



République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn

Badis-Mostaganem

Faculté des Sciences de la

Nature et de la Vie

جامعة عبد الحميد ابن باديس

مستغانم

كلية علوم الطبيعة والحياة



DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES D'AGRONOMIQUES

Spécialité

HYDRO-AMÉNAGEMENT AGRICOLE

Présenté par

ZERROUKI Mohammed El Habib &

CHOUGRANI Mahmoud

Thème

**Suivi et contrôle de la performance du processus d'assainissement
appliqué sur les eaux usées issues des différentes sources de la ville de
Mostaganem,
Cas d'étude : Station d'épuration de Mostaganem.**

Soutenu le juillet 2026.

Lieu de stage : Office National de l'Assainissement (ONA) – Unité de Mostaganem, - STEP- Sablette

Devant le Jury composé de :

Président		MCB	U. Mostaganem
Examineur		MCB	U. Mostaganem
Promotrice	OSMANE Badiia	MCB	U. Mostaganem

Année universitaire 2025/2026

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu, le Tout-Puissant et le Très Miséricordieux, de nous avoir accordé la force, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice, **Dr OSMANE Badiaa**, Maître de conférences à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour avoir accepté d'encadrer ce travail. Nous la remercions sincèrement pour sa disponibilité, sa patience, ses précieux conseils, son soutien constant et ses orientations judicieuses qui nous ont permis de réaliser ce mémoire dans les meilleures conditions.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner et d'évaluer ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à l'ensemble du personnel de la **Station d'Épuration des Eaux Usées de Sablette** ainsi qu'à l'**Office National de l'Assainissement (ONA) de Mostaganem**, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et l'aide précieuse qu'ils nous ont apportée tout au long de notre stage et dans l'élaboration de ce travail.

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à **M. BENTOUNES**, chef du service laboratoire, pour son accompagnement, sa disponibilité et sa contribution active au bon déroulement de notre stage au sein de la station.

Nous tenons également à remercier **M. Benali Sid Ahmed**, ancien chef du département d'Agronomie, pour son soutien et ses encouragements.

Nous adressons nos sincères remerciements à **Dr TAHRI Miloud**, Chef du Département d'Agronomie, ainsi qu'à **Dr CHADLI Rabah**, pour leurs précieux conseils, leur professionnalisme, leur disponibilité et l'assistance qu'ils nous ont apportée tout au long de notre parcours universitaire.

Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à nos chers parents ainsi qu'à nos familles pour leur amour, leurs sacrifices, leur confiance, leurs encouragements permanents et leur soutien indéfectible, qui ont constitué une source essentielle de motivation et de réussite.

À toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, nous adressons nos plus sincères remercie

Dédicaces

Je dédie humblement ce travail

À mes chers parents, qui ont toujours été à mes côtés et qui n'ont jamais cessé de croire en moi.

*Leur amour, leurs sacrifices, leurs conseils et leur soutien permanent m'ont permis de
surmonter les difficultés et d'atteindre mes objectifs.*

*Que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde reconnaissance et de mon immense
respect.*

À mes frères et sœurs, qui ont partagé avec moi les joies et les défis de ce parcours.

*Merci pour votre soutien, votre affection et vos encouragements qui m'ont donné la force
d'avancer.*

*À mes proches et à toute ma famille, pour leur confiance, leur présence et leurs prières qui
m'ont accompagné tout au long de cette aventure.*

*À mes amis, pour leur sincérité, leur aide précieuse et les merveilleux souvenirs que nous avons
construits ensemble durant ces années d'études.*

*À tous mes enseignants, qui ont su éveiller en moi le goût du savoir et m'ont guidé avec
compétence et dévouement. Je leur adresse ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils
m'ont apporté.*

*Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à mon épanouissement
personnel et à la réalisation de ce mémoire.*

Je leur exprime à tous mon respect, ma gratitude et mes plus sincères remerciements

Mahmoud

Je dédie ce travail à

En premier lieu, à mes très chers parents, sans qui rien de tout cela n'aurait été possible. Je leur exprime ma profonde gratitude pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, leur patience, leurs encouragements constants et leur soutien indéfectible tout au long de mon parcours.

Leur confiance en moi a toujours été une source de motivation et de persévérance. À ma sœur, pour leur présence, leur affection, leurs encouragements et leur soutien dans les moments les plus difficiles. Leur accompagnement et leur confiance ont contribué à ma réussite.

À toute ma famille, pour son soutien moral, ses prières et son affection qui m'ont permis d'avancer avec détermination.

À mes amis, qui ont partagé avec moi cette aventure universitaire, pour leur amitié sincère, leur aide précieuse, leur écoute et tous les agréables moments passés ensemble, qui resteront gravés dans ma mémoire.

À mes enseignants et à mon encadreur, pour leur disponibilité, leur dévouement, leurs précieux conseils et la qualité du savoir qu'ils m'ont transmis tout au long de ma formation.

Enfin, je dédie ce mémoire à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à mon parcours académique et personnel. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de ma profonde gratitude.

À vous tous, j'adresse mes plus chaleureux remerciements et mon profond respect.

Mohammed El Habib

Résumé

Les stations d'épuration est un élément essentiel du système d'assainissement et de traitement des eaux usées. La présente étude a pour objectif de faire une analyse et un suivi de la performance du fonctionnement de la station d'épuration de Mostaganem située à Sabeltte.

Le traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de Mostaganem (STEP) suit plusieurs étapes : le prétraitement : comprenant le dégrillage ; le dessablage ; le dégraissage-déshuilage, traitement primaire, le traitement biologique, et clarification.

L'eau traitée est contrôlée par les analyses physico-chimiques comprenant le pH, la température, la conductivité, la DCO, la DBO₅, les matières en suspension (MES), les nitrates, les nitrites, l'ammonium et les phosphates, matière décantable, afin de vérifier sa conformité aux normes de rejet.

La STEP de Mostaganem joue un rôle important dans la protection du littoral et de l'environnement en limitant les impacts des rejets d'eaux usées sur l'écosystème et la santé publique.

Mots clés : Assainissement, eaux usées, station d'épuration, étapes de traitement des eaux usées, analyses physicochimiques.

Abstract

Wastewater treatment plants are essential components of the sanitation and wastewater treatment system. This study aims to analyze and monitor the performance of the Mostaganem wastewater treatment plant located in Sabeltte. Wastewater treatment at the Mostaganem wastewater treatment plant (WWTP) involves several stages: pretreatment, including screening; grit removal; grease and oil removal; primary treatment; biological treatment; and clarification.

The treated water is monitored through physicochemical analyses, including pH, temperature, conductivity, COD, BOD5, suspended solids (SS), nitrates, nitrites, ammonium, phosphates, and settleable solids, to verify its compliance with discharge standards.

The Mostaganem WWTP plays a vital role in protecting the coastline and the environment by limiting the impacts of wastewater discharges on the ecosystem and public health.

Keywords: Sanitation, wastewater, wastewater treatment plant, wastewater treatment stages, physicochemical analyses.

ملخص

تُعدّ محطات معالجة مياه الصرف الصحيّ مكونات أساسية في نظام الصرف الصحيّ ومعالجة مياه الصرف الصحي. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل ومراقبة أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مستغانم، الواقعة في سابليت. تتضمن معالجة مياه الصرف الصحي في محطة مستغانم عدة مراحل: المعالجة الأولية، بما في ذلك الفرز؛ إزالة الحصى؛ إزالة الشحوم والزيوت؛ المعالجة الأولية؛ المعالجة البيولوجية؛ والترسيب. تُراقب المياه المعالجة من خلال تحليلات فيزيائية وكيميائية، تشمل قياس درجة الحموضة، ودرجة الحرارة، والتوصيل الكهربائي، والطلب الكيميائي للأكسجين (COD)، والطلب البيولوجي للأكسجين (BOD5)، والمواد الصلبة العالقة (TSS)، والنترات، والنتريت، والأمونيوم، والفوسفات، والمواد الصلبة القابلة للترسيب، وذلك للتحقق من مطابقتها لمعايير التصريف. تلعب محطة مستغانم دوراً حيوياً في حماية السواحل والبيئة من خلال الحد من آثار تصريف مياه الصرف الصحي على النظام البيئي والصحة العامة.

الكلمات المفتاحية: الصرف الصحي، مياه الصرف الصحي، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، مراحل معالجة مياه الصرف الصحي، التحليلات الفيزيائية والكيميائية.

Liste des abréviations

AgNO₃ : Nitrate d'argent

COT : Carbone Organique Total

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène pendant 5jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

EB : Eau brute

EE : Eau épurée

EH : Equivalent habitant

MES : Matières En Suspension

MVS : Matières Volatiles en Suspension **MS** :

Matières Sèches **mg/l** : Milligramme par litre

Kg/j : Kilogramme par jour **pH** : potentiel
hydrogène

N_NH⁴⁺ :Azote ammoniacal

N_No²⁻ : Nitrites

N_No³⁻ :Nitrates

NaOH : La soude

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

ONA : Office National de l'Assainissement

PO₄³⁻ :Phosphate

STEP : Station d'épuration

T° : Température

N°	Titre	Page
Figure 1	Rejet des eaux usées dans le milieu naturel.	3
Figure 2	Zone industrielle.	5
Figure 3	Illustrant les eaux usées pluviales.	6
Figure 4	Origine des eaux usées domestiques.	6
Figure 5	Ruissellement.	15
Figure 6	Les étapes de traitement des eaux usées.	20
Figure 7	Station d'épuration en Algérie (Wikipédia).	23
Figure 8	Schéma d'organisation des STEP en Algérie.	24
Figure 9	Logo officiel de l'Office National de l'Assainissement.	25
Figure 10	Logo officiel de SEAAL.	26
Figure 11	STEP de Tipasa ou Fouka.	27
Figure 12	STEP Oran (Karma).	28
Figure 13	Carte d'Emplacement de la wilaya de Mostaganem sur la carte d'Algérie.	31
Figure 14	Entrée du laboratoire de-là station d'épuration Mostaganem.	33
Figure 15	Vue aérienne de la station d'épuration de Mostaganem (Google Earth).	34
Figure 16	L'administration de laboratoire de la station d'épuration Mostaganem.	35
Figure 17	Maquette Architecture de la STEP de Mostaganem gérée par l'ONA.	35
Figure 18	Organigramme administratif de la station d'épuration de Mostaganem.	36
Figure 19	Schéma illustrant les étapes du traitement des eaux usée dans la STEP de Mostaganem.	37
Figure 20	Évolution annuelle de la température moyenne à Mostaganem.	38
Figure 21	Évolution annuelle des précipitations à Mostaganem.	40
Figure 22	Pompes installées dans des stations de relevage.	41
Figure 23	L'entrée des eaux usée pour le prétraitement.	42
Figure 24	Le dégrillage.	43
Figure 25	Le dessablage.	44

Figure 26	Dégraissage-déshuilage.	45
Figure 27	Bassin Circulaire.	46
Figure 28	Décanteurs circulaires raclés.	47
Figure 29	Bassin de Lagunage.	49
Figure 30	Bassin traitements biologiques.	50
Figure 31	Clarificateur.	51
Figure 32	Image Originale des boues.	52
Figure 33	Rassemblement des boues.	53
Figure 34	PH Mètre.	54
Figure 35	Matériel Pour Mesure Les différents paramètre.	55
Figure 36	Appareil de filtration.	56
Figure 37	Eau Brute et Eau épurée.	59
Figure 38	Echantillon bassin d'aération 1 et 2.	59
Figure 39	Boue active.	61
Figure 40	Bloc chauffant à 150°C.	63
Figure 41	La couleur du réactif passe de l'orange (chrome) au vert (chrome) proportionnellement à la pollution.	63
Figure 42	Les variations des valeurs de pH des eaux usée épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.	65
Figure 43	Les variations des valeurs de température des eaux usée épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.	66
Figure 44	Les variations des valeurs de la conductivité électrique des eaux usée épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.	72
Figure 45	Les variations des valeurs de Demande Chimique en Oxygène — DCO des eaux usées épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.	73
Figure 46	Représente l'évolution de l'oxygène dissous à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.	75
Figure 47	Présente l'évolution de Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours — DBO ₅ à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.	77
Figure 48	Présente l'évolution de Nitrate à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.	79

Figure 49	Présente l'évolution de Nitrite à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.	81
Figure 50	Présente l'évolution de l'ammonium à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.	83
Figure 51	Présente l'évolution de l'azote ammoniacal à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.	83
Figure 52	Présente l'évolution du phosphore à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.	84
Figure 53	Présente l'évolution de Matières décantables — DBO ₅ à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.	85
Figure 54		86
Figure 55		87

Liste des Tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Les types d'eaux usées.	4
Tableau 2	Les constituantes d'eaux usées.	4
Tableau 3	La variation de l'acidité d'une eau en fonction du pH.	8
Tableau 4	Les limites des paramètres de pollution dans les effluents des réseaux eaux usées	16
Tableau 5	Normes de rejets internationales.	16
Tableau 6	Les normes Algériennes de rejets des effluents liquides	17
Tableau 7	Des types d'assainissement	18
Tableau 8	Principales étapes d'une station d'épuration	21
Tableau 9	Caractéristique de la station d'épuration de Mostaganem	39
Tableau 10	Paramètre Valeurs à l'entrée EB Valeurs à la sortie EE Valeur réglementaire / référence Conformité	89

Table des matières

Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	

Introduction	1
--------------------	---

Partie Bibliographique

Chapitre 1. Généralités sur les eaux usées.

1. Définition de l'eau	2
2. Cycle de l'eau	2
3. Qualité des eaux	2
4. Définition des eaux usées	2
5. Origines des eaux usées	3
5.1. Eaux usées résidentielles	4
5.2. Eaux usées industrielles	5
5.3. Eaux pluviales	5
5.4. Eaux usées domestiques	6
5.5. Eaux agricoles	7
5.6. Eaux de ruissellement	7
6.1. Caractéristiques chimiques	7
6.1.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	7
6.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	8
6.1.3. La Conductivité	8
6.1.4. L'azote	9
6.1.5. Le phosphore	9
6.1.6. L'ammoniac (NH ₃)	9
6.1.7. Le sulfate	9
6.2. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)	10
6.2.1. L'Oxygène Dissous	10
6.2.2. Matière dissoute en suspension	10
6.3. Paramètres organoleptiques	10

6.4. Caractéristiques biologiques	10
6.4.1. Streptocoques fécaux (SF)	11
6.4.2. <i>Escherichia coli</i>	11
6.4.3. <i>Streptocoques</i>	12
6.4.4. Virus	12
6.4.5 Parasites	12
7. Eaux usées traitées	12
7.1. Caractéristiques des eaux usées	12
7.2. Les méthodes physico-chimiques	13
7.3. Les méthodes biologiques	13
7.4. Les méthodes chimiques	13
I.10. Pollution de l' eau.....	14
Les paramètres de pollution et les normes de rejets.....	14
Définition.....	14
Les normes des eaux de rejet.....	15
• a) Normes internationale.....	15
• b) Normes Algériennes.....	15
Notion d'équivalent habitant (EH).....	16

Chapitre 2. Station d'épuration en Algérie

2.1. Office National de l'Assainissement (ONA)	17
2.1.1. La stations d'épuration (STEP)	18
2.1.2. Stations d'épuration dans Algérie (STEP).....	18
2.1.3. Les stations d'épuration (STEP) en Algérie.....	19
2.1.3.1. Fonctionnement des STEP en Algérie	20
2.1.3.2. Performance et exploitation des STEP.....	20
2.1.3.3. Importance environnementale des stations (STEP) en Algérie.....	20
2.1.3.4. Répartition des STEPs selon les organismes en Algérie.....	21
2.1.4. Stations gérées par l'ONA.....	23
2.1.4.1. Stations gérées par la SEAA / SEAAL (Alger)	23
2.4.1.2. À Alger	24
2.1.5. À Tipasa.....	24
2.1.6. Stations gérées par la SEOR	25

Partie Expérimentale

Chapitre 3. Matériel et méthodes

3.1. Objectif	30
3.2. Présentation de la zone d'étude de STEP Mostaganem	30
3.3. Situation géographique de la commune de Mostaganem.....	30
3.3.2.1. Conditions climatiques.....	31
3.3.2.2. Température moyenne à Mostaganem.....	31
3.4. Précipitations	32
Présentation de la station d'épuration de Mostaganem...33	
Organisation administrative et organigramme...35	
3.4.1. Caractéristiques de la station d'épuration de Mostaganem.....	38
3.4.2. Les différentes étapes de traitement dans la STEP de Mostaganem.....	39
3.4.3. Le relevage.....	39
3.4.3.1. Les prétraitements.....	40
3.4.3.1.1. Le dégrillage	40
3.4.3.1.2. Le dessablage.....	41
3.4.3.2. Le dégraissage-déshuilage	42
3.4.3.2.1. Le traitement primaire.....	44
3.4.3.2.2. La décantation	45
3.4.3.2.3. Le dégrillage	45
3.4.3.2.4. Le traitement secondaire	46
3.4.3.2.5. Les traitements biologiques	46
3.4.4. Traitement des composés organiques.....	46
3.4.4.1. Nitrification	47
3.4.4.2. Dénitrification	48
3.4.4.2.1. Le clarificateur.....	49
3.4.4.2.2. La stabilisation des boues.....	51
3.4.4.2.3. L'épaississement.....	52
3.4.4.2.4. Analyse des résultats de fonctionnement de la STEP et les Etapes dépuraton.....	53
Avantages et Inconvénients.....	54
Analyses physico chimiques.....	55

Prélèvement.....	56
Le pH (Potentiel Hydrogène).....	56
La Conductivité Électrique.....	56
L'Oxygène Dissous (O ₂).....	57
La Température.....	59
Matière en suspension MES.....	59
Méthode d'analyses MES.....	60
Les Particules en Suspension Volatiles PSV.....	60
Méthode d'analyse par calcination.....	60
DÉCANTABILITÉ ET TEST V30.....	61
Protocole détaillé du test.....	63
Interprétation approfondie des résultats.....	65
Observation visuelle pendant le test.....	66
Demande chimique en oxygène (DCO).....	66
Mode Opératoire et Préparation des Réactifs.....	66
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	66
Définition et Méthode Normalisée.....	69
Fonctionnement du Système Oxitop (Méthode Respirométrique).....	70
Interprétation : Le Rapport DCO / DBO ₅	70
Analyse des résultats de fonctionnement de la STEP et les Etapes d'épuration.....	71
Suivie de la performance des étapes de traitement des eaux usées dans la Station.....	

Chapitre 4. Résultats et discussion

4.1 Analyse des paramètres physicochimiques des eaux usées épurées au niveau de la STEP Mostaganem.....	70
Avantages et Inconvénients.....	71
4.1.2. Analyse des paramètres physicochimiques des eaux usées épurées au niveau de la STEP Mostaganem.....	72
4.2. Potentiel d 'hydrogène (pH).....	72
4.2.1.2. La Température.....	73
4.2.2.2. La Conductivité électrique.....	75
4.2.2.5. Demande Chimique en Oxygène — DCO.....	76
4.3.2. Oxygène dissous.....	78

4.3.2.3.1. Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours — DBO ₅	80
Suivi des nutriments : composés azotés et phosphorés	82
Nitrates et nitrites	82
Ammonium et azote ammoniacal	84
Phosphores	86
Matières décantables	87
Conclusion sur les analyses physicochimiques	91
Conclusion	92

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité et de sa nature qui rend son utilisation dangereuse et (ou) perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielle (rivières, plans d'eau) et ou les eaux souterraines. La pollution de l'eau a pour origines principales, l'activité humaine, les industries, l'agriculture et les décharges de déchets domestiques et industrie, la pollution de l'eau se manifeste principalement, dans les eaux de surface (**Aberkane, 2011**).

Le traitement des eaux usées vise à protéger l'environnement tout en favorisant une gestion durable de la ressource en eau grâce à la réutilisation des eaux traitées. Ce processus repose sur des séparations physiques, des optimisations chimiques et des transformations biologiques.

Le rejet des eaux usées non traitées ou mal traitées dans l'environnement entraîne des effets néfastes sur la biodiversité et la santé humaine. De ce fait, le traitement des eaux résiduaires est désormais une priorité et une nécessité incontournable afin de préserver l'environnement et la santé publique (**Bali, 2024**).

L'assainissement des eaux usées consiste à collecter, transporter et épurer les eaux (domestiques, industrielles ou de ruissellement). Son but est de dépolluer l'eau avant de la rejeter dans le milieu naturel ou de la réutiliser, protégeant ainsi la santé publique et l'environnement (**Le Coënt, 2019**). Les eaux usées ménagères, industrielles et agricoles sont acheminées jusqu'à la station d'épuration, qui se situe le plus souvent à l'extrémité d'un réseau de collecte. L'eau est alors en partie traitée avant d'être rejetée dans le milieu naturel (**Picardie, 2017**).

La présente étude a pour objectif de faire un suivie et contrôle des différents processus de l'assainissement nécessaire pour le traitement des eaux usées et polluées issus de différents points de la ville de Mostaganem... Dans ce cadre, la station d'épuration STEP Sablette, Mostaganem a été choisie comme un cas d'étude pour le suivie de toutes les étapes du traitement d'eau inclus les analyses physicochimiques.

Le travail est subdivisé en deux parties :

- Partie bibliographique : sur les généralités des eaux usées et les stations d'épuration en Algérie,
- Partie expérimentale : Présentation de la station d'épuration de Mostaganem et analyse physicochimiques de l'eau brute EB (eau d'entrée) et eau épurée EE (eau de sortie),
- Résultats et discussion,
- Conclusion.

PARTIE



BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

I.1 Définition de l'eau

Nom féminin du latin aqua, l'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide, transparent, de pH neutre et température ordinaire. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques (**Assouline et Assouline, 2007**).

L'eau est l'élément vital pour la vie, c'est la boisson naturelle par excellence. C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (**Bernard, 2007**). Elle peut se trouver, dans la nature, sous les trois formes : liquide (rivière, fleurs...etc.), gazeuse (vapeur d'eau) et solide (glaces, neiges). La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal. Elle est Caractérisée par sa forme pure de molécule qui associe un atome d'oxygène avec deux atomes d'hydrogène sous la forme H_2O (*National Center for Biotechnology Information, 2026*).

I.2 Cycle de l'eau

L'eau recouvre 72 % de la surface de la terre, qui représente uniquement 0,65% de cette eau appelé eau douce est disponible dans les nappes souterraines (0,63%), les lacs et les rivières (0,02%). L'essentielle de l'eau présente sur terre se trouve dans les océans (97,2%), l'eau glacée ne représente, pour sa part, que 2,15% de l'eau potable (**Chouteau, 2004**). Sous l'action du soleil, l'eau des océans, rivières, lacs s'évapore et gagne l'atmosphère.

I.3 Qualité des eaux

La qualité d'une eau est caractérisée par les diverses substances qu'elle contient, leur quantité et L'effet qu'elles ont sur l'écosystème et sur l'être humain. C'est la concentration de ces différents éléments qui détermine la qualité d'une eau et permet de savoir si celle-ci convient à un usage Particulier. Même l'eau des rivières et des lacs les moins influencés par les activités humaines n'est pas pure (**U.S. Geological Survey, s. d.**). La qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année, la nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable (**Kouidri, 2006**).

I.4. Définition des eaux usées

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

Les eaux usées (fig.1) désignent les eaux dont les caractéristiques physiques, chimiques ou biologiques ont été modifiées à la suite des activités humaines domestiques, industrielles, agricoles ou urbaines. Elles renferment généralement des matières organiques, des microorganismes, des composés chimiques et divers polluants susceptibles d'avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé publique (Metcalf & Eddy *et al.*, 2014).



Figure 1. Rejet des eaux usées dans le milieu naturel (MétroQuébec , 2023)

1.4.1 Origines des eaux usées

Comme l'eau est largement utilisée par l'homme dans divers domaines (tableau n°1), cela entraîne la production d'eaux usées présentant des niveaux variables de contamination. Selon leur origine et la nature des polluants qu'elles contiennent, on distingue généralement des catégories d'eaux usées, Les eaux usées ont six sources principales :

- † Les eaux usées résidentielles ;
- † Les eaux usées industrielles ;
- † Les eaux usées pluviales ;
- † Les eaux usées domestiques ;
- † Les eaux usées agricoles ;
- † Les eaux usées ruissellement. (Tchobanoglous *et al.*, 2021).

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

Tableau 1. Représente des types d'eaux usées (Tchobanoglous *et al.*, 2021).

