



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : **Génie des procédés**

Option: **Génie des procédés de l'environnement**

Thème

Suivi des procédés d'épuration et caractérisation physico-chimique des eaux usées de l'ONA Sablette (MOSTAGANEM).

Présenté par

- 1- BOURAS Sara.
- 2- BOUDALI Yasmine.

Soutenu le 28/06/ 2026 devant le jury composé de :

Présidente :	BENHOURIA Assia,	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice :	BELARBI Ilhem	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteuse:	BENYEKKOU Nabila	MCB	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2025/2026

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la force et la patience pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadrante, Dr. BENYEKKOU Nabila, Maitre de conférence classe B, à l'université de Mostaganem, pour son suivi, ses précieux conseils, ainsi que pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury Dr BENHOURIA Assia, Maitre de conférence classe A, et Dr BELARBI Ilhem, Maitre de conférence classe B, à l'université de Mostaganem, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail, ainsi que pour leurs remarques constructives.

Nos remerciements vont aussi à l'ensemble de nos enseignants du département de Génie des procédés, pour la qualité de leur enseignement et leur accompagnement durant notre parcours universitaire.

Nous exprimons notre reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement nos familles pour leur soutien moral, leur patience et leurs encouragements constants.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents, ma mère **Djamila** et mon père **Noureddine** qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'étude.

En signe de reconnaissance qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

À mon encadrante **Dr. BENYEKKOU.N**

À mes frères **Abdelhamid, Abderrazak, Mohamed Ismail.**

À ma sœur **Rahil**

Et Surtout à ma sœur **Hayat.**

À tous les gens qui me connaissent et que je connais en particulier **Assia, Farah et Abderrazak.**

À mon binôme **BOUDALI Yasmine** qui a partagé avec moi les bons et les durs moments.

À tous mes ami(e)s de la spécialité **Génies procédés de l'environnement.**

À toute la famille paternelle **BOURAS** et maternelle **RAHID.**

BOURAS SARA

Dédicace

Je dédie ce travail avec une profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours.

Tout d'abord, à Allah, pour Sa guidance, Sa force et Sa bénédiction.

À mes très chers parents, pour leur amour, leurs sacrifices, leurs encouragements et leur soutien inestimable.

À mon encadrante **Dr. BENYEKKOU.N**

À ma sœur **Imane**, pour sa présence constante et son affection sincère, ainsi qu'à mon frère **Omar** pour son soutien et sa bienveillance.

À mes chères sœurs : **Aicha, Doha, Nabila et Bouchra**, pour leur amour et leur présence dans ma vie.

À ma collègue **Sara Bouras**, pour sa coopération, sa patience et tous les moments de travail partagés.

À mes amies : pour leur soutien, leur amitié et les beaux souvenirs vécus ensemble.

Enfin, à tous mes enseignants, pour leur savoir et leur accompagnement précieux.

BOUDALI YASMINE

تلخيص

تُعدّ معالجة مياه الصرف الصحي خطوة أساسية في الحفاظ على البيئة المائية والحدّ من آثار التلوث. تقوم محطات معالجة مياه الصرف الصحي بتجميع مياه الصرف الصحي ومعالجتها عبر سلسلة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية قبل تصريفها في البيئة الطبيعية.

ومن بين هذه العمليات، تُعدّ تقنية الحمأة المنشطة طريقة فعّالة وشائعة الاستخدام لمعالجة مياه الصرف الصحي.

يركز هذا العمل على تقييم أداء محطة معالجة مياه الصرف الصحي في سبيليت، الواقعة في مستغانم. شملت الدراسة رصد العديد من المعايير الفيزيائية والكيميائية، بما في ذلك معايير التلوث (المواد الصلبة العالقة الكلية، والطلب الكيميائي للأكسجين، والطلب البيولوجي للأكسجين)، بالإضافة إلى المعايير التي قد تؤثر على المعالجة البيولوجية (الأس الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، والتوصيل الكهربائي، والأكسجين المذاب). أُجريت التحليلات على كلّ من المياه الخام والمعالجة. أظهرت النتائج أن قيم المعايير المدروسة تتوافق عمومًا مع معايير التصريف، مما يدل على فعالية تشغيل محطة معالجة مياه الصرف الصحي خلال فترة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف الصحي، محطة معالجة مياه الصرف الصحي، عمليات التنقية، والخصائص الفيزيائية والكيميائية.

Abstract

Wastewater treatment is a crucial step in preserving the aquatic environment and mitigating the effects of pollution. Wastewater treatment plants collect and treat wastewater through a series of physico-chemical, and biological processes before discharging it into the natural environment.

Among these processes, activated sludge technology is an effective and widely used method for wastewater treatment.

This work focuses on evaluating the performance of the wastewater treatment plant in Sablette, located in Mostaganem. The study included monitoring several physical and chemical parameters, including pollution parameters (total suspended solids, chemical oxygen demand, and biological oxygen demand), as well as parameters that may affect biological treatment (pH, temperature, electrical conductivity, and dissolved oxygen). Analyses were performed on both raw and treated water. The results showed that the values of the studied parameters generally corresponded to discharge parameters, indicating the operational efficiency of the wastewater treatment plant during the study period.

Keywords : Wastewater, Wastewater Treatment Plant, purification processes, physico-chemical characterization.

Résumé

Le traitement des eaux usées est une étape essentielle pour la préservation du milieu aquatique et la réduction des effets de la pollution. Les stations d'épuration assurent ainsi la collecte et le traitement des eaux usées à travers une succession de procédés physiques, chimiques et biologiques avant leur rejet dans le milieu naturel.

Parmi ces procédés, la technologie des boues activées représente une méthode largement utilisée et efficace pour l'épuration des eaux usées.

Ce travail porte sur l'évaluation des performances de la station d'épuration de Sablette, située à Mostaganem. L'étude a consisté à suivre plusieurs paramètres physico-chimiques, notamment les paramètres de pollution (MES, DCO et DBO₅), ainsi que les paramètres pouvant influencer le traitement biologique (pH, température, conductivité électrique et oxygène dissous). Des analyses ont été réalisées sur l'eau brute et l'eau traitée. Les résultats obtenus ont montré que les valeurs des paramètres étudiés respectent globalement les normes de rejet, ce qui témoigne de l'efficacité du fonctionnement de la station d'épuration durant la période d'étude.

Mots-clés : Eaux usées, Station d'épuration (STEP), procédés d'épuration, caractérisation physico-chimique

Sommaire

Remerciements.

Dédicace.

Résumé.

Introduction générale.....01

Chapitre I : étude bibliographie.....02

I.1. Généralités des eaux usées.....03

I.1.1. Définition des eaux usées03

I.1.2. Origine et composition des eaux usées.....03

I.1.3. Les types de pollution des eaux usées.....04

I.1.4. Caractéristiques des eaux usées.....04

I.1.4.a. Paramètres physico-chimiques.....05

I.1.4.b. Paramètres microbiologiques.....07

I.1.5. Collecte des eaux usées.....07

I.1.6. Normes des rejets des eaux usées.....08

I.1.6. a. Normes internationales.....08

I.1.6. b. Normes de rejet appliquées en Algérie.....09

I.2. Les stations d'épuration des eaux usées (STEP).....11

I.2.1. Présentation de la STEP de Mostaganem.....11

I.2.2. Objectif de la STEP de Mostaganem.....12

I.2.3. Principes de fonctionnement.....12

I.2.4. Caractéristiques techniques de la STEP (Mostaganem).....12

I.2.5. Traitement des eaux usées de la wilaya Mostaganem par la STEP.....14

I.2.5. a. Prétraitement.....14

I.2.5. b. Traitement secondaire (Traitement biologique)	16
I.2.5. c. Désinfection par chlore	17
I.2.6. Traitement des boues	18
I.2.6. a. Origine des boues.....	18
I.2.6. b. Procèdes de traitement des boues	18
I.2.7. Schéma de fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de les sablottes (MOSTAGANEM).....	21
Chapitre II : matériel et méthodes.....	22
II.1. Le prélèvement.....	23
II.2. L'appareillage de laboratoire.....	24
II.3. Analyses physico-chimique.....	24
II.3.1. Détermination de la température.....	24
II.3.2. Détermination de pH	25
II.3.3. Détermination de la conductivité électrique	25
II.3.4. Détermination de l'oxygène dissous	26
II.3.5. Détermination de La V_{30}	26
II.3.6. Détermination des matière décantable	27
II.3.7. Détermination de MES	27
II.3.8. Détermination de la matière volatile en suspension (MVS)	29
II.3.9. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO).....	30
II.3.10. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	31
II.3.11. Détermination des orthophosphates (PO_4^{3-})	34
II.3.12. Détermination des Nitrates (NO_3^-)	34
II.3.13. Détermination des Nitrites (NO_2^-)	35
II.3.14. Détermination de l'Ammonium (NH_4^+)	35

Chapitre III : résultats et discussions	36
III.1 Résultats des analyses physico-chimiques	37
III.2 Interprétation des résultats de tableau III-1	38
III.3. Résultats des paramètres de la pollution organique et des matières en suspension	41
III.4. Interprétation des résultats de tableau III-2.....	42
III.5. Résultats des nutriments.....	45
III.6. Interprétation des résultats de tableau III-3	46
Conclusion Générale	49

Liste des figures

Figure I-1. Planification de la STEP de Mostaganem.....	12
Figure I-2. Déversoir D'orage.....	14
Figure I-3. L'entrée des eaux usées.....	14
Figure I-4. Dessablage et Déshuilage.....	16
Figure I-5. Décanteur primaire.....	16
Figure I-6. Bassin d'aération.....	17
Figure I-7. Décanteur secondaire (clarificateur).....	17
Figure I-8. Bassin Désinfection.....	18
Figure I-9. Épaississeur.....	19
Figure I-10. Bassin de stabilisation.....	20
Figure I-11. Stockage des boues	20
Figure I-12. Section de déshydratation.....	20
Figure I-13. Chaîne complète d'épuration dans la STEP de Mostaganem.	21
Figure II-1. pH-mètre.....	25
Figure II-2. Conductimètre.....	25
Figure II-3. Oxymètre.....	26
Figure II-4. Décantation après 30 minutes <V30>.....	26
Figure II-5. Matière décantable.....	27
Figure II-6. (a) les tubes avant la centrifugeuse, (b) les tubes après la centrifugeuse.....	28
Figure II-7. Centrifugeuse.	28
Figure II-8. Ensemble de filtration.....	29
Figure II-10. Four à moufle 505°C.....	30

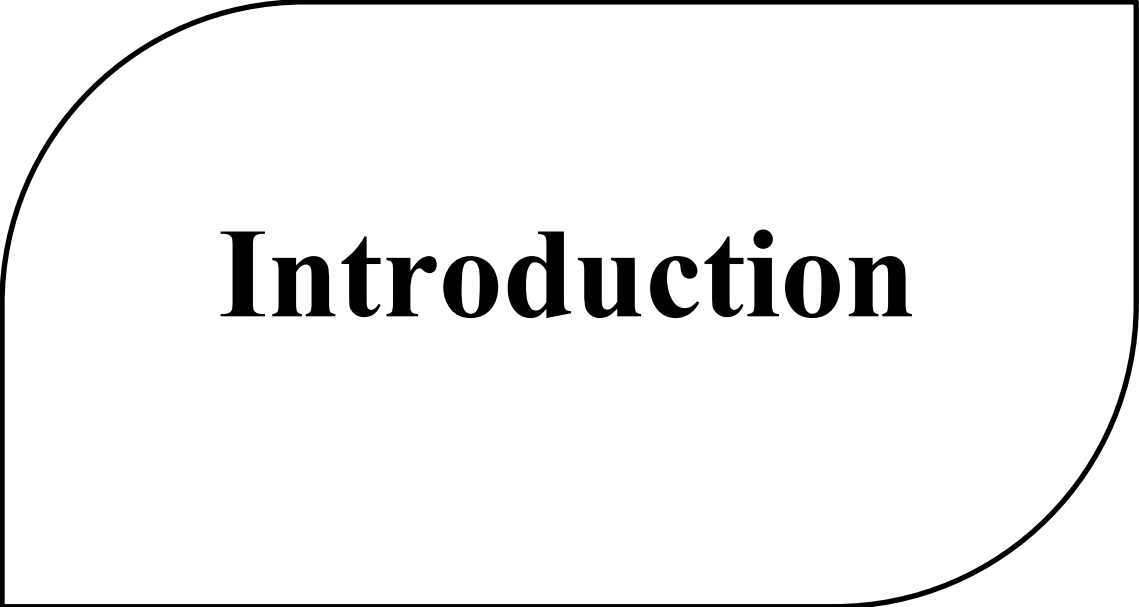
Figure II-11. Balance électronique.....	30
Figure II-12. Les échantillons dans le minéralisateur.....	31
Figure II-13. Titration d'échantillon avec sel de Mohr.....	31
Figure II-14. Inhibiteur de nitrification.....	33
Figure II-15. Pastilles de soude NaOH.....	33
Figure II-16. Les bouteilles avec Oxytop.....	33
Figure II-17. Spectrophotomètre.....	34
Figure III-1. La variation du pH de EB, EE.....	38
Figure III-2. La variation de la température de EB, EE.....	39
Figure III-3. Conductivités à l'entrée et à la sortie.....	40
Figure III-4. Variation des débits (m^3/j) de EB, EE.....	41
Figure III-5. Concentration de la DCO (mg/L) des EB, EE.....	42
Figure III-6. Concentration de la DBO ₅ (mg/L) des EB, EE.....	43
Figure III-7. Variation de l'O ₂ dissous (mg/L) des EB, EE.....	44
Figure III-8. Concentration des MES (mg/L) à l'entrée et la sortie de la STEP.....	45
Figure III-9. La variation des nutriments.....	46

Liste des tableaux

Tableau I-1. Normes de rejets internationales.....	09
Tableau I-2. Valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.....	10
Tableau I-3. La charge hydraulique entrée STEP.....	13
Tableau I-4. La charge polluant de la STEP de Mostaganem –horizon 2030.....	13
Tableau I-5. Qualité des eaux traitées (normes de rejet)	13
Tableau II-1. Paramètres à analyser.....	24
Tableau II-2. Les paramètres étudiés et leur appareillage.....	24
Tableau II-3. La mesure de la DBO ₅	32
Tableau II-4. Des pesées d'un inhibiteur par rapport aux volumes de la DBO ₅	33
Tableau III-1. Résultats de mesure du débit, pH, la température, la conductivité, les MES à l'entrée et la sortie (eau brute, eau épurée) de la STEP.....	37
Tableau III-2. Résultats de mesure de DCO, DBO ₅ et O ₂ dissous à l'entrée et la sortie de STEP.....	42
Tableau III-3. Résultats de mesure de(PO ₄ ³⁻), (NO ₃ ⁻), (NO ₂ ⁻), (NH ₄ ⁺) à l'entrée et la sortie de la STEP le 10/02/2026.....	45

Liste des abréviations

CE	Conductivité électrique.
DBO ₅	Demande biochimique en oxygène.
DCO	Demande chimique en oxygène.
EB	Eau brute.
EE	Eau épurée.
EH	Équivalent habitants
MES	Matière en suspension.
MVS	Matière volatile en suspension.
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO ₂ ⁻	Nitrites.
NO ₃ ⁻	Nitrates
O ₂	Oxygène.
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONA	Office National de l'Assainissement
Ph	Potentiel Hydrogène.
PO ₄ ³⁻	Orthophosphates.
STEP	Station d'épuration des eaux usées.



