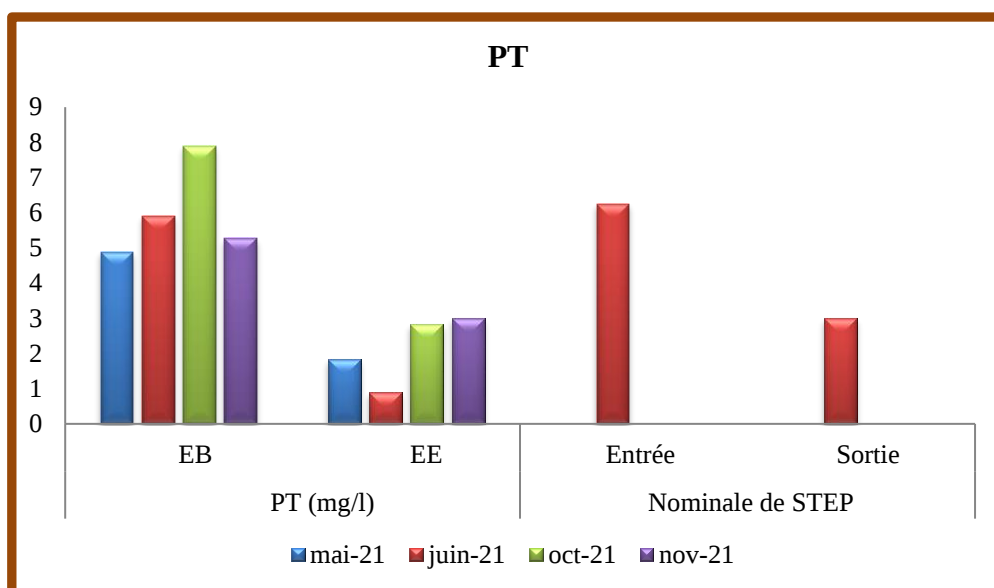


Figure V.34 : La variation de PT à l'entrée et à la sortie de STEP

Les valeurs du phosphore à l'entrée sont comprises entre 7,9 mg/l et 4,89 mg/l pendant les mois (mai, juin, octobre, novembre). Ces valeurs sont au dessous du nominale (**6,25 mg/l**). À la sortie, les concentrations oscillent entre 3 mg/l et 0,89 mg/l. Ce sont des valeurs qui répondent aux objectifs de la station (**< 3 mg/l**).

Le rejet est conforme en terme du phosphore.

V.8. Filière boue

V.7.1. D 30min et concentration des bassins d'aération (Année 2021)

La figure ci-dessous illustre les volumes des D 30min et les concentrations de bassin d'aération pendant l'année 2021.

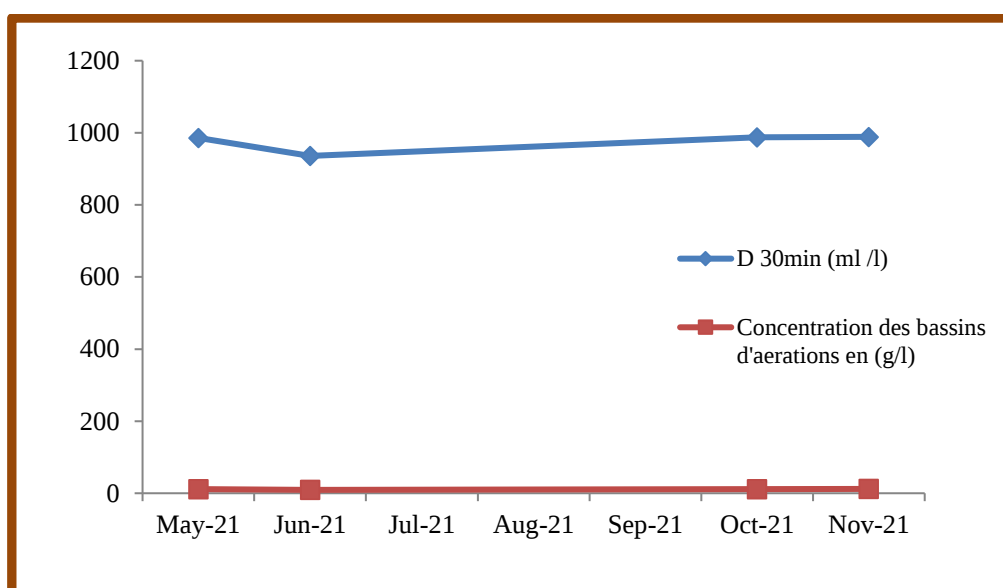


Figure V.35 : Valeurs des D 30min et concentrations des bassins d'aérations (Année 2021)

On remarque que les volumes des D 30min est de 975 ml/l à la longueur de l'année 2021. Cela explique que le bassin d'aération est très chargé suite à l'accumulation de la boue dans les ouvrages causés par l'arrêt technique de déshydratation.

Pour éviter les fermentations de la boue dans les ouvrages (décanteurs primaires, décanteurs secondaires, bassins d'aérations) la station recirculées la boue des décanteurs vers les épaisseurs. Les retours en tête sont alors très chargés, il devient de la boue.

➤ Etude bactériologique

V.8.2. Bactéries filamenteuses par vue microscopique (année 2021)

Durant l'année 2021, la STEP de Réghaia a enregistré la présence des filamenteuses en mois de mai, juin, octobre, novembre. Ces des périodes au la salle de déshydratation était à l'arrêt technique suite en manque de pièces de rechange des centrifugeuses.

Cet arrêt technique de la déshydratation a engendrée l'augmentation de la concentration de la boue dans le bassin d'aération, et le stock des boues au niveau des ouvrages, augmentation de l'âge de boue. Ce qui a provoqué l'apparition des bactéries filamenteuses.

Il y'a eu étouffement des bonnes bactéries et apparition des mauvaises bactéries qui sont des bactéries filamenteuses.

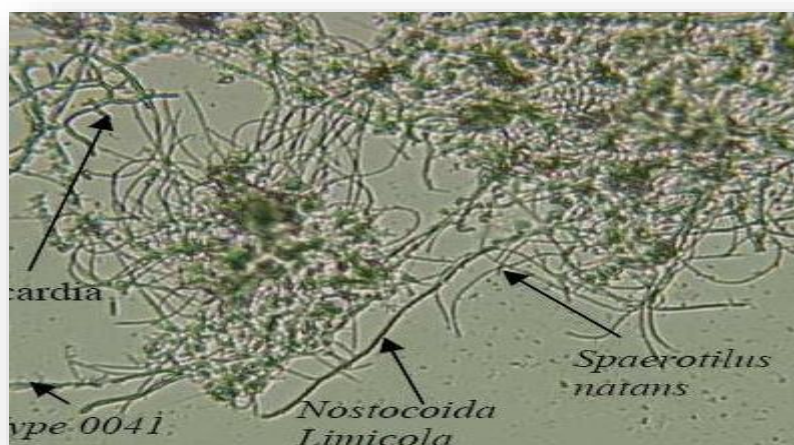


Figure VI.36 : Les bactéries filamenteuses [118]

Le foisonnement des boues activées [119]

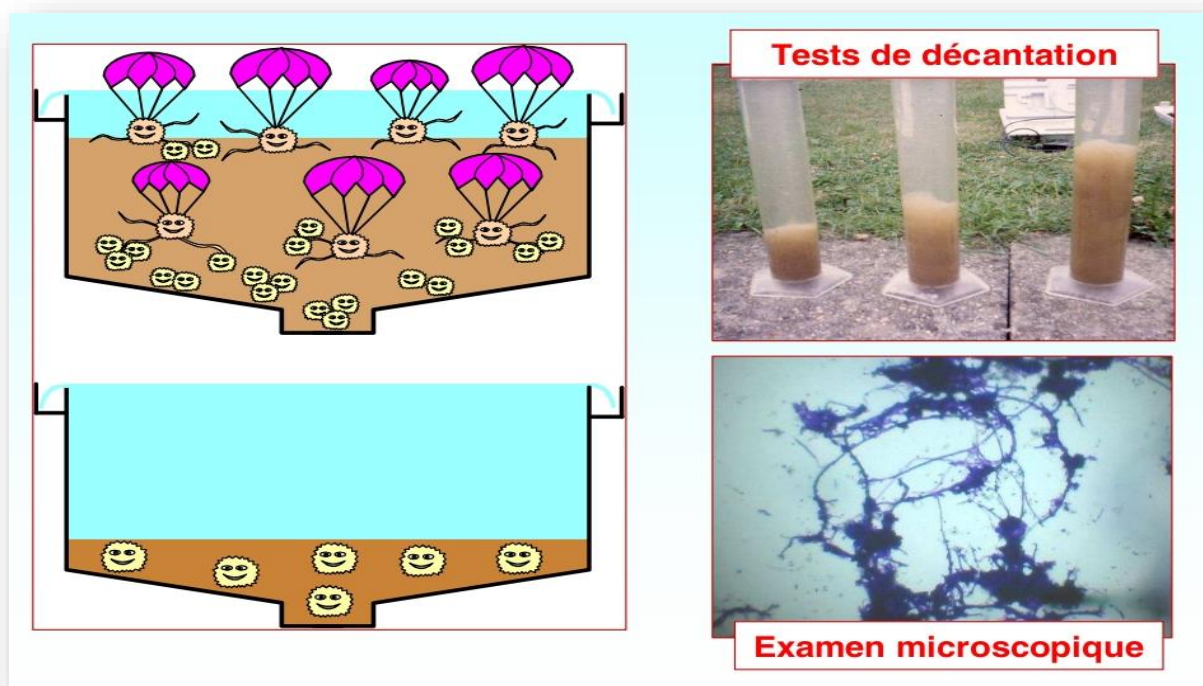


Figure V.37 : Le phénomène de foisonnement des boues activées

✚ La démarche à entreprendre pour maîtriser le foisonnement :

- Fixer un signal d'alarme avec indice de boue limite.
- Identifier les bactéries filamenteuses dominantes.
- Etablir corrélations entre filaments et causes du problème.
- Adopter une stratégie de lutte bien adaptée.
- Valider l'efficacité des opérations engagées.