Type d'eaux usées	Origine	Principaux polluants
Domestique	Ménages	Matières organiques, Germes
Industrielle	Usines	Métaux lourds, toxiques
Agricole	Activités agricoles	Nitrates, phosphates
Pluviale	Ruissellement	Hydrocarbures, particules

1.2.1. Eaux usées résidentielles

Les eaux usées résidentielles proviennent des habitations et sont générées par les différentes activités domestiques quotidiennes. Elles regroupent principalement les eaux vannes provenant des toilettes ainsi que les eaux grises issues des cuisines, des salles de bains, des lavabos, des machines à laver et des douches (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Ces eaux se caractérisent par une concentration élevée en matières organiques biodégradables, en matières en suspension, en composés azotés et phosphorés (Tableau 02), ainsi qu'en microorganismes pathogènes, notamment résidentielles dans une habitation les bactéries d'origine fécale (Metcalf *et Eddy*, 2014).

Les eaux vannes contiennent principalement des matières fécales, de l'urine, des composés azotés et divers germes pathogènes. En revanche, les eaux grises renferment surtout des détergents, des savons, des graisses et des résidus alimentaires issus des usages domestiques (SchrivierMazzuoli, 2022). En raison de leur composition, les eaux usées résidentielles constituent une source importante de pollution des milieux aquatiques et peuvent représenter un risque pour la santé publique lorsqu'elles ne subissent pas un traitement adéquat (Shekhar *et al.*, 2025).

Tableau 2 : Représente des constituantes d'eaux usées (Koul *et al.*, 2022).

Paramètre	Source principale
DBO	Cuisine, salle de bain
Azote	Urines
Phosphore	Détergent

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

1.2.2. Eaux usées industrielles

Les eaux usées industrielles (fig.2) sont générées par les différentes activités de production industrielle, et leur composition dépend du domaine d'activité concerné, tel que :

- L'agroalimentaire, la chimie, la
- pétrochimie, la métallurgie ou le textile.
- Elles peuvent renfermer des matières importantes des écosystèmes aquatiques et présenter des risques pour la santé humaine (**Mesrouk *et al.*, 2014 ; Remili *et Kerfouf*, 2013**).

Ces effluents industriels contiennent également divers micropolluants chimiques souvent difficiles à éliminer, ce qui nécessite la mise en œuvre de procédés de traitement adaptés avant leur rejet dans l'environnement (**Rout *et al.*, 2021**).



Figure 2. Rejets industriels et organiques, des hydrocarbures, des productions des eaux usées industrielles composés toxiques ainsi que des métaux (**Micronics Engineered**).

1.2.3. Eaux pluviales

Les eaux pluviales (fig.3) représentent une source importante de pollution des milieux aquatiques, en particulier lors des épisodes orageux. En effet, en traversant l'atmosphère, l'eau de pluie peut se charger en diverses impuretés, notamment les émissions industrielles. Lors du ruissellement sur les toitures et les voiries urbaines, elle entraîne également de nombreux polluants tels que les huiles usées, les carburants, les particules de pneus ainsi que différents métaux lourds (**Paul *et Meyer*, 2001 ; Egodawatta *et al.*, 2021**).

En milieu urbain, ces eaux de pluie s'écoulant sur les surfaces imperméabilisées sont collectées par des réseaux d'assainissement, qui peuvent être de type unitaire ou séparatif. Les réseaux unitaires assurent l'acheminement simultané des eaux usées domestiques et des eaux pluviales dans une même conduite. Dans ce cas, le débit et la qualité des effluents arrivant à la station

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

d'épuration varient fortement selon les conditions climatiques. Afin d'éviter la surcharge des stations, des dispositifs tels que les bassins de stockage et les déversoirs d'orage sont généralement installés sur le réseau (**Paul *et Meyer*, 2001 ; Egodawatta *et al.*, 2021**).

À l'inverse, les réseaux séparatifs reposent sur deux systèmes indépendants : l'un dédié aux eaux usées domestiques et l'autre aux eaux pluviales et de ruissellement. Ainsi, seules les eaux usées sont dirigées vers la station d'épuration, tandis que les eaux pluviales sont généralement rejetées directement dans le milieu naturel, permettant ainsi une meilleure régularité du traitement (**Tchobanoglous *et al.*, 2021 ; Fletcher *et al.*, 2022**).

Figure 3. Illustrant les eaux usées pluviales (**Bradley, 2001**).



1.2.4. Eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques proviennent de l'utilisation de l'eau potable par les ménages pour satisfaire les différents besoins quotidiens (fig.4). Dans les zones équipées d'un système d'assainissement collectif, ces eaux sont généralement évacuées vers les réseaux d'égouts (**Koul *et al.*, 2022**)



Figure 4. Origine des eaux usées domestiques

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

Les eaux usées domestiques se divisent principalement en plusieurs catégories :

- **Eaux grises** : il s'agit d'eaux faiblement chargées en polluants et présentant un faible risque sanitaire. Elles proviennent notamment du lavage de la vaisselle, du linge, des mains, ainsi que des douches et des bains.
- **Eaux vannes (ou eaux noires)** : ce sont des eaux fortement polluées contenant des matières fécales, de l'urine, du sang et d'autres fluides corporels, souvent associés au papier toilette et parfois à des produits d'hygiène. Elles peuvent également contenir des substances plus difficiles à traiter et à éliminer sur le plan sanitaire.
- **Autres rejets domestiques** : ils incluent divers liquides issus de l'activité ménagère tels que les boissons, les huiles de cuisson, certains pesticides, les huiles lubrifiantes, les peintures ainsi que différents produits détergents utilisés pour le nettoyage (**Belacel et Arkoun, 2021**).

1.2.5. Eaux agricoles

Le secteur agricole constitue le principal consommateur des ressources en eau. Les pollutions issues de cette activité sont diverses et peuvent prendre plusieurs formes. Elles incluent notamment l'apport de nitrates et de phosphates provenant des engrais, la présence de pesticides (**Mateo-Sagasta et al., 2017**).

1.2.6. Eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement comprennent principalement les eaux de lavage, les eaux de drainage ainsi que les eaux circulant sur les surfaces urbaines. Au cours de leur écoulement, elles se chargent de nombreuses substances polluantes provenant des trottoirs, des routes et des chaussées, telles que les huiles, les hydrocarbures (**Tchobanoglous et al., 2021**).

1.3. Caractéristiques chimiques

Les eaux usées contiennent divers composés chimiques sous différentes formes. Parmi les paramètres les plus importants, on distingue la demande chimique en oxygène (DCO), le potentiel hydrogène (pH), l'azote et le phosphore (**Tchobanoglous et al., 2021**).

1.3.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO représente la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder, dans des conditions définies, les substances organiques présentes dans un échantillon d'eau. Cette oxydation est généralement réalisée à l'aide d'un agent oxydant puissant, tel que le permanganate de potassium en milieu acide

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

et à chaud. La DCO est exprimée en mg/L d'oxygène et permet d'évaluer la charge polluante organique (Metcalf et Eddy, 2014 ; Mehammadia et Touati , 2020).

On observe généralement les relations suivantes :

- DCO = 1,5 à 2 fois la DBO pour les eaux usées urbaines ;
- DCO = 1 à 10 fois la DBO pour l'ensemble des eaux résiduaires ;
- DCO > 2,5 fois la DBO pour les eaux usées industrielles (Tchobanoglous *et al.*, 2021 ; Ben Kouider et Nechadi, 2024)

1.3.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions hydrogène (H^+) dans l'eau et traduit l'équilibre entre acidité et basicité sur une échelle de 0 à 14. Il constitue un paramètre fondamental en chimie des eaux, influençant directement les équilibres physico-chimiques et les procédés de traitement tels que la coagulation-floculation (WHO, 2022 ; Ben Kouider et Nechadi, 2024).

Le pH varie selon l'origine des eaux et peut affecter fortement les processus biologiques dans les stations d'épuration, notamment l'activité des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique (Metcalf et Eddy, 2014 ; Tchobanoglous *et al.*, 2021).

(Tableau 1.3).

Tableau 3 : La variation de l'acidité d'une eau en fonction du pH (Rejsek, 2002).

pH < 5	-Acidité forte. - Présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles.
pH = 7	pH neutre.
7 < pH < 8	Neutralité approchée, majorité des eaux de surfaces.
5.5 < pH < 8	Eaux souterraines.
pH > 8	Alcalinité, évaporation intense.

1.3.10. La Conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (Rejsek, 2002).

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 . L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m). $1 \text{ S/m} = 104 \mu\text{S/cm} = 103 \text{ mS/m}$. (Rodier, 2005).

1.3.3. L'azote

Dans les eaux usées, l'azote se présente sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il peut être transformé biologiquement en nitrates afin de réduire sa toxicité et limiter la consommation d'oxygène dans les milieux naturels (WHO, 2022 ; Tchobanoglous *et al.*, 2021).

1.3.4. Le phosphore

Le phosphore présent dans les eaux usées provient principalement des détergents, des rejets domestiques et industriels, et peut exister sous forme minérale ou organique. En tant qu'élément nutritif essentiel, son excès dans les milieux aquatiques peut provoquer l'eutrophisation, caractérisée par une prolifération excessive des algues (Who, 2022 ; Mehammadia et Touati, 2020). Ce phénomène entraîne une diminution de l'oxygène dissous dans l'eau, perturbant ainsi les écosystèmes aquatiques et la biodiversité des milieux récepteurs (Tchobanoglous *et al.*, 2021 ; Ben Kouider et Nechadi, 2024).

L'ammoniac (NH_3)

L'ammoniac (NH_3), en équilibre avec l'ion ammonium (NH_4^+), peut devenir toxique pour les organismes aquatiques à certaines concentrations, ce qui rend son traitement indispensable dans les stations d'épuration (Ben Kouider et Nechadi, 2024 ; Metcalf et Eddy, 2014).

1.3.6. Le sulfate

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/L, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/L) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation. Leur présence dans l'eau est généralement due à des rejets en provenance d'ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), d'usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc.) et d'unités de déchloration. Sont utilisées, par ailleurs, les propriétés réductrices des sulfites dans les eaux de chaudières pour éviter la corrosion liée à la présence d'oxygène dissous ; l'injection dans le circuit se fait habituellement en continu à la concentration de 20 mg/L. Cependant un excès d'ions sulfites dans les eaux de chaudières peut avoir des effets néfastes car il abaisse le pH et peut alors développer la corrosion.

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

En cas de rejet dans l'environnement, les sulfites se combinent à l'oxygène en donnant des sulfates. (Santé Canada, 2025).

1.3.7. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

C'est la quantité totale d'oxygène consommée par les bactéries pour s'oxyder la matière organique biodégradable présente dans les eaux usées. La quantité d'oxygène nécessaire pour l'auto-nettoyage exprimé en fonction de la DBO5. Cet indicateur est le paramètre principal pour mesurer la charge de pollution organique dans l'eau, provenant principalement des installations sanitaires et des cuisines, sous forme de protéines, de glucides (sucres), de lipides (graisses), d'urée et de produits métaboliques et de dégradation. La DBO5 est déterminée en incubant des échantillons d'eau à l'abri de l'air pendant 5 jours à 20°C (Lacalamita *et al.*, 2024).

1.3.9. L'Oxygène Dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques.

La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu.

La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg (Rejsek, 2002).

1.3.12. Matière dissout en suspension

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

Paramètres organoleptiques :

• La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y' ajoutent leur propre coloration.

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

La couleur de l'eau peut être altérée par la présence de matières organiques, minérales ou dépolluants tels que les métaux lourds

- **L'odeur**

L'eau peut avoir une odeur désagréable due à la présence de bactéries, de matières organiques en décomposition ou de produits chimiques.

C'est pourquoi les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur.

- **La Turbidité**

C'est un paramètre qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles, fragments de roche, micro-organismes, etc.) ou des acides humiques (dégradés par les végétaux) et des polluants qui rendent l'eau trouble. Nous utilisons un appareil (Turbidi-mètre) pour mesurer la résistance de l'eau au passage de la lumière, lui donnant ainsi une valeur.

1.4. Caractéristiques biologiques

Les eaux résiduaires contiennent une grande diversité de micro-organismes, dont certains peuvent être pathogènes. Ces organismes appartiennent principalement aux groupes suivants : bactéries, virus et champignons, et leur présence peut altérer la qualité de l'eau et limiter ses usages (**Ben Kouider et Nechadi, 2024 ; Mara et Sleight, 2020**).

1.4.1. Streptocoques fécaux (SF)

Les streptocoques fécaux sont des bactéries Gram positives, de forme sphérique à ovoïde, se présentant en chaînettes et ne formant pas de spores. Ils se développent en conditions anaérobies à 44 °C et à un pH de 9,6. Leur recherche est souvent utilisée comme indicateur complémentaire des coliformes thermotolérants afin de mettre en évidence une contamination d'origine fécale. Le genre *Streptococcus* est très diversifié et comprend plusieurs groupes principaux, notamment les streptocoques pyogènes hémolytiques, les streptocoques oraux, les entérocoques et les streptocoques lactiques (**Ben Kouider et Nechadi, 2024 ; WHO, 2022**).

1.4.2. *Escherichia coli*

Escherichia coli est une bactérie généralement non pathogène, naturellement présente dans l'intestin de l'homme et des animaux. Elle constitue la majeure partie des coliformes fécaux. Sa présence dans l'eau est considérée comme un indicateur fiable de contamination fécale et suggère la possible présence de germes pathogènes dangereux pour la santé humaine (**Edberg et al., 2000**).

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

1.4.3. Streptocoques

Les streptocoques regroupent un ensemble hétérogène de bactéries aux caractéristiques morphologiques et métaboliques similaires, dont certaines espèces sont pathogènes (**Murray *et al.*, 2021**)

1.4.4. Virus

Les virus sont fréquemment présents dans les eaux usées municipales. Cependant, leur détection reste plus complexe et leurs analyses sont généralement plus rares que celles des bactéries, bien qu'ils puissent également être retrouvés dans les eaux de surface (**Ben Kouider et Nechadi, 2024 ; Bosch *et al.*, 2021**).

1.4.5 Parasites

Les parasites, tels que les amibes sous forme de kystes ou les œufs de ténia, sont présents en faible quantité dans les eaux usées, mais ils peuvent parfois être observés selon le niveau de contamination (**Ben Kouider et Nechadi, 2024**).

1.5. Eaux usées traitées

Les eaux usées traitées correspondent aux effluents provenant des systèmes d'assainissement qui ont été soumis à différents procédés d'épuration visant à diminuer leur charge polluante. Ces traitements incluent généralement des étapes physiques (telles que le dégrillage et la décantation), biologiques (comme les boues activées ou les filtres biologiques) et parfois chimiques.

Ils permettent de réduire les matières en suspension, la charge organique, les nutriments (azote et phosphore) ainsi qu'une grande partie des micro-organismes pathogènes, afin d'obtenir une eau compatible soit avec un rejet sécurisé dans le milieu naturel, soit avec une réutilisation contrôlée (**Metcalf et Eddy, 2014 ; Capodaglio, 2020**).

Dans un contexte marqué par la raréfaction des ressources en eau, la valorisation des eaux usées traitées représente une alternative importante pour l'irrigation, l'industrie et certains usages urbains. Toutefois, ces eaux peuvent encore contenir des traces de polluants résiduels, ce qui nécessite un contrôle rigoureux de leur qualité afin de limiter les impacts environnementaux et sanitaires (**Capodaglio, 2020 ; Rezzoug *et al.*, 2025**).

1.6. Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées présentent une composition très variable en fonction de leur origine, ce qui nécessite l'application de différentes techniques de traitement. De manière générale, les procédés de traitement des eaux usées sont classés en trois grandes catégories complémentaires : les procédés

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

physico-chimiques, biologiques et chimiques avancés (**Metcalf et Eddy, 2014 ; Tayeb et Mokdad, 2020**).

1.6.1. Les méthodes physico-chimiques

Les procédés physico-chimiques sont principalement utilisés pour les étapes de prétraitement et de clarification des eaux usées. Ils visent à éliminer les matières en suspension, les particules colloïdales et une partie des polluants dissous.

Ils comprennent plusieurs opérations telles que :

- Le dégrillage (élimination des déchets solides grossiers),
- La décantation (séparation des particules par gravité),
- La coagulation-floculation (agglomération des particules fines), - La filtration et parfois l'adsorption sur charbon actif.

Ces procédés sont essentiels pour améliorer l'efficacité des traitements suivants (**Grine et Remadella, 2017**).

1.6.2. Les méthodes biologiques

Les procédés biologiques sont basés sur l'action de micro-organismes tels que les bactéries, les protozoaires et les champignons, capables de décomposer la matière organique biodégradable présente dans les eaux usées.

Parmi les procédés les plus couramment utilisés, on distingue :

- Les boues activées,
- Les filtres biologiques,
- Les lagunes de stabilisation.

Ces procédés assurent la conversion de la matière organique en biomasse, en dioxyde de carbone et en eau. En raison de leur efficacité et de leur faible coût d'exploitation, ils sont largement employés dans les stations d'épuration urbaines (**Metcalf et Eddy, 2014 ; Grine et Remadella, 2017**).

1.6.3. Les méthodes chimiques

Les procédés chimiques sont employés pour éliminer les polluants difficilement biodégradables, appelés micropolluants ou contaminants réfractaires.

Ils sont basés sur des réactions d'oxydation avancée faisant intervenir des agents oxydants puissants tels que :

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

- L'ozone (O₃),
- Le chlore et ses dérivés,
- Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂).

Ces procédés permettent de décomposer efficacement les composés organiques persistants et de diminuer la toxicité des effluents. Toutefois, leur mise en œuvre demeure coûteuse et nécessite un contrôle rigoureux des paramètres opératoires (Tayeb et Mokdad, 2020).

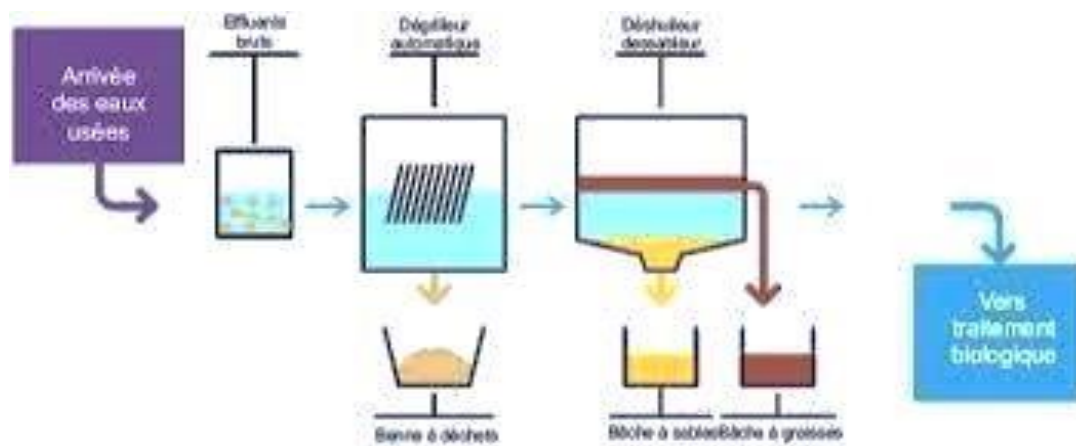


Figure 5. Les étapes de traitement des eaux usées (scribd,2024)

Pollution de l'eau

Les eaux de surface sont de plus en plus polluées. Elles contiennent des millions de tonnes de polluants formés des rejets chimiques de nos industries, de notre agriculture et de nos activités quotidiennes (ASEF, 2010)

Les paramètres de pollution et les normes de rejets

I.1. Définition

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée :

- Les eaux résiduaires urbaines (ERU)
- Les eaux résiduaires industrielles (ER)

Tableau 4. Les limites des paramètres de pollution dans les effluents des réseaux eaux usées (**Metcalf et Eddy ,2014**).

Paramètre	Unité	Valeur limite	Norme de référence	Observation
pH	-	6,5 – 8,5	Normes de rejet	Intervalle admissible
DBO₅	mg O ₂ /L	25	Normes de rejet	Pollution organique biodégradable
DCO	mg O ₂ /L	125	Normes de rejet	Charge organique totale
MES	mg/L	35	Normes de rejet	Matières en suspension

.4. Les normes des eaux de rejet :

La norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter.

a) Normes internationales : Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) respective pour les eaux usées.

Tableau 5. Normes de rejets internationales (**Tchobanoglous, G. et al. 2021**)

Caractéristiques	Valeurs limites
pH	6,5 – 8,5
Température	≤ 30 °C
DBO₅	≤ 25 mg O ₂ /L
DCO	≤ 125 mg O ₂ /L
MES	≤ 35 mg/L
Azote total (N)	≤ 15 mg/L
Phosphore total (P)	≤ 2 mg/L
Huiles et graisses	≤ 10 mg/L

b) Normes Algériennes : Les normes de rejets des effluents industriels résultent de la loi n° 83-17 du 16 Juillet 1983 portant code des eaux, de l'ordonnance n° 96-13 du 15 Juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 83-17, du décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides des industriels et du décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 de la république algérienne démocratique définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

CHAPITRE 1. Généralités sur les eaux usées

Tableau 6. Les normes Algériennes de rejets des effluents liquides (Algérie, 2006).

Paramètre	Unité	Valeur limite (Algérie)	Tolérance (anciennes installations)	Référence
pH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	Décret exécutif n° 06-141 (2006)
MES	mg/L	35	40	Décret exécutif n° 06-141 (2006)
DCO	mg O ₂ /L	120	130	Décret exécutif n° 06-141 (2006)
DBO₅	mg O ₂ /L	35	40	Décret exécutif n° 06-141 (2006)

Adapté du Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (JORA, n° 26, 23 avril 2006).

I.5. Notion d'équivalent habitant (EH)

L'équivalent habitant (éq. h.) correspond à la quantité de pollution rejetée par un habitant quotidiennement.

- 90 g de matières en suspension ;
- 57 g de matières oxydables ;
- 15 g de NTK ;
- 4 g de phosphore total.

CHAPITRE 2. Stations d'épuration en Algérie

Assainissement en Algérie

L'assainissement en Algérie constitue un secteur essentiel dans la gestion des ressources hydriques et la protection de l'environnement. Face à l'augmentation de la population et au développement urbain et industriel, les autorités algériennes ont renforcé les infrastructures d'assainissement afin de limiter la pollution des eaux superficielles et souterraines (**Kettab, 2008 ; Remini, 2010**).

Le système d'assainissement en Algérie repose principalement sur la collecte des eaux usées par des réseaux unitaires ou séparatifs (tableau 4), suivie de leur traitement dans des stations d'épuration réparties à travers le territoire national. Ces infrastructures sont majoritairement gérées par l'Office National de l'Assainissement (ONA), ainsi que par certaines entreprises régionales telles que SEAAL et SEOR (**Derbal, 2014 ; Bouafia et Labane, 2021**).

Plusieurs travaux scientifiques indiquent que l'Algérie a connu une évolution importante dans le domaine de l'assainissement au cours des deux dernières décennies grâce à la construction de nombreuses STEP et à l'amélioration des procédés de traitement. Cependant, des contraintes techniques et financières persistent encore dans certaines régions, notamment en matière de maintenance, de réutilisation des eaux traitées et de gestion des boues résiduaires (**Bouchaala et al., 2021 ; Rezzoug et al., 2025**).

Tableau 7. Tableau des types d'assainissement (**Kettab, 2008**).

Type	Description
Unitaire	Eaux usées +pluviales
Séparatif	Réseaux séparées

Office National de l'Assainissement (ONA)

En Algérie, l'Office National de l'Assainissement (ONA) est l'organisme chargé de la gestion des infrastructures d'assainissement et du traitement des eaux usées à l'échelle nationale. Face à la croissance démographique et à l'augmentation de la pollution hydrique, l'ONA joue un rôle essentiel dans la protection des ressources en eau et de l'environnement (ONA, 2024). Ses principales missions comprennent :

- ❖ La lutte contre la pollution et la contamination des eaux ;
- ❖ La gestion, l'exploitation et l'entretien des Stations d'Épuration (STEP) ;
- ❖ La préservation du littoral et des ressources en eaux souterraines ;
- ❖ L'amélioration de la qualité des eaux traitées avant leur rejet dans le milieu naturel (**Bouafia et Labane, 2021**).