Introduction

Introduction générale

L'eau constitue une ressource naturelle indispensable à la vie, au développement économique et au maintien des équilibres écologiques. Cependant, l'accroissement démographique, l'urbanisation et le développement des activités industrielles et agricoles ont entraîné une augmentation considérable des rejets polluants dans l'environnement, contribuant ainsi à la dégradation de la qualité des ressources en eau **(UNESCO,2024)**.

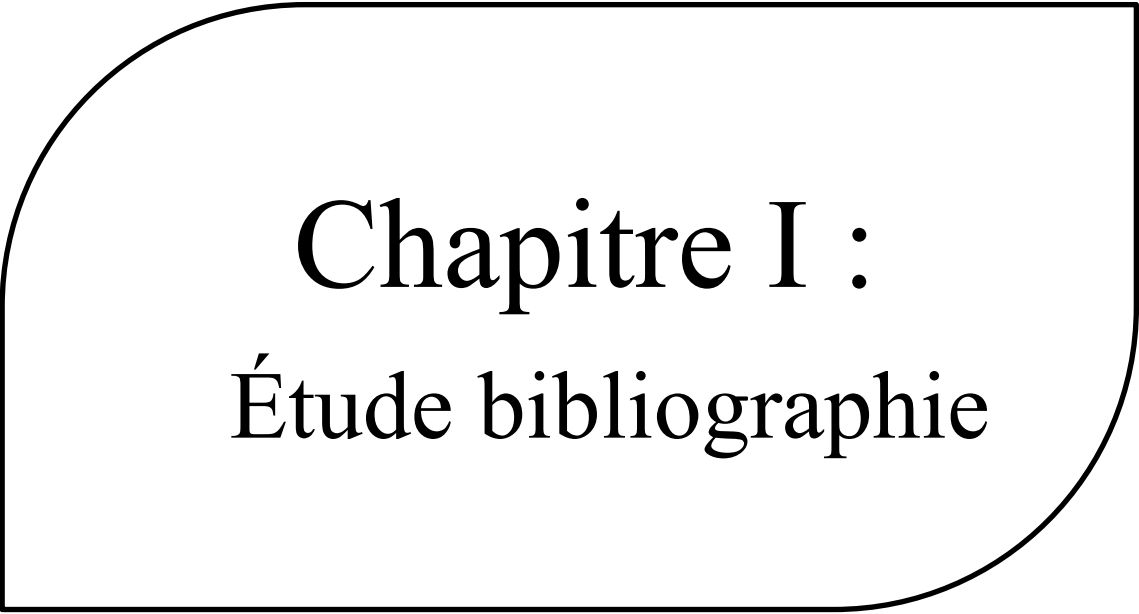
La pollution de l'eau représente aujourd'hui l'un des principaux problèmes environnementaux à l'échelle mondiale. Elle se manifeste par une altération des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau, pouvant affecter les écosystèmes aquatiques, la santé humaine ainsi que les différents usages de cette ressource. Les eaux usées issues des activités domestiques, industrielles, hospitalières et agricoles constituent une source importante de cette pollution lorsqu'elles sont rejetées dans le milieu naturel sans traitement approprié. **(OMS,2022)**.

Face à cette situation, le traitement des eaux usées est devenu une nécessité incontournable pour la protection de l'environnement et la préservation des ressources hydriques **(Degremont, 2005)**. L'épuration vise à réduire la charge polluante des effluents avant leur rejet dans le milieu récepteur ou leur éventuelle réutilisation. Pour atteindre cet objectif, les stations d'épuration mettent en œuvre différents procédés physiques, chimiques et biologiques permettant d'éliminer ou de réduire les polluants présents dans les eaux usées **(Metcalf & Eddy,2014)**.

L'objectif de ce travail est de suivre les différentes étapes de traitement des eaux usées au niveau de la STEP des Sablettes de Mostaganem et d'évaluer les performances épuratoires de la station à travers la caractérisation physico-chimique des eaux usées

Notre travail comporte trois chapitres :

- Le premier chapitre présente des généralités sur les eaux usées ainsi qu'une présentation de la STEP des Sablettes de Mostaganem.
- Le deuxième décrit la méthodologie adoptée ainsi que le protocole expérimental utilisé pour l'étude des paramètres physico-chimiques.
- Le troisième présente les résultats obtenus lors des analyses et leur discussion.
- Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale.



Chapitre I :

Étude bibliographie

I.1. Généralités des eaux usées :

Le rejet direct des eaux usées dans le milieu naturel constitue une atteinte significative à l'équilibre des écosystèmes aquatiques. En effet, il peut transformer le milieu récepteur en un véritable collecteur d'eaux usées, entraînant une dégradation progressive de sa qualité, pouvant aller jusqu'à la disparition totale de la vie aquatique. Par conséquent, il est indispensable de soumettre ces eaux à un traitement adéquat visant à éliminer un maximum de polluants avant leur rejet dans l'environnement (**Guerouai,2019**).

I.1.1. Définition des eaux usées

Les eaux usées désignent l'ensemble des eaux évacuées par les réseaux d'assainissement, dont les caractéristiques initiales ont été modifiées par les activités humaines, notamment domestiques, industrielles et agricoles.

I.1.2. Origine et composition des eaux usées :

Les eaux usées peuvent être classées en trois grandes catégories, en fonction de leur origine et de leur composition :

➤ Les eaux usées domestiques :

Ces eaux proviennent des différents usages de l'eau au sein des habitations. Elles constituent une source importante de pollution organique. On distingue principalement deux types :

Les eaux grises : issues des salles de bains et des cuisines, elles contiennent généralement des détergents, des graisses, des solvants ainsi que des matières organiques.

Les eaux vannes : provenant des toilettes, elles sont fortement chargées en matières organiques azotées et en germes d'origine fécale, ce qui les rend particulièrement polluantes (**BAUMONT & ALL,2004**).

➤ Les eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles se caractérisent par une grande variabilité de leur composition, laquelle dépend étroitement du type d'activité (agroalimentaire, chimique, textile, etc.). Outre les matières organiques et les nutriments (azote, phosphore), elles peuvent contenir des substances hautement toxiques, des solvants, des métaux lourds et divers micropolluants organiques.

Ces effluents nécessitent généralement un prétraitement adéquat sur le site de production avant leur raccordement au réseau public. Cette étape est cruciale pour réduire leur charge polluante et prévenir toute perturbation biologique ou chimique au sein des stations d'épuration (STEP). Les grandes unités industrielles disposent souvent de leurs propres systèmes de traitement internes adaptés à la spécificité de leurs rejets (AUDIC & J-M,2002).

➤ Les eaux pluviales :

Les eaux pluviales proviennent des précipitations atmosphériques. Après leur chute, elles peuvent être collectées par les réseaux d'assainissement ou s'écouler à la surface du sol en ruisselant sur les toitures, les routes et les autres surfaces urbaines avant de rejoindre le milieu récepteur (Regsek,2002).

I.1.3. Les types de pollution des eaux usées :

➤ La pollution chimique :

La pollution chimique provient principalement des rejets industriels. Elle se caractérise par la présence de substances chimiques classées en deux grandes catégories :

- **Les substances organiques** : telles que les hydrocarbures, les pesticides, les détergents et les phénols.
- **Les substances minérales** : telles que les métaux lourds, les cyanures, ainsi que les composés azotés et phosphorés (Traité de l'environnement, Vol G1210).

➤ La pollution physique :

La pollution physique de l'eau se traduit par une modification de ses propriétés physiques, telles que la température, la couleur, l'odeur ou la turbidité. Elle est généralement causée par les rejets domestiques, industriels ou par l'érosion des sols, et peut perturber le milieu aquatique ainsi que les différents usages de l'eau (Ramade,2005).

➤ La pollution biologique :

La pollution biologique est l'une des formes de pollution les plus anciennes. Elle correspond à la présence en grande quantité de micro-organismes (bactéries, virus, protozoaires et helminthes), dont certains peuvent être pathogènes et provoquer des troubles, notamment gastro-intestinaux. Certaines espèces opportunistes peuvent contaminer les individus

vulnérables soit par contact direct avec de l'eau contaminée, ou par ingestion d'eau de mauvaise qualité, soit encore par inhalation d'aérosols contaminés (WHO,2011).

I.1.4. Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées contiennent plusieurs types de polluants dont la nature varie en fonction de leur provenance urbaine, industrielle ou domestique. Afin de caractériser les eaux usées, plusieurs paramètres physico-chimiques et microbiologiques peuvent être mesurés (Bali M,2024).

I.1.4.a. Paramètres physico-chimiques :

➤ La température :

Il est essentiel de mesurer la température de l'eau, car elle influence plusieurs paramètres importants tels que la solubilité des sels et des gaz et les processus biologiques.

➤ Le potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre fondamental pour évaluer la qualité et l'état de l'eau. Il affecte la solubilité des nutriments et des métaux dans l'eau, influençant ainsi la biodiversité aquatique

➤ Les matières en suspension (MES) :

La mesure de la teneur en matières en suspension (MES) dans les eaux usées est un paramètre essentiel. Les MES constituent un indicateur clé de la charge polluante des eaux usées. Leur concentration reflète la présence de particules solides non dissoutes, souvent associées à des polluants organiques ou inorganiques. L'évaluation de la teneur en MES est cruciale pour dimensionner correctement les systèmes de traitement, tels que les bassins de décantation et les filtres.

➤ La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique (CE) de l'eau est une mesure clé pour évaluer sa qualité. Elle reflète la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, directement liée à la concentration totale d'ions dissous (sels minéraux). La conductivité s'exprime en micro-Siemens par centimètre. La mesure de conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.

➤ L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un paramètre fondamental pour évaluer la qualité de l'eau. Il représente la quantité d'oxygène moléculaire (O_2) dissous dans l'eau, exprimée généralement en milligrammes par litre (mg/L). Dans les stations d'épuration, la mesure de la teneur en O_2 dissous est cruciale pour garantir l'efficacité des traitements biologiques.

➤ **La Demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

La Demande Chimique en Oxygène est un paramètre clé dans l'évaluation de la qualité de l'eau usée. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement la matière organique et certains composés inorganiques présents dans l'eau. Elle est exprimée en mg/L.

➤ **La Demande Biologique en Oxygène (DBO₅) :**

La Demande Biologique en Oxygène constitue un indicateur clé pour évaluer la qualité de l'eau, notamment dans le contexte des eaux usées. Elle correspond à la quantité d'oxygène dissous requise par les microorganismes pour décomposer biologiquement les matières organiques présentes dans l'eau sur une durée spécifique, généralement de 5 jours à 20 °C (DBO₅). Exprimée en milligrammes par litre (mg/L), la DBO représente la charge en matières organiques biodégradables contenue dans un échantillon. La DBO aide à dimensionner et optimiser les installations de traitement biologique des eaux usées.

➤ **La notion de biodégradabilité :**

La biodégradabilité représente la capacité d'un effluent à être dégradé ou oxydé par l'action des micro-organismes impliqués dans les processus d'épuration biologique de l'eau. Elle est quantifiée par un coefficient K (Ramade,1989), calculé selon la relation :

$$K = DCO/DBO_5 \dots\dots\dots (I-1)$$

Les interprétations de ce coefficient sont les suivantes :

K < 1,5 : cela signifie que les matières oxydables sont fortement biodégradables.

1,5 < K < 2,5 : cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

2,5 < K < 3 : les matières oxydables sont faiblement biodégradables.

K > 3 : les matières oxydables sont considérées comme difficilement biodégradables.

La valeur de K permet de guider le choix de la filière de traitement la plus adaptée.

➤ L'azote :

L'azote contenu dans l'eau peut se présenter sous deux formes principales : organique et minérale. L'azote organique regroupe des composés tels que les protéines, les polypeptides, les acides aminés et l'urée, généralement présents en faibles concentrations.

En revanche, l'azote minéral, composé principalement d'ammonium (NH_4^+), de nitrates (NO_3^-) et de nitrites (NO_2^-), constitue la majorité de l'azote total dans l'eau.