✚ Les moyens de lutte contre le foisonnement

Pour une station confrontée à un cas de **foisonnement**, les moyens d'action retenus doivent être définis dans le cadre d'une approche pragmatique basée sur :

- une caractérisation fine du problème biologique (identification des filaments, intensité du phénomène : suivi de l'indice de boue,...).
- une analyse détaillée des paramètres de fonctionnement de la station (gestion de l'aération et des boues, conditions de brassage, composition des eaux à traiter).
- l'acuité du phénomène à caractère permanent ou occasionnel.

La première étape consistera donc à optimiser les conditions de fonctionnement des ouvrages dont les potentialités auront préalablement été déterminées.

Ensuite, si la situation n'est pas satisfaisante, il conviendra d'appliquer des solutions plus spécifiques, notamment celles dont l'efficacité est éprouvée :

➤ Préventif

- ❖ Mise en œuvre d'une zone de contact.

Objectif :

- Favoriser la nutrition des bactéries flocculées pour les rendre plus comparatives.

Principe :

- Création d'une zone à forte concentration de substrat soluble assimilable.
- Bassin de faible capacité en amont du bassin d'aération dans lequel on mélange la boue recirculée avec l'eau usée.

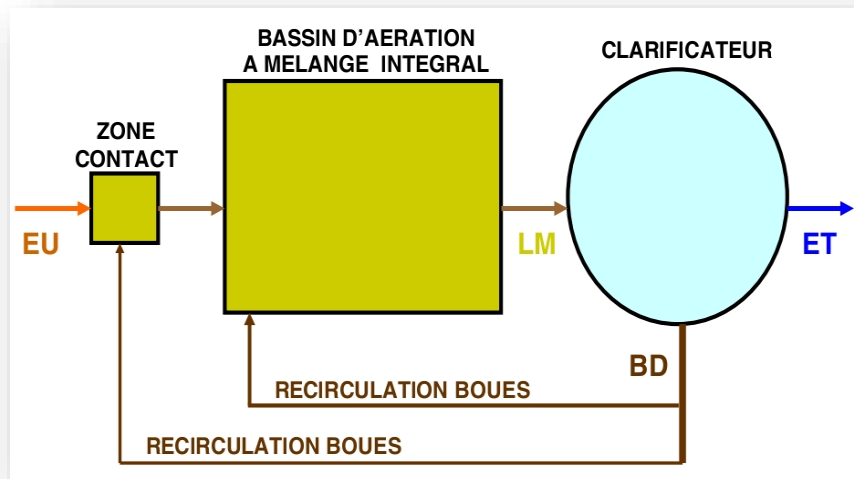


Figure V.38 : Principe de la zone de contact



Figure V.39 : Zone de contact avant BA mélange intégral



Figure V.40 : Recirculation boues dans zone de contact

- ❖ Modification de la file boue.
- Curatif :
- ❖ La chloration des boues activées.

Objectif :

- Provoquer une mortalité ciblée des cellules dans filaments induisant une amélioration de la décantation par cassure puis disparition progressive des filaments.

Principe :

- Injection à dosage maîtrisé d'une solution concentrée d'eau de javel (48° chlorométriques soit 152 g Cl_2 /litre) au contact des boues recirculées.

Risque :

- A dosage modéré : Perturbation de la dénitrification en inhibition des protozoaires pouvant induire une eau traitée (opalescente).
- Si surdosage : Inhibition de la nitrification et défloculation des boues entraînant des non conformités du rejet.

Les critères à prendre en compte :

- ▶ Réaction très rapide → Il faut un bon mélange au point d'injection
- ▶ NH_4 consomme Cl_2 → Formation de chloramines (effet bactéricide)
- ▶ Chlorer sur le circuit de recirculation des boues
- ▶ Faire passer toutes les boues au point de chloration
- ▶ Surveiller l'impact de la chloration au jour le jour



Figure V.41 : STEP de Valenton (poste fixe pour chloration)

- ❖ Lestage des boues activées
 - Avec sels minéraux : Effet de lestage limité
 - Avec agents lestants : Effet de lestage efficace
- ❖ Dopage de l'oxygénation
- ❖ Remèdes spécifiques :

Nocardia :

- a) Eliminer les mousses
- b) Réduire l'âge des boues
- c) Vérifier et limiter l'apport des graisses.

Microthrix 0675 :

- a) Augmenter l'aération et l'agitation
- b) Vérifier l'équilibre de l'effluent ($\text{DBO}_5 : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1$)
- c) Réduire l'âge des boues

Type 021 N :

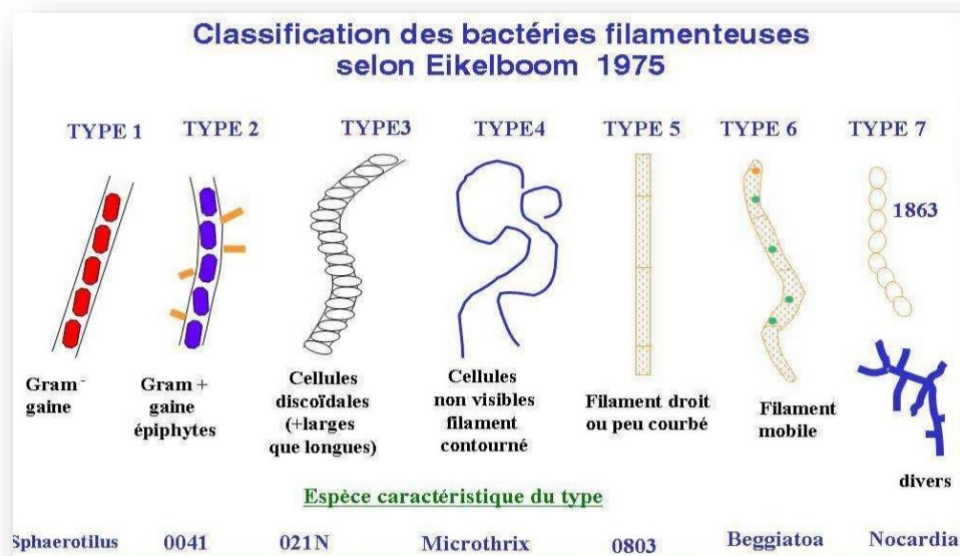
- a) Réduire l'âge des boues
- b) Rechercher et limiter les zones septiques (dépôts, anaérobioses...)
- c) Vérifier l'équilibre de l'effluent ($\text{DBO}_5 : \text{N} : \text{P} = 100 : 5 : 1$)
- d) Augmenter l'aération et l'agitation

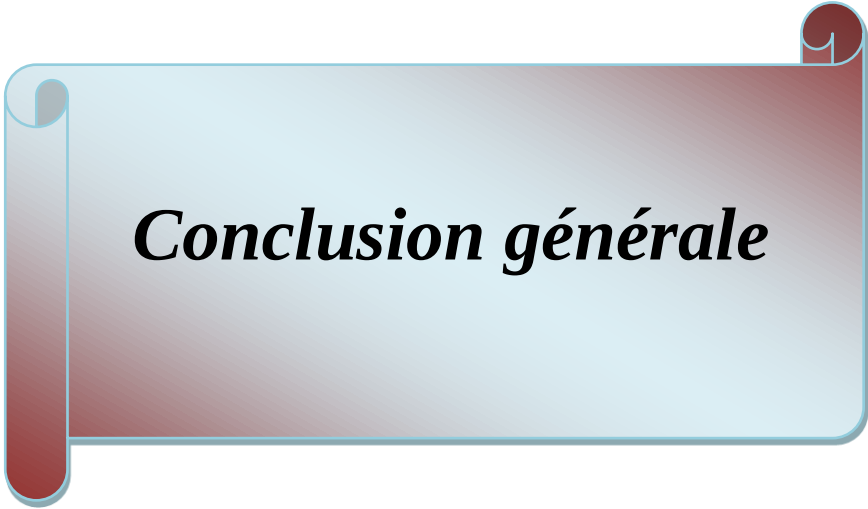
Thiothrix / Beggiatoa :

- a) Rechercher et limiter les apports de composés soufrés (intérieur et extérieur STEP)
- b) Ajouter du FeCl_3 pour éliminer l' H_2S dans l'eau brute et les retours en tête

Autres :

- a) Appliquer un remède non spécifique (synopsis 3)

**Figure V.42 :** Les différents types des bactéries filamenteuses

A decorative graphic of a scroll with a light blue to dark red gradient, featuring curled ends and a shadow.