1.1. La stations d'épuration (STEP)

Les stations d'épuration constituent aujourd'hui un moyen indispensable pour réduire les charges polluantes rejetées dans les milieux récepteurs et limiter la contamination des eaux superficielles et souterraines. Les procédés appliqués reposent généralement sur des étapes de prétraitement, de traitement biologique et de clarification afin d'assurer une meilleure qualité des eaux épurées (**Bouafia et Labane, 2021**).

Les stations d'épuration (STEP) sont des installations destinées à traiter les eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel ou leur réutilisation éventuelle. Elles permettent de réduire les pollutions organiques, chimiques et microbiologiques présentes dans les effluents afin de protéger les ressources en eau et l'environnement (**Metahri, 2012 ; Tchobanoglous et al., 2021**)

A. Etapes et procédés de traitements des eaux usées dans la STEP

Le traitement des eaux usées au sein d'une STEP repose sur plusieurs étapes complémentaires assurant l'élimination progressive des polluants. Ces étapes comprennent généralement le prétraitement, le traitement primaire, le traitement secondaire biologique et parfois un traitement tertiaire destiné à améliorer davantage la qualité des eaux traitées (**Tchobanoglous et al., 2021 ; Von Sperling, 2017**)

- **Le prétraitement** représente la première phase du traitement des eaux usées. Il comprend notamment le dégrillage, le dessablage et le déshuilage, permettant d'éliminer les déchets volumineux, les sables et les matières grasses susceptibles d'endommager les équipements de la station ou de perturber les traitements biologiques ultérieurs (**Bensalem et Bouteraa, 2022**).
- **Le traitement biologique** constitue l'étape principale de l'épuration. Il fait intervenir des micro-organismes capables de dégrader la matière organique biodégradable contenue dans les eaux usées. Les procédés biologiques les plus utilisés sont les boues activées, les biofiltres et les lagunes naturelles, permettant de réduire la DBO₅, la DCO et les matières en suspension (**El ghadraoui, 2018 ; Ait taleb, 2023**).
- **Traitement tertiaire** : certaines STEP modernes intègrent également un traitement tertiaire afin d'éliminer les nutriments comme l'azote et le phosphore, ainsi que les germes pathogènes et certains micropolluants avant le rejet final des eaux épurées. Cette étape améliore la qualité des eaux traitées et favorise leur réutilisation dans différents domaines, notamment l'irrigation agricole (**Mimoune, 2024 ; El hamouri, 2015**).

Les stations d'épuration jouent ainsi un rôle essentiel dans la protection des milieux aquatiques, la limitation de la pollution hydrique et la préservation de la santé publique grâce à la réduction des rejets polluants dans les cours d'eau, les nappes phréatiques et les zones côtières (**Bouziane, 2017 ; Chahlaoui et al., 2021**).

1.2. Stations d'épuration en Algérie (STEP)

Les stations d'épuration (STEP) en Algérie (Figure 2.1) représentent des infrastructures clés dans la gestion et le traitement des eaux usées d'origine urbaine et industrielle (fig.6) Elles jouent un rôle fondamental dans la réduction de la pollution hydrique, contribuant ainsi à la protection des ressources en eau ainsi que des milieux naturels tels que les oueds, les nappes souterraines et les zones côtières (**Zighem, 2017 ; Bouafia et Labane, 2021**).

Par ailleurs, plusieurs études montrent que le secteur de l'assainissement en Algérie a connu un développement notable ces dernières années, marqué par l'augmentation du nombre de stations d'épuration en service, principalement sous la gestion de l'Office National de l'Assainissement (ONA). Ces installations reposent essentiellement sur des procédés biologiques, notamment les boues activées, qui assurent un traitement efficace des eaux usées domestiques (**Kellouche et Belkaid, 2018 ; Kellouche *et al.*, 2019**).



Figure 6 : Station d'épuration en Algérie (ONA, 2022).

1.2.2. Fonctionnement des STEP en Algérie

Le fonctionnement des stations d'épuration repose sur plusieurs étapes techniques successives. Les STEP algériennes suivent généralement trois grandes phases (Tableau 9) :

Tableau 8. Principales étapes d'une station d'épuration (Gaid, 2017 ; Nassar, 2023).

Etape	Principe	Principaux polluants éliminés
Prétraitement	Séparation mécanique	Déchets, sables, huiles
Traitement primaire	Décantation	Matières en suspension
Traitement secondaire	Dégradation biologique	Matière organique

Parfois un traitement tertiaire pour améliorer la qualité des rejets (Bouafia et Labane, 2021 ; Azzi, 2023).

Ces procédés permettent de réduire les paramètres de pollution tels que la DBO₅, la DCO et les matières en suspension (MES), assurant ainsi une meilleure qualité des eaux rejetées (Bekhtaoui et Beddar, 2020).

1.2.3. Performance et exploitation des STEP

Les recherches menées sur différentes stations (STEP) en Algérie montrent que leur performance dépend étroitement de la qualité de conception, du suivi technique ainsi que de la maintenance des équipements. Plusieurs études ont également relevé certains dysfonctionnements, notamment la surcharge hydraulique, la gestion insuffisante des boues et l'absence de traitement tertiaire dans certaines installations (Toumi, 2015 ; Maloussi, 2016). Par ailleurs, d'autres travaux insistent sur l'importance de l'évaluation régulière des performances des STEP, qui constitue un levier essentiel pour optimiser leur fonctionnement et améliorer la qualité des rejets déversés dans le milieu naturel (Zighem, 2017 ; Kellouche *et al.*, 2018).

1.2.4. Importance environnementale des stations (STEP) en Algérie

Les stations d'épuration occupent une place essentielle dans la protection de l'environnement en Algérie, car elles permettent de réduire significativement les rejets polluants dans les milieux aquatiques. Elles contribuent ainsi à la préservation des eaux superficielles, des nappes souterraines ainsi que des écosystèmes côtiers, souvent fragilisés par les activités humaines (Mebarki, 2012 ; Toumi, 2015).

CHAPITRE 2. Stations d'épuration en Algérie

Cependant, plusieurs études ont montré que l'absence ou l'insuffisance de traitements avancés dans certaines stations peut conduire à un rejet d'effluents partiellement épurés, ce qui entraîne une pollution résiduelle dans les milieux récepteurs et limite l'efficacité globale du système d'assainissement (**Mebarki, 2012 ; Bouafia et Labane, 2021**).

1.3. Répartition des STEPs selon les organismes en Algérie

1.3.1. Répartition des STEP selon les organismes en Algérie

Les stations d'épuration en Algérie sont réparties selon plusieurs organismes gestionnaires, principalement l'Office National de l'Assainissement (ONA) et la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL/SEAA) (fig.9). Cette organisation permet d'assurer la collecte, le transport et le traitement des eaux usées urbaines à l'échelle nationale (**Bouchaala *et al.*, 2021 ; ONA, 2023**).

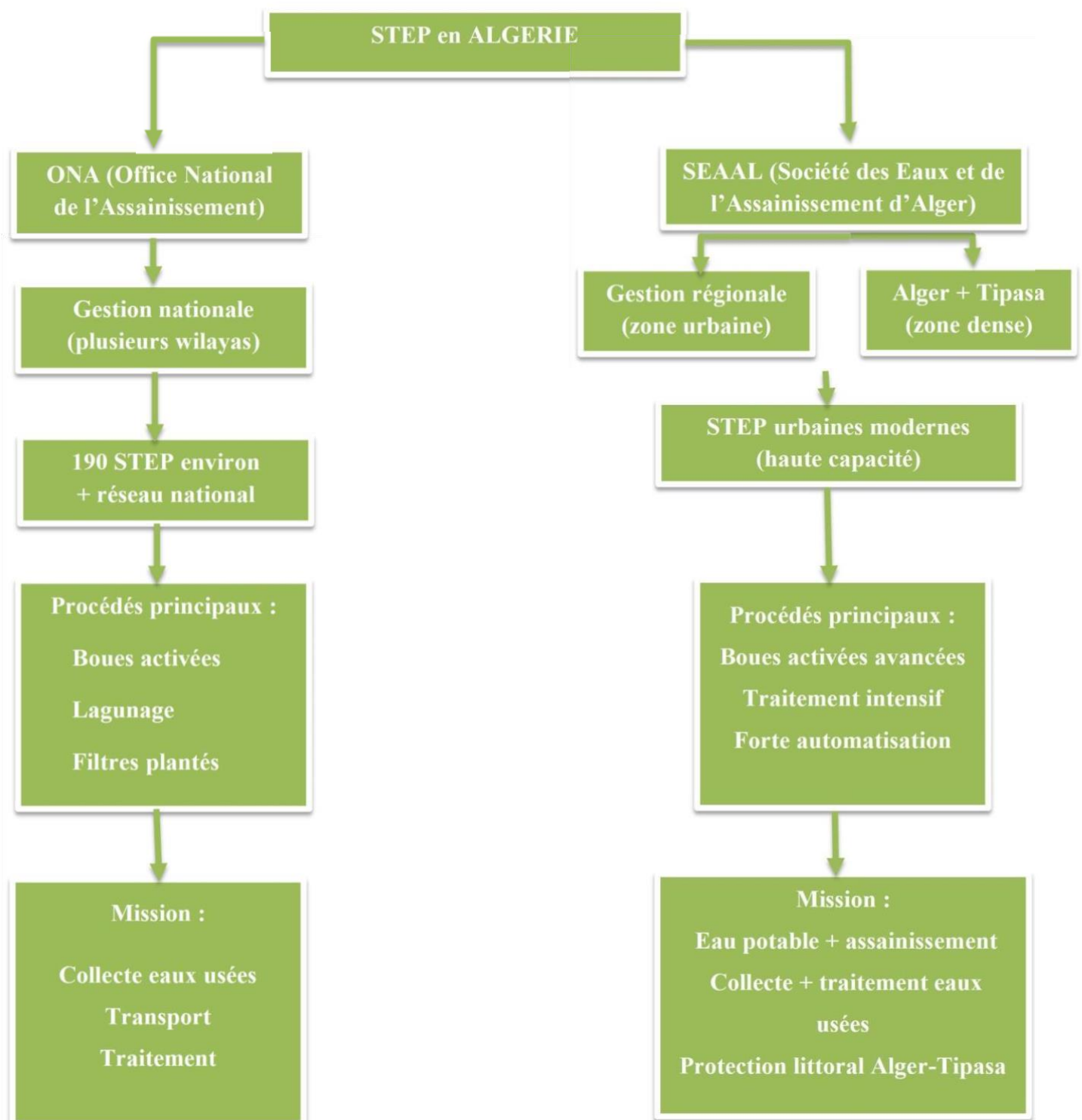


Figure 7. Représente schéma d'organisation des STEP en Algérie (ONA vs SEAAL) (ONA , 2024 ; SEAAL, 2024 ; Zighem, 2020)

1.3.2. Stations gérées par l'ONA

L'office National de l'Assainissement (ONA) (fig .8) est un établissement public créé en 2001 sous la tutelle du ministère des Ressources en Eau. Il a pour mission principale d'assurer la gestion, l'exploitation et l'entretien des réseaux d'assainissement ainsi que des stations d'épuration réparties à travers différentes régions du pays (**Dekhil, 2012 ; Ouali, 2012**).

Les études réalisées entre 2000 et 2026 montrent que l'ONA assure la gestion de la majorité des stations d'épuration destinées au traitement des eaux usées domestiques et industrielles provenant des zones urbaines et semi-urbaines. Les procédés les plus utilisés dans ces installations reposent principalement sur les boues activées et le lagunage naturel, largement intégrés dans les programmes nationaux d'assainissement et de protection des ressources hydriques (**Oubadi, 2012 ; Bouafia et Labane, 2021 ; Azzi, 2023**).

Par ailleurs, plusieurs travaux scientifiques indiquent que les performances des STEP gérées par l'ONA varient selon les conditions d'exploitation, la charge hydraulique, le niveau de maintenance ainsi que les équipements disponibles. Malgré certaines contraintes techniques, ces stations constituent un élément essentiel du système national d'assainissement et contribuent à la protection des ressources en eau et du milieu récepteur (**Assila, 2008 ; Derar et Taleb, 2014**).



Figure 8. Logo officiel de l'Office National de l'Assainissement (ONA) (**ONA, 2024**).

1.3.3. Stations gérées par la SEAA / SEAAL (Alger)

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL) est responsable de la gestion des infrastructures d'eau potable et d'assainissement dans la région d'Alger. Elle supervise plusieurs stations d'épuration modernes situées dans la capitale et ses environs (**SEAAL, 2022**).



Figure 9. Logo officiel de SEAAL (Lechodalgerie, 2025)

1.3.3.1. À Alger

À Alger, les STEP gérées par SEAAL traitent les eaux usées urbaines de forte densité démographique. Ces stations utilisent généralement des procédés intensifs comme les boues activées à aération prolongée afin de garantir une bonne qualité des rejets dans le littoral méditerranéen (Toumi, 2015).

Des études montrent que ces stations sont soumises à des contraintes importantes liées à l'urbanisation et à l'augmentation du débit des eaux usées, ce qui nécessite un contrôle permanent des performances épuratoires (Boudiba *et al.*, 2020).

1.3.3.2. A Tipasa

Dans la wilaya de Tipasa, les STEP gérées par SEAAL (fig.12) ont pour rôle principal de protéger le littoral contre la pollution domestique et industrielle. Ces stations traitent les eaux usées avant leur rejet en mer Méditerranée, ce qui est crucial pour la préservation des zones touristiques et écologiques (Hamdi et Benslimane, 2021).

Les recherches indiquent que ces stations utilisent principalement des procédés biologiques et parfois des systèmes de traitement tertiaire pour améliorer la qualité des rejets, notamment en réduisant la charge organique et bactérienne (Ziani *et al.*, 2022).



Figure 10. STEP de Tipasa ou Fouka (El Watan, 2025).

Station de Mostaganem

Dans la wilaya de Mostaganem, la station d'épuration de Salamandre représente une infrastructure importante destinée au traitement des eaux usées urbaines avant leur déversement dans le milieu marin. Cette installation repose sur différents procédés visant à éliminer les matières organiques, les huiles et les micro-organismes pathogènes, contribuant ainsi à la réduction de l'impact environnemental des rejets liquides et à la protection de l'écosystème côtier (**Khalifa et Moumene, 2020**).

1.3.4. Stations gérées par la SEOR

La Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran (SEOR) est un établissement chargé de la gestion des services d'alimentation en eau potable et d'assainissement dans la wilaya d'Oran. Elle assure l'exploitation des réseaux d'assainissement ainsi que le suivi de plusieurs stations d'épuration destinées au traitement des eaux usées urbaines avant leur rejet dans le milieu naturel (**SEOR, 2022 ; Benabdeli, 2019**).

Les stations gérées par la SEOR reposent principalement sur des procédés biologiques, notamment les boues activées, permettant la réduction de la charge organique et microbiologique des effluents urbains. Plusieurs études ont montré que ces installations contribuent à la limitation de la pollution marine et à la protection du littoral oranais contre les rejets directs des eaux usées (**Bendida *et al.*, 2020 ; Mahi, 2018**).



Figure 11. STEP Oran (Karma) (Ouest Tribune, 2024)

Par ailleurs, certaines recherches ont signalé que les STEP exploitées dans la région d'Oran (fig.13) rencontrent parfois des difficultés liées à la surcharge hydraulique, aux variations saisonnières des débits et à la maintenance des équipements, ce qui peut influencer leur rendement épuratoire (Bouraoui, 2017 ; Benabdeli, 2019).

Un exemple d'une station d'épuration est représenté dans la figure ci-dessous avec un schéma expliquant le fonctionnement de la station.

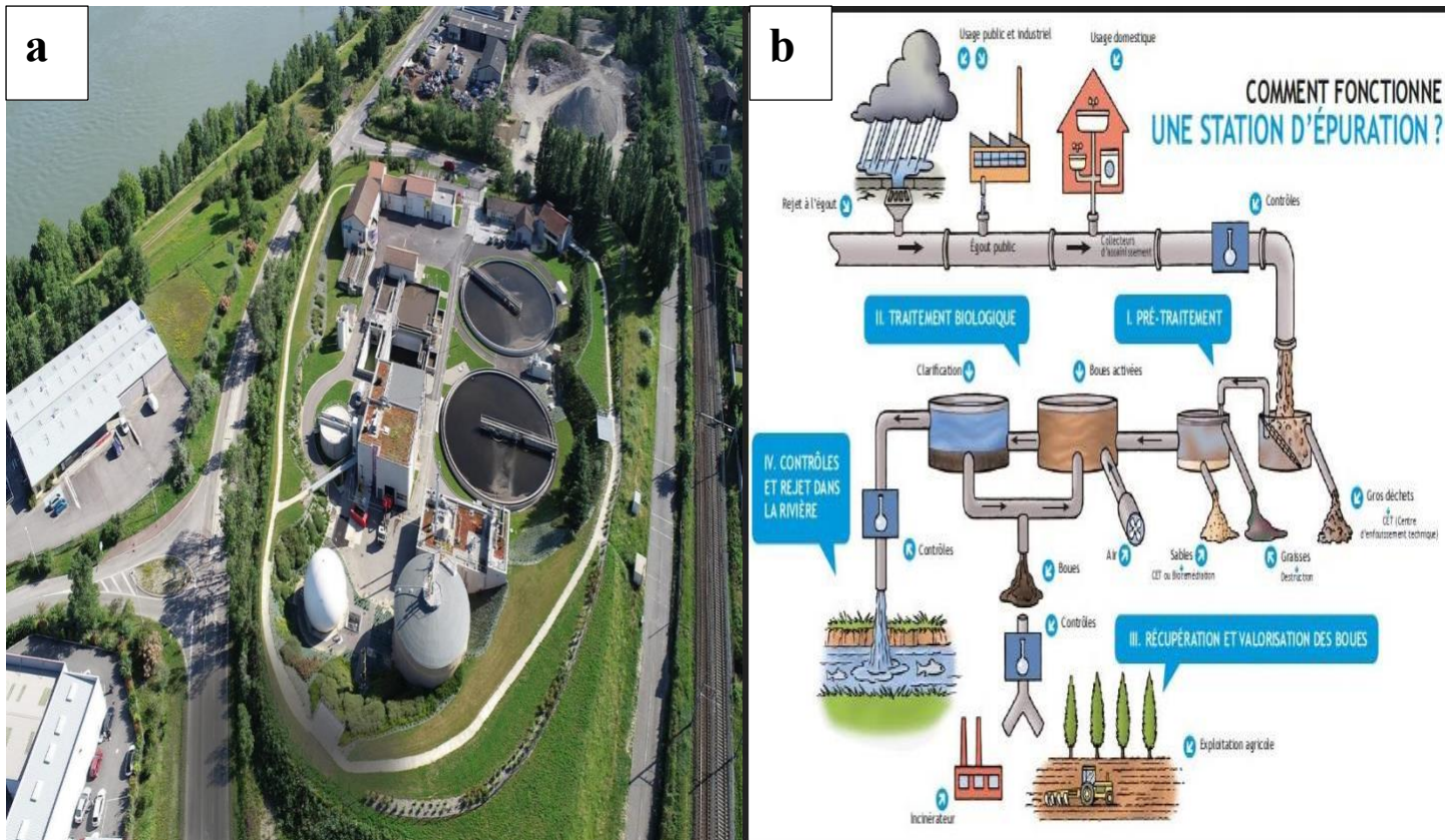


Figure 12. Exemple d'une station d'épuration 'a' ; schéma explicatif du fonctionnement de la station d'épuration 'b' (ONA, 2022).

PARTIE



EXPERIMENTALE

CHAPITRE 3

Matériel et méthodes



CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

Objectif

Le travail expérimental mené dans cette étude a pour objectif de faire un suivi de toutes les étapes de traitement des eaux usées au niveau de la station d'épuration de la wilaya de Mostaganem, Sablette. Ce qui va nous permettre d'élargir nos connaissances pratique et sur terrain afin de comprendre le fonctionnement d'une station d'épuration.

Les eaux usées entrée dans la STEP MOSTA sont à l'origine de toutes les activités polluantes au niveau de la ville de Mostaganem.

Ce travail est partagé en deux parties :

- 1- Suivre toutes les procédures de traitements dans une STEP de Mostaganem
- 2- Analyses physicochimiques des eaux usées avant (eau brute EB : à l'entrée de la station) et après l'épuration (eau épurée EE : à la sortie de la station).

V. 1 Présentation de la zone d'étude de STEP Mostaganem

V. 1.1 Situation géographique de la commune de Mostaganem

Mostaganem est la 27^e wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle se trouve au nord-ouest de l'Algérie, sur le littoral méditerranéen, à 350 km à l'ouest d'Alger et à 80 km à l'est d'Oran.

- La wilaya de Mostaganem compte plus de 877 450 habitants selon les statistiques de 2018. Elle se compose de 32 communes, réparties sur 10 daïras.
- Les wilayas limitrophes de Mostaganem sont : Chlef à l'est, Relizane au sud-est, Oran à l'ouest et Mascara au sud-ouest.
- Le territoire de la commune de Mostaganem est situé à l'ouest de sa wilaya, à 363 km à l'ouest d'Alger, à 79 km à l'est d'Oran, à 48 km d'Arzew et à 81 km au nord de Mascara.



Figure 13. Carte d’Emplacement de la wilaya de Mostaganem sur la carte d’Algérie (ANAT, 2020 & d-maps. 2021).

V.4. Conditions climatiques

À Mostaganem, les étés sont courts, très chauds, lourds et arides, tandis que les hivers sont longs, frais et venteux. Le ciel est généralement dégagé tout au long de l’année.

Au cours de l’année, la température varie généralement de 8 °C à 31 °C et est rarement inférieure à 4°C ou supérieure à 34°C. Ces données sont issues du site officiel Weather Spark.

V.4.1. Température moyenne à Mostaganem

La figure 3.8 présente l’Évolution annuelle de la température moyenne à Mostaganem

La saison très chaude dure environ 2,9 mois, du 22 juin au 18 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 28 °C.

Le mois le plus chaud de l’année à Mostaganem est août, avec une température moyenne maximale de 30 °C et une température minimale de 22 °C.

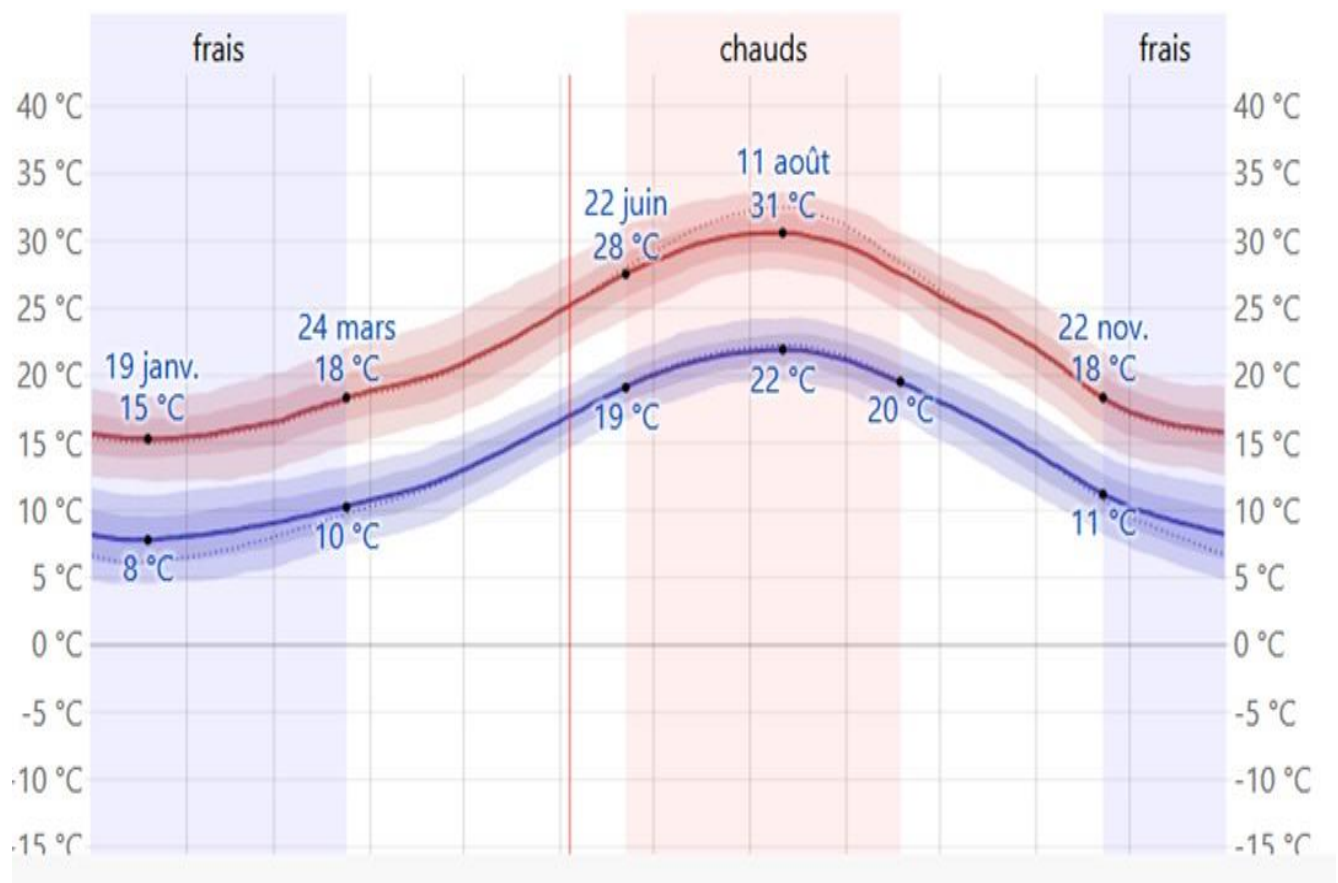


Figure 14. Évolution annuelle de la température moyenne à Mostaganem.