➤ Le phosphore :

Dans les eaux usées, le phosphore est présent sous forme de sels minéraux et de composés organiques issus de matières biologiques. Ce nutriment joue un rôle clé dans la croissance des micro-organismes en contribuant à la formation de nouvelles cellules. Le phosphore présent dans les eaux usées provient principalement des détergents domestiques et des fertilisants agricoles. Le phosphore contenu dans les eaux usées apparaît surtout sous forme d'orthophosphates. Le rejet des eaux usées chargées d'azote ou de phosphore peut entraîner l'eutrophisation de certains milieux aquatiques comme les lacs et les cours d'eau.

➤ Les métaux lourds :

Les métaux lourds présents dans les eaux se manifestent sous différentes formes : colloïdale, soluble ou en suspension. Les métaux solubles apparaissent sous forme d'ions simples ou complexes, tandis que les substances colloïdales et les particules en suspension incluent des sels insolubles ou des composés liés à des matières organiques ou des particules argileuses. Les métaux lourds les plus fréquemment trouvés dans les eaux usées sont : Le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn).

I.1.4.b. Paramètres microbiologiques :

Les eaux usées renferment une diversité de micro-organismes issus des matières fécales (Champignons, bactéries, virus, protozoaires, helminthes) dont certains sont pathogènes

. Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les germes témoins de contamination fécale regroupent les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux.

I.1.5. Collecte des eaux usées :

L'évacuation des eaux usées domestiques, industrielles et pluviales doit être planifiée selon une approche stratégique prenant en compte divers critères socio-économiques. Ce processus repose sur un réseau hydraulique soigneusement conçu pour acheminer ces eaux hors des zones urbaines dans des conditions optimales d'écoulement, tout en minimisant les nuisances pour la population environnante.

On distingue trois principaux types de système de collecte :

- Système de collecte unitaire ;
- Système de collecte séparatif ;
- Système de collecte pseudo-séparatif.

Dans le cas d'un réseau de collecte unitaire, les eaux usées domestiques et les eaux pluviales sont évacuées dans les mêmes canalisations. Des ouvrages de déviation sont répartis sur ce type de réseau pour permettre à la station d'épuration de ne pas recevoir un débit supérieur à sa capacité. Il s'agit des déversoirs d'orages. Alors que dans le cas d'un système de collecte séparatif, les eaux domestiques sont collectées dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre. Le système pseudo-séparatif est conçu pour collecter à la fois les eaux usées et une portion des eaux de ruissellement provenant directement des habitations. Ce système distingue deux types des eaux pluviales :

- Les eaux pluviales issues des toitures et des cours intérieures, raccordées au réseau d'assainissement par les mêmes branchements que ceux des eaux usées domestiques ;
- Les eaux pluviales provenant des surfaces de voirie.

I.1.6. Normes des rejets des eaux usées

I.1.6. a. Normes internationales

Une norme correspond à une valeur chiffrée fixant une limite maximale à ne pas dépasser ou une limite minimale à respecter. Un critère est considéré comme satisfaisant lorsque cette norme est respectée pour un paramètre donné. Les normes sont établies par des lois, des directives ou des décrets.

À l'échelle internationale, les normes relatives aux eaux usées sont notamment définies par Organisation mondiale de la santé (OMS) sont citées dans le tableau I-1.

Tableau I-1. Normes de rejets internationales (OMS).

Caractéristiques	Valeurs
pH	6.5-8.5
DBO ₅	<30 mg/L
DCO	<90 mg/L
MES	<20 mg/L
NH ₄ ⁺	<0.5 mg/L
NO ₂ ⁻	<1mg/L
NO ₃ ⁻	<1mg/L
PO ₄ ³⁻	<2mg/L
Température	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

I.1.6. b. Normes de rejet appliquées en Algérie

Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993, publié au Journal officiel de la République algérienne et relatif à la réglementation des rejets d'effluents liquides, définit le rejet comme tout déversement, écoulement, projection ou dépôt, direct ou indirect, d'effluents liquides dans le milieu naturel. Ces dispositions ont été renforcées par un nouveau texte réglementaire, le Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006, venu compléter et actualiser les valeurs fixées précédemment.

Tableau I-2. Valeurs limites des paramètres de rejet en ALGERIE dans un milieu récepteur.

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/L	35
DBO ₅	mg/L	35
DCO	mg/L	120
Azote Kjeldahl	mg/L	30
Phosphates	mg/L	02
Phosphore total	mg/L	10
Cyanures	mg/L	0,1
Aluminium	mg/L	03
Cadmium	mg/L	0,2
Fer	mg/L	03
Manganèse	mg/L	01
Mercure total	mg/L	0,01
Nickel total	mg/L	0,5
Plomb total	mg/L	0,5
Cuivre total	mg/L	0,5
Zinc total	mg/L	03
Huiles et Graisses	mg/L	20
Hydrocarbures totaux	mg/L	10

Indice Phénols	mg/L	0,3
Chrome total	mg/L	0,5
(*) Chrome III+	mg/L	03
(*) Chrome VI+	mg/L	0,1
(*) Solvants organiques	mg/L	20
(*) Chlore actif	mg/L	1,0
(*) Détergents	mg/L	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/L	10

I.2. Les stations d'épuration des eaux usées (STEP) :

Une station d'épuration est une installation qui a pour objectif d'assainir les eaux usées domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales avant de les rejeter dans le milieu naturel, généralement un cours d'eau.

Pour ne pas polluer le milieu naturel, les eaux usées sont nettoyées de leurs nombreuses impuretés : matières solides, excréments, huiles et toutes substances dissoutes. Leur forte concentration rendrait impossible un rejet direct dans le milieu naturel sans générer une forte pollution.

Une station d'épuration est généralement située à l'extrémité d'un réseau de collecte. Elle va utiliser divers processus et dispositifs physiques et biochimiques pour dégrader les matières organiques et les séparer de l'eau.

Le résultat est une « eau propre » qui n'est pas potable mais qui est d'assez bonne qualité pour être absorbée par l'environnement sans nuisance.

I.2.1. Présentation de la STEP de Mostaganem :

La station d'épuration de la wilaya de Mostaganem qui fait l'objet de notre étude est située entre la Salamandre et les Sablette, à Mostaganem en face de la mer. Elle a été mise en service en Mars 2017.

Elle permettra la dépollution des eaux usées urbaines domestiques des régions ouest et sud de Mostaganem, dont les localités de Stidia, HassiMameche, Ouréah, Mazagran, Mostaganem,

Kheireddine, Sayada, et Ain Boudinar. Elle a une capacité de 56000 m³/jour pour traiter les eaux d'une population équivalente à 350000 Eq/habitants.

Cette station contribue à lutter contre la pollution marine du littoral de Mostaganem et avec d'autres unités secondaires actuellement en service à savoir Sidi ali, sidi lakhdar, et khadra elle porte le taux de traitement des eaux usées à environ 85% de la wilaya.



Figure I-1. Planification de la STEP de Mostaganem.

I.2.2. Objectif de la STEP de Mostaganem :

L'objectif principal d'épuration des eaux est de les nettoyer et de les assainir avant leur rejet dans le milieu naturel. Les stations d'épuration collectives et les systèmes d'assainissement individuels jouent un rôle essentiel dans la gestion des eaux usées produits par l'activité domestique. Le traitement des eaux usées est un processus composé de plusieurs étapes visant à éliminer les substances polluantes et à préserver la qualité du milieu récepteur.

I.2.3. Principes de fonctionnement :

La station d'épuration des sablettes fonctionne selon le procédé des boues activées à moyenne charge. Au cours du traitement biologique, des bactéries aérobies utilisent l'oxygène dissous dans l'eau pour dégrader les matières organiques contenues dans les eaux usées. Ce processus permet de réduire la pollution organique et d'améliorer la qualité de l'eau traitée.

I.2.4. Caractéristiques techniques de la STEP (Mostaganem) :

La conception et le dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées des sablettes correspondent aux exigences du cahier des charges de l'appel d'offre et sont présents dans les tableaux ci-dessous :

Tableau I-3. La charge hydraulique entrée STEP.

Débit	Total 2030
Équivalent habitant	350000 EH
Volume journalier	56 000 m ³ /j
Débit moyen en temps sec (Qts ,m)	2334 m ³ /h
Débit de pointe temps sec (Qts)	3735 m ³ /h
Débit max, admis en temps de pluie (Qtp)	5600 m ³ /h

Dans le cadre de l'analyse des besoins futurs en traitement des eaux usées, il est important d'estimer la charge de pollution à l'horizon 2030. Cette projection permet de dimensionner adéquatement les ouvrages de la station d'épuration et d'anticiper les évolutions démographiques et industrielles. Le tableau I-4 présente la charge de pollution prise en compte pour la STEP de les sablottes selon les paramètres retenus.

Tableau I-4. À charge polluant de la STEP de Mostaganem –horizon 2030.

Paramètre	g/ (H.j)	Charge	Concentration
DCO	135	47250 Kg/j	843.8 mg/L
DBO ₅	56	19600 Kg/j	350.0 mg/L
MES	70	24500 Kg/j	437.5 mg/L
NTK	10	3500 Kg/j	62.5 mg/L
NO ₃	-		
P _{tot}	2.5	880 Kg/j	15.7 mg/L

L'évaluation de la qualité des eaux traitées constitue une étape essentielle pour vérifier l'efficacité du processus d'épuration et la conformité aux normes environnementales en vigueur. Elle permet également d'apprécier l'impact du rejet sur le milieu récepteur. Le tableau I-5 présente les principales caractéristiques de la qualité des eaux traitées au niveau de la STEP des sablottes.

Tableau I-5 qualité des eaux traitées (normes de rejet de l'ONA).

Paramètre	Unité	concentration	Rendement minimum d'élimination en %
DCO	mg/L	<90	>80
DBO ₅	mg/L	<30	>90
MES	mg/L	<30	>90

I.2.5. Traitement des eaux usées de la wilaya Mostaganem par la STEP :

De l'entrée de l'usine jusqu'au rejet dans le milieu naturel, les différentes étapes du traitement des eaux usées et les principales tâches effectuées sont schématiquement les suivantes :

I.2.5. a. Prétraitement :

Le prétraitement consiste en une étape physique visant à éliminer les déchets grossiers, les sables, les huiles et les graisses présents dans l'effluent brut. Ils servent principalement à protéger les ouvrages. Ils se situent en tête de station d'épuration. Ce processus peut inclure des opérations telles que (dégrillage, dessablage, dégraissage-déshuilage) (Cardot ,2001 ; Bali,2024).

➤ Déversoir d'orage :

Le déversoir d'orage de la station est situé en amont de l'installation. Son rôle est d'évacuer l'excédent du débit dépassant la capacité admissible vers le by-pass général de la station. La hauteur de la lame déversant est conçue de manière à permettre l'écoulement d'un débit maximal de 2334 m³/h. Les eaux usées destinées au traitement sont acheminées par gravité jusqu'à la tête de la première filière de traitement à travers une conduite de liaison entre ouvrages, d'une longueur de 80 m (Yahaioui,2020).



Figure I-2. Déversoir D'orage.



Figure I-3. L'entrée des eaux usées.

➤ Dégrillage :

Le dégrillage est une étape de prétraitement qui sert à retenir les gros déchets présents dans les eaux usées afin de protéger les équipements situés après. Son efficacité dépend de l'espacement

entre les barreaux : quand l'espacement est plus petit, il retient mieux les déchets grossiers (BADIA-GONDARD,2003).

- **Dégrillage grossier** : Ce dégrilleur est spécialement adapté aux eaux chargées de matières solides difficiles à séparer. Cet appareil permet la remontée des matières solides arrêtées à un niveau tel qu'elles seront automatiquement déversées dans une benne, sans manipulations manuelles.
- **Dégrillage fin** : après le poste de relevage, les eaux usées traversant deux grilles de dégrillage constituées de barreaux métalliques disposés verticalement inclinés selon un angle compris entre 60° et 80° par rapport à l'horizontale. L'écartement entre les barreaux est de 20 mm, ce qui permet de retenir les déchets volumineux. La vitesse de passage de l'eau à travers les grilles est généralement comprise entre 0.6 et 1 m/s afin d'assurer un dégrillage efficace tout en évitant le colmatage des ouvrages en aval (khoudmi,2020).

➤ **Dessablage, Déshuilage (dégraissage) :**

- **Dessablage** : Le dessablage consiste à extraire de l'effluent les sables et les graviers généralement par pompage ou par un dispositif d'insufflation d'air. Il s'agit d'une opération de décantation. Il existe plusieurs types de dessableurs : Dessableurs couloirs, rectangulaires et circulaires (Schriver –Mazzuoli,2012 ; Bali,2024).
- **Déshuilage** : Le dégraissage/déshuilage a pour but d'extraire de l'eau les graisses et les huiles afin d'éviter toute perturbation du fonctionnement des ouvrages de traitement. Ces matières, ayant une densité inférieure à 1, flottent à la surface du dégraisseur où elles sont raclées. L'élimination des sables et des graisses peut être réalisée dans un même ouvrage, grâce à la différence de densité entre ces composés. Deux types de dégraisseurs sont employés : dégraisseurs statiques et dégraisseurs aérés. Le dessablage et le dégraissage sont couramment associés dans un même ouvrage : Dessableur/dégraisseur combiné (Cardot, 2001 ; Bali, 2024).



Figure I-4. Dessablage et Déshuilage.

➤ **Décanteur primaire :**

Le décanteur primaire est une étape qui vise à compléter les prétraitements. Il s'agit de récupérer par décantation les particules fines en suspension en les faisant passer un décanteur. Cette opération de séparation permet d'arrêter 50 à 70% des matières en suspension (MES) présentes dans l'effluent à traiter. Les matières en suspension s'accumulent au fond du bassin de décantation où elles sont régulièrement extraites.