Conclusion générale

Conclusion générale

En comparant les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques de l'année 2021 et 2022, on constate que durant l'année 2021, la STEP a enregistré plusieurs non-conformités en mois de mai, juin, octobre, novembre suite aux problèmes des bactéries filamenteuses identifiées au niveau des bassins d'aération à cause des mauvaises conditions d'exploitation à savoir les longs arrêts répétitifs de la déshydratation qui provoquent l'augmentation de la concentration dans les bassins d'aération et dans les Décanteurs primaires et secondaires, ainsi que un cumul de boues dans tous les ouvrages, par conséquent des dépassements sont enregistrés à la sortie de la station en terme de MES, DBO₅, DCO et azote totale.

En revanche, en 2022, les résultats d'analyses ont révélé que les eaux traitées présentent des caractéristiques satisfaisantes sur l'ensemble des paramètres physico-chimiques et bactériologiques étudiés durant le mois d'avril et mai, un pH relativement neutre avec une moyenne de 7,83 et une moyenne de conductivité de 1749,81 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pour les MES, DBO₅ et DCO les moyennes sont respectivement d'ordre de 12,69 mg/l; 4,48mg/l ; 37,86 mg/l, ce sont des valeurs qui sont conformes aux seuils limités par le constructeur.

Par ailleurs, nous avons constaté que les taux en azote total de l'eau épurée sont au moyen de 19,15 mg/l valeur qui dépasse le seuil exigé par le constructeur qui est de 10 mg/l. ce dépassement en azote total est du au dépassement de la valeur nominale (**55.6mg/l**) de 21,5%.

En ce qui concerne le phosphore total les résultats à la sortie de la station montrent une moyenne de 2,91 mg/l qui répond aux normes requises pour le rejet direct dans le milieu récepteur sans risque sur l'environnement.

Ces résultats obtenus affirment que les conditions d'exploitations et d'épurations des eaux usées sont bien meilleurs que ceux de 2021 étant donné que la tranche 2 de la STEP de REGHAIA est récemment réceptionnée (fin décembre 2022)

Les abattements enregistrés montrent un assez bon fonctionnement de la station de REGHAI avec une élimination importante de 93,5% pour les MES, 97% pour la DBO₅, 91,5% pour la DCO, 74 % pour l'azote total et 52 % pour le phosphore. Ces rendements sont satisfaisants. pour MES, DBO₅,et non satisfaisants pour azote total et phosphore total.

L'observation microscopique des échantillons montrent que les eaux usées de la STEP de Reghaia sont caractérisées bactériologiquement par l'absence des bactéries filamenteuses et présence des bactéries épuratrices en 2022.

L'indice de boues indique une bonne décantation des boues activées dans les deux bassins d'aérations.

Les paramètres de contrôle du bassin d'aération tels que la charge massique, charge volumique, âge des boues, la concentration de la boues dans le bassin d'aération, Indice de Mohlman et Indice de boue montrent que la station d'épuration de Reghaia fonctionne en aération prolongée, malgré que la STEP a été conçue pour fonctionner en faible charge et cela est dû aux faibles débits entrant à la STEP.

Les valeurs de la charge massique $0.06 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS/j}$, sont dans l'ensemble inférieure à $0.1 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MVS/j}$ qui implique un bon fonctionnement en aération prolongée.

En ce qui concerne la charge volumique de la STEP $0.2 \text{ kg DBO}_5/\text{kg. j}$, elle reste toujours dans la gamme de l'aération prolongée ($< 0,36 \text{ kg DBO}_5/\text{kg.j}$).

A travers ces mesures, il est clair que le traitement biologique des eaux usées de la STEP de Reghaia est suffisant pour permettre d'abaisser les concentrations en polluants et d'atténuer donc le risque sanitaire à un niveau très acceptable.

***Références
bibliographiques***

Références bibliographiques

- [1] ROMUALD VAN KAAM., (2005). *Bioréacteur a membranes immergées pour le traitement d'eaux usées domestiques. Influence des conditions de filtration et de l'hydrodynamique sur les performances du Procédé*, Thèse Doctorat ; Génie des procédés et de l'environnement, INP TOULOUSE;
- [2] BELOKDA W. (2009). *Contribution à une gestion des effluents liquides*. Mémoire de master, Université Chouaib Doukkali el Jadida, Maroc.
- [3] DEBBABI A. (2013). *Evaluation des performances épuratoires des STEP à boues activées ; cas de la wilaya de Souk-Ahras*. Mémoire de Master en hydrauliques urbaines. Université Mohamed Cherif Messaadia de Souk-Ahras. 31-32 p.
- [4] CINDY BASSOMPIERRE. (2007). *Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles*. domain_stic.inge. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG. Français. tel-00130907
- [5] VAXELAIRE, J. (2018). *Etude et modélisation de l'aération des stations d'épuration des eaux usées urbaines par agitation mécanique de surface*.Thèse Doctorat ; Génie des procédés, INP LORRAINE
- [6] SEBASTIEN LACROIX. (2008). *Étude des mécanismes physiologiques et moléculaires de la filamentation de Sphaerotilus natans, bactérie modèle du foisonnement invasif en boues activées*. Microbiologie et Parasitologie. AgroParisTech,. Français. NNT : 2008AGPT0022. pastel-00623223
- [7] ANONYME 1. (2004)- Dictionnaire Larousse
- [8] MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE H. (2005). *Les eaux résiduaires des tanneries et des teintureries. Caractérisation physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surfaces et les souterraines*. Thèse Doctorat. Université de Bamako, p 29.
- [9] REJSEK, F., (2002). *Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques*. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. Sciences et techniques de l'environnement. 360p.
- [10] RODIER, J. (1996). *L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer*. 8eme Edition, DUNOD, Paris, p1383.
- [11] WAFAA BJJO. (2016). *Traitement des rejets de nature chimique et biologique par la technique de biosorption*. Thèse de doctorat, Université Mohammed, faculté des sciences Rabat.
- [12] DESJARDINS, R. (1997). *Le traitement des eaux*. 2ème Edition. Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, p303
- [13] (Source : Direction de l'environnement, 1990).
- [14] GAID, A. (1984). *Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I*. Edition OPU, Alger.
- [15] LAURENT, F. (2013). *Agriculture et pollution de l'eau : modélisation des processus et analyse des dynamiques territoriales*. Sciences de l'environnement, Université du Maine, p.188.

- [16] VANDER WERF, H. (1996). *Assessing the impact of the pesticides on the environment*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 60: 81- 96
- [17] KENFAOUI, A. (2008). *Economisons l'eau en la préservant de la pollution*. Revue HTE,140: 94- 96
- [18] BOUZIANI, M. (2000). *L'eau de la pénurie aux maladies*, éd, IBN-KHALDOUN. 250p
- [19] MAYET, J. (1994). *La pratique de l'eau, Traitements aux points d'utilisation*, 2ème Edition, Paris, p 382.
- [20] LECLECH, B. (1998). *Environnement et agriculture*. 2ème édition.
- [21] FAO. (2003). *L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation*, p 73
- [22] HAMODA, M.F.(2004). *Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries*. Desalination, 165 : 31-41
- [23] DEKHIL SOROR, WAHIBA ET ZAIBET MANEL. (2013). *Traitement des eaux usées urbaines par boues activées au niveau de la ville de Bordj Bou Arreridj effectué par la station d'épuration des eaux usées ONA*
- [24] HENADA, S.HEMAIDIA, N (2019). *Etude de la qualité physico-chimique des eaux industrielles du complexe sidérurgique d'El-Hadjar-Annaba*. Memoire de master, Université Badji mokhtar, Annaba.
- [25] ENCYCLOPEDIE, (1995). *Industrial chemistry, Water in Ullman's*, Wiley- VCH Verlags,b Vol.8. Published in Weinheim Germany by Wiley- VCH.
- [26] GALAF, F & S. GHANNA, M. (2003). *Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site Web sur la pollution du milieu marin*. Mémoire d'ingénieur d'état.
- [27] FAIZA, M.(2009).*Réutilisation des eaux résiduaire industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement....*
- [28] PESSON, P. (1976). *La pollution des eaux continentales : incidence sur les biocénoses aquatiques*. Ed Gauthier-Villars, Paris, p285.
- [29] BAUMONT, S. CAMARD J-P, LEFRANC A., FRANCONIE A.(2004). *Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. Rapport ORS, p 220.
- [30] CSHAPF,(1995).*Recommandation sanitaires relatives a la désinfection des eaux urbaines*, p22
- [31] ASANO, T. (1998).*Wastewater reclamation and reuse. Water quality management library*.Vol 10, Edition Taylor Francis Inc, p1828.
- [32] TOZE, S. (1999). *PCR and the detection of microbial pathogens in water and waste waters*. Water Res 33 : 3545–3556.
- [33] BELAID N. (2010). *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques*. Thèse Doctorat de l'Université de Sfax, p1-39.
- [34] CAMPOS, C. (2008). *New perspectives on microbiological water control for waste water reuse*. Desalination, 218 : 34–42
- [35] GENNACCARO A.L., MCLAUGHLIN M.R., QUINTERO-BETANCOURT W., HUFFMAN D.E. & ROSE J.B. (2003). *Infectious Cryptosporidium parvum oocysts in final reclaimed effluent*. Applied and Environmental Microbiology, 69: 4983–4984.
- [36] BOTTA, ALAIN. ET BELLON, LAURENCE, (2001): *pollution du l'eau et santé humaine*. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Université Euro-méditerranéenne TEHYS.