V.4.2 Précipitations

La figure 3.9 présente l'Évolution annuelle de la Précipitations à Mostaganem

La probabilité de jours de précipitations à Mostaganem varie au cours de l'année. La saison la plus pluvieuse dure environ 7,8 mois, du 26 septembre au 20 mai, avec une probabilité quotidienne de précipitations supérieure à 12 %.

- Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitations est novembre, avec une moyenne de 6,1 jours enregistrant au moins 1 mm de précipitations.
- La saison la plus sèche dure environ 4,2 mois, du 20 mai au 26 septembre. Le mois ayant le moins de jours de précipitations est juillet, avec une moyenne de 0,6 jour enregistrant au moins 1 mm de précipitations

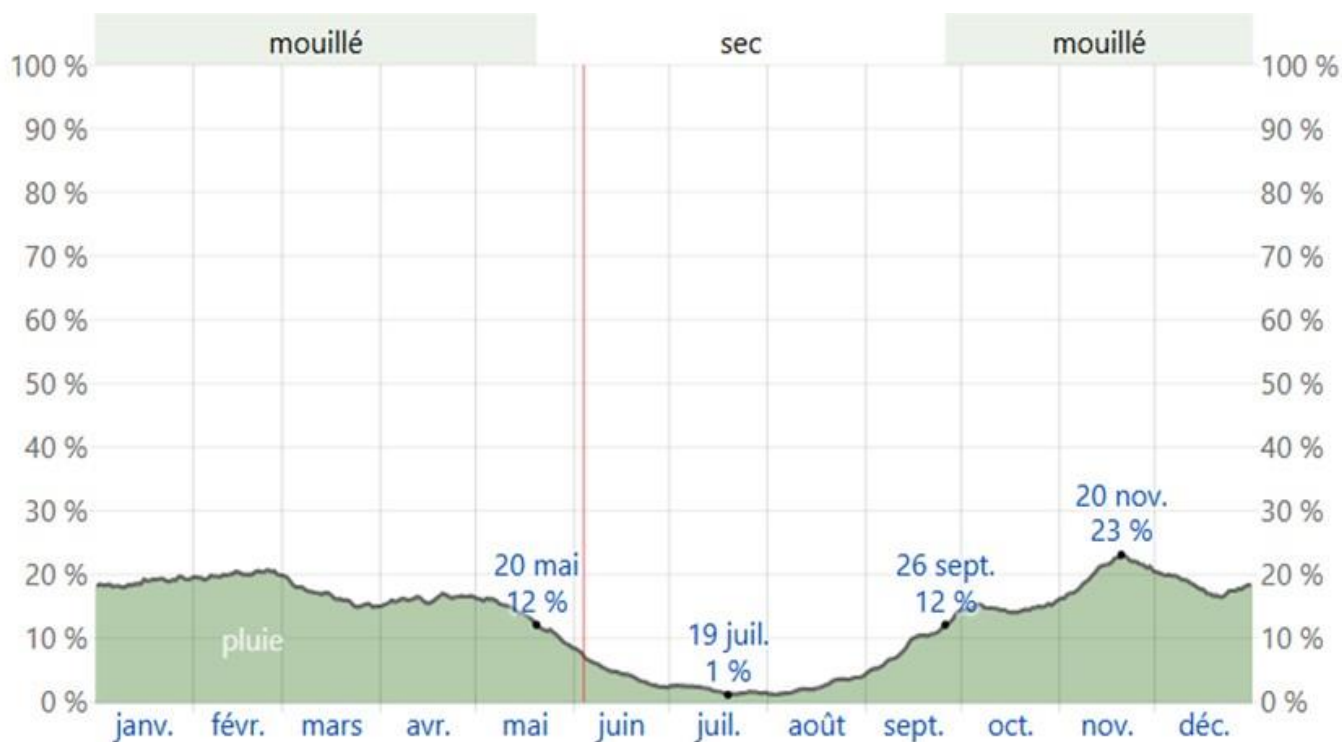


Figure 15. Évolution annuelle des précipitations à Mostaganem

V.2. Présentation de la station d'épuration de Mostaganem

La figure 16 représente une maquette architecture de la STEP de Mostaganem gérée par l'ONA.

La station d'épuration de la wilaya de Mostaganem, qui fait l'objet de notre étude, est située entre Les Sablettes et La Salamandre, à Mostaganem, en face de la mer. Elle a été mise en service en mars 2017. La station est gérée par l'antenne locale de l'Office National de l'Assainissement (ONA), sous la tutelle du ministère des Ressources en eau. Elle permet la dépollution des eaux usées urbaines domestiques des régions ouest et sud de Mostaganem, notamment les localités de Stidia, Hassi Mameche, Ouréah, Mazagran, Mostaganem, Kheireddine, Sayada et Aïn Boudinar. Cette unité de traitement biologique des eaux usées traite, à travers ses différents bassins, une quantité d'eaux usées estimée à 56 000 m³/j.

Les eaux usées des localités précitées sont collectées puis refoulées vers la station d'épuration par des stations de relevage. Ainsi, cette station contribue à la lutte contre la pollution marine du littoral de Mostaganem, avec les autres unités de traitement de Sidi Ali, Sidi Lakhdar et

Khadra, déjà en service. Elle permet également d'augmenter le taux de traitement des eaux usées à environ 85 % sur le territoire de la wilaya.

La réalisation de cette station d'épuration a été effectuée par les trois sociétés suivantes : STULZ PLANAQUA, ETUHP MENANI et BUTEC — Allemagne, Algérie et Liban. Le projet de

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

réalisation a duré 24 mois, à partir de novembre 2014. La station a été mise en exploitation en mars 2017 sous la direction de BUTEC. En mai 2019, sa gestion a été transférée à l'ONA.



Figure 16. Vue aérienne de la station d'épuration de Mostaganem (Google Earth)



Figure 17. L'administration de laboratoire de la station d'épuration Mostaganem



Figure 18. Maquette Architecture de la STEP de Mostaganem gérée par l'ONA.

V.3. Organisation administrative et organigramme

Figure 19 représente l'organigramme administratif de la station d'épuration de Mostaganem.

L'organigramme administratif de la Station d'Épuration des Eaux Usées (STEP) de Mostaganem, exploitée par l'Office National de l'Assainissement (ONA), est structuré de manière hiérarchique.

Au sommet se trouve la Direction générale de l'ONA, qui supervise les différentes directions régionales, dont la Direction de zone d'Oran. Cette dernière assure le suivi de la Direction de l'ONA de Mostaganem, sous laquelle est placée la STEP de Salamandre.

La station est dirigée par un chef de station, responsable de l'exploitation, de la maintenance, de la qualité du traitement et de la gestion administrative. Sous son autorité, plusieurs services assurent le fonctionnement de l'installation : le service exploitation, chargé de la conduite des ouvrages et du suivi des procédés de traitement ; le service maintenance, responsable de l'entretien des équipements mécaniques, électriques et d'automatisme ; le laboratoire, qui effectue les analyses physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées et des eaux épurées ; ainsi que le service administration, qui gère les ressources humaines, la comptabilité, les achats et la logistique.

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

Cette organisation permet d'assurer un fonctionnement efficace de la station et de garantir la conformité de la qualité des eaux traitées aux normes environnementales en vigueur.



Figure 19. Organigramme administratif de la station d'épuration de Mostaganem

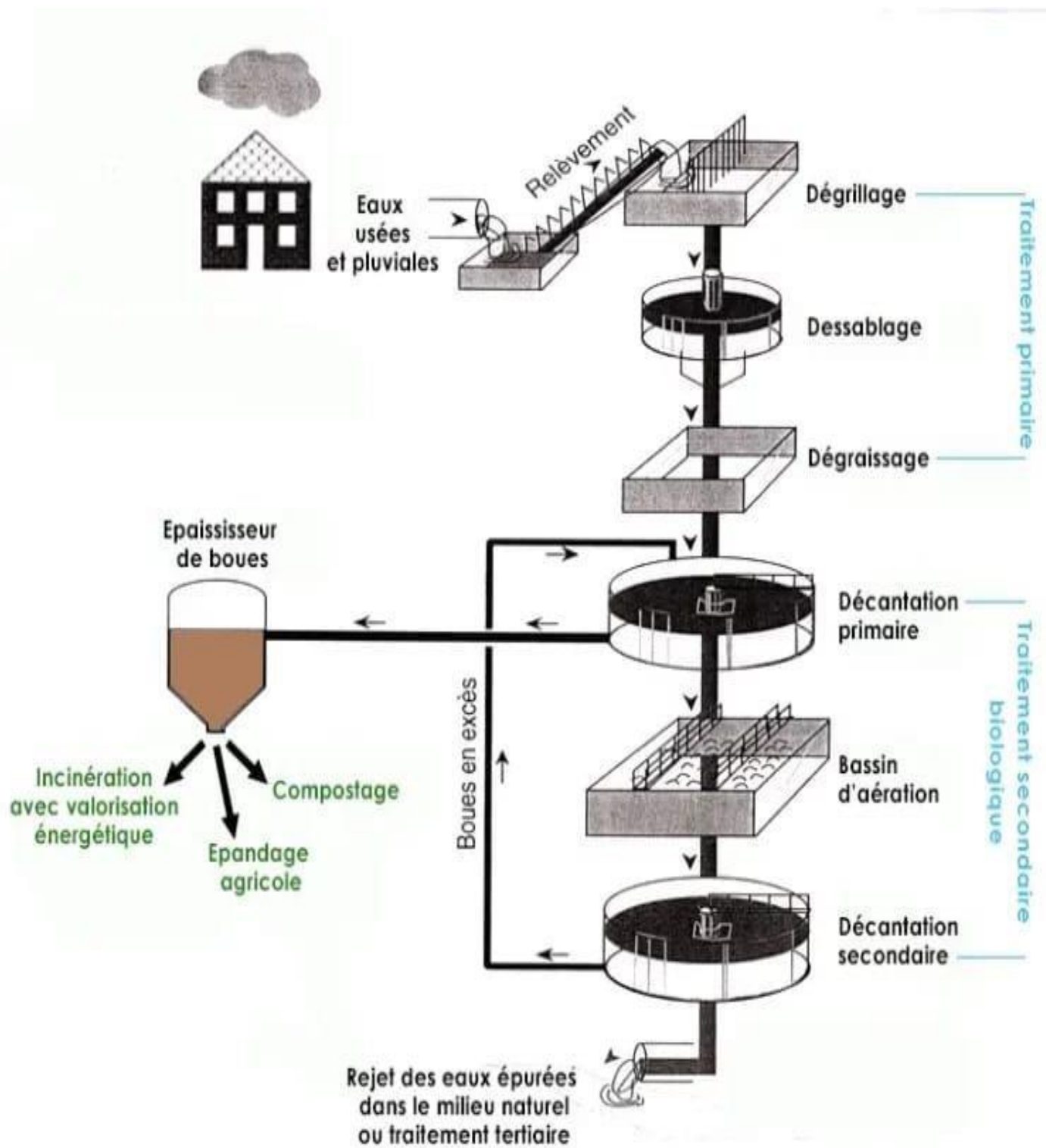


Figure 20. Schéma illustrant les étapes du traitement des eaux usée dans la STEP de Mostaganem (ONA, 2020).

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.5.Caractéristiques de la station d'épuration de Mostaganem

Le Tableau 9 présente les valeurs de la caractéristique de la station d'épuration de Mostaganem.

Tableau 9. Caractéristique de la station d'épuration de Mostaganem (**Khalifa et Moumene ,2020**)

Caractéristique	Valeur correspondante
Équivalent habitant	130 000 EH
Débit journalier normal des eaux usées	56 000 m ³ /j
Débit horaire normal des eaux usées	2 334 m ³ /h
Charge massique de DBO5	19 600 kg/j
Charge massique de DCO	47 750 kg/j
Charge massique de MES	24 500 kg/j

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.6. Les différentes étapes de traitement dans la STEP de Mostaganem

V.6.1. Le relevage

Le relevage permet d'acheminer les eaux usées vers la station d'épuration lorsque leur écoulement gravitaire n'est pas possible. Cette opération est réalisée à l'aide de pompes installées dans des stations de relevage. (Figure 21).



Figure 21. Pompes installées dans des stations de relevage

V6.2. Les prétraitements

Le prétraitement consiste en trois étapes principales qui permettent de supprimer de l'eau les éléments susceptibles de gêner les phases suivantes du traitement. Toutes les stations d'épuration ne sont pas forcément équipées de ces trois étapes. Le dégrillage est généralisé, tandis que les autres opérations sont le dessablage et le dégraissage-déshuilage. (Figure 3.11)



Figure 22. L'entrée des eaux usée pour le prétraitement

V.6.2.1. Le dégrillage

Le dégrillage (Figure 23) permet de retirer de l'eau les déchets insolubles tels que les branches, les plastiques, les serviettes hygiéniques, etc. Ces déchets ne pouvant pas être éliminés par un traitement biologique ou physico-chimique, ils doivent être éliminés mécaniquement. Pour ce faire, l'eau usée passe à travers une ou plusieurs grilles dont les mailles sont de plus en plus serrées. Ces grilles sont généralement équipées de systèmes automatiques de nettoyage afin d'éviter leur colmatage et le dysfonctionnement des pompes.



Figure 23. Le dégrillage

V.6.2.2. Le dessablage

Le dessablage (Figure 24) permet, par décantation, de retirer les sables mélangés aux eaux usées par ruissellement ou provenant de l'érosion des canalisations. Si ces matériaux ne sont pas éliminés, ils peuvent se déposer plus loin, gêner le fonctionnement de la station et provoquer une usure rapide des éléments mécaniques, notamment les pompes.

Les sables extraits peuvent être lavés avant d'être mis en décharge, afin de limiter le pourcentage de matières organiques. La dégradation de ces dernières peut provoquer des odeurs et une instabilité mécanique du matériau.



Figure 24. Le dessablage

V.6.2.3. Le dégraissage-déshuilage

Le dégraissage-déshuilage (Figure 25) repose généralement sur le principe de la flottation. Ce procédé consiste à injecter de fines bulles d'air dans le bassin de déshuilage, ce qui permet de faire remonter rapidement les graisses à la surface, car celles-ci sont hydrophobes.

L'élimination des graisses se fait ensuite par raclage de la surface. Il est important de limiter au maximum la quantité de graisses dans les ouvrages en aval afin d'éviter l'encrassement des ouvrages, notamment des canalisations. Leur élimination est également essentielle pour réduire les

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

rejets de particules graisseuses, les difficultés de décantation et les perturbations des échanges gazeux.



Figure 25. Dégraissage- déshuilage

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.6.3. Le traitement primaire

Le traitement primaire consiste à réaliser une étape de décantation qui permet d'éliminer jusqu'à 60 % des matières en suspension (MES) et environ le tiers de la DBO₅ entrante.

Les boues produites, fortement organiques et fermentescibles, sont acheminées vers l'unité de traitement des boues. La phase aqueuse résultante, non conforme aux seuils de rejet, est ensuite dirigée vers le traitement secondaire.

Lorsque le traitement secondaire n'existe pas, comme c'est le cas dans certaines villes côtières ou riveraines d'un grand fleuve, la décantation peut être optimisée par l'ajout de coagulants et de flocculants, ce qui améliore notablement l'épuration (Figure 26)



Figure 26. Bassin Circulaire

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.6.3.1. La décantation

La décantation a lieu dans des décanteurs circulaires raclés (Figure 27) ou dans des décanteurs lamellaires. Le traitement primaire est une étape facultative. Dans de nombreuses stations, le flux prétraité est directement envoyé vers la phase de traitement secondaire.



Figure 27. Décanteurs circulaires raclés

V.6.4. Le traitement secondaire

À l'issue des traitements précédents, la majorité des polluants est présente à l'état dissous. Le traitement secondaire, de nature biologique, a pour but d'éliminer les pollutions carbonées, azotée et phosphorée.

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

Il utilise la capacité auto-épuratrice de micro-organismes spécifiques, dont l'activité est améliorée en les plaçant dans des conditions optimales. De nombreux procédés peuvent être utilisés, tels que les boues activées, les lits bactériens, le lagunage, la biofiltration et les disques biologiques.

Selon le procédé choisi, les opérations de maintenance peuvent être très différentes : par exemple, tous les dix ans pour un lagunage, ou tous les ans pour une phytoremédiation. (Fig28)



Figure 28. Bassin de Lagunage

V.6.4.1. Les traitements biologiques

V.6.4.1.1. Traitement des composés organiques

Le traitement biologique le plus simple consiste à éliminer les composés organiques tels que les sucres, les graisses et les protéines. Ces composés sont nocifs pour l'environnement, car leur

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

dégradation entraîne une consommation du dioxygène dissous dans l'eau, nécessaire à la survie des organismes aquatiques.

La charge en polluants organiques est généralement mesurée par la DBO5 demande biologique ou biochimique en oxygène sur cinq jours ou par la DCO demande chimique en oxygène.

Les bactéries responsables de la dégradation des composés organiques sont hétérotrophes. Pour accélérer cette dégradation, il est nécessaire d'apporter artificiellement de l'oxygène dans les eaux usées. (Fig29)

V.6.4.1.2. Nitrification

Lorsque les réacteurs biologiques assurent un temps de contact suffisant entre les effluents et les bactéries, il est possible d'atteindre un second niveau de traitement : la nitrification.

La nitrification correspond à l'oxydation de l'ammoniaque en nitrites, puis en nitrates, par des bactéries nitrifiantes. L'ammoniaque est toxique pour la faune piscicole.

Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes, car elles fixent elles-mêmes le carbone nécessaire à leur croissance à partir du CO₂ de l'air. Elles se développent donc beaucoup plus lentement que les bactéries hétérotrophes. Une station d'épuration doit d'abord éliminer les composés organiques avant de pouvoir assurer la nitrification.

V.6.4.1.3. Dénitrification

Une troisième étape, facultative, consiste à dénitrifier les nitrates résultant de la nitrification. Cette transformation peut se faire en pompant une partie de l'eau chargée en nitrates à la fin du traitement biologique, puis en la mélangeant à l'eau d'entrée, en tête de traitement.

La dénitrification se déroule dans un réacteur anoxique, en présence de composés organiques et de nitrates. Les nitrates sont alors réduits en diazote (N₂), qui s'échappe dans l'atmosphère.

Les nitrates sont des nutriments pouvant favoriser la prolifération des algues dans certains milieux aquatiques. La dénitrification est généralement réalisée, dans les petites stations d'épuration, dans le même bassin que la nitrification, par alternance de phases aérées et anoxiques. Cette étape tend à se généraliser afin de mieux protéger le milieu naturel.



Figure 29. Bassin traitements biologiques

V.6.4.2. Le clarificateur

Après le traitement biologique, l'eau est dirigée vers le décanteur secondaire, appelé également clarificateur. (Figure 3.19) Ce dernier fonctionne selon le même principe que le décanteur primaire.

Il contient un racleur qui tourne à une vitesse de 0,04 m/s. Dans ce bassin, les matières en suspension se déposent au fond et forment les boues secondaires, également appelées boues activées. Une partie des boues évacuées est dirigée vers la filière de traitement des boues, tandis que l'autre partie est recirculée vers le bassin d'aération. (Figure 3.19



Figure 30. Clarificateur

V.6.4.3. La stabilisation des boues

La stabilisation des boues (Figure 3.20) a pour objectif de réduire leur caractère fermentescible, de limiter les nuisances olfactives et d'améliorer leur aptitude aux traitements ultérieurs.



Figure 31. Image Originale des boues

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.6.4.4. L'épaississement

L'épaississement constitue la première étape permettant de réduire le volume des boues tout en augmentant leur concentration, afin de faciliter leur déshydratation. Le concentrateur statique présente deux phases de fonctionnement. La clarification permet d'obtenir un surnageant pauvre en matières en suspension ; l'épaississeur est alors considéré comme un décanteur. Ensuite, sous l'action de la pesanteur, la teneur des boues en matières en suspension augmente progressivement.

Avant épaississement, la boue primaire présente un débit de 735 m³/j avec une concentration de 20 kg MES/m³. La boue biologique présente un débit de 1 420 m³/j avec une concentration de 8,8 kg MES/m³. La boue mixte présente un débit de 2 155 m³/j avec une concentration de 12,6 kg MES/m³.

Après épaississement, la boue primaire présente un débit de 294 m³/j avec une concentration de 50 kg MES/m³. La boue biologique présente un débit de 625 m³/j avec une concentration de 20 kg MES/m³. La boue mixte présente un débit de 919 m³/j avec une concentration de 29,6 kg MES/m³.

La capacité volumique de l'épaississeur est de 2 155 m³/j. Il possède une profondeur de 5,4 m, un diamètre de 30 m et une puissance de 0,45 kW.



Figure 32. Rassemblement des boues

V.7. Analyses physico chimiques

L'analyse des paramètres physicochimiques permet de diagnostiquer l'état de "santé" du système de traitement et de prévenir les dysfonctionnements du processus biologique. Les paramètres à analyser dans ce travail sont :

- Potentiel d'hydrogène (pH)
- La température
- La Conductivité électrique
- Demande Chimique en Oxygène DCO Oxygène dissous
- Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours DBO_5
- Suivi des nutriments : composés azotés et phosphorés, nitrates et nitrites, ammonium et azote ammoniacal, phosphores, matières décantables.



Figure 33. Entrée du laboratoire de-là station d'épuration Mostaganem

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

Prélèvement

Les échantillons de l'eau ont été prélevé à partir de l'entrée et la sortie de la STEP, avec un volume de ..1l, pour chaque 2h. les analyses seront effectuées à partir d'un cumule de 24h. Le suivie de la qualité de l'eau se fait durant 7 jours.



Figure 34. Matériel du laboratoire d'analyse physicochimiques des eaux usées



Figure 35. Matériel du laboratoire d'analyse physicochimiques des eaux usées.

V.7.1. Le pH (Potentiel Hydrogène)

Le pH mesure la concentration en ions hydrogène dans l'eau. Pour une station à boues activées, il est le garant de la survie des micro-organismes. Cette mesure est assurée par un pH mètre (Fig.36) selon la méthode d'écriture par la méthode électrométrique standard (APHA, 2017)." (*American Public Health Association*)

- Importance biologique : Les bactéries responsables de la dégradation de la matière organique et de la nitrification sont extrêmement sensibles aux variations de pH. Un pH trop acide (<6) ou trop basique (>9) peut inhiber leur croissance, voire lyser (détruire) les cellules bactériennes.
- Norme de rejet : La réglementation algérienne impose un pH compris entre 6,5 et 8,5.
- Impact technique : Une chute du pH en sortie peut indiquer une nitrification poussée (qui consomme de l'alcalinité) ou une pollution industrielle acide accidentelle.



Figure 36. PH Mètre

V.7.2. La Conductivité électrique

Elle mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, ce qui est directement lié à la quantité de sels minéraux dissous (ions), La mesure est assurée par un conductivimètre selon la méthode décrite par la norme ISO 7888 (1985) relative à la détermination de la conductivité électrique.

Indicateur de pollution : Une brusque augmentation de la conductivité en entrée de station signale souvent un rejet industriel massif (sels, métaux, produits chimiques) ou une intrusion d'eaux saumâtres.