Figure I-5. Décanteur primaire.

I.2.5. b. Traitement secondaire (Traitement biologique) :

La STEP comporte deux bassins de forme rectangulaire. Chacun est équipé de six turbines avec 12 aérateurs. Cette étape clé du traitement secondaire repose principalement sur des procédés biologiques. Des bactéries spécifiques se nourrissent des déchets organiques présents dans l'eau et les transforment en gaz carbonique. L'efficacité de ce processus dépend d'une bonne circulation d'oxygène dans le milieu, nécessaire à la respiration des bactéries.



Figure I-6. Bassin d'aération.

➤ **Décanteur secondaire (Clarificateur) :**

Après le traitement biologique, l'eau arrive vers le décanteur secondaire, dont le fonctionnement est similaire à celui du décanteur primaire. Ce bassin est équipé d'un racleur tournant à une vitesse d'environ 0.04m/s, permettant la collecte des matières en suspension qui se déposent au fond sous forme de boues activées. Une partie des boues est évacuée, se dirige vers la filière de traitement des boues et l'autre vers le bassin d'aération (Amara & Limam,2023).



Figure I-7. Décanteur secondaire (clarificateur)

I.2.5. c. Désinfection par chlore :

Les eaux qui sortent du clarificateur seront dirigées vers un bassin de forme rectangulaire. Des dispositifs de chicanes sont mis en place pour garantir la suppression des germes pathogènes présents dans les eaux avant leur rejet. Dans l'environnement récepteur (la mer). Cette procédure est effectuée grâce à l'ajout d'hypochlorite de sodium (eau de javel).



Figure I-8. Bassin Désinfection.

I.2.6. Traitement des boues :

I.2.6. a. Origine des boues :

- Les boues primaires sont obtenues par décantation des eaux usées. Elles transitent via un bassin qui permet d'extraire les matières les plus lourdes.
- Les boues physico-chimiques sont récupérées grâce à l'action d'un agent tel que l'hydroxyde métallique, capable d'emprisonner les matières colloïdales agglomérées.
- Les boues biologiques (ou activées) sont riches en matières organiques. Elles subissent un traitement bactérien qui consiste à oxygéner le milieu.
- Les boues mixtes sont un mélange de boues primaires et de boues physico-chimiques.
- Les boues d'aération prolongée sont des boues qui contiennent très peu de matières. Elles sont donc moins susceptibles de produire des odeurs (**Site internet**).

I.2.6. b. Procédés de traitement des boues :

➤ Traitement de l'épaississement et de concentration des boues :

Les processus de traitement des boues qui représentent cette étape permettent une réduction du volume de la boue à traiter, en éliminant l'eau et en augmentant ainsi la concentration en solides. Le principal objectif est d'augmenter l'efficacité et l'optimisation économiques des processus postérieurs.

Avant épaississement :

- La boue primaire est de débit de 73 5m³/j avec une concentration de 20kg MES/m³,
- La boue biologique est de débit de 1420 m³/j avec une concentration de 8.8kg MES/m³,
- La boue mixte est de débit de 2155 m³/j et une concentration de 12.6 kg MES/m³.

Après épaississement :

- La boue primaire est de débit de $294 \text{ m}^3/\text{j}$ et une concentration de $50 \text{ kg MES}/\text{m}^3$,
- La boue biologique est de débit de $625 \text{ m}^3/\text{j}$ et une concentration de $20 \text{ kg MES}/\text{m}^3$,
- La boue mixte est de débit de $919 \text{ m}^3/\text{j}$ et une concentration de $29.6 \text{ kg MES}/\text{m}^3$.
- La capacité volumique de l'épaississeur est de $2155 \text{ m}^3/\text{j}$ avec une profondeur de 5.4 m, un diamètre de 30 m et une puissance de 0.45 KW (Yahaioui,2020).



Figure I-9. Épaississeur.

➤ **Traitement par stabilisation des boues :**

L'objectif de la stabilisation aérée des boues est de minimiser la quantité maximale de matières.

Éléments organiques qui ne se décomposent pas sous l'effet de l'oxygène fourni par des aérateurs installés sur des ponts en béton fonctionnent de manière alternée. 50 minutes de marche et 10 minutes.

Les boues peuvent être conservées dans le bassin pendant une période allant jusqu'à 14 jours (BUTEC,2014). La couleur marron chocolat est un indice d'une bonne stabilisation.

On mesure les paramètres suivants :

- Le taux d'oxygène
- Les matières sèches
- Le pH.
- La température.
- Analyse microbiologique.



Figure I-10. Bassin de stabilisation.

➤ **Déshydratation :**

Ce procédé repose sur le drainage des boues par décantation sur un support filtrant, ce qui augmente rapidement leur densité. Le système de séchage sur table permet d'accroître la charge en matières solides de 10 g/L à environ 100 g/L, tout en atteignant un taux de séchage final d'environ 8 %. Avant le traitement final, les boues subissent une floculation préliminaire, au cours de laquelle des polymères sont généralement ajoutés pour former des particules floculantes qui facilitent la séparation. Cette technique se caractérise par sa simplicité, garantissant ainsi une fiabilité d'exploitation et minimisant les besoins de maintenance (Degrémont, 2005).

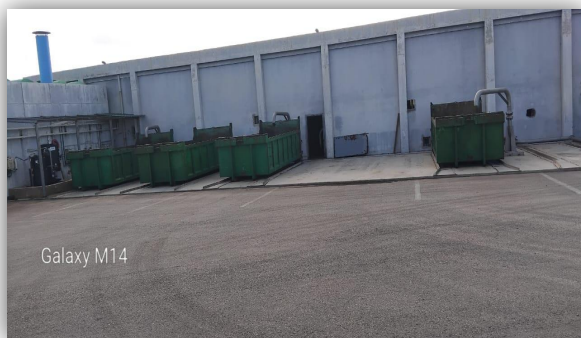


Figure I-11. Stockage des boues.



Figure I-12. Section de déshydratation

I.2.7. Schéma de fonctionnement de la station d'épuration des eaux usées de les sablettes (MOSTAGANEM)

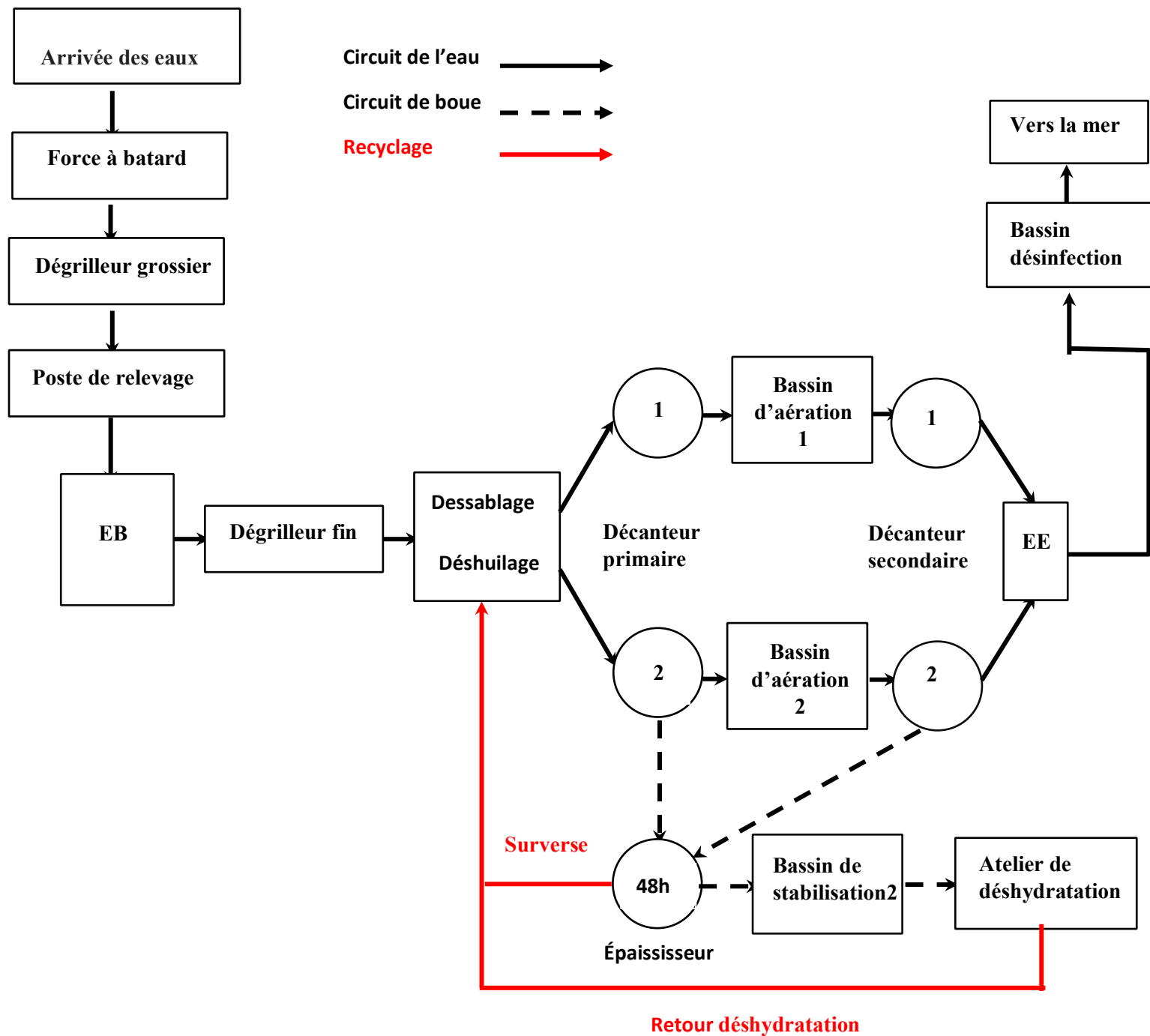


Figure I-13. Chaîne complète d'épuration dans la STEP de Mostaganem.

Chapitre II:

Matériel et méthodes

Ce chapitre présente le matériel utilisé ainsi que les méthodes analytiques mises en œuvre pour la caractérisation physico-chimique des eaux usées au niveau de la STEP de Sablette. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de la station selon des protocoles normalisés afin d'évaluer les performances épuratoires de la STEP.

Des échantillons d'eau ont été prélevés et analysés afin de déterminer les paramètres physiques du milieu :

- Le pH.
- La température.
- La conductivité électrique.

Par ailleurs, les paramètres chimiques du milieu proviennent de la teneur en nutriments essentiels :

- L'ammonium (NH_4^+).
- Le nitrate (NO_3^-).
- Les nitrites (NO_2^-).
- Les phosphates (PO_4^{3-}).
- La demande chimique en oxygène (DCO).
- La demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO_5).

II.1. Le prélèvement :

Les prélèvements sont réalisés dans des flacons propres, fermés hermétiquement et rincés à l'instant de l'utilisation avec l'eau à analyser. Les prélèvements des échantillons d'eau sont effectués le matin, au niveau de l'entrée, de la sortie et sur les bassins d'aération, ainsi que sur la filière boue.

Tableau II-1. Paramètres à analyser.

Paramètre	Temps
DBO ₅	Chaque jour
DCO	
MES	
pH	
CONDUCTIVITE	
REDOX	
NITRITE	Une fois par semaine
NITRATE	
PHOSPHORE	
AMMONIUM	

II.2.L'appareillage de laboratoire :

- Pour faire le prélèvement .il faut utiliser différents matériels :

Tableau II-2. Les paramètres étudiés et leur appareillage.

Paramètre	Appareillage
pH	PH-mètre
Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductimètre
MES (mg/L)	Papier filtre, balance électronique, étuve, centrifugeuse
DBO ₅ (mg/L)	Oxytop
DCO (mg/L)	Appareil, bloc chauffant, burette graduée
Oxygène dissous (mg/L)	Oxymètre

II.3. Analyses physico-chimique :

II.3.1.Détermination de la température :

La température est mesurée parallèlement avec le pH à l'aide d'un pH-mètre. La mesure se fait en trempant soigneusement l'électrode au centre du flacon et on obtient directement

II.3.2. Détermination de pH :

Mode opératoires :

- Prendre à peu près 100 ml d'eau à analyser.
- Immerger l'électrode du pH-mètre dans le bécher ;
- Laissez stabiliser un moment, puis noter la valeur du pH affiché.

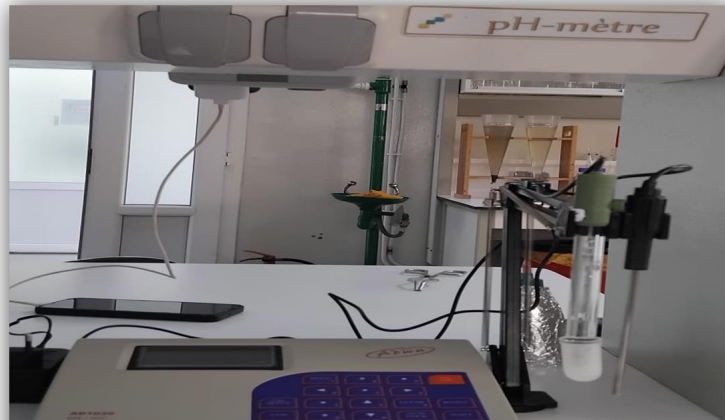


Figure II-1. pH-mètre.

II .3.3. Détermination de la conductivité électrique :

Mode opératoire :

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser (eau brute, eau épurée).
- Tremper l'électrode dans le bécher.
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise et faire la lecture.

Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$



Figure II-2. Conductimètre

II .3.4.Détermination de l'oxygène dissous :

Mode opératoire :

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser (eau brute, eau épurée).
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le b cher voire la figure II-3.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible agitation, puis noter la valeur d'oxygène dissous.