- [37] *Les différents paramètres physiques et chimiques des eaux et commentaires.** - CPEPESC - Commission de Protection des Eaux », CPEPESC, 2017. <https://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html> (consulté le juin 14, 2020).
- [38] LAKHDARI BOUAZZA. (2011). *Effet de la coagulation-floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz*, mémoire de Magister en chimie, Université de Tlemcen, pp 106.
- [39] HAMMOU A (2012) . *Caractéristiques de la fluorescence des eaux du fleuve côtier T et (Pyrénées-Orientales) en relation avec la matière organique naturelle du bassin versant: utilisation de l'algorithme PARAFAC*. Thèse de Doctorat. Université de Perpignan Via Domitia (France), 271 p.
- [40] YAMASHITA Y, MAIE N, BRICEÑO H, ET AL(2010). *Optical characterization of dissolved organic matter in tropical rivers of the Guayana Shield, Venezuela*. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences ;115.
- [41] BOUSSEBOUA H., (2005). *Eléments de microbiologie*. 2ème édition, Campus-Club, Constantine, Algérie, 304p.
- [42] XANTHOULIS D. (1993). *Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires*
- [43] DUFOUR P, SLEPOUKHA M. (1975). *L'Oxygène dissous en lagune Ebrié: influences de l'hydroclimat et des pollutions*. Documents Scientifiques, Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan ; 6:75–118.
- [44] DUGUET et AL (2006): *Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine 1ère édition*. ASTEE (ASSOCIATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE POUR L'ENVIRONNEMENT).
- [45] MANSEUR F., (2009). *Contribution à l'étude de la réalisation d'une station d'épuration des eaux usées Freha-Azzazga*, Mémoire de fin d'études en sciences **agronomiques**, UMMTO, 135p.
- [46] GAUJOUS D. (1995), *La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Technique et documentation* .Edition Lavoisier. Paris. France.
- [47] YAHLATENE S, TAHIRIM EL TLADJ, (2011), *Réflexion sur la caractérisation physicochimique, des effluents Liquides rejetés dans la grande sebkha d'Oran* , mémoire d'ingénieur, université des sciences et de la technologie d'Oran.
- [48] HADDADI S ET HAMLAT O, (2002). *Amélioration des performances par simulation au laboratoire*, Thèse d'ingénieur d'état en sciences agronomiques, UMMTO. 95p.
- [49] RABIA D., (2012). *Etude d'une extension de la station d'épuration de la ville de Tizirt*, Thèse d'ingénieur d'état en sciences agronomiques, UMMTO. 64p.
- [50] MARTIN G (1979), *Le problème de l'azote dans les eaux*, Ed technique et documentation, Paris, pp 279.
- [51] RODIER J.(2005), *L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer*, 8ème Edition Dunod technique, Paris, pp 1008-1043.
- [52] METAHRI MOHAMMED SAÏD (2012), *Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes, Cas de STEP Est de ville de Tizi-Ouzou*, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pp 172.

- [53] DEGREMENT., (1995). *Mémento technique de l'eau*, 10^{ème} édition, tome 1 & 2, 1718p.
- [54] MISE (2009). *Mission Inter Service de l'Eau de Lorraine*. Guide de l'eau : Le rejet des eaux usées
- [55] BOUZIANI M. (2002). *L'eau dans tous ces états : source de vie, ressources épuisable, maladies hydriques, pollutions chimiques*. Ed. Dar El-Gharb, p. 225.
- [56] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE.(Avril 2006) N°46, juillet 1993. N°26.
- [57] BENKADDOUR ,B,(2018). *Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie)*. Autre. Université de Perpignan; Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (Mostaganem, Algérie), Français. NNT : PERP0026. tel-01955103
- [58] ZEGHOUD M. (2014): *Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra* ; mémoire de fin d'étude de Master en hydraulique Université d'El-Oued
- [59] BRIERE F.G.,(1994) : *Distribution et Collecte des eaux*. Edition de l'Ecole Polytechnique de Montréal.
- [60] CHELLE F., DELLALE M., DEWACHTER M., MAPAKOU F., VERMEY L. (2005)., *L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer* Office international de l'eau, 15 pages.
- [61] VAILLANT J.R. (1974)., *Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles*. Ed. Eyrolles. Paris, 413p.
- [62] HAMSA D. (2006). *Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbains*, mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et Environnement Université de Constantine.
- [63] SAGGAI M, M. (2004). *Contribution à l'étude d'un System d'épuration à plantes macrophytes pour les eaux usées de la ville de Ouargla*. . Université Ouargla. 64p
- [64] « Définitions et principe de fonctionnement d'une station d'épuration. - Définitions et principe de fonctionnement d'une station d'épuration. », Centre d'hygiène et de salubrité publique, 2009. <http://www.hygienepublique.gov.pf/spip.php?article61> (consulté le juin 14, 2020).
- [65] SAADI M, LAHMAR FAE. (2018). *Evaluation à l'efficacité de la station d'épuration de Guelma (N- EST ALGÉRIE)*. Hydraulique .Université Annaba.
- [66] BANZAOUI N et ELBOUZ F. (2009), *Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt*. Chimie. Université Annaba.
- [67] KOLLER, E., (2009). *Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues*, 2^{ème} édition, Dunod, 569p.
- [68] BERNE, F., CORDONNIER, J., (1991). *Traitement des eaux*, édition Technique, Paris, 295 p.
- [69] ZAHIR BAKIRI,(2007) , *Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation* , mémoire de magistère . Génie chimique
- [70] BADAÏ-GONDARD, F., (2003). *L'assainissement des eaux usées*, Edition Technicité, France, 227p
- [71] <http://www.caue60.com/wp-content/uploads/2014/07/Pretraitement.jpg>

- [72] BRAME V., (1986). *Les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaine*. Série de documents techniques A.F.E.E. (France).
- [73] LEGUBE B, (1996). *Le traitement des eaux superficielle pour la production d'eau potable*, agence de l'eau loir -Bretagne
- [74] D.H. W. A : DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE WILAYA D'AIN DEFLA (2010), *Etude du système d'épuration des eaux usées des villes de Khemis Miliana et Miliana, wilaya d'Ain Defla*.
- [75] DEGREMENT., (1989). *Mémento technique de l'eau*, 8ème édition, tome 1&2, 1459p.
- [76] Z. HADJOU BELAID (2013), *Contribution à l'étude des dysfonctionnements relevés dans une station d'épuration, étude du cas : STEP d'Ain El Houtz*, Mémoire de master en hydraulique, Université Abou-BakrBelkaid de Tlemcen »
- [77] FABY J.A ET BRISSAUD F, (1997). *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation*. Office International de l'Eau, 76 p.
- [78] VILAGINES, R., (2010). *Eau, environnement et santé publique*, 3eme édition, édition TEC & DOC Lavoisier, paris, 217p.
- [79] SATIN, M., BOURRIER, R., SELMI, B., (2010). *Guide technique de l'assainissement*, 4ème édition, édition le moniteur référence technique, 775p.
- [80] VILAGINES, R., (2000). *Eau, environnement et santé publique*. 2ème édition, édition TEC & DOC, Paris, 174p.
- [81] <https://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/2067>
- [82] MADIGAN MICHAEL ET MARTINKO JOHN. (2007). *Biologie des microorganismes*. 11ème édition, Pearson/éducation, Paris, pp 918-932
- [83] VILAGINES R. (2003)- *Eau, environnement et santé publique*. Introduction à l'hydrologie. 2è édition, Editions Tec&Doc, pp19.
- [84] DEGREMONT MEMENTO, (1972), « *technique de l'eau* ». Paris : Dégriment
- [85] SIMATE, G.S., CLUETT, J., IYUKE, S.E., MUSAPATIKA, E.T., NDLOVU, S., WALUBITA, L.F., ALVAREZ, A.E., (2011). *The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art*. Desalination 273, 235–247.
- [86] GAID, A., (1993). *Traitement des eaux usées urbaines*, édition Technique de l'ingénieur, traité environnement, France, volume C 5220, pp1-28.
- [87] HAKIMA EL HAITE (2010). *Traitement des eaux usées par les réservoirs opérationnels et réutilisation pour l'irrigation*. Sciences de l'ingénieur. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. Français. NNT : 2010EMSE0569. tel-00611149
- [88] ALI BETTACH (2013). *Traitement des eaux usées domestique par biodénitrification : effet du nitrate*. Mémoire de fin d'étude. Univerité Chouaib Boukkali –Maroc.
- [89] AUDIC, J-M., (2002). *Guide de traitement des eaux usées urbaines*, édition Lyonnaise des eaux, 428p
- [90] KAMENI S, A (2016). *Evaluation de la performance épuratoire de la station d'épuration des eaux usées domestiques à filières plantés du Camp Sic Biyem –Assi (Yaounde)*. Mémoire d'ingénieur de conception en hydraulique et maitrise des eaux. Université de Maroua. Cameroun.
- [91] VASEL J.L, (2007). *Evolution de l'assainissement individuel : perspectives et questions en suspen.*, Journées Cebedeau, 15 p.