Utilité : Elle permet de vérifier la stabilité de la charge minérale. Bien que le traitement biologique n'agisse que très peu sur la conductivité, une valeur anormalement élevée en sortie peut indiquer un mauvais rendement global ou une évaporation excessive.

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.7.3. L'Oxygène Dissous (O₂)

C'est le paramètre le plus critique pour le pilotage du bassin d'aération.

La mesure de l'oxygène dissous est déterminée par méthode électrochimique (ou ampérométrique) à l'aide d'un oxymètre de terrain (ou d'une sonde à membrane), selon la norme ISO 5814.

- Le moteur de l'épuration : Les boues activées sont composées de bactéries aérobies. Sans oxygène, elles meurent ou cessent de dégrader la matière organique, et des mauvaises odeurs apparaissent.
- La consigne de 2 mg/l : * Si mg/l : Le développement de bactéries filamenteuses est favorisé, ce qui provoque le "bulking" (les boues ne décantent plus).
- Si 3 mg/l : On gaspille énormément d'énergie électrique (turbines) sans bénéfice supplémentaire pour le traitement, et cela peut casser les floes de boue par agitation excessive.
- Lien avec l'azote : Un taux d'oxygène stable est indispensable pour la nitrification (transformation de l'ammonium en nitrate).

V.7.4. La Température

La température est un catalyseur biologique. Elle n'est généralement pas modifiée par l'exploitant, mais elle doit être surveillée de près.

La température est mesurée par la méthode thermométrique à l'aide d'une sonde thermique intégrée (pH-mètre/oxymètre) ou d'un thermomètre à mercure direct, gradué en degrés Celsius (°C) conformément à la norme ISO 10523 (ou la norme NF T 90-008).

- Cinétique bactérienne : Plus l'eau est chaude (jusqu'à un certain point), plus les bactéries sont actives et dégradent la pollution rapidement. À l'inverse, en hiver, l'activité ralentit, ce qui peut nécessiter une augmentation du temps de séjour dans le bassin.
- Plage optimale : Située entre 15°C et 25°C.
- Au-dessus de 30°C : La solubilité de l'oxygène diminue drastiquement, rendant l'aération plus difficile et coûteuse.
 - En dessous de 10°C : Les bactéries nitrifiantes deviennent presque inactives.

V.7.5. Matière en suspension MES :

La surveillance des substances solides est l'un des fondements de la gestion d'une station à boues activées. Il permet de mesurer la pollution physique à l'entrée et d'évaluer la concentration de la "biomasse" (les bactéries) dans le bassin aéré.

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

Les MES désignent l'ensemble des particules organiques et minérales qui ne sont pas solubles dans l'eau. Elles rassemblent les sables fins, les résidus végétaux, les filaments, et surtout, dans le bassin d'aération, les micro-organismes.

Méthode d'analyses MES :

La méthode utilisée pour l'analyse et la mesure des matières en suspension est celle décrite par la norme ISO 11923 (ou la norme NF EN 872) relative à la détermination des matières en suspension par filtration sur filtre en fibre de verre.

- Préparation : On emploie un disque de filtration (généralement en fibre de verre, type Whatman GF/C). Le filtre sans contenu M (Figure 37)
- Doit être préalablement séché pour retirer toute humidité.
- Filtration : Un volume défini V (normalement 100 ml pour l'eau brute ou la solution mélangée, plus pour l'eau purifiée) est soumis à un filtrage sous vide.
- Séchage : Le transfert à l'étuve à 105°C supprime l'eau libre. Une durée de 2 heures est une référence pour assurer une masse stable.
- Refroidissement : Il est essentiel de placer le filtre dans le dessiccateur avant la pesée finale afin d'éviter que le filtre n'absorbe l'humidité ambiante.

La matière en suspension MES est calculée selon la formule suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{(M1 - M0) \times 10^6}{v(\text{ml})}$$

M1 : Masse du disque de filtration en fibre de verre après séchage à l'étuve à 105°C contenant le résidu sec (en grammes).

M0 : Masse du disque de filtration en fibre de verre propre et vierge, après séchage préalable à l'étuve (en grammes).

V : Volume exact de l'échantillon d'eau usée soumis à la filtration (en millilitres, ml).



Figure 37. Diapositif de filtration



Figure 38. Eau Brute et eau épurée

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.7.6. Les Particules en Suspension Volatiles PSV :

Les MVS constituent la partie organique de MES. Dans le bassin d'aération, ce critère est essentiel car il évalue la quantité de biomasse active (les bactéries capables de décomposer la pollution).

Méthode d'analyse par calcination

La méthode utilisée pour l'analyse est décrite par la norme ISO 5666 (ou la norme NF EN 12879) relative à la détermination de la perte au feu de la masse sèche (matières volatiles)

- On prend le filtre utilisé pour le calcul de MES (déjà séché à 105°C).
- On le met dans un creuset, ensuite dans un four à moufle réglé à 550°C pendant approximativement 2 heures.

À cette température, toute la matière organique est détruite (oxydée en CO), alors que les substances minérales (cendres) demeurent sur le filtre.

La pesée post-calcination fournit la masse des substances minérales (M)Min.

Les formules du calculs sont :

MVS (mg/l) : MES- Matières Minérales

Taux de Volatilité : MVS/MES

- Dans une STEP à boues activées bien gérée, ce ratio se situe généralement entre 0,65 et 0,85 (soit 65% à 85%).
- Un ratio élevé signifie que la boue est riche en micro-organismes jeunes et actifs.
- Un ratio faible indique une boue "vieille" ou trop chargée en sables et minéraux inertes.



Figure39. Dessiccateur de laboratoire en verre contenant des capsules d'évaporation

V.7.8. Décantabilité et test V30 : Diagnostic rapide

La décantabilité est la propriété des boues activées à se séparer de l'eau traitée sous l'action de la gravité. Le test est l'outil de pilotage quotidien le plus simple et le plus rapide pour l'exploitant de la STEP. (Figure 39)

Protocole détaillé du test :(Fig.40)

- Prélèvement : On recueille un échantillon de la "liqueur mixte" directement à la sortie du bassin d'aération, là où le mélange entre les bactéries et l'eau est le plus homogène.
- Manipulation : On remplit une éprouvette graduée de 1000 ml (1 litre) jusqu'au trait de jauge.
- Sédimentation : On laisse l'éprouvette au repos total, à l'abri des vibrations et du soleil, pendant exactement 30 minutes.
- Lecture : On mesure le volume occupé par le lit de boues tassées au fond. La valeur s'exprime en ml/l.

Interprétation approfondie des résultats :

Le volume mesuré permet de diagnostiquer immédiatement l'état du clarificateur :

- $V30 < 200\text{ml/l}$ (Boues trop jeunes ou diluées) :
- La concentration en biomasse dans le bassin est trop faible.

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

- Cela peut être dû à une extraction excessive des boues ou à un lessivage par temps de pluie (eaux pluviales massives).
- Risque : Une épuration incomplète de la pollution carbonée.
- V30 entre 250 et 450 ml/l (Zone optimale) :
- C'est la plage de fonctionnement idéale pour une station à boues activées. La séparation dans le clarificateur sera efficace, produisant une eau claire en sortie.
- V30 > 600 ml/l (Surcharge ou Bulking) :
- Le clarificateur est saturé. Les boues occupent trop de place et risquent d'être entraînées avec l'eau épurée vers le milieu naturel (pollution visuelle et organique).
- Causes possibles : Une mauvaise décantabilité due au développement de bactéries filamenteuses (phénomène de Bulking) ou une biomasse trop vieille et trop concentrée.

Observation visuelle pendant le test :

Au-delà du chiffre, le laborantin de l'ONA observe l'aspect de l'éprouvette :

La clarté du liquide supérieur (surnageant) : S'il est trouble, cela signifie que de petites particules de boues (pin-point floc) ne décantent pas.

- La vitesse de chute : Une boue saine forme un "front de décantation" net qui descend rapidement durant les 5 premières minutes.
- La couleur : Une boue brun chocolat indique une bonne aération, tandis qu'une couleur noire signale un manque d'oxygène.



Figure 40. Echantillon bassin d'aération 1 et 2



Figure 41. Boue active

V.7.11. Demande chimique en oxygène (DCO)

□ **Définition et Intérêt Technique** : La DCO correspond à la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité de dichromate de potassium consommée par les matières oxydables chimiquement dans un échantillon d'eau.

Indicateur Global : Contrairement à la DBO₅, la DCO oxyde la quasi-totalité des substances organiques (biodégradables ou non) et certaines matières minérales.

Rapidité : Son principal avantage est d'offrir un résultat en environ 3 heures, permettant une gestion réactive de la station en cas de pollution accidentelle.

□ **Mode Opératoire et Préparation des Réactifs**

Selon les procédures internes, la manipulation nécessite une préparation rigoureuse des solutions :

A. Préparation de la solution d'acide sulfurique (H_2SO_4) : Mélanger 220 ml d'acide sulfurique (1,84 g/ml) dans 500 ml d'eau, laisser refroidir et diluer à 1000 ml pour obtenir une concentration de 4 mol/l.

B. Solution de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) : Ajouter 10g de sulfate d'argent à 985 ml d'acide sulfurique ; ce réactif sert de catalyseur pour l'oxydation des chaînes carbonées.

C. Solution étalon de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) : Utilisation d'une solution à 0,040 mol/l contenant également du sulfate de mercure (Hg_2SO_4) pour complexer les chlorures et éviter les interférences.

Étapes de Manipulation : (Fig.42)

- Prélèvement : Introduire précisément 2 ml d'échantillon (eau brute ou épurée) dans le tube de réactif pré-dosé.
- Minéralisation : Chauffer les tubes dans un bloc chauffant à 150°C pendant 2 heures.
- Lecture : Après refroidissement à l'obscurité, la mesure est effectuée par spectrophotométrie. La couleur du réactif passe de l'orange (chrome VI) au vert (chrome III) proportionnellement à la pollution. (Fig.43)



Figure 42. Bloc chauffant à 150°C



Figure 43. La couleur du réactif passe de l'orange (chrome) au vert (chrome) proportionnellement à la pollution.

CHAPITRE 3. Matériels Et Méthodes

V.7.9. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

12.1 Définition et Méthode Normalisée

La DBO5 mesure la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes aérobies pour décomposer les matières organiques biodégradables présentes dans l'eau, après une incubation de 5 jours à 20°C

12.2 Fonctionnement du Système Oxitop (Méthode Respirométrique)

L'ONA utilise le système Oxitop, une méthode manométrique simplifiée et précise :

1. Mise en flacon : On introduit un volume précis d'échantillon dans un flacon brun (pour éviter la photosynthèse).
2. Absorption du CO₂ : Des pastilles de soude (Hydroxyde de sodium NaOH) sont placées dans un porte-joint sous le bouchon. Lorsque les bactéries respirent, elles consomment l'O₂ et rejettent du CO₂, lequel est instantanément piégé par la soude.
3. Mesure de la pression : La consommation d'oxygène crée un vide (dépression) à l'intérieur du flacon. Le capteur électronique situé dans le capuchon enregistre cette baisse de pression et la convertit directement en mg/l de DBO5.

12.3 Interprétation : Le Rapport DCO / DBO5 :

Ce rapport est fondamental pour évaluer la "biodégradabilité" de l'effluent :

- Rapport < 2 : Eau très facilement biodégradable (pollution domestique typique).
- 2 < Rapport < 4 : Eau moyennement biodégradable.
- Rapport > 4 : Eau difficilement biodégradable, suggérant une forte présence de rejets industriels ou de substances toxiques inhibant les bactéries.

Paramètres Bactériologiques (Indicateurs de contamination)

Bien que votre station se concentre sur le physico-chimique, le contrôle bactériologique en sortie est essentiel si l'eau est rejetée près d'une zone de baignade ou utilisée en agriculture.

- Coliformes totaux et fécaux : Leur présence indique une contamination par des matières excrémentielles.
- Streptocoques fécaux : Indicateurs de pollution fécale plus ancienne ou résistante.
- Objectif : La réduction de ces germes se fait naturellement par compétition biologique dans le bassin et par sédimentation dans le clarificateur.



CHAPITRE 4

Résultats et discussion



IV.1 Analyse des résultats du suivi du fonctionnement de la STEP de Mostaganem

D'après notre expérience sur l'analyse de tout le processus du fonctionnement de la station d'épuration de Mostaganem, et le suivie de la performance des différentes étapes de traitement des eaux usée dans la station avant et après le traitement, une analyse récapitulative est présentée par les points suivants :

La station d'épuration de Mostaganem fonctionne selon le mode des boues activées, un procédé biologique à culture libre.

Le traitement des eaux usées à la STEP vise à réduire la charge polluante (matières en suspension, matières organiques, nutriments) afin d'obtenir un effluent final conforme avant rejet dans le milieu récepteur ou une éventuelle réutilisation.

Le suivi des paramètres physicochimiques présentés dans ce travail met en évidence l'efficacité globale de la filière, en particulier du traitement biologique par boues activées, qui constitue l'étape clé pour l'élimination de la pollution carbonée et d'une partie de la pollution azotée et phosphorée.

De manière générale, la filière « eau » d'une STEP urbaine comprend :

- **Prétraitements (dégrillage, dessablage/déshuilage)** : protection des ouvrages en aval et réduction des éléments grossiers/minéraux ; leur performance se reflète indirectement par la diminution des matières décantables en sortie. Comprend le dégrillage grossier (> 50mm) et fin (> 20mm), suivi du dessablage et du déshuilage pour protéger les équipements aval.
- **Traitement biologique ou prétraitement (boues activées, bassin d'aération)** : Mise en contact des effluents avec une biomasse épuratrice dans un réacteur aéré (bassin biologique). Dégradation de la matière organique biodégradable (baisse forte de DBO₅) et oxydation d'une partie de la matière organique totale (baisse forte de DCO) ; l'aération augmente l'oxygène dissous et peut faire légèrement monter le pH par dégazage du CO₂.
- **Clarification secondaire (décantation secondaire)** : séparation des boues par une décantation naturelle dans un décanteur secondaire et obtention d'un effluent clarifié (baisse des matières décantables et stabilisation de plusieurs paramètres).

Avantages et Inconvénients

1. **Avantages** : Adaptée à toutes les tailles de collectivité, excellente élimination des paramètres MES, DCO, DBO5 et de l'azote par nitrification/dénitrification.
 2. **Inconvénients** : Production de boues qu'il faut traiter (épaississement, lits de séchage), consommation d'énergie importante pour l'aération, et sensibilité aux variations brusques de charge (ONA documents).
- **Traitement tertiaire et/ ou désinfection (selon la configuration)** : amélioration supplémentaire (notamment microbiologique), utile en cas de réutilisation.

Les résultats obtenus sur la période de suivi montrent une amélioration nette entre l'entrée (EB) et la sortie (EE) pour les indicateurs de pollution organique (DBO₅, DCO) et pour les matières décantables, confirmant le bon fonctionnement des étapes biologiques et de clarification.

Avantages et Inconvénients

- Avantages : Adaptée à toutes les tailles de collectivité, excellente élimination des paramètres MES, DCO, DBO5 et de l'azote par nitrification/dénitrification.
- Inconvénients : Production de boues qu'il faut traiter (épaississement, lits de séchage), consommation d'énergie importante pour l'aération, et sensibilité aux variations.

IV.2 Analyse des paramètres physicochimiques des eaux usées épurées au niveau de la STEP

Mostaganem

IV.2.1 Potentiel d 'hydrogène (pH)

La Figure 44 présente l'évolution du pH à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la station d'épuration sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.

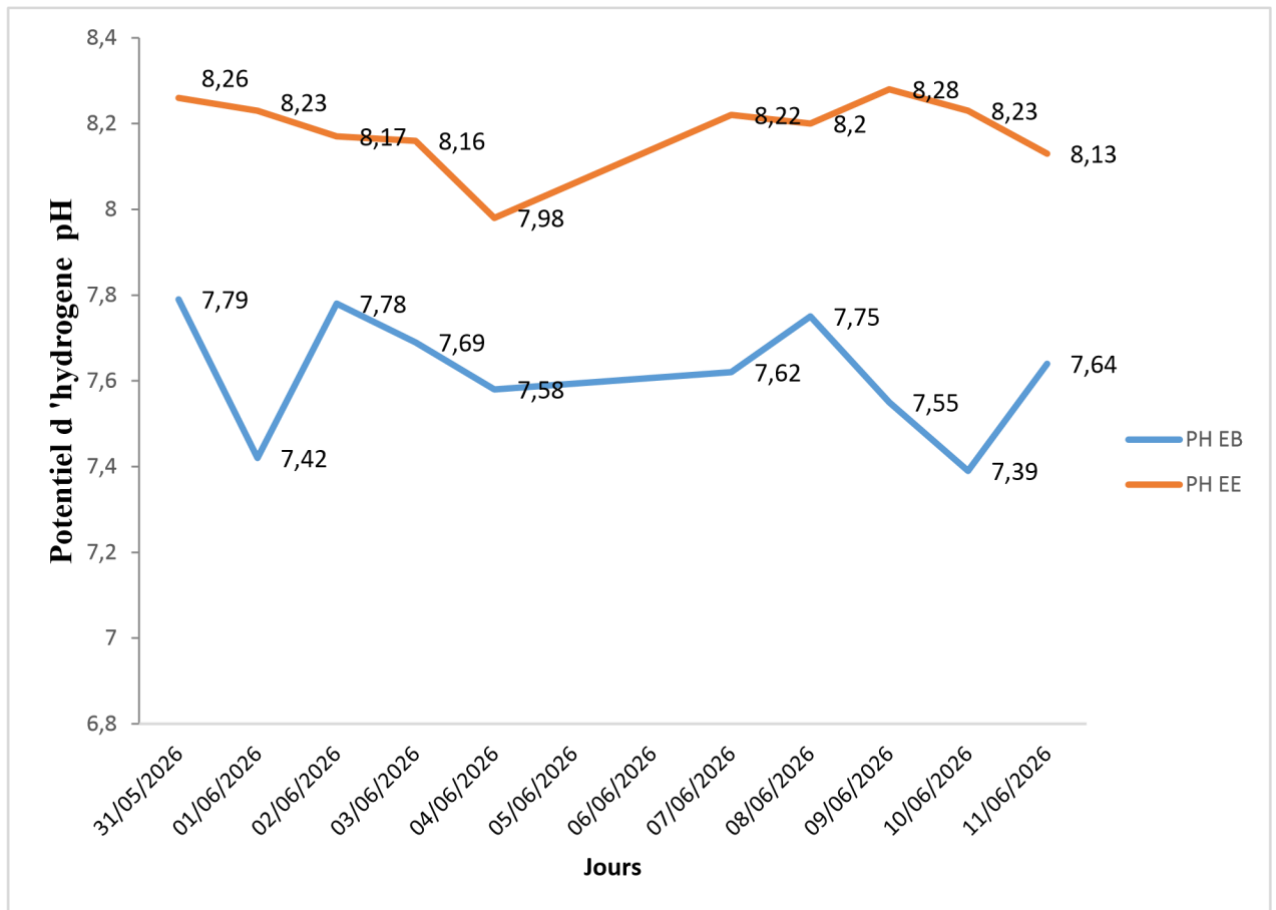


Figure 44. Les variations des valeurs de pH des eaux usée épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.

- À l'entrée les valeurs mesurées sont stables et se situent à une moyenne d'environ 7,6. Ce caractère légèrement basique est optimal pour le traitement biologique, car il offre un milieu favorable au développement des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique.
- À la sortie (Eau Épurée - EE) : On constate une légère augmentation du pH sur l'ensemble de la période, stabilisé autour d'une moyenne de 8,2. Cette hausse modérée est le résultat direct de l'aération dans les bassins biologiques, entraînant l'élimination par strippage du CO₂ dissous (gaz acide).

Les valeurs de pH à l'entrée comme à la sortie restent parfaitement stables et harmonieuses. L'eau épurée finale (comprise entre 7,98 et 8,28) respecte scrupuleusement les normes algériennes de rejet dans les milieux récepteurs ou de réutilisation, qui exigent un pH obligatoirement compris entre 6,5 et 8,5.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

Djemil *et al.* (2016) rapportent, pour la station de Beni Messous (Annaba) durant 2012, des pH à l'entrée compris entre 7,43 et 7,79 et à la sortie entre 7,61 et 7,87, ce qui confirme que les pH observés à Mostaganem s'inscrivent dans des valeurs typiques des STEP urbaines.

IV.2.2 La Température

La Figure 45 présente l'évolution du Température à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.

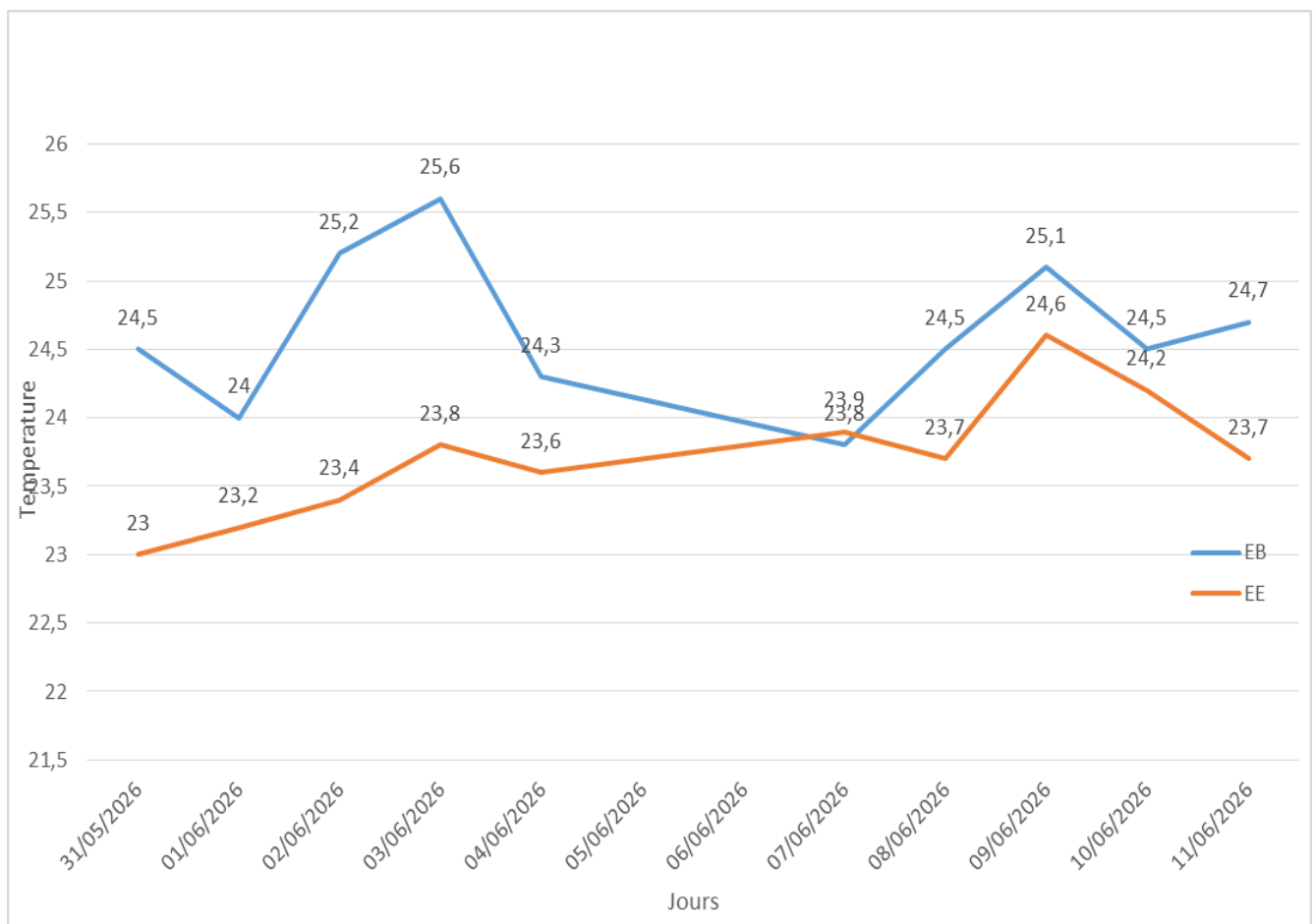


Figure 45. Les variations des valeurs de température des eaux usée épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.