Figure II-3. Oxymètre

II .3.5. Détermination de La V_{30} :

Les V_{30} sont fait pour vérifier le volume de la boue.

Mode opératoire :

- Verser l'échantillon de chaque bassin dans une éprouvette graduée, figure II-4
- Laisser décanter pendant 30 minutes.
- Noter la valeur de V_{30} .



Figure II-4. Décantation après 30 minutes $\langle V_{30} \rangle$

II .3.6. Détermination des matières décantables :

Mode opératoire :

- Remplir les cônes de 100 ml d'échantillon (eau brute, eau épurée) voir la figure II-5
- Laisser décanter pendant 2h.
- Noter le volume décanté.



Figure II-5. Matière décantable.

II .3.7. Détermination des matières en suspension (MES):

Mode opératoire :

Centrifugation de l'échantillon.

- Mesurer le poids de la capsule vide m_0 .
- Homogénéiser le contenu du flacon par agitation.
- Introduire la totalité de l'échantillon dans le pot de la centrifugeuse (quatre tubes volume 160 ml) (figure II-6).
- Mettre les tubes dans centrifugeuse en pendant 20 min.
- Éliminer l'eau surnageant, recueillir le culot déposé dans une capsule préalablement séché à 105°C et pesé.
- Rincer le pot de centrifugeuse deux fois avec de l'eau distillée et recueillir les eaux d'entraînement dans la capsule.
- Sécher la capsule et son contenu dans une étuve à 105°C pendant 8h.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser

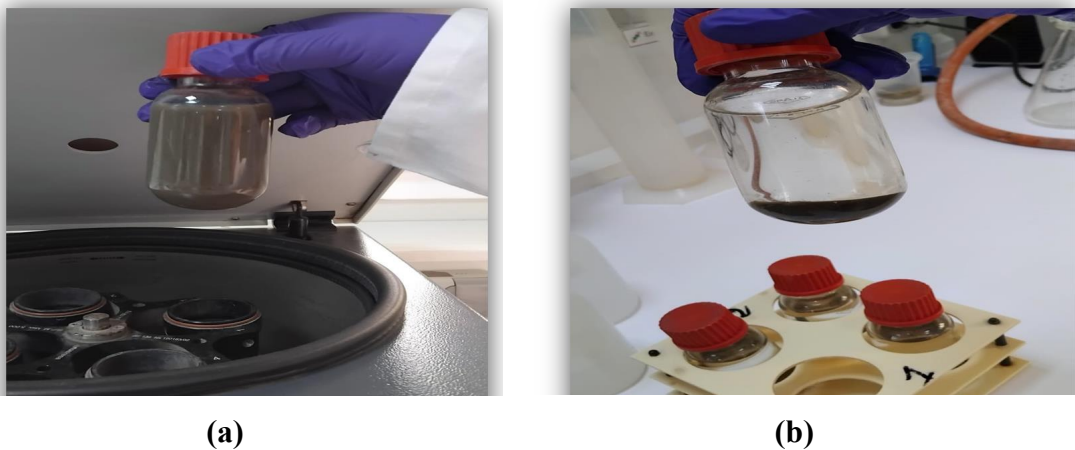


Figure II-6. (a) Les tubes avant la centrifugeuse, (b) les tubes après la centrifugeuse



Figure II-8. Centrifugeuse

Filtration :

- Mesure les filtres vides m_0 .
- Nettoyer les filtres à l'eau distillée pour se débarrasser de la poussière.
- Il faut sécher les filtres dans une étuve à 105°C pendant au moins une heure.
- Permettre leur refroidissement dans le dessiccateur pendant 15 minutes.
- Positionnez le filtre (la partie lisse en bas) sur le porte-filtre.
- Secouer le flacon contenant les échantillons
- Remplir l'éprouvette graduée avec une quantité appropriée d'échantillons.
- Filtrer l'échantillon.
- Libérez l'équipement sous vide lorsque le papier filtre est presque sec.
- Enlevez délicatement le papier filtre en utilisant une pince à bout plat.
- Positionner le filtre sur un support de séchage (capsule).

- Séchez le filtre dans l'étuve à 105°C pendant deux heures.
- Placer dans le dessiccateur pour refroidissement.
- Mesurez la nouvelle masse ml.

Remarque :

La première méthode (centrifugation d'échantillon) a été appliquée à l'eau brute (l'entré) en raison de sa forte concentration en particules. En revanche, la filtration a été utilisée pour l'eau traitée (l'eau épurée), ou la concentration en matières en suspension est faible, afin d'assurer une plus grande précision dans la détermination de la quantité de particules restantes.

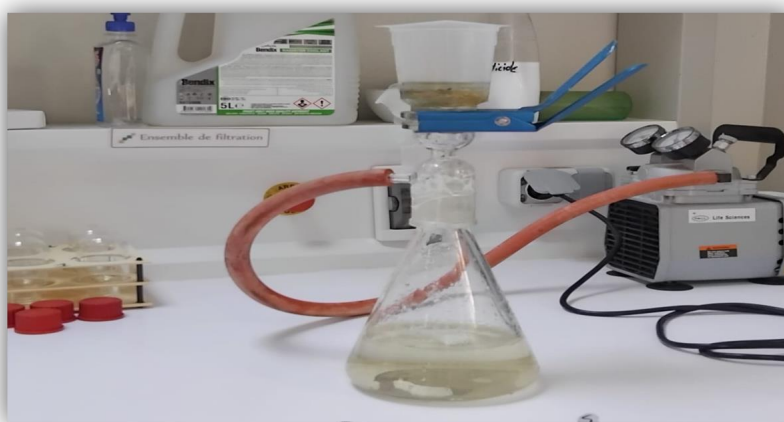


Figure II-9. Ensemble de filtration.

Expression des résultats :

Le calcul de la teneur en MES se fait à partir de l'expression suivante :

$$[\text{MES}] = (\text{M1}-\text{M0}) * 1000/\text{Ve} \dots\dots\dots (\text{II-1})$$

[MES] : est la teneur en MES en mg/L.

M1 : est la masse de la capsule contenant l'échantillon (en mg) après l'étuvage à 105 °C.

M0 : est la masse de la capsule vide (en mg).

Ve : le volume de l'échantillon introduire dans les pots de la centrifugeuse (en ml).

II .3.8. Détermination de la matière volatile en suspension (MVS) :

Mode opératoire :

Cette analyse peut être effectuée après la détermination des MES, MVS ou de la siccité d'une boue à la fin de chacune de ces analyses. Détermination P_{sec} en g (correspondant au poids de la capsule en porcelaine et des matières séchées qu'elle contient).

- Placer ensuite les capsules en porcelaine dans un four à moufle à 505°C (la figure II-10) pendant une durée de 02 heures.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, la capsule, ne contenant plus que les cendres, est à nouveau pesée : P_{min} en g.

Expression des résultats :

La teneur en matière organique est habituellement ramenée à la masse initiale en MES et donc exprimée en % de MES.

$$\text{Taux de MVS en \%} = ([\text{MVS}] / [\text{MES}]) * 100 \dots\dots\dots (\text{II-2})$$



Figure II-10. Four à moufle 505°C



Figure II-11. Balance électronique.

II .3.9. Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) :

Mode opératoire :

Avant le prélèvement de la prise d'essai, l'échantillon doit être homogénéisé par agitation du flacon. On introduit 10 ml d'eau à analyser (eau brute, eau épuré, eau distillé) dans un tube de DCO (Introduit 10ml d'eau distillée dans le tube à essai pour noter V blanc), puis on ajoute 05 ml de dichromate de potassium ainsi que quelques granules régulateurs d'ébullition. Le mélange est ensuite homogénéisé.

Par la suite ajouter lentement et avec précaution 15 ml d'acide sulfurique plus le sulfate d'argent. Après Agitation du tube, celui-ci est équipé d'un réfrigérant et porter à l'ébullition 02 heures une température de 150°C voire la figure II-12.

Une fois le chauffage terminé, laisser refroidir le montage et on rince les parois internes du réfrigérant avec de l'eau distillée. Le réfrigérant est ensuite retiré et le contenu est complété à 70 ml avec de l'eau distillée dans un bécher.

Enfin, on ajoute 1 à 2 gouttes d'indicateur féroïen, puis l'excès de dichromate de potassium est titré à l'aide d'une solution de sel de Mohr (NH_4^+) (2Fe) (SO_4)₂, (virage bleu-vert au brun-rouge) noter V_{ECH} . Lorsque la couleur change on prend directement le volume



Figure II-12. L'échantillon dans le minéralisateur. **Figure II-13.** Titrage avec de sel de Mohr

Remarque : la DCO théorique de cette solution est de 500 mg/L, le procédé expérimental est satisfaisant si l'on obtient au moins 96%.

Expression des résultats :

La demande chimique en oxygène, exprimée en mg d'O₂ /L est donnée par la formule :

$$DCO = 8000 \times T(V_{\text{Blanc}} - V_{\text{Ech}})/P_{\text{Essai}} \dots \dots \dots (\text{II-3}).$$

- **8000** : facteur correspond à la masse équivalente de l'oxygène exprimée en mg.
- **T** : La concentration en qualité de matière, exprimée en mol/L, de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium, calculée par la formule suivante :

$$T = (10 \times 0.04 \times 6) / V = (2.4) / V \dots \dots \dots (\text{II-4})$$

V : Volume utilisé pour le titrage.

II.3.10. Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) :

Mode opératoire :

- Rincer 3 flacons avec l'eau de l'échantillon
- Ajouter un volume d'échantillon dans les bouteilles
- Ajouter un inhibiteur dénitrificateur (Figure II-14) pour l'eau épurée (**qui** sert à bloquer la nitrification)
- Mettre des barreaux magnétiques dans les flacons
- Insérer le godet caoutchouc dans le goulot du flacon
- Mettre des pastilles de soude NaOH dans le godet caoutchouc
- Visser l'Oxytop directement sur le flacon échantillon.
- Maintenir le flacon de mesure avec l'Oxy Top à 20°C pendant 5 jours. (Par ex. Dans un incubateur).
- L'échantillon est agité en continu pendant 5 jours. L'Oxy Top mémorise automatiquement une valeur toutes les 24 heures sur 5 jours.
- Lecture des valeurs mémorisées à la fin des 5 jours.

Prise d'essai :

Elle dépend de la charge d'échantillon, celle-ci dépend de l'origine de l'échantillon industriel ou urbain, de la couleur, de l'odeur et de la charge en matière en suspension.

Sélection du volume d'échantillon :

- Estimer la valeur de DBO₅ 80 %, de la valeur DCO.
- Vérifier la plage de mesure correspondante dans le tableau **II-3** et calculer les valeurs correctes pour le volume de l'échantillon et le facteur.

Tableau II-3. La mesure de la DBO₅.

Volume de l'échantillon (ml)	Plage de mesure (mg/L)	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43.5	0-2000	50
22.7	0-4000	100

Tableau II-4. Des pesées d'un inhibiteur par rapport aux volumes de la DBO₅.

Volume de DBO ₅ (ml)	Pesé inhibiteur de nitrification (g)
432	0.23
365	0.19
250	0.13
164	0.087
97	0.05
43.7	0.023

Expression de résultats :

$$DBO_5 = DCO \times 0,8 \dots\dots\dots (II-5).$$

Remarque : le calcul $DBO = DCO \times 0.8$ est utilisé uniquement pour estimer la plage de mesure et choisir le volume d'échantillon approprié. La valeur réelle de la DBO₅ est obtenue après 5 jours d'incubation à l'aide de l'appareil Oxitop

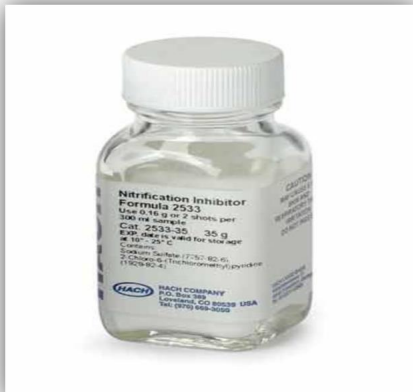


Figure II-14. Inhibiteur de nitrification.

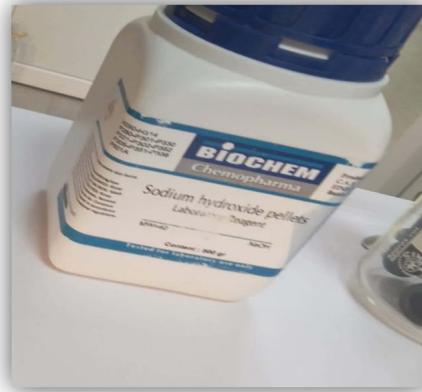


Figure II-15. Pastilles de soude NaOH

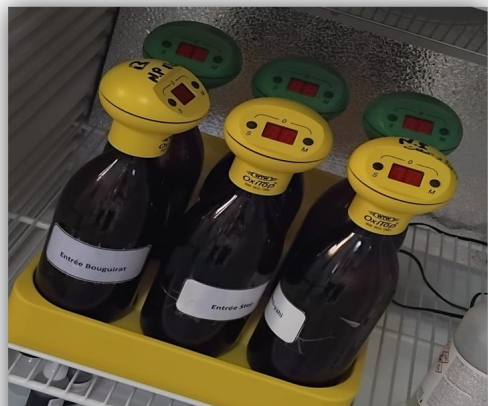


Figure II-16. Les bouteilles avec Oxytop.

II .3.11. Détermination des orthophosphates (PO_4^{3-}) :

Mode opératoire :

- Introduire 10 ml d'eau distillée dans un tube à essai et prélever 10 ml de l'échantillon d'eau à analyser (EE. ED) dans un autre tube.
- Ajouter 1 dose de réactifs.
- Agiter pendant 30 secondes pour homogénéiser.
- Laisser reposer pendant 2 minutes, temps de réaction.
- Utiliser le blanc (eau distillée) pour régler le spectrophotomètre à zéro.
- Mesurer l'absorbance de l'échantillon.
- Noter la valeur obtenue dans le spectrophotomètre (la figure II-17).