- [92] <https://www.lavoisier.fr/livre/medecine/actualites-nephrologiques-jean-hamburger-hopital-necker-2014/lesavre/descriptif-9782257205988>
- [93] P. JOSEP., (2002). « *Station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation* »
- [94] GREGORIO, C., PIERRE, M-B, CRINI, N-M., TORRI, G., (2007). *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées*, édition presses universitaires de Franche-Comté, 352p.
- [95] MOLLETA, R., (2006). *Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires*, 2ème édition, Paris, 720p.
- [96] DUCHENE P., (1990) - *Les systèmes de traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités*. Documentation technique du FNDAE. n° 09, p 8-9 .
- [97] POMMEL B., (1979) - *La valorisation agricole des déchets : les boues résiduelles urbaines* INRA, 70p.
- [98] DEBBA MB., (1998) : *Contribution A L'étude Des Boues Résiduelles : Intérêt Agronomique Et Effet Des Polluants Dans Le Sol Et Le Végétal*. Mémoire de magistère en science agronomique université de Mostaghanem. 180p
- [99] MOREL J.L, (1977) - *Contribution à l'étude des boues résiduelles dans le sol*. Thèse de docteur université NANCY .122 p.
- [100] VON SPERLING, M., (2017). *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors* (IWA Publishing)
- [101] OLIVEIRA, PEDRO., (2018). *Des propriétés morphologiques des floes biologiques aux conditions de fonctionnement de systèmes à boues activées*. PhD, Génie des Procédés et de l'Environnement, Institut National Polytechnique de Toulouse, 203p.
- [102] Colloque pollutec (1994), *Dysfonctionnement biologiques dans les stations d'épuration en boues activées*. CEMAGREF, 1994.
- [103] F. Z. BAKKAL ET O. BENNANI, « *Optimisation du fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de Marrakech*, Mémoire, université MARRAKECH. »
- [104] FRANCK.R., (2002). *Analyse des eaux, aspects règlementaires et techniques*. Edition Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux, pp165-239.
- [105] OUALI M. S., (2001). *Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux*. Office des Publications Universitaires, Alger, pp12-31.
- [106] BOUMEDIENE M.E.A., (2013). *Bilan suivi des performances de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées*. Mémoire Licence. Université Abou Bekr Belkaid.P5-A9-21.
- [107] PRESCOTT, HARLEY ET KLEIN., (2007). *Microbiologie*. 2ème Edition de Boeck, Paris, pp 837-855
- [108] ATTAB, S., (2011). *Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud-berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable local* , Mémoire de Magister, Université Kasdi Merbah Ouargla,.
- [109] FRANÇOIS VALIRON., (1989). *Gestion des eaux*. 208-209-211p.
- [110] CARDOT, C., (1999). *Génie de l'environnement, les traitements de l'eau: procédés physico- chimiques et bactériologique*, édition Ellipses, Paris, 247p.
- [111] RAYMOND DUFOURNET., (2013). *Traitement des eaux usées*, Techniques de l'ingénieur
-

- [112] MOLLETA, R., (2007). *Gestion des problèmes environnementaux*, 2ème édition, Paris, 441p
- [113] BOUZID M. ET YAHIAOUI F., (2015). *Le suivi temporel des performances épuratoires de la station Est de la ville de Tizi-Ouzou*. Mémoire de Master, UMMTO, 65 p.
- [114] *Contrôle Technique Hydraulique*, cite des 504 logts Ain-Naadja Gue de constantine Alger.
- [115] PUJOL R., VACHON A., MARTIN G., (1999). *Guide Technique sur le foisonnement des boues activées*. Documentation technique de la FNDAE, N° 8.
- [116] DUHAMEL BERNARD (1998). *Les bactéries filamenteuses dans le traitement par boues activées*. Synthèse bibliographique.
- [117] *La notice d'exploitation de la STEP* (Novembre 2006).
- [118] PANDOLFI D. (2006). *Caractérisation morphologique et physiologique de la biomasse de boues activées par analyse d'images*, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique (INP) de Lorraine, France.
- [119] Document bactéries filamenteuses causes et remèdes. D'après l'Office International de l'Eau.



Annexe

Annexes

❖ Indicateurs visuels

- **La couleur**

Il existe trois couleurs différents pour faire la différence entre les boues :

- ✚ Boues marron claire : Signifie que la concentration des bassins d'aération est faible, il faut augmenter le taux de recirculation.
- ✚ Boues marron chocolat : Signifie que la concentration des bassins d'aération moyenne implique le très bon fonctionnement du bassin.
- ✚ Boues marron très foncé : Signifie que la concentration est élevée, c'est un seuil d'alerte il faut, augmenter le taux d'extraction des boues en excès pour ne pas avoir une formation des bactéries filamenteuses.

- **Aspect des boues**

- ✚ L'apparition des flocs dans le bassin montre si la concentration est élevée ou faible.
- ✚ Concentration élevée apparition de grand floc, faible de petit floc et moyenne des flocs de taille moyenne.

- **Action à réaliser**

Lorsque la concentration est élevée :

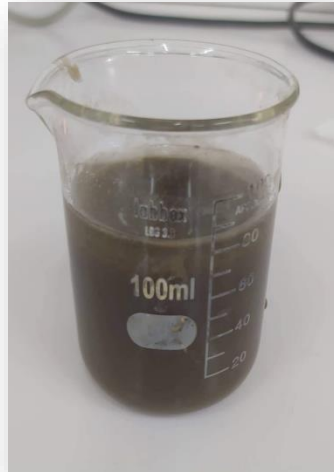
- Il faut augmenter le taux d'extraction des boues en excès qui sort du clarificateur.
- Diminuer le taux de recirculation vers le bassin d'aération.
- Contrôler l'oxygène pour sauvegarder les bactéries épuratrices.

Cas d'une concentration faible :

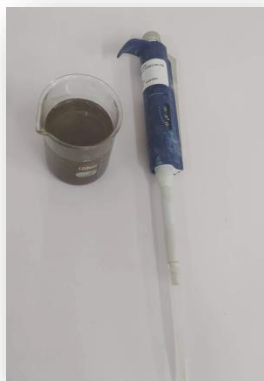
- Il faut diminuer le taux d'extraction des boues en excès qui sort du clarificateur.
- Augmenter le taux de recirculation vers le bassin d'aération.

❖ Observation microscopique des boues

1. On mélanger l'échantillon de boue active.



2. Pipeter une goutte de l'échantillon



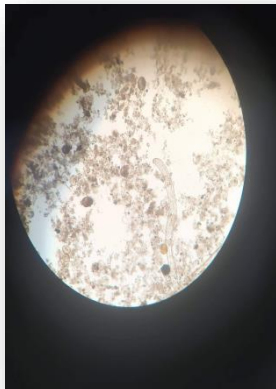
3. Étaler une goutte de la suspension bactérienne entre l'âme et lamelle



4. Faire une observation microscopique par un microscope photonique

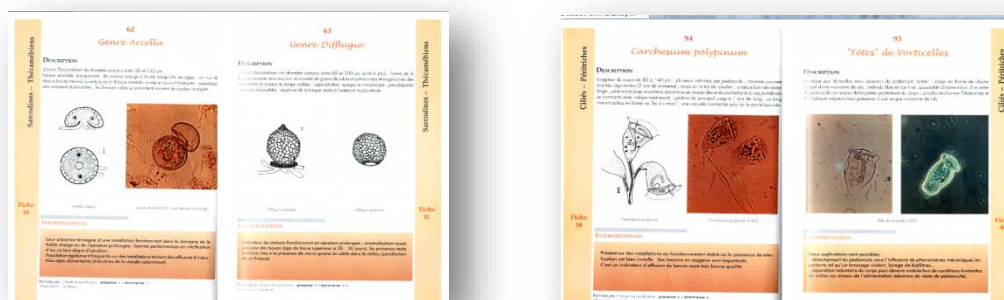


5. Identifier les différents micro-organismes existants dans le biologique en se basant sur la notice (acide et diagnostic des stations d'épuration par l'observation microscopique des boues activées (cémagref édition))



L'observation rapide et simple par microscopie optique permet d'identifier les protozoaires, métazoaires, et bactéries filamenteuses de morphologies particulières.

6. A fin d'identifier les formes bactériennes observées nous avons utilisé le catalogue bactériologie de (MANUEL FORMATION SEAAL).