La température est un paramètre écologique et opérationnel essentiel, car elle influence directement la vitesse des réactions biochimiques, l'activité microbienne et la solubilité de l'oxygène dans l'eau.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

- À l'entrée de la station, la température varie entre 23,8 °C et 25,6 °C, avec une moyenne proche de 24,5 °C. Cette plage thermique est favorable au traitement biologique par boues activées. Elle permet une bonne activité métabolique des bactéries sans provoquer de choc thermique. En général, les performances biologiques diminuent fortement à basse température, tandis que des températures trop élevées peuvent réduire la solubilité de l'oxygène et perturber l'équilibre microbien.
- À la sortie, les températures varient entre 23,0 °C et 24,6 °C. Le léger abaissement observé peut être lié aux échanges thermiques avec l'atmosphère et à l'évaporation partielle induite par l'aération dans les bassins.

Le profil thermique est stable et ne montre aucune anomalie. Les températures mesurées sont compatibles avec le bon fonctionnement d'un procédé biologique aérobie. Elles ne traduisent pas la présence d'un rejet thermique industriel significatif. Les études de performance de stations d'épuration montrent que la température, le pH et l'oxygène dissous font partie des principaux paramètres de contrôle du bon fonctionnement des procédés biologiques.

Ces variations restent comparables aux fluctuations saisonnières normales observées à Mostaganem. (L'Office National De l'assainissement ONA).

Le profil thermique reste parfaitement stable et homogène. De plus, les températures de l'eau épurée (inférieures à 25°C) sont totalement conformes aux normes réglementaires Algériennes, qui fixent généralement une limite maximale de 30 °C pour les rejets d'eaux usées épurées afin d'éviter de perturber l'écosystème marin ou aquatique récepteur.

À titre de comparaison, au niveau de la station de Béni Messous, les valeurs de la température ne dépassent pas 22 °C à l'entrée (21,82 °C) et 21,41 °C à la sortie. En revanche, pour la STEP de Tizi-Ouzou, la température de l'eau épurée à la sortie est généralement légèrement supérieure à celle de l'eau brute à l'entrée, avec des valeurs comprises entre 19,1 °C et 22,6 °C à l'entrée et entre 19,6 °C et 23,1 °C à la sortie. La température moyenne de l'eau y est traitée de 17,4 °C à 20 °C selon la période de l'année. (**Djemil *et al.*, 2016**).

IV.2.3 La Conductivité électrique

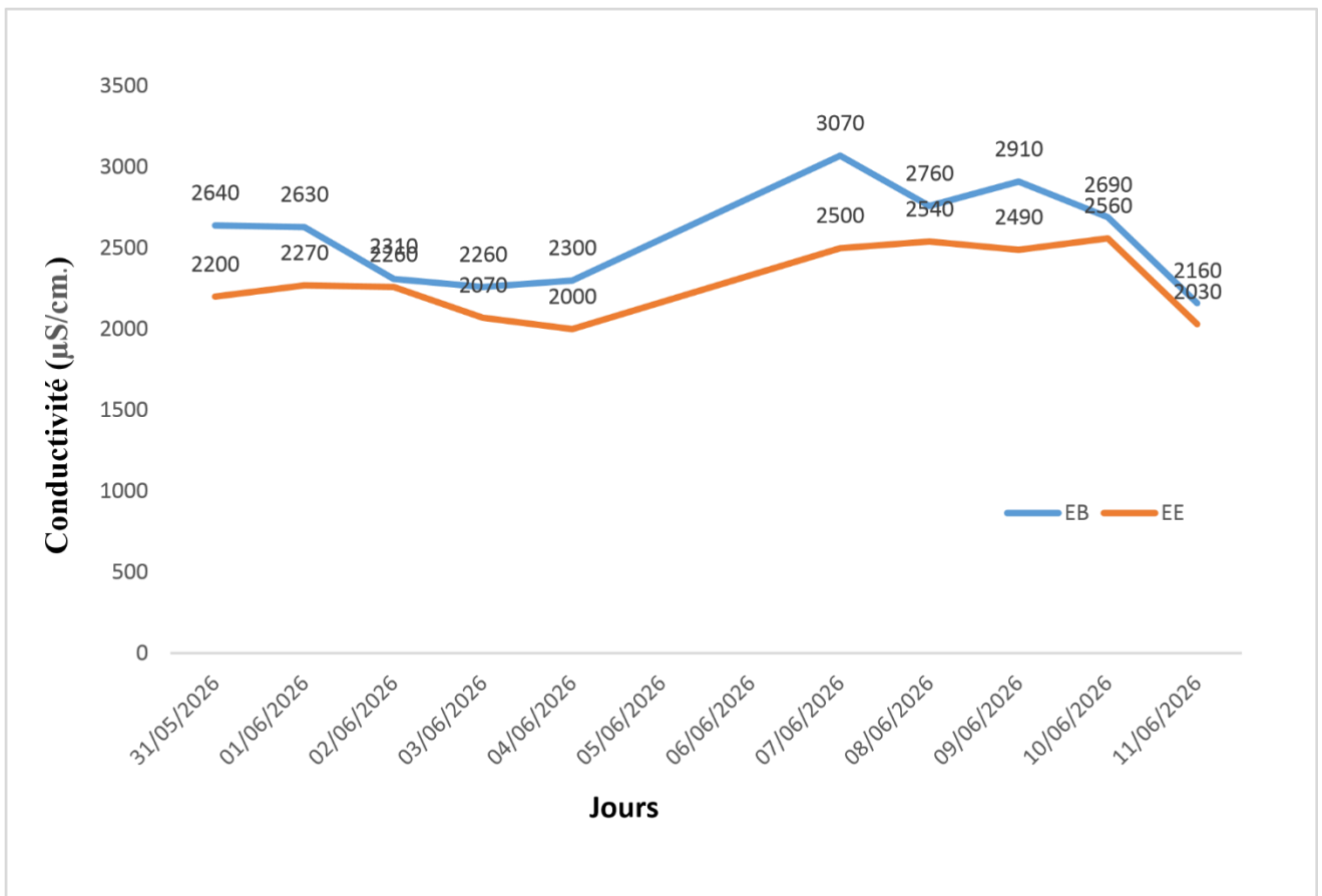


Figure 46. Présente l'évolution de la Conductivité électrique à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.

L'examen des courbes de conductivité électrique permet de dresser les constats

Suivants :

La conductivité électrique traduit la minéralisation globale de l'eau et renseigne sur la Concentration en ions dissous. Elle est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

- À l'entrée (EB), les valeurs sont élevées, comprises entre 2160 et 3070 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces niveaux indiquent une minéralisation importante des eaux usées brutes.

Cette situation peut être liée à la nature des eaux domestiques, aux rejets urbains, à l'utilisation d'eaux souterraines minéralisées ou à une influence saline locale.

- À la sortie (EE) Les valeurs se stabilisent à un niveau légèrement inférieur, oscillant autour d'une moyenne de 2 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette baisse modérée s'explique par l'absorption d'une fraction des sels minéraux (nutriments comme le phosphore et l'azote) par la biomasse durant le traitement biologique, ainsi que par la précipitation de certains composés lors de la décantation secondaire.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

Le traitement par boues activées de la STEP de Sablette montre une tendance positive à la réduction de la conductivité. Bien que les procédés biologiques n'aient pas pour vocation première la déminéralisation des eaux, les valeurs de l'eau épurée finale restent stables et conformes aux seuils réglementaires acceptables pour les rejets environnementaux ou pour d'éventuelles réutilisations agricoles (irrigation), sous réserve de surveiller la tolérance des cultures à la salinité.

Le traitement biologique par boues activées n'est pas conçu pour assurer une déminéralisation poussée, contrairement aux procédés membranaires tels que l'osmose inverse. La diminution observée reste donc logique et témoigne surtout de la stabilité du procédé. Toutefois, pour une éventuelle réutilisation agricole, la conductivité moyenne d'environ 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ impose une vigilance particulière, car la salinité de l'eau d'irrigation peut affecter la structure du sol et la tolérance des cultures. Les recommandations de la FAO relatives à la qualité des eaux d'irrigation considèrent la salinité comme un facteur majeur de restriction d'usage agricole.

En comparant nos résultats avec d'autres installations nationales, on remarque que la STEP de Béni Messous enregistre des conductivités nettement plus faibles, oscillant entre 1176,6 et 1604,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'entrée, et variant de 1129,9 à 1494,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la sortie (moyenne de 1365,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Djemil *et al.* 2016) .

À l'inverse, la STEP d'Oran (El Karma) présente une conductivité très élevée, comprise entre 3 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 4 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'entrée et se maintenant entre 2 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 4 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la sortie, avec parfois des pics plus intenses lors des périodes de faible débit ou de forte activité industrielle, ce qui met en évidence la spécificité des rejets de chaque agglomération. Les valeurs de Mostaganem (Sablette) se situent ainsi dans une position intermédiaire par rapport à ces deux stations. (L'office national de l'assainissement ONA).

IV.2.4 Demande Chimique en Oxygène — DCO

La Figure 47. Présente l'évolution de la Demande Chimique en Oxygène — DCO à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.

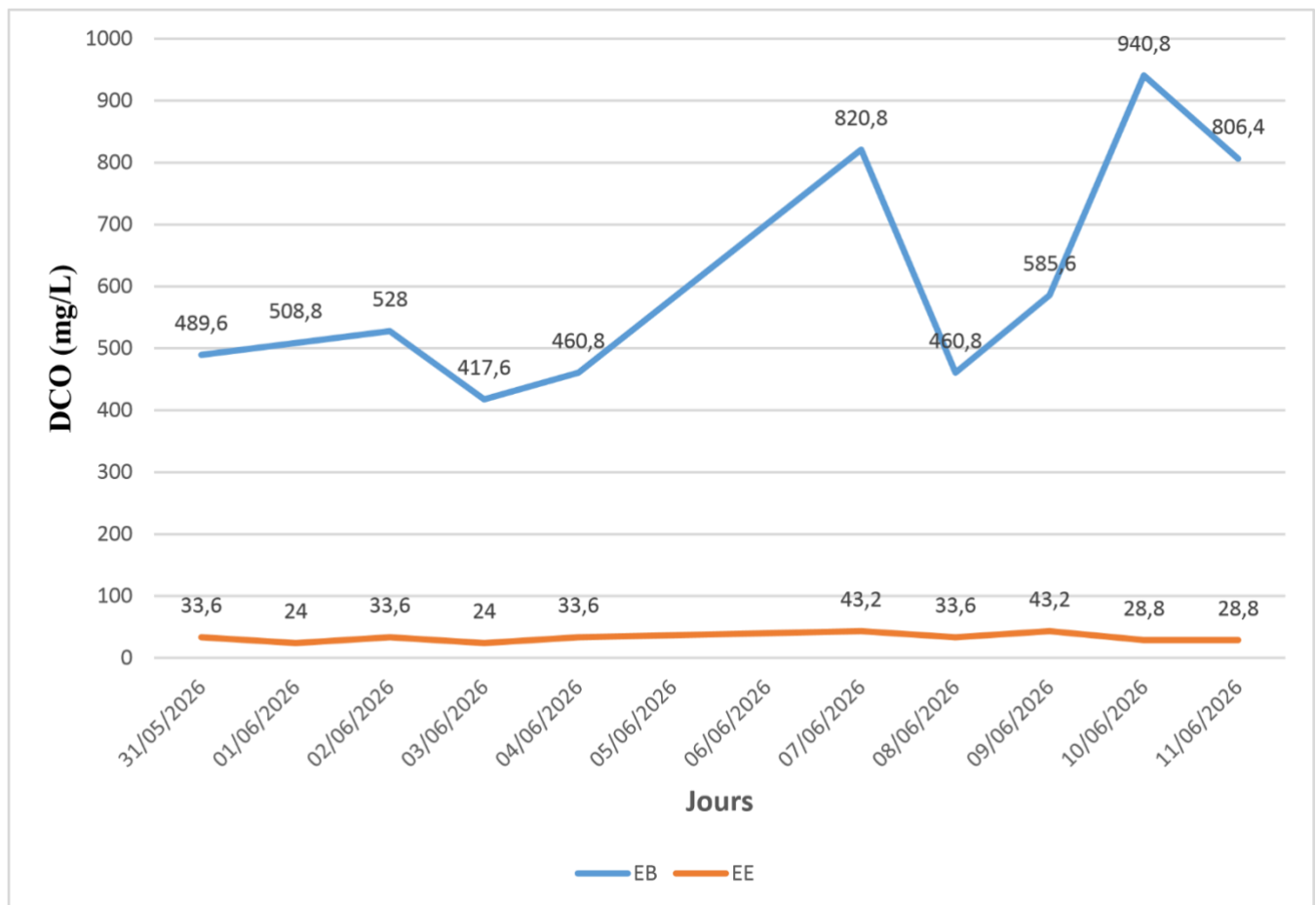


Figure 47. Les variations des valeurs de Demande Chimique en Oxygène — DCO des eaux usée épurées à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la STEP.

La DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement la matière organique biodégradable et non biodégradable présente dans l'eau. Elle constitue un indicateur global de la pollution oxydable.

- À l'entrée de la station, les valeurs de DCO sont élevées et varient entre 417,6 mg/L et 940,8 mg/L. Le pic observé le 10/06 traduit probablement une arrivée ponctuelle d'une charge organique plus importante. Ces concentrations sont caractéristiques d'eaux usées urbaines fortement chargées.
- À la sortie, la DCO chute fortement et se stabilise entre 24,0 mg/L et 43,2 mg/L. Ces valeurs sont très inférieures à la limite réglementaire algérienne de 120 mg/L rapportée pour les rejets liquides .

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

Le rendement d'élimination de la DCO est excellent et dépasse largement les 90% sur l'ensemble de la période. Ces résultats démontrent l'efficacité remarquable du traitement biologique de la STEP de Sablette, garantissant que l'eau rejetée est conforme aux normes environnementales algériennes de rejet (généralement fixées à un seuil maximal de 120 mg/L pour la DCO).

La forte diminution de la DCO confirme l'efficacité de l'oxydation biologique de la matière organique et la bonne adaptation de la biomasse aux charges entrantes. Les valeurs finales sont largement conformes à la réglementation, ce qui montre que l'effluent rejeté présente une faible charge oxydable résiduelle.

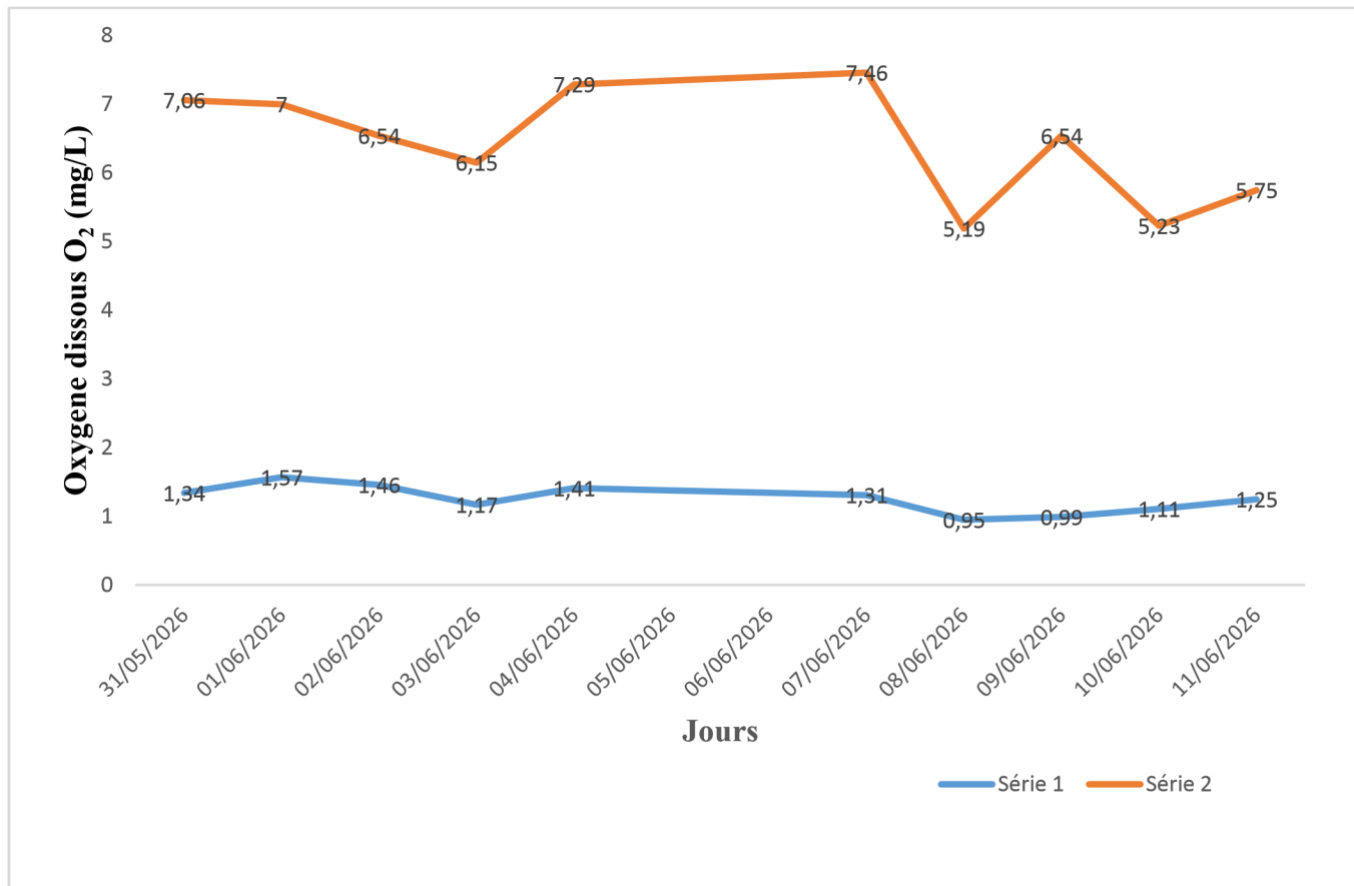
D'autres études menées sur des STEP algériennes rapportent à l'entrée une valeur minimale de DCO de 217,5 mg/L et une valeur maximale de 431,61 mg/L, dépassant largement les normes admises par l'OMS (90 mg/L), tandis qu'à la sortie de la station les valeurs chutent entre 14,55 et 27,50 mg/L, répondant ainsi aux exigences de l'OMS (**Djemil *et al.*, 2016**).

Par ailleurs, à la STEP de Mesra (Mostaganem), la DCO se situe entre 450 mg/L et 750 mg/L à l'entrée et entre 30 mg/L et 55 mg/L à la sortie. Ces données soulignent que l'efficacité d'élimination de la DCO à Sablette reste parfaitement performante et alignée avec les standards nationaux (STEP de Mostaganem).

Il convient de rappeler que selon la réglementation algérienne, la valeur limite de la DCO pour un rejet dans le milieu naturel est de $DCO_{max} = 120$ mg/L. Nos résultats s'insèrent également de manière cohérente vis-à-vis d'autres installations de la région ; par exemple, à la STEP de Mesra (Mostaganem), la DCO à l'entrée se situe entre 450 mg/L et 750 mg/L et baisse à la sortie entre 30 mg/L et 55 mg/L.

IV.2.5 Oxygène dissous

La Figure 48 présente l'évolution de l'oxygène dissous à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.



La Figure 48. Représente l'évolution de l'oxygène dissous à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.

L'oxygène dissous est un paramètre essentiel pour évaluer l'état d'oxygénation de l'eau et l'efficacité du système d'aération.

- À l'entrée de la STEP, les concentrations sont faibles, comprises entre 0,95 et 1,57 mg/L. Cette situation est normale pour une eau usée brute, car la matière organique présente dans le réseau d'assainissement consomme rapidement l'oxygène disponible.
- À la sortie, les concentrations augmentent fortement et atteignent 5,19 à 7,46 mg/L.

Cette dynamique de réoxygénation se confirme également à la STEP de Bejaïa, où l'eau brute affiche une concentration en oxygène dissous extrêmement faible comprise entre 0,5 mg/L et 1,5 mg/L, pour atteindre en sortie des valeurs allant de 4,5 mg/L et 6,5 mg/L après traitement.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

Cette amélioration témoigne de l'efficacité des dispositifs d'aération et du brassage dans les bassins biologiques. Une concentration supérieure à 5 mg/L est généralement favorable au maintien de conditions non anoxiques dans le milieu récepteur

La remontée de l'oxygène dissous en sortie confirme que l'eau épurée est correctement réoxygénée. Les données de la littérature confirment aussi que l'oxygène dissous est un paramètre central pour le fonctionnement des procédés biologiques aérobies et pour la qualité finale de l'effluent.

Donc, le saut quantitatif d'oxygène dissous confirme la performance des turbines ou des diffuseurs d'air dans les bassins d'aération de la STEP de Mostaganem. L'eau épurée rejetée est ainsi correctement réoxygénée, ce qui préserve la faune et la flore du milieu récepteur (rejet en mer ou réutilisation) et valide la conformité du traitement.

IV.2.6 Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours — DBO₅

La Figure 49. Présente l'évolution de Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours DBO₅ à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/05/2026 au 17/06/2026.

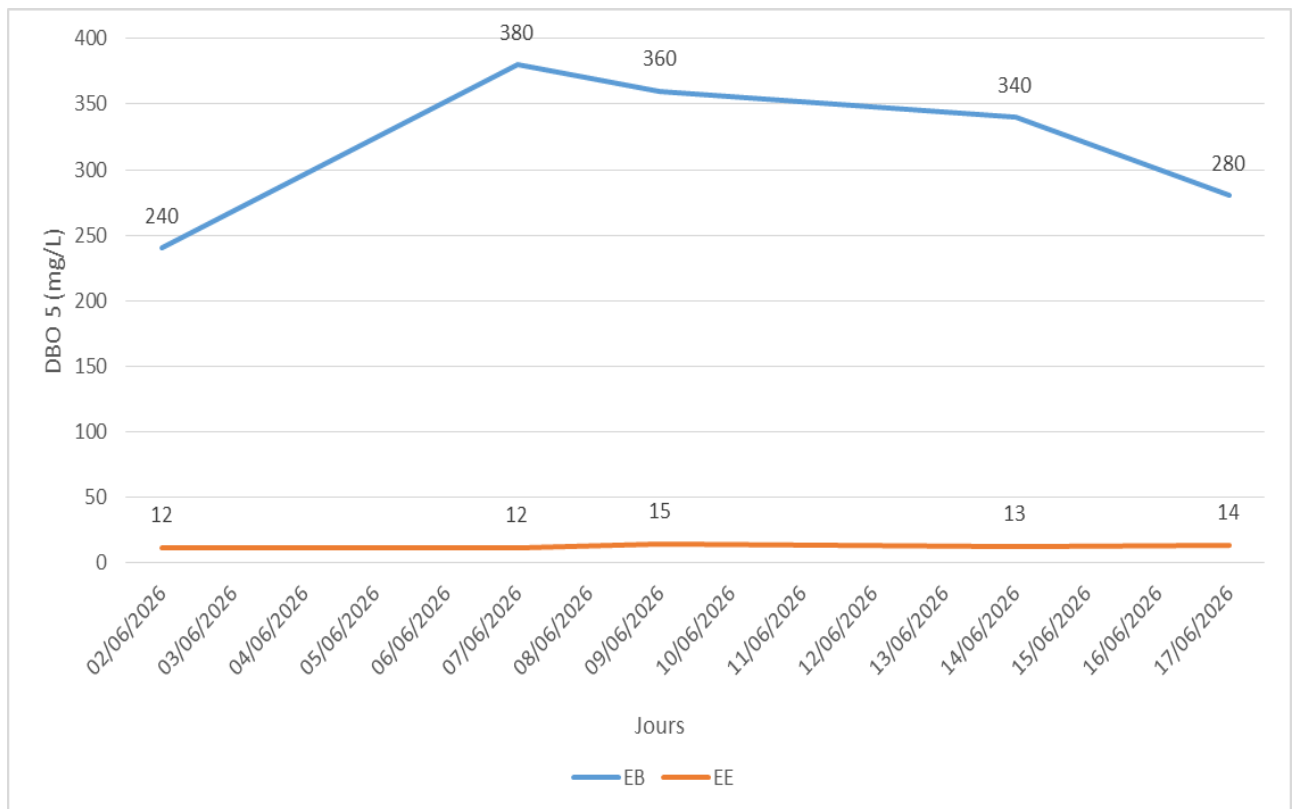


Figure 49. Présente l'évolution de Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours — DBO₅ à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.

La DBO₅ mesure la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pendant cinq jours pour dégrader la matière organique biodégradable. Elle constitue un indicateur direct de la pollution organique facilement assimilable.