Remarque : Observer l'apparition d'une coloration bleue, indiquant la présence d'ortho-phosphate.

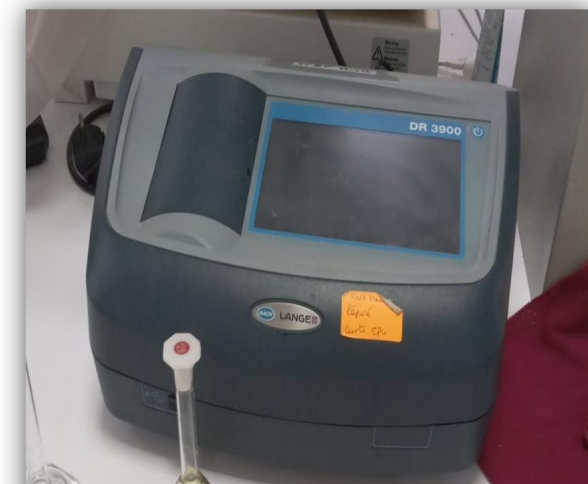


Figure II-17. Spectrophotomètre.

II.3.12. Détermination des Nitrates (NO_3^-) :

Mode opératoire :

- Remplissez 10 ml d'échantillon dans un tube à essai.
- Remplissez un deuxième tube avec 10 ml d'eau distillée (blanc) pour le zéro.
- Ajouter le contenu d'un sachet de réactif **Nitraver 5**.
- Agiter pendant 1 minute.
- Laisser reposer pendant 5 minutes, temps de réaction.
- Une fois les 5 minutes écoulées, insérer le tube témoin (blanc) dans le spectrophotomètre pour faire l'auto zéro.
- Insérer ensuite le tube contenant l'échantillon pour lire le résultat.

Remarque : une coloration jaune dorée apparaîtra si des nitrates sont présents.

II .3.13. Détermination des Nitrites (NO_2^-) :

Mode opératoire :

- Indique une dilution par 20 (4 ml d'échantillon+ 16 ml d'eau distillée).
- Introduire 10 ml d'eau distillée pour faire le zéro de l'appareil.
- Introduire 10 ml d'échantillon.
- Ajouter le réactif **Nitraver3**.

- Mélanger vigoureusement.
- Laisser reposer pendant 20 minutes, temps de réaction.
- Mesure la concentration sur le spectrophotomètre.

Remarque : l'apparition de la couleur rose indiquant la présence de NO_2^- .

II.3.14. Détermination de l'Ammonium (NH_4) :

Mode opératoire :

- Si l'échantillon est trop concentré prélevé 1 ml de l'échantillon et ajouter 29 ml d'eau distillée pour obtenir une solution diluée au 1/30 pour une lecture directe.
- Introduire 25 ml de l'échantillon dilué dans un tube et 25 ml d'eau distillée (blanc) pour faire le zéro.
- Ajouter 3 gouttes de stabilisateur de minéraux (réactif 1).
- Ajouter 3 gouttes d'alcool polyvinylique (réactif 2).
- Ajouter 1 ml de réactif de Nessler (réactif 3).
- Laisser pendant 1 minute, temps de réaction.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre.

Remarque : la couleur jaune indiquant la présence de l'Ammonium.



Chapitre III :

Résultats et discussions

Dans cette partie nous présentons les résultats des analyses physico-chimiques mesurées au niveau de la STEP des sablettes. Ces résultats sont comparés aux normes de référence de chaque paramètre, afin d'évaluer l'efficacité d'épuration de la STEP.

III.1. Résultats des analyses physico-chimiques :

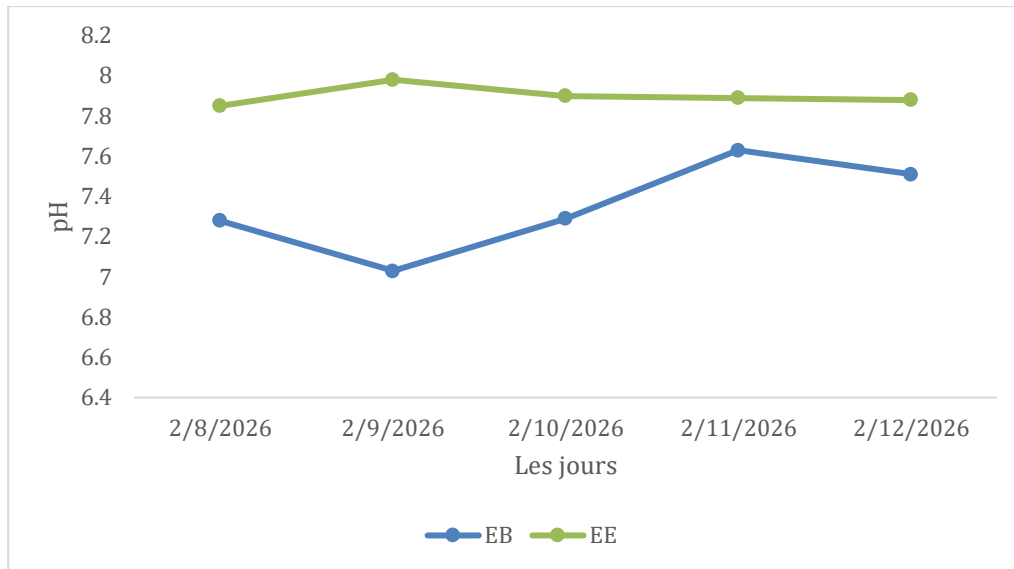
Les résultats des analyses physico-chimiques obtenus sont présentés dans des tableaux et interprétés à l'aide des courbes.

Tableau III-1 résultats de mesure du débit, pH, la température, la conductivité à l'entrée et la sortie (eau brute, eau épurée) de la STEP.

Paramètre	Débit (m ³ /j)		pH		Température (°C)		Conductivité (µS/cm)	
Les dates	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
08/02/2026	23965	21870	7.28	7.85	14	13.6	1990	2310
09/02/2026	43060	41245	7.03	7.98	13.4	14.3	2000	1814
10/02/2026	38260	35940	7.29	7.9	17	17	1745	1727
11/02/2026	31020	29655	7.63	7.89	17.9	17.9	2040	1723
12/02/2026	36685	33265	7.51	7.88	17.5	17.4	2260	1804

III.2. Interprétation des résultats de tableau III-1 :

➤ Le pH :

**Figure III-1.** Variation du pH des EB, EE.

D'après la figure III-1, le pH de l'eau brute (EB) était situé dans un intervalle de 7.03 à 7.63 pendant la période considérée. En revanche, l'eau épurée (EE) est restée relativement stable, avec des valeurs comprises entre 7.85 et 7.98. Cette légère augmentation du pH de l'eau épurée par rapport à l'eau brute est principalement due au dégazage du dioxyde de carbone CO_2 qui a été favorisé par l'aération intense dans les bassins biologiques (**Rodier & all,2009**). Ainsi qu'à la transformation de la matière organique acide par la biomasse. Les valeurs enregistrées, tant à l'entrée qu'à la sortie de la STEP, sont conformes aux normes de rejet algériennes (qui imposent une fourchette acceptable de 6.5 à 8.5) (Décret exécutif n° 06-141, voir Tableau I-2)

➤ Les températures :

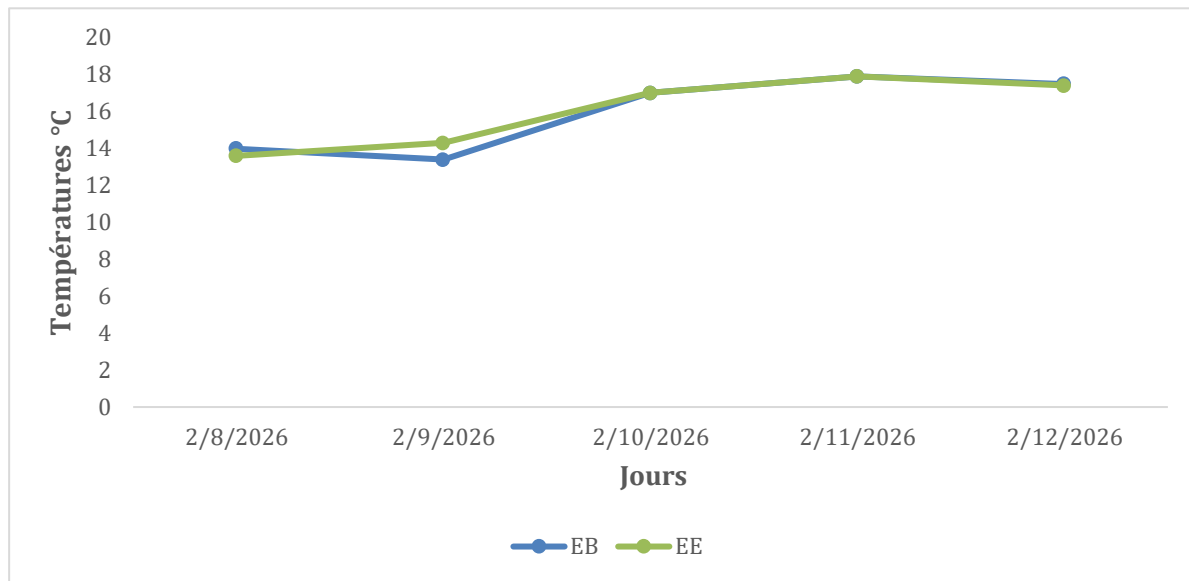


Figure III-2. La variation de la température des EB, EE.

Selon la figure III-2, les températures de l'eau brute (EB) et de l'eau épurée (EE) ont varié entre 13.4 °C et 17.9 °C durant la période d'étude. Les valeurs mesurées à l'entrée et à la sortie de la station restent très proches, ce qui indique que le traitement n'a pas eu d'effet notable sur ce paramètre. On note une légère augmentation de la température à partir du 10 février 2026, passant d'environ 14 °C à près de 18 °C. Cette variation est essentiellement liée aux changements des conditions climatiques au cours de la période de suivi. Par ailleurs, aucune valeur ne dépasse la limite réglementaire de 30 °C fixée pour les rejets d'eaux usées en Algérie. (Décret exécutif n° 06-141, voir Tableau I-2). Cela montre que l'eau traitée reste conforme et ne présente pas de risque de pollution thermique pour le milieu récepteur. Enfin, ces températures restent globalement favorables au développement de la biomasse dans les bassins d'aération (Moletta,2011).

➤ La conductivité :

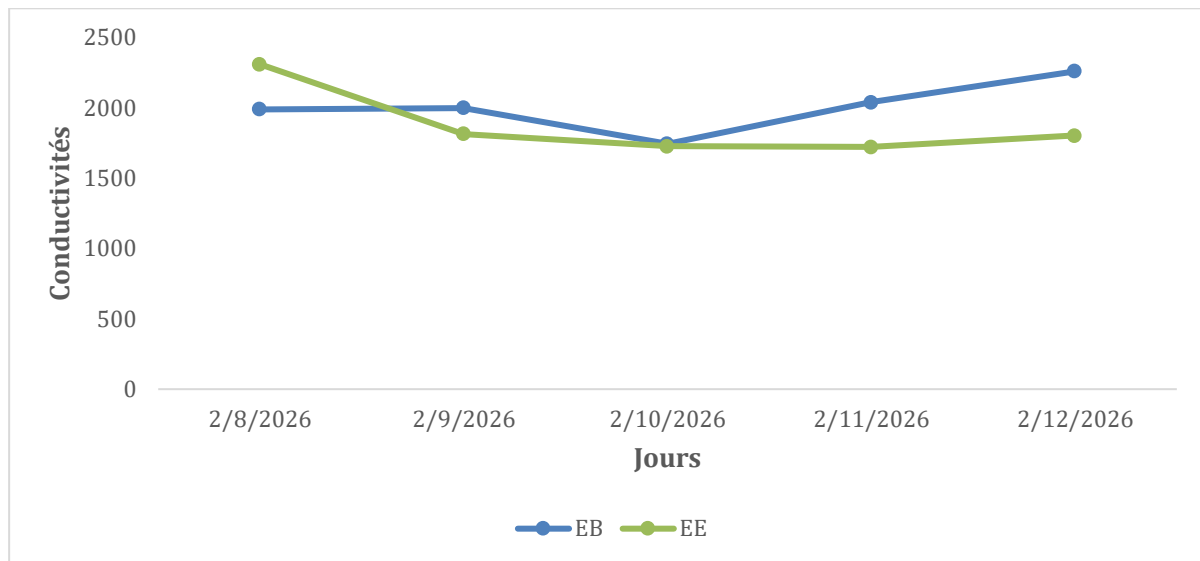


Figure III-3. Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) à l'entrée et à la sortie.

Selon le Tableau III-1 et la Figure III-3, la conductivité de l'eau brute (EB) variait entre 1745 et 2260 $\mu\text{S/cm}$, alors que celle de l'eau épurée (EE) oscillait entre 1723 et 2310 $\mu\text{S/cm}$. Il est constaté que la conductivité subit de légères fluctuations au cours de la période d'étude. Les valeurs relevées en entrée et en sortie de la STEP sont globalement similaires, ce qui signifie que le traitement biologique appliqué n'a pas d'impact significatif sur la concentration en sels dissous. La légère décroissance observée par moments dans l'eau épurée peut être attribuée à l'élimination d'une partie des composés dissous et des matières en suspension lors du passage par le clarificateur. Ces fluctuations restent néanmoins minimales, traduisant une stabilité relative de la charge minérale tout au long du processus de traitement. En général, ces fortes valeurs de conductivité témoignent d'une minéralisation élevée des eaux usées arrivant à la station. Cela est caractéristique des eaux usées domestiques et urbaines chargées en sels minéraux (issus des détergents et des activités humaines) (Tchobanoglous et al, 1991), et confirme que la STEP maintient une performance stable sans accumulation de charge minérale.