❖ Résultats des analyses physico-chimiques et des eaux usées brutes et épurées de la STEP (Avril 2022 – Mai 2022)

Tableau A.1 : La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	pH	
	EB	EE
03/04/2022	8,07	8,27
05/04/2022	7,72	7,87
06/04/2022	7,6	7,15
09/04/2022	7,45	7,98
11/04/2022	7,58	7,92
13/04/2022	7,19	7,43
16/04/2022	7,72	7,84
18/04/2022	7,61	8,1
20/04/2022	7,56	7,8
21/04/2022	7,66	7,89
23/04/2022	7,28	8,01
25/04/2022	7,67	8,08
27/04/2022	7,87	8,03
30/04/2022	7,68	7,93

Tableau A.2 : La variation de la conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	COND (µS/cm)	
	EB	EE
03/04/2022	2090	1524
05/04/2022	2135	1610
06/04/2022	1886	1702
09/04/2022	1900	1711
11/04/2022	2140	1742
13/04/2022	2011	1843
16/04/2022	1978	1798
18/04/2022	2014	1987

Tableau A.3 : La variation des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	MES (mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entré	Sortie
03/04/2022	174	7	388,9	20
05/04/2022	276	13		
06/04/2022	196	20		
09/04/2022	172	12		
11/04/2022	268	71		
12/04/2022	148	12		
13/04/2022	138	5		
16/04/2022	184	12		
18/04/2022	160	10		
20/04/2022	452	18		
23/04/2022	182	6		
25/04/2022	142	11		
27/04/2022	174	5		
30/04/2022	178	6		

Tableau A.4 : La variation de DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	DBO ₅ (mgO ₂ /l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entré	Sortie
03/04/2022	200	2	277,8	15
06/04/2022	180	6		
11/04/2022	300	2		
13/04/2022	120	2		
18/04/2022	140	6		
20/04/2022	180	10		
23/04/2022	160	2		
27/04/2022	140	4		
30/04/2022	140	4		

Tableau A.5 : La variation des DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	RESULTATS DE DCO		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/04/2022	431	29,5		
05/04/2022	1270	86,7		
06/04/2022	371	36,9		
09/04/2022	539	30,6		
11/04/2022	683	28,3		

12/04/2022	388	33,3	666,7	50
13/04/2022	286	27,8		
16/04/2022	301	24,8		
18/04/2022	374	34,6		
20/04/2022	451	49		
21/04/2022	629	26,8		
23/04/2022	420	30,2		
27/04/2022	367	36,4		
30/04/2022	331	38,8		

Tableau A.6 : La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	NT(mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/04/2022	60,1	10,8	55,6	10
06/04/2022	88,1	15,4		
11/04/2022	73,4	13,2		
13/04/2022	58,2	10,8		
18/04/2022	48,6	9,43		
20/04/2022	74,6	35,4		
23/04/2022	68,2	28,2		
27/04/2022	110	42,6		
30/04/2022	98,9	43,8		

Tableau A.7 : La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP

Date	PT(mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/04/2022	8,52	1,49	13,9	3
06/04/2022	5,21	0,8		
11/04/2022	6,13	1,12		
13/04/2022	3,8	0,82		
18/04/2022	2,64	1,42		
20/04/2022	6,25	3		
23/04/2022	5,8	2,9		
27/04/2022	6,52	3		
30/04/2022	6,85	3,01		

Tableau A.8 : La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	pH	
	EB	EE
03/05/2022	7,98	8,02
04/05/2022	7,69	7,98
07/05/2022	7,66	7,24
10/05/2022	7,82	7,91
11/05/2022	7,65	7,81
15/05/2022	7,63	7,69
17/05/2022	7,92	7,67
18/05/2022	7,84	6,83
22/05/2022	7,6	7,69
24/05/2022	7,75	8,17
25/05/2022	7,93	8,19
28/05/2022	7,99	7,93
31/05/2022	7,77	8,15

Tableau A.9 : La variation de la conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	COND (µS/cm)	
	EB	EE
11/05/2022	1235	1944
15/05/2022	1951	1736
17/05/2022	1843	1766
18/05/2022	2017	1811
22/05/2022	2207	1804
24/05/2022	2030	1852
25/05/2022	2056	1832
28/05/2022	1746	1435
31/05/2022	1960	1667

Tableau A.10 : La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	MES(mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/05/2022	100	13	388,9	20
04/05/2022	284	9		
07/05/2022	112	7		
10/05/2022	98	11		
11/05/2022	144	12		
15/05/2022	206	6		
17/05/2022	198	9		

18/05/2022	204	12		
22/05/2022	258	19		
24/05/2022	166	6		
25/05/2022	286	10		
28/05/2022	140	15		
31/05/2022	214	8		

Tableau A.11 : La variation du DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	DBO ₅ (mgO ₂ /l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/05/2022	140	6	277,8	15
07/05/2022	140	4		
10/05/2022	160	4		
15/05/2022	200	4		
18/05/2022	180	4		
22/05/2022	220	6		
24/05/2022	200	4		
28/05/2022	160	6		

Tableau A.12 : La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	RESULTATS DE DCO		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/05/2022	300	50,5	666,7	50
04/05/2022	403	46,7		
07/05/2022	353	31,3		
10/05/2022	373	35,4		
11/05/2022	419	33,4		
15/05/2022	491	38,2		
17/05/2022	447	35,6		
18/05/2022	483	46,3		
22/05/2022	532	36,9		
24/05/2022	488	39,9		
25/05/2022	502	27,8		
28/05/2022	377	40,9		
31/05/2022	464	44,6		

Tableau A.13 : La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	NT(mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/05/2022	71	15,2	55,6	10
07/05/2022	65,4	17,1		
10/05/2022	56,2	13,4		
15/05/2022	89,6	18,7		
18/05/2022	63,4	15,3		
22/05/2022	70	17,2		
24/05/2022	58,1	12,4		
28/05/2022	53,5	11,3		
31/05/2022	68,2	14,6		

Tableau A.14 : La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Date	PT (mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
03/05/2022	6,18	5,85	13,9	3
07/05/2022	6,12	3,18		
10/05/2022	3,65	2,05		
15/05/2022	6,31	4,75		
18/05/2022	5,83	2,28		
22/05/2022	9,25	2,08		
24/05/2022	6,47	4,5		
28/05/2022	6,69	4,6		
31/05/2022	7,78	5,67		

:

Tableau A.16 : Vue microscopique BA1 (Avril 2022- Mai 2022)

Date	Résultats (BA1)
03-avr-22	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population abondante des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
07-avr-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme THECAME BIENS genre COCHLIOPODIUM
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme HOLOTRICHES genre GLAUCOMA
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VAGINICOLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA

	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES genre PHILODINA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES genre AELOSOMA
11-avr-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme HOLOTRICHES genre GLAUCOMA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
14-avr-22	Présence d'une population abondante des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
17-avr-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre STENTOR
	Présence d'une population abondante des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
19-avr-22	Présence d'une population abondante des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
05-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PETITES genre MONAS
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
12-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme THECAME BIENS genre ARCELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population abondante des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES genre PHILODINA
15-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES genre PHILODINA
26-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre STENTOR

Tableau A.17 : Vue microscopique BA2 (Avril 2022- Mai 2022)

Date	Résultats (BA2)
07-avr-22	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme THECAME BIENS genre EUGLYPHA
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VAGINICOLA
	Présence d'une population rare des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre EUPLOTES
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES genre CHAETONOTUS
11-avr-22	présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
14-avr-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population abondante des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
17-avr-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
19-avr-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre PERITRICHES
	Présence moyenne des bactéries épuratrices comme SPIROTRICHES genre ASPIDISCA
05-mai-22	Présence rare des bactéries épuratrices comme PETITES genre MONAS
	Présence rare des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
12-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme THECAME BIENS genre ARCELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
15-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme METAZOAIRES genre PHILODINA
26-mai-22	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme THECAME BIENS genre ARCELLA
	Présence d'une population moyenne des bactéries épuratrices comme PERITRICHES genre VORTICELLA

❖ Vue microscopique (Avril 2022- Mai 2022)

Dans les eaux usées, la nature de la population microbienne est très variable.

Durant notre stage, la vue microscopique des différents échantillons examinés au niveau de laboratoire les résultats obtenus nous montre qu'il y'a de bonnes bactéries épuratrices :

✓ COCHLIOPODIUM

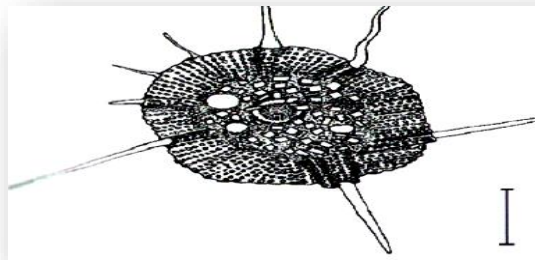


Figure A.1 : Cochliopodium bilimbosum

- ✓ GLAUCOMA
- ✓ VAGINICOLA
- ✓ VORTICELLA



Figure A.2 : Tête de vorticelle × 400

✓ EUGLYPHA

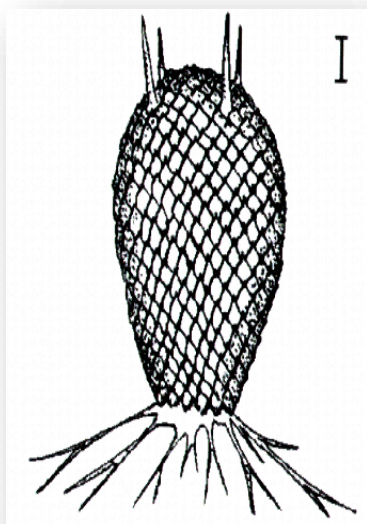


Figure A.3 : *Euglypha alveolata*



Figure A.4 : Genre *Euglypha* × 400

✓ ASPIDISCA

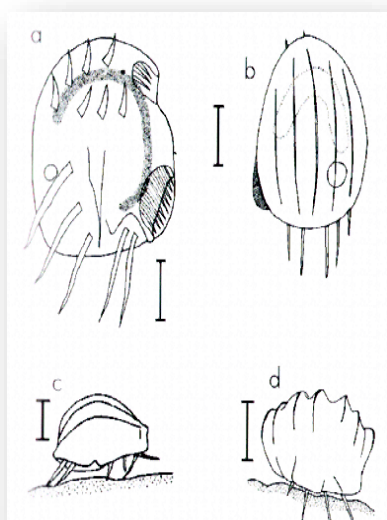


Figure A.5: *Acostata* (vues a : ventrale b : dorsale, c : latérale, d : postérieure)