- À l'entrée, les valeurs de DBO₅ varient entre 240 et 380 mg/L. Ces concentrations sont typiques d'eaux usées urbaines biodégradables. Le rapport DCO/DBO₅, généralement compris entre 2 et 2,5, confirme le caractère biodégradable de l'effluent brut et justifie le choix d'un traitement biologique par boues activées.
- À la sortie, les valeurs diminuent fortement et se maintiennent entre 12 et 15 mg/L. Ces concentrations sont largement inférieures à la limite réglementaire de 35 mg/L pour la DBO₅.

Les résultats mettent en évidence la très bonne performance de la STEP de Mostaganem

Sablette dans l'élimination de la matière organique biodégradable. La réduction de la DBO₅

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

(L'abattement de la DBO₅) entre l'entrée et la sortie dépasse 94 %, ce qui confirme l'efficacité des traitements biologiques et permet d'obtenir une eau épurée de bonne qualité, conforme aux exigences de rejet.

Ces performances se rapprochent de celles documentées dans d'autres stations de traitement du pays. A STEP de Beni Messous (2012). 167,8 et 321,22 mg/l à l'entrée de la station. Tandis qu'à la sortie, les valeurs mesurées en DBO₅ varient de 3,43 et 18,02 mg/l, ne dépassant pas les normes préconisées par l'OMS (30 mg/l) (Djemil *et al.*, 2016). De même, au niveau de la STEP de Skikda, la concentration en DBO₅ à l'entrée varie de 330 à 450 mg/L et se dégrade en fin de traitement pour atteindre des valeurs de 25 à 30 mg/L. L'abattement observé à la station de Sablette confirme ce fort potentiel épuratoire biologique. La stabilité des valeurs en sortie montre que la biomasse reste active et que le procédé supporte bien les variations de charge organique à l'entrée.

IV.2.8 Suivi des nutriments : composés azotés et phosphorés

L'élimination des nutriments est importante pour limiter les phénomènes d'eutrophisation dans le milieu récepteur. Les formes azotées et phosphorées suivies dans cette étude sont les nitrates, les nitrites, l'ammonium, l'azote ammoniacal et les phosphates.

Cette réduction peut être attribuée à l'assimilation biologique du phosphore par la biomasse, à l'accumulation intracellulaire de polyphosphates par certaines bactéries et, dans une moindre mesure, à des phénomènes de précipitation ou d'adsorption.

IV.2.8.1 Nitrates et nitrites

La Figure 50 présente l'évolution des Nitrates à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026, Et la Figure 3.37 présente l'évolution des Nitrites à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

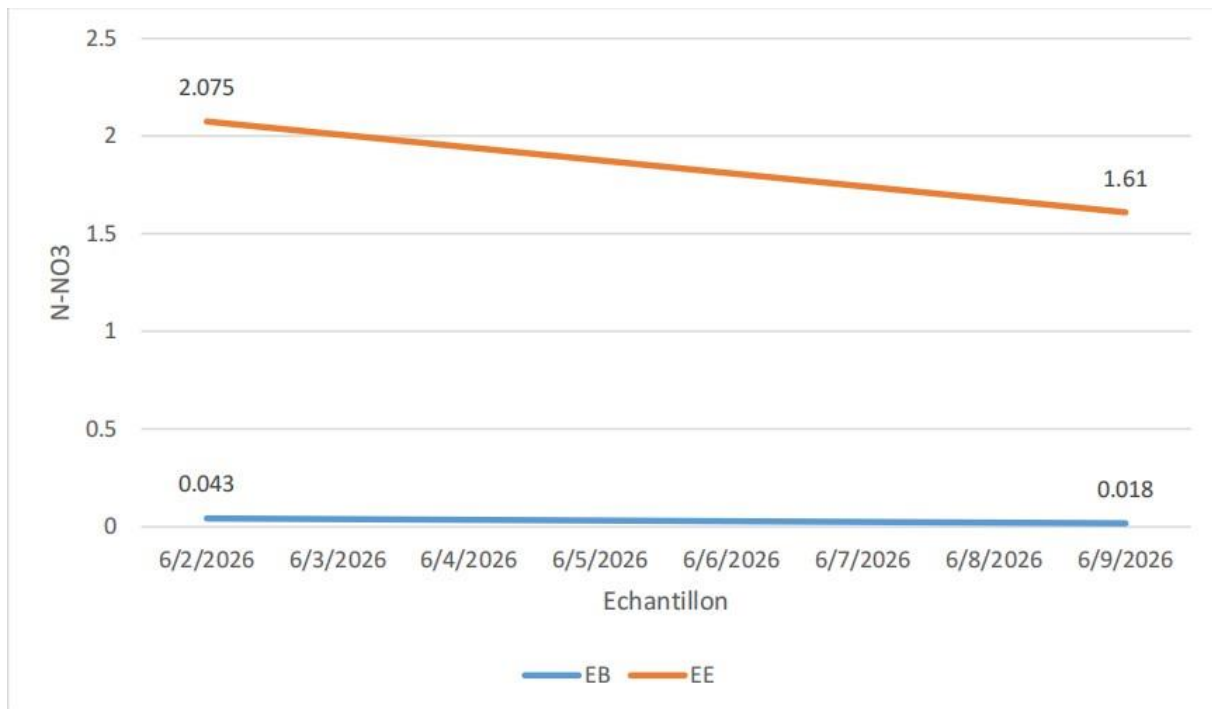
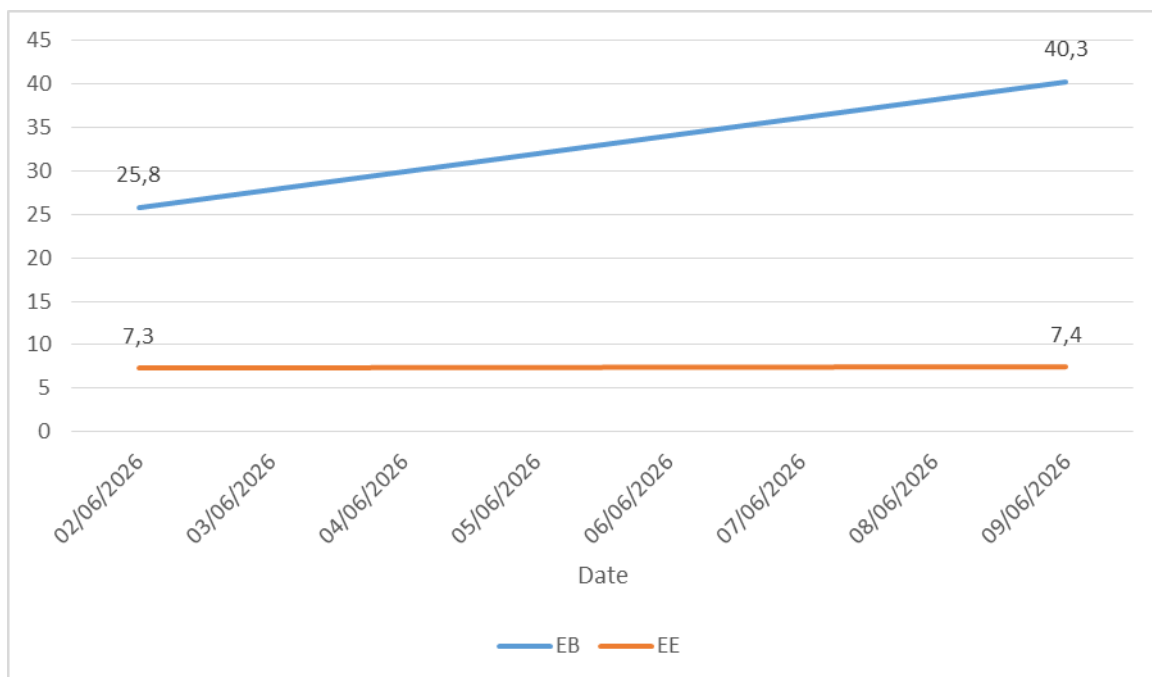


Figure 50. Evolution de Nitrate à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.



La Figure 51. Evolution de Nitrite à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

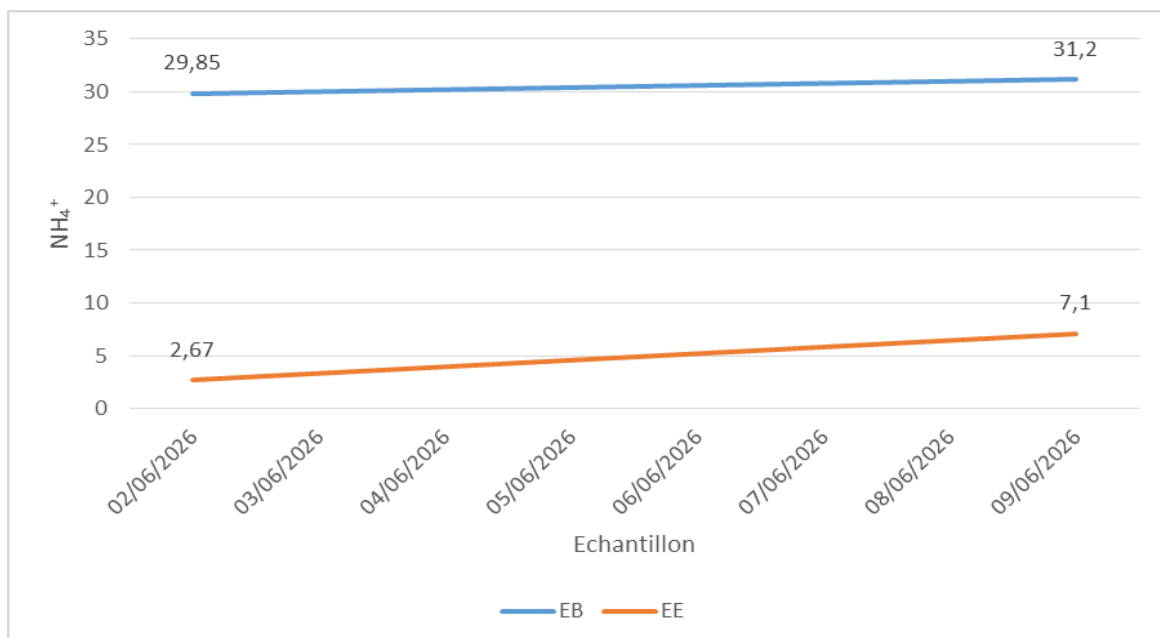
Les nitrites diminuent d'environ 40,3 mg/L à l'entrée à 7,4 mg/L à la sortie. Cette réduction traduit une élimination importante de l'azote oxydé, probablement liée à l'alternance entre phases aérées et phases anoxiques dans les bassins biologiques. Les phases aérées favorisent la nitrification, tandis que les phases anoxiques permettent la dénitrification, c'est-à-dire la transformation des nitrates en azote gazeux.

Les nitrites restent faibles, ce qui indique que le processus de nitrification ne s'arrête pas à un stade intermédiaire instable.

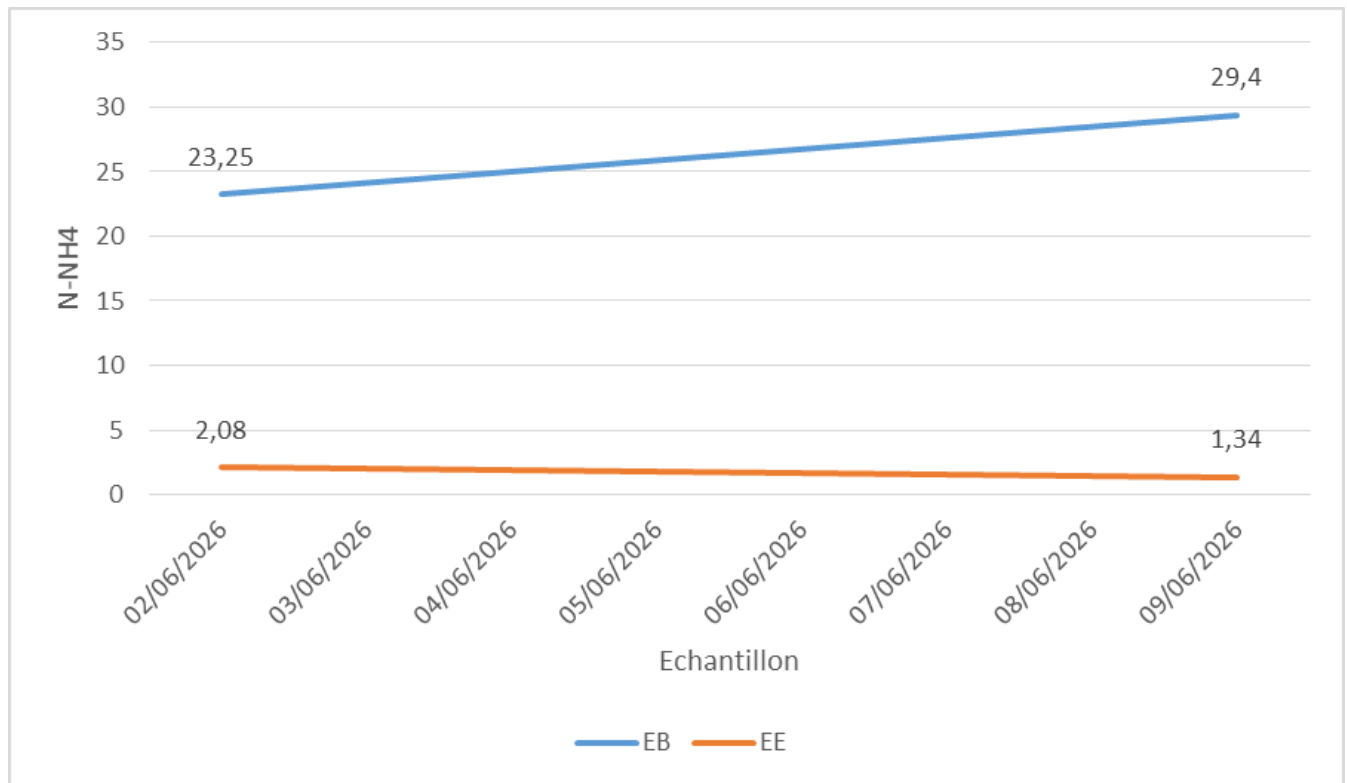
Au niveau de la STEP de Baraki (Alger), le suivi de l'Azote total montre des concentrations à l'entrée comprises entre 60 et 85 mg/L, qui s'abaissent à la sortie dans une fourchette de 15 à 32 mg/L.

IV.2.8.2 Ammonium et azote ammoniacal

La Figure 52 présente l'évolution de l'ammonium à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026. Et la Figure 3.39 présente l'évolution de l'azote ammoniacal à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.



La Figure 52 Evolution de l'ammonium à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.



La Figure 53. Evolution de l'azote ammoniacal à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) de la station d'épuration sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.

Les concentrations en ammonium passent d'environ 31,2 mg/L à 1,92 mg/L, tandis que l'azote ammoniacal (N-NH₄) passe d'environ 29,4 mg/L à 1,51 mg/L. Ces résultats indiquent une nitrification très efficace.

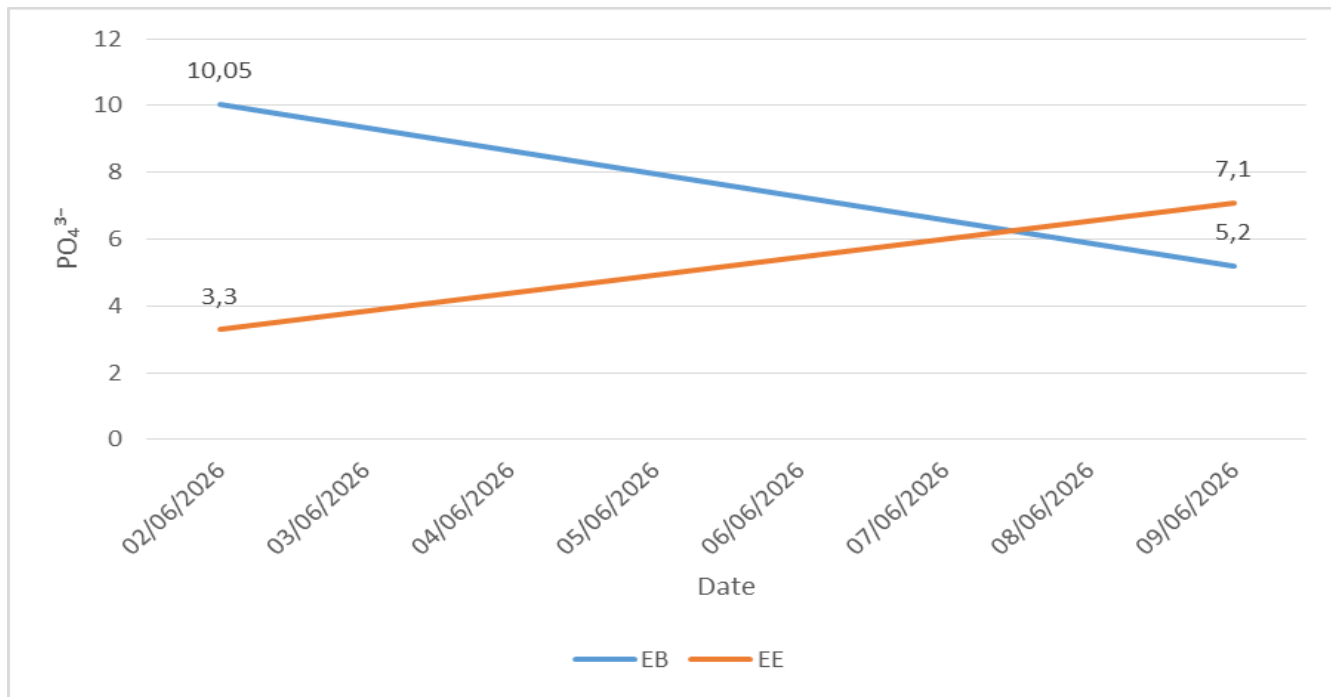
L'abattement supérieur à 94 % montre que les bactéries nitrifiantes sont actives et que les conditions d'aération sont suffisantes. La réduction de l'ammonium (NH₄⁺) est particulièrement importante, car cette forme de l'azote peut être toxique pour les organismes aquatiques, surtout à pH élevé.

La station absorbe efficacement la hausse de charge à l'entrée tout en améliorant la qualité de l'eau rejetée.

De plus, les suivis menés à la STEP de Baraki montrent des niveaux d'azote global à l'entrée entre 60 et 85 mg/L (réduits de 15 à 32 mg/L à la sortie) et des concentrations en ammonium/azote ammoniacal allant de 40 mg/L à 80 mg/L à l'entrée pour atteindre environ 5 mg/L en sortie.

IV.2.8.3 Phosphates

La Figure 54 présente l'évolution de phosphores à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 09/06/2026.



La Figure 54. Evolution du phosphore à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la date du 02/06/2026 et 09/06/2026.

Les phosphates (PO_4^{3-}), diminuent d'environ 5,2 mg/L à l'entrée à 1 et 2 mg/L à la sortie. Cette valeur finale est compatible avec les seuils rapportés dans la littérature pour les rejets liquides, où une valeur de référence de 2 mg/L est citée pour les phosphates dans le tableau des normes algériennes [1](#).

Pour ce qui est de la charge phosphorée, la STEP de Baraki affiche des valeurs de phosphore à l'entrée oscillant entre 8 et 15 mg/L, avec une réduction efficace en sortie atteignant 0,54 à 2,5 mg/L.

Cette réduction peut être attribuée à l'assimilation biologique du phosphore par la biomasse, à l'accumulation intracellulaire de polyphosphates par certaines bactéries et, dans une moindre mesure, à des phénomènes de précipitation ou d'adsorption.

Les résultats obtenus sur l'azote et le phosphore sont très satisfaisants. Ils montrent que la

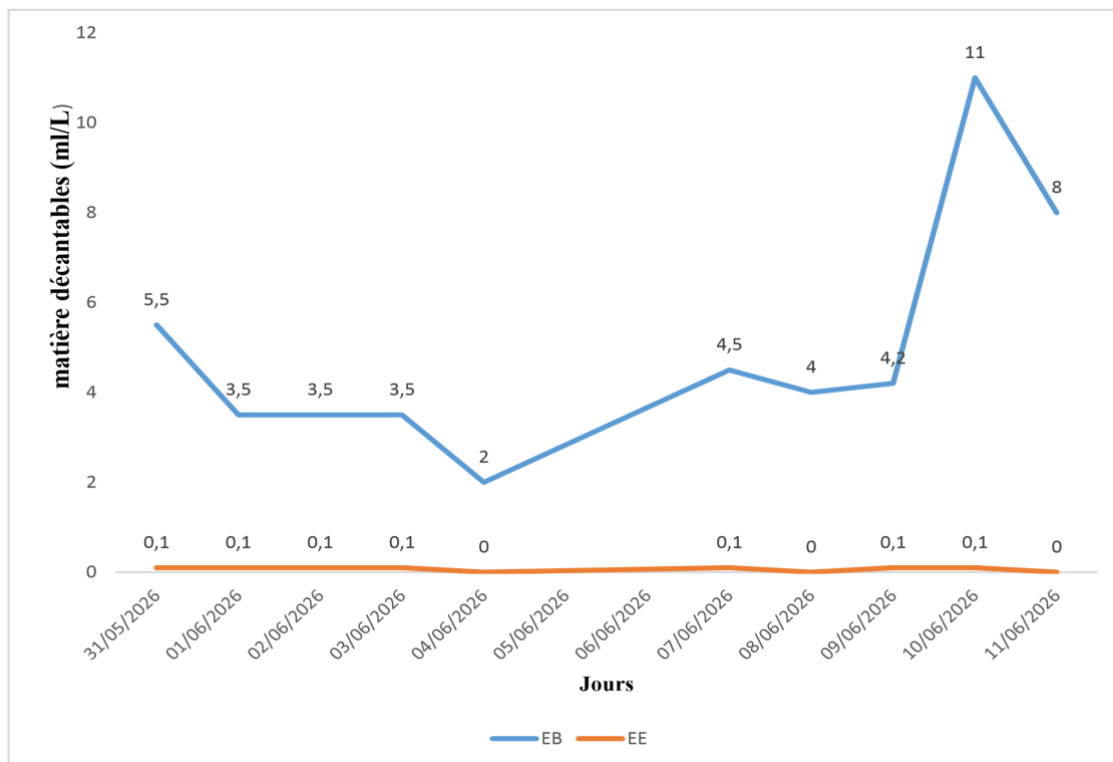
CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

STEP de Sablette assure non seulement l'élimination de la pollution carbonée, mais aussi une réduction significative des nutriments. Ces performances réduisent le risque d'eutrophisation du milieu récepteur.

Dans l'ensemble, les résultats démontrent que la STEP de Mostaganem – Sablette assure une élimination efficace des composés azotés et phosphorés, avec une réduction importante des concentrations entre l'entrée et la sortie. Cette performance témoigne du bon fonctionnement des procédés biologiques de traitement et contribue à améliorer la qualité de l'eau épurée avant son rejet dans le milieu récepteur.

IV.2.7 Matières décantables

La Figure 55 présente l'évolution de Matières décantables à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 31/05/2026 au 11/06/2026.



La Figure 55. Evolution des matières décantables — DBO_5 à l'entrée (EB) et à la sortie (EE) sur la période du 02/06/2026 au 17/06/2026.

Les matières décantables représentent la fraction des particules susceptibles de se déposer après un temps de repos standard. Elles renseignent sur la charge particulaire lourde et sur l'efficacité de la clarification.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

- Les valeurs enregistrées à l'entrée varient entre 2 et 11 mL/L. Une diminution est observée du 31/05 au 04/06, où la valeur minimale de 2 mL/L est atteinte. Par la suite, les matières décantables augmentent progressivement jusqu'à 4,5 mL/L, avant de connaître un pic important de 11 mL/L le 10/06/2026, puis de diminuer à 8 mL/L le 11/06/2026. Ces variations reflètent les fluctuations de la charge polluante de l'eau brute arrivant à la station.
- En revanche, les valeurs mesurées à la sortie restent très faibles et stables, comprises entre 0 et 0,1 mL/L pendant toute la période d'étude. Cette stabilité démontre que le procédé de traitement élimine efficacement les matières décantables, quelles que soient les variations observées à l'entrée.