➤ Les débits :

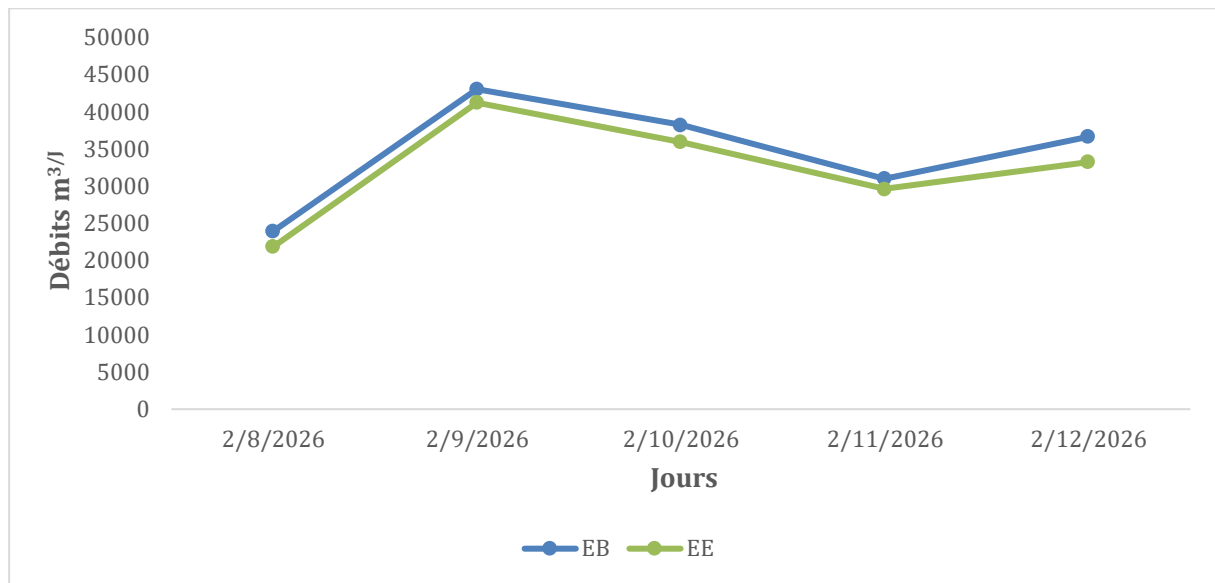


Figure III-4. Variation des débits (m³/j) de EB, EE.

Les résultats indiquent que le débit d'eau non traitée (EB) et le débit d'eau traitée (EE) augmentent et diminuent dans la même tendance au cours de la période d'observation. Les valeurs obtenues sont comprises entre 23 965 et 43 060 m³/j pour l'eau non traitée et entre 21 870 et 41 245 m³/j pour l'eau traitée. Le débit a été maximal le 09/02/2026, il diminue progressivement les jours suivants pour avoir une petite augmentation le 12/02/2026. La différence de débit observée entre l'eau brute et l'eau épurée est aussi légèrement inférieure au cours du traitement, ce qui est normal. Cette évolution parallèle entre les deux courbes signifie que la STEP est stable et peut gérer les fluctuations du volume des eaux usées qu'elle reçoit (Degrémont, 2005).

III.3. Résultats des paramètres de la pollution organique et des matières en suspension :

Pour évaluer la charge organique et les matières en suspension (MES) au niveau de la STEP, les résultats des analyses de la DCO, DBO₅, O₂ dissous et MES sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III-2. Résultats de mesure de DCO, DBO₅ et O₂ dissous à l'entrée et la sortie de la STEP.

Paramètre	DCO (mg/L)		DBO ₅ (mg/L)		O ₂ dissous (mg/L)		MES (mg/L)	
Les dates	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
08/02/2026	624	33.6	360	5	0.97	5.82	550.63	2.2
09/02/2026	595.	28.8	—	—	1.65	6.33	485.63	1.8
10/02/2026	360	38.4	180	4	0.95	5.39	318.75	2
11/02/2026	408	28.2	—	—	1.31	5.6	303.75	2.4
12/02/2026	307.2	24	—	—	0.99	4.49	331.25	2.2

III.4. Interprétation des résultats de tableau III-2.

➤ La DCO

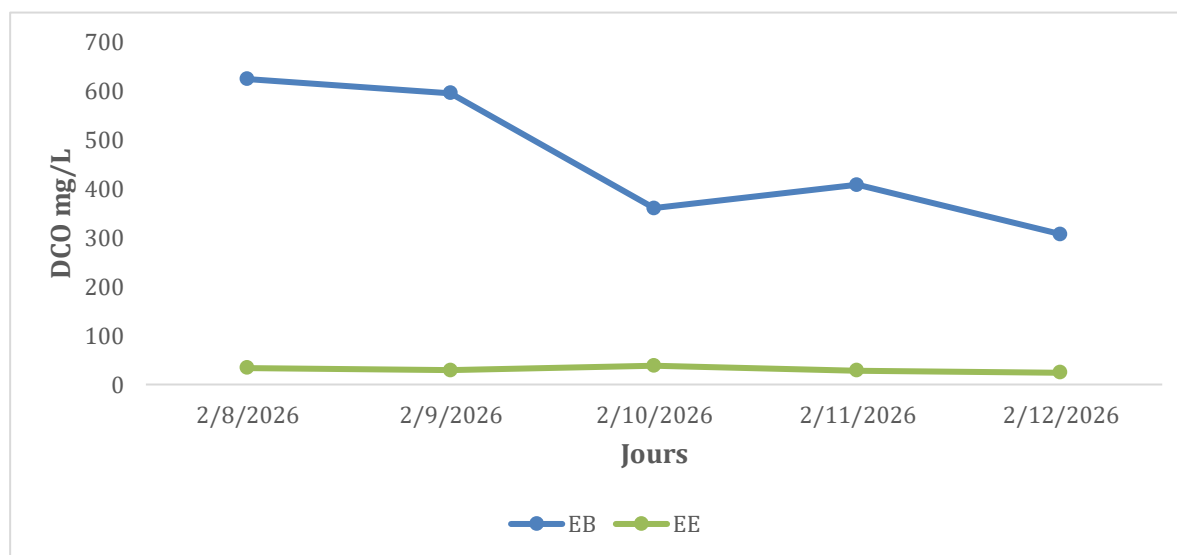


Figure III-5. Concentration de la DCO (mg/L) des EB, EE.

D'après les résultats représentés sur le tableau **III-2** les valeurs de la DCO dans l'eau brute oscillent entre 307.2 et 624 mg/L. Ces chiffres logiquement élevés s'expliquent par la forte charge en matière organique présente dans les eaux usées urbaines qui arrivent à la station.

Après le traitement biologique, on remarque une baisse très importante de ces valeurs, qui descendent à la sortie pour atteindre entre 24 et 38.4 mg/L.

Cette forte diminution montre clairement que le système d'épuration par boues activées de la station fonctionne très bien pour éliminer les polluants organiques. De plus, toutes les valeurs de sortie sont largement en dessous de la norme de rejet internationale de l'OMS (fixée à 90 mg/L) (Tableau I-1), ainsi que de la norme réglementaire algérienne (fixée à 120 mg/L) (Tableau I-2) ce qui prouve la bonne qualité de l'eau épurée finale.

➤ La DBO₅

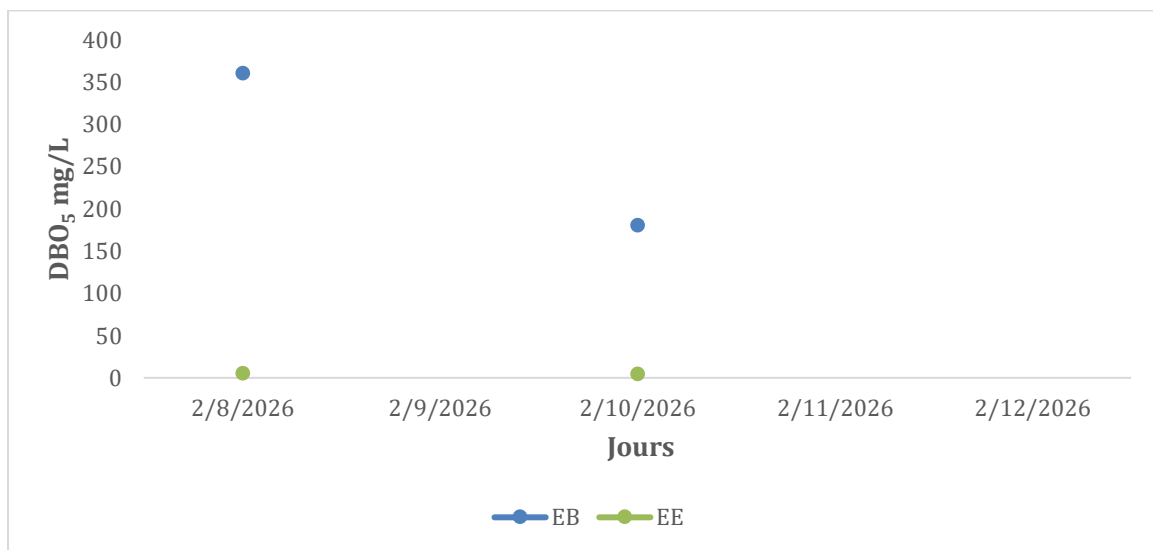


Figure III-6. Concentration de la DBO₅ (mg/L) des EB, EE.

D'après les résultats du Tableau III-2 et de l'évolution de la Figure III-6, les valeurs relevées à l'entrée (Eau Brute) sont très fortes, avec 360 mg/L et 180 mg/L. Cela témoigne d'une forte charge en matière organique biodégradable, ce qui est tout à fait caractéristique des eaux usées domestiques. À la sortie (Eau Épurée), ces teneurs baissent brusquement pour atteindre un minimum de 5 mg/L et 4 mg/L, soit un rendement d'élimination de près de 98% (98.61% et 97.77%). Ce résultat prouve que le traitement biologique par boues activées est d'une très bonne efficacité. De plus, ces rejets sont largement en deçà de la norme environnementale algérienne (30mg/L), ce qui atteste de la bonne qualité finale de l'eau épurée. Ainsi, elle ne causera aucun problème d'asphyxie ou d'épuisement en oxygène pour la faune et la flore aquatiques du milieu récepteur.

Remarque :

Il est à noter que les analyses de la DBO_5 au sein de la STEP se limitent uniquement à ces deux journées spécifiques (le 08/02/2026 et le 10/02/2026), en raison du protocole de suivi et du temps d'incubation requis (5 jours) pour ce paramètre.

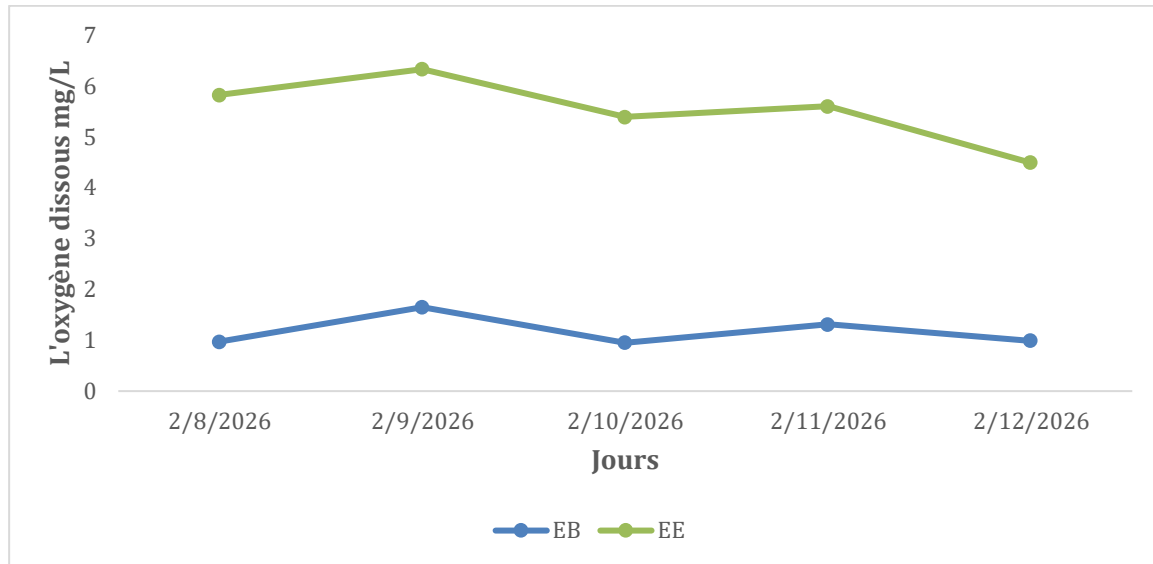
➤ L'oxygène dissous :

Figure III-7. Variation de l'O₂ dissous (mg/L) des EB, EE.

D'après les résultats, la concentration en oxygène dans l'eau brute (EB) reste très faible durant toute la période d'étude, oscillant entre 0.95 et 1.65 mg/L. C'est tout à fait logique pour des eaux usées brutes, car les matières polluantes organiques consomment presque tout l'oxygène disponible. En revanche, à la sortie (Eau Épurée), on constate une nette augmentation de ces valeurs, qui remontent pour atteindre entre 4.49 et 6.33 mg/L. Cette bonne amélioration à la sortie de la STEP s'explique par l'efficacité du système d'aération utilisé dans les bassins biologiques. En conclusion, ces taux d'oxygène à la sortie montrent que l'eau traitée est de bonne qualité. Cela offre de meilleures conditions pour le milieu récepteur et évite tout risque d'asphyxie pour l'écosystème aquatique (Metcalf & Eddy, 2014).