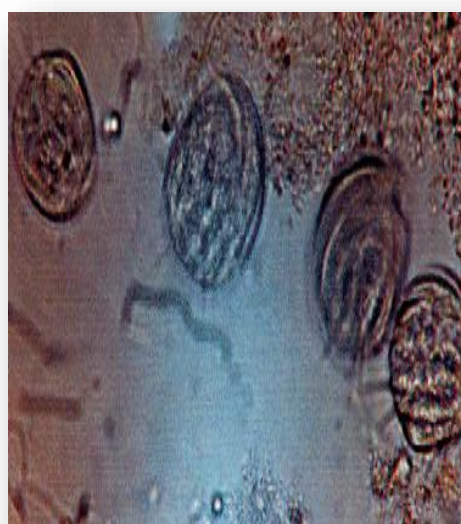


Figure A.6 : *Aspidisca costata* × 400

✓ PHILODINA

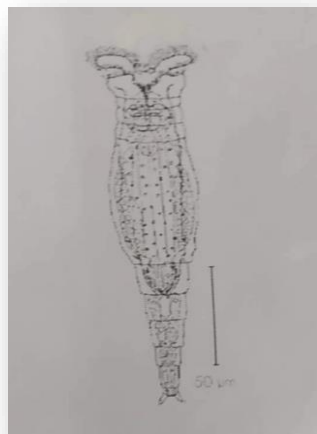


Figure A.7 : Philodina



Figure A.8 : Rotifère Digononta × 100

✓ AELOSOMA

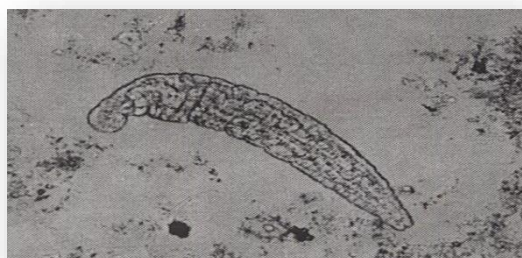
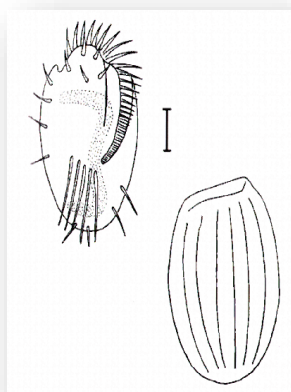


Figure A.9 : Aelosoma × 100

✓ EUPLOTES



**Figure A.10 : Euplotes maebius
(vue ventrale-vue dorsale)**



Figure A.11 : Genre Euplotes × 600

✓ CHAETONOTUS
✓ MONAS

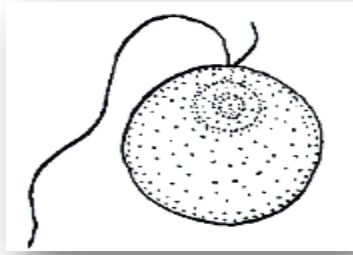


Figure A.12 : *Monas globosa*

✓ ARCELLA

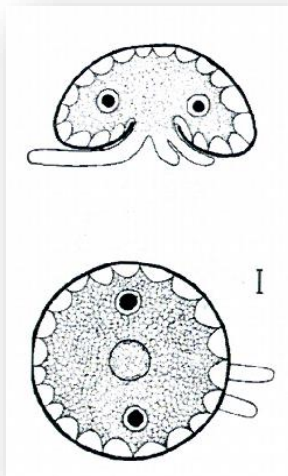


Figure A.13 : *Arcella vulgaris*

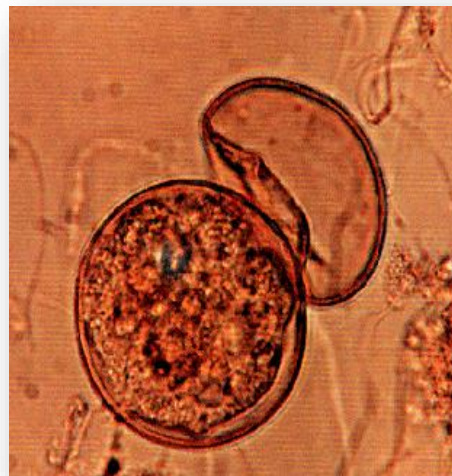


Figure A.14 : Genre *Arcella* × 400
(vue latérale et dorsale)

✓ STENTOR

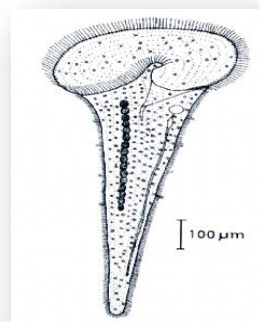


Figure A.15 : *Stentor polymorphus*



Figure A.16 : Genre *Stentor* × 100

Ce qui nous montre le bon fonctionnement des bassins d'aérations.

❖ Résultats de rendement épuratoire de la STEP (Avril 2022 – Mai 2022)

Tableau A.18 : Résultats des charges en MES et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	Charge MES Entrante (T/j)	Charge MES Sortante (T/j)	Rendement %
03/04/2022	35782	6,226068	0,250474	96%
05/04/2022	43115	11,89974	0,560495	95%
06/04/2022	36173	7,089908	0,72346	90%
09/04/2022	36789	6,327708	0,441468	93%
11/04/2022	37907	10,159076	2,691397	74%
12/04/2022	55186	8,167528	0,662232	92%
13/04/2022	101368	13,988784	0,50684	96%
16/04/2022	37373	6,876632	0,448476	93%
18/04/2022	43298	6,92768	0,43298	94%
20/04/2022	45428	20,533456	0,817704	96%
23/04/2022	41594	7,570108	0,249564	97%
25/04/2022	43777	6,216334	0,481547	92%
27/04/2022	45111	7,849314	0,225555	97%
30/04/2022	39889	7,100242	0,239334	97%

Tableau A.19 : Résultats des charges en DBO₅ et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	Charge DBO ₅ Entrante (T/j)	Charge DBO ₅ Sortante (T/j)	Rendement %
03/04/2022	35782	7,1564	0,071564	99%
06/04/2022	36173	6,51114	0,217038	97%
11/04/2022	37907	11,3721	0,075814	99%
13/04/2022	101368	12,16416	0,202736	98%
18/04/2022	43298	6,06172	0,259788	96%

20/04/2022	45428	8,17704	0,45428	94%
23/04/2022	41594	6,65504	0,083188	99%
27/04/2022	45111	6,31554	0,180444	97%
30/04/2022	39889	5,58446	0,159556	97%

Tableau A.20 : Résultats des charges en DCO et leur rendement

Date	Débit (m³/j)	EB	EE	Charge DCO Entrante (T/J)	Charge DCO Sortante (T/j)	Rendement %
03/04/2022	35782	431	29,5	15,422042	1,055569	93%
05/04/2022	43115	1270	86,7	54,75605	3,7380705	93%
06/04/2022	36173	371	36,9	13,420183	1,3347837	90%
09/04/2022	36789	539	30,6	19,829271	1,1257434	94%
11/04/2022	37907	683	28,3	25,890481	1,0727681	96%
12/04/2022	55186	388	33,3	21,412168	1,8376938	91%
13/04/2022	101368	286	27,8	28,991248	2,8180304	90%
16/04/2022	37373	301	24,8	11,249273	0,9268504	92%
18/04/2022	43298	374	34,6	16,193452	1,4981108	91%
20/04/2022	45428	451	49	20,488028	2,225972	89%
21/04/2022	49187	629	26,8	30,938623	1,3182116	96%
23/04/2022	41594	420	30,2	17,46948	1,2561388	93%
27/04/2022	45111	367	36,4	16,555737	1,6420404	90%
30/04/2022	39889	331	38,8	13,203259	1,5476932	88%