L'abattement est proche de 99 %, ce qui montre l'excellente efficacité de la décantation secondaire. Les floccs biologiques sont bien formés, suffisamment denses et correctement séparés de l'eau épurée. L'absence de matières décantables significatives en sortie indique que le clarificateur fonctionne correctement et que l'effluent final est visuellement limpide.

Les résultats mettent en évidence la bonne performance de la STEP de Mostaganem – Sablette en matière d'élimination des matières décantables. La qualité de l'eau épurée reste constante et conforme aux exigences de rejet, avec une efficacité de traitement très élevée.

IV.3.1 Résumé

Le Tableau 3.2 représente une résumée complète pour les différents paramètres mesurés dans l'opération d'épuration des eaux usées dans la station d'épuration de Mostaganem

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

**Tableau 10. Paramètre Valeurs à Valeurs à la Valeur réglementaire / référence
Conformité l'entrée EB sortie EE**

pH	7,39 – 7,79	7,98 – 8,28	6,5 – 8,5 <u>1</u>	Conforme
Température	23,8 – 25,6 °C	23,0 – 24, 6°C	Limite à vérifier selon le texte réglementaire retenu	Conforme aux conditions biologiques
Conductivité	2160 – 3070 µS/cm	2030 – 2560 µS/cm	Non spécifiée dans le tableau réglementaire cité	Satisfaisant pour rejet ; vigilance pour irrigation
DCO	417,6 – 940,8 mg/L	24,0 – 43,2 mg/L	≤ 120 mg/L	Excellente
Oxygène dissous	0,95 – 1,57 mg/L	5,19 – 7,46 mg/L	> 5 mg/L recommandé pour éviter l'anoxie	Conforme
DBO5	240 – 380 mg/L	12,0 – 15,0 mg/L	≤ 35 mg/L	Excellente
Phosphates PO ₄ ³⁻	≈ 5,2 mg/L	≈ 1,84 mg/L	2 mg/L cité dans les normes rapportées	Conforme
Nitrates NO ₃ ⁻	≈ 40,3 mg/L	≈ 7,4 mg/L	50 mg/L cité dans les normes rapportées	Conforme
Ammonium NH ₄ ⁺	≈ 31,2 mg/L	≈ 1,92 mg/L	À interpréter selon le milieu récepteur	Forte réduction
N-NH ₄ ⁺	≈ 29,4 mg/L	≈ 1,51 mg/L	À interpréter selon le milieu récepteur	Forte réduction
Matières décantables	2,0 – 11,0 mL/L	0,0 – 0,1 mL/L	Traces / faible valeur attendue	Excellente

IV.3.2 Conclusion sur les analyses physicochimiques :

L'analyse des paramètres physico-chimiques suivis au niveau de la STEP de Mostaganem (Sablette) durant la période du 31/05/2026 au 11/06/2026 met en évidence une performance épuratoire très satisfaisante.

CHAPITRE 4. Résultat et Discussion

Les résultats montrent une réduction très importante de la pollution organique, avec des valeurs de sortie faibles pour la DCO et la DBO₅, largement inférieures aux limites réglementaires algériennes rapportées pour les rejets liquides. L'abattement de la DBO₅ supérieur à 94 % et celui de la DCO supérieur à 90 % confirment l'efficacité du traitement biologique par boues activées.

Le suivi de l'azote montre également une très bonne nitrification, avec une chute importante des concentrations en ammonium et en azote ammoniacal. La diminution des nitrates en sortie indique que les conditions de dénitrification sont également favorables. Les phosphates sont réduits à une valeur proche de 1,84 mg/L, compatible avec les seuils rapportés dans la littérature réglementaire algérienne [1](#).

La clarification finale est particulièrement efficace, comme le montre la quasi-disparition des matières décantables en sortie. L'oxygène dissous final, compris entre 5,19 et 7,46 mg/L, indique que l'effluent rejeté est bien réoxygéné et présente un risque limité d'anoxie pour le milieu récepteur.

En revanche, la conductivité finale, bien que stable et acceptable pour un rejet, reste relativement élevée pour une réutilisation agricole. Dans ce cas, une étude complémentaire de la salinité, du sodium, du SAR et de la tolérance des cultures serait nécessaire, conformément aux recommandations de la FAO sur la qualité des eaux d'irrigation. De plus, toute réutilisation agricole devrait obligatoirement être accompagnée d'un contrôle microbiologique, notamment des coliformes fécaux, des streptocoques fécaux et des œufs d'helminthes, car les recommandations sanitaires internationales considèrent ces paramètres comme essentiels pour l'évaluation du risque lié à l'irrigation avec des eaux usées traitées.

Ainsi, l'effluent final de la STEP de Mostaganem peut être considéré comme une eau épurée de bonne qualité physico-chimique, apte au rejet dans le milieu naturel, et potentiellement valorisable en irrigation sous réserve d'un contrôle microbiologique et salin complémentaire.

+

CONCLUSION

La pollution de l'eau est considérée parmi l'un des grands défis internationaux qui nécessitent l'intervention rapide de toute la communauté scientifiques, ingénieurs, et familiale

Notre participation dans ce domaine était tout d'abord un intérêt en vers les stratégies menées pour épurer les eaux polluées. Dans ce cadre, la station d'épuration est l'un des meilleurs solutions pour le traitement des différentes qualités des eaux.

Notre stage au sein de la STEP de Mostaganem nous a permis de :

- Comprendre le déroulement des processus des station d'épuration.
- Faire un suivi de toutes les étapes de traitements des eaux polluées.
- Analyser les paramètres physicochimiques nécessaires.
- Récupération de la boue d'épuration.

Le devenir de l'eau traitée sera destiné vers la mer, finalement on a constaté que la performance de la station repose sur une synergie entre l'exploitation (entretien des machines) et le laboratoire (précision des calculs).

La maîtrise des paramètres physicochimiques ce qui permet de rejeter une eau propre, contribuant ainsi directement au développement durable de la région.

La station d'épuration peut contribuer au développement durable et environnementale et agricole par les perspectives :

- Dépollution des eaux usées.
- La valorisation et l'utilisation des eaux traitées dans irrigation agricole.
- Valorisation des boues d'épuration dans la fertilisation des sols agricoles.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES



Aberkane M. (2011) . Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un écosystème lacustre cas de Gara et hadj Tahar (Skikda), Université 8 Mai 1945 Guelma, 43- 62 79-84 p.

Algérie. (2006). Décret exécutif n° 06-141 du 24 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (JORA)*, (26), 5-15.

ANAT. (2020). *Atlas cartographique des wilayas d'Algérie : Organisation administrative et aménagement du territoire*. Agence Nationale d'Aménagement du Territoire, Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Ville, Alger.

APHA, AWWA, & WEF. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, D.C.

Assila, A. (2008). *Analyse des contraintes d'exploitation et de maintenance des stations d'épuration en Algérie : Impact sur l'efficacité des filières biologiques* (Thèse de doctorat). École Nationale Supérieure Hydraulique (ENSH), Blida.

Assouline, J. & Assouline, S. (2007). *Géopolitique de l'eau : Nature et enjeux*. Studyrama, Paris, 140 p.

ayeb, B., & Mokdad, S. (2020). *Élimination des colorants des eaux usées par des procédés biophysicochimiques*. Université M'Hamed Bougara de Boumerdès (UMBB), Faculté des Sciences, Boumerdès.

Azzi, M. (2023). Évaluation et modélisation des performances épuratoires des stations d'épuration par boues activées face aux contraintes climatiques et opérationnelles. *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 7(1), 2104-2115.

Bekhtaoui, A., & Beddar, L. (2020). Évaluation de la performance épuratoire des stations d'épuration par boues activées et modélisation de la réduction de la charge organique (DBO₅, DCO, MES). *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 4(2), 1420-1431.

BELACEL, T. E., & ARKOUN, Y. S. (2021). *Description de la station d'épuration d'El Kerma (Oran) et étude des risques et mesures de prévention associés*. Mémoire de Master en Sécurité Industrielle, spécialité Prévention et Intervention, Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle, Université Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Algérie.

Ben Kouider, A., & Nechadi, S. (2024). *Étude des paramètres physico-chimiques et évaluation de la pollution des eaux usées*. Mémoire de Master, Université algérienne.

Benabdeli, K. (2019). *Gestion intégrée des ressources en eau et aménagement du territoire en Algérie occidentale : Défis et perspectives environnementales*. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.

Benabdeli, K. (2019). *Gestion intégrée des ressources en eau et aménagement du territoire en Algérie occidentale : Défis et perspectives environnementales*. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.

Bendida, A., Kazi Tani, F., & Boutiba, Z. (2020). Évaluation de la performance épuratoire par boues activées de la station d'El Kerma (Oran) et son impact sur l'atténuation de la pollution marine côtière. *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 4(2), 1395-1407.

Bensalem, A., & Bouteraa, O. (2022). Optimisation des performances des ouvrages de prétraitement dans les stations d'épuration des eaux usées urbaines. *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 6(2), 1845-1852.

Bernard C. (2007). Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaan 316p
Bouafia, B. M., & Labane, M. (2021). *Étude du fonctionnement de la STEP de Sidi Bel Abbès et le traitement des eaux usées*. Mémoire de Master, Département d'Hydraulique, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès, Algérie.

Bouchaala, L., Charchar, N., Sahraoui, H., & Gherib, A. (2021). Assessment of wastewater biological treatment efficiency and mapping of wastewater treatment plants and lagoon treatment plants in Algeria. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(1), 1153–1169. <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00667-5>

Bouchaala, L., Charchar, N., Sahraoui, H., & Gherib, A. (2021). Assessment of wastewater biological treatment efficiency and mapping of WWTPs and LTPs in Algeria. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(1), 1153-1169.

Boudiba, L., Kettab, A., & Tarre, O. (2020). Impact du développement urbain sur les débits de pointe des stations d'épuration : Évaluation des performances de traitement en zone côtière. *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 4(1), 1280-1289.

Bouraoui, M. (2017). *Analyse systémique des dysfonctionnements des stations d'épuration par boues activées face aux chocs de charge en milieu urbain algérien* (Thèse de doctorat). École Nationale Supérieure Hydraulique (ENSH), Blida.

Bouziane, M. T. (2017). *Évaluation des performances épuratoires d'une station d'épuration par boues activées et impact des rejets sur l'environnement* (Thèse de doctorat). Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Faculté des Sciences Exactes et Appliquées, Oran.

Capodaglio, A. G. (2020). *Fit-for-purpose urban wastewater reuse: Analysis of issues and available technologies for sustainable multiple barrier approaches*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 51(15), 1619–1666. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1763231>

Chahlaoui, A., El Mostafa, M., & Chahlaoui, S. (2021). Impact des rejets d'eaux usées sur la qualité des milieux aquatiques et la santé publique : Cas des effluents urbains. *Revue Internationale des Sciences de l'Eau et de l'Environnement (RISEE)*, 6(2), 45-58.

Chouteau C.(2004). Développement d'un biocapteur conductimétrique bienzymatique de surface dans les zones montagneuses du Sud-Ouest du Togo : cas du canton de la vie

Cours : Traitement et épuration des eaux , 2020-2021 université, http://learn.univbsa.dz/pluginfile.php/37311/course/summary/Cours%20N%C2%B02_STEP.pdf.

Dekhil, B. (2012). *Politiques publiques de l'eau en Algérie : Les réformes institutionnelles et les enjeux de la gestion déléguée*. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.

Derar, N., & Taleb, S. (2014). Diagnostic du fonctionnement et suivi des performances épuratoires de la station de traitement des eaux usées domestiques par boues activées. *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 1(2), 45-56.

Derbal, K. (2014). *La gestion durable des ressources en eau en Algérie : Situation actuelle et perspectives*. Thèse de Doctorat en Hydraulique, Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie.

Djemil, T., Achour, S., & Boukhari, A. (2016). Évaluation des performances épuratoires et caractérisation physico-chimique des effluents de la station de traitement des eaux usées de Beni Messous (Alger). *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 2(1), 45-53.

Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2000). Escherichia coli: The best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88(S1), 106S–116S. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2000.tb05338.x>

Egodawatta, P., et al. (2021). Article sur les polluants des eaux pluviales urbaines et les métaux lourds (à compléter selon la revue exacte).

Egodawatta, P., Ziyath, A. M., & Goonetilleke, A. (2021). Urban stormwater quality and pollutant build-up processes: A review. *Water*, 13(15), 2080. <https://doi.org/10.3390/w13152080>

- El Ghadraoui, L. (2018). Dynamique des populations microbiennes et efficacité épuratoire des procédés à boues activées. *Revue des Sciences de l'Eau*, 31(3), 215-228.
- El Hamouri, B. (2015). Le traitement tertiaire des eaux usées par lagunage à haut rendement : Performances d'épuration et critères de réutilisation agricole. *Larhyss Journal*, (22), 89-104.
- El Watan.** (2025, 18 juin). Protection du littoral à Tipaza : La station d'épuration de Fouka passe au traitement tertiaire pour sécuriser les eaux de baignade. *El Watan*, p. 8.
- Fletcher, T. D., et al. (2022).** Article sur la gestion durable des eaux pluviales et des eaux usées urbaines (à compléter selon la revue exacte).
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J. L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>
- Gaid, A. (2017). *Les procédés d'épuration des eaux usées : Principes, techniques, exploitation et perspectives dans le monde arabe et en Afrique du Nord*. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.
- Grine, I. E., & Remadella, S. (2017). *Étude bactériologique et physicochimique des eaux usées de la station d'épuration de Hadjout* (Mémoire de Master). Université de Blida 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Blida.
- Hamdi, M., & Benslimane, S. (2021). Évaluation de l'impact des rejets d'eaux usées épurées sur la qualité écologique des eaux littorales de la wilaya de Tipaza. *Revue Internationale des Sciences de l'Eau et de l'Environnement (RISEE)*, 6(1), 32-44.
- it Taleb, S. (2023). *Étude et modélisation des procédés biologiques avancés pour le traitement couplé du carbone et de l'azote des effluents liquides* (Thèse de doctorat). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Faculté de Génie Civil, Alger.
- Kellouche, A., & Abdelbaki, C. (2018). DIAGNOSTEP : Outil pour le diagnostic des stations d'épuration à boues activées - Application à la STEP d'Ain Defla, Algérie. *Revue Systèmes Agraires et Environnement*, 2(1), 34-45.
- Kellouche, A., Abdelbaki, C., & Belkaid, A. (2019). Suivi cartographique et optimisation des performances épuratoires des stations à boues activées en Algérie par l'approche business intelligence. *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 3(2), 912-920.
- Kettab, A. (2008). Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et défis pour le XXIème siècle. *Europe-Mediterranean Water Review*, (7), 12-19.
- Khalifa, M., & Moumene, M. (2020).** Impact du traitement des eaux usées urbaines sur la préservation de l'écosystème côtier : Cas de la STEP de Salamandre (Wilaya de Mostaganem). *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 4(3), 1540-1552.
- Khalifa, M., & Moumene, M. (2020).** Impact du traitement des eaux usées urbaines sur la préservation de l'écosystème côtier : Cas de la STEP de Salamandre (Wilaya de Mostaganem). *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 4(3), 1540-1552.
- Koudri Z . (2006).** Etude et traitement de l'eau du barrage Djof Torba de la wilaya de Bechar par filtration sur sables, Mémoire de magister, Eau et environnement, Université Hassiba Benbouali, Chlef , Algérie P 1_58.
- Koul, B., et al. (2022).** *Wastewater treatment and reuse: A review*. (article de synthèse sur le traitement et la réutilisation des eaux usées).
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). *Wastewater treatment technologies and their applications: A review*. *Journal of Water Process Engineering*, 47, 102705. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102705>
- Le Coënt, J.-M. (2019) - Assainissement : Eaux usées - Eaux pluviales.** Éditions BoD Roux.
- (2003).** Analyses de l'eau. NOVELLO Célia. IUP SIAL. Université Paris 12p.
- L'Écho d'Algérie.** (2025, 12 mars). Modernisation des infrastructures d'assainissement : La SEAAL et l'ONA renforcent la capacité de traitement des stations d'épuration pour sécuriser le littoral. *L'Écho d'Algérie*, p. 6.
- Mahi, S. (2018). *Modélisation et optimisation des cinétiques d'épuration biologique par boues activées : Application aux effluents urbains de la bande côtière oranaise* (Thèse de doctorat). Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, Oran.
- Maloussi, M. (2016). Évaluation de la performance épuratoire et limites techniques des stations d'épuration urbaines en zones semi-arides (Algérie). *Journal Algérien des Sciences et Technologies de l'Environnement*, 2(3), 114-122.

- maps.** (2021). *Fonds de cartes vectoriels libres : Wilaya de Mostaganem (Projection de Mercator)*. Récupéré de <https://d-maps.com/>
- Mara, D., & Sleight, A. (2020). *Estimation of wastewater treatment requirements in developing countries*. Water Research, 184, 116185. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116185>
- Mateo-Sagasta, J., Marjani Zadeh, S., & Turrall, H. (2017).** *Water pollution from agriculture: a global review*. Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Water Management Institute. <https://openknowledge.fao.org/>
- Mebarki, A. (2012). *Hydrologie des bassins de l'Est algérien : Ressources en eau, aménagement et environnement*. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.
- MEHAMMEDIA, A., & TOUATI TLIBA, K. (2020). *Évaluation de l'efficacité de la station d'épuration des eaux usées (STEP) de Guelma*. Mémoire de Master 2, Département de Génie des Procédés, Université 8 Mai 1945 de Guelma, Algérie.
- Mesrouk, H., Hadj Mahammed, M., Touil, Y., & Amrane, A. (2014). *Physico-chemical characterization of industrial effluents from the town of Ouargla (South East Algeria)*. **Energy Procedia**, 50, 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.031>
- Metahri, M. S. (2012). *Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes : Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou*. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2014).** *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Mimoune, M. (2024). *Évaluation de la qualité des eaux usées épurées par traitement tertiaire en vue de leur réutilisation en agriculture : Cas de la plaine de la Mitidja* (Thèse de doctorat). École Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), El Harrach, Alger.
- Murray, A. K., Stanton, I., Gaze, W. H., & Snape, J. (2021). *Dawning of a new ERA: Environmental Risk Assessment of antibiotics and their potential to select for antimicrobial resistance*. Water Research, 200, 117233. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117233>
- Nassar, M. (2023). *Modélisation et optimisation des performances des stations d'épuration à boues activées face aux variations de charges polluantes* (Thèse de doctorat). Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB), Faculté de Génie des Procédés, Alger.
- National Center for Biotechnology Information. (2026).** *PubChem Compound Summary for CID 962, Water*. PubChem. Consulté le 7 juillet 2026
- Office National de l'Assainissement (ONA). (2024). *Présentation et missions de l'Office National de l'Assainissement*. Alger, Algérie. Disponible sur : <https://ona.dz/fr/> (consulté le 07 juillet 2026).
- ONA.** (2020). *Fiche technique de dimensionnement et guide d'exploitation de la station d'épuration de Salamandre (Wilaya de Mostaganem)*. Office National de l'Assainissement, Zone de Mostaganem, Direction de l'Exploitation, Algérie.
- ONA. (2023). *Rapport annuel d'activité et indicateurs de performance du parc national des stations d'épuration*. Office National de l'Assainissement, Ministère de l'Hydraulique, Alger.
- ORA.** (2006). *Décret exécutif n° 06-141 du 20 Safar 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels*. Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), n° 26.
- Ouali, A. (2012). *Évaluation de la gouvernance et de la performance des services publics d'assainissement gérés par l'Office National de l'Assainissement (ONA)*. *Revue Algérienne des Sciences Économiques et de Gestion*, 6(1), 78-95.
- Oubadi, A. (2012). *Choix technologiques et critères d'implantation des stations d'épuration en zones urbaines et semi-urbaines en Algérie* (Thèse de doctorat). École Nationale Supérieure Hydraulique (ENSH), Blida.
- Ouest Tribune.** (2024, 14 mai). *Infrastructures d'assainissement à Oran : La méga-STEP d'El Kerma augmente ses capacités de traitement pour éradiquer les rejets polluants vers le littoral*. *Ouest Tribune*, p. 5.
- Paul, M. J., & Meyer, J. L. (2001). *Streams in the urban landscape*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333–365. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
- Rejsek, F. (2002). *Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques*. Paris : Éditions CRDP d'Aquitaine, Collection Biologie Technique.
- Remili, S., & Kerfouf, A. (2013). *Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest algérien)*. **Physio-Géo**, 7, 165–182. <https://doi.org/10.4000/physio-geo.3258>

- Remini, B. (2010). *La problématique de l'eau en Algérie : Diagnostic et perspectives*. Éditions Office des Publications Universitaires (OPU), Alger.
- Rezzoug C., Merzougui T. et Bouchiba A., 2025. *Wastewater treatment technologies and challenges in Algeria and their future prospects*. *Discover Sustainability*, 6, Article 884. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01731-7>
- Rezzoug, C., Merzougui, T., & Bouchiba, A. (2025). Wastewater treatment technologies and challenges in Algeria and their future prospects. *Discover Sustainability*, 6, 884. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01731-7>
- Rout, P. R., Zhang, T. C., Bhunia, P., & Surampalli, R. Y. (2021).** Treatment technologies for emerging contaminants in wastewater treatment plants: A review. *Science of the Total Environment*, 753, 141990. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141990>
- Santé Canada. (2025).** *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : paramètres opérationnels — calcium, magnésium, dureté, chlorures, sulfates, matières dissoutes totales et sulfure d'hydrogène dans l'eau potable : document technique*. Gouvernement du Canada. <https://publications.gc.ca/site/fra/9.946279/publication.html>
- SEAL. (2022).** *Rapport d'activité et bilan technique des infrastructures d'assainissement et d'épuration de la wilaya d'Alger*. Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger, Direction de l'Assainissement, Alger.
- SEF. (2020).** *Annuaire Statistique de l'Environnement et des Finances*. Ministère de l'Économie, des Finances et du Développement.
- SEOR. (2022).** *Rapport annuel d'activité et indicateurs techniques d'exploitation des stations d'épuration de la wilaya d'Oran*. Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran, Direction de l'Assainissement, Oran.
- Serge H., Stephane L. (2000).** Suivi la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. en callaboration avec la direction de l'Estrie. Ministère de l'environnement du Québec2000.Studyrama, 140 p
- Serra-Compte, A., González, S., Arnaldos, M., Berlendis, S., Courtois, S., Loret, J. F., Schlosser, O., Yáñez, A. M., Soria-Soria, E., Fittipaldi, M., Saucedo, G., Paraira, M., Galofré, B., Lema, J. M., Balboa, S., Mauricio-Iglesias, M., **Bosch, A.**, Pintó, R. M., Bertrand, I., Gantzer, C., Montero, C., & Litrico, X. (2021). *Elimination of SARS-CoV-2 along wastewater and sludge treatment processes*. *Water Research*, 202, 117435. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117435>
- Shekhar, C., Khosya, R., Sharma, A. K., Thakur, K., Mahajan, D., Kumar, R., Kumar, S., & Sharma, A. K. (2025).** A systematic review on health risks of water pollutants: Classification, effects and innovative solutions for conservation. *Toxicology Research*, 14(1), tfaf014. <https://doi.org/10.1093/toxres/tfaf014>
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F. L., Abu-Orf, M., Bowden, G., & Pfrang, W. (2021).** *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F. L., Abu-Orf, M., Bowden, G., & Pfrang, W. (2021). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (6th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Toumi, A. (2015). *Diagnostic de fonctionnement et modélisation des stations d'épuration à boues activées en Algérie : Analyse des dysfonctionnements opérationnels*. (Thèse de doctorat). École Nationale Supérieure Hydraulique (ENSH), Blida.
- U.S. Geological Survey. (s. d.).** *Water quality*. Water Science School. Consulté le 7 juillet 2026, sur <https://www.usgs.gov/water-science-school/water-quality>
- Von Sperling, M. (2017). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. IWA Publishing, London.
- World Health Organization (WHO). (2022). *Guidelines for Drinking-water Quality* (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). Geneva: World Health Organization..
- Ziani, N., Meddi, M., & Al-Sulttani, A. O. (2022).** Évaluation de l'efficacité des traitements biologiques et tertiaires sur la réduction de la charge organique et bactérienne des effluents urbains. *Larhyss Journal*, (49), 135-151.
- ZIGHEM, M. E. A. (2017).** *Cartographie des stations d'épuration (STEP) et analyse statistique des données*. Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État en Hydraulique, Département d'Hydraulique, École Nationale Polytechnique (ENP), Alger, Algérie. Sous la direction du Pr. A. Bermad et de Mme A. Hamriche.