➤ Les MES :

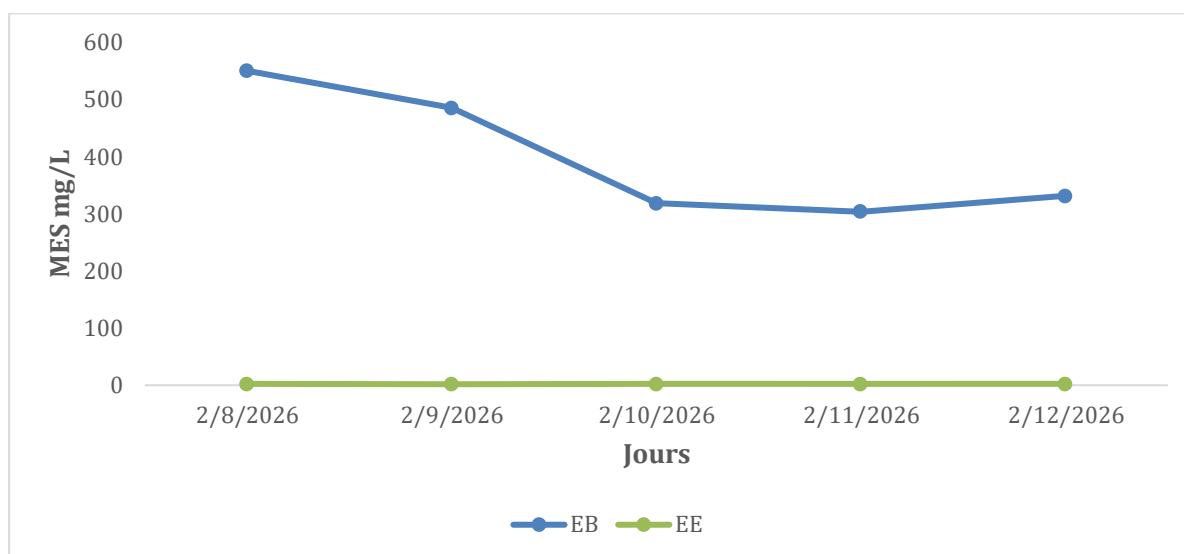


Figure III-8. Variation des MES (mg/L) à l'entrée et la sortie de la STEP.

Selon le tableau III-2 et la figure III-8, les teneurs en MES de l'eau EB sont comprises entre 303.75 et 550.63 mg/L et celle de l'eau EE est très faible, entre 1.8 et 2.4 mg/L. Les MES sont fortement réduites entre l'entrée et la sortie de la STEP au cours de toute la période d'étude. Cette décroissance témoigne de la capacité des différentes phases de traitement à éliminer les matières solides en suspension. Les valeurs de sortie sont bien inférieures à la norme de rejet (35 mg/L) (Décret exécutif n° 06-141,2006), ce qui laisse présager une bonne qualité d'eau traitée et un fonctionnement satisfaisant de la station d'épuration.

III.5. Résultats des nutriments :

Pour mesurer l'efficacité de la STEP dans l'élimination des nutriments (Azote et Phosphore), les résultats des analyses de l'ammonium NH_4^+ , des nitrates NO_3^- , des nitrites NO_2^- et des phosphates PO_4^{3-} sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III-3. Résultats de mesure de (PO_4^{3-}), (NO_3^-), (NO_2^-), (NH_4^+) à l'entrée et la sortie de la STEP le 10/02/2026.

Paramètre	NH_4^+	PO_4^{3-}	NO_3^-	NO_2^-
EB	16.5	3.3	6.7	0.063
EE	0.3	0.6	1.4	0.31

III.6. Interprétation des résultats de tableau III-3 :

Les résultats obtenus montrent une évolution significative des concentrations entre l'eau brute (EB) et l'eau épurée (EE), ce qui permet d'évaluer l'efficacité de la station d'épuration.

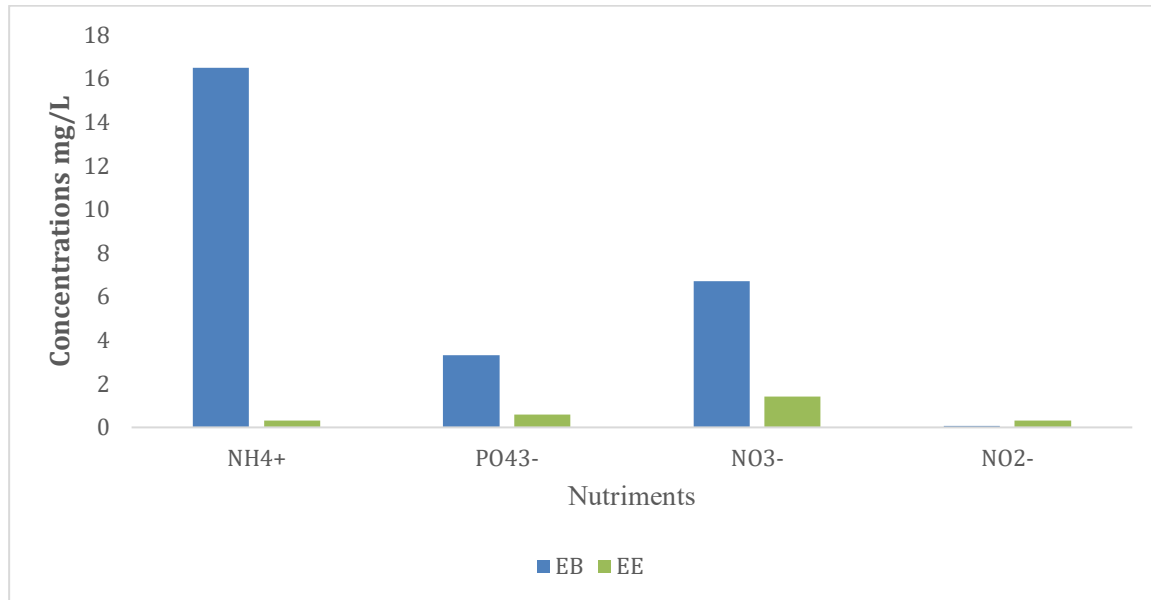


Figure III-9. La variation des nutriments.

➤ **Ammonium (NH_4^+) :**

On observe une diminution importante de la concentration en NH_4^+ , passant de 16.5 mg/L (EB) à 0.3 mg/L (EE). Cela indique une élimination efficace de l'ammonium, probablement grâce au processus de nitrification (transformation de NH_4^+ en NO_2^- puis NO_3^-).

➤ **Phosphate (PO_4^{3-}) :**

La concentration a diminué de 3.3 mg/L (EB) à 0.6 mg/L (EE). Ce qui indique une bonne élimination du phosphore, cette réduction est importante afin de limiter les risques d'eutrophisation.

➤ **Nitrate (NO_3^-) :**

La concentration a diminué de 6.7 mg/L (EB) à 1.4 mg/L (EE). Cette baisse est due au phénomène de dénitrification, qui consiste en la transformation des nitrates en gaz azote (N_2), ce qui montre la bonne performance du traitement biologique.

➤ Nitrite (NO_2^-) :

On observe une augmentation de la concentration, passant de 0.063 mg/L (EB) à 0.31 mg/L (EE). Ceci peut indiquer une nitrification incomplète, le nitrite étant un composé intermédiaire de ce processus. Son accumulation pourrait indiquer une perturbation de l'équilibre biologique (comme une carence en oxygène ou un temps de séjour).

Conclusion :

Globalement, la station d'épuration (STEP) présente une bonne efficacité de purification de l'eau, notamment pour l'élimination de : l'ammonium, les phosphates et les nitrates, cependant, le niveau élevé de nitrite indique que le processus de traitement n'est pas optimal et nécessite des améliorations.

Conclusion générale

Conclusion Générale :

Le traitement des eaux usées constitue aujourd'hui une nécessité absolue pour faire face aux défis environnementaux actuels et pour préserver les ressources hydriques. Dans le cadre de ce travail, nous avons assuré le suivi du processus d'épuration ainsi que la caractérisation physico-chimique des eaux au sein de la station de traitement (STEP) relevant de l'Office National de l'Assainissement (ONA).

À travers notre étude, nous avons pu cerner les différentes étapes de traitement, allant du prétraitement jusqu'au traitement biologique, en mettant l'accent sur l'efficacité de l'élimination des polluants majeurs. Les résultats des analyses de laboratoire (malgré leurs variations selon les conditions opératoires) ont démontré le rôle primordial de cette installation dans la réduction des indices de pollution tels que la Demande Chimique en Oxygène (DCO), la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) et les Matières En Suspension (MES) (**Metcalf & Eddy,2014**).

L'analyse des paramètres physico-chimiques (tels que le pH, la température et la conductivité) nous a permis de confirmer que la stabilité de ces facteurs est une condition essentielle pour garantir l'activité des micro-organismes au sein des bassins d'aération. Cela influe positivement sur la qualité des eaux rejetées dans le milieu récepteur, conformément aux normes nationales et internationales en vigueur (**Henze & all,2008**).

En conclusion, la station d'épuration objet de notre étude représente un outil efficace pour la protection de l'écosystème local. Afin d'approfondir ce travail, nous suggérons les perspectives suivantes :

Œuvrer pour la valorisation des boues résiduelles issues de l'épuration dans le secteur agricole après traitement adéquat.

Envisager l'introduction de techniques de traitement tertiaire pour permettre la réutilisation des eaux épurées dans l'irrigation ou l'industrie.

Insister sur la maintenance périodique des équipements pour garantir la pérennité du rendement de la station.

Nous espérons que cette étude apportera une contribution modeste au domaine du génie de l'environnement et qu'elle permettra une meilleure compréhension des mécanismes d'épuration et de gestion des stations d'assainissement en Algérie.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

- **Amara F. Z. H, & Limam, K. (2023).** Performance de traitement des eaux brutes au niveau de la STEP de Mostaganem (Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn badis de Mostaganem, Faculté des sciences et technologie).
- **AUDIC, J-M, (2002).** Guide de traitement des eaux usées urbaines, édition lyonnaise des eaux, 428p.
- **BADIA-GONDARD, F., (2003).** L'assainissement des eaux usées, édition Technicité, France, 227p.
- **Bali, Mahmoud. (2024).** Traitement des eaux usées. Cours de Licence, institut Supérieur des Sciences et Techniques des Eaux, Université de Gabès, Tunisie, 40p. hal id.
- **Baumont, S, Camard, j. -p, Lefranc, a, & Franconie, a. (2004).** Réutilisation des eaux usées : Risques sanitaire et faisabilité en ile-de-France. Rapport ORS, 220p.
- **BUTEC. (2014).** Réalisation et exploitation de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Mostaganem (Rev. 4, 02 juillet 2014). Office National l'Assainissement (ONA).
- **Cardot C (2001).** Techniques appliquées au traitement de l'eau, Edition ELLIPSES, ISBN : 978-2-7298-0494-7,248p.
- **Cardot C (2011).** Technique appliquées au traitement de l'eau, Edition ELLIPSES, ISBN : 978-2-7298-0494,248p.
- **Degrémont suez. (2005).** Mémento technique de l'eau (10e éd). Edition technique de documentation Lavoisier.
- **Guerouai, R. (2019)** Suivi et étude des procédés d'épuration des eaux usées urbaines au niveau de l'ONA Touggourt/Ouargla et caractérisation par méthodes physico-chimique (Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des Sciences Appliquées).
- **Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed). Geneva : world Health Organization. Who (2011).**
- **Henze ; M, van Loosdrecht,M,C, Ekama,g ,A & bradjanovic,d(2008).** Biological Wastewater Treatment : Principles, Modelling and Design. IWA publishing.
- **Khoudmi, F. (2020).** Impact environnemental de la station d'épuration des eaux usées urbaines de Salamandre-Mostaganem (Mémoire de master, Université Abdelhamid ibn badis de Mostaganem).

Références bibliographiques

- **Metcalf & Eddy, Inc, AECOM. (2014).** Wastewater engineering : Treatment and resource recovery (5th ed). McGraw-Hill Education.
 - **Moletta, R. (2011).** Le traitement des eaux usées. Lavoisier. Paris.
 - **Ramade, F. (1989).** Éléments d'écologie : écologie appliquée (4e éd).
 - **Ramade, F. (2005).** Éléments d'écologie : Écologie appliquée (6e édition). Paris : Dunod.
 - **Regsek, F (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Éditions CRDP Aquitaine.
 - **Rodier, J., Legube, B., Merlet, N & Brunet, R. (2009).** L'analyse de l'eau 9^{ème} édition, Dunod, Paris.
 - **Schriver-Mazzuoli, (2012).** La gestion durable de l'eau : Ressources, Qualité, Organisation. DUNOD, Paris, 250p. ISBN : 978-2-10-10-055026-5.
 - **Tchobanoglous, G, & Burton, F.L. (1991).** Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, and Reuse.
 - Traité de l'environnement, Technique de l'ingénieur, Volume G1210
 - **UNESCO. (2024).** The United nation world water Development Report 2024 : water for prosperity and Peace. UNESCO.
 - **World Health Organization. (2022).** Guidelines for drinking-water quality (4th ed, incorporating update). World Health Organization.
 - **Yahiaoui, K. (2020).** La gestion et le traitement des eaux usées (Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie).
- **Site internet :**
- <https://www.services.eaufrance.fr/les-boues>.
 - <https://fr.airliquide.com/solutions/traitement-des-eaux/quoi-sert-le-traitement-des-eaux-usees>.