Tableau A.21: Résultats des charges en NT et leur rendement

Date	Débit (m³/j)	EB	EE	Charge NT Entrante (T/j)	Charge NT Sortante (T/j)	Rendement %
03/04/2022	35782	60,1	10,8	2,1504982	0,3864456	82%
06/04/2022	36173	88,1	15,4	3,1868413	0,5570642	83%
11/04/2022	37907	73,4	13,2	2,7823738	0,5003724	82%
13/04/2022	101368	58,2	10,8	5,8996176	1,0947744	81%
18/04/2022	43298	48,6	9,43	2,1042828	0,40830014	81%
20/04/2022	45428	74,6	35,4	3,3889288	1,6081512	53%
23/04/2022	41594	68,2	28,2	2,8367108	1,1729508	59%
27/04/2022	45111	110	42,6	4,96221	1,9217286	61%
30/04/2022	39889	98,9	43,8	3,9450221	1,7471382	56%

Tableau A.22 : Résultats des charges en PT et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	EB	EE	Charge PT Entrante (T/j)	Charge PT Sortante (T/j)	Rendement %
03/04/2022	35782	8,52	1,49	0,30486264	0,05331518	83%
06/04/2022	36173	5,21	0,8	0,18846133	0,0289384	85%
11/04/2022	37907	6,13	1,12	0,23236991	0,04245584	82%
13/04/2022	101368	3,8	0,82	0,3851984	0,08312176	78%
18/04/2022	43298	2,64	1,42	0,11430672	0,06148316	46%
20/04/2022	45428	6,25	3	0,283925	0,136284	52%
23/04/2022	41594	5,8	2,9	0,2412452	0,1206226	50%
27/04/2022	45111	6,52	3	0,29412372	0,135333	54%
30/04/2022	39889	6,85	3,01	0,27323965	0,12006589	56%

Tableau A.23 : Résultats des charges en MES et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	EB	EE	Charge MES Entrante (T/j)	Charge MES Sortante (T/j)	Rendement %
03/05/2022	38492	100	13	3,8492	0,500396	87%
04/05/2022	38881	284	9	11,042204	0,349929	97%
07/05/2022	39950	112	7	4,4744	0,27965	94%
10/05/2022	43495	98	11	4,26251	0,478445	89%
11/05/2022	41220	144	12	5,93568	0,49464	92%
15/05/2022	36200	206	6	7,4572	0,2172	97%
17/05/2022	39150	198	9	7,7517	0,35235	95%
18/05/2022	52760	204	12	10,76304	0,63312	94%
22/05/2022	50991	258	19	13,155678	0,968829	93%
24/05/2022	46737	166	6	7,758342	0,280422	96%
25/05/2022	59100	286	10	16,9026	0,591	97%
28/05/2022	48312	140	15	6,76368	0,72468	89%
31/05/2022	45567	214	8	9,751338	0,364536	96%

Tableau A.24 : Résultats des charges en DBO₅ et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	EB	EE	Charge DBO ₅ Entrante (T/J)	Charge DBO ₅ Sortante (T/j)	Rendement %
03/05/2022	38492	140	6	5,38888	0,230952	96%
07/05/2022	39950	140	4	5,593	0,1598	97%
10/05/2022	43495	160	4	6,9592	0,17398	98%
15/05/2022	36200	200	4	7,24	0,1448	98%
18/05/2022	52760	180	4	9,4968	0,21104	98%
22/05/2022	50991	220	6	11,21802	0,305946	97%
24/05/2022	46737	200	4	9,3474	0,186948	98%
28/05/2022	48312	160	6	7,72992	0,289872	96%

Tableau A.25 : Résultats des charges en DCO et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	EB	EE	Charge DCO Entrante (T/J)	Charge DCO Sortante (T/j)	Rendement %
03/05/2022	38492	300	50,5	11,5476	1,943846	83%
04/05/2022	38881	403	46,7	15,669043	1,8157427	88%
07/05/2022	39950	353	31,3	14,10235	1,250435	91%
10/05/2022	43495	373	35,4	16,223635	1,539723	91%
11/05/2022	41220	419	33,4	17,27118	1,376748	92%
15/05/2022	36200	491	38,2	17,7742	1,38284	92%
17/05/2022	39150	447	35,6	17,50005	1,39374	92%
18/05/2022	52760	483	46,3	25,48308	2,442788	90%
22/05/2022	50991	532	36,9	27,127212	1,8815679	93%
24/05/2022	46737	488	39,9	22,807656	1,8648063	92%
25/05/2022	59100	502	27,8	29,6682	1,64298	94%
28/05/2022	48312	377	40,9	18,213624	1,9759608	89%
31/05/2022	45567	464	44,6	21,143088	2,0322882	90%

Tableau A.26 : Résultats des charges en NT et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	EB	EE	Charge NT Entrante (T/j)	Charge NT Sortante (T/j)	Rendement %
03/05/2022	38492	71	15,2	2,732932	0,5850784	79%
07/05/2022	39950	65,4	17,1	2,61273	0,683145	74%
10/05/2022	43495	56,2	13,4	2,444419	0,582833	76%
15/05/2022	36200	89,6	18,7	3,24352	0,67694	79%
18/05/2022	52760	63,4	15,3	3,344984	0,807228	76%
22/05/2022	50991	70	17,2	3,56937	0,8770452	75%
24/05/2022	46737	58,1	12,4	2,7154197	0,5795388	79%
28/05/2022	48312	53,5	11,3	2,584692	0,5459256	79%
31/05/2022	45567	68,2	14,6	3,1076694	0,6652782	79%

Tableau A.27 : Résultats des charges en PT et leur rendement

Date	Débit (m ³ /j)	EB	EE	Charge PT Entrante (T/j)	Charge PT Sortante (T/j)	Rendement %
03/05/2022	38492	6,18	5,85	0,23788056	0,2251782	5%
07/05/2022	39950	6,12	3,18	0,244494	0,127041	48%
10/05/2022	43495	3,65	2,05	0,15875675	0,08916475	44%
15/05/2022	36200	6,31	4,75	0,228422	0,17195	25%
18/05/2022	52760	5,83	2,28	0,3075908	0,1202928	61%
22/05/2022	50991	9,25	2,08	0,47166675	0,10606128	78%
24/05/2022	46737	6,47	4,5	0,30238839	0,2103165	30%
28/05/2022	48312	6,69	4,6	0,32320728	0,2222352	31%
31/05/2022	45567	7,78	5,67	0,35451126	0,25836489	27%

❖ **Résultats des analyses physico-chimiques et des eaux usées brutes et épurées de la STEP (Année 2021)**

Tableau A.28 : La variation de pH à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	pH	
	EB	EE
Mai 2021	7,82	7,98
Juin 2021	7,91	8,08
Octobre 2021	7,81	7,71
Novembre 2021	7,21	7,38

Tableau A.29 : La variation de la conductivité spécifique à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	COND (µS/cm)	
	EB	EE
Mai 2021	2151,66	1988,2
Juin 2021	2148,4	2164,06
Octobre 2021	2496,5	2298,84
Novembre 2021	1403,71	1317,21

Tableau A.30 : La variation de MES à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	MES (mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
Mai 2021	200,6	22,33	249,5	20
Juin 2021	219,2	26,87		
Octobre 2021	191,83	15,07		
Novembre 2021	173,85	14,28		

Tableau A.31 : La variation de DBO₅ à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	DBO5 (mgo2/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
Mai 2021	230	15,75	197,5	15
Juin 2021	205	8		
Octobre 2021	211,11	6,55		
Novembre 2021	108,75	4,5		

Tableau A.32 : La variation de DCO à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	RESULTATS DE DCO		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
Mai 2021	486,31	59,75	357	50
Juin 2021	533,86	53,87		
Octobre 2021	504,33	50,49		
Novembre 2021	274,07	30,9		

Tableau A.33 : La variation de NT à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	NT (mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
Mai 2021	61,9	31,28	23,7	10
Juin 2021	91,31	39,77		
Octobre 2021	66,92	14,87		
Novembre 2021	42,21	14,37		

Tableau A.34 : La variation de PT à l'entrée et à la sortie de la STEP.

Mois	PT (mg/l)		Nominale de STEP	
	EB	EE	Entrée	Sortie
Mai 2021	4,89	1,83	6,25	3
Juin 2021	5,9	0,89		
Octobre 2021	7,9	2,83		
Novembre 2021	5,28	3		

Tableau A.35 : Valeurs des D 30min et concentration des bassins d'aérations (Année 2021)

Mois	D 30min (ml /l)	Concentration des bassins d'aérations en (g/l)
Mai 2021	985,71	11,58
Juin 2021	935,9	9,33
Octobre 2021	987,12	11,66
Novembre 2021	988,8	12,01

❖ **Vue microscopique (Année 2021)****Tableau A.36** : vue microscopique BA1 (Année 2021)

Date	Résultats (BA1)
18-mai-2021	Présence d'une population moyenne des bactéries filamenteuses
20-mai-2021	Présence d'une population rare des bactéries filamenteuses
13-juin-2021	Présence d'une population moyenne des bactéries filamenteuses
03-oct-2021	Présence d'une population moyenne des bactéries filamenteuses
04-nov-2021	Présence d'une population rare des bactéries filamenteuses

Tableau A.37 : vue microscopique BA2 (Année 2021)

Date	Résultats (BA2)
20-mai-2021	Présence d'une population rare des bactéries filamenteuses
13-juin-2021	Présence d'une population abondante des bactéries filamenteuses
03-oct-2021	Présence d'une population rare des bactéries filamenteuses
04-nov-2021	Présence d'une population rare des bactéries filamenteuses